

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.

Результаты и их обсуждение. На многолетних травах (клевер + тимофеевка) испытывали прямое действие бора и молибдена и их сочетание, а также последствие цинка, меди и их сочетание. Достоверные прибавки урожайности сена получены при совместном применении бора и молибдена, как на травах 1-го года пользования (5,8 ц/га), так и на 2-й год (19,9 ц/га) и от последствий меди, цинка и их сочетания – 10,8; 7,5; 25,0 ц/га соответственно. В составе трав клевер преобладал над тимофеевкой. Тимофеевка и клевер резко различаются по содержанию бора и молибдена. Клевер содержит эти элементы в большем количестве. При раздельном применении этих микроэлементов содержание их заметно увеличилось, особенно в тимофеевке – в 2,4 раза (табл. 1). Но так как тимофеевка – однодольное растение, потребность в боре у неё низкая. При совместном внесении бора с молибденом наблюдалось сильное снижение содержания бора в растениях тимофеевки (на 66 %), и менее значимое в клевере (на 15 %). Молибден проявил антагонистические свойства при поступлении бора.

1. Содержание микроэлементов в клевере (на чертой) и тимофеевке (под чертой) при раздельном их применении, мг/кг воздушно-сухой массы

Вариант опыта	B	Mo	Cu	Zn
Без применения	22,2	1,52	6,9	22,4
МЭ (контроль)	4	0,95	3,6	19,7
При применении МЭ в опыте	27,4 9,4	2,4 2,0	9,8 10,1	27,1 28,6
Среднее по справочнику	12-40 4	0,28-3,5 0,40-0,81	4,5-20,8 5,8-26,3	14,0-180 10,2-40,1

Бор при совместном внесении с молибденом практически не влиял на содержание молибдена в клевере, а в тимофеевке оно увеличилось на 8% (рис. 1).

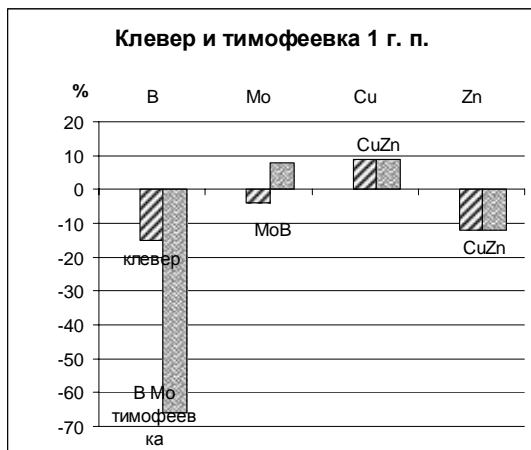


Рис. 1. Влияние совместного применения микроэлементов на содержание их в клевере (1-й столбик) и тимофеевке (2-й столбик), % к раздельному внесению

При раздельном применении микроэлементов в 1-й год последствия содержание меди в тимофеевке повысилось на 175 %, в клевере – на 42 %, а цинка, соответственно, на 45 и 21 % по отношению к контролю (см. табл.). Добавление меди к цинку снижало поступление цинка в клевер и тимофеевку во всех случаях, т.е. проявлялся антагонизм меди к цинку на травах 1-го и 2-го годов пользования. Поступление меди при совместном её внесении с цинком несколько усилилось как в клевер, так и в тимофеевку по сравнению с раздельным её применением. Это положительно сказалось на уро-

жайности, так как содержание меди приблизилось к оптимальному (см. рис. 1).

При совместном внесении бора, меди и цинка под лен-долгунец урожайность и выход волокна льна были на уровне применения одного цинка, а урожайность семян и номер длинного волокна – ниже. Эффективность применения цинка самая высокая так как содержание его в почве было низким. При совместном внесении бора с медью и бора с цинком место их внесения (под предшественник – озимую рожь или под лен-долгунец) не имело значения. Эффект совместного применения микроэлементов был на уровне применения одного из них или даже ниже. Это можно объяснить данными о взаимодействии микроэлементов при поступлении их в молодые растения льна-долгунца.

Синергизм меди по отношению к совместному применению цинка и бора на льне можно объяснить ее способностью транспортироваться из корней в надземную массу. Следует отметить, что содержание меди в корнях льна в 1,5-2 раза больше, чем в стебле, а цинка в корнях, наоборот, в 1,2-2,5 раза меньше, чем в стебле (табл. 2). Коэффициент распределения меди между надземной частью и корнями мало изменяется в зависимости от применения меди отдельно или в сочетании с другими микроэлементами и составляет 0,5-0,6. При применении одного цинка коэффициент распределения его между надземной частью и корнями льна-долгунца равен 2,5, а при его сочетании с бором, а также с медью резко снижается. Предполагаем, что при сочетании цинка с бором, а также с медью ослабляется транспорт цинка из корней в стебель, что в свою очередь тормозит увеличение урожайности льнопродукции.

2. Содержание меди и цинка в надземной массе и корнях льна-долгунца в фазе ёлочка, мг/кг воздушно-сухой массы (в среднем за 2 года)

Вариант опыта	Надземная часть	Корни	Коэффициент распределения*
<i>Медь</i>			
НПК – фон	4,2	10,4	0,4
Фон + Cu	5,6	11,1	0,5
Фон + CuZn	5,3	9,8	0,5
Фон + CuB	3,8	7,3	0,5
Фон + CuBZn	3,3	5,1	0,6
<i>Цинк</i>			
НПК – фон	34,7	18,3	1,9
Фон + Zn	40,4	15,9	2,5
Фон + ZnCu	43,7	37,4	1,2
Фон + ZnB	34,7	22,7	1,5
Фон + ZnCuB	36,4	30,6	1,2

*Отношение содержания элемента в надземной части к его содержанию в корнях.

В молодых растениях льна (фаза ёлочки) наблюдали проявление синергизма меди по отношению к поступлению цинка и особенно бора и антагонизма этих элементов по отношению к поступлению меди (рис. 2).

Содержание меди при совместном её внесении с бором снизилось на 32%, цинком – на 5, с бором и цинком – на 41%. Следовательно, бор и цинк по отношению к меди выступают как антагонисты.

Исследование на зрелых растениях льна показало, что проявление синергизма меди по отношению к бору и цинку сохранилось как в льносолеме, так и льносеменах, но в меньшей степени. Антагонизм бора и цинка в отношении меди так же остался. В льносолеме содер-

жание меди при совместном внесении снизилось на 10-13%, в льносеменах – на 17-20 % (рис. 3).

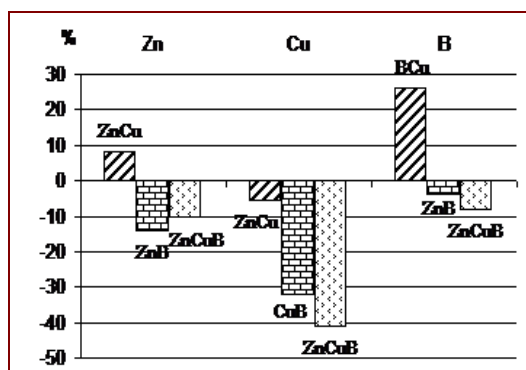
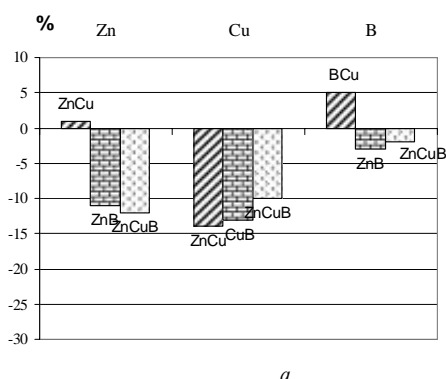
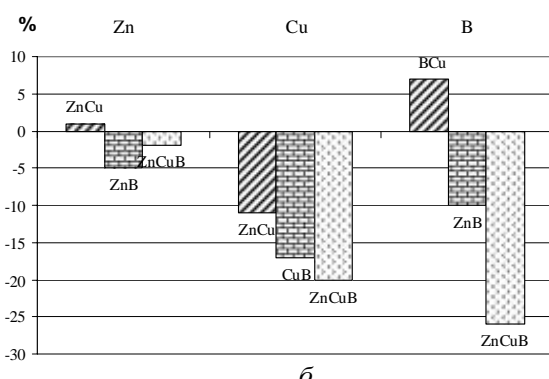


Рис. 2. Влияние совместного внесения микроэлементов на содержание их в льне-долгунце в фазе ёлочка (% к раздельному внесению)



a



б

Рис. 3. Влияние совместного применения микроэлементов на содержание их в соломе (a) и в семенах (б) льна (% к раздельному внесению)

Следовательно, при совместном внесении бора, цинка и меди в парных и тройных комбинациях при среднем и высоком содержании в почве одного из микроэлементов в большинстве случаев наблюдалось снижение содержание микроэлементов в молодых растениях льна (фаза ёлочки), льносоломе и семенах.

EFFECTS OF COMBINED APPLICATION OF TRACE ELEMENTS ON THE DEVELOPING OF SYNERGISM AND ANTAGONISM DURING THE CONSUMPTION BY FLAX AND PERENNIAL GRASSES

O.Yu. Sorokina

All-Russian Research Institute of Flax, Lunacharskogo ul. 35, 172002 Torzhok, e-mail: olga-sorokina@bk.ru

The interaction between micronutrients during consumption by flax, clover and timothy plants under specific conditions has been studied. This study makes possible to establish the fact of insufficiency for plants and forages of the element, not only because of its low content in the soil, but also in connection with the antagonistic effect of other microelements. A strong antagonistic effect of molybdenum with in relation to boron, especially in timothy (-66% boron content) and boron to copper (-32% copper content). Also was found a synergistic effect of copper – average with boron and small with zinc. During the selection of fertilizers with micronutrients, it is necessary to exclude those microelements, which under certain circumstances may become the antagonists.

Key words: microelements, boron, copper, zinc, molybdenum, synergism, antagonism, flax, clover, timothy.

Заключение. Явления синергизма и антагонизма микроэлементов зависели от содержания их в почве, от того какой из них находится в минимуме и от способности корневой системы в изменившихся условиях передавать элементы в надземную часть растений. Содержание меди больше в 2 раза в корнях, а цинка в 2,5 раза в надземной части растений. При совместном применении с другими микроэлементами (бор, медь) передача цинка из корней в надземную часть затормаживалась. Распределение меди между этими частями растений при раздельном и совместном применении с другими микроэлементами не менялось.

Агрономическая эффективность парных и тройных комбинаций бора, цинка и меди на льне-долгунце была близка таковой одного элемента. На травах эффективность совместного применения бора и молибдена проявлялась, когда в ботаническом составе клевер преобладал над тимфеевкой.

На травах 1-го г.п. отмечен синергизм $Zn \rightarrow Cu$ и антагонизм $Cu \rightarrow Zn$, $Mo \rightarrow B$. В молодых растениях льна синергизм $Cu \rightarrow Zn$ (8%), $Cu \rightarrow B$ (30%) и антагонизм $B \rightarrow Cu$ (32%) и к цинку (14 %). В соломе льна синергизм меди по отношению к цинку (1-4%) и бору (5-7%), в семенах - меди к цинку и бору (3-7 %), и антагонизм бора к меди и цинку (15-20%) сохранился в меньших величинах, чем в молодых растениях.

Литература

1. Аристархов А.Н. Модели определения потребности земледелия в микроудобрениях / А.Н. Аристархов // Плодородие. - 2011. - №3. - С. 47 - 50.
2. Анспок П.И. Микроудобрения: Справочная книга/ П.И. Анспок. - Л.: Колос, 1978. - 272 с.
3. Васильев Г.А. Рациональные способы внесения микроэлементов под лен-долгунец: автореф. дис. ...канд. биол. наук. - М.: МГУ, 1991. - 21 с.
4. Гинько Ю. Влияние микроэлементов на урожайность и качество семян льна масличного/ Ю. Гинько // Главный агроном. - 2014. - №3. - С.35 - 38.
5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях/ А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
6. Корепанова Е.В. Адаптивная технология возделывания льна-долгунца на волокно и семена в Среднем Предуралье: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. - Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. - 40 с.
7. Ринькис Г.Я. Оптимизация минерального питания растений/ Г.Я. Ринькис. - Рига: Зинатне, 1972. - 355 с.
8. Сорокина О.Ю. Экологические аспекты применения микроэлементов в льняном севообороте/ О.Ю. Сорокина // Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека: мат. науч.-практ. семинара, г. Торжок, 26 - 28 сентября 2011 г. - Тверь: ГУ, 2012. - С. 132-137.
9. Спицына С.Ф. Проявление синергизма и антагонизма между ионами меди, цинка и марганца при поступлении их в растения/ С.Ф. Спицына, А.А. Томаровский, Г.В. Освальд // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2014. - №10 (120).
10. Степанов В.В. Влияние высоких доз цинка на элементный состав растений/ В.В. Степанов, С.П. Голенецкий // Агрохимия. - 1991. - № 7. - С. 60-66.