

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

А.Н. Кутовая

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
имени А.Н. Соколовского», г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Микроэлементный состав сельскохозяйственных растений является важным показателем их биологической ценности. Отклонение содержания элементов в основной продукции от оптимального уровня в сторону увеличения или уменьшения имеет прямое отношение к проблеме здоровья человека и животных. Как дефицитное, так и избыточное содержание элементов в продуктах питания может проявляться в форме заболеваний – микроэлементозов, вызванных нарушением баланса микроэлементов в организме [1].

Содержание микроэлементов в кормовых растениях имеет большое значение для роста и развития животных, особенно в молодом и продуктивном возрасте. Под действием кобальта увеличивается гемоглобин в крови, в органах и тканях животных – количество витамина А, Е, С и железа, также усиливается синтез витамина В₁₂. Присутствие в рационе животных микроэлементов Со, Zn и Си дает повышение живого веса поросят на 23–30 %, цыплят в 45–дневном возрасте – на 48 %. Добавление кобальта в корм молочным коровам повышало в молоке содержание белка и жиров, цинка – увеличивало жирность молока на 13 % [2]. Поедая корма бедные микроэлементами (Со, Си, Zn), животные заболевают и снижают свою продуктивность.

По мнению исследователей [3], важным резервом регулирования элементного состава сельскохозяйственных культур является применение макро- и микроудобрений. Ученые пришли к выводу, что варьирование содержания микроэлементов в растениях зависит от количества последних, внесенных с удобрениями. В связи с этим особенно актуально изучение экологических последствий применения микроэлементов на почвах с их достаточным количеством [4], что позволяет оценить степень их накопления основной продукцией сельскохозяйственных культур.

Наши исследования были направлены на изучение содержания микроэлементов в зерне озимой пшеницы и зеленой массе кукурузы в зависимости от применения макро- и микроудобрений.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования проводились в длительном стационарном опыте ННЦ «ИГА имени А.Н. Соколовского», заложенном в 1989 г. Почва опытного поля – чернозем оподзоленный среднегумусный тяжелосуглинистый. Действие хелатных микроудобрений Реаком изучалось на полевых культурах: в севообороте № 1 – на

озимой пшенице (Харьковская–96), в севообороте № 2 – на кукурузе на зеленую массу (Днепровский–310МВ) на двух агрохимических фонах.

Первый фон: за четыре ротации в первом севообороте было внесено 100 т/га навоза и $N_{1020}P_{1035}K_{1055}$, непосредственно под озимую пшеницу – $N_{60}P_{60}K_{60}$; во втором севообороте – 140 т/га навоза, $N_{1075}P_{1040}K_{1060}$, непосредственно под кукурузу на зеленую массу – $N_{60}P_{30}K_{30}$;

Второй фон: дозы минеральных удобрений уменьшены на 30–50 %, за четыре ротации в первом севообороте было внесено 100 т/га навоза, 15 т/га сидеральной массы и $N_{485}P_{505}K_{455}$, непосредственно под озимую пшеницу – $N_{30}P_{30}K_{30}$; во втором севообороте – 110 т/га навоза, 3 т/га ботвы сахарной свеклы, 2 т/га соломы овса, $N_{580}P_{530}K_{480}$, непосредственно под кукурузу на зеленую массу – $N_{40}P_{30}K_{30}$.

В опыте использовали аммиачную селитру (34,6 % N), суперфосфат гранулированный (19,5 % P_2O_5), хлористый калий (40 % K_2O) и хелатные микроудобрения Реаком–зерно (Zn – 18, Cu – 25, Co – 0,04 г/л), Реаком–кукуруза (Zn – 25, Cu – 6, Co – 0,04 г/л). Внекорневую подкормку озимой пшеницы микроудобрениями (в дозе 6 л/га, или 300 л рабочего раствора) проводили дважды за вегетацию в фазу кущения и в начале колошения. Семена кукурузы обрабатывали рабочей смесью (1,5 Реаком:1 воды), внекорневые подкормки проводили в фазу трех и восьми листочков из расчета 400 л рабочего раствора на 1 га (8 л/га Реаком).

Общая площадь посевных участков – 72 м², учетных – 40 м², повторность – трехкратная, размещение участков рендомизировано. Микроэлементный состав зерна озимой пшеницы определяли в фазу полной спелости, зеленой массы кукурузы – в фазу выбрасывания метелки.

Пробы почвы отбирали в фазу колошения озимой пшеницы и в фазу выбрасывания метелки кукурузы из слоя 0–20 см в трехкратной повторности. Отбор проб и их подготовку к анализу проводили согласно требованиям ДСТУ 4287:2007 [5], кислотность почвы $pH_{\text{сол.}}$ – ДСТУ ISO 10390–2001 [6], содержание нитратов и обменного аммония – ДСТУ 4729:2007 [7], подвижного фосфора и калия – по Чирикову [8], подвижные формы микроэлементов (Cu, Co, Zn) определяли в буферной аммонийно-ацетатной вытяжке с pH 4,8 по М.К. Крупскому и Г.М. Александровой атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Сатурн–4 [9].

В растительных образцах содержание микроэлементов (Zn, Cu, Co) определяли после сжигания и растворения в солянокислой вытяжке (10 % HCl) атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Сатурн–4 [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Чернозем оподзоленный характеризуется оптимальным содержанием минерального азота, подвижного фосфора, калия, цинка и кобальта и пониженным содержанием подвижной меди (табл. 1). Внесение минеральных удобрений изменяет содержание подвижных форм микроэлементов в почве и, соответственно, их доступность для сельскохозяйственных культур.

Обменная кислотность почвы под влиянием физиологически и химически кислых минеральных удобрений (аммиачная селитра, суперфосфат гранулированный) несколько повысилась, что в свою очередь способствовало повышению подвижности цинка и меди.

Фосфор – главный антагонистический элемент многих микроэлементов, в частности, повышение содержания растворимых фосфатов в почве под растения-

2. Плодородие почв и применение удобрений

ми кукурузы (13–15 мг на 100 г почвы) приводит к связыванию катионов цинка анионами фосфора (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) с образованием труднорастворимого ортофосфата цинка [11], фосфаты кобальта также малодоступны для растений. При применении удобрений развивается мощная корневая система, что приводит к более интенсивному поглощению микроэлементов растениями по сравнению с вариантом без удобрений.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика чернозема оподзоленного (0–20 см)

Вариант	pH _{сop.}	мг на 100 г почвы			мг/кг почвы		
		N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Co	Cu	Zn
Озимая пшеница							
Без удобрений (контроль)	5,4	2,1	7,6	9,3	0,91	0,20	1,02
Первый фон (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	5,2	2,4	9,5	9,5	0,75	0,26	1,11
Второй фон (N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	5,3	2,2	9,1	9,4	0,79	0,17	1,88
НIP ₀₅	0,11	0,12	1,86	1,14	0,22	0,08	0,85
Кукуруза на зеленую массу							
Без удобрений (контроль)	5,2	1,3	9,1	9,3	0,27	0,14	1,05
Первый фон (N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀)	4,9	2,2	15,4	9,6	0,33	0,17	0,81
Второй фон (N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀)	4,8	1,9	13,2	9,4	0,34	0,15	0,55
НIP ₀₅	0,09	0,11	1,45	1,16	0,13	0,05	0,30

Озимая пшеница и кукуруза – растения невысокого выноса и сравнительно высокой способности усваивать микроэлементы. По данным [12], содержание кобальта в зерне озимой пшеницы не должно превышать 1,0, меди – 30,0, цинка – 50,0 мг/кг.

В наших исследованиях установлено, что содержание микроэлементов в зерне озимой пшеницы зависит от доз минеральных удобрений и обработки растений микроудобрениями (рис. 1). На вариантах с внесением минеральных удобрений содержание кобальта в зерне повысилось в среднем на 50 %. Обработка растений дважды за вегетацию микроудобрением Реаком–зерно способствовало повышению содержания кобальта в зерне на 20 % по сравнению с контролем и на 13 % по сравнению с первым агрохимическим фоном.

Внесение минеральных удобрений снижало содержание меди в зерне на 12–19 %, обработка растений Реаком–зерно повысила содержание меди в зерне до уровня контроля. Отмечается почти одинаковое содержание цинка в зерне озимой пшеницы на всех вариантах опыта. Исходя из вышеприведенных данных, можно сделать вывод, что внекорневая подкормка растений озимой пшеницы микроудобрением Реаком–зерно дважды за вегетацию на абсолютном контроле и на агрохимических фонах не приводит к превышению установленной концентрации микроэлементов в зерне, предназначенном для производственных целей.

Данные по содержанию микроэлементов в зеленой массе кукурузы по вариантам полевого опыта показывают (рис. 2, 3), что снижение количества поглощенного кобальта в растениях на 20 – 40 % обусловлено, как мы отмечали выше, снижением доступности микроэлемента на фоне повышенного содержания растворимых фосфатов. Обработка семян и внекорневая подкормка растений кукурузы микроудобрением Реаком–кукуруза (содержащим в своем составе все исследуемые элементы) на

минеральном фоне влияли на изменения микроэлементного состава зеленой массы. В частности, достоверное повышение содержания цинка (на 67 %) в зеленой массе кукурузы было отмечено на вариантах с объединением обработки семян и внекорневой подкормки растений на втором агрохимическом фоне. Колебания содержания кобальта в растениях кукурузы в сторону увеличения или уменьшения на вариантах с применением микроудобрений, очевидно, связано с биологическим разбавлением.

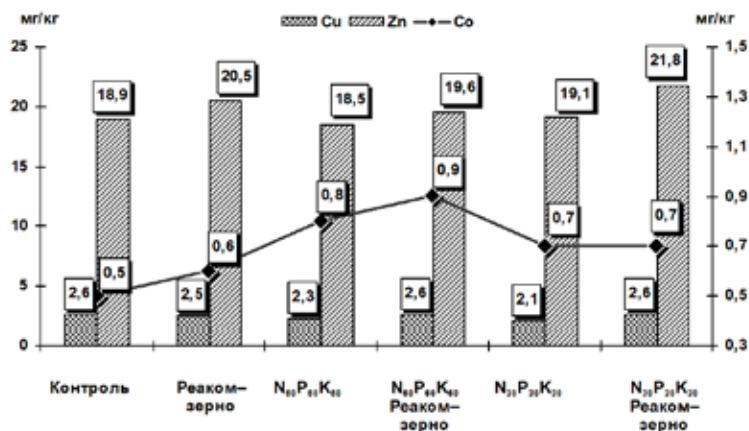


Рис. 1. Содержание микроэлементов в зерне озимой пшеницы (2007–2009 гг.), мг/кг сухого вещества

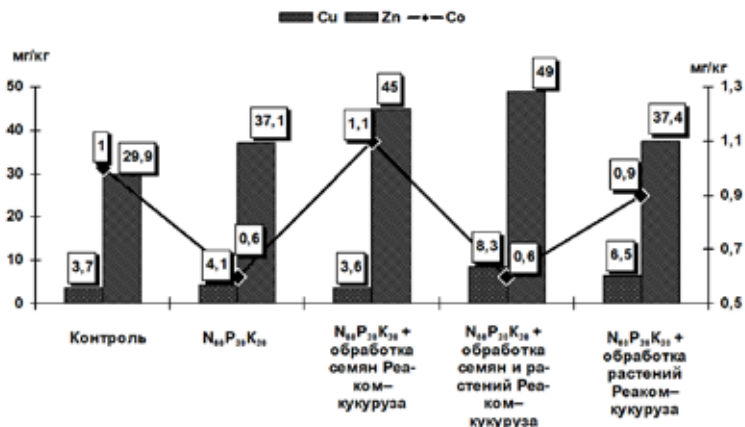


Рис. 2. Содержание микроэлементов в зеленой массе кукурузы (2008–2009 гг.), мг/кг сухого вещества

Содержание меди в зеленой массе кукурузы изменялось в зависимости от применения макро- и микроудобрений. На первом агрохимическом фоне содержание меди в зеленой массе увеличилось на 11 % по сравнению с контролем, а на втором фоне – на 65 % (рис. 2, 3). За счет обработки семян и внекорневой подкормки кукурузы микроудобрением содержание меди в зеленой массе повысилось в два раза по сравнению с первым агрохимическим фоном. По вариантам опыта, обработка семян и внекорневая подкормка растений микроудобрением Реаком-кукуруза повышала содержание меди в зеленой массе на 26–59 %.

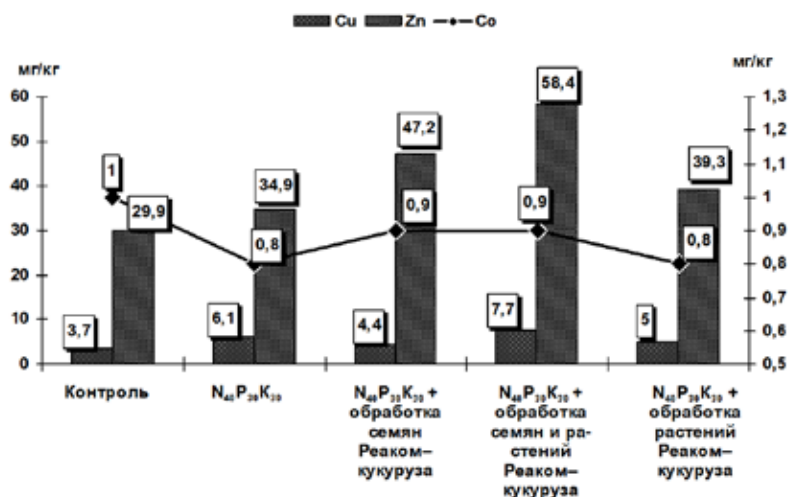


Рис. 3. Содержание микроэлементов в зеленой массе кукурузы (2008 – 2009 гг.), мг/кг сухого вещества

Согласно данным [13–15], среднее содержание кобальта в кормовых растениях составляет 0,3, цинка – 20,0, меди – 6,4 мг/кг, а нормой для животных является содержание кобальта 0,25 – 1,0, цинка – 20,0 – 60,0, меди – 5,0 – 12,0 мг/кг. Обработка семян и внекорневая подкормка растений кукурузы микроудобрением Реаком-кукуруза на минеральных фонах увеличивает содержание микроэлементов в зеленой массе, не превышая норму, установленную для животных.

ВЫВОДЫ

Накопление микроэлементов в сельскохозяйственной продукции в значительной степени определяется регулированием питания растений. Применение минеральных удобрений снижает содержание меди в зерне озимой пшеницы и кобальта в зеленой массе кукурузы.

Внекорневая подкормка озимой пшеницы микроудобрением Реаком-зерно дважды за вегетацию повышает содержание цинка и меди в основной продукции до оптимального уровня.

Обработка семян и внекорневая подкормка растений кукурузы микроудобрением Реаком-кукуруза на фоне минеральных удобрений существенно повышает содержание меди и цинка в зеленой массе, что имеет большое значение для полноценного питания сельскохозяйственных животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын [и др.]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Пейве, Я.В. Краткий обзор результатов исследований по проблеме «микроэлементы в растениеводстве и животноводстве» за 1972 г. / Я.В. Пейве, И.П. Айзупиет // Микроэлементы в СССР: методические материалы / Я.В. Пейве. – Рига, 1974. – С. 23–32.

3. Роль микроэлементов в сельском хозяйстве: труды 2-го Межвузовского совещания по микроэлементам / под ред. Н.С. Авдониной и Н.П. Ремезова. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1961. – 306 с.

4. Самохвалова, В.Л. Порогові рівні токсичності важких металів для сільськогосподарських культур / В.Л. Самохвалова, М.М. Мірошниченко, А.І. Фатеев // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 11. – С. 61–65.

5. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2007. – Чинний від 2004–30–04. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с.

6. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:1994, IDT) : ДСТУ ISO 10390–2001. – Чинний від 2002–01–04. – К.: Держспоживстандарт України 2003. – 11 с.

7. Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського: ДСТУ 4729:2007. – Чинний від 2006–30–04. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 14 с.

8. ДСТУ 4115–2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. – Чинний від 2002–27–06, зі скасуванням ГОСТ 26204–91. – К.: Держкомітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 6 с.

9. Балюк, С.А. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / С.А. Балюк, В.О. Барахтян, М.Є. Лазебна. – Харків: Друкарня № 13, 2004. – Кн. 1. – 312 с.

10. Методи аналізів ґрунтів і рослин: методичний посібник / за ред. С.Ю. Булигіна [та ін.] – Харків, 1999. – Кн. 1. – 160 с.

11. Фатеев, А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – Харьков: Типография № 13, 2005. – 134 с.

12. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. – М.: Госагропром СССР, ГУ ветеринарии, 1987. – 4 с.

13. Катылов, М.В. Микроэлементы и их роль в повышении урожайности / М.В. Катылов. – М.: Госхимиздат, 1960. – 78 с.

14. Рак, М.В. Параметры потребления микроэлементов зерновыми культурами из дерново-подзолистой супесчаной почвы и микроудобрений / М.В. Рак, Г.М. Сафроновская // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1(36). – С. 181–187.

15. Минеев, В.Г. Агрохимия и биосфера / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1984. – 245 с.

CONTENTS OF MICROELEMENTS IN CROPS DEPENDING ON THE APPLICATION MACRO- AND MICROELEMENTS

A.N. Kutovaya

Summary

There are given the results of research chernozem podzolized agrochemical parameters changes under the influence of long-term application of fertilizers and contents of microelements in winter wheat grain and green mass of maize.

Поступила 3 декабря 2012 г.