

УДК 631.81:631.811:631.816

UDC 631.81:631.811:631.816

**СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ КУКУРУЗЫ
ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ НА
ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ**

**THE CONTENT OF MACRO- AND
MICRONUTRIENTS IN CORN GRAIN GROWN
ON ORDINARY BLACK SOILS UNDER
FERTILIZATION**

Бирюкова Ольга Александровна
д. с. – х. наук, профессор
Olga_alexan@mail.ru

Biryukova Olga Alexandrovna
Dr.Sci.Agr., professor
Olga_alexan@mail.ru

Божков Дмитрий Васильевич
ассистент
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Bozhkov Dmitriy Vasilyevich
assistant
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Носов Владимир Владимирович
к. б. н., Региональный директор по Югу и Востоку
России
*Международный институт питания растений,
Москва, Россия*

Nosov Vladimir Vladimirovich
Cand.Biol.Sci., Regional Director for Southern and
Eastern Russia
*International Plant Nutrition Institute, Moscow,
Russia*

Чепко Жанна Александровна
студент
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Chepko Zhanna Aleksandrovna
student
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

В статье изложены результаты исследований элементного химического состава зерна кукурузы при внесении минеральных удобрений. Установлено, что сбалансированное применение удобрений на черноземе обыкновенном является важным фактором оптимизации минерального питания кукурузы и получения экологически безопасной растениеводческой продукции

The article describes the results of studies on elemental composition of corn grain under various fertilizer treatments. The balanced application of fertilizers is an important factor in optimizing corn nutrition on ordinary black soils and obtaining ecologically safe and clean crop production

Ключевые слова: ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ, КУКУРУЗА, МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ЧЕРНОЗЕМ ОБЫКНОВЕННЫЙ

Keywords: CHEMICAL COMPOSITION OF PLANTS, CORN, CHEMICAL FERTILIZERS, ORDINARY BLACK SOIL

Элементный химический состав растений – один из показателей качества продукции растениеводства, и, соответственно, эффективности технологий выращивания сельскохозяйственных культур. В настоящее время назрела необходимость в разработке методов многоэлементной диагностики, позволяющих оценить не только потребность растений в элементах, но и экологическую безопасность получаемой продукции [1]. Методы многоэлементной диагностики питания растений существенно расширяют возможности сравнительной характеристики разных видов и сортов культур по отношению к почвенным условиям, удобрениям и

другим факторам, так как появляется возможность учитывать уровень обеспеченности растений питательными элементами и экологическое качество растительной продукции [11].

Исследования проведены совместно с Международным институтом питания растений в Целинском районе Ростовской области, территория которого по природно-экономическому делению входит в южную зону обыкновенных черноземов. Исходные показатели почвенного плодородия для пахотного слоя в среднем были следующими: гумус – 3,22 %; pH (H₂O) - 7,7; N-NH₄ – 14,0 мг/кг; N-NO₃ – 16,0 мг/кг; подвижные фосфор и калий (по Мачигину) – 24,0 и 332,0 мг/кг P₂O₅ и K₂O соответственно.

Полевой опыт заложен в 2011-2013 гг. согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [13].

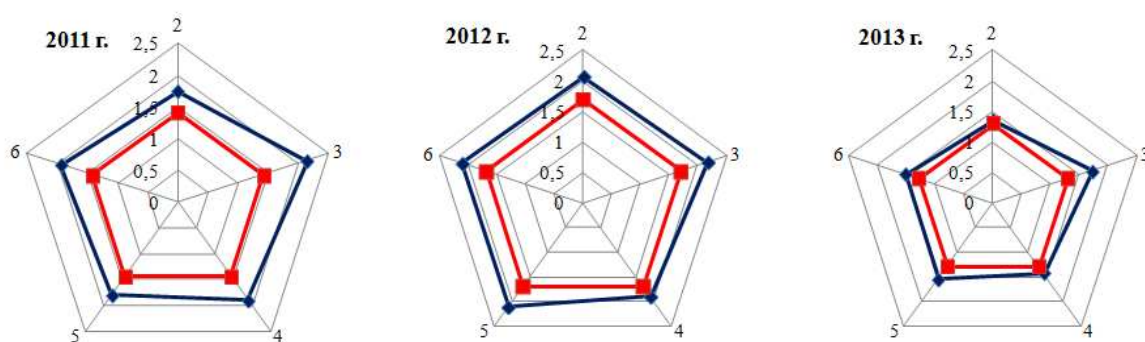
Изучали среднеспелый гибрид зернового направления Фурио (ФАО 360-390). Схема опыта: 1) Контроль, 2) N30P40 до посева (средние дозы хозяйств), 3) N100P80K60 до посева + обработка семян Zn, 4) N18P80K60 до посева + обработка семян Zn, 5) N100K60 до посева + обработка семян Zn, 6) N100P80 до посева + обработка семян Zn. Общая площадь делянки - 67,2 м², учетная - 42,0 м², повторность опыта – четырехкратная. Предшественник во все годы – озимая пшеница. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру (34% N), аммофос (12% N, 52% P₂O₅), калий хлористый (60% K₂O) и цинк сернокислый (25% Zn).

Образцы растений отбирали согласно методике полевого опыта [8].

Определение NPK в зерне кукурузы проведено после мокрого озоления. Содержание азота в минерализате определяли по ГОСТ13496.4-93 [6], фосфора – по ГОСТ 26657-97 [7]. Определение калия проводили на пламенном фотометре ФПА-2. Количество микроэлементов определяли в солянокислом растворе сухой золы атомно-абсорбционным методом [14].

Элементный состав растений кукурузы во многом определяется почвенно-климатическими условиями выращивания, ее сортавыми

особенностями, а также технологией возделывания, количеством вносимых удобрений, организацией севооборотов. В среднем за годы исследований содержание азота варьировало от 1,30 до 2,17%, фосфора – от 0,19 до 0,53%, калия – от 0,29 до 0,61% (рис.1-3). Установлено, что с увеличением доз удобрений, содержание N, P, K в зерне кукурузы гибрида Фурио, как правило, повышалось. Внесение наибольших в опыте доз удобрений (N100P80K60) повышало содержание макроэлементов до максимальных значений во все годы исследований.



Условные обозначения:

(здесь и далее)

—■— Контроль

—■— Варианты с удобрениями:

2) N30P40 (средние дозы хозяйств), 3) N100P80K60 + Zn,

4) N18P80K60 + Zn, 5) N100K60 + Zn, 6) N100P80 + Zn

Рисунок 1. Содержание азота в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном, %

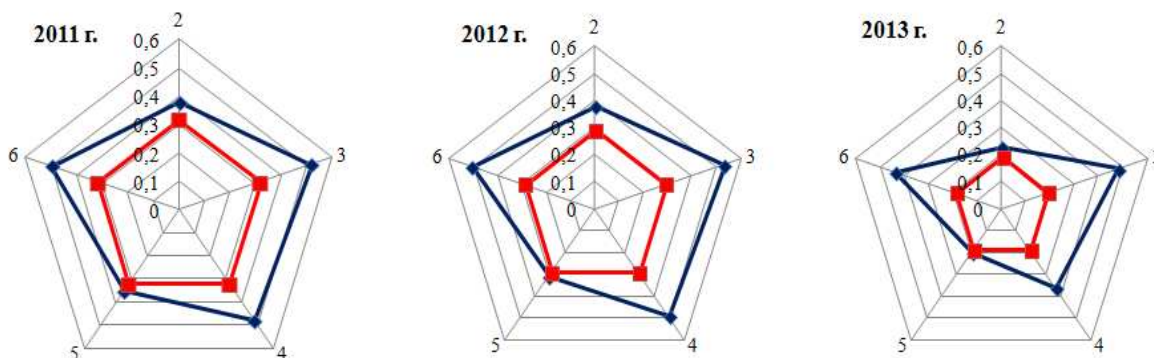


Рисунок 2. Содержание фосфора в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном, %

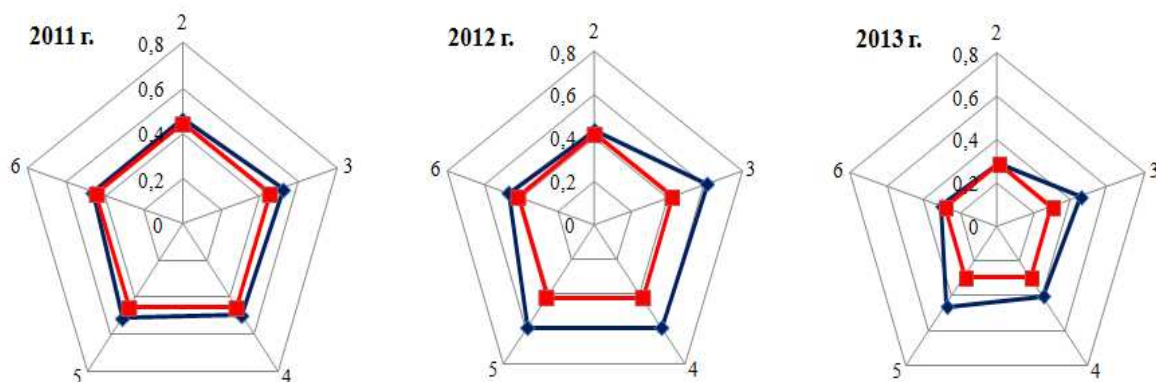


Рисунок 3. Содержание калия в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном, %

Содержание N, P, K в 2013 году во всех вариантах опыта снизилось по сравнению с результатами 2011-2012 гг. Это объясняется острой продолжительной засухой в критические периоды развития кукурузы.

Наибольшая эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений выявлена при их совместном внесении.

Аналогичная закономерность выявлена и по влиянию удобрений на содержание биомикроэлементов – Zn и Cu (рис. 4-5). Внесение N100P80K60 привело к повышению количества цинка на 12,8 мг/кг, а меди – на 1,5 мг/кг по сравнению с контролем в среднем за годы исследований. Однако превышение гигиенических нормативов не отмечено ни в одном из вариантов опыта (для Cu – 10,0 мг/кг, для Zn – 50,0 мг/кг) [3, 5].

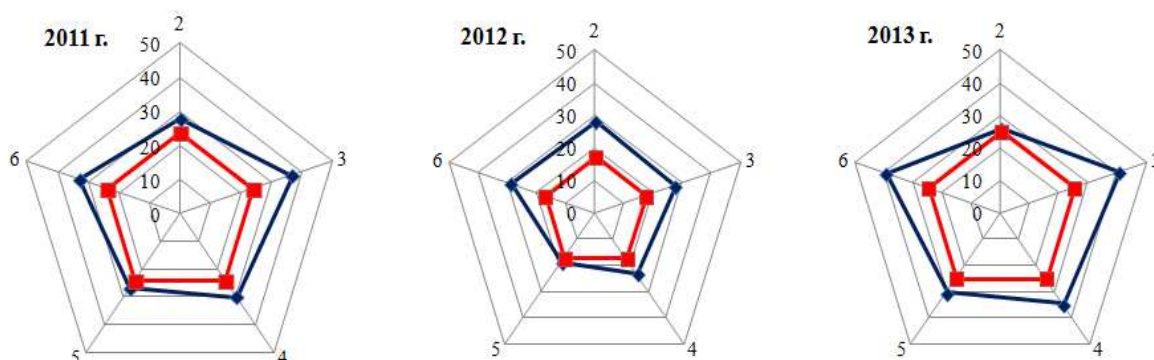


Рисунок 4. Содержание Zn в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном, мг/кг

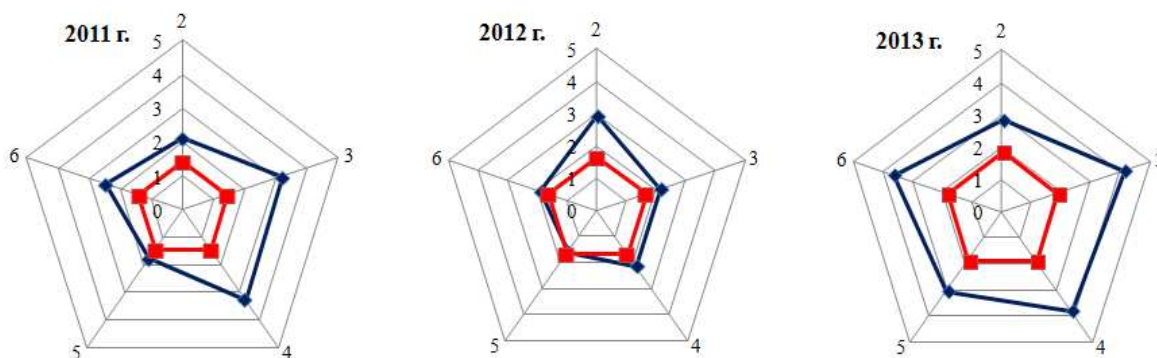


Рисунок 5. Содержание Cu в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном, мг/кг

Полученные данные за 2011 – 2013 годы наблюдений соответствуют среднему содержанию Cu и Zn в зерне кукурузы, согласно ряду исследований. В работе [20] содержание Zn в зерне кукурузы составляет 28,3 мг/кг, коэффициент вариации при этом достигает 60%, а Cu – 2,21 мг/кг, коэффициент вариации – 37%. В исследованиях, проведенных на черноземе обыкновенном карбонатном [12], содержание Zn в зерне различных сортов и гибридов кукурузы варьирует от 14,0 до 27,0 мг/кг, Cu – от 2,0 до 4,0 мг/кг.

При использовании минеральных удобрений в почву вносится свинца от 7,0 до 225,0 мг/кг сухой массы почвы [10], кадмия – от 0,3 до 179,0 мг/кг [24]. Это может привести к повышению содержания данных элементов в растениях и снижению экологической безопасности сельскохозяйственной продукции.

Полученные результаты показывают, что внесение удобрений в 2011 и 2012 гг. не способствовало накоплению Pb в зерне кукурузы. Его содержание по вариантам опыта было на уровне контроля и даже ниже. В 2013 г. выявлено некоторое увеличение содержания Pb (рис. 6).

Физиологически нормальной для растений считается концентрация свинца от 0,1 до 5,0 мг/кг сухого вещества [21], критической – 10,0 мг/кг [19]. Предельно допустимая концентрация свинца в зерновых культурах в

США, Англии и Франции – 1,5-2,0 мг/кг, а в большинстве стран – 0,3-0,5 мг/кг [18]. Согласно нормативным документам, используемым в нашей стране, концентрация свинца в продукции растениеводства не должна превышать 0,5 мг/кг для пищевых целей [5] и 5,0 мг/кг – на корм [3].

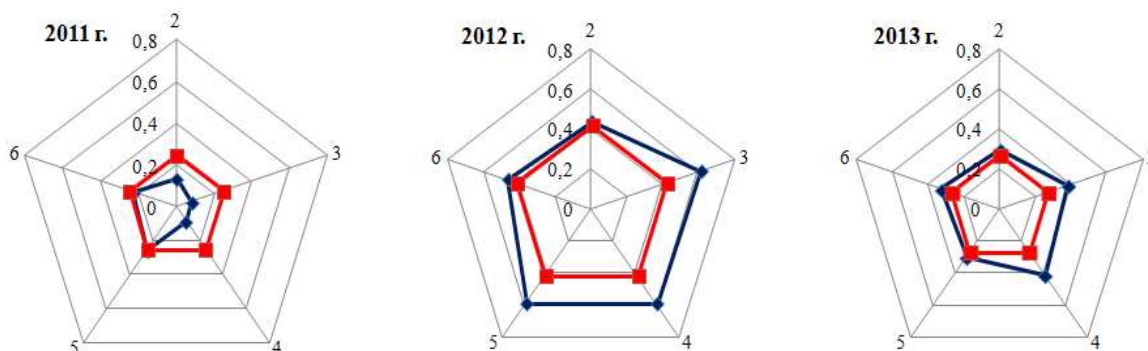


Рисунок 6. Содержание Pb в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном, мг/кг

В отличие от Pb, содержание Cd при внесении удобрений существенно возрастает во все годы исследований (рис. 7).

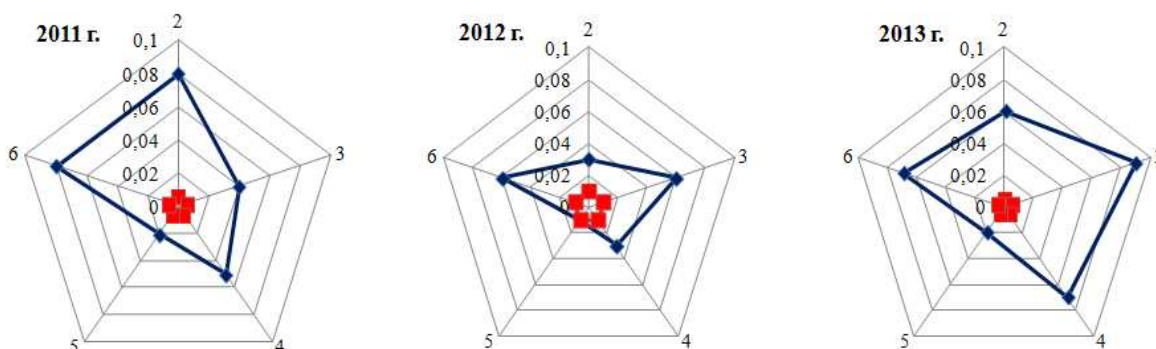


Рисунок 7. Содержание Cd в зерне кукурузы при внесении удобрений на черноземе обыкновенном, мг/кг

По сводным данным [10], нормальное содержание кадмия в надземной части растений составляет 0,05-0,6 мг/кг сухого вещества, токсическое – 1,0 – 70 мг/кг сухого вещества. Экспериментальные данные за 2011 – 2013 годы исследования соответствуют среднему содержанию Cd в зерне кукурузы и не превышают допустимые уровни - 0,1 и 0,3 мг/кг [3, 5]. Согласно исследованиям [17], концентрация кадмия изменяется от 0,18

до 0,28 мг/кг. По фитотоксичности и способности накапливаться в растениях кадмий занимает первое место ($Cd > Cu > Zn > Pb$) [16].

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что отклонений от гигиенических нормативов качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для Cu, Zn, Cd, Pb отмечено не было. Это свидетельствует об избирательности поглощения элементов из почвы и функционировании защитных механизмов, препятствующих проникновению тяжелых металлов в органы растений [9].

Большое влияние на поступление металлов в растения оказывают физико-химические свойства почвы [9]. По данным [22], при снижении pH с 7 до 5,5 содержание кадмия в тканях растений возрастало в 4 раза. Поглощение металлов растениями находится в прямой зависимости от их доступного содержания в почве или почвенном растворе [23]. Выделяют пять главных механизмов закрепления тяжелых металлов: образование внешнесферных поверхностных комплексов, образование внутрисферных изолированных комплексов, образование многоядерных поверхностных комплексов, гомогенное осаждение, диффузия в решетке [2]. Подвижность Cu, Pb и Zn в почвах Ростовской области обусловлена преимущественно соединениями металлов, удерживаемых карбонатами (4-9% от общего содержания и 53-88% от группы непрочносвязанных соединений). Сродство Zn к карбонатам из рассматриваемых металлов самое высокое. Доля специфически сорбированных с карбонатами форм металла в группе непрочносвязанных соединений на фоновых почвах составляет 88% [15].

При поступлении в растения между разными металлами имеет место антагонистическое и синергическое взаимодействие. Так, при изучении совместного действия Zn, Cd и Cu на кукурузу в большинстве вариантов опыта было отмечено аддитивное и синергическое взаимодействие [4].

Содержание элементов в зерне кукурузы можно представить следующими рядами: $N > K > P$; $Zn > Cu > Pb > Cd$. Среди макроэлементов

наибольшее содержание характерно для азота, среди микроэлементов – для цинка.

Таким образом, растения кукурузы были достаточно обеспечены элементами питания для получения высокого и качественного урожая. Оптимальная доза удобрений – N100P80K60 до посева с обработкой семян Zn. Внесение удобрений увеличивает содержание как макро-, так и микроэлементов в зерне кукурузы. Однако превышения гигиенических нормативов качества и безопасности пищевого сырья и продуктов не выявлено, следовательно, полученное в опыте зерно может быть использовано в продовольственных целях. При сбалансированном применении минеральных удобрений на черноземах обыкновенных карбонатных загрязнения растениеводческой продукции не происходит.

Работа выполнена при поддержке проектной части госзадания Министерства образования и науки Российской Федерации № 5.885.2014/К, Ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2449.2014.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюкова О.А., Ельников И.И., Крыщенко В.С. Оперативная диагностика питания растений. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. – 168 с.
2. Водяницкий Ю.Н. Изучение тяжелых металлов в почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2005. – 109 с.
3. Временный максимально – допустимый уровень содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках / Государственный агропромышленный комитет, М. - 1987.
4. Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю. Распределение тяжелых металлов по органам культурных растений // Агрохимия. - 1987. - №5. - С. 40-46.
5. Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2. 560 – 96.
6. ГОСТ – 13496.4 – 93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.
7. ГОСТ – 26657 – 97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора.
8. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
9. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. -150 с.
10. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

11. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат, 1991. – С.135-146.
12. Лукашов А.Г. Применение системы ИСОД в сортоиспытании кукурузы // Материалы международной научной конференции. Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации. – Ростов-на-Дону, 2006. – С. 324-329.
13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Вып. 2. Под общей редакцией председателя государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при МСХ СССР, д.с.-х. наук М. А. Федина. М.,1989. -195 с.
14. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.:ЦИНАО, 1992. – 61 с.
15. Минкина Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: Автореф. дисс. д.б. наук. - Ростов-на-Дону: 2008. – 49 с.
16. Овчаренко М.М., Шильников И.А., Вендило Г.Г., Аканова Н.И. и др. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение. – М., 1997. – 290 с.
17. Протасова Н.А., Горбунова Н.С. Соединения цинка, никеля, свинца и кадмия в обыкновенных черноземах каменной степи при длительном применении удобрений и фосфогипса // Агрохимия. - 2010. - №7. - С.52-61.
18. Таланов Г.А. Санитария кормов: Справочник. – М.:Агропроиздат, 1991. - №4. - С.76-83.
19. Тарабрин В.П. Физиология устойчивости древесных растений в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами // Микроэлементы в окружающей среде. Киев: Наукова думка, 1980. - С 17.
20. Ягодин Б.А., Торшин С.П., Кукурин Н.Л., Савидов Н.А. Вариабельность микроэлементного состава зерна основных злаковых культур и факторы, ее определяющие // Агрохимия. – 1989. - №3. С. 125 – 133.
21. Beker D. E., Chesnm L. Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health // *Advances in Agronomy*. - 1975. - V. 27. P. 306-366.
22. Gunnarsson O. Heavy metals in fertilizers do they cause environmental and health problems. // *Fertil. Agric*. - 1983. - N 85. - P. 27-42.
23. Wagner G.J. Accumulation of cadmium in crop plants and consequences to human health. // *Adv. Agron*. - 1993. - V. 51. - P. 173-212.
24. Williams C., David D. Some effect of the distribution of cadmium and phosphate in root zone on cadmium content of plants // *Austral. J. Soil Res*. - 1977. - V. 15, N 1. - P. 59-64.

REFERENCES

1. Biryukova O.A., Yelnikov I.I., Kryshchenko V.S. Operativnaya diagnostika pitaniya rasteniy. – Rostov n/D: Izd-vo YuFU, 2010. – 168 s.
2. Vodyanitskiy Yu.N. Izucheniye tyazhelykh metallov v pochvakh. – М.: GNU Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva RASKhN, 2005. – 109 s.
3. Vremennyy maksimalno – dopustimyy uroven sodержaniya nekotorykh i gossipola khimicheskikh elementov v kormakh dlya selskokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormovykh dobavkakh / Gosudarstvennyy agropromyshlennyy komitet, М. - 1987.
4. Garmash G.A., Garmash N.Yu. Raspredeleniye tyazhelykh metallov po organam kulturnykh rasteniy // *Agrokimiya*. - 1987. - №5. - S. 40-46.
5. Gigiyenicheskiye normativy kachestva i bezopasnosti prodovolstvennogo syrya i pishchevykh produktov. SanPiN 2.3.2. 560 – 96.

6. GOST – 13496.4 – 93. Korma, kombikorma, kombikormovoye syrye. Metody opredeleniya sodержaniya azota i syrogo proteina.
7. GOST – 26657 – 97. Korma, kombikorma, kombikormovoye syrye. Metod opredeleniya sodержaniya fosfora.
8. Dospekhov B.A. Metodika opytnogo dela. – M.: Kolos, 1985. – 351 s.
9. Ilin V.B. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rasteniye. Novosibirsk: Nauka, 1991. - 150 s.
10. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh: Per. s angl. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
11. Klimashevskiy E.L. Geneticheskiy aspekt mineralnogo pitaniya rasteniy. M.: Agropromizdat, 1991. – S.135-146.
12. Lukashov A.G. Primeneniye sistemy ISOD v sortoispytanii kukuruzy // Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Ekologiya i biologiya pochv: problemy diagnostiki i indikatsii. – Rostov-na-Donu, 2006. – S. 324-329.
13. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur / Vyp. 2. Pod obshchey redaktsiyey predsedatelya gosudarstvennoy komissii po sortoispytaniyu selskokhozyaystvennykh kultur pri MSKh SSSR, d.s.-kh. nauk M. A. Fedina. M.,1989. -195 s.
14. Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh selkhozogodiy i produktsii rasteniyevodstva. – M.:TsINAO, 1992. – 61 s.
15. Minkina T.M. Soyedineniya tyazhelykh metallov v pochvakh Nizhnego Dona, ikh transformatsiya pod vliyaniem prirodnykh i antropogennykh faktorov: Avtoref. diss. d.b. nauk. - Rostov-na-Donu: 2008. – 49 s
16. Ovcharenko M.M., Shilnikov I.A., Vendilo G.G., Akanova N.I. i dr. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rasteniye-udobreniye. – M., 1997. – 290 s.
17. Protasova N.A., Gorbunova N.S. Soyedineniya tsinka, nikelya, svintsya i kadmiya v obyknovennykh chernozemakh kamennoy stepi pri dlitelnom primenenii udobreniy i fosfogipsa // Agrokhimiya. - 2010. - №7. - S.52-61.
18. Talanov G.A. Sanitariya kormov: Spravochnik. – M.:Agroproizdat, 1991. - №4. - S.76-83.
19. Tarabrin V.P. Fiziologiya ustoychivosti drevesnykh rasteniy v usloviyakh zagryazneniya srede tyazhelymi metallami // Mikroelementy v okruzhayushchey srede. Kiyev: Naukova dumka, 1980. - S 17.
20. Yagodin B.A., Torshin S.P., Kukurin N.L., Savidov N.A. Variabelnost mikroelementnogo sostava zerna osnovnykh zlakovykh kultur i faktory, yeye opredelyayushchiye // Agrokhimiya. – 1989. - №3. S. 125 – 133.
21. Beker D. E., Chesnm L/ Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health // Advances in Agronomy. - 1975. - V. 27. P 306-366.
22. Gunnarsson O. Heavy metals in fertilizers do they cause environmental and health problems. // Fertil. Agric. - 1983. - N 85. - P. 27-42.
23. Wagner G.J. Accumulation of cadmium in crop plants and consequences to human health. // Adv. Agron. - 1993. - V. 51. - P. 173-212.
24. Williams C., David D. Some effect of the distribution of cadmium and phosphate in root zone on cadmium content of plants // Austral. J. Soil Res. - 1977. - V. 15, N 1. - P. 59-64.