

ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра екології та моніторингу  
навколишнього середовища

**БЕГА Галина Олександрівна**

**Вплив позакореневого підживлення  
мікроелементами на накопичення  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$   
сільськогосподарськими культурами в умовах  
ВАТ "Радощівка" Славутського району  
Хмельницької області**

**Дипломна робота**

7.130102 – «Агрономія», ОКР «спеціаліст»

**Науковий керівник:**

доцент Р.Ю. Гаврилянчик

**Консультанти з питань:**

- екології:
- охорони праці:

доцент А.В. Степась

доцент А.М. Марущак

Завідувач кафедри, професор  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2008 р.

Б.А. ШЕЛУДЧЕНКО

Допускається випусковою кафедрою  
рослинництва і кормовиробництва  
Завідувач кафедри, професор  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2008 р.

М.І. БАХМАТ

Робота захищена з оцінкою "\_\_\_\_\_"  
Голова ДЕК, доктор с.-г. наук \_\_\_\_\_  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2008 р. І.А. ШУВАР

Кам'янець-Подільський, 2008

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1. МІКРОЕЛЕМЕНТИ, ЯК БЛОКУВАЛЬНИКИ НАДХОДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ В ЖИВІ ОРГАНІЗМИ ТА ЯК РАДІОПРОТЕКТОРИ. (Огляд літератури)</b> .....	7
1.1. Міграція радіонуклідів в ґрунті .....	7
1.2. Міграція радіонуклідів в системі ґрунт – рослина .....	10
1.3. Вплив мікроелементів на надходження радіонуклідів в рослини та радіочутливість рослин .....	12
1.4. Можливі взаємодії між мікроелементами та радіонуклідами .....	15
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	19
2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика зони і особливості погодних умов у роки проведення досліджень .....	19
2.2. Досліджувані сільськогосподарські культури .....	22
2.2.1. <i>Господарська характеристика жовтого люпину</i> .....	22
2.2.2. <i>Господарська характеристика ріпаку ярого.</i> .....	24
2.3. Програма і методика досліджень .....	25
2.4. Агротехніка на дослідних ділянках .....	28
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	30
3.1. Вплив позакореневого внесення мікроелементів на накопичення радіонуклідів у рослинах ярого ріпаку і жовтого люпину .....	30
3.2. Вплив позакореневого внесення мікроелементів на урожайність ярого ріпаку і жовтого люпину .....	35
3.3. Якість зерна ярого ріпаку, жовтого люпину залежно від внесення мікроелементів .....	38
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСЛІДЖУВАНИХ АГРОЗАХОДІВ</b> .....	40
<b>РОЗДІЛ 5. РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА ЗАПОБІГАННЯ ЇХ НАДХОДЖЕННЮ І НАГРОМАДЖЕННЮ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ</b> .....	43
<b>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	48
6.1. Аналіз умов праці, небезпеки та шкідливостей при вирощуванні сільськогосподарських культур .....	48
6.2. Заходи безпеки при використанні регуляторів росту, добрив та отрутохімікатів .....	53
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	56
<b>ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b> .....	57
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	58
<b>ДОДАТКИ</b> .....	63

## ВСТУП

Розвиток атомної енергетики, використання її досягнень в різних галузях виробництва збільшують ймовірність надходження радіонуклідів в навколишнє середовище, включення їх в біологічні ланцюги міграції і обумовлюють формування додаткового до природного фону джерела опромінення живих організмів, у тому числі людини. Особливу гостроту проблема безпеки ядерної енергетики набула після аварії на Чорнобильській АЕС. Стала очевидною необхідність розробки додаткових систем безпеки населення при проживанні на забруднених територіях. Однією із основних задач подолання наслідків аварії є зниження дози внутрішнього опромінення населення, яка у теперішній час досягає 80-90 % дози загального опромінення. Її вирішення пов'язане з мінімізацією надходження радіонуклідів з ґрунту в продукцію рослинництва і далі з кормами в продукцію тваринництва, тобто з певними особливостями ведення сільського господарства на забруднених територіях.

Серед декількох комплексних систем заходів, спрямованих на зменшення надходження радіонуклідів у першу ланку харчового ланцюга - рослину із забрудненого ґрунту у наше сьогодення і мабуть у найближчі десятиліття основною найбільш ефективною, технологічно реально здійснюваною та економічно виправданою слід вважати застосування хімічних меліорантів та добрив. Їх роль як засобів оптимізації умов вирощування рослин і постачальників основних елементів живлення в умовах радіонуклідного забруднення не змінюється, але вони можуть набувати нових функцій, пов'язаних з їх фізико-хімічними та хімічними властивостями. При цілеспрямованому використанні в певних формах, кількостях, співвідношеннях та комбінаціях за допомогою меліорантів, мінеральних та органічних добрив можна в багато разів зменшити надходження радіоактивних речовин в сільськогосподарські рослини. Але при реалізації цих прийомів виникає ряд проблем екологічного та

епідеміологічного характеру. Відомо, що Полісся належить до біогеохімічної провінції, де в ґрунтах, рослинах і, відповідно, кормах і продуктах харчування не вистачає багатьох важливих мікроелементів: йоду, цинку, кобальту, міді, фтору, марганцю, літію, бору та деяких інших. Це є причиною широкого розповсюдження у цій зоні специфічних ензоотичних захворювань рослин, тварин та людини, які відомі під загальною назвою гіпомікроелементозів (гіпокобальтоз, гіпокупероз, кератоз, аліментарна анемія та інші).

Застосування основних найбільш ефективних радіозахисних заходів у рослинництві в умовах Полісся призводить до поглиблення дефіциту мікроелементів з усіма витікаючими з цих обставин наслідками: зниженням врожаїв, погіршенням якості продукції рослинництва і кормовиробництва, загостренням ситуації щодо прояву різних видів гіпомікроелементозів. Заява про останнє суворим попередженням прозвучала на багатьох наукових конференціях у 1996 році, присвячених 10-річчю аварії, коли вже був набутий певний досвід з вивчення та ліквідації її наслідків.

Отже, враховуючи ситуацію, що склалася з мікроелементами у найбільш забруднених радіонуклідами регіонах країни, а також можливу їх роль у протирадіаційному захисті рослин і тварин, визначило наш інтерес стосовно надходження  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  та їх поведінки в ґрунті.

**Актуальність теми.** Особливості ведення землеробства на території, що зазнала радіоактивного забруднення, полягають у необхідності виробництва сільськогосподарської продукції з мінімальним умістом в ній радіоактивних речовин. Цьому сприяє створення передумов для максимального зниження переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини. Вивчення впливу різних способів на зменшення забруднення сільськогосподарської продукції і насамперед забруднення продуктів рослинництва радіоактивними речовинами, має велике практичне значення.

У практиці землекористування для зниження рівня забруднення продукції важливо застосовувати насамперед ті агротехнічні та агрохімічні заходи, виконання яких не потребує істотних змін в існуючих технологіях

виращування сільськогосподарських культур. Одним з найбільш ефективних з них є застосування мінеральних добрив, зокрема підвищених доз фосфорних та калійних, основні елементи котрих блокують надходження та накопичення в рослинах довгоживучих радіоактивних забруднювачів навколишнього середовища радіонуклідів  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$ .

В умовах Полісся, територія якого у найбільшій мірі була піддана радіонуклідному забрудненню, на бідних практично на всі макро- та мікроелементи живлення рослин, досить ефективним прийомом, який суттєво може доповнити дію добрив, є внесення таких мікроелементів, як цинк, марганець, кобальт, мідь та деякі інші. Ці мікроелементи з одного боку можуть безпосередньо виступати у якості антагоністів – блокаторів надходження радіонуклідів, а з іншого – синергістів макроелементів, які відомі як класичні блокатори згаданих радіонуклідів і гальмують їх перехід з ґрунту в рослини. Але при внесенні в ґрунт разом з макроелементами, зокрема з фосфорними, а особливо на фоні вапнування, яке є одним з основних радіозахисних заходів на кислих ґрунтах Полісся, мікроелементи можуть зв'язуватись і переходити у важкодоступний стан. Крім того, внесення кілограмових кількостей на гектар солей мікроелементів технологічно незручне.

Добре відомо, що коли необхідно внести поживні речовини у невеликих кількостях, у певний період розвитку рослин, застосовують їх внесення у розчиненому стані через надземні органи. Саме тому було вирішено випробувати ефективність мікроелементів при внесенні шляхом позакореневого підживлення.

**Мета і завдання досліджень.** Встановити в умовах західної провінції Полісся України особливості надходження та нагромадження  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  рослинами ярого ріпаку та люпину жовтого при обробці їх мікроелементами шляхом позакореневого підживлення. На основі досліджень обґрунтувати і розробити оптимальні технології внесення мікроелементів, які зменшують накопичення радіонуклідів і підвищують продуктивність рослин.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі задачі:

- визначити найбільш ефективні мікроелементи щодо блокування переходу  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослини;
- вивчити можливі шляхи блокування радіонуклідів під дією мікроелементів;
- дати комплексну оцінку мікроелементам щодо їх ефективності, в тому числі впливу на продуктивність рослин;

*Об'єкт дослідження* – процес блокування надходження радіонуклідів в рослини ярого ріпаку та люпину жовтого під дією мікроелементів у ґрунтово-кліматичних умовах західної провінції Полісся України.

*Предмет дослідження* – технологія позакореневого внесення мікроелементів і оцінка її ефективності щодо зниження надходження радіонуклідів в сільськогосподарські культури та вплив на їх продуктивність.

*Методи дослідження.* Візуальний для спостереження фенології рослин ріпаку та люпину; вимірально-ваговий – для встановлення висоти та густоти стояння рослин, сухої речовини, вологості ґрунту; радіометричні – для визначення рН; агро- та біохімічні – для визначення якісних показників ґрунту та рослин; статистичний – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної ефективності технології вирощування люпину жовтого на зелену масу та зерно та ярого ріпаку на зерно.

**Новизна одержаних результатів.** На забруднених радіонуклідами ґрунтах в зоні західної провінції Полісся України встановлено, що позакореневе підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами зменшує нагромадження ними  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$ .

## ВИСНОВКИ

1. Позакореневе підживлення сільськогосподарських культур – люпину жовтого і ріпаку ярого водними розчинами мікроелементів цинку та марганцю зменшує накопичення у зерні  $^{137}\text{Cs}$  в 1,5-2 рази і  $^{90}\text{Sr}$  на 25-40 %.

2. Застосування мікроелементів у формі комплексонатів суттєво підвищує їх радіоблокуючу ефективність. Під впливом спільного комплексонату цинку і марганцю накопичення  $^{137}\text{Cs}$  зменшувалось у 1,6-2,8 рази і  $^{90}\text{Sr}$  – в 1,4-1,6 рази.

3. Підживлення люпину і ріпаку мікроелементами позитивно впливало на продуктивність рослин, підвищуючи урожайність на 10-15%. Застосування комплексонату цинку і марганцю підвищувало урожайність на 30 %.

4. Обробка рослин розчинами мікроелементів в окремих випадках позитивно впливала на їх якість, збільшуючи в них накопичення протеїну, жиру, цукрів, амінокислот.

5. Аналіз даних літератури та досліді поточного року дозволяють утвердитись у сформульованій раніше думці про те, що зменшення накопичення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з одного боку може бути зумовлене антагоністичними взаємодіями мікроелементів і радіонукліду, а з іншого – опосередкованою дією за рахунок стимуляції надходження в рослини макроелементів – його антагоністів, зокрема калію, кальцію і можливо деяких інших елементів.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

В умовах західної провінції Полісся України для зменшення накопичення радіонуклідів в зерні ріпаку ярого і люпину жовтого, підвищення їх продуктивності, покращення якості отриманого врожаю рекомендується позакореневе підживлення посівів водними розчинами мікроелементів цинку та марганцю або комплексонатом цинку і марганцю.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агеец В.Ю., Шугля Н.Н. Особенности накопления радионуклидов сельскохозяйственными культурами в зависимости от применения микроудобрений // Почвоведение и агрохимия. – 1991. – №27. – С. 164-167.
2. Алиев И.М. Модификация радиочувствительности растений в онтогенезе с помощью железа и бора // Радиобиология, 1983. - №2. - 282-285 с.
3. Алипбеков О.А., Савинков А.Ф., Даулетбаев М.К. Влияние кадмия на поступление стронция-90 в урожай пшеницы // Вопросы защиты с-х растений и животных от болезней: Сб. научн. тр. Ч.1. – Алма-Ата, 1989. – С. 102-106.
4. Радиационные аварии // Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А., Дрожко Е.Г., Ильин Л.А., Крышев И.И., Линге И.И., Романов Г.Н., Савкин М.Н., Сауров М.М., Тихомиров Ф. А, Холина Ю.Б. М.: Издат, 2001. - 752 с.
5. Анисимов В.С. Влияние форм аварийных выпадений и физико-химических свойств почв на подвижность  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва-растение в 30-км зоне Чернобыльской АЭС.: Автореф. дис.канд. биол. наук: 03.00.01 // ВНИИСХРАЭ. - Обнинск, 1995. - 33 с.
6. Анненков Б.Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии М.: Агропромиздат, 1991. - 286 с.
7. Архипов Н.П., Федоров Е.А., Алексахин Р.М., Бондарь П.Ф., Кожевникова Т.Л., Сулова В.В. Почвенная химия и корневое накопление радионуклидов в урожае сельскохозяйственных растений // Почвоведение 1975. - №11. - С. 40-52.
8. Власюк П.А., Гродзинский Д.М., Гудков И.Н. Ионы тяжелых металлов как радиопротекторы при лучевом поражении растений. // Радиобиология, 1966. - №4. - 591-597 с.

9. Гаврилова Л.В. Влияние микроэлементов на перезимовку и урожай озимых хлебных злаков. Микроэлементы и естественная радиоактивность почв. Материалы третьего межвузовского совещания. Ростовский университет. 1962.
10. Гаврилянчик Р.Ю. Агроекологічні особливості формування фотосинтетичних показників посівів гречки // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – 2008. – Вип. 16. – С. 41-46.
11. Громов В.А., Николаева Е.М., Маракушин А.В. Влияние агрометеорологических факторов на поступление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственные растения // Агрехимия. - 1982. - №9. - С. 118-125.
12. Гудков И.Н., Гигинейшвили К.А., Гродзинский Д.М. Защита растений от лучевого поражения в условиях хронического и острого гамма-облучения. Эффективность солей цинка, железа и марганца // Радиобиология, 1990. - №2. – С. 166-169.
13. Гудков И.Н., Кицно В.Е., Грисюк С.Н., Ткаченко Г.М., Иванова Е.А., Саенко К.В., Гуральчук Ж.З. Протилучевая защита растений с помощью солей металлов в условиях радиоактивного загрязнения территории // Радиационная биология. Радиоэкология. 1999. Т. 39. №2-3. С. 349-353.
14. Гулякин Й.В., Юдинцева Е.В. Действие на растения и накопление в урожае радиоактивных продуктов деления при различном их размещении в почве // Известия ТСХА. - 1957. - Вып. 3. - С. 53-80.
15. Гулякин Й.В., Юдинцева Е.В. Накопление осколочных элементов в урожае различных растений в зависимости от свойств почвы // Известия ТСХА. - 1959. - Вып. 6. - С. 19-38.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 336 с.
17. Дубиковский Г.П., Бородин П.В. К вопросу об исследовании роли микроудобрений на загрязненных радионуклидами почвах в повышении продуктивности люпина кормового // Соверш. методол. агрохими. исслед.: Матер. научн. конф., Белгород, 1995. – М., 1997. – С. 146-151.

18. Зубарева И.Ф. Влияние концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в почве на коэффициенты накопления радиостронция в проростках пшеницы // Агрехимия. - 1975. - №10. - С. 135-137.
19. Ильина Г.В., Кузнецова Н.Н. О влиянии микроэлементов железа и марганца на модификацию радиобиологических эффектов у растений пшеницы. // Радиобиология, 1975. - №3. – С. 415-419.
20. Калам Ю. Сравнение цитогенетических эффектов при изменении содержания двухвалентных металлов в семенах ячменя до и после облучения. В сб. «Индукцированный мутагенез у растений», Таллин, 1972. – С. 204-214.
21. Каракузиев Р.Т., Кист А.А., Каракузиев Т.У. и др. Влияние гамма-радиации в сочетании с серноокислым цинком на семена хлопчатника. // Радиобиология, 1988. - №1. – С. 88-91.
22. Ключковский В.М., Целищева Г.Н. Поведение радиоактивных продуктов деления в почвах // О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступлении в растения и накоплении в урожае. - М.: Из-во АН СССР, 1956, С. 3-74.
23. Ключковский В.М., Соколова Л.И., Целищева Г.Н. Сорбция микроколичеств стронция и цезия в почвах // Труды второй Междунар. конф. по мирным испытаниям атомной энергии". Том 5. - М.: Атомиздат. - 1958. – 28 с.
24. Луцишина Е.Г., Мельничук Ю.П., Кудин А.Н. Исследование противолучевой эффективности кадмия на зерновках пшеницы. // Радиобиология, 1983. - №2. – 216-219 с.
25. Мазанова С.Д., Гусейнов С.Г. Влияние меди на коллоидно-химические свойства плазмы клеток в листьях хлопчатника на ранних этапах онтогенеза на фоне радиации.//Биол.клетки: Тез.респ.научн.конф.мол.ученых, Баку,1989. - С. 27.
26. Мамонтова Л.А. Поведение в почвах радиостронция и радиоцезия и накопление их в урожае растений в зависимости от применения торфа,

- золы торфа, карбонатов и фосфатов кальция и калия: Автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.01 / Почв. ин-т. - М, 1977. - 16 с.
27. Методика Державного сортопробування с.- г. культур. Вип. 2. За ред. В.В. Вовкодава. – К.: 2001. – 65 с.
  28. Мухтарова Л.С., Гусейнов С.Г. Влияние молибдена и кобальта на азотистый обмен хлопчатника, облученного гамма-лучами. Докл. АН АзССР, 1972. - №9-10. – 62-65 с.
  29. Надсон Г.А., Жолкевич А.Я. О комбинированном действии радия и химических реагентов на растения // Вестник рентгенологии и радиологии, 1924. – Т. 3. - Вып. 2. – 85-106 с.
  30. Немцева Л.С., Джохадзе Т.А., Романов В.П. Действие ионов меди на структурные мутации хромосом, вызванные гамма - лучами  $^{137}\text{Cs}$  в клетках замоченых семян. // Генетика, 1975. - №5. – 23-27 с.
  31. Нормативно-правове забезпечення заповідної справи в Україні. Ч. 1. Базове нормативно-правове забезпечення природно-заповідного фонду та формування екологічної мережі в Україні: Довідник / Р.Ю.Гаврилянчик, О.М. Бахмат, А.В. Степась та [ін.]. Кам'янець-Подільський, Вид-во ПДАТУ, 2008.
  32. Пристер Б.С. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для сельского хозяйства Украины. - К., 1999. - 103 с.
  33. Радиоактивность и пища человека // Под ред. Расселла Р.С. : пер. с англ. - М.: Атомиздат, 1971. - 375 с.
  34. Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений. – М. : Изд - во АН СССР, 1955. – 512 с.
  35. Сельскохозяйственная радиоэкология // Под ред. Алексахина Р.М., Корнеева Н.А. - М. : Экология, 1992. - 400 с.
  36. Тимофеев-Ресовский И.В., Титлянова А.А., Тимофеев Н.А., Махонина Г.И., Молчанова И.В. Поведение радиоактивных изотопов в системе почва - раствор // Радиоактивность почв и методы ее определения. - М. : Наука, 1966. - С. 46-80.

37. Улітін С.С., Савчук І.В., Гаврилянчик Р.Ю. Можливість використання результатів вимірювання біопотенціалів рослин для екологічного моніторингу // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування» – Кам’янець-Подільський, 2007. – С. 29-30.
38. Циков В.С., Пикуш Г.Р., Методические рекомендации по проведению полевых опытов с зерновыми, зернобобовыми и кормовыми культурами. – Днепропетровск, 1983. – 49 с.
39. Юдинцева Е.В., Гулякин Н.В., Бакунов Н.А. Поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения из почв различных климатических зон // Агрохимия. - 1968. - №1, - С. 78-79.
40. Ahmad Trifu. Post-irradiation effects of some chemical agents on the growth of wheat. “Stud. Univ. Babeş - Bolyai. Biol.”, 1980. – №2. – 38-40 p.
41. . Andersson K.J. The Characterisation and Removal of Chernobyl Debris in Garden Soils // RISO National Laboratory. – RISQM - 2912. - 1991, - P.22-27.
42. Vujtas K., Cseh E. Влияние меди на систему поглощения калия у пшеницы “MTA biol. tud. oszt. Kozl,” 1982. – №4. – P. 609-622.
43. Kutacek M., Mashev N., Oplistolava K., Bulgakov R. The influence of gamma radiation on biosynthesis of indoles and gibberelins in barley. The action of zinc on the restitution of growth substance levels in irradiated plants. // Biol. Plant., №8, 1966. – P. 152-163.
44. Pitman M.G. Uptake and transport of ions in barley seedlings III. Correlation of potassium transport to the shoot with plant growth // Aust. J. Biol. Sci. – 1972. – V. 25. – P. 905-919.
45. Prister B.S., Belli M., Sanzharova N.I., Fesenko S.V., et.al. Behavior of Radionuclides in Meadows including countermeasures application // Proc. of the first intern, conf. "The radiological consequences of the Chernobyl accident". - Minsk. - 1996. - P. 59-68.

46. Ramaiah K.V., Mookerjee Anjali. Modifying effects of divalent ions on the sulfhydryl content of normal and tumorous beet root tissue under thermal and gamma-irradiation stress. "Experientia", 1981. – №2. – P. 132-134.
47. Smith C.C., Brennan E.G. Cadmium-zinc interrelationships in tomato plants. // Phytopathology. – 1983. – №6. – P. 879-881.
48. Wallace A., Berry W.L. Possible effects when two deficient essential elements are applied simultaneously // J. Plant Nutr., 1983. – №12. – P. 1013-1016.