



NORWEGIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT OF THE INTERNATIONAL SCIENCE

№41/2020

Norwegian Journal of development of the International Science

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
- Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
- Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
- Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
- Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
- Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
- Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
- Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
- Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
- Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
- Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
- Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
- Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
- Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
- Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
- Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
- Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
- Chan Jiang (Peking University, China)

and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: publish@njd-iscience.com

site: <http://www.njd-iscience.com>

CONTENT

AGRICULTURAL SCIENCES

Okrushko S. INFLUENCE OF WEED CONTROL ON YIELD SOWING PEAS 3	Yakovets L. ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION AND AGRICULTURAL PRODUCTS FOR THE CONTENT OF RADIONUCLIDES.....18
Tomchuk V. PRACTICAL ASPECTS OF GROWING VEGETABLES AND POTATOES USING STRIP-TILL TECHNOLOGY 8	

ARCHITECTURE

Diachok O. SEARCH OF NATIONAL STYLE IN WESTERN UKRAINE'S SACRAL ARCHITECTURE IN THE POST-SOVIET PERIOD 23

PHYSICAL SCIENCES

Antonov A. HOW TO DISCOVER INVISIBLE UNIVERSES..... 28	Gladyshev G. LIVING UNIVERSE38
--	--

TECHNICAL SCIENCES

Agamaliyev M., Ahmadova D., Mamedbekova R. INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF ABSORPTION HEAT PUMP INTEGRATION INTO SEAWATER THERMAL DESALINATION SYSTEM44	Pogonin V., Tretyakov A. TASKS FOR OPTIMIZING THE TRAJECTORY OF THE ROBOT ARM IN CHEMICAL PRODUCTION BASED ON SOFT COMPUTING.....68
Plemyannikov M., Zhdaniuk N. STUDY OF THE POSSIBILITY OF RECYCLING WASTE OF METALLURGICAL PRODUCTS FOR RECEIPT OF GLASS CRYSTAL 51	Krasnov A., Prakhova M. EFFECT OF ANTI-TURBULENCE ADDITIVES ON THE OPERATION OF FLOWMETERS72
Lebed I., Tkachenko V. DEVELOPMENT OF A ROADMAP OF COMMUNICATIONS MANAGEMENT IN EDUCATIONAL PROJECTS 59	Sobol A., Kurdupova E., Kornienko I., Chundyshko R., Andreeva A. NEEDS OF DEVELOPING PROTECTION OF ASYNCHRONOUS GENERATORS OF SMALL HYDRO POWER PLANTS76
Meleshko M., Loboda S., Rakitsky V. APPLICATION OF THE SHAUDER BASIC FUNCTION SYSTEM FOR THE PRESENTATION AND CONCENTRATION OF INFORMATION..... 62	

12. Томчук В.В. Перспективи застосування технології Strip-till у контексті зменшення антропогенного навантаження на ґрунт / В.В. Томчук // SLOVAK INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. 2020. № 39. VOL.1.C. 11-20. [Tomchuk

V.V. Perspektyvy zastosuvannia tekhnologii Strip-till u konteksti zmeshennia antropohennoho navantazhennia na grunt // SLOVAK INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. 2020. № 39. VOL.1.S. 11-20. (in Slovak)].

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION AND AGRICULTURAL PRODUCTS FOR THE CONTENT OF RADIONUCLIDES

Yakovets L.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Assistant of the Department of Botany, Genetics and Plant Protection,
Faculty of Agronomy and Forestry,
Vinnytsia National Agrarian University*

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ И СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ РАДИОНУКЛИДОВ

Яковец Л.А.

*Кандидат сельскохозяйственных наук,
ассистент кафедры ботаники, генетики и защиты растений
факультета агрономии и лесоводства,
Винницкий национальный аграрный университет*

Abstract

The article presents the results of studies to determine the environmental assessment of soil pollution and agricultural products by the content of radionuclides. The study of the most common mineral fertilizers. It was found that ammonium nitrate, urea, ammonium sulfate and nitroammophosk in their composition contain radioactive ^{137}Cs . It was found that cereals accumulate less ^{137}Cs among the studied crops. The content of radionuclides in leguminous crops was minimal, in soybeans and peas, two times higher than in cereals.

According to the results of a review of scientific literature, it was established that the assimilation of radionuclides from the soil by plants during their mineral nutrition depends primarily on the bioavailability of the radionuclide, which is determined by the physicochemical nature of the nuclides and the agrochemical properties of soils, as well as the biological characteristics of the crops.

Аннотация

В статье приведены результаты исследований по определению экологической оценки загрязнения почвы и сельскохозяйственной продукции по содержанию радионуклидов. Проведено исследование самых распространенных минеральных удобрений. Установлено, что аммиачная селитра, карбамид, сульфат аммония и нитроаммофоска в своем составе содержат радиоактивный ^{137}Cs .

Установлено, что среди исследуемых сельскохозяйственных культур меньше накапливают ^{137}Cs зерновые злаковые культуры. Содержание радионуклидов в зернобобовых культурах был минимальный, в сое и гороха в два раза выше, чем в злаковых культурах.

По результатам обзора научной литературы установлено, что усвоение радионуклидов из почвы растениями в процессе их минерального питания зависит в первую очередь от биологической доступности радионуклида, которая определяется физико-химической природой нуклидов и агрохимическими свойствами почв, а также биологическими особенностями культур.

Keywords: pollution, soil, agricultural products, radionuclides, mineral fertilizers

Ключевые слова: загрязнение, почва, сельскохозяйственная продукция, радионуклиды, минеральные удобрения.

Прошло 34 года после Чернобыльской катастрофы. За это время Украина, при активной помощи мирового сообщества, выполнен беспрецедентный по масштабам и видам объем работ, направленных на локализацию, минимизацию и ликвидацию последствий аварии. Однако последствия этой глобальной катастрофы продолжают негативно влиять на экономику страны в целом и на аграрный сектор в частности [1].

Вместе с тем, природные процессы, происходящие на загрязненных территориях, также меняют ситуацию, медленно проходит реабилитация зоны,

подвергшейся воздействию радиоактивной нагрузки [1]. Поэтому, за время, прошедшее после аварии на ЧАЭС актуальным для Украины, является анализ изменений и современного состояния радиационного загрязнения почв и выращенной на этих почвах сельскохозяйственной продукции.

Ученые утверждают, что современный удаленный послеварийный период характеризуется радиоактивным загрязнением фитомассы долгоживущими радионуклидами за счет корневого поступления. Загрязнение этими радионуклидами может длиться десятки и сотни лет [1].

В Украине, начиная со второго года после аварии, основным дозообразующим радионуклидом был ^{137}Cs , который остается таким и в отдаленный период. Это определило широкий научный интерес относительно исследований миграции ^{137}Cs трофическими цепями [1].

В результате взрыва на ЧАЭС в атмосферу попали радиоактивные изотопы многих элементов. В настоящее время наибольшую опасность представляют радиоизотопы цезия и стронция, которые имеют период полураспада более 30 лет.

Главным критерием оценки радиационной обстановки агроэкосистем на сегодня есть радиоактивное загрязнение почвы и сельскохозяйственной продукции. Критичность, с точки зрения миграции радионуклидов в агроэкосистемах, обусловлена именно миграцией радионуклидов по трофическим цепям животных и человека, начальным звеном которых является почва. Интенсивность биогенной миграции радионуклидов в первом звене трофической цепи «почва-растение» обуславливает и дальнейшее их поступления в сельскохозяйственную продукцию и далее в организм человека.

Радионуклиды, которые выбрасываются в атмосферу, в конечном итоге попадают в почву, частично вымываются в иллювиальный горизонт на грунтовые воды. Однако почва достаточно прочно удерживает радиоактивные вещества, которые долгое время находятся в пахотном слое, откуда постоянно мигрируют в сельскохозяйственную продукцию. Таким образом, при загрязнении территории, почва является постоянно действующим источником поступления радионуклидов в растения, корма животных и пищу человека [2].

Накопление радионуклидов в продукции зависит от многих факторов, среди которых главным является уровень загрязнения почвы и его агрохимические и водно-физические характеристики. Влияние этих факторов на интенсивность миграции радионуклидов в пищевых цепях количественно оценивают с помощью коэффициентов пропорциональности накопления радионуклидов из почвы в растения КП (Бк/кг:кБк/м²). Уменьшение подвижности радионуклидов в почвах со временем приводит к постепенному снижению коэффициентов перехода.

Факторы, определяющие интенсивность перехода радионуклидов из почвы в растения, можно разделить на три основные группы [3]:

- формы нахождения радионуклидов в почве и почвенном растворе;
- агрохимические свойства почвы такие, как сорбционная емкость, фиксирующая способность почвы, концентрация обменных ионов в почвенном растворе;
- видовые биологические особенности.

Основной путь перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию является корневое усвоения.

Между степенью и интенсивностью поглощения радионуклидов почвой и накоплением их растениями существует обратная связь: факторы, обу-

словливающие более полное поглощение радионуклидов грунтовым поглощающим комплексом, приводят к меньшему накоплению растениями.

Почвенный поглощающий комплекс не только предотвращает выщелачиванию элементов из почвы, но и выступает в качестве конкурента корневой системы растений при усвоении воды и ионов.

Главным фактором, определяющим поступление радионуклидов в растения через корни, является состав почвенного раствора и концентрация в нем радионуклида. Концентрация радионуклидов в растениях зависит не только от концентрации их в почве в целом, но прежде всего от распределения между твердой и жидкой фазами почвы [4].

Переход радионуклидов из почвенного раствора в растения можно разделить на две стадии: сорбция с почвенного раствора на корневом обменном комплексе клеточной стенки и перенос через мембрану растительной клетки. Механизм усвоения радионуклидов корнями растений подобный поглощения основных питательных веществ - макро- и микроэлементов. Основное отличие в том, что в большинстве случаев радионуклиды присутствуют в предельно низких концентрациях.

Усвоения радионуклидов из почвы растениями в процессе их минерального питания зависит в первую очередь от биологической доступности радионуклида, которая определяется физико-химической природой нуклидов и агрохимическими свойствами почв, а также биологическими особенностями культур.

Калий (К) – один из самых необходимых для растений элементов питания. В почве он находится в составе минералов в долях коллоидов, в органических остатках и в виде минеральных солей [4].

Калий является основным элементом питания растений. К тому же он, как конкурент, снижает накопление ^{137}Cs . В результате, чем выше содержание калия в почве относительно ^{137}Cs , тем меньше количество радионуклида будет усваиваться корневой системой растения. Однако, чем богаче почвы аналогами, тем больше надо их внести в почву для получения эффекта снижения накопления соответствующих радионуклидов. Так, при содержании в почве обменного калия 1 мг/100 г почвы, дополнительное его внесения 60 кг/га с удобрениями увеличивает его содержание в почве на 2 мг/ 00 г почвы. Суммарное его содержание увеличивается до 3 мг/100 г почвы, а отношение ^{137}Cs к калию в почве снижается в 3 раза. В этом случае содержание радионуклида в урожае всех культур также должен снизиться в 3 раза. Таким образом, механизм воздействия калийных удобрений действует при любой дозе внесения калия в каждую по калийному обеспечению группу почвы. При содержании в почве обменного калия 20 мг/100 г почвы, даже внесение с удобрениями 600 кг/га калия увеличивает его содержание в почве только в 2 раза, и отношении ^{137}Cs в калии в почве также снижается лишь в 2 раза [4].

Главную роль в процессе поглощения радиоактивного цезия почвами играет характер гумуса, который влияет на соотношение между минеральной

и органической частями почвы. Поглощение ^{137}Cs органикой почвы зависит не только от общего количества гумуса в почвенном горизонте, а и от его количественного и качественного состава. Опытами доказано сильнее связь ^{137}Cs с гуминовыми, чем фульвокислоты. Некоторые компоненты гумуса содержат функциональные группы, которые способны образовывать координационные связи с ионами ^{137}Cs (растворимые комплексные соединения). Так как значительная часть грунтовых комплексообразователей имеет достаточно высокую растворимость, образование комплексов приводит к переходу в раствор ранее адсорбированных форм радионуклида, а отсюда, к более быстрой их миграции [4].

Поведение радионуклидов в звене «почва-растение» аналогична поведению макроэлементов [4], а их поступления в урожай зависит от агрохимических свойств почвы и биологических особенностей растений. Поступления радионуклидов в растения происходит интенсивнее с супесчаных и песчаных почв, чем из почв тяжелого механического состава [5, 6]. Это связано с тем, что илистые фракции чернозема в большей степени снижают поступление ^{137}Cs в растения по сравнению с фракцией ила дерново-подзолистой почвы, что можно объяснить их различным минералогическим составом и количественным показателем.

Минеральные удобрения являются одним из наиболее эффективных средств повышения плодородия почв, урожайности и улучшения качества продукции растениеводства. С их помощью происходит управление процессами питания растений, меняется качество урожая и осуществляется воздействие на плодородие, физико-химические и биологические свойства почвы [7].

В последние годы резко увеличилось внесения минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры. Это существенно повышает урожайность, однако, экологическая безопасность такой продукции может ухудшиться [7].

В первое десятилетие после аварии на ЧАЭС интенсивно проводились агрохимические защитные меры, что позволило получать сельскохозяйственную продукцию с не превышением в ней допустимых уровней содержания ^{137}Cs [8]. Согласно данным исследований эффективность агромеритивных мероприятий с внесением минеральных удобрений и известки на органогенных почвах составляла 1,5–2,0 раза, а на минеральных – от 1,8 до 3,0 раз. Были определены оптимальные дозы внесения минеральных удобрений и мелиорантов на различных типах почвы для широкого спектра сельскохозяйственных культур в соотношении N:P:K = 1:1,5:2 и 1,5 Нг – для известки. Некоторые зарубежные авторы указывают на то, что эффективность защитных мероприятий уменьшается со временем после выпадений радионуклидов [9, 10].

Учеными установлено, что внесение только одного азота приводит к увеличению накопления ^{137}Cs до 2-х раз, а применение в комплексе с другими удобрениями снижает эффективность калийного удобрения. Внесение одного фосфора, как

правило, снижает накопление ^{137}Cs в урожае до 2-х раз [4].

Учеными радиозкологами научно доказано, что соотношение N:P:K в балансе питания растений должно соответствовать следующему: 1:1, 5:2. То есть, содержание калия в питании растений должен преобладать, тогда будет обеспечено снижение загрязнения урожая ^{137}Cs . Особенно важно соблюдать такого соотношения на бедных калием почвах.

Негативные последствия применения минеральных удобрений связывают с тем, что они, наряду с основными биогенными элементами часто содержат различные примеси в виде солей тяжелых металлов, органических соединений, радиоактивных изотопов, что может привести к негативному воздействию на окружающую среду, растениеводческой продукции, животный мир, здоровья людей, работающих с удобрениями и населения в целом [11].

Сырье для получения минеральных удобрений – фосфориты, апатиты, сырые калийные соли – как правило, содержит значительное количество примесей – до 5% и более. С токсичных элементов могут присутствовать мышьяк, кадмий, свинец, фтор, стронций, которые должны рассматриваться, как потенциальные источники загрязнения окружающей среды и строго учитываться при внесении в почву минеральных удобрений [12].

По результатам наших исследований установлено, что наиболее распространенными видами минеральных удобрений, используемых при выращивании сельскохозяйственных культур с азотных удобрений является аммиачная селитра, карбамид и сульфат аммония, а из комплексных – нитроаммофоска. При выращивании зерновых культур чаще всего используют азотные удобрения, а технических культур – сочетание азотных удобрений с нитроаммофоской [7].

На сегодняшний день производители повышают нормы внесения минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы, как основной продовольственной и прибыльной культуры до 200 кг/га и более минерального азота. При использовании аммиачной селитры, ее физическая норма внесения составит 592 кг/га, карбамид – 431 кг/га, сульфат аммония – 962 кг/га и нитроаммофоски – 1227 кг/га (табл. 1). Однако, нитроаммофоска в своем составе также содержит фосфор и калий, что будет способствовать более полноценному усвоению растениями питательных веществ [7].

По результатам лабораторного анализа установлено, что аммиачная селитра содержит 33,8% азота, карбамид – 46,4%, сульфат аммония – 20,8%, нитроаммофоска – 16,3%, что соответствует стандартам.

Сера была обнаружена только в сульфате аммония – в количестве 23,9%. Теоретически сера могла присутствовать еще в нитроаммофоске, но лабораторный анализ ее не обнаружил. С сульфата аммония в почву поступит 224 кг/га серы.

Радиоактивный ^{137}Cs присутствовал во всех минеральных удобрениях. Больше всего он был в

нитроаммофоске – 7,7 Бк/кг, а меньше всего – в аммиачной селитре – 6,5 Бк/кг.

Установлено, что наиболее удельная загрязненность площади поля радиоактивным ^{137}Cs будет

наблюдаться при внесении нитроаммофоски и составит 94,5 Бк/га. Наименее удельная загрязненность площади поля радиоактивным ^{137}Cs будет наблюдаться при внесении карбамида и составит 28,4 Бк/га.

Таблица 1

Содержание токсичных веществ в почве, которые поступили с минеральными удобрениями при выращивании озимой пшеницы при норме минерального азота 200 кг / га

Минеральные удобрения	Лабораторный анализ			Физический вес минерального удобрения, кг/га	Количество токси- кантов в почве	
	азот, %	сера, %	^{137}Cs , Бк/кг		сера, кг/га	^{137}Cs , Бк/га
Аммиачная селитра	33,8	–	6,5	592	–	38,5
Карбамид	46,4	–	6,6	431	–	28,4
Сульфат аммония	20,8	23,9	6,7	962	224	64,5
Нитроаммофоска	16,3	–	7,7	1227	–	94,5

Следовательно, при внесении 200 кг/га минерального азота под озимую пшеницу всего необходимо использовать физического веса нитроаммофоски, а меньше карбамида. Загрязненность почвы серой будет происходить только при внесении сульфата аммония, а радиоактивным ^{137}Cs – при внесении всех исследуемых минеральных удобрений. Наиболее радиоактивным минеральным удобрением (по ^{137}Cs) при внесении на 1 га будет нитроаммофоска. Поэтому для уменьшения интоксикации почвы серой и ^{137}Cs необходимо ограничить использование сульфата аммония и нитроаммофоски или ограничить нормы их внесения.

Известно, что наибольшее количество радионуклидов накапливается в вегетативных и меньше – в репродуктивных органах растений. Поэтому ^{137}Cs концентрируется в зерне культур значительно меньше, чем в соломе. Калиефильные растения накапливают большее количество ^{137}Cs . В плодах овощных культур содержится значительно больше калия, чем в зерне зерновых. Поэтому овощи интенсивнее накапливают ^{137}Cs , чем зерновые.

Зерновые культуры имеют очень существенное значение в питании человека. Поскольку стронций и цезий в основном содержатся во внешних оболочках пшеничного зерна, то при помоле они переходят в продукты, сопутствующие производству муки. Для различных сортов муки это распределение отличается.

На основе проведенных исследований установлено, что при этом, соответственно от 3% до 40% радиоизотопов цезия и от 18% до 21% – стронция, содержащиеся в нечищеном зерне, поступают в муку [13]. Остальное количество радионуклида остается в отрубях, и они могут вносить значительный вклад в загрязнение пищевых продуктов при их включении в цепь «корм-животное». Чем выше сорт муки, тем меньше в нем содержание радиоизотопов.

Исследование распределения активности ^{137}Cs между фракциями в процессе переработки злаков с активностью 100 Бк/кг (пшеница) и 250 Бк/кг (рожь) и получения макаронных изделий и хлеба [13] показали, что 75% активности целого зерна пшеницы поступало к отрубям и 25 % – к муке.

Фактор снижения составлял 0,35 на 1 кг муки и фактор обогащения – 2,5 на 1 кг отруби. Для ржи фактор снижения или обогащения цезием для муки высшего сорта – 0,63, для муки грубого помола – 1,78, для отрубей – 2,3.

Твердую пшеницу перерабатывали на крупу с выходом 40, 60 и 67%. Значительной разницы между отдельными видами продукции не наблюдали. Среднее относительное загрязнения цезием крупы, муки и отрубей составляло соответственно 0,6, 0,9 и 2,5 по сравнению с первоначальным зерном.

Установлено, что среди исследуемых сельскохозяйственных культур меньше накапливают ^{137}Cs зерновые злаковые культуры. Коэффициент перехода радионуклида в зерно ржи озимой был в 3,5 раза выше, чем в зерне кукурузы и в 5 раз выше, чем в зерне овса. Однако максимальное накопление ^{137}Cs характерно для зернобобовых культур. Среди представителей группы зернобобовых культур минимальное содержание радионуклида было в зерне бобов, в сое и гороха – практически вдвое выше, чем в зерновой группы.

Нами была проведена оценка влияния систем удобрения на степень радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции на участках с плотностью загрязнения ^{137}Cs 235–340 кБк/м², ^{90}Sr – 5 кБк/м² и удельной активностью ^{137}Cs в почве от 135 ± 315 Бк/кг и ^{90}Sr от $45, 4 \pm 12,0$ Бк/кг соответственно.

По результатам полученных данных (табл. 2), установлено, что за внесение во время сева кукурузы полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ на 1 га коэффициент накопления ^{90}Sr в зерне был выше на порядок, а коэффициент перехода – в 35 раз, чем соответствующие коэффициенты ^{137}Cs .

Удельная активность ^{137}Cs в вегетативной массе кукурузы варьирует в пределах 87–132 Бк/кг, то есть не превышает допустимых уровней загрязнения и может использоваться на корм животным без ограничений. В зерне кукурузы удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr составляет соответственно 51,0 и 19,9 Бк/кг, то есть соответствует верхней границе допустимого уровня загрязнения для продовольственного зерна.

Накопление радионуклидов ^{137}Cs в зерне сои в 6 раз было выше, чем в зерне кукурузы, а загрязненные зерна сои радионуклидами ^{90}Sr почти на 2 порядка ниже, чем вегетативная масса сои – стебель и

стручки – в 1,9 и 5,9 раза больше загрязнены радионуклидами ^{137}Cs , чем кукуруза.

Таблица 2

Загрязнение растений кукурузы, пшеницы и сои ^{137}Cs и ^{90}Sr , Бк/кг (2016–2019 гг.)

Виды образцов	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs		^{90}Sr	
			КП	КН	КП	КН
Кукуруза:						
Стебель (без листьев)	87,0±22,0	–	0,27	0,06	–	–
Листья	132,0±33,0	–	0,41	0,10	–	–
Стержни кочанов (без зерна)	89,0±22,0	–	0,28	0,06	–	–
Оберточные листья кочанов	108,0±27,0	–	0,34	0,08	–	–
Зерно	51,0±13,0	19,9±4,0	0,16	0,04	4,10	0,41
Пшеница:						
Солома	12	7	0,05	0,003	1,4	0,07
Зерно	427	25	1,85	0,19	5,4	0,26
Соя:						
Зерно	1300	15,3	0,96	0,23	2,10	0,21
Листья	227,0	276,0	0,17	0,40	3,79	0,38
Стебель	169	59,5	0,13	0,03	8,16	0,81
Корни	270	76,0	0,20	0,05	10,43	1,04
Стручки	638	90,4	0,47	0,11	12,40	1,24

Итак, установлено, что при использовании минеральных удобрений больше радиоактивного ^{137}Cs поступит в почву при внесении нитроаммофоски, а также исследовано, что загрязненность почвы серой будет происходить только при внесении сульфата аммония. А также, по результатам собственных исследований установлено, что среди исследуемых сельскохозяйственных культур меньше накапливают ^{137}Cs зерновые злаковые культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Охрана плодородия почв. Научный сборник. Выпуск 7. Киев, 2011. С. 157.
2. Черний Б. Е., Дзяба Г. М. Динамика загрязнения сельскохозяйственных угодий радионуклидами цезия-137 и стронция-90 в Тернопольской области. Научно-методический журнал. Т. 82. Вып. 69. Николаев: Изд-во МГГУ им. П. Могилы, 2008. С. 95.
3. Сельскохозяйственная радиоэкология. под ред. Р. М. Алексашина. М.: Экология, 1991. С. 218.
4. Гродзинский Д. М., Гудков И. М. Радиобиологические эффекты у растений на загрязненной радионуклидами территории. Чернобыль. Зона отчуждения: сб. науч. пр. НАН Украины. К.: Наук. мнение, 2001. С. 325–377.
5. Перепелятников Г. П. Основы общей радиоэкологии. К.: Аттика, 2008. 460 с.
6. Проблемы экологии лесов и лесопользования в Полесье Украины: науч. пр. Полесского филиала УкрНИИЛХА. Житомир, 2002. Вып. 3 (9). С. 118–139.

7. Яковец Л. А. Экологическая опасность применения наиболее распространенных минеральных удобрений. Техничко-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины. Исследовательское, 2017. №21 (35). С. 298–301.

8. Gudkov I.M. Comparative efficiency of countermeasures in agriculture at the radioactive-contaminated territories. Agricultural Science and Practice. 2014. V. 1, №1. P. 72–77.

9. Jacob P. et al., Remediation strategies rural territories contaminated by the Chernobyl accident. J. Envir. Radioact. 56, 2001, p. 51–76.

10. Марчук И. У. Розстальний В. Н., Макаренко В. Е. Удобрения и их использование: Справочник. К.: Аристей, 2011. 254 с.

11. Москаленко А.М., В.В. Волкогон. Экономическое обоснование экологически безопасной стратегии применения минеральных удобрений. Актуальные проблемы экономики. 2015 №9. С. 286–293.

12. Root uptake of ^{137}Cs by natural and semi-natural grasses as a function of texture and moisture of soils. N. Grytsyuk [et al.]. J. of Environ. Radioactivity. 2006. 85. P. 48–58.

13. Домарецкий В. А., Остапчук Н.В., Украинец А. И. Технология пищевых продуктов. К.: НУХТ, 2003. 569 с.