

бильської АЕС і вимог щодо радіаційних критеріїв кінцевого стану території: пояснювальна записка до технічного рішення за № 02-ГУПС.7 від 21.02.2012 / ДСП ЧАЕС. — 2012 — 23 с.

3. Радиационно-экологический паспорт водоема-охладителя ЧАЭС / ГСП ЧАЭС, 2010. — 8 с. (Архив ГСП ЧАЭС, инв. № 28 от 31.08.2010).

4. Зайдель А.Н. Погрешности измерения физических величин / А.Н. Зайдель. — Ленинград: Наука, 1985. — 112 с.

REFERENCES

1. Pro vyznachennia krytychnykh podii, yaki maiut buty rozhljanuti pry rozrobsi proektnoi dokumentatsii na vyvid z ekspluatatsii vodoimyshcha-okholodzhuvacha Chornobylskoi AES i vymoh shchodo radiatsiinykh kryteriiv kintsevoho stanu terytorii : tekhnichne rishennia № 02-HUP SE vid 21.02.2012 / DSP ChAES [About Determination of Critical Events for the Consideration at the Development of the Documents on the Removal of Pool-Cooler of the Chornobyl NPP from Exploitation and Requirements to the Radiation Criteria of the Final State of the Territory: Technical Solution № 02-HUP SE, 21.02.2012]. 2012 : 5 p. (in Ukrainian)

2. Pro vyznachennia krytychnykh podii, yaki maiut buty rozhljanuti pry rozrobsi proektnoi dokumentatsii na vyvid z ekspluatatsii vodoimyshcha-okholodzhuvacha Chornobylskoi AES i vymoh shchodo radiatsiinykh kryteriiv kintsevoho stanu terytorii : poiasniuvalna zapyska do tekhnichnoho rishenniya za № 02-HUPS.7 vid 21.02.2012 / DSP ChAES [About Determination of Critical Events for the Consideration at the Development of the Documents on the Removal of Pool-Cooler of the Chornobyl NPP from Exploitation and Requirements to the Radiation Criteria of the Final State of the Territory: Explanatory Note № 02-HUP SE, 21/02/2012]. 2012 : 23 p. (in Ukrainian)

3. Radiacionno-ekologicheskii pasport vodoema-okhladitelja ChAES / GSP ChAES [Radiation-Ecological Passport of the ChNPP Pool-Cooler]. 2010. — 8 p. (in Russian)

4. Zaidel A.N. Pogreshnosti izmereniia fizicheskikh velichin [Errors in the Measurements of Physical Values]. Leningrad : Nauka ; 1985 : 112 p. (in Russian)
Надійшла до редакції 16.10.2013

TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF GLYPHOSATE RESIDUAL QUANTITY IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Lepiozhkin I., Medvedev V., Bahatcka O., Hrinko A., Kuznetsova O.

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ГЛИФОСАТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ



**ЛЕПЕШКИН И.В.,
МЕДВЕДЕВ В.И.,
БАГАЦКАЯ Е.Н., ГРИНЬКО А.П.,
КУЗНЕЦОВА Е.М.**

ГП "Научный центр
превентивной токсикологии,
пищевой и химической
безопасности
им. Л.И. Медведя
МЗ Украины", г. Киев
УДК613:615.9:632

**Ключевые слова: десикация,
глифосат, допустимое
суточное поступление.**

репараты на основе глифосата и его солей являются одними из самых распространенных системных гербицидов, применяемых для борьбы с сорняками.

Широкое распространение в последнее время получило использование препаратов на основе глифосата и его солей в качестве десикантов, т.е. для обработки посевов сельскохозяйственных культур с целью ускорения их созревания.

Поскольку глифосат не поглощается корнями растений, то при довсходовой обработке посевов сельскохозяйственных культур вероятность накопления остаточных количеств глифосата в вегетативных и генеративных органах растений минимальна. Остаточные количества гли-

ТОКСИКОЛОГО-ГИГІЄНІЧНА ОЦІНКА ЗАЛИШКОВИХ КІЛЬКОСТЕЙ ГЛІФОСАТУ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ

Лепьошкін І.В., Медведєв В.І., Багацька О.М., Гринько А.П., Кузнєцова О.М.

ДП "Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки ім. Л.І. Медведя МОЗ України"

Метою даної роботи є оцінка результатів досліджень з вивчення вмісту залишкових кількостей гліфосату у сільськогосподарській продукції після десикації гліфосатом сільськогосподарських культур і можливості надходження його до організму людини з продуктами харчування.

Використано **методи** високоефективної рідинної хроматографії. **Результати.** Залишкові кількості гліфосату можуть виявлятися у рослинах і в урожаї сільськогосподарських культур за умов використання його в якості десиканта.

Вивчено вміст залишкових кількостей гліфосату у зерні хлібних злаків, бобових і олійних культур. Розраховано теоретично можливе надходження гліфосату до організму дорослої людини та дитини з хлібними виробами, крупами, бобовими та рослинними оліями. Отримані дані оцінено щодо величини допустимого добового надходження (ДДН) речовини до організму людини. На підставі отриманих результатів встановлено, що розширення сфери застосування гліфосатвмісних препаратів з метою десикації нового спектра сільськогосподарських культур вимагає ретельного обґрунтування.

Ключові слова: десикація, гліфосат, допустиме добове надходження.

© **Лепьошкін І.В., Медведєв В.І., Багацька О.М., Гринько А.П., Кузнєцова О.М. СТАТТЯ, 2013.**



фосата будут обнаруживаться в растениях и в урожае сельскохозяйственных культур при использовании его в качестве десиканта [1].

Десикация производится перед уборкой урожая с целью минимизации его потерь и повышения качества продукции. Благодаря применению десикантов созревание обрабатываемых сельскохозяйственных культур ускоряется и происходит одновременно на всей обработанной площади и на всех ярусах, без временной дифференциации. При ускорении процесса созревания урожая сельскохозяйственных растений продукция, полученная таким способом, всегда содержит определенное количество остатков глифосата, которые попадают в продукты питания человека и животных.

В Украине, состоянием на 2012 год, зарегистрированы

92 пестицидных препарата на основе действующего вещества глифосата и его солей, 34 из них используются в качестве десикантов [2].

Целью данной работы является оценка результатов исследований по изучению содержания остаточных количеств глифосата в сельскохозяйственной продукции после десикации глифосатом и возможности поступления его в организм человека с продуктами питания.

Материалы и методы исследований. Были исследованы 8 препаратов на основе изопропиламинной соли глифосата, которые применяются в качестве десикантов. Исследуемые сельскохозяйственные культуры, нормы расхода препаратов и место обработки представлены в таблице 1.

Токсикологические исследования проводили в объеме, необходимом для регистрации препаратов в Украине. Классификация проводилась по ДСанПіН 8.8.1.002-98.

Определение остаточных количеств глифосата в зерне хлебных злаков, бобовых и масличных культур проводили методом ионообменной высокоэффективной жидкостной хроматографии с постколочным гидролизом и реакцией с о-фталальдегидом до

флуоресцирующего производного с последующим флуоресцентным детектированием в соответствии с методическими указаниями.

Расчет возможного поступления глифосата в организм человека проводили в соответствии с "Методическими указаниями по гигиенической оценке новых пестицидов".

Результаты и их обсуждение. По результатам исследований ЛД₅₀ глифосатсодержащих препаратов для экспериментальных животных при пероральном введении колеблется в пределах 3000-5000 мг/кг для крыс, для мышей — 4580 мг/кг. ЛД₅₀ глифосата при дермальном воздействии для крыс составляет от 2000 мг/кг до >4000 мг/кг. ЛК₅₀ глифосата для крыс находится на уровне 5000-8507 мг/м³.

Глифосат в соответствии с ДСанПіН 8.8.1.002-98 по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к 4 классу опасности, ингаляционной токсичности — к 3 классу. Глифосат не оказывает раздражающего действия на кожу и оказывает умеренное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз, не обладает сенсibiliзирующими свойствами.

В подостром эксперименте NOAEL для мышей составляет 1890 мг/кг для самок и

Таблица 1

Культуры и условия использования десикантов

Культура и норма расхода, л/га	Препарат	Место обработки
Пшеница яровая сорта "Днепрянка", 3,0 л/га	Препарат № 1 (д.в. — глифосата изопропиламинная соль, 480 г/л)	Киевская обл.
Пшеница озимая сорта "Гарант", 3,0 л/га	Препарат № 2 (д.в. — глифосата изопропиламинная соль, 480 г/л)	Киевская обл.
Пшеница озимая сорта "Полесская-90", 3,0 л/га	Препарат № 3 (д.в. — глифосата изопропиламинная соль г, 480 г/л)	Киевская обл.
Подсолнечник сорта "Джази", 3,0 г/га	Препарат № 4 (д.в. — глифосата изопропиламинная соль 480 г/л)	Черкасская обл.
Подсолнечник сорта "Сингента Опера", 2,0 л/га	Препарат № 5 (д.р. — глифосата изопропиламинная соль, 675 г/л)	Полтавская обл.
Соя сорта "Синеглазка", 2,0 л/га	Препарат № 5 (д.р. — глифосата изопропиламинная соль, 675 г/л)	Киевская обл.
Соя сорта "Синеглазка", 3,0 л/га	Препарат № 6 (д.р. — глифосата изопропиламинная соль, 480 г/л)	Киевская обл.
Соя сорта "Миринда", 3,0 л/га	Препарат № 7 (д.в. — глифосата изопропиламинная соль, 480 г/л)	Черкасская обл.
Горох сорта "Дамир-2", 3,0 л/га	Препарат № 7 (д.в. — глифосата изопропиламинная соль, 480 г/л)	Днепропетровская обл.
Горох, сорта "Дамир-2", 3,0 л/га	Препарат № 8 (д.р. — глифосата изопропиламинная соль, 480 г/л)	Полтавская обл.

2730 мг/кг для самцов, NOAEL для крыс — 1267 мг/кг для самцов и 1623 мг/кг для самок.

В субхроническом эксперименте (90 дней) NOAEL для крыс самцов — 205 мг/кг, для самок — 213 мг/кг, NOAEL для мышей — 507 мг/кг, NOEL для собак — около 50 мг/кг.

При хроническом воздействии глифосата NOEL для мышей — 814 мг/кг для самцов и 955 мг/кг — для самок, для крыс — 31 мг/кг, для собак — 500 мг/кг.

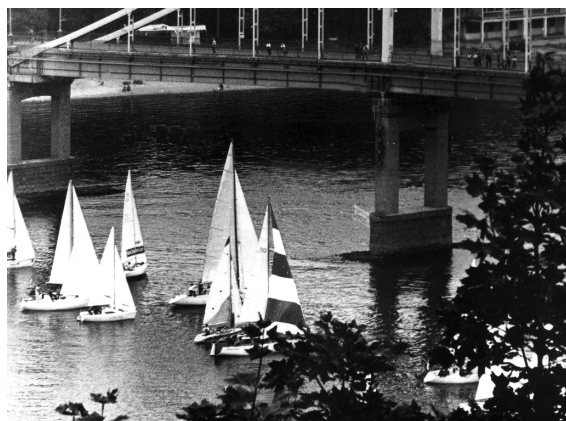
Глифосат не обладает мутагенной, канцерогенной и тератогенной активностью. Эмбриотоксичность и репродуктивная токсичность не являются лимитирующими показателями при оценке его опасности [3].

С учетом результатов токсикологических исследований в Украине утверждена величина допустимой суточной дозы (ДСД) глифосата для человека — 0,01 мг/кг.

Как свидетельствует многолетний мировой опыт применения глифосата в качестве десиканта на пшенице, его остаточные количества на 14 сутки после обработки с нормой расхода 1,0-1,9 кг/га наиболее часто находятся в диапазоне 0,1-5,0 мг/кг. Содержание остатков глифосата в зерне овса колеблется в пределах 0,5-14,0 мг/кг, ржи — 1,6-2,2 мг/кг, ячменя — 1,4-11 мг/кг, кукурузы — 0,05-3,0 мг/кг, бобах сои — 0,27-17 мг/кг, семенах подсолнечника — 0,05-5,6 мг/кг [4].

Содержание остаточных количеств глифосата в урожае сельскохозяйственных культур при применении его в качестве десиканта в Украине представлены на рисунке 1.

Полученные данные за 2002-2011 годы показали, что содержание остаточных количеств глифосата в зерне пшеницы, гороха, бобах сои и семенах подсолнечника не превышали максимально допустимых уровней, установленных в Украине. Так, количество глифосата в зерне пшеницы в период сбора урожая составляло 0,5-2,3 мг/кг, семенах подсолнечника — 0,18-0,26 мг/кг, бобах сои — 0,052-0,25 мг/кг. В зерне гороха содержание глифосата за период исследования колебалось в пределах 0,03 мг/кг.



ФАКТОРИ ДОВКІЛЛЯ І ЗДОРОВ'Я

Максимально допустимый уровень (МДУ) глифосата, установленный в Украине, в зерне гороха, бобах сои и семенах подсолнечника составляет 0,3 мг/кг. Полученные данные позволили обосновать также величину МДУ в зерне хлебных злаков на уровне 3 мг/кг.

Учитывая, что пищевые продукты на основе зерновых злаковых культур и бобовых занимают значительный процент в рационе питания людей, особенно детей, был проведен расчет теоретически возможного поступления глифосата в организм взрослого человека и ребенка с хлебными изделиями, крупами, бобовыми и растительными маслами. Полученные данные оценены относительно величины допустимого суточного поступления (ДСП) вещества в организм.

Расчет теоретически возможного поступления глифосата в организм человека проведен по формуле:

$$D_T = \frac{M_{DU} \cdot D_c}{ДСД \cdot m}$$

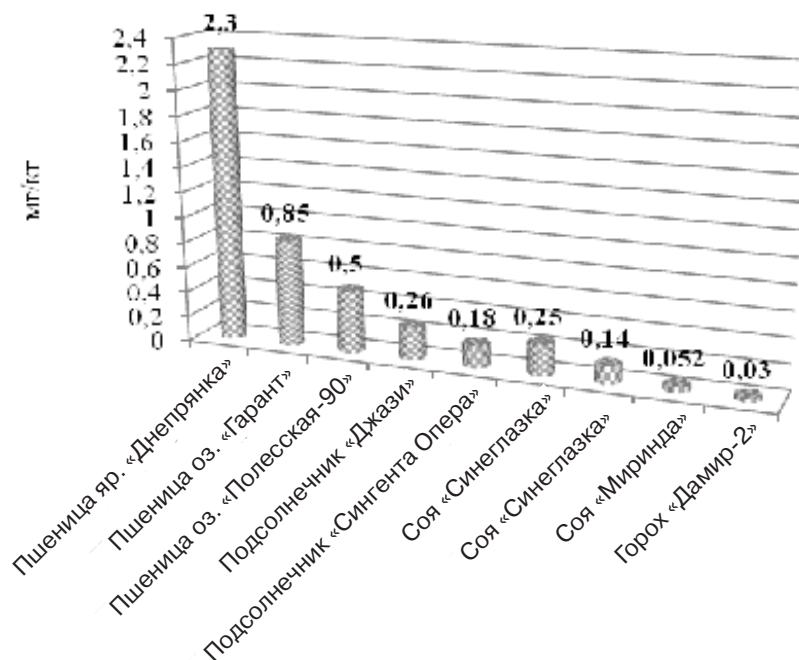
где D_T — возможная теоретическая доза поступления глифосата в организм человека в % от ДСП; D_c — суточное потребление пищевого продукта, кг/сут.; M_{DU} — максимально допустимый уровень содержания вещества в пищевом продукте; $ДСД$ — допустимая суточная доза вещества, мг/кг; m — вес человека (взрослый — 60 кг, ребенок 6-ти лет — 21 кг).

Рацион детского питания учтен согласно Постановлению Кабинета Министров № 656 от 14.04.2000 г. [8].

Полученные данные свидетельствуют, что только с хле-

Рисунок 1

Содержание глифосата в урожае сельскохозяйственных культур на 14 сутки после десикации, мг/кг



Учитывая физико-химические свойства глифосата, а также его высокую гидрофильность (коэффициент распределения в системе н-октанол/вода: $\log P = -3,4$), можно предположить достаточно высокое снижение его остатков в процессе технологической переработки зерна, бобов и семян.

Промышленная переработка зерна пшеницы в муку позволяет уменьшить уровень остатков глифосата с 1,6 мг/кг до 0,16 мг/кг [5]. По другим данным, остатки глифосата в муке обнаружены на уровне 10-20% от его содержания в пшенице, тогда как уровни глифосата в отрубях были в 2-4 раза выше, чем в зерне [6]. Глифосат не разрушается во время выпечки хлеба, но уровень его остатков в хлебе уменьшается вследствие технологического разбавления.

По данным литературы, снижение содержания глифосата в зерне наблюдается при его помоле и зависит от тонкости помола. Так, в муке грубого помола содержание глифосата на 50-60% ниже, чем в зерне. Отруби концентрируют вещество в пределах 200-400% от исходного количества. При содержании глифосата в зерне на уровне 6,8 мг/кг его количество в отрубях может составлять 26 мг/кг. В процессе выпекания хлеба снижение количеств глифосата наблюдается в пределах 15-16%, в частности в белом хлебе до 40% [7].

Результаты исследований, проведенных в ЭКОГИНТОКСе, показали, что на 14 сутки после десикации содержание глифосата распределялось

следующим образом: зерно пшеницы — 0,18 мг/кг; отруби — 0,12 мг/кг, мука — 0,07 мг/кг.

Процентное соотношение глифосата в зерне, отрубях и муке представлено на рис. 2.

Учитывая полученные данные, а также данные литературы, можно констатировать, что фактор переработки имеет существенное значение в снижении содержания глифосата в продуктах питания.

Так, содержание глифосата в муке может уменьшиться на 50-60% от исходного в зерне, его количество в хлебных продуктах снизится для взрослого человека со 145% до 73% от ДСП, для ребенка 6-ти лет — с 14,5% до 7,25% от ДСП.

В крупах уменьшение количества глифосата возможно до 30%, его возможное поступление с этими пищевыми продуктами снизится для взрослого человека с 19% до 13% от ДСП, для ребенка 6-ти лет — с 34,7% до 24% от ДСП.

Учитывая низкую липофильность глифосата, его остатки не будут обнаруживаться в растительных маслах, что подтверждается рядом многочисленных исследований, проведенных в ЭКОГИНТОКСе.

Анализ данных литературы показывает, что в странах Европы теоретическое поступление глифосата с зерном зерновых злаковых культур и растительными маслами в организм человека составляет 11% от ADI (допустимая суточная доза), а реальное поступление — 0,94% от ADI.

Расхождения в возможном поступлении глифосата в организм человека связаны с различиями в рационе питания людей и значительно большей величиной допустимой суточной дозы (ДСД в Украине — 0,01 мг/кг, ADI — 0,3 мг/кг).

Таким образом, установлено, что содержание глифосата в урожае сельскохозяйственных культур в Украине после применения десикантов на его основе не превышает установленных гигиенических нормативов. Однако возможное поступление глифосата с пищевыми продуктами, полученными из сельскохозяйственных культур, которые подвергаются десикации, находится на уровне ДСП.

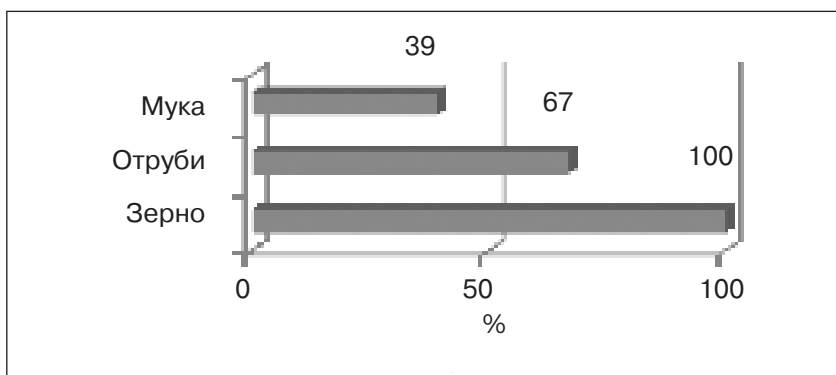
бом поступление глифосата в организм ребенка может превысить ДСП на 80%. Значительное поступление глифосата возможно также с крупами (45%) и макаронными изделиями (20%). Суммарное возможное поступление глифосата в организм ребенка с указанными продуктами может превысить ДСП на 118%.

В пищевом рационе взрослого человека максимальное поступление глифосата возможно с хлебными продуктами и крупами. Суммарное количество возможного поступления глифосата в организм взрослого человека может превысить ДСП на 187%.

Учитывая, что в урожае исследуемых культур содержание глифосата ниже величины МДУ, был проведен расчет возможности реального поступления глифосата в организм взрослого человека и ребенка.

Полученные данные свидетельствуют, что поступление глифосата в организм ребенка с хлебными продуктами, крупами и бобовыми может составить 72% от ДСП, а в организм взрослого может превысить ДСП на 87%.

Рисунок 2
Процентное содержание глифосата в зерне и продуктах его переработки



TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT
OF GLYPHOSATE RESIDUAL QUANTITY
IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Lepioshkin I., Medvedev V., Bahatcka O.,
Hrinko A., Kuznetsova O.

L.I. Medved Research Center of Preventive
Toxicology, Food and Chemical Safety,
Ministry of Public Health of Ukraine

The objective of the work is an assessment
of the investigations' results on the study
of the content of the residual quantity
of glyphosate in the crops after glyphosate
desiccation and a possibility of its intake with food
into a human organism.

Methods. High-performance liquid chromatog-
raphy (HPLC) was used.

Results. Glyphosate residues can be detected

in plants and harvest crops under conditions
of its use as a desiccant.

A content of a residual quantity of glyphosate
in bread grasses, legumes pulses cultures was
studied. A theoretically possible intake
of glyphosate in an adult and children with bread
products, cereals, pulses and vegetable oils has
been calculated.

We assessed a value of the allowable daily intake
(ADI) of the substance in the human organism.

On the basis of the obtained data we determined
that extending of the sphere of application
of glyphosate, containing preparations
for dessication of the new range of crops,
required a careful rationalization.

Keywords: desiccation, glyphosate,
allowable daily intake.

Учитывая, что с воздухом и водой поступление глифосата составляет 43% от ДСП, то возможное комплексное суточное поступление глифосата в организм взрослого человека с пищевыми продуктами (хлебными изделиями, бобовыми, крупами), водой и атмосферным воздухом может превысить его допустимое суточное поступление.

Выводы

Исходя из вышеизложенного, применение десикантов должно производиться в строгом соответствии с инструкциями и нормами техники безопасности для предотвращения нежелательных воздействий и загрязнения окружающей среды и пищевых продуктов.

Кроме того, использование десикантов на основе глифосата и его солей целесообразно в целях ускорения созревания и более раннего получения урожая; снижения влажности собираемого урожая при высокой засоренности посевов, уничтожения вегетирующих сорняков; предупреждения в дальнейшем созревания вегетативных органов сорняков в посевах; дефолиации посевов.

Расширение сферы применения глифосатсодержащих препаратов с целью десикации нового спектра сельскохозяйственных культур может проводиться только после токсиколого-гигиенических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жариков М.Г. Изучение влияния глифосатсодержащих гербицидов на агроценоз (обоснование методологии) / М.Г. Жариков, Ю.Я. Спиридо-

нов // Агрохимия. — 2008. — №8. — С. 46-49.

2. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні: каталог / упоряд. В.О. Ящук, Д.В. Іванов, Р.М. Кривошея та ін. — Київ: ЮнівестМедіа, 2012. — 832 с.

3. European Commission — Health & Consumer Protection Directorate-General. Directorate E — Food Safety: plant health, animal health and welfare, international questions E1 — Plant health. Glyphosate. — 6511/VI/99-final — 21 January 2002.

4. Pesticide residues in food — 1986. Evaluations — 1986 / Part I-Residues. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (FAO Plant Production and Protection. — Paper 78).

5. Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення / Кабінет Міністрів України. — К., 2000. — № 656.

6. International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 159: Glyphosate / WHO. — Geneva: WHO, 1994. — 113 p.

7. Антонович Е.А. Качество продуктов питания в условиях химизации сельского хозяйства. Справочник / Е. Антонович, Л. Седокур. — Ужгород: Урожай, 1990. — 240 с.

REFERENCES

1. Zharikov M.G., Spiridonov Ju.Ja. Agrokhimiiia. 2008 ; 8: 46-49. (in Russian)

2. Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do

vykorystannia v Ukraini: kataloh [List of Pesticides and Agrochemicals Forbidden for Application in Ukraine: Catalogue]. Kyiv : YunistMedia ; 2012 : 832 p. (in Ukrainian)

3. European Commission — Health & Consumer Protection Directorate-General. Directorate E — Food Safety: plant health, animal health and welfare, international questions E1 — Plant health. Glyphosate. — 6511/VI/99-final-21 January 2002.

4. Pesticide residues in food — 1986. Evaluations — 1986 / Part I-Residues. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (FAO Plant Production and Protection. — Paper 78).

5. Pro zatverdzhennia naboriv produktiv kharchuvannia, naboriv neprodovolchyykh tovariv ta naboriv posluh dlia osnovnykh sotsialnykh i demohrafichnykh hrup naseleennia : Postanova KМУ № 656 [On the Approval of the Suits of Foodstuffs, Non-Food Items and Services for the Main Social and Demographic Groups of Population: Resolution of the CMU № 656]. Kyiv, 2000. (in Ukrainian)

6. WHO International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 159: Glyphosate. Geneva : WHO ; 1994 : 113 p.

7. Antonovich E.A., Sedokur L. Kachestvo produktov pitaniia v usloviiakh khimizacii selskogo hoziaistva. Spravochnik [Quality of Foodstuffs under Conditions of Chemicalization of Agriculture]. Uzhgorod : Urozhai ; 1990 : 240 p. (in Russian)

Надійшла до редакції 14.07.2013