

УДК 634.738:619.8

О. В. МОРОЗОВ

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (СОРТ KORALLE) В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В настоящее время по ряду причин в лесах Беларуси происходит снижение фитоценотической и промышленной значимости брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) [1], производственная заготовка ягод практически не ведется. Установлено, что в размещении популяции брусники по территории Беларуси присутствует элемент географической обусловленности. Наименее распространена она в лесах южной части страны [2].

Усугубление дигрессивного состояния брусничников последствиями Чернобыльской катастрофы может привести к тому, что в лесах южной и юго-восточной Беларуси данный вид полностью утратит хозяйственное значение в качестве источника пищевого и лекарственного сырья.

Интродукционными исследованиями Центрального ботанического сада НАН Беларуси выявлены предпосылки того, что в качестве альтернативы дикорастущей бруснике, как продукту ягод, можно рассматривать ее культурный аналог — сортовую бруснику [3]. Однако, поскольку южные районы республики, эдафические и погодно-климатические условия которых в наибольшей мере отвечают эколого-биологическим потребностям сортов брусники западно-европейской селекции (Koralle, Erntedank, Erntekrone, Erntesegen), характеризуются значительными уровнями радиоактивного загрязнения почвы, представляется актуальным и имеющим социальную значимость изучение возможности получения экологически чистой ягодной продукции брусники на плантациях в загрязненной зоне.

Лучше других зарекомендовал себя в чистых районах Белорусского Полесья (г. Ганцевичи) голландский сорт Koralle, отличающийся относительно высокими (до 30 см) кустами с потенциальной продуктивностью 0,2—0,4 кг ягод. Данный культивар в течение вегетационного сезона продуцирует два урожая ягод. Основной урожай созревает в октябре.

Для создания плантаций Koralle пригодны кислые ($\text{pH} = 3,5\text{—}5,0$), как правило, неиспользуемые для возделывания основных сельскохозяйственных культур почвы [3]. Количество таких площадей в Белорусском Полесье весьма значительно. Обоснованная возможность гарантированного получения высоких урожаев ягод в определенной степени будет способствовать решению проблемы их рекультивации. Брусника обыкновенная является ксероморфным растением и поэтому способна успешно произрастать и плодоносить без искусственного полива. Она индифферентно относится к минеральным удобрениям, поскольку эволюционно адаптирована к произрастанию на бедных почвах, при этом весьма существенную роль в способе ее питания играет микориза. Вышеперечисленные биологические особенности определяют относительно низкую величину затрат на создание плантаций и возделывание на них растений. Весьма значимым является то обстоятельство, что плантации сортовой брусники, не снижая репродуктивной способности, могут функционировать в течение многих лет, а главное хозяйственное значение заключается в возможности обеспечения населения пострадавших от аварии на ЧАЭС районов плодами, ценными не только как пищевые продукты, но и как источник биологически активных веществ, имеющих лечебно-профилактическое значение.

Изучение материалов представительных конференций и совещаний, состоявшихся в последние годы в странах СНГ, не выявило работ, посвященных исследованию реакции брусники в культуре на радиоактивное загрязнение [4—12]. С достаточной степенью уверенности можно утверждать, что подобного рода исследования в Беларуси, странах СНГ и дальнего зарубежья не проводились, что, по-видимому, объясняется еще недостаточно широкой известностью брусники обыкновенной как культурного растения. Отсутствие научного задела разрабатываемой проблемы позволяет считать исследования этого направления в определен-

ной мере пионерскими, а их первостепенной задачей — изучение возможности активного воздействия агротехническими мероприятиями на процесс миграции радионуклидов в системе почва — растения брусники.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в 1991—1998 гг. на территории Луинецкого района в окрестностях деревни Красная Воля, где был заложен опытный участок сортовой брусники. Почва — торфяно-болотная, развивающаяся на древесно-осоковом торфе, подстилаемом с глубины 50—70 см среднезернистым песком. После аварии участок не обрабатывался, перед посадкой был снят и удален дерн, осуществлено перекапывание почвы на глубину 15—18 см. Мощность экспозиционной дозы в месте проведения исследований в 1991 г. составляла 44 мкР/ч. Одновременно с полевым экспериментом сравнительные радиоэкологические и морфологические исследования проводили на прилегающем непосредственно к опытному старопахотном участке, в посадках Kogalle в чистой зоне, в лесных насаждениях загрязненной (также окрестности д. Красная Воля) и чистой (г. Ганцевичи) зон. Радиоэкологическая характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Радиоэкологическая характеристика опытных участков

Почвенный участок	Глубина взятия образца, см	Плотность загрязнения почвы радиоцезием	
		Ки/км ²	Бк/м ²
Посадка брусники в загрязненной зоне	0—10	0,34±0,07	12580±2634
Старопахотный участок в загрязненной зоне	0—10	1,15±0,10	42550±3747
Посадка брусники в чистой зоне	0—10	0,09±0,01	3300±292
Лесное насаждение в загрязненной зоне	0—10	1,29±0,19	47730±6900
Лесное насаждение в чистой зоне	0—10	0,11±0,01	4070±451

Избрание для данных исследований участка с относительно невысоким уровнем (0,3—1,3 Ки/км²) радиоактивного загрязнения определялось двумя обстоятельствами: 1) весьма значительной, по нашим и литературным данным, степенью аккумуляции радионуклидов дикорастущим аналогом даже при невысокой мощности экспозиционной дозы [13—15]; 2) нецелесообразностью проведения исследований, конечным результатом которых будет заключение о возможности или невозможности производственной деятельности на территориях, вообще исключенных из хозяйственного пользования. Только в случае получения положительного результата на почвах с низкой плотностью загрязнения, обоснованным будет проведение исследований на территориях с более высоким уровнем радиоактивного загрязнения, статус которых, однако, допускает производственную деятельность сельскохозяйственного направления.

При создании опытной посадки использовали двулетние растения (укорененные черенки), выращенные в незагрязненной зоне (12 мкР/ч — Ганцевичская опытно-экспериментальная база ЦБС НАН Беларуси). Брусника обыкновенная — многолетний вид с характерной для него относительной растянутостью онтогенетического цикла. Поэтому изначально отсутствие искусственных нуклидов в уже довольно хорошо сформировавшихся особях посадочного материала предполагает получение чистой ягодной продукции. Для сохранения агрофона, адекватного, в частности, для дачных и приусадебных участков, при подготовке почвы к эксперименту ограничивались снятием дерна и перекапыванием грунта на глубину штыка лопаты, а при уходе за посадками — прополкой и периодическим поливом.

Трехлетний опыт (1996—1998 гг.) по улучшению условий минерального питания в посадках сортовой брусники включал два варианта: 1) внесение удобрений N — 21 кг/га, P — 18 кг/га, K — 23 кг/га (по действующему веществу) — в каждый из двух приемов, осуществляемых с интервалом в один месяц; 2) контроль — без внесения удобрений. Время проведения первого внесения — начало массовой бутонизации первого цветения. Применяемые удобрения — сернокислый аммоний ((NH₄)₂SO₄), двойной суперфосфат (Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O), сернокислый калий (K₂SO₄).

Степень влияния предпосадочной обработки почвы и внесения удобрений определяли путем сравнения активности растений в культуре и их дикорастущих аналогов, произрастающих в однотипных радиоэкологических условиях, а также в чистой зоне. В отношении брусники такое сравнение наиболее обоснованно, поскольку весь современный ассортимент сортовой брусники зарубежной селекции, в том числе и Kogalle, представлен формами, отобранными из естественной флоры, т. е. с неизменным генотипом.

Отбор почвенных образцов осуществляли при помощи полого металлического цилиндра высотой 5 см и диаметром основания 14 см. Взятие для анализа образцов фитомассы ягодника проводили в конце июля—августе, ягод — в конце сентября—октябре. Фитомассу высушивали до абсолютно сухого веса, радиоактивность ягод определяли сразу после их сбора, т. е. в свежем состоянии. Содержание основного дозобразующего компонента Чернобыльского выброса — радионуклидов цезия — определяли в растениях и почве гамма-спектрометрическим методом с использованием многоканального амплитудного анализатора NUC-8100.

Статистическую обработку данных осуществляли по стандартным программам.

Результаты и их обсуждение. Перенос растений при интродукции за границу их естественного ареала в той или иной мере всегда сопряжен с изменением условий существования и соответственно с необходимостью адаптации. В результате ответной реакции растений, находящихся в процессе перестройки их гомеостаза при адаптации к новым условиям среды обитания, могут возникнуть биолого-морфологические отклонения. В нашем случае растения наряду с изменением эколого-биологических и климатических факторов испытывают на себе влияние еще одного мощного воздействия антропогенного характера — радиоактивного излучения. Совместное влияние двух абiotических факторов может иметь эффект мультипликации и отрицательно повлиять на биолого-морфологические параметры, онтогенез интродуцентов.

В результате многолетнего обследования плодоносящих посадок брусники сорта Koralle, созданных непосредственно в районе с мощностью экспозиционной дозы до 44 мкР/ч, не отмечено морфологических аномалий у вегетативных и генеративных органов (табл. 2). Не выявлено также онтогенетических изменений. Феноритмика растений имела обычную для вида характеристику. Наиболее важные в хозяйственном отношении этапы онтогенеза — фазы бутонизации, цветения, завязывания плодов, их созревания, формирования генеративных почек урожая будущего года протекали без отклонений в соответствии с циклом сезонного развития растений, интродуцированных в незагрязненные районы юга Беларуси. Все это позволяет сделать заключение об определенной устойчивости (по крайней мере на протяжении 8 лет) брусники обыкновенной сорта Koralle к невысоким дозам ионизирующего излучения.

Таблица 2. Параметры вегетативных и генеративных органов пятилетних растений брусники сорта Koralle при возделывании в чистой и загрязненной зонах

Показатель	Участок, растение			
	посадка в загрязненной зоне		посадка в чистой зоне	
	X±Sx	V, %	X±Sx	V, %
Высота куста, см	20,2±0,3	18,3	20,5±0,5	20,2
Длина листа, мм	13,0±0,1	28,5	12,8±0,2	30,3
Ширина листа, мм	5,9±0,1	32,2	5,9±0,2	31,6
Площадь листа, мм ²	59,4±2,5	51,2	58,9±2,3	49,3
Количество цветков в соцветии, шт.	6,8±0,7	32,3	6,9±0,8	34,1
Количество ягод в соцветии, шт.	4,5±0,1	45,5	4,6±0,1	46,2
Диаметр ягоды, мм	8,3±0,1	11,4	8,3±0,1	11,5
Масса 100 ягод, г	28,4±1,2	15,3	28,0±0,9	17,1
Количество семян в ягоде, шт.	11,5±2,1	44,5	10,0±1,5	39,3

Характерной особенностью брусники обыкновенной является формирование поверхностной корневой системы в самом верхнем (0—10 см) слое почвы, в связи с чем исключительно важное значение приобретает санирование корнеобитаемой зоны посредством предпосадочной обработки почвы. Результаты исследования показывают, что предпосадочная обработка почвы — действенный антирадиационный агротехнический прием. Снятие дерна и перекапывание почвы на глубину штыка лопаты, позволило, как будет показано далее, уменьшить содержание радионуклидов в ягодах до допустимого уровня. Часть радионуклидов вместе с дерниной была удалена, а оставшиеся оказались «размешаны» в перекопанном горизонте почвы, что привело к снижению их содержания в корнеобитаемом слое почвы на плантации, по сравнению с контрольными участками, в 3,4—3,8 раза (табл. 1).

Показано, что концентрация изотопов цезия в фитомассе брусники в посадках за весь период наблюдений не превышала РДУ (Республиканские допустимые уровни) [16], установленные для лекарственного сырья. При плотности загрязнения почвы 0,34 Ки/км² радиоактивность по цезию вегетативных органов Koralle составляла 138,2—424,0 Бк/кг. Содержание радиоцезия в фитомассе дикорастущей брусники в чистой зоне было даже несколько боль-

шим и колебалось по годам от 421,7 до 674,9 Бк/кг. При одинаковых уровнях радиоактивного загрязнения почвы в начале постчернобыльского периода дикорастущий вид накапливал значительно (до 0,5—1,0 порядка) большее количество радионуклидов, чем культурная брусника (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Аккумуляция радиоцезия в фитомассе (облиственные молодые побеги) на участке без применения удобрений

Участок, растение	Год	Бк/кг	Точность измерения, %
Посадка брусники в загрязненной зоне сорт Koralle	1993	305,0	9,7
	1995	322,4	12,9
	1996	391,7	13,9
	1997	424,0	6,4
	1998	138,2	14,9
Лесное насаждение в загрязненной зоне брусника-дикорос	1993	4069,9	10,4
	1994	2807,6	12,9
	1995	2611,1	14,0
	1996	2271,7	10,2
	1997	3407,5	13,1
Лесное насаждение в чистой зоне, брусника-дикорос	1993	674,9	11,4
	1994	462,0	13,4
	1995	431,9	14,9
	1996	376,9	15,1
	1997	563,4	13,3
	1998	421,7	10,2

Из всех аборигенных видов *Vaccinium* дикорастущая брусника обладает наиболее развитой системой подземных органов. Она формирует протяженную сеть корневищ, расположенную в верхнем 10-сантиметровом слое почвы. По-видимому, это является одной из основных причин того, что лесная брусника накапливает радиоизотопы в столь значительном количестве [14]. Следует подчеркнуть, что не длина корневищ сама по себе определяет степень аккумуляции радионуклидов, так как количество корневых волосков на них весьма незначительно. С длиной корневищ достоверно коррелирует число образующихся на них из спящих почек парциальных кустов, связанных в единый клон, но имеющих тем не менее каждый в отдельности автономную корневую систему. Таким образом, с увеличением длины корневищ возрастает и число парциальных кустов — новых структурных единиц, участвующих в аккумуляции радионуклидов, возрастает площадь их сбора. У растений, используемых для создания плантаций, строение корневой системы существенно отличается от дикоросов. Заключается это в том, что кустик сортовой брусники, выросший из укорененного стеблевого черенка, в первые годы жизни (примерно 4—5 лет) корневища практически не образует. В связи с уменьшением площади сбора питательных веществ как у отдельно взятой особи, так и у всего культурированного происходит снижение степени накопления радионуклидов. Эта биологическая особенность, несомненно, имеет весьма важное антирадиационное значение в первые годы после создания культурированного брусники на загрязненной территории. Спустя 6—7 лет, а иногда и раньше, растение вновь приобретает утраченную в первые послепосадочные годы способность к вегетативному размножению посредством формирования из почек на появляющихся корневищах новых парциальных кустов. Следует отметить, что продолжительность жизни материнских (т. е. высаживаемых на плантацию) кустов сортовой брусники Koralle больше, чем аборигенной. В опытах по окультуриванию последнее появление сенильных признаков у высаживаемых особей и последующее затем отмирание растений происходит на 4—5-й год.

Из вышесказанного следует вывод о развитии одного из направлений селекции брусники обыкновенной при культивировании ее в условиях радиоактивного загрязнения. Существует обоснованная необходимость проведения селекционных исследований с целью выведения форм брусники с наследственно обусловленной константной способностью к ограниченному, насколько это возможно, естественному клонированию с помощью подземных ризом на протяжении всего онтогенетического цикла растения. Именно такие культивары с уменьшенным объемом корневой и корневищной систем будут иметь и более низкие показатели аккумуляции радионуклидов.

Как известно, корневища, помимо функции вегетативного размножения и возобновления, выполняют также роль запасающих органов. По исследованиям [17], у овощных культур особенно много радионуклидов накапливается в запасающих органах. Следовательно, можно предположить, что у брусники в культуре из-за редукции корневищной системы сокращается способность растений к депонированию радиоактивных элементов.

Наибольший интерес представляет анализ аккумуляции радионуклидов плодами возделывавшегося растения. Их активность на протяжении всего периода наблюдений (114—175 Бк/кг) не превысила допустимую величину и была значительно ниже, чем у брусники-дикороса, произрастающей в аналогичных условиях радиоактивного загрязнения (табл. 4). Установленная возможность получения ягодной продукции, отвечающей санитарным требованиям, позволяет положительно оценить перспективу создания плантаций брусники обыкновенной в загрязненной зоне. Тем не менее величина исследуемого показателя была существенно выше, чем у дикорастущей брусники в чистой зоне.

Т а б л и ц а 4. Аккумуляция радиоцезия в ягодах на участке без применения удобрений

Участок, растение	Год	Бк/кг	Точность измерения, %
Посадка брусники в загрязненной зоне, сорт Koralle	1995	114,0	9,2
	1996	175,0	13,3
	1997	171,0	11,7
	1998	165,0	13,9
Лесное насаждение в загрязненной зоне, брусника-дикорос	1995	2236,0	21,3
	1996	1253,0	11,1
	1997	1336,0	7,4
	1998	976,5	9,2
Лесное насаждение в чистой зоне, брусника-дикорос	1995	33,0	7,0
	1996	28,0	9,6
	1997	35,5	5,4
	1998	42,0	7,7

Одна из основных предпосылок успешного плантационного выращивания брусники обыкновенной в условиях радиационного пресса — хорошая предпосадочная подготовка почвы. Она заключается в удалении верхнего слоя почвы, увеличении глубины и плантажности вспашки. Но даже минимальный уровень агрофона плантационных участков способствует снижению радиоактивности плодов культурной брусники по сравнению с ее дикорастущим аналогом, растущим на почвах с одинаковой плотностью радиоактивного загрязнения.

Существует довольно распространенное мнение об индифферентной реакции брусники обыкновенной, выращиваемой в культуре, на внесение минеральных удобрений (за исключением магнийсодержащих) [18—21]. Более того, установлено, что большие дозы оказывают угнетающий эффект [22]. Полученные результаты дают определенные основания подвергнуть эту точку зрения сомнению. Хотя, следует это подчеркнуть, действительно, в нашем трехлетнем опыте с внесением минеральных удобрений не установлено сколько-нибудь заметного положительного влияния их на развитие и урожайность растений. Особи в варианте с удобрениями и на контроле практически ничем не отличались друг от друга по биометрическим показателям.

В то же время анализ полученных данных (табл. 5) свидетельствует о том, что внесение в почву элементов питания, даже в невысоких дозах, способствует значительному снижению радиоактивности молодых побегов и листьев. Разумеется, в зависимости от конкретных погодно-климатических условий того или иного вегетационного сезона позитивное влияние химической мелиорации почвы может усиливаться или ослабевать. Тем не менее в течение трех лет наблюдений тенденция минимизации аккумуляции радионуклидов при внесении удобрений прослеживается более чем отчетливо. При произрастании растений в условиях обогащенного минерального питания радиоактивность плодов колебалась от 28,1 до 59,0 Бк/кг (см. табл. 5), в то время как на контрольном участке (без удобрений) исследовавшийся показатель варьировал от 114 до 175 Бк/кг (см. табл. 4). Таким образом, антирадиационный эффект данного агротехнического приема весьма значителен — радиоактивность плодов возделываемой брусники может быть снижена в три—четыре раза.

Отсутствие в варианте с удобрениями выраженного эффекта усиления ростовых процессов надземных вегетативных органов не позволяет объяснить установленный факт снижения

Т а б л и ц а 5. Аккумуляция радиоцезия в фитомассе (облиственные молодые побеги) и ягодах на участке с применением удобрений

Вид и доза удобрения, кг/га, по д.в.	Год	Фитомасса, Бк/кг	Точность измерения, %	Ягоды, Бк/кг	Точность измерения, %
Сернокислый калий — 46 Сернокислый аммоний — 42 Двойной суперфосфат — 36	1996	354,8	14,8	42,0	16,5
Сернокислый калий — 46 Сернокислый аммоний — 42 Двойной суперфосфат — 36	1997	298,6	15,9	59,0	14,5
Сернокислый калий — 46 Сернокислый аммоний — 42 Двойной суперфосфат — 36	1998	150,4	10,6	28,1	13,9

содержания радионуклидов их «ростовым разбавлением». Интерпретацию такой отзывчивости брусники обыкновенной на улучшение условий минерального питания при одновременном отсутствии эффекта усиления ростовых и генеративных процессов нужно искать, прежде всего, в видовой специфике метаболических процессов, присущих данному виду в онтогенезе.

Раскопка корневых систем показала, что в контрольном варианте (без внесения удобрений) происходит формирование несколько более мощной корневой системы растений (вес возрастает на 9—15 %). Таким образом, одной из причин увеличения степени аккумуляции радионуклидов плодами в контрольном варианте может быть формирование более развитой корневой системы, как реакции растений на недостаток элементов питания. Разумеется, определенный вклад в процесс минимизации поглощения радионуклидов вносит и непосредственное обогащение корнеобитаемого слоя ионами минеральных элементов, поступивших в почву с внесенными удобрениями. Являясь антагонистами радионуклидов, они в первую очередь поглощаются растением, что, в конечном счете, также сказывается на снижении концентрации последних в вегетативных органах и плодах [23, 24].

Результаты опыта с внесением минерального удобрения убедительно свидетельствуют о том, что данный агротехнический прием обладает выраженной антирадиационной направленностью. Благодаря его применению достигается практически полная дискриминация перехода радионуклидов из почвы в плоды культурной брусники. Усиление этого эффекта может быть достигнуто при комплексном применении интенсивной предпосадочной подготовки почвы и систематического внесения небольших доз полного минерального удобрения.

Интродукционные исследования по возделыванию сортовой брусники Koralle в условиях радиоактивного загрязнения позволяют сделать следующие выводы:

1. Не установлено негативного влияния хронического воздействия малых доз радиоактивного излучения на морфобиологическую характеристику растений сортовой брусники Koralle, произрастающих длительное время на загрязненной радионуклидами территории.
2. Плантационное возделывание нового для культурной флоры Беларуси высокоурожайного растения — сортовой брусники обыкновенной (Koralle) — при плотности загрязнения почвы радиоцезием до 1,3 Ки/км² дает гарантию производства ягодной продукции, содержание радионуклидов в которой не превышает допустимый уровень, установленный действующими в республике санитарными нормами.
3. Основные по антирадиационной значимости составляющие минимизации процесса поглощения радионуклидов брусникой в культуре: а) предпосадочная подготовка почвы; б) обогащение почвы небольшими дозами основных элементов питания (NPK).
4. Полученные положительные результаты дают основание для продолжения исследований по культивированию сортовой брусники на территориях, уровень радиоактивного загрязнения которых превышает 1,3 Ки/км².

Summary

Cultivation of the Koralle red bilberry on soils with the original density of radioactive contamination 1.3 Ci/km² demonstrates that the content of radionuclides in the berries does not exceed the sanitary standards established in the Republic. The main factors minimizing the radionuclide accumulation in plants are (i) preplanting soil cultivation, and (ii) enrichment of soil with small doses of major nutritional elements (NPK).

Литература

1. Морозов О. В. // Лес — экология и ресурсы. Мн., 1998. С. 47—49.
2. Морозов О. В. // Состояние и мониторинг лесов на рубеже XXI века. Мн., 1998. С. 221—223.
3. Сидорович Е. А., Рубан Н. Н., Шерстеникина А. В. Интродукция и опыт выращивания клюквы крупноплодной, голубики высокой и брусники. Мн., 1991.
4. Принципы и методы ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов. М., 1989.
5. Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере. Гомель, 1990.
6. Радиобиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Мн., 1991.
7. Эколого-биологическое изучение ягодных растений семейства Брусничные и опыт освоения их промышленной культуры в СССР. Ганцевичи, 1991.
8. Радиобиол. съезд. Пушино, 1993.
9. Экологический статус загрязненных радионуклидами территорий. Мн., 1995.
10. Третий съезд по радиационным исследованиям (радиобиол., радиоэкол., радиац. безопасность). Пушино, 1997.
11. Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии: биологические эффекты малых доз и радиоактивное загрязнение среды. Мн., 1998.
12. Wild berry culture: an exchange of western and eastern experiences. Tartu, 1998.
13. Морозов О. В., Босак В. Н., Павловский Н. Б. // Экологические проблемы интродукции растений на современном этапе. Краснодар, 1993. Ч.1. С.82-85.
14. Марозаў А. У., Басак В. М., Паўлоўскі М. Б. // Весці Акадэміі навук Беларусі. Сер. біял. навук. 1995. № 4. С. 9—15.
15. Парфенов В. И., Якушев Б. И., Мартинович Б. С. и др. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси. Мн., 1995.
16. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). Мн., 1999.
17. Гродзинский Д. М., Коломиец К. Д., Кутлахмедов Ю. А. и др. Антропогенная радионуклидная аномалия и растения. Киев, 1991.
18. Dierking W., Krüger E. // Erwerbsobstbau. 1984. № 26 (11). P. 280—281.
19. Dierking W. // Acta Horticulturae. 1989. Vol. 241. P. 260—262.
20. Lehmushovi A., Sakõ J. // Ann. Agric. Fenn. 1975. Vol. 14 (3). P. 227—230.
21. Lehmushovi A. // Ann. Agric. Fenn. 1977. Vol. 16 (1). P. 57—63.
22. Ingestad T. // Physiol. Plant. 1973. Vol. 29. P. 239—246.
23. Каликинский А. А., Вильдфлуш И. Р., Ионас В. А. и др. Агрохимия в вопросах и ответах. Мн., 1991.
24. Федзюкевіч М. І., Гардзеяка У. А., Ціво П. П., Мароз Ю. Д. з. Радыяцыя, нітраты і чалавек. Мн., 1994.

Центральный ботанический сад
НАН Беларуси

Поступила в редакцию
11.04.2000