

## Научная статья

УДК 633.412:635.132:632.913 (470.333)

## ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ СОРТООБРАЗЦАМИ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ И МОРКОВИ СТОЛОВОЙ В УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ирина Васильевна Сычѳва, Сергей Михайлович Сычѳв, Алексей Андреевич Осипов,  
Дина Игоревна Анищенко, Мария Юрьевна Васина  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Целью исследований явилась оценка уровня накопления экотоксикантов различными сортами и гибридами корнеплодных овощных культур (моркови столовой, свеклы столовой) в условиях юго-западной части Центрального региона РФ (Брянская область). Экспериментальные исследования проводили в течение 2021-2022 гг. в стационарном полевом опыте и Центре коллективного пользования приборами и оборудованием ФГБОУ ВО Брянского ГАУ. Объекты исследований – сортообразцы столовой свѳклы Любава, Бордо 237, Гаспадыня, Несравненная, Нежность, Мулатка, Креолка и моркови столовой Нантская, Марс F<sub>1</sub>, Надежда F<sub>1</sub>, Купар F<sub>1</sub>, Нанте Минор, Шантенэ королевская селекции ФГБНУ «ФНЦО» и агрохолдинга «Поиск». При изучении сортообразцов столовой свѳклы с низким накоплением тяжелых металлов выделены сортообразцы – Бордо 237, Любава, Нежность, Мулатка, Креолка. Отмечено варьирование у сортов по Cs<sup>137</sup>, Бк/кг от 0,12±1,25 (Креолка) до 2,76±1,16 (Несравненная) и 2,87±1,06 Бк/кг (Гаспадыня). Сортообразец Гаспадыня характеризовался высоким уровнем накоплением тяжелых металлов (Pb - 2,11±0,99 мг/кг, Cu - 6,72±2,43мг/кг), но не выходящим за пределы ПДУ. По накоплению меди, выходящему за пределы ПДУ, следует отметить сортообразцы Гаспадыня и Несравненная. Изучение накопления тяжелых металлов в корнеплодах моркови столовой показало превышение содержание Cu в корнеплодах Шантенэ королевской Надежда F<sub>1</sub> до 6,05-6,72 мг/кг продукции, что превысило ПДК – 5 мг/кг продукции. По накоплению <sup>137</sup>Cs, в корнеплодах моркови столовой за 2 года исследований на естественном фоне было отмечено варьирование от 0,12±1,25 (Марс F<sub>1</sub>) до 2,87±1,06 (Надежда F<sub>1</sub>) Бк/кг. Все сортообразцы моркови столовой показали низкий уровень накопления нитратов – от 56,1±1,51 (Нанте) до 186,3±1,23 (Марс F<sub>1</sub>). Результаты проведенных исследований дают возможность использования данных в селекционной работе при создании сортов и гибридов столовой свеклы и столовой моркови с незначительным накоплением экотоксикантов.

**Ключевые слова:** свекла столовая, морковь столовая, экотоксиканты, тяжелые металлы, радионуклиды, нитраты.

**Для цитирования:** Оценка накопления экотоксикантов сортообразцами свеклы столовой и моркови столовой в условиях брянской области / И.В. Сычѳва, С.М. Сычѳв, А.А. Осипов, Д.И. Анищенко, М.Ю. Васина // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 26-30.

## Original article

## EVALUATION OF ACCUMULATING ECOTOXICANTS BY TABLE BEET AND CARROT CULTIVARS UNDER THE CONDITIONS OF THE BRYANSK REGION

Irina V. Sychyova, Sergey M. Sychyov, Alexey A. Osipov, Dina I. Anishchenko, Maria Y. Vasina  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** The aim of the research was to assess the level of accumulation of ecotoxins by various varieties and hybrids of root vegetable crops (table carrots, table beets) in the southwestern part of the Central region of the Russian Federation (Bryansk region). Experimental studies were conducted during 2021-2022 in the stationary field experiment and the Center for the Collective Use of Devices and Equipment of the Bryansk State Agrarian University. The objects of research are varieties of table beet Lyubava, Bordeaux 237, Gazpadynya, Incomparable, Tenderness, Mulatto, Creole and carrots of the Nantes dining room, Mars F<sub>1</sub>, Nadezhda F<sub>1</sub>, Cupar F<sub>1</sub>, Nantes Minor, Chantenay royal selection of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FNZO" and the agricultural holding "Poisk". When studying the varieties of table beet with a low accumulation of heavy metals, the varieties Bordeaux 237, Lubava, Tenderness, Mulatto, Creole were identified. There was a variation in varieties according to Cs<sup>137</sup>, Bq/kg from 0.12±1.25 (Creole) to 2.76±1.16 (Incomparable) and 2.87±1.06 Bq/kg (Gazpadynya). The Gaspadin variety was characterized by a high level of accumulation of heavy metals (Pb - 2.11±0.99 mg/kg, Cu - 6.72±2.43mg/kg), but not exceeding the limits of the remote control. According to the accumulation of copper beyond the limits of the MPU, the varieties Gazpadynya and Incomparable should be noted. The study of the accumulation of heavy metals in the root crops of table carrots showed an excess of Cu content in the root crops of Chantenay Royal Hope F<sub>1</sub> to 6.05-

6.72 mg/kg of products, which exceeded the maximum permissible concentration of 5 mg/kg of products. According to the accumulation of  $^{137}\text{Cs}$ , in the root crops of table carrots for 2 years of research on a natural background, a variation from  $0.12 \pm 1.25$  (Mars F1) to  $2.87 \pm 1.06$  (Nadezhda F1) Bq/kg was noted. All varieties of table carrots showed a low level of nitrate accumulation – from  $56.1 \pm 1.51$  (Nantes) to  $186.3 \pm 1.23$  (Mars F1). The results of the conducted research make it possible to use the data in breeding work when creating varieties and hybrids of table beet and table carrot with a slight accumulation of ecotoxicants.

**Key words:** table beet, table carrot, ecotoxicants, heavy metals, radionuclides, nitrates.

**For citation:** Evaluation of accumulating ecotoxicants by table beet and carrot cultivars under the conditions of the bryansk region/ I.V. Sychyova, S.M. Sychyov, A.A. Osipov, D.I. Anishchenko, M.Y. Vasina // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 26-30.

**Введение.** В последние десятилетия усиливается приток в окружающую среду экотоксикантов в результате хозяйственной деятельности человека, аварий, военных конфликтов в виде тяжелых металлов, нитратов, радионуклидов и др.. Ориентировочная численность населения в РФ, подверженного наиболее выраженному влиянию на состояние здоровья комплексной химической нагрузкой, определяемой загрязнением продуктов питания, питьевой воды, атмосферного воздуха и почвы составляет более 100 млн. человек. В связи с этим проблема качества растениеводческой продукции приобретает новый аспект – она должна иметь не только сбалансированный химический состав и обладать относительной устойчивостью к вредным организмам, но и являться экологически безопасной. Данная проблема особенно важна для овощей, так как овощная продукция наряду с высокой питательностью подчас может содержать высокие концентрации экотоксикантов. Анализируя качество овощной продукции можно выделить группу БАВ (белки, жиры, углеводы, витамины и др.), а также группу вредных или токсичных веществ, содержание которых должно быть снижено. Вся пищевая ценность овощей может быть снижена наличием в нем определенной концентрации токсичных веществ, превышающей гигиенические нормы. Причем процесс накопления экотоксикантов в продукции зависит от трех основных факторов: 1) генетического (особенности культуры или сорта, определяющие поступление, транспорт, накопление и детоксикацию тяжелых металлов, нитратов и радионуклидов); 2) средового (близость расположения источника и интенсивность загрязнения, абиотические и биотические факторы среды, влияние рельефа местности на распространение загрязнения и др.); 3) агротехнического (дозы и сроки вносимых удобрений и пестицидов, регулирование поступления экотоксикантов в растения агротехническими приемами). Особое внимание уделяется разработке отбора на низкое содержание экотоксикантов в овощной продукции (*Методические указания по экологической селекции шпината огородного (*Spinacia oleracea* L.) на низкий уровень накопления экотоксикантов (радионуклидов, тяжелых металлов и нитратов) / А.В. Солдатенко, Е.Г. Добруцкая, Л.В. Кривенков и др. М.: ВНИИССОК, 2017. 47 с.*), [1,2,3]. Поэтому целью наших исследований явилась оценка уровня накопления экотоксикантов сортаобразцами свеклы столовой и моркови столовой в условиях Брянской области.

**Материалы и методы исследований.** Экспериментальные исследования проводили в течение 2021-2022 гг. в стационарном полевом опыте и Центре коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. Объекты исследований – сортаобразцы столовой свёклы Любава, Бордо 237, Гаспадыня, Несравненная, Нежность, Мулатка, Креолка и моркови столовой Нантская, Марс F<sub>1</sub>, Надежда F<sub>1</sub>, Купар F<sub>1</sub>, Нанте Минор, Шантенэ королевская селекции ФГБНУ «ФНЦО» и агрохолдинга «Поиск».

Посев семян корнеплодных культур проводили в первой декаде мая 2021-2023 гг. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, биометрические измерения и морфологическое описание растений, учет урожая. Площадь учетной делянки составляла 10 м<sup>2</sup>. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности исследовали по 100 растений. Почва стационара – серая лесная среднесуглинистого гранулометрического состава, средне окультурена. Подстилающая порода – лессовидные суглинки, достаточно проницаемые для воды и воздуха. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составляет 3,5-3,6 % (по Тюрину); подвижного фосфора – 280-320 и обменного калия 178-195 мг/кг (по Кирсанову), реакция почвенного раствора рН<sub>KCl</sub> 5,5-5,6.

Среднесуточная температура за годы исследований составила в среднем 13,7-15,8 °С и не превышала среднемноголетние значения. Средняя сумма эффективных температур составила 2823,5 °С, сумма осадков за 2021-2022 гг. в вегетационный период – 335,0 мм, погодные-климатические условия благоприятствовали росту и развитию растений овощных культур.

Агротехника при выращивании корнеплодных культур – общепринятая в условиях юго-западной части Центрального региона РФ. При проведении исследований оценивали динамику нарастания и отмирания листьев, и морфологические особенности листового аппарата.

Урожай учитывали со всей площади делянки. Количественное содержание тяжелых металлов в корнеплодах столовой свёклы и столовой моркови определяли атомно-адсорбционным методом, активность  $Cs^{137}$  с помощью гамма-спектрометрического измерения. Для количественного определения содержания нитратов использовали ионометрический метод. Математическую обработку полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова. Для статистической обработки экспериментальных данных использованы общепринятые методы (Леунов В.И. *Столовые корнеплоды в России. М., 2011. 272 с.*; Литвинов С.С. *Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ГНУ ВНИИО, 2011. 648 с.*) [4].

**Результаты и их обсуждение.** В современных условиях технологии возделывания столовых корнеплодов требуют тщательного подбора сортов и их адаптивности к природно-климатическим факторам конкретного региона, устойчивости к вредным организмам, оценке накопления тяжелых металлов, радионуклидов, нитратов. К проблеме качества овощной продукции необходимо подходить с точки зрения экологической безопасности.

Попадание тяжелых металлов в агрофитоценозы может породить две основные проблемы: 1) снижение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур, что является одной из причин неинфекционных заболеваний; 2) загрязнение продуктивных органов тяжелыми металлами и попадание их с пищей в организм человека. Причем проблема накопления тяжелых металлов в продукции более актуальна, чем проблема устойчивости растений. Она может возникнуть даже при незначительных концентрациях в пригородных зонах, у автомагистралей. В то же время у растений проявляется генетически обусловленная видовая и сортовая специфика как по устойчивости к тяжелым металлам, так и по накоплению токсикантов в продукции [5]. Предельно допустимый уровень содержания по Pb (мг/кг) составляет 5,00 мг/кг в столовых корнеплодах. Показатели по данному параметру варьировали на сортообразцах свеклы от 0,18±0,01 у Бордо 237 до 2,11±0,99 мг/кг по сортообразцу Гаспадыня. Низкое накопление кадмия отмечено также у сортообразца Бордо 237 при ПДУ 0,30 мг/кг. Сортообразец Гаспадыня характеризовался накоплением до уровня 0,29±0,05 мг/кг, что свидетельствует о высоком накоплении экотоксиканта. Данный сортообразец показал превышение по содержанию меди до 16,72±2,43 мг/кг по сравнению с ПДК. Незначительно накапливали тяжелые металлы сортообразцы Бордо 237, Любава, Нежность, Мулатка, Креолка (табл. 1).

Таблица 1 - Содержание экотоксикантов в корнеплодах сортообразцов свёклы столовой (опытное поле ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2021-2022 гг., среднее)

Название сортообразца	Содержание тяжелых металлов, мг/кг			Активность $^{137}Cs$ , Бк/кг	Содержание нитратов, мг/кг
	Pb	Cd	Cu		
Бордо 237	0,18±0,01	0,09±0,01	2,34±0,65	1,68±1,54	126,8±1,26
Любава	0,23±0,01	0,11±0,01	4,17±1,35	0,86±2,02	186,3±1,23
Гаспадыня	2,11±0,99	0,29±0,05	6,72±2,43	2,87±1,06	172,5±2,11
Нежность	0,67±0,13	0,10±0,01	2,56±1,13	1,93±1,36	138,4±1,67
Мулатка	0,33±0,12	0,18±0,02	3,44±0,79	2,31±3,19	56,1±1,51
Креолка	1,27±0,63	0,13±0,01	4,21±0,97	0,12±1,25	85,9±2,13
Несравненная	1,43±0,65	0,18±0,02	6,05±1,39	2,76±1,16	165,9±2,13
Показатели ПДУ	ПДК, мг/кг			Допустимый уровень, Бк/кг	ПДК, мг/кг
	5,00	0,30	5,00		

Внутривидовой изменчивости растений по накоплению радионуклидов достаточно для проведения отбора сортов, что особенно важно для овощных культур, которые выращивает население на территориях, подвергнувшихся радиоактивному загрязнению в результате аварий и военных конфликтов. Все сорта столовой свёклы селекции ФГБНУ «ФНЦО» и агрохолдинга «Поиск» характеризовались низкими показателями по  $^{137}Cs$ , Бк/кг за два года исследований при допустимом уровне 600 Бк/кг. В то же время наблюдалось варьирование по данному показателю от 0,12±1,25 (Креолка) до 2,76±1,16 (Несравненная) и 2,87±1,06 Бк/кг (Гаспадыня).

По накоплению нитратов в корнеплодах все изучаемые сорта столовой свеклы не превышали ПДК -1400 мг/кг. Менее 100 мг/кг накапливали в среднем за два года исследований сорта Креолка (85,9±2,13) и Мулатка (56,1±1,51).

Накопление тяжелых металлов корнеплодами столовой моркови в условиях опытного поля Брянского ГАУ также показало варьирование по данному признаку и отсутствие превышения значений ПДК по свинцу и кадмию. Незначительное накопление отмечено у сортообразца Нантская (Pb - 0,18±0,01; Cd - 0,09±0,01; Cu - 2,34±0,65, мг/кг), в то же время гибрид Надежда F<sub>1</sub> показал накопление

в продукции до  $2,11 \pm 0,99$  мг/кг по Pb и  $0,29 \pm 0,05$  мг/кг по Cd. Однако содержание Cu в корнеплодах Шантенэ королевской Надежда F<sub>1</sub> было на уровне  $6,05-6,72$  мг/кг продукции, что превысило ПДК – 5 мг/кг продукции. Приближались по данному значению к ПДК образцы Марс F<sub>1</sub>, Минор.

Таблица 2- Содержание экотоксикантов в корнеплодах сортов образцов моркови столовой (опытное поле ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2021-2022 гг., среднее)

Название сорта образца	Содержание тяжелых металлов, мг/кг			Активность <sup>137</sup> Cs, Бк/кг	Содержание нитратов, мг/кг
	Pb	Cd	Cu		
Нантская	$0,18 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$2,34 \pm 0,65$	$1,68 \pm 1,54$	$126,8 \pm 1,26$
Марс F <sub>1</sub>	$0,23 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01$	$4,17 \pm 1,35$	$0,86 \pm 2,02$	$186,3 \pm 1,23$
Надежда F <sub>1</sub>	$2,11 \pm 0,99$	$0,29 \pm 0,05$	$6,72 \pm 2,43$	$2,87 \pm 1,06$	$172,5 \pm 2,11$
Купар F <sub>1</sub>	$0,67 \pm 0,13$	$0,10 \pm 0,01$	$2,56 \pm 1,13$	$1,93 \pm 1,36$	$138,4 \pm 1,67$
Нанте	$0,33 \pm 0,12$	$0,18 \pm 0,02$	$3,44 \pm 0,79$	$2,31 \pm 3,19$	$56,1 \pm 1,51$
Минор	$1,27 \pm 0,63$	$0,13 \pm 0,01$	$4,21 \pm 0,97$	$0,12 \pm 1,25$	$85,9 \pm 2,13$
Шантенэ королевская	$1,43 \pm 0,65$	$0,18 \pm 0,02$	$6,05 \pm 1,39$	$2,76 \pm 1,16$	$165,9 \pm 2,13$
Показатели	ПДК, мг/кг			Допустимый уровень, Бк/кг	ПДК, мг/кг
ПДУ	5,00	0,30	5,00	600	1400

Диапазон накопления <sup>137</sup>Cs, в корнеплодах моркови столовой за 2 года исследований на естественном фоне был отмечен от  $0,12 \pm 1,25$  (Марс F<sub>1</sub>) до  $2,87 \pm 1,06$  (Надежда F<sub>1</sub>) Бк/кг продукции. Это не превысило значения ПДК – 600 Бк/кг.

Содержание нитратов в овощной продукции давно является объектом научных исследований, причем неодинаковое накопление нитратов у разных сортов овощных культур обусловлено в первую очередь генетически закрепленным уровнем активности отдельных ферментов, в частности нитрат-редуктазы. По накоплению нитратов в корнеплодах моркови столовой ПДК составляет 1400 мг/кг продукции. Все сорта образцы показали низкий уровень накопления нитратов – от  $56,1 \pm 1,51$  (Нанте) до  $186,3 \pm 1,23$  (Марс F<sub>1</sub>).

**Выводы.** В результате проведенных исследований при изучении сортов образцов столовой свёклы с низким накоплением тяжелых металлов выделены сорта образцы – Бордо 237, Любава, Нежность, Мулатка, Креолка. Отмечено варьирование у сортов по Cs<sup>137</sup>, Бк/кг от  $0,12 \pm 1,25$  (Креолка) до  $2,76 \pm 1,16$  (Несравненная) и  $2,87 \pm 1,06$  Бк/кг (Гаспадыня). Сорта образец Гаспадыня характеризовался высоким уровнем накоплением тяжелых металлов (Pb -  $2,11 \pm 0,99$  мг/кг, Cu -  $6,72 \pm 2,43$  мг/кг), но не выходящим за пределы ПДУ. По накоплению меди, выходящему за пределы ПДУ, следует отметить сорта образцы Гаспадыня и Несравненная. Изучение накопления тяжелых металлов в корнеплодах моркови столовой показало превышение содержание Cu в корнеплодах Шантенэ королевской Надежда F<sub>1</sub> до  $6,05-6,72$  мг/кг продукции, что превысило ПДК – 5 мг/кг продукции. По накоплению <sup>137</sup>Cs, в корнеплодах моркови столовой за 2 года исследований на естественном фоне было отмечено варьирование от  $0,12 \pm 1,25$  (Марс F<sub>1</sub>) до  $2,87 \pm 1,06$  (Надежда F<sub>1</sub>) Бк/кг. Все сорта образцы моркови столовой показали низкий уровень накопления нитратов – от  $56,1 \pm 1,51$  (Нанте) до  $186,3 \pm 1,23$  (Марс F<sub>1</sub>). Результаты проведенных исследований дают возможность использования данных в селекционной работе при создании сортов и гибридов столовой свёклы и столовой моркови с незначительным накоплением экотоксикантов.

#### Список источников

1. Левшук, О.Н., Мысльва, Т.Н. Моделирование и прогнозирование пространственного распределения загрязнения тяжелыми металлами картофеля и овощей, выращиваемых на агроселитебных территориях // Мелиорация. 2021. № 3 (97). С. 85-98.
2. Башкин, В.Н., Галиулина, Р.А. Оценка риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18, № 4. С. 48-65.
3. Доброхотов, С.А., Адимеле, Ф., Ефремова, М.А. Содержание тяжелых металлов в почве и их поступление в продукцию овощных культур // Почвы в биосфере: сб. мат. Всерос. науч. конф. М., 2018. С. 199-203.
4. Современные тенденции развития селекции овощных и бахчевых культур / В.Ф. Пивоваров, А.В. Солдатенко, О.Н. Пышная и др. // Овощи России. 2022. № 3. С. 5-15.
5. Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и другими вредными веществами в регионе с развитым агропромышленным и нефтехимическим комплексом / Н.Р. Рахматуллин, Р.А. Су-

лейманов, Т.К. Валеев, С.Ш. Рафиков // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86-2. С. 136-142.

**Информация об авторах:**

**И.В. Сычёва** - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, i.sychyova@mail.ru.

**С.М. Сычёв** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sichev\_65@mail.ru

**А.А. Осипов** - кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель учебно-методического информационно-консультационно центра, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, osipovaa@bgsha.com.

**Д.И. Анищенко** – магистрант института экономики и агробизнеса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, dinaaniska2002@yandex.ru.

**М.Ю. Васина** – аспирант института экономики и агробизнеса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vas8963@yandex.ru.

**Information about the authors:**

**I.V. Sychyova** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, , i.sychyova@mail.ru.

**S.M. Sychyov** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production at Bryansk, Bryansk State Agrarian University, sichev\_65@mail.ru.

**A.A. Osipov** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the educational and methodological information and Consulting Center, Bryansk State Agrarian University, osipovaa@bgsha.com.

**D.I. Anishchenko** – Bachelor, Bryansk State University, dinaaniska2002@yandex.ru

**M.Y. Vasina** - PhD student, Bryansk State University, vas8963@yandex.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 03.04.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024, принята к публикации 31.05.2024.**

**The article was submitted 03.04.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.**

© Сычёва И.В., Сычёв С.М., Осипов А.А., Анищенко Д.И., Васина М.Ю.