

УДК 635.153:581.192.1

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ РЕДЬКИ (*RAPHANUS SATIVUS* Г.)

О.В. ЕЛИСЕЕВА, А.Ф. ЕЛИСЕЕВ

(Кафедра неорганической и аналитической химии, кафедра овощеводства
РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

В работе представлены данные о содержании микроэлементов в различных сортах редьки, об их распределении в надземной и подземной частях данной культуры, рассмотрено содержание микроэлементов в продуктовой части растений редьки по сравнению с растениями капусты и салата-латука.

Ключевые слова: редька, микроэлементы.

Прогрессивное земледелие основано на интенсивном использовании системы удобрения, новых высокопродуктивных сортов и гибридов с.-х. культур, средств комплексной защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, применении современных технологий обработки почвы и научно обоснованных севооборотов. Подобный подход позволяет получать высокие урожаи с.-х. продукции.

В настоящее время известно, что урожай с.-х. культур, его минеральная полноценность, а следовательно, продуктивность животноводства и здоровье людей во многом зависят от содержания микроэлементов в растительной продукции.

В растениях содержание микроэлементов составляет $1 \cdot 10^{-3}$ — $1 \cdot 10^{-5}\%$ и меньше [9, 15]. Микроэлементный состав культурных растений разнообразен и обусловлен биологическими особенностями самих растений, а также большой вариабельностью содержания подвижных форм элементов в пахотных почвах [16]. Элементный химический состав овощных культур значительно изменяется при изменении факторов внешней среды [4].

Роль микроэлементов в жизни растений многообразна и значительна. Они участвуют в сложных биологических и физиологических процессах, активизируют деятельность ферментов, витаминов, гормонов, связаны с процессами синтеза органических веществ, способствуют повышению продуктивности с.-х. культур и улучшают качество продукции [2]. Каждый из микроэлементов выполняет свою специфическую функцию. Различные микроэлементы могут выполнять биохимически сходные функции [15, 17, 18].

Методика

В 2003, 2005 гг. в лаборатории овощеводства и на кафедре неорганической и аналитической химии РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева проводили сравнительное изучение накопления некоторых микроэлементов в редьке, имеющих определённое значение в жизни растений и человека.

Содержание микроэлементов в почве, мг/кг сухой массы

Микроэлемент	Mn	Mo	Cu	Zn	Co	Cr	Se	Li	V
Содержание	27,4	0,15	13,5	32,9	0,002	0,05	0,2	Следы	0,003

Объектом исследования были сорта листовой редьки южнокорейской селекции VR-Tv-28, VR-Ну-235, VR-Ну-265 и сортообразец корнеплодной редьки ТСХА-Р (тетраплоид). В 2003 г. посев проводили 15 мая, появление массовых всходов отмечено 21 мая; в 2005 г. посев — 19 мая, появление массовых всходов — 23 мая. Растения выращивали в условиях микрополевого опыта на дерново-подзолистой средне-суглинистой почве (гумус — 2,4%, $pH_{ксл}$ 6,5, Н, — 0,8 мг-экв/100 г почвы, $N_{пл}$ — 79 мг/кг почвы, P_2O_5 — 268 мг/кг почвы, K_2O — 190 мг/кг почвы, V — 94,2%). Учётная делянка составляла 1 м². Схема выращивания 20x6 см. Густота стояния — 68 раст./м². В фазе 1-го листа проводили нормирование посевов до заданной густоты.

Закладку опытов, наблюдения, учёты и анализы проводили в соответствии с принятыми методиками [3, 8, 12].

В разделе методика представлены данные по анализу почвы на содержание микроэлементов. Подготовка пробы почвы и растительных образцов к анализу заключалась в обработке 100 мг сухой навески в 2 мл 70% HNO_3 и 1 мл 30% H_2O_2 с последующим микроволновым нагреванием в тefлоновом, герметично закрытом сосуде (бомбе), что обеспечивало быстрое разложение или растворение образца и предотвращало потери летучих соединений.

Содержание девяти микроэлементов (марганец, медь, цинк, селен, молибден, кобальт, хром, литий, ванадий) в надземных и подземных частях растений определяли в фазу технической спелости масс-спектрометрическим методом с ионизацией в индуктивно-связанной плазме на масс-спектрометре Elan DRC-II (Perkin Elmer США).

Результаты и их обсуждение

Полученные данные свидетельствуют о неоднозначном характере накопления изучаемых микроэлементов растениями редьки. Содержание марганца в растениях колеблется в пределах 18-260 мг/кг сухой массы и зависит, прежде всего, от биологических особенностей самого растения и концентрации в почве подвижных форм элемента. Особенно богаты марганцем зародыши семян, оболочки семян и плодов и зелёные листья [10]. Важной функцией этого элемента является участие в реакциях биологического окисления, в восстановительных реакциях и выделении кислорода в ходе фотосинтеза. Марганец входит в состав фермента гидроксилламинредуктазы, аргиназы, фосфотрансферазы, может замещать Mg^{2+} в других ферментах. Его недостаток сказывается на образовании углеводов и синтезе белка. Обеспечение растений марганцем увеличивает содержание в них аскорбиновой кислоты. Под влиянием этого микроэлемента происходит уменьшение интенсивности транспирации и увеличение водоудерживающей способности растений [6, 23].

Отмечено довольно высокое содержание марганца в листьях растений листовой редьки (табл. 1), причём наибольшим накоплением Mn отличались сорта VR-Ну-265 и VR-Tv-28 — 5,51 и 5,31 мг/кг сухой массы соответственно, а наименьшим — сорт

Таблица 1

Средние уровни содержания микроэлементов в листьях редьки (2003, 2005)

Форма редьки	Сорт	Содержание микроэлементов								
		мг/кг сухой массы			мкг/кг сухой массы					
		Mn	Cu	Zn	Se	Mo	Co	Cr	Li	V
Листовая	VR-Tv-28	5,31	8,64	7,85	0,70	36,5	0,35	8,35	2,7	0,45
	VR-Hy-235	3,16	6,33	5,23	0,51	59,5	0,50	6,15	1,8	0,13
	VR-Hy-265	5,51	7,29	5,04	0,45	41,5	0,20	6,10	2,3	0,37
Корнеплодная	ТСХА-Р	1,88	1,32	4,21	0,29	27,5	0,35	5,70	2,0	0,40
НСР _{0,05}		0,99	1,00	1,93	0,16	5,19	0,06	1,10	0,7	0,09

VR-Hy-235 (3,16 мг/кг). У корнеплодной редьки сорта ТСХА-Р в листьях марганца накапливалось на 66% меньше по сравнению с сортом листовой редьки VR-Hy-265 и составило 1,88 мг/кг сухой массы.

В корнях у изучаемых сортов листовой редьки наблюдалась та же закономерность в накоплении марганца (табл. 2). Сорта VR-Tv-28 и VR-Hy-265 отличались более высоким содержанием этого микроэлемента (2,90 и 2,82 мг/кг соответственно), чем сорт VR-Hy-235, в корнях которого концентрация Mn составила 1,88 мг/кг. В корнеплодах редьки сорта ТСХА-Р отмечена наименьшая концентрация данного элемента среди изучаемых сортов — 1,24 мг/кг сухой массы. Тем не менее у всех рассматриваемых сортов редьки в листьях марганца аккумулировалось больше, чем в корнях и корнеплодах — в 1,5-1,9 раз (табл. 3).

Физиологическая роль меди определяется её вхождением в состав таких ферментов, как ортодифенолоксидаза, полифенолоксидаза, тирозиназа, цитохромоксидаза и др. Медь регулирует синтез ДНК, рост растений, активизирует витамины группы В, влияет на белковый и углеводный обмен, повышает энергию фотосинтеза [2, 9, 22]. Содержание меди в растениях колеблется в пределах 1,5-15 мг/кг сухой массы и зависит от их биологического вида, типа и разновидности почвы [10].

Таблица 2

Средние уровни содержания микроэлементов в корнях (корнеплодах) редьки (2003, 2005)

Форма редьки	Сорт	Содержание микроэлементов								
		мг/кг сухой массы			мкг/кг сухой массы					
		Mn	Cu	Zn	Se	Mo	Co	Cr	Li	V
Листовая	VR-Tv-28	2,90	1,69	5,10	0,33	32,0	1,30	6,65	4,00	0,41
	VR-Hy-235	1,88	2,68	5,49	0,63	35,0	3,20	6,00	2,10	0,21
	VR-Hy-265	2,82	3,42	6,42	0,69	42,5	0,85	7,10	2,30	0,33
Корнеплодная	ТСХА-Р	1,24	2,20	2,99	0,52	22,0	2,00	3,95	2,00	0,23
НСР _{0,05}		0,30	0,74	1,26	0,15	5,85	0,88	0,68	0,7	0,06

**Отношение среднего уровня содержания микроэлементов
в листьях к среднему уровню их содержания
в корнях (корнеплодах) растений редьки (2003, 2005)**

Форма редьки	Сорт	Соотношение по содержанию (листья / корни)								
		Mn	Cu	Zn	Se	Mo	Co	Cr	Li	V
Листовая	VR-Tv-28	1,8	5,1	1,5	2,1	1,1	0,3	1,3	0,7	1,1
	VR-Hy-235	1,7	2,4	0,9	0,8	1,7	0,2	1,03	0,9	0,6
	VR-Hy-265	1,9	2,1	0,8	0,7	0,9	0,2	0,9	1	1,1
Корнеплодная	ТСХА-Р	1,5	0,6	1,4	0,6	1,3	0,2	1,4	1	1,7

В листьях растений листовой редьки накапливалось значительное количество меди (см. табл. 1). Наиболее высокое содержание Си отмечено у сорта VR-Tv-28 (8,64 мг/кг), низкое — у сорта VR-Hy-235 (6,33 мг/кг сухой массы). В листьях растений корнеплодной редьки накопление меди было наименьшим и составило 1,32 мг/кг, что в 4,8 раз меньше, чем у листовой редьки сорта VR-Hy-235 — и в 6,5 раз меньше, чем у сорта VR-Tv-28.

В корнях листовой редьки всех изучаемых сортов рассматриваемого микроэлемента накапливалось меньше, чем в листьях (см. табл. 2 и 3), причём наименьшее содержание Си отмечено у сорта VR-Tv-28 — 1,69 мг/кг, что в 5,1 раза меньше, чем в листьях растений того же сорта. У корнеплодной редьки, напротив, в корнеплодах меди содержалось на 40% больше, чем в листьях, и составило 2,2 мг/кг сухой массы.

Цинк входит в состав более 200 ферментов (протеиназы, пептидазы, фосфогидролазы и др.) и 20 металлоферментных комплексов, является компонентом дегидрогеназ, активирует карбоангидразу, карбоксипептидазу, фосфатазу, триптофансинтетазу. Этот микроэлемент участвует в белковом, углеводном, фосфорном обмене, в биосинтезе витаминов — аскорбиновой кислоты и тиамина, а также в синтезе ауксинов [2, 22].

Из таблицы 1 видно, что в листьях растений листовой редьки сорта VR-Tv-28 накапливалось наибольшее количество (7,85 мг/кг сухой массы) цинка по сравнению с другими сортами редьки. У сортов VR-Hy-235 и VR-Hy-265 концентрация Zn в листьях была примерно одинаковой (5,23 и 5,04 мг/кг соответственно), а в листьях корнеплодной редьки сорта ТСХА-Р наблюдалось её наименьшее значение — 4,21 мг/кг.

В корнях растений листовой редьки (см. табл. 2) наибольшее содержание цинка (6,42 мг/кг) отмечено у сорта с наименьшим значением концентрации данного элемента в листьях (VR-Hy-265). Напротив, корни растений сорта VR-Tv-28, где в листьях отмечалось наиболее высокое содержание Zn, характеризовались наименьшим его значением (5,1 мг/кг) среди рассматриваемых сортов листовой редьки. При этом в листьях у данного сорта цинка содержалось в 1,5 раза больше, чем в корнях (см. табл. 3). У сортов VR-Hy-235 и VR-Hy-265 наблюдалось некоторое превышение концентрации Zn в корнях. У растений сорта ТСХА-Р в корнеплодах содержание данного элемента составило 2,99 мг/кг (см. табл. 2), что в 1,4 раза меньше, чем в листьях (см. табл. 3).

Физиология и биохимия селена во многом сходна с физиологией и биохимией серы. Установлено, что селен может замещать серу в аминокислотах (метионин, цистеин), а также в ферментах галактозидаза и ферредоксин. Большинство растений синтезируют селенцистеин, селенметионин, селенметионинселеноксид и др. [1,9,28, 29, 31]. Установлено также, что селен участвует в реакциях образования хлорофилла, синтезе трикарбоновых кислот, в метаболизме жирных кислот, при этом селенпроизводные — аналоги сульфолипидов — не обнаружены [28]. Кроме того, селен присутствует вместе с железом и молибденом в ряде окислительно-восстановительных ферментов в качестве кофактора [1].

Недостаток селена вызывает целый ряд заболеваний и патологических состояний, поскольку его соединения являются мощными антиоксидантами [21].

Овощные зеленные культуры показали большие потенциальные возможности в накоплении селена [20]. Среднее содержание Se в овощных растениях колеблется от 6 до 23 мкг/кг сырой массы [30]. В этих же пределах оценивается безопасное для животных и человека содержание селена в растениях [33].

В накоплении селена растениями листовой редьки прослеживается та же закономерность, что и в накоплении цинка. Так, в листьях (см. табл. 1) наибольшее значение концентрации селена отмечено в растениях сорта VR-Tv-28, оно составило 0,70 мкг/кг сухой массы. В листьях растений сортов VR-Ну-235 и VR-Ну-265 Se накапливалось меньше на 27 и 36% соответственно. Самое низкое значение концентрации этого микроэлемента отмечалось в листьях растений сорта ТСХА-Р (0,29 мкг/кг), что в 2,4 раза меньше, чем в листьях сорта VR-Tv-28.

В корнях растений листовой редьки (см. табл. 2) наименьшее содержание Se отмечено у сорта VR-Tv-28 — 0,33 мкг/кг сухой массы, который характеризовался наибольшим накоплением этого элемента в листьях. У сортов VR-Ну-235 и VR-Ну-265 в корнях растений селена накапливалось 0,63 и 0,69 мкг/кг соответственно, что в 1,9-2,1 раз больше, чем у сорта VR-Tv-28. В корнеплодах растений сорта ТСХА-Р отмечено накопление Se на уровне 0,52 мкг/кг сухой массы.

Из таблицы 3 видно, что в растениях листовой редьки сорта VR-Tv-28 содержание селена в листьях превышает его накопление в корнях в 2,1 раза. У остальных рассматриваемых сортов редьки содержание этого микроэлемента в листьях было меньше, чем в корнях и корнеплодах.

Основная ферментативная роль молибдена — перенос электронов. Нормальный уровень содержания этого элемента в тканях листьев около 1 мг/кг сухой массы. Значительная часть молибдена связана с нитратредуктазой корней и стеблей растений, а также с нитрогеназой клубеньковых бактерий. Оба эти фермента играют важную роль в азотном обмене растений, участвуя в фиксации молекулярного азота (нитрогеназа) и восстановлении нитратов (нитратредуктаза). Причём растения, поглощающие $N-NH_4^+$, испытывают меньшую потребность в Мо, чем те, которые поглощают $N-NO_3^-$ [9]. Содержание молибдена в растениях колеблется в значительных пределах в зависимости от биологических особенностей растения и типа почвы (0,1-2,6 мг/кг сухой массы). Особенно богаты молибденом мелкие корни и листья растений, а также клубеньки (у бобовых) [10]. Большая его часть находится в надземной части растений [13, 22].

У растений редьки изучаемых сортов отмечался неодинаковый характер накопления молибдена (см. табл. 1, 2). В листьях и корнях сортов VR-Tv-28 и VR-Ну-265 его содержание было примерно одинаковым (36,5 и 32,0 41,5 и 42,5 мкг/кг соответственно). Однако в растениях сорта VR-Tv-28 в листьях Мо было несколько боль-

ше, чем в корнях. У растений сорта VR-Ну-235 содержание Мо в листьях составило 59,5 мкг/кг, что в 1,4-1,6 раз больше, чем в листьях других сортов листовой редьки. В корнях растений данного сорта концентрация молибдена была в 1,7 раз меньше, чем в листьях (35 мкг/кг сухой массы).

В растениях корнеплодной редьки данного микроэлемента накапливалось значительно меньше как в листьях (27,5 мкг/кг), так и в корнеплодах (22 мкг/кг) по сравнению с растениями листовой редьки.

Общие особенности распределения молибдена в надземной и подземной частях растения редьки отмечены у сортов VR-Tv-28, VR-Ну-235 и ТСХА-Р: здесь содержание данного элемента в листьях в 1,1-1,7 раз было больше, чем в корнях и корнеплодах (см. табл. 3).

Кобальт как микроэлемент положительно влияет на рост и урожай растений. Этот металл входит в состав витамина В₁₂, а также влияет на способность бобовых растений фиксировать атмосферный азот, так как его хелатная форма в центре порфириновой структуры является кобамидным коферментом [7, 9, 24].

Наибольшим содержанием кобальта в листьях характеризовался сорт листовой редьки VR-Ну-235 — 0,5 мкг/кг сухой массы (см. табл. 1). Наименьшее значение концентрации Со в листьях отмечалось у сорта VR-Ну-265 (0,2 мкг/кг). В листьях растений листовой редьки сорта VR-Tv-28 и корнеплодной редьки сорта ТСХА-Р содержание кобальта было на одном уровне и составило 0,35 мкг/кг сухой массы.

В корнях так же, как и в листьях, наибольшее содержание Со отмечалось у растений сорта VR-Ну-235, оно составило 3,2 мкг/кг, а наименьшее — у сорта VR-Ну-265 (0,85 мкг/кг). Разница в содержании данного микроэлемента в корнях сорта VR-Tv-28 и корнеплодах сорта ТСХА-Р незначительна (1,3 и 2 мкг/кг соответственно), однако в корнеплодах его было несколько больше. Следует отметить, что у растений всех изучаемых сортов редьки концентрация кобальта в листьях была меньше, чем в корнях и корнеплодах (см. табл. 3).

Изучению влияния хрома в растениях стало уделяться большое внимание лишь после определения его значимости для человека и животных. Хром способствует улучшению глюкозной устойчивости людей, больных сахарным диабетом, оказывая положительное влияние на активность инсулина [11, 32]. Необходимость хрома для растений не установлена [30, 34], однако в ряде опытов показано стимулирующее действие этого микроэлемента на рост растений [25, 26].

По накоплению хрома в листьях редьки были отмечены те же особенности, что и для цинка и селена (см. табл. 1). Так, в листьях листовой редьки сорта VR-Tv-28 содержание Cr было наибольшим среди изучаемых сортов и составило 8,35 мкг/кг сухой массы. У сортов VR-Ну- 235 и VR-Ну-265 концентрация этого микроэлемента в надземной части была на одном уровне (6,15 и 6,10 мкг/кг соответственно). Наименьшее значение концентрации Cr наблюдалось в листьях корнеплодной редьки — 5,7 мкг/кг.

В корнях растений листовой редьки сорта Vr-Tv-28 (см. табл. 2) содержание хрома было на 20% меньше, чем в листьях (6,65 против 8,35 мкг/кг). Наибольшим накоплением Cr в подземной части растений отличался сорт листовой редьки VR-Ну-265, в его корнях концентрация хрома составила 7,1 мкг/кг сухой массы, что в 1,8 раз больше, чем в корнеплодах сорта ТСХА-Р. У растений листовой редьки сорта VR-Ну-235 распределение Cr в листьях и корнях было примерно одинаковым (6,15 и 6,00 мкг/кг соответственно).

Растения листовой редьки сорта VR-Tv-28 и корнеплодной редьки сорта ТСХА-Р накапливали хрома в листьях в 1,3 и 1,4 раза соответственно больше, чем в корнях и корнеплодах (см. табл. 3). У сортов VR-Ну-235 и VR-Ну-265 распределение этого элемента в надземной и подземной частях растений было примерно одинаковым, однако у второго наблюдалось некоторое превышение (на 14%) содержания Cr в корнях.

Литий является биологически активным элементом в жизни растений. Ионы лития оказывают влияние на интенсивность физиологических процессов, направленных на превращение азотистых соединений, изменение содержания и фракционного состава белков, интенсивность функционирования ферментов сахарозо-крахмальных превращений, активность окислительно-восстановительных ферментов [14, 19].

Ванадий участвует в процессах фотосинтеза, незаменим и необходим для нормального роста растений. Среднее содержание ванадия в растениях составляет около 1 мг/кг сухой массы [5, 10, 22, 27].

Отмечены общие особенности накопления в листьях растений редьки таких элементов, как литий и ванадий (см. табл. 1). Наибольшее их содержание наблюдалось в листьях сорта VR-Tv-28: 2,7 мг/кг лития и 0,45 мг/кг ванадия; наименьшее — в листьях сорта VR-Ну-235 (1,8 и 0,13 мг/кг соответственно). Разница в содержании этих элементов в листьях остальных двух сортов была несущественной по сравнению с сортом VR-Tv-28.

В корнях подобной картины не наблюдалось, хотя наибольшее содержание Li и V было также у сорта VR-Tv-28 — 4 и 0,41 мг/кг соответственно. Концентрация Li в корнях и корнеплодах у других сортов была существенно ниже, чем у сорта VR-Tv-28, и лежала в пределах 2-2,3 мг/кг сухой массы, причём наименьшее её значение наблюдалось в корнеплодах растений сорта ТСХА-Р (2 мг/кг).

Разница в накоплении ванадия корнями и корнеплодами растений сортов VR-Ну-235, VR-Ну-265 и ТСХА-Р была незначительной. Значения концентрации данного элемента у этих сортов лежали в пределах 0,21-0,33 мг/кг сухой массы. Наименьшее содержание V отмечалось в корнях сорта VR-Ну-235 — 0,21 мг/кг, что почти в 2 раза меньше, чем у сорта VR-Tv-28.

Таблица 4

Содержание микроэлементов в продуктовой части растений редьки, капусты и салата-латука

Микроэлемент		Листья листовой редьки (по трём сортам)	Корнеплоды корнеплодной редьки (ТСХА-Р)	Капуста [9]	Салат-латук [9]
Мг/кг сухой массы	Mn	3,16–5,51	1,24	—	29
	Cu	6,33–8,64	2,2	2,9–4,0	6,0–8,1
	Zn	5,04–7,85	2,99	24–31	44–73
Мкг/кг сухой массы	Se	0,45–0,7	0,52	150	57
	Mo	36,5–59,5	22	850	74
	Co	0,2–0,5	2	100–160	46–210
	Cr	6,1–8,35	3,95	13	80
	Li	1,8–2,7	2	50	30
	V	0,13–0,45	0,23	0,8	280

Из таблицы 3 видно, что у сортов VR-Tv-28 и VR-Hy-235 лития в листьях со-держалось меньше, чем в корнях, а у сортов VR-Hy-265 и ТСХА-Р его концентрация в листьях и корнях была на одном уровне. Ванадий распределялся между листьями и корнями иначе. У сорта VR-Hy-235 его накопление в листьях меньше, чем в корнях. У остальных сортов, наоборот, в листьях V в 1,1-1,7 раз больше.

Редька традиционно используется как салатная культура, поэтому представля-ет интерес сравнительный анализ содержания микроэлементов в листовой и корне-плодной редьке с их содержанием в салате-латуке и белокочанной капусте. Данные, приведённые в таблице 4, показывают, что у листовой редьки содержание рассматри-ваемых элементов меньше, чем в капусте и салате-латуке. Исключение составляет медь. В листьях листовой редьки накопление этого элемента было на том же уровне, что и в салате, и превышало его содержание в капусте.

В корнеплодах редьки сорта ТСХА-Р наблюдалась та же картина по накопле-нию данных микроэлементов: их содержание было меньше, чем в салате и капусте без исключений.

Выводы

1. Отмечены существенные сортовые различия в содержании микроэлементов у растений листовой и корнеплодной редьки. По содержанию Mn, Cu, Zn, Se, Mo и Cr изученные сорта листовой редьки превосходят включённый в опыт сорт корнеплод-ной редьки ТСХА-Р.

2. Более высоким содержанием Си, Zn, Se и Cr в листьях отличался сорт листо-войредьки VR-Tv-28 (всреднемв 1,2-1,6раза),авкорнях — сорт VR-Hy-265 (всреднем в 1,1—2,1 раза).

3. Установлены сортовые различия у редьки по содержанию микроэлементов в ассимиляционном аппарате и корневой системе.

Библиографический список

1. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., РишМ.А., Строчкова Л.С.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991.

2. *Агеев В.В.* Корневое питание сельскохозяйственных растений. Ставроп. ГСХА. Ставрополь, 1996.

3. *Белик В.Ф.* (ред.) Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Агропромиздат, 1992.

4. *Белозерова Т.А.* Влияние макро- и микроэлементов на элементный химиче-ский состав и качество овощных культур: Автореф. канд. дисс. биол. наук. М., 1990.

5. *Белопашенцева И.А.* Влияние ванадия на урожай и качество гороха и карто-феля. Автореф. канд. дисс. с.-х. наук. М., 1981.

6. *Власюк П.А.* Значение микроэлементов для стартово-пусковых механизмов прорастания семян // Биологическая роль микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине. М.: Наука, 1974. С. 236-245.

7. *Волошин Е.И.* Кобальт в почвах и растениях фоновых территорий // Агро-химический вестник, 2002. № 3. С. 22-25.

8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обра-ботки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985.

9. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях / Пер. с англ. М.: Мир, 1989.
10. *Каталымое М. В.* Микроэлементы и микроудобрения. М., Л.: Химия, 1965.
11. *Лоекое М. Я., Бузук Н. Г., Соколова С. М. и др.* Лекарственные растения — концентраторы хрома. Роль хрома в метаболизме алкалоидов // Известия РАН. Серия биологическая, 1996. № 5. С. 552-564.
12. *Моисейченко В. Ф., Заверюха А. Х., Трифонова М. Ф.* Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. М.: Колос, 1994.
13. *Муравин Э. А., Собачкин А. А.* Поступление молибдена в растения при различных уровнях азотного питания // Доклады ТСХА, 1966. Вып. 119. С. 151-156.
14. *Охрменко М. Ф.* Литий как биоэлемент в жизнедеятельности растений. В кн.: Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Тез. докл. XI Всесоюз. конф. Самарканд, 1990. С. 314-315.
15. *Порохивенч Н. В.* Биологическая роль и практическое применение микроэлементов // Тез. докл. VII Всесоюз. конф. Рига: Зинатне, 1975.
16. *Протасова Н. А.* Тяжёлые металлы в чернозёмах и культурных растениях Воронежской области // Агрохимия, 2005. № 2. С. 80-86.
17. *Ринькнс В. Я.* Макро- и микроэлементы в минеральном питании растений. Рига: Зинатне, 1979.
18. *Риш М. А.* Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях // Материалы Всесоюз. симп. Киев: Наукова Думка, 1987.
19. *Сивак Л. А., Кузьменко Л. М.* Формы транспорта лития в растениях. В кн.: Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Тез. докл. XI Всесоюз. конф. Самарканд, 1990. С. 320-321.
20. *Торшин С. П., Ягодин Б. А., Удельнова Т. М., Забродина И. Ю.* Накопление селена овощными культурами и яровым рапсом при удобрении селеном // Агрохимия, 1995. №9. С. 40-47.
21. *Торшин С. П., Удельнова Т. М., Ягодин Б. А.* Биогеохимия и агрохимия селена и методы устранения селенодефицита в пищевых продуктах и корнях // Агрохимия, 1996. №8-9. С. 127-143.
22. *Шеуджен А. Х.* Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003.
23. *Школьник М. Я.* Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974.
24. *Ягодин Б. А., Троицкая Г. Н., Генерозова И. П. и др.* Кобальт в метаболизме растений / В кн.: Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине. М.: Наука, 1974.
25. *Якушевская И. В.* Микроэлементы в природных ландшафтах. М.: МГУ, 1973.
26. *Albasel N, Pratt P. F., Westscot D. W.* Guidelines for selenium in irrigation waters // Environ. Qual, 1989. V. 18. № 3. P. 253-259.
27. *Arnon D.* Microelements in culture resolution experiments nigh Srigher upland. Amer. I. Bot., 1938. V. 25. № 5.
28. *Bollard E. G.* Involvement of unusual elements in plant growth and nutrition // Inorganic plant nutrition, 1983.
29. *Broun T. A., Shrift A.* Selenium: toxicity and tolerance in higher plants // Biol. Rev., 1982. V. 57. Part 1. P. 59-84.
30. *Combs J. F. jr., Combs S. B. (eds.)* The role of selenium in nutrition. Orlando, San Diego, N.Y., Austin, Boston, L., Sydney, Tokyo, Toronto: Acad. Press, 1986.
31. *Klayman D. L., Gunther W. H. H. (eds.)* Organic selenium compounds: their chemistry and biology. N.Y., L., Sydney, and Toronto: Wiley Interscience, 1973.

32. *Mertz W.* (eds.) Trace elements in human and animal nutrition. 5-th ed. Orlando etc.: Acad. Press, 1986. V. 1-2.

33. *Neve Favier A.* (eds.) Selenium in medicine and biology. Proc. 2-nd. Intern. Congr. on Trace elements in medicine and biology. Berlin, N.Y.: De Gruyter, 1989.

34. *Samcmтары S., Das P.* Accumulation and distribution of chromium, nickel and iron in the mungbean plant // *Fresnius Environ. Bull.*, 1997. № 6. P. 633-641.

Рецензент — д. б. н. А.Д. Фокин

SUMMARY

Data on microelements content in various (*Raphanus*) radish varieties, their distribution in both overground and underground parts are provided in the article. Microelements content in an edible part of these plants in comparison with both cabbage and lettuce has been investigated.

Key words: **radish (*Raphanus*), microelements.**

Елисева Ольга Владимировна — к. б. н. Тел. 976-16-28.

Эл. почта: elysol@rambler.ru

Елисеев Александр Фёдорович — к. с.-х. н. Тел. 977-56-17.