

## СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА И МЕДИ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ЕЖЕВИКИ (*RUBUS EUBATUS FOCKE*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Л.И. Леонтьева , к.с.-х.н.

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК, leonteva@vniispk.ru

### Аннотация

Содержание цинка (Zn) и меди (Cu) в органах и тканях ежевики (*Rubus Eubatus Focke*) изучено в полевом опыте на плантации, расположенной в садовом массиве Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (Орловская область) на серой лесной почве. Растения ежевики двух генотипов (сорта Торнфри и гибрида Торнфри×*R.Caucasicus*) выращивали без удобрений и при внесении N90P90K90. Растения отбирали в фазу плодоношения и разделяли на органы: корень, корневище, двулетние (плодоносящие) побеги, однолетние побеги (побеги текущего года), плоды. Кору и флоэму побегов отделяли от древесины и анализировали эти ткани отдельно. Листья плодоносящих и однолетних побегов также анализировали отдельно. Максимальное накопление Zn и Cu было в корнях и корневищах. Из надземных органов повышенным уровнем Zn и Cu отличались проводящие ткани побегов. Листья двулетних побегов накапливали больше изучаемых элементов, чем листья однолетних побегов. В плодах сорта Торнфри содержалось больше цинка, чем в плодах гибридной формы Торнфри×*R.Caucasicus* ( $1,77 \pm 0,23$  и  $1,49 \pm 0,19$  мг/кг сух.в-ва соответственно), но меньше меди ( $0,41 \pm 0,044$  и  $0,59 \pm 0,065$  мг/кг сух.в-ва соответственно). Средний для всех органов уровень содержания Zn в растениях ежевики у обоих изучаемых генотипов был достоверно выше при выращивании на фоне N90P90K90..

**Ключевые слова:** ежевика, органы и ткани, цинк, медь, минеральное питание

## THE CONTENTS OF ZINC AND COPPER IN ORGANS AND TISSUES OF BLACKBERRIES (*RUBUS EUBATUS FOCKE*) DEPENDING ON THE CONDITIONS OF MINERAL NUTRITION

L.I. Leontieva , cand. agr. sci.

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel district, Zhilina, VNIISPK, leonteva@vniispk.ru

### Abstract

The content of zinc (Zn) and copper (Cu) in organs and tissues of blackberries (*Rubus Eubatus Focke*) was studied in the field experiment on gray forest soil at the plantation situated in the orchard of Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (Orel region). Blackberry plants of two genotypes (Thornfree cultivar and Thornfree×*R.Caucasicus* hybrid) were cultivated without fertilizers and with application of N90P90K90. The plants were selected in the fruiting phase to be divided into organs (root, rhizome, biennial (fruit-bearing) shoots, primocanes

(shoots of the current year) and fruits. Bark and phloem of the primocanes were separated from wood and these tissues were analyzed separately. The leaves of fruit-bearing shoots and primocanes were also analyzed separately. Maximal Zn and Cu accumulation was observed in the root and rhizome. From the above-ground organs, the conductive tissues of shoots were characterized by an increased level of Zn and Cu. Leaves of biennial shoots accumulated more of studied elements than leaves of primocanes. In Thornfree fruits there was more Zn than in fruits of the hybrid Thornfree×*R. Caucasicus* ( $1.77\pm 0.23$  and  $1.49\pm 0.19$  mg/kg of dry substances, respectively), though there was less Cu ( $0.41\pm 0.044$  and  $0.59\pm 0.065$  mg/kg of dry substances, respectively). The average level of Zn content in the blackberry plants for all organs in both studied genotypes was significantly more when growing with N90P90K90 application.

**Key words:** blackberry; organs and tissues; zinc; copper; mineral nutrition

### Введение

В последнее время все большее распространение в нашей стране получает ягодная культура – ежевика (*Rubus Eubatus Focke*). Это объясняется большим набором ценных качеств: высокой продуктивностью (до 20 т/га), ценным биохимическим составом плодов (высокое содержание антоцианов, аскорбиновой кислоты, микро- и макроэлементов), относительно поздним цветением, предотвращающим повреждение цветков весенними заморозками, отличными вкусовыми и товарными качествами ягод, их транспортабельностью, пригодностью к длительному хранению (в том числе, в замороженном виде), к различным видам переработки, относительно поздним созреванием урожая (после большинства других ягодных культур), технологичностью при возделывании, легкостью вегетативного размножения, высокой устойчивостью современных сортов к различным болезням [5]. Содержание в плодах ежевики разнообразных фенольных соединений обеспечивает их высокую антиоксидантную активность и делает их ценным компонентом диетического питания, позволяющим снизить риск развития сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и ожирения [6]. По накоплению биофлавоноидов и пектина ежевика превосходит все плодовые культуры [22]. Целебными свойствами обладают не только ягоды ежевики, но и другие органы растения – листья, соцветия, стебли и корни. [7].

В средней зоне садоводства России промышленному выращиванию ежевики мешают недостаточное летнее тепло и низкие отрицательные температуры зимой. Поэтому основное распространение эта культура получила в любительском садоводстве. Как правило, дачные участки располагаются вблизи городов и автомагистралей. В связи с этим, плоды и другие части растений ежевики могут содержать такие элементы, как тяжелые металлы, в частности цинк и медь. Эти элементы относятся к биогенным. Однако в избыточных дозах цинк и медь являются токсикантами. Согласно ГОСТ 17.4.02-83, цинк относится к первому классу опасности, а медь – ко второму.

В научной литературе сведения о содержании тяжелых металлов в органах и тканях многолетних кустарниковых растений незначительны. Данные о микроэлементном составе плодов ежевики имеются в работах посвященных исследованию значимости различных ягодных культур для здорового питания [23], элементный состав листьев изучался в связи с оценкой эффективности агрохимических приемов [21].

Известно, что минеральные удобрения оказывают влияние на растворимость и биодоступность соединений ТМ. Длительное применение минеральных удобрений вызывает в пахотных горизонтах изменения почвенно-химических условий, контролирующей подвижность элементов [8]. Под влиянием минеральных удобрений изменяются условия химического равновесия в почвенном поглощающем комплексе, вследствие чего может усиливаться конкуренция катионов за сорбционные места, а это сказывается на доступности катионов растениям [15]. В исследованиях, выполненных в длительном стационарном опыте на учебно-опытном поле почвенно-экологического центра МГУ, система органических и минеральных удобрений в сочетании с периодическим известкованием снижала содержание подвижного кадмия и свинца [17]. По данным других авторов [4] систематическое внесение физиологически кислых минеральных удобрений (НК) заметно усиливало мобилизацию тяжелых металлов в почве, а также увеличивало их поступление в растения.

Многочисленными исследованиями показано влияние агрофона и сортовых особенностей на содержание тяжелых металлов в плодах растений земляники садовой [2, 12], крыжовника [1], смородины черной [13].

Цель нашего исследования – определить содержание таких элементов как цинк и медь в органах и тканях растений двух генотипов ежевики (сорт Торнфри, гибридная форма Торнфри×*R. Caucasicus*), оценить интенсивность переноса элементов в надземную часть в зависимости от условий минерального питания.

#### Объекты и методы исследований

Содержание Zn и Cu в органах и тканях ежевики изучалось на плантации, расположенной в садовом массиве Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (Орловская область). Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая, хорошо окультуренная (таблица 1).

Таблица 1- Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Агрохимические показатели	Слой почвы	
	0...20 см	20...40 см
pH <sub>KCl</sub>	5,02±0,05	4,96±0,04
Содержание подвижного P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	193,89±11,21	184,59±6,67
Содержание обменного K <sub>2</sub> O, мг/кг	127,29±13,34	90,89±12,92
Содержание обменного Ca <sup>2+</sup> , мг-экв/100г	15,79±0,71	15,01±0,21
Содержание обменного Mg <sup>2+</sup> , мг-экв/100г	6,14±0,46	5,80±0,17
Гумус, %	4,07±0,07	3,84±0,08

Объектами исследований были растения ежевики двух генотипов – сорта Торнфри и гибридной формы Торнфри×*R. Caucasicus*.

Торнфри – сорт среднепозднего срока созревания. Получен в США от скрещивания (Brainerd Merton×Thornlees)×(Merton Thornlees×Eldorado). Побеги текущего года стелющиеся и полустелющиеся, 4...6 м длиной, хорошо ветвятся, слабоволосистые, без шипов. Верхушки побегов в конце вегетации укореняются. Лист сложный, 5-листочковый. Плод крупный, массой 3...5 г, яйцевидной формы. Урожайность высокая. Зимостойкость сорта слабая [18].

Гибрид Торнфри×*R. Caucasicus* – форма со стелющимися шиповатыми побегами. Срок созревания средний (август). Обладает хорошей побегообразовательной способностью. Листья 3...5 раздельные, жесткие, зеленые. Ягоды конические, состоят из 50...60 костянок. Средняя масса 3...4 г. Морозостойкость низкая. При выращивании необходима шпалера и

зимнее укрытие.

Растения выращивались на двух агрохимических фонах: без удобрений и при внесении N90P90K90. Минеральные удобрения вносились ежегодно рано весной в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и сульфата калия. Повторность опыта трехкратная. Опыт проводился в 2014...2015 гг.

Для изучения содержания Zn и Cu в органах и тканях ежевики целые растения отбирались в фазу плодоношения. Далее, отобранные растения разделялись на органы: корень, корневище, двулетние (плодоносящие) побеги, однолетние побеги (побеги текущего года), плоды. У побегов кору и флоэму отделяли от древесины и анализировали эти ткани отдельно. Также отдельно анализировали листья плодоносящих и однолетних побегов.

Содержание цинка и меди в растительных пробах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по МУК 4.1.053-96 [16]. Агрохимические показатели почвы определяли по стандартным методикам. Математическая обработка результатов проводилась методом двухфакторного дисперсионного анализа с использованием программы TVA.

### **Результаты и обсуждение**

Земли опытного хозяйства используются в садоводстве более пятидесяти лет. В исследованиях проведенных ранее показано превышение допустимых уровней содержания ТМ в почве и плодовой продукции для этой территории [10,11]. Цинк и медь являются приоритетными загрязнителями, так как входят в состав средств защиты растений. Валовое содержание цинка в почве опытного участка превышает регионально-фоновое в 4 раза, а содержание меди – в 1,5 раза [11].

Данные по содержанию цинка в органах и тканях ежевики приведены в таблице 2. В результате проведенных исследований выявлено, что наибольшее количество Zn содержалось в подземных органах – корнях и корневищах как у сорта Торнфри, так и у гибрида Торнфри×R.Caucasicus. Многие исследователи отмечают важную роль корневой системы в защите растений от избытка тяжелых металлов [14,19,20]. При проникновении тяжелых металлов в корни происходит их хелатирование, и как следствие уменьшение подвижности. Предполагается, что определенную защитную функцию в корнях могут выполнять пояса Каспари, препятствующие движению вещества по межклеточному пространству и ограничивая его переход в проводящие ткани [20].

В надземной части растений сорта Торнфри самое высокое содержание Zn наблюдалось в листьях двулетних побегов (4,14 мг/кг сух. в-ва), тогда как листья однолетних ветвей содержали Zn на 40...50% меньше. Содержание элемента в листьях плодоносящих побегов достоверно превышало его уровень в проводящих тканях побегов разного возраста. В варианте с внесением N90P90K90 листья однолетних побегов содержали существенно (в 2,0...2,4 раза) больше Zn, чем проводящие ткани. На неудобренном фоне кора и флоэма однолетних побегов по концентрации Zn не отличались от листьев, а в древесине было достоверно меньше элемента. Для некоторых ягодных культур сем. *Rosaceae* Juss., например - для земляники, показано интенсивное накопление Zn в плодах [3]. Плоды ежевики сорта Торнфри содержали Zn в 2,3...2,6 раз меньше, чем листья двулетних побегов (1,77 мг/кг сух. в-ва и 4,14 мг/кг сух. в-ва соответственно), но существенно не отличались по этому показателю от других надземных органов.

У гибридной формы Торнфри×R.Caucasicus распределение элемента в листьях и проводящих тканях побегов отличалось от наблюдаемого у сорта Торнфри. Листья с побегов разного возраста у этой формы не различались по уровню накопления Zn. То же

самое отмечено и для ксилемы побегов. Кора и флоэма однолетних побегов содержали на 36...38% меньше Zn, чем аналогичные ткани двулетних. В плодах гибрида Торнфри×*R.Caucasicus* концентрация Zn была достоверно меньше, чем в листьях и проводящих тканях плодоносящих побегов (1,49 мг/кг сух. в-ва).

Таблица 2 – Содержание Zn в органах и тканях ежевики в зависимости от агрофона, (мг/кг сух.в-ва) 2014...2015 гг.

Фактор А Органы и ткани растения	Фактор В – Агрофон		Средние по фактору А (НСР <sub>05</sub> А = 0,79)
	Без удобрений	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	
Торнфри			
Корни	8,23	9,01	8,62
Корневища	5,62	5,78	5,70
Кора и флоэма двулетних побегов	1,48	1,85	1,67
Древесина двулетних побегов	2,13	2,48	2,31
Листья двулетних побегов	4,14	4,96	4,55
Кора и флоэма однолетних побегов	1,62	1,09	1,86
Древесина однолетних побегов	1,18	0,96	1,57
Листья однолетних побегов	2,42	2,34	2,88
Плоды	1,77	1,90	1,98
Средние по фактору В (НСР <sub>05</sub> В =0,37)	3,18	3,74	НСР <sub>05</sub> АВ=1,12
Гибрид Торнфри× <i>R. caucasicus</i>			Средние по фактору А (НСР <sub>05</sub> А=0,51)
Корни	6,35	7,09	6,72
Корневища	5,14	6,42	5,78
Кора и флоэма двулетних побегов	2,64	3,11	2,87
Древесина двулетних побегов	2,92	3,16	2,96
Листья двулетних побегов	3,53	3,69	3,61
Кора и флоэма однолетних побегов	1,62	1,97	1,79
Древесина однолетних побегов	2,67	2,91	2,24
Листья однолетних побегов	2,94	3,07	2,99
Плоды	1,49	1,64	1,56
Средние по фактору В (НСР <sub>05</sub> В =0,24)	3,25	3,67	НСР <sub>05</sub> АВ=0,72

Средний для всех органов уровень содержания Zn в растениях ежевики у обоих изучаемых генотипов был достоверно больше при выращивании на фоне N90P90K90. При этом у сорта Торнфри более высокий (на 3...20%) уровень Zn при внесении удобрений был в подземных органах, листьях и проводящих тканях двулетних побегов, а также в плодах. Листья и проводящие ткани однолетних побегов содержали больше Zn на неудобренном фоне. У гибрида Торнфри×*R.Caucasicus* тенденция к более высокому содержанию Zn при внесении удобрений отмечена для всех изучаемых органов и тканей. Для корней и корневищ это различие было статистически достоверным.

Данные по содержанию меди в органах и тканях ежевики приведены в таблице 3. Медь, как и цинк, накапливалась, прежде всего, в подземных органах растений ежевики. При этом у сорта Торнфри корни содержали достоверно больше Cu (3,53 мг/кг сух. в-ва), чем корневища (2,75 мг/кг сух. в-ва). Накопление меди в корнях существенно усиливалось, когда растения выращивались на фоне N90P90K90 (4,34 мг/кг сух. в-ва).

Таблица 3 – Содержание Си в органах и тканях ежевики в зависимости от агрофона, (мг/кг сух.в-ва) 2014...2015 гг.

Фактор А Органы и ткани растения	Фактор В - Агрофон		Средние по фактору А (НСР <sub>05</sub> А = 0,47)
	Без удобрений	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	
Торнфри			
Корни	3,53	4,34	3,94
Корневища	2,75	3,31	3,03
Кора и флоэма двулетних побегов	1,23	1,44	1,34
Древесина двулетних побегов	1,38	1,46	1,42
Листья двулетних побегов	2,17	2,19	2,18
Кора и флоэма однолетних побегов	0,84	0,64	0,74
Древесина однолетних побегов	0,75	0,56	0,66
Листья однолетних побегов	1,98	2,24	2,11
Плоды	0,41	0,43	0,42
Средние по фактору В (НСР <sub>05</sub> В = 0,22)	1,67	1,85	НСР <sub>05</sub> АВ=0,66
Гибрид Торнфри× <i>R. caucasicus</i>			Средние по фактору А (НСР <sub>05</sub> А=0,39)
Корни	3,13	2,89	3,01
Корневища	2,61	2,23	2,42
Кора и флоэма двулетних побегов	1,74	1,84	1,79
Древесина двулетних побегов	1,45	1,61	1,53
Листья двулетних побегов	2,98	2,62	2,80
Кора и флоэма однолетних побегов	1,81	1,56	1,68
Древесина однолетних побегов	1,47	1,54	1,51
Листья однолетних побегов	2,34	2,29	2,32
Плоды	0,59	0,67	0,63
Средние по фактору В (НСР <sub>05</sub> В = 0,19)	2,01	1,92	НСР <sub>05</sub> АВ=0,56

У гибрида Торнфри×*R. caucasicus* не наблюдалось существенного увеличения концентрации Си в корнях при внесении удобрений. Также у этого генотипа на неудобренном фоне не было достоверных различий по содержанию элемента между корнями и корневищами, а на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> корневища содержали меньше Си, чем корни.

У сорта Торнфри содержание Си в листьях была существенно меньше, чем в подземных органах, но выше, чем в тканях побегов. Листья однолетних и двулетних побегов не различались по этому показателю. Большее количество меди в биомассе листьев, по сравнению с побегами связано с ее присутствием в пластоцианине и белках.

Концентрация Си в тканях побегов сорта Торнфри существенно зависела от их возраста. Кора, флоэма и древесина однолетних побегов содержали достоверно меньше элемента, чем аналогичные ткани плодоносящих ветвей. В свою очередь последние содержали в 2,0...2,3 раза меньше Си, чем многолетние подземные корневища.

Гибрид Торнфри×*R. caucasicus* отличался более равномерным распределением Си в растении. У этого генотипа практически не наблюдалось различий по концентрации Си между листьями с побегов разного возраста, кроме того, листья по содержанию элемента не отличались от корневищ. Проводящие ткани одно- и двулетних побегов также не различались по накоплению Си и, в среднем, содержали элемента в 1,5 раза меньше, чем листья. У обоих изучаемых генотипов ежевики плоды содержали в 2...3 раза меньше Си, чем ткани плодоносящих побегов, и в 4...6 раз меньше элемента, чем листья на этих

побегах.

В целом, распределение цинка и меди по органам растений ежевики носило базипетальный характер (наибольшее накопление элемента происходило в корнях и корневищах с уменьшением в листьях и побегах) [9].

Перенос элементов из корней в надземную часть растений оценивали по транслокационным коэффициентам (таблица 4), которые рассчитывали отдельно для листьев однолетних побегов (ТК(лист1)), листьев двулетних побегов (ТК(лист2)) и плодов (ТК(плод)). В результате выявлено, что оба изученных генотипа ежевики имели более высокую интенсивность поступления Zn и Cu в листья, чем в плоды. Значимого влияния минерального питания на интенсивность переноса изучаемых элементов в надземные органы не наблюдалось.

Таблица 4 - Показатели транслокации Zn и Cu в растениях ежевики

Генотип	Элемент	Агрофон	ТК(лист 1)	ТК(лист2)	ТК(плод)
Сорт Торнфри	Zn	без удобрений	0,29	0,50	0,22
		NPK	0,26	0,55	0,21
	Cu	без удобрений	0,56	0,61	0,11
		NPK	0,52	0,50	0,10
Гибрид Торнфри× <i>R. Caucasicus</i>	Zn	без удобрений	0,46	0,56	0,23
		NPK	0,43	0,52	0,23
	Cu	без удобрений	0,74	0,95	0,19
		NPK	0,79	0,90	0,23

### Выводы

В результате исследований установлено, что всем изучаемым генотипам ежевики свойственно накопление Zn и Cu подземными органами (корнями и корневищами). Почти все надземные органы содержали существенно меньше Zn и Cu, чем подземные. Исключением были листья на двулетних побегах в варианте с внесением минеральных удобрений. Концентрация Zn в них достоверно не отличалась от концентрации элемента в корневищах. Особенности содержания Zn и Cu в листьях были связаны с возрастом и функциональной значимостью побегов, на которых они развивались, а также с химическими особенностями и физиологической ролью изучаемых элементов. Наименьшее содержание Zn и Cu отмечено в плодах.

Внесение минеральных удобрений оказало значимое влияние на накопление Zn и Cu в отдельных органах и тканях изучаемых генотипов, особенно корнях и корневищах, но не повлияло на интенсивность переноса изучаемых элементов из корней в листья и плоды.

### Литература

1. Бобкова В.В., Коновалов С.Н., Толстогузова В.Г. К вопросу о способности крыжовника к усвоению кадмия из почвы // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т.50. С. 54–59.
2. Бобкова В.В., Коновалов С.Н., Толстогузова В.Г. Агрэкологические параметры аккумуляции кадмия в интенсивных технологиях возделывания земляники // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2017. Т. 4, №1 С.10–13.
3. Ветрова О.А., Кузнецов М.Н., Леоничева Е.В., Мотылёва С.М., Мертвищева М.Е. Накопление тяжёлых металлов в органах земляники садовой в условиях техногенного загрязнения // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 5. С. 113–119.
4. Гомонова Н.Ф., Скворцова И.Н., Зенова Г.М. Результаты длительного применения различных видов и сочетаний удобрений на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение. 2007. №4. С.498–504.

5. Грюнер Л. А., Кулешова О.В. Направления исследований и перспективы выращивания ежевики в условиях Орловской области // Современное садоводство – Contemporary Horticulture. 2015. №3. С. 10–16 . URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2015/3/43.pdf>
6. Дубцов Г.Г., Джабоева А.С., Шаова Л.Г., Жилова Р.М. Ежевика – сырье для производства продуктов профилактического назначения // Вопросы питания. 2008. Т.77. №3. С.79–81.
7. Евдокименко С.Н., Кулагина В.П. Оценка сортов ежевики и малиново-ежевичных гибридов в условиях Брянской области // Садоводство и виноградарство. 2015. №4. С. 20–23.
8. Карпова, Е. А. Подвижные соединения тяжелых металлов в пахотных горизонтах дерново-подзолистых почв в условиях длительного применения удобрений // Экологическая агрохимия. М.: МГУ. 2008. С.12–29.
9. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений. Новосибирск: Наука, 1991. 342с.
10. Кузнецов М. Н., Леоничева Е. В., Роева Т. А., Мотылёва С. М., Леонтьева Л. И. Формирование микроэлементного состава ягодных растений при использовании цеолитсодержащей породы в качестве мелиоранта загрязнённых тяжёлыми металлами почв // Современное садоводство - Contemporary Horticulture. 2010. №2. С. 39–43.
11. Леоничева Е.В., Мотылёва С.М., Кузнецов М.Н., Роева Т.А., Леонтьева Л.И. Формирование состава микроэлементов у ягодных растений в условиях повышенного содержания тяжёлых металлов в почве // Сельскохозяйственная биология. 2010. №5. С. 31–34.
12. Леоничева Е.В., Ветрова О.А., Мотылева С.М., Мертвищева М.Е. Сортовые особенности накопления свинца и никеля растениями земляники садовой в условиях техногенного загрязнения // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. Т.36. №3. С.97–100.
13. Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И., Шавыркина М.А. Оценка содержания тяжелых металлов в плодах новых сортов и перспективных генотипов смородины черной. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2015. Т.57. №6. С.61–64.
14. Леонтьева Л.И., Корнилов Б.Б., Прудников П.С., Леоничева Е.В. Накопление цинка и меди в органах и тканях малины при разном уровне минерального питания // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2015. Т.57. №6. С.65–70.
15. Леонтьева Л.И., Корнилов Б.Б., Прудников П.С., Леоничева Е.В. Накопление свинца и никеля в органах и тканях малины (*RUBUS IDAEUS L.*) при разном уровне минерального питания // Современное садоводство – Contemporary Horticulture . 2014. №4. С.71–81. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2014/4/60.pdf>
16. Методика определения тяжелых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu) в пищевых продуктах, пищевом сырье и вытяжках модельных сред из таро-упаковочных материалов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. МУК 4.1.053–96. М.: Госкомсанэпидемнадзор, 1996. 19 с.
17. Минеев В.Г. Агрохимия: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. М: Изд-во МГУ, Изд-во “Колос”. 2004. 720с.
18. Грюнер Л.А. Ежевика // Помология. Земляника, малина. Орехоплодные и редкие культуры – Том V / под ред. Седова Е.Н., Грюнер Л.А. Орёл: ВНИИСПК, 2014. С. 300–308.
19. Сибиркина А.Р. Содержание Cu и Zn в травах соснового бора Семипалатинского Прииртышья // Мир науки, культуры, образования. 2011. №5 (30). С. 231–235.
20. Ягодин, Б.А. Кадмий в системе почва – удобрения – растения – животные организмы и человек // Агрохимия. 1985. №5. С. 23–26.



21. Strik B.C. Seasonal Variation in Mineral Nutrient Content of Primocane-fruiting Blackberry Leaves // *HortScience*. 2015. V. 50. P.540–545.
22. Cho M.J., Howard L.R., Prior R.L. and Clark J.R. Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography mass spectrometry // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004. V. 84. P. 1771–1782. DOI: 10.1002/jsfa.1885.
23. Komes, D., Belcsek-Cvitanovic, A., Ljubicic, I., Durgo, K., Cindric, I., Busic, A., Vojvodic, A., Formulating blackberry leaf mixtures for preparation of infusions with plant derived sources of sweeteners // *Food Chemistry*. 2014. 151(15). P. 385–393 DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.087.

### References

1. Bobkova, V.V., Konovalov, S.N., & Tolstoguzova V.G. (2017). To the question about the ability of the gooseberry to the assimilate the cadmium from the soil. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 50, 54–59. (In Russian, English abstract).
2. Bobkova, V.V., Konovalov, S.N., & Tolstoguzova, V.G. (2017). Agroecological parameters of cadmium accumulation in intensive technologies of strawberry cultivation. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 4(1), 10–13. (In Russian, English abstract).
3. Vetrova, O.A., Kuznetsov, M.N., Leonicheva E.V., Motyleva, S.M., & Mertvishcheva, M.E. (2014). Accumulation of heavy metals in strawberry plants grown in conditions of antropogennic pollution. *Agricultural Biology*, 5, 113–119. (In Russian, English abstract). (In Russian, English abstract).
4. Gomonova, N.F., Skvortzova, I.N., & Zenova, G.M. (2007). Effect of the long-term application of different fertilization systems on soddy–podzolic soils. *Eurasian Soil Science*, 40, 456–462. (In Russian, English abstract).
5. Gruner, L.A., & Kuleshova, O.V. (2015). Research directions and prospects of blackberry cultivation in conditions of Orel region. *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 3, 10–16. Retrieved from <http://journal.vniispk.ru/pdf/2015/3/43.pdf> (In Russian, English abstract).
6. Dubtzov, G.G., Dzaboeva, A.S., Shaova, L.G., & Zhilova, R.M. (2008). Blackberry as raw – material for manufacturing prophylactic foods. *Problems of nutrition*, 77(3), 79–81. (In Russian, English abstract).
7. Evdokimenko, S.N., & Kulagina, V.P. (2015). Evaluation of blackberry varieties and raspberry–blackberry hybrids in conditions of the Bryansk region. *Horticulture and viticulture*, 4, 20–23. (In Russian, English abstract).
8. Karpova, E.A. (2008). Mobile compounds of heavy metals in plough layers of soddy podzolic soils in conditions of the continuous fertilization. *Ecological Agrochemistry*, MGU, Moscow, 12–29. (In Russian, English abstract).
9. Kovalevsky, A.L. (1991) *Biogeochemistry of plants*. Novosibirsk: Science. (In Russian).
10. Kuznetsov, M.N., Leonicheva, E.V., Roeva, T.A., Motyleva, S.M., & Leontieva, L.I. (2010). Berry plant microelement composition formation under application of zeolite containing rock as a meliorant of soils polluted with heavy metals. *Sovremennoe sadovodstvo - Contemporary Horticulture*, 2, 39–43. (In Russian, English abstract).
11. Leonicheva, E.V., Motyleva, S.M., Kuznetsov, M.N., Royeva, T.A., & Leontieva, L.I. (2010). Formation of microelement composition in berry plants in conditions of higher content of heavy metals in the soil. *Agricultural biology*, 5, 31–34. (In Russian, English abstract).

12. Leonicheva, E.V., Vetrova, O.V., Motyleva, S.M., & Mertvisheva, M.E. (2012). Varietal features of lead and nickel accumulation in strawberry plants under the conditions of technogenic pollution. *Vestnik OreIGA*, 3(36), 97–100. (In Russian, English abstract).
13. Leonicheva, E.V., Leontieva, L.I., & Shavyrkina, M.A. (2015) Assessment of heavy metal content in fruit of new black berry varieties and promising genotypes. *Vestnik OreIGA*, 6(57), 61-64. (In Russian, English abstract).
14. Leontieva, L.I., Kornilov, B.B., Prudnikov, P.S., & Leonicheva, E.V. (2015). Zinc and copper accumulation in raspberry organs and tissues at different levels of mineral nutrition. *Vestnik OreIGA*, 6(57), 65–70. (In Russian, English abstract).
15. Leontieva, L.I., Kornilov, B.B., Prudnikov, P.S., & Leonicheva, E.V. (2014). Lead and nickel accumulation in raspberry (*Rubus idaeus* L.) organs and tissues at different levels of mineral nutrition. *Sovremennoe sadovodstvo - Contemporary Horticulture*, 4, 71–81. Retrieved from <http://journal.vniispk.ru/pdf/2014/4/60.pdf> (In Russian, English abstract).
16. Anonymous (1996). Methodology of HM (Cd, Pb, Zn, Cu) determination in food products, food raw materials and extracts of model media from packaging materials by high-performance liquid chromatography. (In Russian).
17. Mineev, V.G. (2004) *Agrochemistry*. Moscow: MGU, KolosS (In Russian).
18. Gruner, L.A. (2014). Blackberries. In E.N. Sedov & L.A. Gruner (Eds.), *Pomology. Strawberries. Raspberries. Nut and rare crops* (vol. 5, pp. 300-308). Orel: VNIISPK. (In Russian).
19. Sibirskina, A.R. (2011) The maintenance of Cu and Zn in the grass of pine near the Irtysh river in semey in Kazakhstan republic. *The world of science, culture and education*, 5(30), 231–235. (In Russian, English abstract).
20. Yagodin, B.A. (1985). Cadmium in the system soil-fertilizers-plants-animal organisms and human. *Agricultural Chemistry*, 5, 23-26. (In Russian).
21. Strik, B.C. (2015). Seasonal Variation in Mineral Nutrient Content of Primocane-fruiting Blackberry Leaves. *HortScience*, 50, 540–545.
22. Cho, M.J., Howard, L.R., Prior, R.L. & Clark, J.R. (2004). Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1771–1782. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1885>.
23. Komes, D., Belscak-Cvitanovic, A., Ljubicic, I., Durgo, K., Cindric, I., Basic, A., & Vojvodic, A. (2014). Formulating blackberry leaf mixtures for preparation of infusions with plant derived sources of sweeteners. *Food Chemistry*, 151(15), 385–393 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.087>.