

УДК 631.81

*Е. В. Леоничева, к.б.н., в.н.с.*

*Т. А. Роева, к.с.-х.н., с.н.с.*

*Л. И. Леонтьева, к.с.-х.н., с.н.с.*

*О. А. Ветрова, н.с.*

*ГНУ ВНИИ селекции плодовых культур Россельхозакадемии, Россия, Орел, agro@vniispk.ru*

## НАКОПЛЕНИЕ МАГНИЯ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ ПРИ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМКАХ

### Аннотация

В полевом опыте изучалось влияние некорневых подкормок на концентрацию магния в мякоти и кожице плодов яблоны сортов Имрус и Синап Орловский. Некорневые обработки проводились 5 раз за период вегетации по схеме: 1. контроль (обработка водой); 2. Борная кислота ( $H_3BO_3$ ) – 0,1%; 3. Сульфат калия ( $K_2SO_4$ ) – 0,3%; 4. Хлористый кальций ( $CaCl_2$ ) – 1%; 5.  $H_3BO_3 + K_2SO_4$ ; 6.  $H_3BO_3 + CaCl_2$ ; 7.  $K_2SO_4 + CaCl_2$ ; 8.  $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$ . Некорневые подкормки оказали существенное влияние на накопление магния в плодах яблоны. При этом наблюдались достоверные различия по годам и различия в реакции изучаемых сортов. Под влиянием некорневых обработок у сорта Имрус в большей мере изменялась концентрация магния в мякоти плодов, а у Синапа Орловского – в кожице.

Наиболее стабильным в течение двух лет исследования было действие следующих вариантов:

- у сорта Имрус в мякоти плодов содержалось магния больше, чем в контроле, при обработках борной кислотой ( $H_3BO_3$ ) и смесью  $H_3BO_3 + K_2SO_4$ ;

- у сорта Синап Орловский увеличение концентрации магния в кожице плодов было в вариантах:  $H_3BO_3 + K_2SO_4$  и  $H_3BO_3 + CaCl_2$ .

**Ключевые слова:** яблона, минеральное питание, некорневые подкормки, магний, бор, калий, кальций

UDC 631.81

*E. V. Leonicheva, candidate of agricultural sciences*

*T. A. Roeva, candidate of agricultural sciences*

*L. I. Leonteva, candidate of agricultural sciences*

*O. A. Vetrova, research worker*

*Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Russia, Orel, agro@vniispk.ru*

## MAGNESIUM ACCUMULATION IN APPLE FRUIT AS A RESULT OF FOLIAR SPRAY APPLICATION

### Abstract

The effect of foliar spray applications on Mg concentration in Imrus and Sinap Orlovskiy apple flesh and skin has been studied in the field experiment. Some treatments were performed 5 times during the period of vegetation according to the following scheme: 1. control (treatment with water); 2.  $H_3BO_3$  – 0,1%; 3.  $K_2SO_4$  – 0,3%; 4.  $CaCl_2$  – 1%; 5.  $H_3BO_3 +$

$K_2SO_4$ ; 6.  $H_3BO_3 + CaCl_2$ ; 7.  $K_2SO_4 + CaCl_2$ ; 8.  $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$ . Foliar sprays had a great effect on Mg accumulation in apple fruit. Authentic variations were observed by years and in the reaction of the studied cultivars. Under the influence of foliar sprays the concentration of Mg more changed in the flesh of Imrus apples and in the skin of Sinap Orlovskiy fruits.

During two years the effect of the following variants was the most stable:

- the content of Mg was greater in the Imrus apple flesh than in the control under the treatment with  $H_3BO_3$  and mixture of  $H_3BO_3 + K_2SO_4$ ;
- in Sinap Orlovskiy the increase of Mg concentration in fruit skin was in the following variants:  $H_3BO_3 + K_2SO_4$  and  $H_3BO_3 + CaCl_2$ .

**Key words:** *Malus domestica*, mineral nutrition, foliar spray, magnesium, boron, calcium, potassium

### Введение

Важная роль магния в минеральном питании растений хорошо известна. Этот элемент входит в состав хлорофилла, что составляет 15...30% всего количества магния в растении. В форме фосфатов магний имеется в фитине и пектиновых веществах. В клетках растений магний присутствует как в связанной, так и в свободной ионизированной форме. Магний способствует стабилизации коллоидных ферментных систем и тургора клетки, поддерживает на высоком уровне окислительно-восстановительный потенциал, положительно влияет на обмен веществ, поступление и включение в органические соединения фосфора, принимает участие в переносе электронов и в метаболизме АТФ [1, 9].

Концентрация магния в тканях плодов яблони является важным показателем, влияющим на их потенциальную лёжкость. Известно, что избыток магния в плодах способствует поражению горькой ямчатостью [9, 13]. Плоды яблони с хорошей лёжкостойкостью должны содержать магния не более 10 мг/100 г сырой массы [2].

В то же время недостаток магния тормозит синтез азотсодержащих соединений, особенно хлорофилла. Внешним признаком недостаточности этого элемента является хлороз листьев [6].

На поступление магния в растения яблони влияет большое количество природных и агротехнических факторов. Наряду с содержанием магния в почве и применением собственно магниевых удобрений для корневого и некорневого питания, на содержание магния в плодах могут оказывать влияние: резкие колебания влажности и температуры почвы, содержание в ней кальция, внесение высоких доз азотных, калийных и фосфорных удобрений, некорневые подкормки кальцием [2, 8, 9, 11, 12, 14].

Некорневые подкормки в современном плодоводстве используются в качестве способа оперативного управления минеральным питанием растений. Наряду с обработкой растений элементсодержащими солями (азота, калия, кальция, фосфора, магния и др.), предлагается применение комплексных препаратов, содержащих набор из нескольких питательных элементов [4, 9, 10].

Механизмы некорневого питания растений в настоящее время изучены недостаточно. В частности, мало изучен вопрос о возможном взаимодействии элементов, поступающих в виде катионов и анионов при обработках минеральными комплексами. Также недостаточно сведений о влиянии некорневых подкормок на сбалансированность минерального состава плодов, в том числе на поступление в плоды элементов минерального питания из почвы.

Целью нашей работы было изучить, как влияют некорневые подкормки соединениями калия, кальция и бора на накопление магния в структурных фракциях плодов яблони.

### Объекты и методы исследования

Исследования проводились в полевом опыте по изучению эффективности некорневых подкормок яблони макро- и микроэлементами, в садовом массиве Всероссийского НИИ селекции плодовых культур (ГНУ ВНИИСПК, Орловская область). Сад заложен в 1992 году, схема посадки 6 × 3 м. Почва – тёмно-серая лесная среднесуглинистая на лессовидном суглинке, подстилаемом доломитовыми известняками. Агрохимические показатели почвы в слое 0...100 см варьируют в следующих пределах:  $pH_{KCl}$  – 5,16...6,36,  $N_{общ.}$  – 4,22...1,16 мг-экв/100г, гумус – 4,61...1,16%, подвижный  $P_2O_5$  – 170...45 мг/кг, обменный  $K_2O$  – 152...83 мг/кг.

Объектами исследования являлись деревья яблони сортов Имрус и Синап Орловский на полукарликовом вставочном подвое 3–4–98. Агротехника общепринятая для культуры. Система содержания почвы – залужение.

Некорневые подкормки растений проводились 5 раз за период вегетации по фазам: «розовый бутон», «полное цветение», «опадение лепестков», «грецкий орех» и за 30...40 дней до съема плодов. Варианты опыта: 1. Контроль (обработка водой); 2. Борная кислота ( $H_3BO_3$ ) – 0,1%; 3. Сульфат калия ( $K_2SO_4$ ) – 0,3%; 4. Хлористый кальций ( $CaCl_2$ ) – 1%; 5.  $H_3BO_3 + K_2SO_4$ ; 6.  $H_3BO_3 + CaCl_2$ ; 7.  $K_2SO_4 + CaCl_2$ ; 8.  $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$ . Повторность опыта 3-х кратная, в варианте 6 учетных деревьев.

Содержание магния в кожице и мякоти плодов съёмной зрелости, и в образцах листьев с однолетних побегов, отобранных в фазу затухания роста, определялось трилонометрическим методом [7] после сухого озоления при  $t = 450^\circ C$  и растворения золы в 20%  $HCl$ . Агрохимические показатели почвы определялись по стандартным методикам [7]. Исследования проводились в 2011 и 2012 гг.

### Результаты и обсуждение

Важным фактором, влияющим на содержание магния в растениях яблони, является количество и соотношение обменных форм кальция и магния в почве [11, 12, 15]. Благодаря тому, что подстилающей породой являются доломитовые известняки, профиль почвы нашего опытного участка насыщен соединениями этих элементов. Среднее содержание обменных кальция и магния в 100-см слое составляет в среднем  $14,8 \pm 0,5$  и  $4,3 \pm 0,3$  мэкв/100 г соответственно, и слабо варьирует по горизонтам. Такое содержание кальция оценивается как повышенное, а магния как высокое [5]. Однако, имеющиеся сведения об отрицательной корреляции между содержанием в почве обменного кальция и концентрацией магния в тканях листьев яблони [15] позволяют предположить, что в условиях опыта поступление магния из почвы в растения может снижаться в результате конкуренции с ионами кальция.

Отчасти это предположение подтверждается невысоким содержанием магния в листьях обоих изучаемых в опыте сортов. Оптимальное содержание магния в листьях яблони находится в пределах 0,4...0,6 % сух.в-ва [3, 9]. Результаты анализа листьев показывают, что, несмотря на благоприятные агрохимические показатели почвы, растения обоих сортов испытывают недостаток магния. У сорта Синап Орловский листья однолетних побегов, отобранные в фазу затухания роста, содержали магния в среднем по всем вариантам опыта 0,30 и 0,26 % сух.в-ва в 2011 и 2012 гг соответственно. У Имруса в 2012 г. содержание магния в листьях также было ниже

оптимального уровня – 0,34% сух. в-ва. И только в 2011 г. концентрация магния в листьях этого сорта была оптимальной и составила 0,47% сух. в-ва.

Содержание магния в листьях яблони существенно различалось по годам. У сорта Имрус это различие было более выражено: в 2011 г. листья Имруса содержали магния в 1,4 раза больше, чем в 2012. У Синапа Орловского эта разница составила 1,15 раз.

Как видно из таблиц 2...5, существенные различия в накоплении магния в разные годы исследования наблюдались и для плодов яблони. Мякоть и кожица плодов сорта Имрус в 2012 году содержали достоверно меньше магния, по сравнению с 2011 (таблицы 2 и 3). У Синапа Орловского в 2012 году в кожице плодов было достоверно меньше магния, а в мякоти – достоверно больше, чем в 2011 г (таблицы 4 и 5).

Различия по годам в известной мере могут быть связаны с различиями в метеоусловиях вегетационных периодов. Температурный режим 2011 и 2012 гг. мало отличался от среднемноголетнего, основные различия были связаны с условиями увлажнения (таблица 1). Количество осадков, выпавшее в летние месяцы 2011 г, многократно превышает сумму осадков лета 2012 г. Обильные осадки 2011 г обеспечивали более высокую влажность почвы, и соответственно, лучшие условия для перехода в почвенный раствор магния из труднорастворимых соединений.

Таблица 1 – Метеоусловия периода исследований

Месяц	Среднемесячная температура, °С			Сумма осадков, мм		
	Годы		Средне-многолетняя	Годы		Средне-многолетняя
	2011	2012		2011	2012	
V	13,8	15,3	13,0	17,2	12,2	36,3
VI	18,4	16,8	16,9	61,7	44,1	65,1
VII	21,4	19,9	18,5	141,0	23,7	88,0
VIII	17,0	17,6	17,1	121,6	63,0	65,7

Другой причиной различий в накоплении магния плодами и листьями в разные годы исследования могла быть периодичность плодоношения, особенно заметно проявившаяся у сорта Имрус. В 2001 г не все учётные деревья этого сорта дали урожай, а в среднем по опыту он составил 2...3 кг с дерева. В 2012 г средняя урожайность Имруса была 56 кг/дерево. У Синапа Орловского в среднем по опыту урожай в 2011 и 2012 гг. был соответственно 17 и 40 кг/дерево.

В связи с важной ролью магния в ключевых процессах обмена, таких как фотосинтез и синтез белка, потребность в магнии в год с более высоким урожаем должна возрастать. Поступление элемента ограничивается поглотительной способностью корневой системы и количеством доступных соединений магния в почве. Вероятно, в год с пониженной влагообеспеченностью и большей нагрузкой урожаем, концентрация магния в плодах и листьях яблони определяется соотношением между количеством элемента, поступившего из корневой системы, и потребностью в нём отдельных органов и тканей.

В среднем за два года проведения исследований содержание магния в плодах сорта Имрус было: в мякоти –  $3,45 \pm 0,51$ , в кожице –  $11,20 \pm 1,27$  мг/100 г сырой массы. Плоды Синапа Орловского содержали магния в мякоти  $3,00 \pm 0,52$ , в кожице –  $12,45 \pm 1,20$  мг/100 г сырой массы.

Таблица 2 – Содержание магния в мякоти плодов сорта Имрус, мг/100 г сырой массы

Фактор А Вариант	Фактор В (Год)		Средние по фактору А (НСР <sub>0.05</sub> A =0,96)
	2011	2012	
1.Контроль (обработка водой)	2,88	2,31	<b>2,59</b>
2. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> – 0,1%	4,22	3,90	<b>4,06</b>
3. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 0,3%	4,34	2,98	<b>3,66</b>
4. СаCl <sub>2</sub> – 1%	3,36	4,61	<b>3,98</b>
5. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,72	3,70	<b>4,21</b>
6. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + СаCl <sub>2</sub>	4,63	1,67	<b>3,15</b>
7. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	3,64	1,54	<b>2,59</b>
8. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	4,22	2,43	<b>3,33</b>
Средние по фактору В (НСР <sub>0.05</sub> B =0,48)	<b>4,00</b>	<b>2,89</b>	НСР <sub>0.05</sub> AB =1,36

Таблица 3 – Содержание магния в кожице плодов сорта Имрус, мг/100 г сырой массы

Фактор А Вариант	Фактор В (Год)		Средние по фактору А (НСР <sub>0.05</sub> A =2,60)
	2011	2012	
1.Контроль (обработка водой)	11,89	10,37	<b>11,13</b>
2. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> – 0,1%	11,55	8,76	<b>10,16</b>
3. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 0,3%	7,03	9,41	<b>8,22</b>
4. СаCl <sub>2</sub> – 1%	12,62	11,46	<b>12,04</b>
5. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	11,84	10,31	<b>11,07</b>
6. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + СаCl <sub>2</sub>	13,25	9,28	<b>11,27</b>
7. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	11,28	9,86	<b>10,57</b>
8. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	19,00	11,20	<b>15,10</b>
Средние по фактору В (НСР <sub>0.05</sub> B =1,30)	<b>12,31</b>	<b>10,08</b>	НСР <sub>0.05</sub> AB =3,66

Таблица 4 – Содержание магния в мякоти плодов сорта Синап Орловский, мг/100 г сырой массы

Фактор А Вариант	Фактор В (Год)		Средние по фактору А (НСР <sub>0.05</sub> A =0,94)
	2011	2012	
1.Контроль (обработка водой)	1,89	3,96	<b>2,92</b>
2. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> – 0,1%	3,23	3,20	<b>3,21</b>
3. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 0,3%	1,63	3,14	<b>2,38</b>
4. СаCl <sub>2</sub> – 1%	3,15	3,26	<b>3,20</b>
5. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,34	4,32	<b>3,33</b>
6. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + СаCl <sub>2</sub>	1,73	5,44	<b>3,58</b>
7. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	1,84	2,88	<b>2,36</b>
8. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	2,08	3,90	<b>2,99</b>
Средние по фактору В (НСР <sub>0.05</sub> B =0,48)	<b>2,23</b>	<b>3,76</b>	НСР <sub>0.05</sub> AB =1,34

Таблица 5 – Содержание магния в кожице плодов сорта Синап Орловский, мг/100 г сырой массы

Фактор А Вариант	Фактор В (Год)		Средние по фактору А (НСР <sub>0.05</sub> A =1,98)
	2011	2012	
1.Контроль (обработка водой)	12,27	9,34	<b>10,81</b>
2. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> – 0,1%	10,05	10,05	<b>10,05</b>
3. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 0,3%	9,60	11,78	<b>10,69</b>
4. СаCl <sub>2</sub> – 1%	16,16	10,43	<b>13,30</b>
5. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15,46	14,65	<b>15,06</b>
6. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + СаCl <sub>2</sub>	16,00	14,66	<b>15,33</b>
7. К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	14,08	10,94	<b>12,51</b>
8. Н <sub>3</sub> В <sub>03</sub> + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + СаCl <sub>2</sub>	13,44	10,37	<b>11,91</b>
Средние по фактору В (НСР <sub>0.05</sub> B =1,00)	<b>13,38</b>	<b>11,53</b>	НСР <sub>0.05</sub> AB =2,80

Некорневые подкормки соединениями калия, кальция и бора оказали влияние на накопление магния в структурных фракциях плодов яблони. У обоих изучаемых сортов влияние некорневых обработок на накопление магния в плодах сильнее проявилось в год с более низким урожаем. При этом наряду с достоверными различиями по годам, мы наблюдали существенные различия в реакции изучаемых сортов на обработки.

Обработка борной кислотой приводила к достоверному (на 30...40%) увеличению содержания магния в мякоти плодов Имруса в оба года исследований. В мякоти плодов Синапа Орловского аналогичный эффект (увеличение на 40%) наблюдался только в 2011 г. Содержание магния в кожце обоих сортов в этом варианте было на уровне контроля.

При обработках сульфатом калия у сорта Имрус в 2011 г. мы наблюдали достоверное увеличение концентрации магния в мякоти плодов и достоверное снижение – в кожце (таблицы 2, 3). В год с высоким урожаем (2012) такого действия сульфата калия на плоды Имруса уже не наблюдалось. Концентрация магния в кожце и мякоти Синапа Орловского при обработках сульфатом калия существенно не изменялась.

Обработки хлористым кальцием в среднем за два года исследований способствовали накоплению магния в мякоти плодов Имруса и в кожце плодов Синапа Орловского (таблицы 2, 5).

Как в 2011, так и в 2012 г в варианте с некорневой подкормкой смесью борной кислоты и сульфата калия мы наблюдали достоверное накопление магния в плодах обоих сортов. У Имруса магний накапливался в мякоти (на 40% выше контроля), а у Синапа Орловского содержание элемента в кожце плодов превышало контроль на 25...50%.

Сочетание борной кислоты и хлористого кальция способствовало увеличению концентрации магния в мякоти плодов в отдельные годы исследования. У Имруса этот эффект отмечен только в 2011 г., у Синапа Орловского – только в 2012 г. В этом же варианте достоверно более высокий уровень магния отмечен в кожце плодов Синапа Орловского в течение двух лет исследования.

Обработки смесью хлористого кальция и сульфата калия не повлияли на содержание магния в плодах изучаемых сортов.

При некорневой подкормке, сочетающей соединения бора, калия и кальция, в 2011 г. у сорта Имрус содержание магния в мякоти плодов было на 46% выше, чем в контрольном варианте, а в кожце – на 60% выше. В последующем году такого эффекта мы не наблюдали. На содержание магния в плодах Синапа Орловского эта обработка не повлияла.

### **Заключение**

Некорневые обработки яблони соединениями бора, калия и кальция оказали достоверное влияние на накопление в плодах яблони магния, поступающего в растения из почвы. Калий, кальций и бор входят в число ключевых элементов минерального питания яблони. Дополнительное их поступление в надземные органы растения при некорневых подкормках влияет на интенсивность процессов синтеза и транспорта ассимилятов. Магний также играет значимую роль в синтетических процессах, и этим, вероятно, объясняется возрастание его концентрации в плодах при некорневом поступлении дополнительных количеств питательных элементов.

Под влиянием некорневых обработок у сорта Имрус в большей мере изменялась концентрация магния в мякоти плодов, а у Синапа Орловского – в кожце.

Единственным вариантом опыта, в котором в течение двух лет не отмечено достоверных изменений в накоплении магния плодами изучаемых сортов, была обработка смесью хлористого кальция и сульфата калия. В остальных вариантах мы наблюдали существенное изменение концентрации магния в мякоти, либо кожице хотя бы одного из сортов, хотя бы в один год исследований.

Под действием внекорневых обработок содержание магния в плодах, как правило, увеличивалось. Уменьшение содержания магния по сравнению с контролем отмечено только в кожице плодов Имруса при обработке сульфатом калия.

Наиболее стабильным в течение двух лет исследования было действие следующих вариантов:

- у сорта Имрус в мякоти плодов содержалось магния больше, чем в контроле, при обработках борной кислотой и смесью борной кислоты и сульфата калия;
- у сорта Синап Орловский увеличение концентрации магния в кожице плодов было при обработках сочетанием борной кислоты и сульфата калия, а также борной кислоты и хлористого кальция.

### Литература

1. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. – Киев: Наукова думка, 1969. – 516 с.
2. Гудковский В.А. Основные итоги исследований по разработке и освоению инновационных технологий хранения плодов / В.А.Гудковский, Л.В. Кожина, А.Е.Балакирев, Ю.Б.Назаров // Инновационные основы развития садоводства в России: сб. – Мичуринск, 2011. – С.268-291.
3. Кондаков, А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур. – Мичуринск, 2007. – 327 с.
4. Кузин, А.И. Формирование некоторых компонентов продуктивности у яблони при использовании некорневых подкормок / А.И.Кузин, Ю.В.Трунов, Н.С.Вязьмикина, А.Н.Белоусов // Научный журнал КубГАУ, [Электронный ресурс]: – 2013. – № 88 (04). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/47.pdf>.
5. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
6. Минеев В.Г. Агрохимия. – М: МГУ; «КолосС», 2004. – 720 с.
7. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г.Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.
8. Причко, Т.Г. Снижение развития горькой ямчатости на основе оптимизации минерального состава яблок / Т.Г.Причко, Л.Д.Чалая, М.В.Карпушина, Т.Л.Смелик // Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства: сб. – Краснодар, 2011. – С.321-327.
9. Трунов, Ю.В. Минеральное питание и удобрение яблони. – Мичуринск, 2010. – 400 с.
10. Трунов Ю.В. Некорневые подкормки яблони как способ оптимизации минерального питания растений / Ю.В. Трунов, О.А. Грезнев, А.И.Кузин // Инновационные основы развития садоводства в России: Сб. – Мичуринск, 2011. – С.241-246.
11. Hogue, E.G. The effect of different calcium levels on cation concentrations in leaves and fruit of apple trees./ E.G.Hogue, G.N.Nelsen, J.L.Mason, B.G.Drought // Can. J. Plant Sci. 1983, V.63, P. 473-479.
12. Neilsen, G.H. Relationships between Ca, Mg and K in soil, leaf and fruits of Okagan orchards / G.H. Neilsen, T. Edvards // Can. J. Soil Sci. 1982, V.62, P. 365-374.

13. Sergio T. de Freitas. Shading affects flesh calcium uptake and concentration, bitter pit incidence and other fruit traits in “Greensleeves” apple / Sergio T. de Freitas, Cassandro V.T. do Amarante, Abhaya M. Dandekar, Elizabeth J. Mitcham // *Scientia Horticulturae*: 2013, V. 161, P. 266-272.

14. Webster, D.H. Comparison of magnesium sulfate and Mg chelate foliar sprays; response of Mg-deficient Beautiful Arcade apple seedlings. // *Can. J. Plant Sci.* 1985, V.65, P. 131-136.

15. Webster, D.H. Effect of varied soil Ca/Mg ratios on Ca and Mg concentrations in leaf samples of two apple cultivars // *Can. J. Plant Sci.* 1985, V.65, P. 959-968.