


ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ СОРТА СИНАП ОРЛОВСКИЙ ПРИ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТКАХ СОЕДИНЕНИЯМИ КАЛЬЦИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Е.В. Леоничева , Т.А. Роева, Л.И. Леонтьева, М.Е. Столяров (аспирант), М.А. Макаркина, П.С. Прудников


ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, Россия, Орел, agro@vniispk.ru

Аннотация

В полевом опыте с яблоней сорта Синап орловский в 2015 и 2016 гг. было изучено влияние опрыскиваний хлоридом кальция, янтарной кислотой и препаратом АгровинСа (аминокислоты – 22,0%, Са – 8,0%, В – 0,6%) на показатели лёжкоспособности плодов. Исследования проводились в почвенно-климатических условиях центра Среднерусской возвышенности (Орловская область). Серая лесная среднесуглинистая почва опытного участка имела высокий уровень обеспеченности подвижным фосфором и обменными соединениями калия, кальция и магния. Опрыскивания деревьев проводили еженедельно в течение 5 недель до уборки урожая. Все обработки, производили сходный эффект: способствовали росту содержания калия и магния в тканях плодов, в то время как содержание кальция – уменьшалось. Показана ключевая роль метеоусловий в формировании элементного состава плодов. В засушливом 2015 г. на контроле доля плодов с горькой ямчатостью при съёме была 23%. Опрыскивания СаCl₂ (1%), янтарной кислотой (0,05%) и сочетанием этих веществ снизили количество плодов с горькой ямчатостью соответственно до 7%, 12,9% и 0,7%. После 140 дней хранения на контроле было 26,3% случаев горькой ямчатости, при обработке СаCl₂ (1%) – 27,8%, при опрыскивании янтарной кислотой (0,05%) – 7,6%, СаCl₂ (1%) + янтарная кислота (0,05%) – 6,0%. В благоприятном по гидротермическим условиям 2016 г. обработки оказывали значимое влияние на накопление калия, кальция и магния в тканях плодов, но симптомов горькой ямчатости после 200 дней хранения не наблюдалось.

Ключевые слова: яблоня, минеральное питание, некорневые подкормки, горькая ямчатость, кальций, магний, калий

MINERAL COMPOSITION OF 'SINAP ORLOVSKIY' APPLE FRUITS AS AFFECTED BY FOLIAR TREATMENTS WITH CALCIUM CHLORIDE AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

E.V. Leonicheva , T.A. Roeva, L.I. Leontieva, M.E. Stolyarov (post graduate), M.A. Makarkina, P.S. Prudnikov

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

Abstract

In the field experiment with the Sinap Orlovsky apple variety in 2015 and 2016 the effect of spraying with calcium chloride, succinic acid and AgrovinCa drug

(aminoacids – 22.0%, Ca – 8.0%, B – 0.6%) on the indications of fruit storeability was studied. The experiment was conducted in pedoclimatic conditions of forest-steppe of the Central Russian Upland (Orel region). The experimental orchard is on loamy grey forest soil with high phosphorus, potassium, calcium and magnesium content. The sprayings of the trees were made weekly during 5 weeks before harvesting. All the treatments produced a similar effect: contributed to the increase in the content of potassium and magnesium in fruit tissues, while the calcium content decreased. The key role of meteorological conditions in the formation of the elemental composition of the fruit was shown. In droughty 2015, the proportion of fruit with bitter pit in the control variety was 23% at harvesting. The treatments with CaCl_2 (1%), succinic acid (0.05%) and a combination of these substances reduced the number of fruits with bitter pit to 7%, 12.9% and 0.7%, respectively. After 140 days of storage there were 26.3% of bitter pit damages on the control fruits; 27.8% when treated with CaCl_2 (1%); 7.6% when treated with succinic acid (0.05%) and 6.0% when treated with CaCl_2 (1%) + succinic acid (0.05%). In 2016, the favorable year under hydrothermal conditions, the treatments had a significant effect on the accumulation of potassium, calcium and magnesium in the tissues of the fruit, but symptoms of bitter pit were not observed after 200 days of storage.

Key words: *Malus domestica*, mineral nutrition, foliar fertilization, bitter pit, calcium, magnesium, potassium

Введение

Управление кальциевым питанием яблони является важным элементом технологии выращивания этой культуры, поскольку с концентрацией кальция в плодах яблони связан ряд качественных показателей, таких как лёжкоспособность, твёрдость мякоти, выход сока и др. [2, 17, 21]. С недостаточным содержанием кальция в плодах связывают развитие физиологического заболевания – горькой ямчатости, которое может появляться у плодов уже на дереве, либо развиваться во время хранения [2, 14]. У сортов, чувствительных к горькой ямчатости, в процессе хранения может поражаться до 80% плодов [21, 24], что является причиной значительных убытков производителей плодовой продукции.

Концентрация кальция в плодах не является единственным критерием предрасположенности плодов к развитию горькой ямчатости. Значительную роль играет сбалансированность минерального состава плодов, особенно в отношении калия и магния. Показано, что риск развития этого заболевания связан с соотношениями Ca/Mg , K/Ca и $(\text{K+Mg})/\text{Ca}$ [2, 15, 22, 23, 27]. Известно о существенном влиянии на проявление симптомов горькой ямчатости таких факторов как особенности сортов и подвоев, соотношение вегетативного и генеративного роста деревьев, урожайность и гидротермические условия периодов вегетации [14, 22, 25].

Наиболее широко рекомендуемый способ снижения проявлений горькой ямчатости – опрыскивание деревьев препаратами кальция с целью быстрого повышения концентрации элемента в тканях плодов. Для этой цели предлагается обширный набор кальцийсодержащих соединений простого и сложного состава. Наиболее часто для обработок рекомендуют использовать хлорид кальция (CaCl_2) и кальциевую селитру ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), при использовании которых возможны ожоги листьев и коррозия

опрыскивателей. Для избежания этого негативного эффекта можно применять кальций в хелатной форме, например, в виде ЭДТА комплекса [19] или в соединении с другими сложными органическими молекулами [4, 15, 21]. Нередко кальций входит в состав комплексных препаратов, содержащих наряду с минеральными компонентами различные биологически активные вещества (аминокислоты, фитогормоны, гуматы и пр.) [1, 15], которые должны оптимизировать обменные процессы и стрессоустойчивость растений. Такие агрохимикаты появились на рынке относительно недавно, и их действие пока недостаточно изучено.

Параллельно с поиском агротехнических способов улучшения минерального состава плодов, развивается предварительная диагностика элементного состава яблок с целью оценки потенциального риска проявления симптомов горькой ямчатости в процессе хранения [16, 20, 22, 23, 24]. При разработке методов ранней диагностики внимание уделяется: срокам отбора плодов [16] и определению наиболее точных параметров минерального состава для конкретных сортов [13, 16, 21]. Также исследователи пытаются определить, анализ элементного состава каких тканей, либо частей плода является наиболее информативным [16, 20, 27].

Целью данного исследования было оценить влияние некорневых обработок яблони соединениями кальция и биологически активными веществами на элементный состав плодов сорта Синап орловский и показатели потенциального риска их поражения горькой ямчатостью.

Объекты и методы исследования

Полевые опыты проводили в 2015 и 2016 гг. в садовом массиве ФГБНУ ВНИИСПК с деревьями яблони сорта Синап орловский 1979 и 1987 года посадки. Данный сорт имеет широкое распространение в средней зоне садоводства России и относится к числу сортов, плоды которых могут повреждаться горькой ямчатостью [10].

Серые лесные почвы садового массива ФГБНУ ВНИИСПК имеют среднесуглинистый гранулометрический состав, содержание гумуса 3,5...4,5%, отличаются высоким содержанием подвижных фосфатов, содержание обменного калия варьирует от среднего до высокого уровня [5, 6]. Подстилающей породой являются доломитовые известняки. Благодаря их близкому залеганию, профиль почвы насыщен обменными соединениями кальция и магния, а кислотность почвы снижается с глубиной [6].

В течение 5 недель до уборки урожая еженедельно проводили обработку деревьев по следующим схемам:

2015 г.

1. Обработки водой;
2. CaCl_2 – 1%;
3. Янтарная кислота (ЯК) – 0,05%;
4. CaCl_2 (1%) + ЯК (0,05%).

2016 г.

1. Контроль – без обработок;
2. Обработки водой;
3. CaCl_2 – 1%;
4. ЯК – 0,05%;
5. CaCl_2 (1%) + ЯК (0,05%);
6. АгровинСа – водорастворимое удобрение с кальцием в аминокхелатной форме и комплексом аминокислот растительного происхождения.

Янтарная кислота была включена в схемы наших опытов в качестве биологически активного компонента, применяемого в течение десятилетий в составе стресспротекторных смесей [9]. Для этого вещества установлено положительное действие на водный режим, что особенно важно в свете известной связи процессов водного обмена в растении с транспортом кальция из корней в надземные органы [9].

Полиэлементный препарат АгровинСа имеет следующий состав: аминокислоты – 22,0%, Са – 8,0%, В – 0,6% [1].

Помимо опрыскиваний соединениями кальция и биологически активными веществами агротехника в опытных насаждениях была общепринятой для культуры, система содержания почвы – залужение.

В 2015 г. для анализа брали плоды съёмной зрелости, кроме того при уборке урожая оценивали товарные качества плодов и закладывали их на хранение при температуре +2°C и влажности 85%.

В 2016 г. плоды для анализа отбирались дважды в течение периода вегетации: за 15 дней до съёма и при уборке урожая. Содержание калия, кальция и магния – минеральных элементов, количество и соотношение которых связаны с потенциальной лёжкоспособностью, определяли отдельно в кожце плодов, в семенах, а также в периферическом слое мякоти (Мякоть 1) и внутренней части мякоти (Мякоть 2).

Содержание кальция и магния в плодах определялось трилонометрическим методом [12] после сухого озоления и растворения золы в 20% HCl. Содержание калия – на пламенном фотометре [12]. Математическая обработка результатов проводилась методом дисперсионного анализа [3].

Результаты

В ряде исследований показано, что элементный состав плодов яблони в сильной мере определяется метеоусловиями периода вегетации [7, 8, 17, 18]. Вегетационные периоды 2015 и 2016 гг. отличались прежде всего по условиям увлажнения (таблица 1). Весенне-летний период 2015 г. был преимущественно засушливым – только в июле сумма осадков приблизилась к среднемноголетним показателям, а остальные месяцы, особенно август, характеризовались недостаточным увлажнением. 2016 г., напротив, осадки выпадали достаточно равномерно, в результате чего влажность верхнего слоя почвы в течение всего весенне-летнего периода держалась на благоприятном уровне 16...21%.

Таблица 1 – Метеоусловия периодов вегетации 2015, 2016 гг.

Показатели	2015 год				2016 год			
	май	июнь	июль	август	май	июнь	июль	август
Средняя t воздуха, °C	15,3	16,8	18,3	17,3	13,1	17,4	20,3	18,0
Среднемноголетняя t воздуха, °C	13,0	16,9	18,5	17,1	13,0	16,9	18,5	17,1
Сумма осадков, мм	24,8	29,2	71,3	1,7	46,5	46,5	66,5	64,5
Среднемноголетняя сумма осадков, мм	36,4	65,1	88,0	65,7	36,4	65,1	88,0	65,7

Требования к минеральному составу плодов яблони в настоящее время разработаны фрагментарно, преимущественно в связи с оценкой потенциальной лёжкоспособности. Наиболее известным критерием риска развития горькой ямчатости является содержание кальция в плодах. По мнению многих исследователей, яблоки должны содержать не менее 5 мг кальция на 100 г сырой массы [2, 13, 22]. Оптимальный уровень калия и магния определён только для сортов, выращиваемых на юге России. На стадии съёмной зрелости плоды южных сортов, в зависимости от сортовых особенностей, должны содержать 90...130 мг калия, 5...8 мг магния, 8...14 мг кальция на 100 г сырой массы [11, 13, 16].

Детальные требования к минеральному составу плодов, выращиваемых в средней зоне садоводства России, в настоящее время не установлены.

По сравнению с указанными выше оптимальными параметрами минерального состава плоды сорта Синап орловский урожая 2015 г. содержали значительно больше калия и кальция, а содержание магния в большинстве вариантов было ниже оптимума (таблица 2). Все обработки способствовали возрастанию концентрации калия в плодах (на 10...70% по сравнению с контролем). В вариантах с янтарной кислотой уровень кальция уменьшился на 25...30%, а содержание магния – возросло в 1,5...3 раза.

Таблица 2 – Элементный состав плодов сорта Синап орловский урожая 2015 г. при съёме

Вариант	Содержание, мг/100 г сырой массы			Ca/Mg	(K+Mg)/Ca
	K	Ca	Mg		
Контроль	119,34	20,48	2,11	9,71	5,93
CaCl ₂ - 1%	144,18	19,2	2,5	7,68	7,64
ЯК – 0,05%	130,14	15,36	6,14	2,50	8,87
CaCl ₂ (1%) + ЯК (0,05%)	206,55	14,4	3,65	3,94	14,60

Оптимальные значения для отношения концентраций Ca/Mg находятся в пределах $1 \leq Ca/Mg \leq 2$ [2, 13]. По мнению В.А. Гудковского [2], соотношение между суммой калия и магния и содержанием кальция в плодах не должно превышать 25. Т.Г. Причко и соавторы считают, что оптимальная величина этого соотношения в здоровых плодах сортов, выращиваемых на юге России, находится в пределах $11 \leq (K+Mg)/Ca \leq 15$, при этом величина оптимума у разных сортов неодинакова [13].

Соотношение Ca/Mg в 2015 г. было близким к оптимальным пределам только у плодов, обработанных янтарной кислотой (таблица 2). Наиболее близкое к оптимальному уровню значение критерия (K+Mg)/Ca отмечено в варианте CaCl₂ (1%) + ЯК (0,05%). В этом же варианте была наименьшая доля плодов с горькой ямчатостью, как на момент съёма, так и после 193 суток хранения (таблицы 3 и 4). Таким образом, критерии элементного состава, разработанные для южных сортов яблони, могут быть использованы для определения предрасположенности плодов Синапа орловского к развитию горькой ямчатости.

Таблица 3 – Товарные качества плодов сорта Синап орловский урожая 2015 г. при съёме

Вариант	Высший сорт, %	1 сорт, %	2 сорт, %		3 сорт, %		Горькая ямчатость, всего, %
			всего	В т.ч. горькая ямчатость	всего	В т.ч. горькая ямчатость	
Контроль	32,5	41,0	20,0	17,8	6,5	5,7	23,5
CaCl ₂ - 1%	36,6	42,9	18,2	7,0	2,3	0	7,0
ЯК – 0,05%	32,7	42,2	19,0	11,6	6,1	1,2	12,8
CaCl ₂ (1%) + ЯК (0,05%)	41,2	44,3	14,0	0,9	0,5	0	0,9

Таблица 4 – Товарные качества плодов сорта Синап орловский урожая 2015 г. после 193 суток хранения

Вариант	% товарных (здоровых) плодов	Отходы, %			
		Всего	Горькая ямчатость	Загар	Перезревание
Контроль	29,5	70,5	26,3	40,3	3,9
CaCl ₂ - 1%	43,9	56,1	27,8	27,6	0,7
ЯК – 0,05%	64,0	36,0	7,6	25,7	2,7
CaCl ₂ (1%) + ЯК (0,05%)	61,8	38,2	6,0	29,0	2,6

В 2016 г. к схеме опыта были добавлены два новых варианта: опрыскивание комплексным кальцийсодержащим препаратом АгровинСа и вариант, где плоды вообще не подвергались обработкам. Последний вариант был добавлен в связи с известными особенностями поступления и транспорта кальция в растениях. Поскольку кальций поступает через корни пассивным путём и далее транспортируется по сосудам ксилемы [22, 26], все факторы, влияющие на водный обмен в растениях, включая простое опрыскивание водой, оказывают влияние и на процессы транспорта кальция в надземные органы.

Результаты исследований, проведённых в 2016 г., подтвердили ключевую роль метеоусловий в формировании элементного состава плодов. В год, благоприятный по показателям температуры и увлажнения, плоды на момент съёма не имели признаков горькой ямчатости, и в дальнейшем в течение 214 суток хранения признаков заболевания не наблюдалось.

Исследователи отмечают снижение концентрации элементов минерального питания в яблоках в процессе их роста [15], связывая это с накоплением в плодах органических веществ. В наших исследованиях в последние недели роста плодов наблюдалось как уменьшение, так и увеличение концентрации отдельных элементов. Например, в необработанных плодах в течение 15 дней перед уборкой произошло увеличение концентрации калия во внутренней части мякоти и в семенах, также в семенах за 15 дней возросло содержание кальция, а содержание его в мякоти достоверно уменьшилось. В кожице необработанных плодов за этот период увеличился уровень магния (таблицы 5...7).

Таблица 5 – Содержание калия в тканях плодов яблони сорта Синап орловский при обработке хлористым кальцием и биологически активными веществами, 2016 г., мг/100 г сырой массы

Фактор А (срок отбора проб)	Фактор В (обработки)						Средние А
	Без обработок (контроль)	Вода	CaCl ₂	Янтарная кислота	CaCl ₂ + янтарная кислота	Агровин Са	
Кожица							
За 15 дней до съёма	195,07	201,69	235,57*	206,41	229,36	207,76	212,65
Съём	199,11	177,39	214,92	187,92	244,75*	243,81*	211,32
Средние В	197,09	189,54	225,25*	197,17	237,06*	225,79*	
НСР ₀₅ А = 15,49 НСР ₀₅ В = 26,63 НСР ₀₅ АВ = 37,94							
Мякоть 1 (периферическая)							
За 15 дней до съёма	87,48	90,18	112,86*	100,71*	102,19*	100,17*	98,93
Съём	95,04	72,09*	86,94	84,10	92,88	95,31	87,73
Средние В	91,26	81,13	99,90*	92,41	97,54	97,74	
НСР ₀₅ А = 4,49 НСР ₀₅ В = 7,79 НСР ₀₅ АВ = 11,01							
Мякоть 2 (внутренняя)							
За 15 дней до съёма	100,98	135,94*	147,42*	149,04*	144,45*	127,57*	134,23
Съём	121,63	118,53	140,67*	135,13	152,68*	151,87*	136,75
Средние В	111,31	127,24*	144,04*	142,09*	148,57*	139,72*	
НСР ₀₅ А = 7,43 НСР ₀₅ В = 12,86 НСР ₀₅ АВ = 18,19							
Семена							
За 15 дней до съёма	449,28	463,62	469,85	463,76	443,02	424,75	452,38
Съём	514,52	450,15*	496,26	445,45*	493,14	467,67	477,87
Средние В	481,90	456,89	483,05	454,61	468,08	446,21	
НСР ₀₅ А = 24,16 НСР ₀₅ В = 41,84 НСР ₀₅ АВ = 59,17							

* - различия с контролем достоверны при уровне значимости 5%

Все проведённые обработки оказали влияние на динамику хотя бы одного из изучаемых элементов в тканях плодов. Так при опрыскивании водой и янтарной кислотой к моменту

съёма плодов наблюдалось уменьшение уровня калия в обоих слоях мякоти, а при обработке CaCl_2 – концентрация калия снизилась только в её периферической части. При опрыскивании препаратом АгровинСа – напротив – в кожце и внутреннем слое мякоти концентрация калия за 15 дней увеличилась (таблица 5).

Как и на контроле, при опрыскивании плодов водой, янтарной кислотой и хлористым кальцием имело место уменьшение содержания кальция в обоих слоях мякоти. В этих же вариантах, в отличие от контроля уменьшился уровень кальция в кожце плодов (Таблица 6). В плодах, обработанных препаратом АгровинСа и смесью $\text{CaCl}_2(1\%) + \text{ЯК}(0,05\%)$, концентрация кальция в мякоти и кожце плодов в течение 15 дней перед уборкой держалась на стабильном уровне при одновременном возрастании содержания элемента в семенах.

Таблица 6 – Содержание кальция в тканях плодов яблони сорта Синап орловский при обработке хлористым кальцием и биологически активными веществами, 2016 г., мг/100 г сырой массы

Фактор А (срок отбора проб)	Фактор В (обработки)						Средние А
	Без обработок (контроль)	Вода	CaCl_2	Янтарная кислота	CaCl_2+ янтарная кислота	Агровин Са	
Кожца							
За 15 дней до съёма	25,38	25,92	26,88	27,00	23,36	20,48*	24,84
Съём	24,08	15,84*	20,24	18,08*	20,80	23,36	20,40
Средние В	24,73	20,88*	23,56	22,54	22,08	21,92	
НСР ₀₅ А = 1,69 НСР ₀₅ В = 2,93 НСР ₀₅ АВ = 4,14							
Мякоть 1 (периферическая)							
За 15 дней до съёма	10,40	9,36	10,56	9,04*	7,72*	7,92*	9,17
Съём	9,12	8,08	7,04*	7,20*	8,64	8,40	8,08
Средние В	9,76	8,72*	8,80*	8,12*	8,18*	8,16*	
НСР ₀₅ А = 0,45 НСР ₀₅ В = 0,78 НСР ₀₅ АВ = 1,11							
Мякоть 2 (внутренняя)							
За 15 дней до съёма	11,52	11,92	11,76	11,44	9,68*	9,92*	11,04
Съём	9,63	9,84	8,48	7,92*	9,76	9,60	9,24
Средние В	10,67	10,88	10,12	9,68*	9,72*	9,76	
НСР ₀₅ А = 0,50 НСР ₀₅ В = 0,86 НСР ₀₅ АВ = 1,21							
Семена							
За 15 дней до съёма	233,39	242,06	231,27	196,41	172,20*	206,58	213,65
Съём	301,38	249,40	231,98*	217,51*	228,56*	269,50	249,72
Средние В	267,38	245,73	231,63	206,96*	200,38*	238,04	
НСР ₀₅ А = 21,38 НСР ₀₅ В = 37,03 НСР ₀₅ АВ = 52,36							

* - различия с контролем достоверны при уровне значимости 5%

Динамика концентрации магния в тканях плодов яблони отличалась от контрольного варианта при обработках CaCl_2 , янтарной кислотой и сочетанием этих веществ (таблица 7). При опрыскивании CaCl_2 отмечено возрастание уровня магния в периферическом слое мякоти. У плодов, опрысканных янтарной кислотой, за 15 дней достоверно уменьшилась концентрация магния во внутренней части мякоти. При использовании сочетания $\text{CaCl}_2(1\%) + \text{ЯК}(0,05\%)$ концентрация магния, как в наружном, так и во внутреннем слое мякоти в течение 15 дней уменьшилась в 2 раза.

Неодинаковый характер динамики калия, кальция и магния в тканях плодов (увеличение содержания одних при одновременном снижении уровня других) показывает, что нельзя считать причиной изменения концентрации минеральных элементов только рост плода и накопление в тканях продуктов ассимиляции (так называемое «ростовое разбавление»).

Наблюдаемые изменения содержания элементов в различных частях плода свидетельствуют о влиянии некорневых обработок на биохимические процессы и транспорт элементов внутри растения.

Таблица 7 – Содержание магния в тканях плодов яблони сорта Синап орловский при обработке хлористым кальцием и биологически активными веществами, 2016 г., мг/100 г сырой массы

Фактор А (срок отбора проб)	Фактор В (обработки)						Средние А
	Без обработок (контроль)	Вода	CaCl ₂	Янтарная кислота	CaCl ₂ + янтарная кислота	Агровин Са	
Кожица							
За 15 дней до съёма	16,85	15,84	13,24	12,70*	16,46	15,98	15,18
Съём	10,61	9,55	13,49	10,13	13,10	11,86	11,46
Средние В	13,73	12,70	13,36	11,41	14,78	13,92	
НСР ₀₅ А = 1,38 НСР ₀₅ В = 2,40 НСР ₀₅ АВ = 3,39							
Мякоть 1 (периферическая)							
За 15 дней до съёма	1,54	2,59*	2,02	3,55*	7,15*	3,31*	3,36
Съём	2,11	1,73	4,03*	3,31*	3,26*	2,54	2,83
Средние В	1,82	2,16	3,02*	3,43*	5,21*	2,93*	
НСР ₀₅ А = 0,37 НСР ₀₅ В = 0,65 НСР ₀₅ АВ = 0,91							
Мякоть 2 (внутренняя)							
За 15 дней до съёма	2,50	2,54	2,45	6,24*	6,24*	3,70*	3,94
Съём	1,70	1,73	3,17*	3,84*	3,22*	3,21*	2,81
Средние В	2,09	2,14	2,81	5,04*	4,73*	3,46*	
НСР ₀₅ А = 0,47 НСР ₀₅ В = 0,81 НСР ₀₅ АВ = 1,15							
Семена							
За 15 дней до съёма	111,40	129,91	117,21	120,56	131,97	120,42	121,91
Съём	114,16	116,76	138,77	133,03	151,39	112,32	127,74
Средние В	112,79	123,33	127,99	126,80	141,68*	116,37	
НСР ₀₅ А = 16,42 НСР ₀₅ В = 28,44 НСР ₀₅ АВ = 40,22							

* - различия с контролем достоверны при уровне значимости 5%

Несмотря на разнообразие химического состава препаратов, использованных для некорневых обработок, и наблюдавшееся в ходе опыта разнообразие в процессах перераспределения изучаемых элементов между тканями плода, в 2016 г. отмечено значительное сходство в конечном эффекте, производимом всеми изучавшимися обработками (таблицы 5...7), а именно:

- содержание калия в тканях плодов под влиянием опрыскиваний только возросло;
- содержание кальция – уменьшалось;
- содержание магния – увеличивалось.

Увеличение концентрации калия и снижение концентрации кальция в плодах в 2016 г. согласуются с результатами предшествующего года исследований. Возрастание уровня магния в плодах Синапа орловского при некорневых подкормках удобрениями, не содержащими этот элемент, было показано нами ранее [7].

Изменения концентрации калия, кальция и магния в различных частях плода при опрыскивании соединениями кальция и биологически активными веществами отразились в изменении показателей потенциальной лёжкоспособности яблок – соотношений Ca/Mg, (K+Mg)/Ca и K/Ca (рисунок 1). Для последнего соотношения Т.Г. Причко и соавторы предложили критерии оптимального содержания в кожуре яблок: для плодов не подверженных горькой ямчатости соотношение K/Ca в кожуре должно находиться в пределах 10,2...13,0 [16].

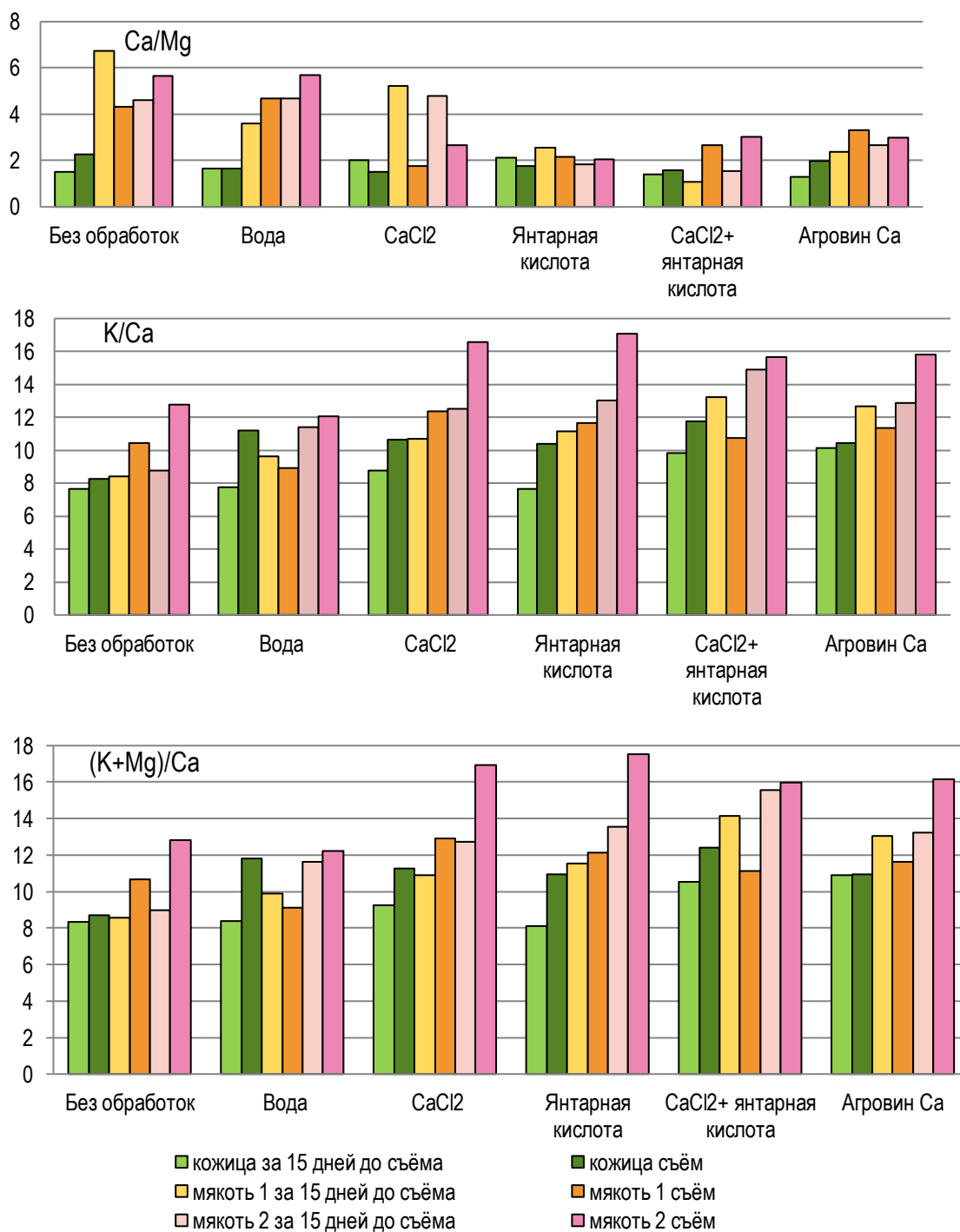


Рисунок 1 – Влияние некорневых обработок хлористым кальцием и биологически активными веществами на показатели потенциальной лёжкоспособности плодов яблони сорта Синап орловский

Несмотря на снижение уровня кальция под влиянием опрыскиваний и возрастание содержания магния в тканях плодов, оптимальное соотношение Ca/Mg на момент съёма ($1 \leq Ca/Mg \leq 2$) наблюдалось у плодов, обработанных CaCl₂, янтарной кислотой и сочетанием этих веществ. Одновременно в этих вариантах наблюдался рост соотношений (K+Mg)/Ca во всех слоях мякоти.

Во всех вариантах опыта к моменту съёма значение показателя (K+Mg)/Ca в периферической части мякоти было в пределах 11...15. Во внутреннем слое мякоти оптимальные значения этого соотношения были только на контроле и у плодов, опрыскиваемых водой, а в остальных вариантах оптимальные показатели были превышены.

На момент съёма только у необработанных плодов соотношение K/Ca в кожице было ниже 10. Во всех остальных вариантах, включая обработки водой, соотношение K/Ca соответствовало оптимальным параметрам, предлагаемым для южных сортов.

Результаты хранения плодов 2016 г. – отсутствие горькой ямчатости в течение 214 суток хранения – показали применимость для Синапа орловского критериев элементного состава, разработанных для сортов Юга России.

Выводы

Обработки деревьев яблони сорта Синап орловский хлористым кальцием, янтарной кислотой, полиэлементным коммерческим препаратом АгровинСа, а также опрыскивания водой оказывали влияние на динамику концентрации калия, кальция и магния в тканях плодов. Все обработки, несмотря на разнообразие химического состава оказывали сходный эффект: способствовали росту содержания калия и магния в тканях плодов, в то время как содержание кальция – уменьшалось.

Плоды Синапа орловского, проявившие в 2015 и 2016 гг. хорошую лёжкоспособность, имели соотношение концентраций минеральных элементов в плодах, соответствующее рекомендуемым для сортов Юга России оптимальным параметрам элементного состава плодов: $1 \leq Ca/Mg \leq 2$, $11 \leq (K+Mg)/Ca \leq 15$, $10,2 \leq K/Ca \leq 13,0$.

Литература

1. АгровинСа. URL: agroserver.ru/b/agrovin-ca-kaltsiy-dlya-ovoshhnykh-kultur-i-kartofelya-3-g-809162.htm
2. Гудковский В.А. Система сокращения потерь и сохранения качества плодов яблони, груши и винограда при хранении: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Мичуринск, 1990.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Кальбит С. URL: <https://www.valagro.com/ru/farm/produkcii/mikronutrienty/calbit-c/>
5. Кузнецов М.Н., Леоничева Е.В., Уколова Т.П., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Ветрова О.А. Влияние цеолита на агроэкологические свойства серой лесной почвы ягодного агроценоза // В сб.: Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России: материалы международной науч.-метод. конф. – Орёл: ВНИИСПК, 2008. С. 151–157.
6. Кузнецов М.Н., Леоничева Е.В., Роева Т.А., Мотылёва С.М., Малявко Г.П., Сычёв С.М. Содержание подвижных форм тяжёлых металлов в почве садовых агроценозов юга Нечерноземья // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2012. № 1. С.24–33. URL: journal.vniispk.ru/pdf/2012/1/5.pdf
7. Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Ветрова О.А. Накопление магния в плодах яблони при некорневых подкормках // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2014. №2. С. 76–83. URL: journal.vniispk.ru/pdf/2014/2/27.pdf
8. Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Ветрова О.А. Сортвые особенности калийного питания яблони при некорневых подкормках // Садоводство и виноградарство. 2015. № 5. С.35–41.

9. Луговая А.А., Карпец Ю.В., Обозный А.И. Стресспротекторное действие жасмоновой и янтарной кислот на растения ячменя в условиях почвенной засухи // *Агрохимия*. 2014. №4, С. 48–55.
10. Помология. В 5 т. Т. 1: Яблоня / под ред. Седова Е.Н. – Орел: ВНИИСПК, 2005. 576 с.
11. Попова В.П. Высокоточная технология производства плодов яблони в условиях юга России // *Садоводство и виноградарство*. 2011. № 4. С.43–48.
12. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева, – М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
13. Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Карпушина М.В., Смелик Т.Л. Снижение развития горькой ямчатости на основе оптимизации минерального состава яблок // *Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства*. – Краснодар, 2011. С.321–327.
14. Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Смелик Т.Л. Влияние особенностей анатомического строения яблок на устойчивость к развитию заболевания горькой ямчатости // *Новые технологии*, 2015. № 1. С.129–136.
15. Причко Т.Г., Смелик Т.Л. Оценка эффективности новых кальцийсодержащих препаратов в борьбе с горькой ямчатостью плодов яблони // *Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2015. Т. 7. С. 143–146.
16. Причко Т.Г., Германова М.Г., Дрофичева Н.В. Способ ранней диагностики и определения предрасположенности плодов яблони к горькой ямчатости при хранении // Патент на изобретение RUS 2587573 11.03.2015
17. Сидорова И.А., Салина Е.С., Левгерова Н.С. Содержание кальция в плодах различных сортов яблони как технологический показатель сырья для переработки // *Современное садоводство – Contemporary horticulture*. 2016. №3. С.27–32. URL: journal.vniispk.ru/pdf/2016/3/34.pdf.
18. Столяров М.Е. Влияние некорневых подкормок на накопление калия и кальция в плодах яблони // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2017. № 48(06), С. 126–134. URL: journal.kubansad.ru/pdf/17/06/14.pdf
19. Хелатные удобрения. URL: buyskie.ru/fertilizer/helatem/
20. Amarante C.V.T., Silveira J.P.G., Steffens C.A., Paes F.N., Argenta L.C. Tissue sampling method and mineral attributes to predict bitter pit occurrence in apple fruit: a multivariate approach // *Acta Horticulturae*. 2013. 1012 PP. 1133–1139. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.1012.153
21. Biggs A.R., Peck G.M. Managing bitter pit in Honeycrisp apples grown in Mid-Atlantic United States with foliar-applied calcium chloride and some alternatives // *HortTechnology*. 2015. V.25(3). P.385–391. URL: horttech.ashspublications.org/content/25/3.toc
22. Jemric T., Fruk I., Fruk M., Radman S., Sinkovic L., Fruk G. Bitter pit: pre- and postharvest factors: A review // *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol.14, N 4. 1–12. DOI: 10.5424/sjar/2016144-8491
23. Moggia C., Yuri J.A., Pereira M. Mineral content of different apple cultivars in relation to fruit quality during storage // *Acta Horticulturae*. 2006. N 721. P. 265–272 DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.721.36
24. Porro D., Ceschini A., Pantezzi T. The importance of advisory service in predicting bitter pit using early-season analysis // *Acta Horticulturae*. 2006. N 721. P. 273–278. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.721.37

25. Watkins C., Schupp J., Rosenberger D. Calcium nutrition and control of calcium-related disorders // *New York Fruit Quarterly*. 2004. Vol.12, N 2. P. 15–21. URL: nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/Calcium-Nutrition-and-Control-of-Calcium-related-Disorders.pdf
26. White P.J., Broadley M.R. Calcium in Plants // *Annals of Botany*. 2003. Vol.92. P. 487–511. DOI: 10.1093/aob/mcg164.
27. Webster D.H. Mineral composition of apple fruits. Relationships between and within peel, cortex and whole fruit samples // *Canadian Journal of Plant Science*. 1981. Vol.61. P. 73–85. DOI: 10.4141/cjps81-010

References

1. AgrovinCa. Retrieved from: <https://agroservers.ru/b/agrovin-ca-kaltsiy-dlya-ovoshhnykh-kultur-i-kartofelya-3-g-809162.htm>. (In Russian).
2. Gudkovski, V.A. (1990). *The system of losses reduction and preservation of apple, pear and grapevine fruits quality at storage. (Agri. Sci. Doc. Thesis)*. Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia. (In Russian)
3. Dospheov, B.A. (1985): *Field experiment method (with statistic processing of investigation results)*. Moscow, Agropromizdat. (In Russian).
4. CalbitC. Retrieved from: <https://www.valagro.com/ru/farm/produkcii/mikronutrienty/calbit-c> (In Russian).
5. Kuznetsov, M.N., Leonicheva, E.V., Ukolova T.P., Roeva, T.A., Leonteva, L.I. & Vetrova, O.A. (2008). The impact of zeolite on agroecological conditions of grey forest soil at berry crops growing. In *Problems of horticultural ecology and cultivar adaptivity in modern horticulture of Russia: Proc. Sci. Conf.* (pp. 151–157) Orel: VNIISPK (In Russian, English abstract).
6. Kuznetsov, M.N., Leonicheva E.V., Roeva, T.A., Motyleva, S.M., Malyavko, G.P. & Sichev, S.M. (2012). Accumulation of heavy metal mobile compounds in orchard soils from the southern area of Non-chernozem zone. *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 1. Retrieved from: journal.vniispk.ru/pdf/2012/1/5.pdf. (In Russian, English abstract).
7. Leonicheva, E.V., Roeva, T.A., Leonteva, L.I. & Vetrova, O.A. (2014). Magnesium accumulation apple fruit as a result of foliar spray application. *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 2, 76–83. Retrieved from: journal.vniispk.ru/pdf/2014/2/27.pdf. (In Russian, English abstract).
8. Leonicheva, E.V., Roeva, T.A., Leonteva, L.I. & Vetrova, O.A. (2015). Varietal features of potassium nutrition of apple under foliar fertilization. *Horticulture and viticulture*, 5, 35–41. (In Russian, English abstract).
9. Lugovaya, A.A., Karpets, Yu.V., Oboznyi, A.I. & Kolupaev, Yu.E. (2014). Stress-Protective Effect of Jasmonic and Succinic Acids on Barley Plants under Soil Drought Conditions. *Agricultural Chemistry*, 4, 48–55. (In Russian, English abstract).
10. Sedov, E.N. (Ed.). (2007). *Pomology: Apple*. (Vol. 1). Orel: VNIISPK. (In Russian).
11. Popova, V.P. (2011). Precision technology of apple-tree fruits growing in conditions of South of Russia. *Horticulture and viticulture*, 4, 43–48. (In Russian, English abstract).
12. Mineev, V.G. (Ed.) (1989). *Practice work on agrochemistry*. Moscow: MGU. (In Russian).
13. Prichko, T.G., Chalaya, L.D., Karpushina, M.V. & Smelik, T.L. (2015). Reduction of bitter pit incidence through improvement of apple mineral composition. In *Fundamental and applied projects, which form the contemporary image of horticulture and viticulture. Proc. Sci. Conf.* (pp. 321–328). (In Russian).
14. Prichko, T.G., Chalaya, L.D. & Smelik, T.L. (2015). Influence of features of anatomical structure of apples on the resistance to bitter pit disease. *New technologies*, 1, 129–136. (In Russian, English abstract).

15. Prichko, T.G. & Smelik, T.L. (2015). Assessment of efficiency of new preparations contained calcium in the fight against of apple bitter pits. *Scientific publications of FSBSO NCRRIH&V*, 7, 143-146. (In Russian, English abstract).
16. Prichko, T.G., Germanova M.G. & Droficheva, N.V. (2015). *Russian Federation Patent No 2593347. Method for early detection and determination of predisposition of apple-tree fruits to bitter pitting during storage*. Moscow: Federal Institute of Industrial Property. (In Russian).
17. Sidorova, I.A., Salina, E.S. & Levgerova, N.S. (2016). Calcium content in fruit of different apple varieties as a technological index of raw material for processing. *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 3, 27–32. Available at: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2016/3/34.pdf> (In Russian, English abstract).
18. Stolyarov, M.E. (2017): Influence of top dressing on accumulation of potassium and calcium in the apple fruits. *Fruit growing and viticulture of South Russia*, 48(6), 126–134. Retrieved from: <http://journalkubansad.ru/pdf/17/06/14.pdf> (In Russian, English abstract).
19. Chelate fertilizers. Retrieved from: <https://buyskie.ru/fertilizer/helate>
20. Amarante, C.V.T., Silveira, J.P.G., Steffens, C.A., Paes, F.N. & Argenta, L.C. (2013). Tissue sampling method and mineral attributes to predict bitter pit occurrence in apple fruit: a multivariate approach. *Acta Horticulturae*, 1012, 1133–1139 DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.1012.153
21. Biggs, A.R., & Peck, G.M. (2015). Managing Bitter Pit in 'Honeycrisp' Apples Grown in the Mid-Atlantic United States with Foliar-applied Calcium Chloride and Some Alternatives. *HortTechnology*, 25(3), 385–391.
22. Jemric, T., Fruk, I., Fruk, M., Radman, S., Sinkovic, L., & Fruk, G. (2016). Bitter pit in apples: pre-and postharvest factors: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(4), 1–12. DOI: 10.5424/sjar/2016144-8491.
23. Moggia, C., Yuri, J.A. & Pereira, M. (2006): Mineral content of different apple cultivars in relation to fruit quality during storage. *Acta Horticulturae*, 721, 265–272. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.721.36
24. Porro, D., Ceschini, A. & Pantezzi, T. (2006). The importance of advisory service in predicting bitter pit using early-season fruit analysis. *Acta Horticulturae*, 721, 273–278. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.721.37
25. Watkins, C., Schupp, J., & Rosenberger, D. (2004). Calcium nutrition and control of calcium-related disorders. *New York Fruit Quarterly*, 12(2), 15–21.
26. White, P.J., & Broadley, M.R. (2003). Calcium in plants. *Annals of botany*, 92(4), 487–511. DOI: 10.1093/aob/mcg164.
27. Webster, D.H. (1981). Mineral composition of apple fruits. Relationships between and within peel, cortex and whole fruit samples. *Canadian Journal of Plant Science*, 61(1), 73–85. DOI: 10.4141/cjps81-010.