УДК 634.1:631.8

DOI 10.30679/2219-5335-2019-1-55-82-94

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ЯБЛОНИ

Сергеева Наталья Николаевна
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
лаборатории агрохимии
и мелиорации
e-mail: sady63@bk.ru

Киселева Галина Константиновна
канд. биол. наук, доцент
ст. научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Караваева Алла Витальевна
младший научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

Для условий западно-предгорной подзоны Краснодарского края в промышленных насаждениях ООО «Сады Предгорья» изучено влияние некорневых обработок яблони специальными комплексными составами аминокислот и питательных солей на содержание фотосинтетических пигментов в листьях. Объект исследований – яблоня на подвое ММ106 сортов Айдаред, Ренет Симиренко, Голден Делишес 2012 года посадки. В начале цветения проведены обработки деревьев удобрением, содержащим аминокислоты и бор, в мае – листовые

UDC 634.1:631.8

DOI 10.30679/2219-5335-2019-1-55-82-94

INFLUENCE OF FOLIAR TOP DRESSING THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN THE APPLE LEAVES

Sergeyeva Natalya Nikolaevna
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of Agric-chemistry
and Melioration Laboratory
e-mail: sady63@bk.ru

Kiseleva Galina Konstantinovna
Cand. Biol. Sci., Docent
Senior Research Associate
of Laboratory of Physiology
and Biochemistry of Plants
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Karavaeva Alla Vitalievna
Junior Research Associate
of Laboratory of Physiology
and Biochemistry of Plants

Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar, Russia

Under the conditions of the Western-foothill subzone of the Krasnodar Territory in the industrial plantations LLC «Gardens of the Foothills», the effect of foliar top dressing of apple trees by special complex of aminoacids and nutrition saults the content of photosynthetic pigments in the leaves has been studied. The object of research is an apple-tree on MM106 a rootstock of Idared, Rennet Simirenko, Golden Delishes of 2012 landing. In the beginning of blossoming, the trees were treated with fertilizer containing

обработки водным раствором жидкого минерального удобрения состава CaO и N. В июне деревья яблони были обработаны водным раствором специальных комплексных минеральных удобрений марки N18P18K18+2Mg+1,5S. Анализ динамики гидротермических факторов в весенне-летний период выявил продолжительное негативное действие на растения комплекса абиотических стрессоров. На этом фоне исследовали морфо-анатомическое строение листьев, обработанных водными растворами органоминеральных удобрений. Выявлено значительное утолщение листовой пластинки за счёт существенного увеличения палисадного слоя мезофилла листа (от 2,6 до 9,9 % в зависимости от сорта), содержащего основное количество хлоропластов. Площадь листовой пластинки увеличилась на 7,1-41,0 %. Спектральный анализ листьев выявил существенное увеличение количества функциональных пигментов у яблони всех изучаемых сортов при применении некорневых обработок (на 2,1-18,9 % в зависимости от сорта), что способствовало усилению ассимиляционной активности растений. Содержание зелёных пигментов коррелировало с содержанием моносахаров (фруктоза, глюкоза) в листьях: *k* = 0,56-0,58. Тенденция сохранялась в течение всего периода исследований. Таким образом, использование приёма некорневой обработки растений яблони органоминеральными удобрениями, содержащими макро-, микроэлементы и комплекс аминокислот, в весенне-летний период позволяет регулировать интенсивность фотосинтеза на анатомо-морфологическом и физиологическом уровнях.

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ХЛОРОФИЛЛ, АССИМИЛЯЦИОННЫЕ ПИГМЕНТЫ

boron and amino acids. In May, the leaf treatments with an aqueous solution of liquid mineral fertilizers of the composition CaO and N were made. In June, the apple trees were treated with an aqueous solution of special complex mineral fertilizers of N18P18K18 + 2Mg + 1.5S. An analysis of the hydrothermal factors dynamics in the spring-summer period revealed a prolonged negative effect the plants of a complex of abiotic stressors. Against this background, the morpho-anatomical structure of leaves treated with aqueous solutions of organic-mineral fertilizers was studied. A significant thickening of the leaf sheet is revealed due to a significant increase in the palisade layer of the leaf mesophyll (from 2.6 to 9.9 %, depending on the variety), containing the main amount of chloroplasts. The size of the leaf sheet increased in 7.1-41.0 %. Spectral analysis of the leaves revealed a significant increase in the number of functional pigments for the all studied apple varieties with the use of foliar top dressing (by 2.1-18.9 %, depending on the variety), which contributed to the enhancement of plant assimilation activity. The content of green pigments correlated with the content of monosaccharides (fructose, glucose) in the leaves: k = 0.56-0.58. The trend continued through all period of study. Thus, the use of apple plants top dressing with organic and mineral fertilizers containing macro-, microelements and a complex of amino acids in a spring-summer period allows you to regulate the intensity of photosynthesis at the anatomical, morphological and physiological levels.

Key words: APPLE-TREE, ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS, CHLOROPHYLL, PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS

Введение. Повторяющиеся стрессовые климатические проявления ограничивают интенсивность фотосинтетической деятельности у сельскохозяйственных растений, что, в свою очередь, негативно влияет на количество и качество урожая. Характерное для юга России комплексное стрессовое воздействие абиотических факторов в летний период (гипертермия, засуха, суховеи, повышенная солнечная инсоляция) дестабилизирует биосинтез основных зелёных пигментов в листьях растений и вызывает их выцветание [1-4]. Восстановление фотосинтетической активности листового аппарата в постстрессовый период требует значительного времени, связанного с перестройкой метаболизма [5-7]. Преодоление растениями стресса, активация репарационных процессов, фотоадаптация, по мнению исследователей, в значительной степени зависят от уровня обеспеченности минеральным питанием [8-10]. При этом рассматривается преимущественно низкозатратный способ оптимизации питания растений с помощью опрыскивания водными растворами специальных комплексных удобрений. Эффективность способа обусловлена его профилактическим действием, быстрым вовлечением в синтетические реакции поступающих с водой катионов, а также пролонгированием действия используемых препаратов [11-14]. Расширение возможностей данного приема воздействовать на синтетическую активность плодовых растений в постстрессовый период связано с введением в состав препаратов физиологически активных органических компонентов, о чем свидетельствует ряд научных публикаций [15-18].

Основываясь на данных литературных источников и ранее проведенных нами исследований, была разработана научная гипотеза способности комплексных органоминеральных препаратов усиливать ассимиляционную активность растений на фоне неблагоприятного воздействия абиотических факторов. Для подтверждения гипотезы заложен полевой опыт. Научный эксперимент был проведен в период 2017-2018 гг. в промышлен-

ных насаждениях яблони ООО «Сады Предгорья» в условиях западно-предгорной подзоны Краснодарского края на серых лесостепных почвах.

Цель исследований – установить влияние некорневых подкормок деревьев яблони комплексом удобрений на восстановление фотосинтетической активности плодовых растений в постстрессовый период.

Объекты и методы исследований. Экспериментальные работы проведены в насаждении яблони на подвое ММ106 сортов Голден Делишес, Айдаред и Ренет Симиренко 2012 года посадки. Закладка опыта проводилась согласно существующей методике [19]. Схема размещения деревьев 4,5х1,2 м. Для ранневесенних подкормок (фазы «бутонизация» и «начало цветения» яблони) использовали жидкое поликомпонентное удобрение, содержащее аминокислоты, азот, микроэлементы (содержание питательных веществ: B – 130 г/л; Mo, Cu, Mn, Fe, Zn – 0,02 г/л) и гуминовые кислоты. В период продолжающегося интенсивного роста листьев и побегов (май) в фазах развития плода «лещина» и «грецкий орех» (интенсивное деление клеток мякоти плода) двукратно были проведены листовые обработки деревьев водным раствором жидкого микроэлементного удобрения с высоким содержанием солей кальция. В июне деревья яблони были обработаны водным раствором специальных комплексных минеральных удобрений марки N18P18K18+2Mg+1,5S. Обработку деревьев проводили механизировано, опрыскивателем ОПВ-2000, расход препаратов 1 л/га.

В ходе исследования растительного материала, при изготовлении препаратов, применяли методы общепринятой ботанической микротехники [20], объекты просматривали и фотографировали с помощью микроскопа Olimpus BX 41 («Olimpus corporation», Япония), увеличение х400. Измеряли толщину листовой пластинки, губчатого и палисадного слоев. Содержание хлорофиллов (a+b) в листьях определяли спектральным методом

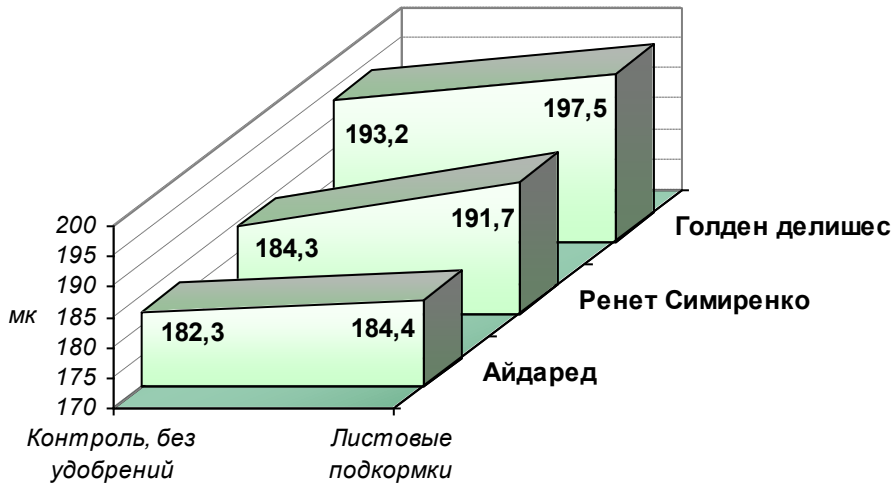
на спектрофотометре Unico 2800 («United Products & Instruments», США) [21]. Расчеты выполняли с помощью программного пакета Microsoft Office 2010 («Microsoft, Inc.», США). Оценивали существенность разности между анализируемыми показателями на 5 %-ном уровне значимости [22].

Обсуждение результатов. Анализ динамики гидротермических факторов в весенне-летний период был проведен с целью выявления наступления стрессовых условий среды. Начало цветения яблони совпадало с понижением дневной температуры воздуха до +13 °С и выпадением атмосферных осадков. К периоду полного цветения температура постепенно нарастала, достигая значений +30 °С. Колебания средних дневных температур воздуха в мае были довольно значительными. На этом фоне, при температуре 28-30 ºС, у яблони начиналось формирование плода и семени. В период активного опадения неоплодотворившихся и слабых, мало жизнеспособных цветков и молодых завязей среднедневная температура опускалась с 30 º до 16 °С. В период наиболее активного деления клеток растущего плода также наблюдалось значительное колебание температуры воздуха.

В 2018 году температурные максимумы были зафиксированы уже в июне: +35 и +37 ºС. Выпадение атмосферных осадков было минимальным, началось осыпание завязи, что, вероятно, связано с сильным оттоком воды от плодов к растущим листьям, обладающим большей сосущей силой на фоне продолжительного негативного воздействия физических факторов. Кратковременное выпадение атмосферных осадков вызывало непродолжительное снижение температуры воздуха. В июле (переход почек в репродуктивное состояние) диапазон дневных температур изменялся в пределах от +31 до +37 ºС. Атмосферные осадки отсутствовали продолжительное время. Средние дневные температуры воздуха в августе в основном изменялись в диапазоне от +32 до + 36 ºС.

Продолжительность периода напряженности гидротермических факторов свидетельствует о стрессовой для растений яблони ситуации, способной вызвать нарушение биологического гомеостаза. В условиях физиологической адаптации яблони к неблагоприятным физическим факторам анализировали состояние пигментного комплекса листьев.

На первом этапе работ в лабораторных условиях было проведено морфо-анатомическое изучение листовых пластинок побегов яблони. Между вариантами опыта были выявлены значительные различия по толщине листа (рис. 1). Наиболее существенные изменения этого показателя на фоне применения некорневых обработок отмечены у сортов яблони Ренет Симиренко и Голден Делишес.



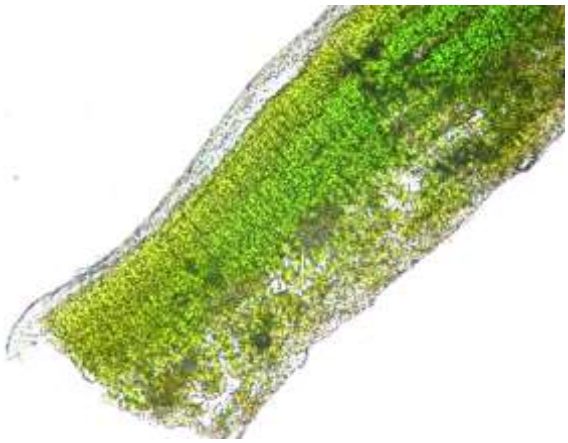
$НСР_{0,05}$ = 2,35 мк (Айдаред), 3,81 мк (Ренет Симиренко), 3,23 мк (Голден Делишес)

Рис. 1. Толщина листовой пластинки растений яблони различных сортов

Далее осуществляли анатомическое исследование листовой пластинки в вариантах с применением некорневых обработок деревьев (рис. 2).

а

б

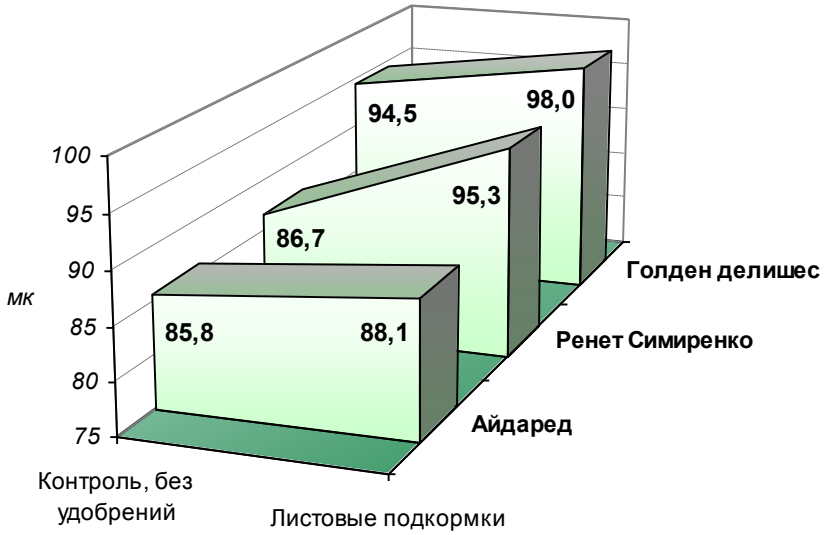


В

а – сорт Айдаред; б – сорт Ренет Симиренко; в – сорт Голден Делишес

Рис. 2. Микрофото поперечного среза листа яблони на фоне применения некорневых обработок

На фото видно, что у листьев яблони в варианте с применением удобрений формируется хорошо развитый мезофилл, по сравнению с контролем толщина палисадного слоя больше на 2,6-9,9 % (рис. 3), то есть под действием органоминеральных удобрений синтез хлорофилла идет более активно.



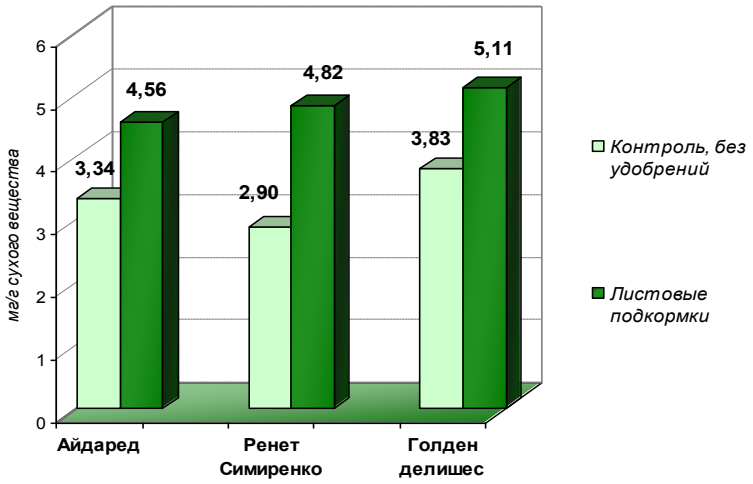
$НСР_{0,05}$ = 1,73 мк (Айдаред), 1,39 мк (Ренет Симиренко), 2,35 мк (Голден Делишес)

Рис. 3. Толщина палисадного мезофилла (ассимиляционной паренхимы) листовой пластинки у растений яблони

Спектральный анализ листьев выявил существенное увеличение количества функциональных пигментов у яблони всех изучаемых сортов при некорневых обработках деревьев (рис. 4).

Суммарное содержание хлорофиллов *(а+в)* превышало данный показатель в контрольном варианте на 33,4-66,2 % в зависимости от сорта. При этом содержание зеленых пигментов коррелировало с содержанием моносахаров (фруктоза, глюкоза) в листьях, и тенденция сохранялась в течение всего периода исследований:

$$k = 0{,}56\text{-}0{,}58.$$



$НСР_{0,05}$ = 0,68 мг/г сух. в-ва (Айдаред), 0,31 мг/г сух. в-ва (Ренет Симиренко), 0,48 мг/г сух. в-ва (Голден Делишес)

Рис. 4. Содержание суммы хлорофиллов *(a+b)* в листьях яблони в связи с применением удобрений

Для зеленых растений основным фотосинтетическим пигментом, без которого фотосинтез невозможен, является хлорофилл *a*, который служит непосредственным донором энергии для фотосинтезирующих растений (Кефели, 1990; Благовещенская, 1984; Андрианова, 2000). В этой связи анализировали содержание и сооотношение хлорофилла *a* и хлорофилла *b* (рис. 5).

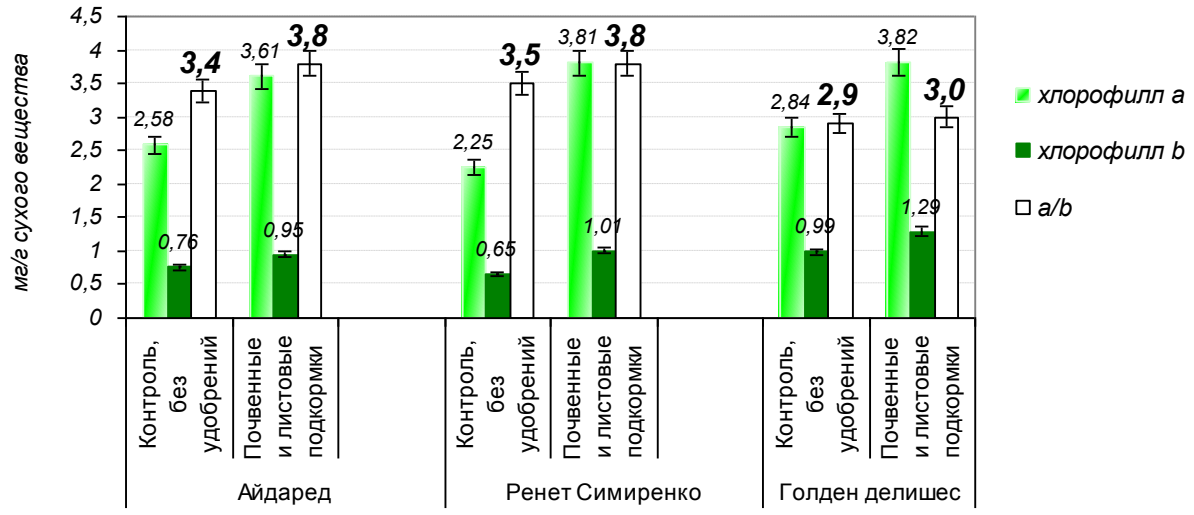


Рис. 5. Содержание и соотношение хлорофилла *a* и *b* в связи с применением удобрений

Как известно, указанное выше соотношение является показателем (маркером) негативного воздействия среды на растения. При усилении прессинга физических факторов величина этого показателя уменьшается.

Результаты анализа выявили некоторое повышение содержания хлорофилла *b*, характерное для этапа адаптации растений в постстрессовый период, на фоне применения некорневых обработок. Вместе с тем, коэффициент соотношения *a/b* в этом варианте был выше на 3,4-11,8 %, что свидетельствует о менее выраженной трансформации светособирающего комплекса при адаптации пигментного аппарата к условиям внешней среды.

Выводы. В условиях предгорной зоны Краснодарского края экспериментальные исследования позволили установить, что системное применение комплексных органоминеральных удобрений методом некорневых опрыскиваний способствует увеличению зеленых пигментов в тканях листа, определяющих функциональное состояние растений яблони, показаны изменения, происходящие в них при физических стрессах. Под действием специальных удобрений у листьев формируется мощная ассимиляционная паренхима, существенно превышающая слой губчатой ткани листьев в варианте без обработок удобрениями. В летний период, под действием интенсивного света, дефицита влаги и гипертермии, на фоне применения некорневых обработок не наблюдается разрушения основных фотосинтетических пигментов. Соотношение пигментов хлорофилла *a/b* свидетельствует о более высоком уровне адаптации пигментного аппарата к условиям внешней среды в постстрессовый период.

Таким образом, использование приема некорневой обработки растений яблони органоминеральными удобрениями, содержащими макро-, микроэлементы и комплекс аминокислот, в весенне-летний период позволяет регулировать интенсивность фотосинтеза на анатомо-морфологическом и физиологическом уровнях.

Литература

1. Годнев Т.Н. Хлорофилл, его строение и образование в растениях. – Минск: Изд-во АН БССР, 1963. – 319 с.

2. Гудковский В.А. Устойчивость плодовых и ягодных растений к стрессовым факторам и пути её повышения // Пути повышения устойчивости садоводства: сб. науч. тр. ВНИИС. – Мичуринск, 1998. – С. 17-29.

3. Batič, F. Detecting different levels of drought stress in apple trees (Malus domestica Borkh.) with selected biochemical and physiological parameter // Scientia Horticulturae, – 2007. – vol. 113. – no. 4. – p. 362-369.

4. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ульяновская Е.В. [и др.] Адаптационная устойчивость сортов яблони к стрессовым факторам летнего периода // Научные труды Северно-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – Т. 17. – Краснодар, СКФНЦСВВ, 2018. — С. 44-50.

5. Asada K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions // Plant Physiol. – 2006. – V. 141. – pp. 391-396.

6. Asada K. Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues // Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. – Boca Raton: CRC Press. –1994. – pp. 77-104.

7. Aro, E.-M., Virgin, I., Andersson, B. Photoinhibition of Photosystem II. Inactivation, protein damage and turnover // Biochimica et Biophysica Acta. – 1993. – V. 1143. – pp. 113–134.

8. Трунов Ю.В., Цуканова Е.М., Ткачёв Е.Н. [и др.] Активизация адаптационных механизмов растений яблони под влиянием специальных удобрений [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2011. – № 12(6). – С. 83–94. URL: http://journalkubansad.ru/pdf/11/06/09.pdf. (дата обращения: 28.12.2018).

9. Сергеева Н.Н., Ненько Н.И., Киселева Г.К. Анатомо-морфологическая структура и содержание хлорофилла в листьях яблони при использовании удобрений и биоактивных веществ // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – № 5. – С. 80-84.

10. Ненько Н.И., Сергеева Н.Н., Караваева А.В. Влияние листовых подкормок на адаптацию растений яблони к стрессовым факторам летнего периода // Последние научные догстижения: матер. 8-го Междунар. науч.-практич. конф. – София: «БялГРАД-БГ» ООД, 2012. – С. 14-18.

11. Popova V.P., Yaroshenko O.V., Sergeeva N.N. The Effect of foliar feeding on physiological condition of apple trees and chemical content of fruits // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences [Электронный ресурс]. – 2018. - vol. 12. – no. 1. – p. 634-643.– URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36304005 (дата обращения 3.12.2018).

12. Ryndin A., Belous O., AbilfazovaY. [et al.]. The regulation of the functional state of subtropical crops with micronutrients. // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences [Электронный ресурс]. – 2017. – vol. 11, – no. 1, – p. 175-182. – URL: https://dx.doi.org/10.5219/669 (дата обращения 3.12.2018).

13. Дорошенко Т.Н., Чумаков С.С., Максимцов Д.В. Особенности некорневого питания плодовых растений при действии температурных стресс-факторов весенне-летнего периода / Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ / ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии. – М., 2012. – Т 30. –С. 22–30.

14. Дорошенко Т.Н., Чумаков С.С., Максимцов Д.В. [и др.]. Влияние некорневых подкормок на процессы жизнедеятельности плодовых растений при действии температурных стресс-факторов / Виды и уровни воздействия стресс-факторов среды на устойчивость агроэкосистем в условиях изменения климата: материалы междунар. дистанц. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2012 [Электронный ресурс] – URL: http://www.kubansad.ru/ru/ www.kubansad (дата обращения 3.12.2018).

15. Nenko N., Sergeeva N., Kiseleva G. [et al.]. Effect of growth regulators and mineral foliar application apple on stability fruit cenosis // News of science and education, – 2015. – no. 29. – pp. 53-61.

16. Nagy P.T., Thurzo S., Sandor Z. [et al.]. Study of effect a complex fertilizer and a biostimulator on macronutrient content of leaf and fruit guality on sweet cherry (Prunus avium) // Bul. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca. – 2007. – vol. 63–64. – pp. 339.

17. Yen Ze Peng, Li Shuang, Ren Jing [et al.]. Role of spermidine and spermine in alleviation of drought-induced oxidative stress and photosynthetic inhibition in Chinese dwarf cherry (Cerasus Humilis) seedings // Plant Growth regul. – 2014. – 74, no. 3. – pp. 209-218.

18. Thurzo S., Szabo Z., Nyeki J. [et al.]. Effect of boron and calcium sprays on photosynthetic pigments, total phenols and flavonoid content of sweet cherry (Prunus avium L.) // Acta Horticulturae [Электронный ресурс]. – 2010. no. 868. pp. 457–462. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.868.64. – URL: https://www.ishs.org/ishs-article/868_64 (дата обращения 4.12.2018).

19. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / Под ред. В. Панникова. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 172с.

20. Киселева Г.К., Ненько Н.И. Анатомо-морфологическая и гистохимическая оценка вегетативных органов плодовых культур и винограда // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. –С. 32-34.

21. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1975. – 380 с.

22. Волков Ф.А. Методика исследований в садоводстве. – М., ВСТИСП, 2005. – 94 с.

References

1. Godnev T.N. Hlorofill, ego stroenie i obrazovanie v rasteniyah. – Minsk: Izd-vo AN BSSR, 1963. – 319 s.

2. Gudkovskij V.A. Ustojchivost' plodovyh i yagodnyh rastenij k stressovym faktoram i puti eyo povysheniya // Puti povysheniya ustojchivosti sadovodstva: sb. nauch. tr. VNIIS. – Michurinsk, 1998. – S. 17-29.

3. Batič, F. Detecting different levels of drought stress in apple trees (Malus domestica Borkh.) with selected biochemical and physiological parameter // Scientia Horticulturae, – 2007. – vol. 113. – no. 4. – p. 362-369.

4. Nen'ko N.I., Kiseleva G.K., Ul'yanovskaya E.V. [i dr.] Adaptacionnaya ustojchivost' sortov yabloni k stressovym faktoram letnego perioda // Nauchnye trudy Severno-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo centra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya. – T. 17. – Krasnodar, SKFNCSVV, 2018. — S. 44-50.

5. Asada K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions // Plant Physiol. – 2006. – V. 141. – pp. 391-396.

6. Asada K. Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues // Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. – Boca Raton: CRC Press. –1994. – pp. 77-104.

7. Aro, E.-M., Virgin, I., Andersson, B. Photoinhibition of Photosystem II. Inactivation, protein damage and turnover // Biochimica et Biophysica Acta. – 1993. – V. 1143. – pp.113–134.

8. Trunov Yu.V., Cukanova E.M., Tkachyov E.N. [i dr.] Aktivizaciya adaptacionnyh mekhanizmov rastenij yabloni pod vliyaniem special'nyh udobrenij [Elektronnyj resurs] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2011. – № 12(6). – S. 83–94. URL: http://journalkubansad.ru/pdf/11/06/09.pdf. (data obrashcheniya: 28.12.2018).

9. Sergeeva N.N., Nen'ko N.I., Kiseleva G.K. Anatomo-morfologicheskaya struktura i soderzhanie hlorofilla v list'yah yabloni pri ispol'zovanii udobrenij i bioaktivnyh veshchestv // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2013. – № 5. – S. 80-84.

10. Nen'ko N.I., Sergeeva N.N., Karavaeva A.V. Vliyanie listovyh podkormok na adaptaciyu rastenij yabloni k stressovym faktoram letnego perioda // Poslednie nauchnye dogstizheniya: mater. 8-go mezhdunar. nauch.-praktich. konf. – Sofiya: «ByalGRAD-BG» OOD, 2012. – S. 14-18.

11. Popova V.P., Yaroshenko O.V., Sergeeva N.N. The Effect of foliar feeding on physiological condition of apple trees and chemical content of fruits // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences [Elektronnyj resurs]. – 2018. - vol. 12. – no. 1. – p. 634-643.– URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36304005 (data obrashcheniya 3.12.2018).

12. Ryndin A., Belous O., AbilfazovaY. [et al.]. The regulation of the functional state of subtropical crops with micronutrients. // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences [Elektronnyj resurs]. – 2017. – vol. 11, – no. 1, – p. 175-182. – URL: https://dx.doi.org/10.5219/669 (data obrashcheniya 3.12.2018).

13. Doroshenko T.N., Chumakov S.S., Maksimcov D.V. Osobennosti nekornevogo pitaniya plodovyh rastenij pri dejstvii temperaturnyh stress-faktorov vesenne-letnego perioda / Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: sb. nauch. rabot / GNU VSTISP Rossel'hozakademii. – M., 2012. – T 30. –S. 22–30.

14. Doroshenko T.N., Chumakov S.S., Maksimcov D.V. [i dr.]. Vliyanie nekornevyh podkormok na processy zhiznedeyatel'nosti plodovyh rastenij pri dejstvii temperaturnyh stress-faktorov / Vidy i urovni vozdejstviya stress-faktorov sredy na ustojchivost' agroekosistem v usloviyah izmeneniya klimata: materialy mezhdunar. distanc. nauch.-prakt. konf. – Krasnodar, 2012 [Elektronnyj resurs] – URL: http://www.kubansad.ru/ru/www.kubansad (data obrashcheniya 3.12.2018).

15. Nenko N., Sergeeva N., Kiseleva G. [et al.]. Effect of growth regulators and mineral foliar application apple on stability fruit cenosis // News of science and education. – 2015. – no. 29. – rr. 53-61.

16. Nagy P.T., Thurzo S., Sandor Z. [et al.]. Study of effect a complex fertilizer and a biostimulator on macronutrient content of leaf and fruit guality on sweet cherry (Prunus avium) // Bul. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca. – 2007. – vol. 63–64. – rr. 339.

17. Yen Ze Peng, Li Shuang, Ren Jing [et al.]. Role of spermidine and spermine in alleviation of drought-induced oxidative stress and photosynthetic inhibition in Chinese dwarf cherry (Cerasus Humilis) seedings // Plant Growth regul. – 2014. – 74, no. 3. – pp. 209-218.

18. Thurzo S., Szabo Z., Nyeki J. [et al.]. Effect of boron and calcium sprays on photosynthetic pigments, total phenols and flavonoid content of sweet cherry (Prunus avium L.) // Acta Horticulturae [Elektronnyj resurs]. – 2010. no. 868. pp. 457–462. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.868.64. – URL: https://www.ishs.org/ishs-article/868_64 (data obrashcheniya 4.12.2018).

19. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovanij v dlitel'nyh opytah s udobreniyami / Pod red. V. Pannikova. – M.: VASHNIL, 1983. – 172s.

20. Kiseleva G.K., Nen'ko N.I. Anatomo-morfologicheskaya i gistohimicheskaya ocenka vegetativnyh organov plodovyh kul'tur i vinograda // Sovremennye instrumental'no-analiticheskie metody issledovaniya plodovyh kul'tur i vinograda. – Krasnodar: SKZNIISiV, 2015. – S. 32-34.

21. Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Handobina L.M. Bol'shoj praktikum po fiziologii rastenij. – M.: Vysshaya shkola, 1975. – 380 s.

22. Volkov F.A. Metodika issledovanij v sadovodstve. – M., VSTISP, 2005. – 94 s.