

УДК: 634.26:581.56

Изменение содержания фенольных веществ в плодах и листьях нектарина в процессе вегетации Г.В.Корнільєв, В.Н.Єжов

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр (Ялта, АРК, Украина)

Рассмотрено изменение суммарного содержания фенольных веществ, их мономерной и олигомерной форм, а также группы лейкоантоцианидинов в плодах и листьях 6 сортов нектарина различных групп созревания. Установлены сроки их накопления, а также корреляционная связь между содержанием отдельных групп фенольных веществ.

Ключевые слова: *нектарин, плоды, листья, фенольные вещества, мономеры, олигомеры, лейкоантоцианидины.*

Зміна вмісту фенольних речовин у плодах та листі нектарина в процесі вегетації Г.В.Корнільєв, В.М.Єжов

Розглянуто зміну сумарного вмісту фенольних речовин, їхніх мономерної та олигомерної форм, а також групи лейкоантоціанідинів у плодах та листі 6 сортів нектарина різних груп достигання. Встановлені терміни їхнього накопичення, а також кореляційний зв'язок між вмістом окремих груп фенольних речовин.

Ключові слова: *нектарин, плоди, листя, фенольні речовини, мономери, олигомери, лейкоантоціанідини.*

The change of phenolic substances content in nectarine fruits and leaves during vegetation G.V.Kornilyev, V.N.Ezhov

The change of phenolic substances content, their monomeric and oligomeric forms and leucoantocyanin group in fruits and leaves of 6 nectarine varieties from different ripening groups has been examined. The terms of their accumulation, and also cross-correlation dependence between the examined indexes have been determined.

Key words: *nectarines, fruits, leaves, phenolic substances, monomers, oligomers, leucoantocyanins.*

Введение

Фенольные вещества (ФВ) растений, их метаболизм и функции традиционно привлекают внимание исследователей. Установлено участие ФВ в реакциях гидроксирования и дегидрирования, приводящих к появлению продуктов полимеризации, а также принципиальная возможность более глубоких превращений, сопровождающихся разрывом ядра и образованием соединений нефенольной природы (Запрометов, 1977; Лукнер, 1979; Шалашвили, 1990; Zaprometov, 1989). Среди многообразия функций ФВ в растении выделяют защитную (от повреждающего действия УФ-излучения), резервную (в качестве энергетического и дыхательного материала), опорную (образование лигнина) и др. (Запрометов, 1996; Kefeli, Kutacek, 1977; Olsson et al., 1998). Однако наибольшим стимулом для исследования ФВ является их принадлежность к биологически активным веществам (БАВ), необходимым для организма человека. Так, для флавоноидов (C₃ – C₆ – C₃ –соединения), являющихся одной из самых распространенных групп ФВ, описано их противолучевое и антиоксидантное действие, стимулирующее действие на пищеварительный тракт, диуретический эффект, Р-активное, противоопухолевое действие и др. (Кабиев, Балмуханов, 1975; Рогинский, 1988; Nagerman et al., 1998).

В последнее время в связи с поиском новых источников БАВ (в частности ФВ) все большее внимание уделяется культурным растениям, среди которых ведущее значение имеют плодовые культуры. Одной из перспективных культур с точки зрения внешнего вида и вкусовых качеств для Украины является нектарин – *Persica vulgaris subsp. nectarina* (Ait.) Shof. – персик голоплодный (Шоферистов, 1995).

Как следует из литературных данных, плоды персика и нектарина содержат широкий спектр фенольных соединений. Так, в работе А.Е.Розмысловой и С.В.Симакиной (Розмыслова, Симакина,

1978) в плодах нектарина отмечено наличие хлорогеновой и гидроксикоричных кислот, а также катехинов, флавонолов, лейкоантоцианидинов и полифенолов. Показано (Andreotti et al., 2008), что среди фенольных веществ в созревающих плодах персика и нектарина преобладают хлорогеновая кислота, катехин, эпикатехин, рутин и цианидин-3-глюкозид. В целом, по данным P.Drogoudi et al. (Drogoudi, Tsiouridis, 2007), максимальная сумма фенольных веществ в плодах нектарина достигает 6,9 мг/г сухой массы, разброс между сортами составляет 5,3–6,3 раза. При этом, по мнению ряда авторов (Sandhu, Dhilon, 1982; Sandhu et al., 1984; Sharma, 1984; Kubota et al., 1992), суммарное содержание фенольных веществ по мере развития плодов персика снижается, что сочетается с уменьшением вяжущего вкуса плодов по мере созревания. Основным показателем при оценке накопления ФВ в плодах традиционно является содержание лейкоантоцианидинов (Кривенцов, 1982), придающих им горьковатый привкус и при созревании переходящих в антоцианидины.

Следует отметить, что представленные данные касаются в основном отдельных сортов, выращенных в определенных почвенно-климатических условиях. Малоизученным остается изменение содержания ФВ в нектарине в процессе вегетации, практически не исследованы в этом плане листья. Тем не менее немногочисленные данные свидетельствуют о присутствии в листьях нектарина лейкоантоцианидинов (Полонская и др., 2007), наличии антиоксидантной активности (в первую очередь благодаря ФВ) (Полонская, 2006), а также проявлении лечебно-профилактических свойств (Петров и др., 1997). Более того, совместное изучение динамики накопления ФВ в плодах и листьях нектарина даст предпосылки для составления картины их биогенеза в растении в целом.

Целью настоящей работы явилось изучение изменения содержания ФВ в плодах и листьях нектарина в связи с оценкой возможности их использования в качестве источников БАВ.

Материал и методика

Объектом исследования явились плоды и листья нектарина 6 сортов селекции НБС – ННЦ, принадлежащих к следующим группам созревания: ранние (I–II декады июля – «Никитский 85»), раннесредние (III декада июля – «Рубиновый 4»), средние (I–III декады августа – «Аметист», «Крымчанин»), поздние (I–III декады сентября – «Евпаторийский», «Рубиновый 8») (Каталог ..., 1988). Плоды и листья анализировали в день сбора, при этом изучение плодов начинали с момента начала формирования косточки и заканчивали с наступлением съемной зрелости, а листьев – через 1,5 месяца после их появления до начала листопада. Исследования проводили в 2005–2008 гг. Интервал между смежными анализами плодов составил 15 суток, листьев – 30 суток. Определение суммы фенольных веществ проводили фотоколориметрическим методом с реактивом Фолина–Чокальтеу (Методы ..., 2002), в качестве экстрагента использовали подкисленный этанол (Кривенцов, 1982).

Содержание мономеров устанавливали после осаждения олигомерных форм фенольных веществ сульфатом хинина (Методы ..., 2002).

Содержание лейкоантоцианидинов определяли фотоколориметрическим методом с использованием подкисленного бутанола (Кривенцов, 1982).

Для корректировки на изменение содержания влаги в тканях как следствия агрометеорологических факторов все приведенные ниже значения даны в пересчете на сухую массу.

Статистическую обработку данных производили с использованием пакета программ STATISTICA 6.0.

Результаты и обсуждение

Как следует из полученных результатов (рис. 1), изменение содержания суммы фенольных веществ в плодах нектарина проходит через 1 (ранний и раннесредний сорта) или 2 (группы средних и поздних сортов) максимума, что не вполне согласуется с данными ряда авторов (Sandhu, Dhilon, 1982; Sandhu et al., 1984; Sharma, 1984; Kubota et al., 1992), постулирующих непрерывное снижение этого показателя по мере созревания плодов.

Максимумы накопления (в частности для сортов Аметист, Евпаторийский, Крымчанин, Рубиновый 8), можно связать с предположением о неравномерности процессов формирования и роста плодов персика и нектарина (Милованова и др., 1975; Хлопцева, 1983; Moriguchi et al., 1978; Fogle, Faust, 1976). Так, в процессе созревания плодов отмечают (Милованова и др., 1975) 3 основные стадии: I (быстрый рост; 5–7 неделя после окончания цветения), II (медленный рост; 7–11 неделя), III (быстрый рост; 11–18 неделя). Связь процессов накопления ФВ, в частности лейкоантоцианидинов, с процессами роста подтверждается данными об их накоплении в растущих органах (Бленда, Бурыкина, 1977; Бленда, 1979). Образование ФВ целесообразно также рассматривать как побочный процесс при распаде фенилаланина, азот которого участвует в

образовании белков, что происходит, например, при формировании зародыша и развитии семядолей. В настоящее время вопрос о миграции флавоноидов в плодовых растениях не является окончательно выясненным, в связи с чем нельзя с уверенностью предположить их перераспределение между органами растения. Снижение содержания ФВ, возможно, объясняется их окислительной полимеризацией, что особенно имеет место по мере приближения к состоянию съемной зрелости. Об этом свидетельствует возрастание доли олигомеров (табл. 1) – промежуточных соединений на пути полимеризации.

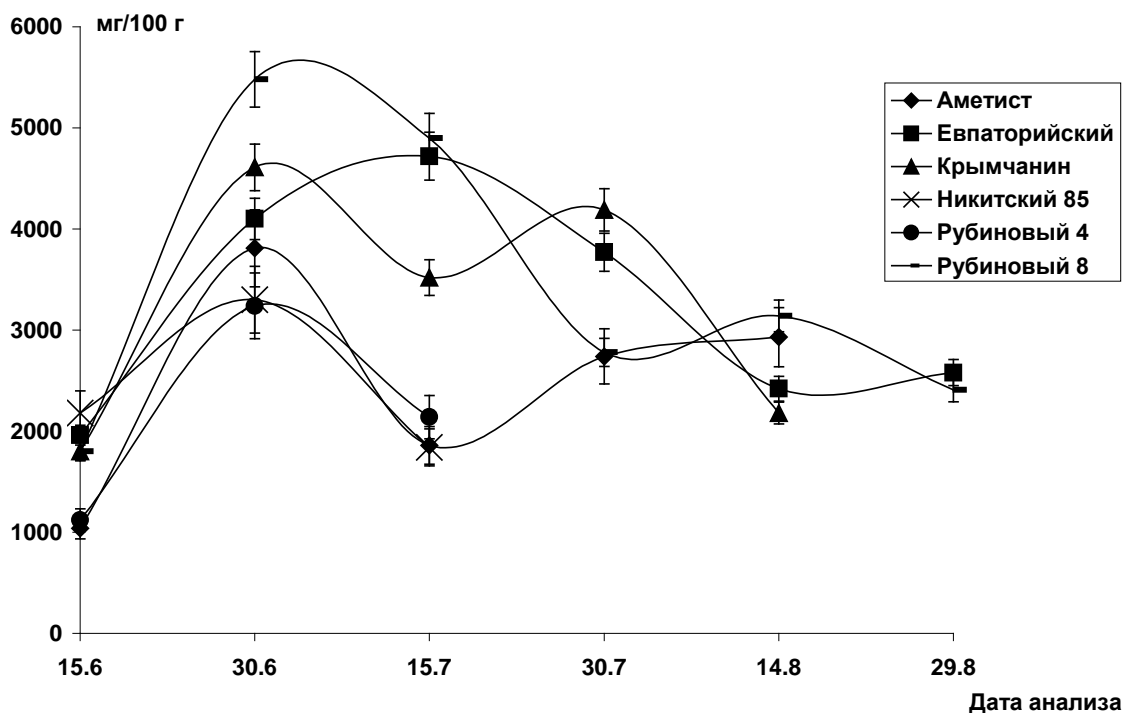


Рис. 1. Изменение суммарного содержания ФВ в плодах нектарина в процессе созревания

Таблица 1.
Изменение доли олигомеров (%) в сумме ФВ в плодах нектарина в процессе созревания

Сорт	Дата анализа					
	15.06	30.06	15.07	30.07	14.08	29.08
Аметист	37,5	7,54	1,83	44,4	42,1	–
Евпаторийский	50,0	0	9,01	26,0	68,9	0,64
Крымчанин	45,6	7,81	0	0	73,5	–
Никитский 85	15,4	16,8	0	–	–	–
Рубиновый 4	8,04	0	35,2	–	–	–
Рубиновый 8	0	12,6	9,91	5,67	47,3	1,83

В поздних сортах (Евпаторийский, Рубиновый 8) в момент съемной зрелости доля олигомеров снижается, предположительно, за счет увеличения содержания антоцианидинов, окрашивающих плоды.

Для динамики накопления ФВ в листьях нектарина (рис. 2) характерны максимумы в середине августа и перед началом листопада (середина ноября). Для группы средних и поздних сортов первый максимум совпадает по времени с периодом интенсивного нарастания мякоти плода и накопления в ней углеводов, что сопровождается активным фотосинтезом. При этом синтез углеводов активизирует как шикиматный, так и ацетатно-малонатный пути образования ФВ.

Увеличение содержания ФВ в листьях в период перед листопадом, по-видимому, связано с процессами подготовки растения к состоянию зимнего покоя. В дальнейшем можно предположить

снижение их содержания вследствие полимеризации с образованием инкрустирующих веществ. Это согласуется с преобладанием олигомерных форм (свыше 90%) (табл. 2) в отмеченный момент времени.

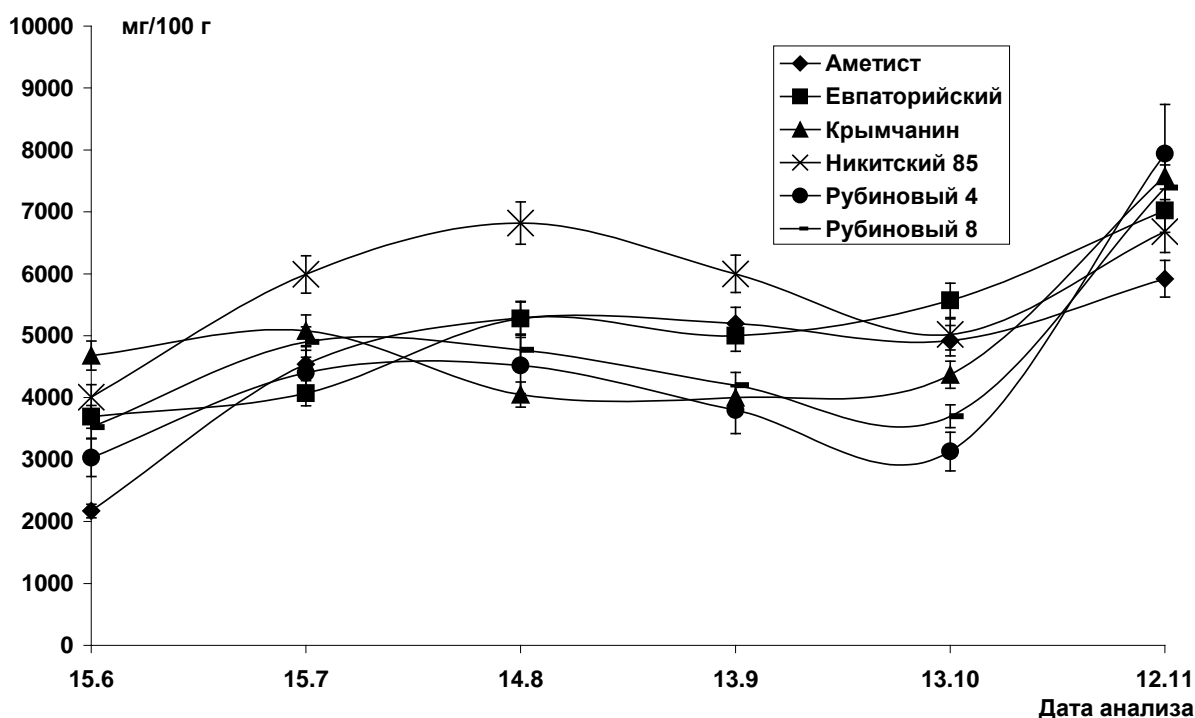


Рис. 2. Изменение суммарного содержания ФВ в листьях нектарина в процессе вегетации

Таблица 2.

Изменение доли олигомеров (%) в сумме ФВ в листьях нектарина в процессе вегетации

Сорт	Дата анализа					
	15.06	15.07	14.08	13.09	13.10	12.11
Аметист	24,9	0	43,5	20,0	0	91,5
Евпаторийский	33,1	0	28,2	15,0	0	90,5
Крымчанин	21,4	0	19,5	5,00	0	91,7
Никитский 85	32,2	16,9	29,2	15,0	0	90,0
Рубиновый 4	12,5	0	32,1	15,0	0	92,3
Рубиновый 8	32,7	12,0	58,5	30,0	4,03	91,8

Изменение содержания лейкоантоцианидинов в плодах нектарина (рис. 3) в первой части исследуемого периода соответствует изменению содержания ФВ в целом (максимум в конце июня – I половине июля), что объясняется преобладанием этой группы соединений среди прочих ФВ. В дальнейшем вследствие превращения лейкоантоцианидинов в антоцианидины, а также окислительной полимеризации лейкоантоцианидинов происходит снижение их содержания.

В листьях нектарина изменение содержания лейкоантоцианидинов (рис. 4) носит несколько иной характер. Так, лейкоантоцианидины определяют сумму ФВ преимущественно осенью, в то время как в начале периода исследований (июнь-август) сумма ФВ, по-видимому, определяется в большей мере другими группами соединений, например флавонолами (табл. 2). При этом накопление лейкоантоцианидинов в листьях соотносится с процессами их осеннего роста в толщину и роста корней.

С целью обобщения для изучаемых показателей осуществлен соответствующий корреляционный анализ (табл. 3, 4). Можно видеть, что в плодах нектарина показатель суммы фенольных веществ коррелирует с содержанием мономеров – лейкоантоцианидинов, в то время как

в листьях – с содержанием олигомеров. Между содержанием мономеров и олигомеров в плодах и листьях найдена отрицательная корреляция, что свидетельствует о переходе мономеров в олигомеры.

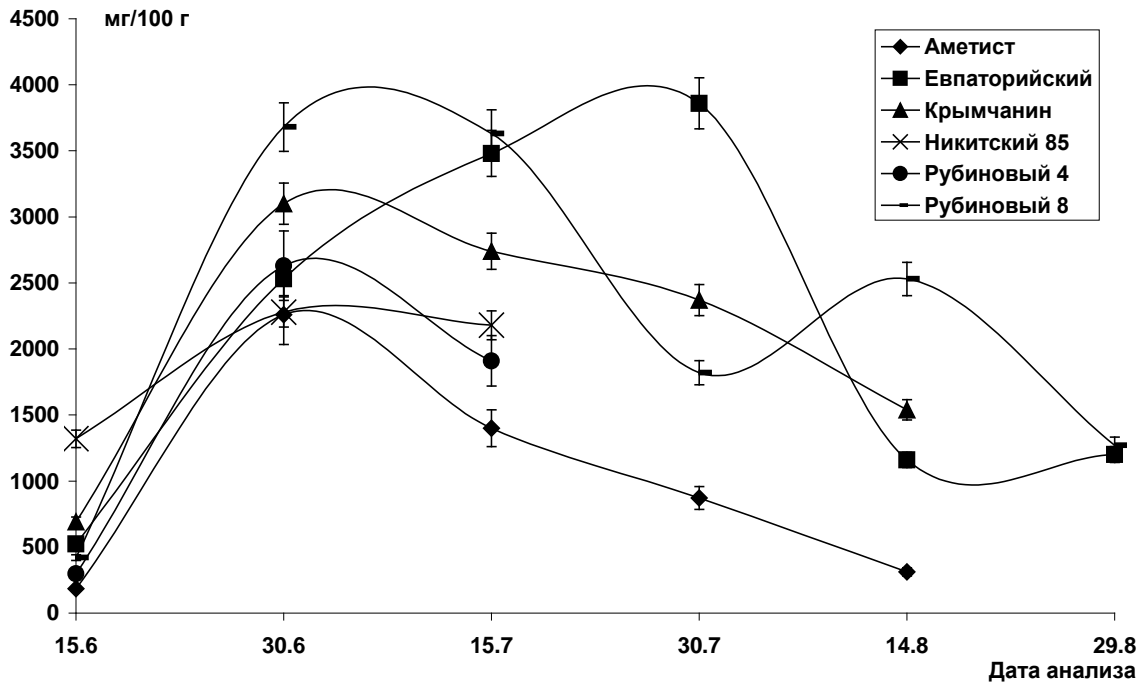


Рис. 3. Изменение содержания лейкоантоцианидинов в плодах нектарина в процессе созревания

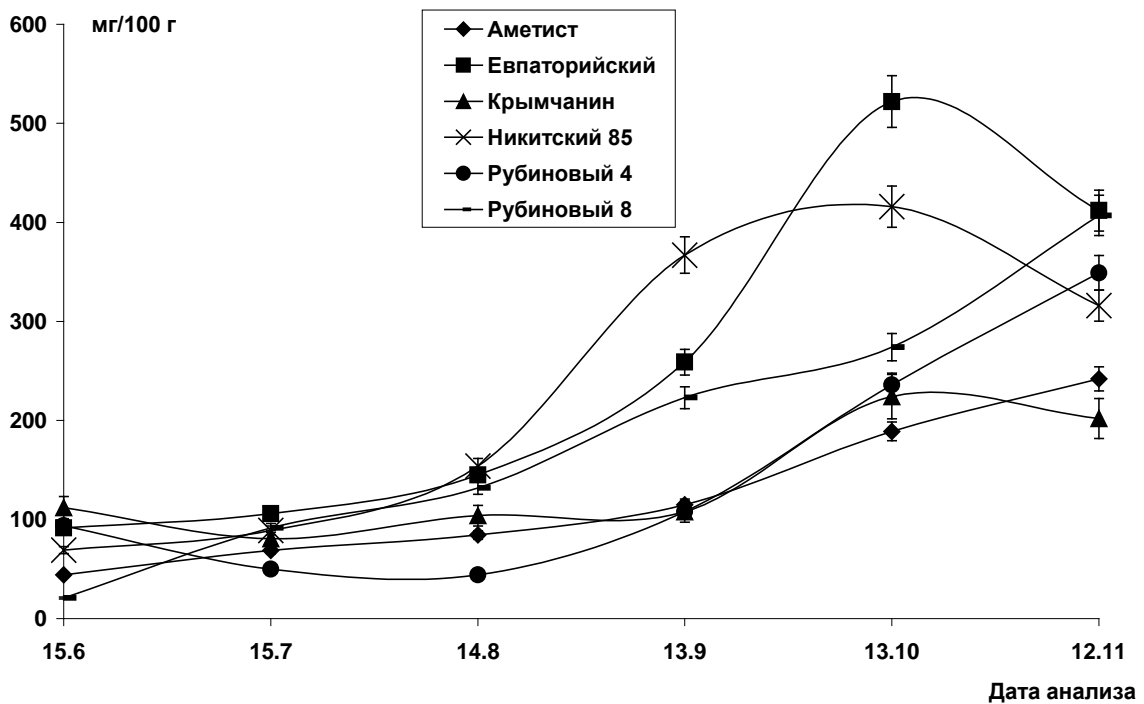


Рис. 4. Изменение содержания лейкоантоцианидинов в листьях нектарина в процессе вегетации

Таблиця 3.

Коефіцієнти кореляції между содержанием различных ФВ в плодах нектарина
($P=0,95$; $n=28$)

Показатель содержания ФВ	Сумма ФВ	Мономеры	Олигомеры	Лейко-антоцианидины
Сумма ФВ	1	0,92*	-0,08	0,89*
Мономеры	0,92*	1	-0,47	0,83*
Олигомеры	-0,08	-0,47	1	-0,11
Лейко-антоцианидины	0,89*	0,83*	-0,11	1

Таблиця 4.

Коефіцієнти кореляції между содержанием различных ФВ в листьях нектарина
($P=0,95$; $n=36$)

Показатель содержания ФВ	Сумма ФВ	Мономеры	Олигомеры	Лейко-антоцианидины
Сумма ФВ	1	-0,21	0,71*	0,65*
Мономеры	-0,21	1	-0,84*	-0,14
Олигомеры	0,71*	-0,84*	1	0,46
Лейко-антоцианидины	0,65*	-0,14	0,46	1

Таким образом, следует отметить сложность и неоднозначность характера изменения содержания ФВ в плодах и листьях нектарина, что свидетельствует, по-видимому, об их вовлеченности в процессы обмена.

В целом характер накопления ФВ в плодах и листьях определяется таковым для преобладающих групп соединений, в частности лейкоантоцианидинов, тогда как период и количество максимумов накопления ФВ в плодах нектарина определяется стадиями и сроками их развития.

Содержание ФВ в листьях в летний период также связано с процессами созревания плодов; в дальнейшем содержание ФВ определяется процессами подготовки растения к состоянию зимнего покоя.

Выявленный характер накопления БАВ в плодах и листьях нектарина позволяет сделать вывод об использовании листьев в качестве дополнительного источника ФВ. Полученные результаты являются также основой для изучения динамики накопления отдельных БАВ фенольной природы во взаимосвязи с общим биогенезом веществ в растении.

Список литературы

- Бленда В.Ф. Связь накопления лейкоантоцианидинов у выращиваемых в питомнике плодовых растений с особенностями их онтогенеза // Физиология и биохимия культурных растений. – 1979. – Т.11, №2. – С. 169–175.
- Бленда В.Ф., Бурькина Т.И. Метаболизм лейкоантоцианидинов в плодовых культурах при переходе от активного роста к глубокому покою // Физиология и биохимия культурных растений. – 1977. – №9, вып.2. – С. 631–636.
- Запрометов М.Н. Метаболизм фенольных соединений в растении // Биохимия. – 1977. – Т.42, вып.1. – С. 3–20.
- Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения. – М.: Наука, 1996. – 45с.
- Кабиев О.К., Балмуханов С.Б. Природные фенолы – перспективный класс противоопухолевых и радиопотенцирующих соединений. – М.: Медицина, 1975. – 189с.
- Каталог сортов нектарина коллекции Государственного Никитского ботанического сада / Сост. Шоферистов Е.П., Орехова В.П., Овчаренко Г.В. – Ялта, 1988. – 16с.
- Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. – Ялта, 1982. – 22с.
- Лукнер М. Вторичный метаболизм у микроорганизмов и животных. – М.: Мир, 1979. – 550с.
- Методы технокимического контроля в виноделии / Под ред. В.Г.Гержиковой. – Симферополь:

Таврида, 2002. – 259с.

Милованова Л.В., Радущинская И.П., Соколова С.А. и др. Формирование плодов персика и их биохимическая характеристика // Селекция и сортоизучение семечковых, косточковых, ягодных и орехоплодных культур. – Кишинев, 1975. – Сб.1. – С. 110–122.

Петров В.Ф., Сафонова Г.М., Перевозчиков А.Б. «Олексин» – лекарственное средство, получаемое из листьев персика // Четверта міжнародна конференція з медичної ботаніки: Тези доповідей. – К., 1997. – С.518.

Полонская А.К. Биопотенциал листьев некоторых плодовых культур в связи с перспективами его использования в лечебно-профилактической продукции // Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень: Мат. міжнар. наук. конф., присвяч. 90-річчю Дослідної станції лікарських рослин УААН. – К., 2006. – С. 325–329.

Полонская А.К., Ежов В.Н., Корнильев Г.В., Гребенникова О.А. Биологически активные вещества листьев некоторых плодовых культур в связи с перспективой их использования в пищевых продуктах // Ученые записки ТНУ им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2007. – Т.20 (59), №3. – С. 122–127.

Рогинский В.А. Фенольные антиоксиданты. – М.: Наука, 1988. – 243с.

Розмыслова А.Е., Симакина С.В. Биохимическое изучение перспективных сортов персика // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1978. – №10. – С. 59–60.

Хлопцева И.М. Особенности роста плодов персика разных сроков созревания // Труды по прикл. бот., ген. и сел. – Л., 1983. – Т.76. – С. 68–72.

Шалашвили А.Г. Метаболизм фенольных соединений в высших растениях // Второй съезд Всес. общ-ва физиологов растений: Тез. докл. – М., 1990. – С.97.

Шоферистов Е.П. Происхождение, генофонд и селекционное улучшение нектарина. Автореф. дисс ... д-ра биол. наук / Госуд. никит. ботан. сад. – Ялта, 1995. – 56с.

Andreotti C., Ravaglia D., Ragaini A., Costa G. Phenolic compounds in peach (*Prunus persica*) cultivars at harvest and during fruit maturation // Annals of appl. biol. – 2008. – №153 (1). – P. 11–23.

Drogoudi P.D., Tsiouridis C.G. Effects of cultivar and rootstock on the antioxidant content and physical characters of clingstone peaches // Sci. Hort. – 2007. – Vol.115 (1). – P. 34–39.

Fogle H.W., Faust M. Fruit growth and cracking in nectarines // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1976. – Vol.101, №4. – P. 434–439.

Hagerman A.E., Riedl K.M., Jones G.A. et al. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants // J. Agr. and Food Chem. – 1998. – Vol.46, №5. – P. 1887–1892.

Kefeli V.I., Kutacek M. Phenolic substances and their possible role in plant growth regulation // Plant growth regul.: Proc. 9th Int. conf. – Berlin, 1977. – P. 181–188.

Kubota N., Mimura H., Yakushiji H., Shimamura K. Astringency of peach fruit in different fruit parts, trees and orchards // Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University. – 1992. – №79. – P. 45–51.

Moriguchi T., Sanada T., Yamaki S. Seasonal fluctuations of some enzymes relating to sucrose and sorbitol metabolism in peach fruit // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1978. – Vol.103, №6. – P. 716–722.

Olsson L.C., Veit M., Weissenbock G., Bornman J.F. Differential flavonoid response to enhanced UV-B radiation in *Brassica napus* // Phytochemistry. – 1998. – Vol.40. – P. 1021–1028.

Sandhu S.S., Dhilon B.S. Comparison of fruit growth and endogenous metabolites in developing early and late peaches // J. Pes. Punjab Agric. Univ. – 1982. – Vol.19, №4. – P. 307–319.

Sandhu S.S., Dhilon B.S., Brar W.S. Changes in phenolic and antocyanins in developing fruits of early and late maturing peach cultivars // Prog. Hort. – 1984. – Vol.16, №3–4. – P. 257–264.

Sharma A.K. Studies of biochemical changes associated with growth and development of peach (*Prunus persica* Batsch) cv. 16 - 33 // Prog. Hort. – 1984. – Vol.16. – №3–4. – P. 234–237.

Zaprometov M.N., Maramorosh K., Sato G.H. The formation of phenolic compounds in plant cell and tissue cultures and possibility of its regulation // Advances in cell culture. – San Diego: Acad. Press, 1989. – Vol.7. – P. 201–215.

Представлено: О.О.Ріхтером / Presented by: O.O.Rikhter

Рекомендовано до друку: Л.О.Красільниковою / Recommended for publishing by: L.A.Krasilnikova

Подано до редакції / Received: 08.10.2009.

© Г.В.Корнільєв, В.М.Єжов, 2009
© G.V.Kornilyev, V.N.Ezhov, 2009