

УДК 634.73:581.19:581.522.4(476)

ЗАВИСИМОСТЬ КОМПОНЕНТОВ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ИНТРОДУЦЕНТОВ СЕМ. *ERICACEAE* ОТ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

**Ж.А. Рупасова, В.Н. Решетников, Т.И. Василевская,
А.П. Яковлев, Н.Б. Павловский**

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь,
e-mail: rupasova@basnet.by

РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты анализа в многолетнем цикле наблюдений сезонных изменений сильных корреляционных связей между показателями биохимического состава плодов трех видов сем. *Ericaceae* – голубики высокорослой, брусники обыкновенной и клюквы крупноплодной и характеристиками гидротермического режима сезона в условиях Белорусского Полесья, на основании которых выявлены доминирующие факторы и обозначены наиболее значимые сроки их воздействия на темпы накопления в плодах наибольшего количества полезных веществ.

Показано, что наибольшее число сильных прямых и обратных корреляционных связей со среднемесячной температурой воздуха у *V. corymbosum* L. приходилось на май-июль, у *Vaccinium vitis-idaea* L. – на август и у *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – на июль, что указывало на приоритетное значение данного температурного фактора в формировании биохимического состава их плодов именно в эти сроки. Наименьшее же влияние среднемесячной температуры воздуха на накопление в их плодах полезных веществ отмечено в сентябре. Наибольшее число выявленных за сезон тесных связей между содержанием в плодах полезных веществ и количеством атмосферных осадков у голубики приходилось на июль и сентябрь, тогда как у брусники и клюквы – на август.

Показана возможность прогнозирования у всех видов данного семейства предполагаемых изменений в темпах накопления в плодах отдельных соединений, в зависимости от изменения соответствующих характеристик гидротермического режима в период формирования их биохимического состава.

Ключевые слова: голубика высокорослая, брусника обыкновенная, клюква крупноплодная, сорта, биохимический состав плодов, органические кислоты, углеводы, биофлавоноиды, терпеноиды, макроэлементы, корреляционные связи, температура воздуха, количество осадков, гидротермический коэффициент, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим аспектом интродукционных исследований, связанных с сортоизучением ягодных растений, является сравнительная оценка биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений, дающая представление не только о его генотипических особенностях, но и о степени зависимости содержания в плодах полезных веществ от гидротермического режима сезона, в значительной мере определяющей их органолептические свойства. Рассмотрение данного аспекта ответной реакции интро-

дуцентов на воздействие метеорологических факторов представляется нам весьма актуальным, поскольку крайне неустойчивый характер погодных условий в период вегетации растений и созревания их плодов, свойственный белорусскому региону, может заметно повлиять на темпы накопления в них тех или иных соединений и тем самым оказать корректирующее действие на питательную и витаминную ценность ягодной продукции.

В связи с проведением интродукционных исследований с тремя видами сем. *Ericaceae* – голубикой высокорослой, брусникой обыкновенной и клюквой крупноплодной в условиях Белорусского Полесья, в 2006-2009 гг. сотрудниками Центрального ботанического сада НАН Беларуси была осуществлена комплексная сравнительная оценка биохимического состава плодов 30 таксонов данного семейства, в том числе 16 сортов *V. corymbosum* L. – Bluetta, Northblue, Weymouth, Duke, Reka, Earliblue, Spartan, Puru, Nui, Bluecrop, Northland, Patriot, Toro, Jersey, Elizabeth и Coville; 10 сортов *V. vitis-idaea* L. – Koralle, Red Pearl, Рубин, Erntedank, Erntesege, Erntekrone, Ammerland, Masovia, Sanna, Sussi и 4 сортов *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – Stevens, Ben Lear, Mc Farlin, Pilgrim по 27 показателям, отражающим параметры накопления в них ряда витаминов, органических кислот, углеводов, фенольных соединений, в том числе биофлавоноидов, обладающих Р-витаминной активностью, тритерпеноидов и макроэлементов. При этом была показана выраженная зависимость биохимического состава плодов перечисленных интродуцентов от комплексного воздействия абиотических факторов. Вместе с тем многолетний характер исследований предоставил возможность для дифференцированной оценки подобной зависимости каждого его показателя от основных характеристик гидротермического режима сезона, результаты которой были бы пригодны для использования в целях прогнозирования возможных изменений в содержании тех или иных соединений, в зависимости от сочетания метеорологических условий [1].

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ежемесячно с мая по сентябрь включительно на протяжении каждого вегетационного сезона в четырехлетнем цикле наблюдений исследовали структуру парных корреляционных связей между 27 показателями биохимического состава плодов *V. corymbosum* L., *V. vitis-idaea* L. и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. и следующими характеристиками гидротермического режима сезона – средней температурой воздуха, количеством атмосферных осадков, гидротермическим коэффициентом, а также суммой температур выше 0°C, 5°C, 10°C и 15°C с помощью программы Statistica v.6.0 [2].

Анализ погодной ситуации в годы исследований показал, что сезоны 2006 и 2007 гг. в целом характеризовались более теплой погодой, нежели в 2008 и 2009 гг. При этом вегетационные периоды 2006 и 2008 гг. были отмечены умеренным выпадением атмосферных осадков, тогда как наиболее «влажным» оказался сезон 2007 г., а наиболее «засушливым» – сезон 2009 г. Разумеется, различия погодных условий в период формирования биохимического состава плодов исследуемых интродуцентов заметно отразились на темпах накопления в них отдельных соединений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе выявленных корреляционных связей мы ориентировались исключительно на наиболее тесные из них, определяемые абсолютными значениями коэффициента корреляции $r > 0,70$. При этом связи, выявленные между анализируемыми признаками и суммарными значениями температур выше 0°C , 5°C , 10°C и 15°C в летние месяцы, оказались абсолютно подобными между собой, что позволило представлять полученные для них результаты в обобщенном виде.

Оказалось, что из 729 статистических связей, отраженных в соответствующих матрицах, на долю наиболее сильных приходилось: в плодах *V. corymbosum* L. 167, или 22,9%, *V. vitis-idaea* L. – 194, или 26,6% и *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – 188, или 25,8%. Остальная часть корреляционных связей характеризовалась средней, умеренной, слабой и очень слабой силой. Несмотря на сходство приведенных показателей, все же нельзя не отметить, что в структуре корреляционных связей между компонентами биохимического состава плодов и характеристиками гидротермического режима сезона наименьшим долевым участием наиболее тесных связей отличалась голубика высоко-рослая при примерно одинаковом их аналогичном участии у брусники обыкновенной и клюквы крупноплодной.

На наш взгляд, ориентируясь на данные таблиц 1 и 2, по направлению выявленных связей можно прогнозировать возможные изменения в биохимическом составе плодов исследуемых видов сем. *Ericaceae* при соответствующих изменениях того или иного метеорологического показателя. При этом в подавляющем большинстве случаев наиболее тесные связи между анализируемыми признаками носили индивидуальный для каждого вида характер, что свидетельствовало об их выраженной видоспецифичности, и лишь для незначительной их части отмечено совпадение у двух либо у трех видов данного семейства. При этом из общего количества выявленных в трех матрицах сильных связей (549) наибольшим количеством совпадений отмечены корреляционные связи в плодах брусники и клюквы (45, или 8,2%), тогда как наименьшим (7, или 1,3%) – в плодах голубики и клюквы, при промежуточном, причем одинаковом количестве совпадений (по 24, или по 4,4%) в плодах голубики и брусники, а также в плодах всех трех исследуемых видов.

Таким образом, в структуре корреляционных связей между показателями биохимического состава плодов интродуцентов и характеристиками гидротермического режима сезона на долю тесных связей, одновременно проявившихся у двух либо трех видов Вересковых, приходилось лишь 18,3% их общего количества. Несмотря на это, их наличие, тем не менее, указывает на сходство ответной реакции исследуемых интродуцентов на изменение того или иного гидротермического параметра. Наиболее выраженная общность данных связей у брусники и клюквы, на наш взгляд, обусловлена близостью сроков созревания их плодов, а также принадлежностью данных видов к вечнозеленым кустарничкам, в отличие от голубики высокой, являющейся листопадным растением.

Обращает на себя внимание значительное количество сильных связей между показателями биохимического состава плодов Вересковых и характеристиками гидротермического режима в мае и июне, когда плоды, по сути, еще находятся в зачаточном состоянии. На наш взгляд, эти связи имеют преимущественно прогнозный характер и указывают на наличие определенных предпосылок для протекания синтетических процессов в формирующихся плодах в том или ином направлении, в зависимости от сочетания погодных факторов в данный период. Разумеется, последующие изменения гид-

ротермического режима, в свою очередь, могут оказать в дальнейшем заметное корректирующее действие на темпы накопления в плодах тех или иных соединений, в соответствии с силой и направлением выявленных зависимостей в структуре корреляционных связей.

Анализ сходных у исследуемых интродуцентов тесных связей между характеристиками биохимического состава плодов и температурным фактором (таблицы 1 и 2) показал, что при повышении среднемесячной температуры в мае и июне можно ожидать увеличения значений сахарокислотного индекса плодов всех видов Вересковых, при активизации накопления фенолкарбоновых кислот в плодах брусники и клюквы и ослаблении накопления магния в плодах голубики и брусники. Повышение же июльской температуры должно активизировать накопление гидропектина в плодах брусники и клюквы, а также фосфора в плодах голубики и брусники, но ослабить при этом биосинтез лигнина в плодах брусники и клюквы и поступление азота и кальция в плоды голубики и клюквы, а также калия в плоды голубики и брусники. При повышении же средней температуры августа следует ожидать усиления накопления кальция в плодах голубики и брусники, тогда как в плодах брусники и клюквы – увеличения содержания сухих веществ и фенолкарбоновых кислот, при одновременном снижении содержания в них свободных органических и тритерпеновых кислот, сопровождаемом улучшением их органолептических свойств. Более высокая, чем обычно, средняя температура воздуха в сентябре должна способствовать накоплению дубильных веществ в плодах брусники и клюквы, а также снижению содержания азота в плодах голубики и брусники.

Анализ структуры корреляционных связей выявил существенное влияние на биохимический состав плодов исследуемых видов сем. *Ericaceae* суммарных значений положительных температур воздуха, в том числе активных – выше 10°C и 15°C. Установлено, что при увеличении их майских значений, независимо от уровня градации, а также сентябрьских значений для суммы температур выше 5°C и 10°C можно прогнозировать усиление накопления глюкозы в плодах брусники и клюквы, а также катехинов в плодах голубики и брусники, на фоне обеднения плодов брусники и клюквы бензойной кислотой, а также плодов всех Вересковых дубильными веществами. Наряду с этим установлена тесная обратная зависимость между сентябрьской суммой активных температур выше 10°C и содержанием в плодах голубики и клюквы собственно антоцианов, флавонолов и бензойной кислоты, а также калия и магния в плодах голубики и брусники.

Общность ответной реакции исследуемых интродуцентов на изменение режима выпадения атмосферных осадков, как и температурного фактора, проявилась также весьма отчетливо. Как следует из данных таблицы 1 и 2, увеличение их количества в мае должно способствовать усилению накопления сухих веществ в плодах голубики и клюквы и снижению содержания дисахарида в плодах голубики и брусники. Обилие атмосферных осадков в июне должно активизировать биосинтез бензойной кислоты в плодах брусники и клюквы, а также дубильных веществ в плодах всех видов Вересковых. Повышенное количество осадков в июле будет способствовать улучшению органолептических свойств плодов брусники и клюквы и накоплению в них фенолкарбоновых кислот, на фоне ограничения поступления магния в плоды голубики и брусники. Обилие влаги в августе должно обусловить активизацию биосинтеза гидропектина и тритерпеновых кислот в плодах брусники и клюквы, на фоне их обеднения фруктозой, бензойной кислотой и лигнинами, при ухудшении вкусовых свойств, но вместе с тем должно усилить накопление витамина С и фосфора в плодах голубики и брусники и ослабить поступление кальция в плоды всех видов Вересковых. Обилие атмосферных осадков в сентябре будет способствовать обогащению плодов брусники и клюквы флавонолами, но обеднению плодов голубики и брусники сахарозой.

Поскольку гидротермический коэффициент (ГТК) является производным показателем, определяемым отношением количества выпавших осадков к увеличенной на порядок среднемесячной температуре воздуха, то в структуре его корреляционных связей с характеристиками биохимического состава плодов Вересковых нашли опосредованное отражение также соответствующие их взаимодействия с исходными факторами. Анализ сильных прямых и обратных связей данных характеристик с ГТК выявил их абсолютную идентичность с установленными для количества атмосферных осадков в летне-осенний период, при существенных различиях с ним в мае. Как следует из данных таблицы 1 и 2, увеличение значений данного расчетного показателя в этом месяце может косвенно свидетельствовать об усилении поступления калия и магния в плоды всех видов Вересковых, а также об активизации накопления свободных органических кислот в плодах голубики и клюквы и флавонолов в плодах брусники и клюквы.

Вместе с тем, как было показано выше, подавляющее число (более 80%) тесных корреляционных связей между показателями биохимического состава плодов интродуцентов и характеристиками гидротермического режима сезона отличались выраженной видоспецифичностью, обусловленной особенностями метаболизма каждого вида Вересковых, что позволяло выявить доминирующие факторы внешних воздействий на темпы накопления в них наибольшего количества полезных веществ.

На основании данных таблицы 1 и 2, для каждого исследуемого вида было определено общее количество сильных прямых и обратных корреляционных связей между компонентами биохимического состава плодов и отдельными характеристиками гидротермического режима вегетационного периода, приведенное в таблице 3.

Анализ этих материалов выявил наличие заметных межвидовых различий сезонной зависимости биохимического состава плодов интродуцентов от обозначенных факторов внешней среды. К примеру, при практически одинаковом у всех исследуемых видов количестве выявленных за вегетационный период сильных прямых и обратных корреляционных связей со среднемесячной температурой воздуха (37-38), наибольшее их число у *V. corymbosum* L. приходилось на май-июль, у *Vaccinium vitis-idaea* L. – на август и у *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – на июль, что указывало на приоритетное значение данного температурного фактора в формировании биохимического состава их плодов именно в эти сроки. Так, возвращаясь к данным таблиц 1 и 2, при более высоких, чем обычно, значениях средней температуры воздуха в мае-июле можно ожидать улучшения органолептических свойств формирующихся плодов голубики, а также ингибирования в них биосинтеза свободных органических кислот, протопектина, обеих фракций антоциановых пигментов, флавонолов и жирных масел, при ограничении поступления магния. Повышенный, относительно многолетней нормы, температурный фон в августе должен способствовать активизации накопления в плодах брусники кальция, фруктозы и растворимых сахаров в целом, фенолкарбоновых и бензойной кислот, при снижении содержания в них фосфора, свободных органических и тритерпеновых кислот, собственно антоцианов и флавонолов. При более высокой, чем обычно, средней температуре воздуха в июле можно прогнозировать усиление накопления в плодах клюквы крупноплодной гидропектина, лейкоантоцианов, катехинов и тритерпеновых кислот, но ослабление при этом биосинтеза фруктозы и сахарозы, флавонолов и лигнинов, сопровождаемое ограничением поступления в них азота и кальция. Разумеется, при пониженном, относительно средней многолетней нормы, температурном фоне в данные месяцы в плодах всех исследуемых объектов будет наблюдаться противоположная этой картина.

Таблица 1 – Проявления сильной ($r > 0,70$) положительной корреляционной связи между компонентами биохимического состава плодов таксонов сем. *Ericaceae* и характеристиками гидротермического режима вегетационного периода в многолетнем цикле наблюдений

	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹	7 ¹	8 ¹	9 ¹	10 ¹	11 ¹	12 ¹	13 ¹	14 ¹	15 ¹	16 ¹	17 ¹	18 ¹	19 ¹	20 ¹	21 ¹	22 ¹	23 ¹	24 ¹	25 ¹	26 ¹	27 ¹	
1	Б	Б		БК		ГК		Б		Г			Б		Г													
2			Б			К			Б	К	ГК			Б	К													
3			Б		К	Г	К		ГБ		Г	К		ГБ														
4	К	К				Б		К	Г				К	Г		БК	Б	Б	БК	Б	БК	БК	Б	К	БК	Б	Б	Б
5	Б	Б	Г	Б				Б					Б															
6			Г		Г																							
7	Б	Б	Г	Б				Б					Б															
8	ГБ	ГБ		БК				БК					БК											Г				
9			БК						БК					БК					К		К			К	К			
10	Б	Б		К				Б																				
11			Б	К						Г									Б									
12					К		К		Б	Г	Г	К		Б	Г													
13			К		К	Г	К			Г	Г	К			Г	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
14			К		К											ГБ			ГБ		ГБ	ГБ		ГБ	ГБ			Б

Продолжение таблицы 1

	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹	7 ¹	8 ¹	9 ¹	10 ¹	11 ¹	12 ¹	13 ¹	14 ¹	15 ¹	16 ¹	17 ¹	18 ¹	19 ¹	20 ¹	21 ¹	22 ¹	23 ¹	24 ¹	25 ¹	26 ¹	27 ¹	
15						Б				БК	БК						Б						Б			Б		
16			Г						Г		К			Г		Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
17	БК	БК		БК			Г	БК				Г	БК															
18				Б			БК				Г	БК																
19					БК		ГБ	К				ГБ	К															
20																								Г				
21			Б		Г		Г		Б			Г		Б		К	К	К	К	К	К	К	К	БК	К	К	К	К
22			К						БК					БК		Г			Г		Г	Г		Г	Г	Г	Г	Г
23	К	К		К				К		Г			К		Г	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К
24			ГБ						ГБ					ГБ														
25										Г	ГБ				Г													
26				ГБ																								
27										К	ГБК				К													

Окончание таблицы 1

	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹	7 ¹	8 ¹	9 ¹	10 ¹	11 ¹	12 ¹	13 ¹	14 ¹	15 ¹	16 ¹	17 ¹	18 ¹	19 ¹	20 ¹	21 ¹	22 ¹	23 ¹	24 ¹	25 ¹	26 ¹	27 ¹	
Г	1	1	5	1	2	3	3	-	4	5	9	3	-	4	5	2	-	-	2	-	2	2	-	4	2	-	1	
Б	6	6	6	7	1	2	2	6	7	1	3	2	5	7	1	5	5	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
К	4	4	4	6	5	2	5	4	2	3	5	5	4	2	3	2	1	1	3	1	3	2	1	3	3	1	1	1

Примечания: 1) 1 – сухие вещества; 2 – свободные органические кислоты; 3 – аскорбиновая кислота; 4 – глюкоза; 5 – фруктоза; 6 – сахароза; 7 – сумма растворимых сахаров; 8 – сахарокислотный индекс; 9 – гидропектин; 10 – протопектин; 11 – сумма пектиновых веществ; 12 – собственно антоцианы; 13 – лейкоантоцианы; 14 – катехины; 15 – флавонолы; 16 – сумма биофлавоноидов; 17 – фенол-карбоновые кислоты; 18 – бензойная кислота; 19 – дубильные вещества; 20 – лигнины; 21 – жирные масла; 22 – триглицериды; 23 – азот; 24 – фосфор; 25 – калий; 26 – кальций; 27 – магний.

2) Г – *V. corymbosum* L., Б – *Vaccinium vitis-idaea* L., К – *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.

3) 1¹-5¹ – среднемесячная температура воздуха, °С (май-сентябрь); 6¹ – 10¹ – количество атмосферных осадков (май-сентябрь); 11¹ – 15¹ – гидротермический коэффициент (май-сентябрь); 16¹ – 18¹ – сумма температур воздуха выше 0 °С (май, июнь-август, сентябрь); 19¹ – 21¹ – сумма температур воздуха выше 5°С (май, июль-август, сентябрь); 22¹ – 24¹ – сумма активных температур воздуха выше 10°С (май, июль-август, сентябрь); 25¹ – 27¹ – сумма активных температур воздуха выше 15°С (май, июль-август, сентябрь).

Таблица 2 – Проявления сильной ($r > 0,70$) отрицательной корреляционной связи между компонентами биохимического состава плодов таксонов сем. *Elicaceae* и характеристиками гидротермического режима вегетационного периода в многолетнем цикле наблюдений

	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹	7 ¹	8 ¹	9 ¹	10 ¹	11 ¹	12 ¹	13 ¹	14 ¹	15 ¹	16 ¹	17 ¹	18 ¹	19 ¹	20 ¹	21 ¹	22 ¹	23 ¹	24 ¹	25 ¹	26 ¹	27 ¹		
1					Г				Б	К	К			Б	К														
2	Г	Г		БК				Г				Г												Г					
3				Г												К	К	К		К	К		К			К	К	К	
4				Г			Б																				Б	Б	
5			К						БК	Г				БК	Г				К	К	К			К					
6			К			ГБ			К	ГБ	Б			К	ГБ														
7			К						К	Г				К	Г														
8									БК	Г	Г			БК															
9			Г						Г					Г		Г			Г		Г	Г		Г		Г			Г
10	Г	Г		Г				Г	К	Б	Б		Г	К	Б														
11	Г	Г				К		Г	К			Г		К										Г					
12	Г	Г		Б				Г								К	К	К	К	К	К	К	К	ГК	К	К	К	К	К
13	Г	Г		Г		К	Б			К		Б			К														

Продолжение таблицы 2

	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹	7 ¹	8 ¹	9 ¹	10 ¹	11 ¹	12 ¹	13 ¹	14 ¹	15 ¹	16 ¹	17 ¹	18 ¹	19 ¹	20 ¹	21 ¹	22 ¹	23 ¹	24 ¹	25 ¹	26 ¹	27 ¹		
14								К					К																
15	Г	Г	К	Б	Б		Б	Г				Б	Г		Г			Г	Г		Г			ГК	Г			Г	
16	К	К					Б	К				Б	К						К		К			К	К				
17						К			Б	К	К			Б	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	
18	Г	Г				Б		Г	БК				Г	БК		БК	БК	БК	ГБ	БК	К	БК	БК	ГК	ГБ	К	БК	БК	
19																ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	ГБ	К	К
20									БК		Г			БК															
21		Г					К	Г			К		Г																
22	К	К		БК				К					К																
23			ГК		ГБ		Б		К			Б		К															
24	К	К		Б				К					К																
25			ГБ											ГБК										ГБК					
26			ГК						ГБК																				
27	ГБ	ГБ						ГБ					ГБ						ГБ		ГБ								

Окончание таблицы 2

	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹	7 ¹	8 ¹	9 ¹	10 ¹	11 ¹	12 ¹	13 ¹	14 ¹	15 ¹	16 ¹	17 ¹	18 ¹	19 ¹	20 ¹	21 ¹	22 ¹	23 ¹	24 ¹	25 ¹	26 ¹	27 ¹
Г	8	9	4	4	2	1	-	8	2	4	2	-	7	2	3	4	2	3	6	2	6	4	2	10	5	2	4
Б	1	1	2	5	2	2	5	1	7	2	2	5	1	7	2	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2
К	3	3	7	2	-	3	1	4	10	3	2	1	4	10	2	4	4	4	5	4	6	3	4	7	4	4	4

Примечания: 1) 1 – сухие вещества; 2 – свободные органические кислоты; 3 – аскорбиновая кислота; 4 – глюкоза; 5 – фруктоза; 6 – сахара; 7 – сумма растворимых сахаров; 8 – сахарокислотный индекс; 9 – гидропектин; 10 – протопектин; 11 – сумма пектиновых веществ; 12 – собственно антоцианы; 13 – лейкоантоцианы; 14 – катехины; 15 – флавонолы; 16 – сумма биофлавоноидов; 17 – фенолкарбоновые кислоты; 18 – бензойная кислота; 19 – дубильные вещества; 20 – лигнины; 21 – жирные масла; 22 – тритерпеновые кислоты; 23 – азот; 24 – фосфор; 25 – калий; 26 – кальций; 27 – магний.

2) Г – *V. corymbosum* L., Б – *Vaccinium vitis-idaea* L., К – *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.

3) 1¹ – 5¹ – среднемесячная температура воздуха, °С (май-сентябрь); 6¹ – 10¹ – количество атмосферных осадков (май-сентябрь); 11¹ – 15¹ – гидротермический коэффициент (май-сентябрь); 16¹ – 18¹ – сумма температур воздуха выше 0°С (май, июнь-август, сентябрь); 19¹ – 21¹ – сумма температур воздуха выше 5°С (май, июль-август, сентябрь); 22¹ – 24¹ – сумма активных температур воздуха выше 10°С (май, июль-август, сентябрь); 25¹ – 27¹ – сумма активных температур воздуха выше 15°С (май, июль-август, сентябрь).

Таблица 3 – Количество сильных ($r > 0,70$) корреляционных связей между компонентами биохимического состава плодов таксонов сем. *Eticaseae* и характеристиками гидротермического режима вегетационного периода в многолетнем цикле наблюдений

Вид	Среднемесячная температура воздуха, °С					Количество атмосферных осадков, мм					Гидротермический коэффициент				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
<i>V. corymbosum</i> L.	9	10	9	5	4	4	3	8	6	9	11	3	7	6	8
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	7	7	8	12	3	4	7	7	14	3	5	7	6	14	3
<i>Oxycoccus macrocarpus</i> (Ait.) Pers.	7	7	11	8	5	5	6	8	12	6	7	6	8	12	5

Вид	Сумма температур воздуха выше 0°С			Сумма температур воздуха выше 5°С			Сумма температур воздуха выше 10°С			Сумма температур воздуха выше 15°С		
	V	VI-VIII	IX	V	VI-VIII	IX	V	VI-VIII	IX	V	VI-VIII	IX
<i>V. corymbosum</i> L.	6	2	3	8	2	8	6	2	14	7	2	5
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	7	7	6	9	7	8	7	7	8	7	7	7
<i>Oxycoccus macrocarpus</i> (Ait.) Pers.	6	5	5	8	5	9	5	5	10	7	5	5

Наименьшее же влияние среднемесячной температуры воздуха на накопление полезных веществ в плодах всех трех видов Вересковых отмечено в сентябре. При этом в мае и сентябре установлена наиболее выраженная зависимость их биохимического состава от суммы температур выше 5°C, в сентябре – от суммы температур выше 10°C и в мае – от суммы температур выше 15 °C. Для двух последних градаций температуры наиболее выразительно данная зависимость проявилась в плодах голубики и клюквы. В наименьшей степени сезонные различия в уровне данной зависимости обозначились для суммы температур выше 0°C. Исключением в этом плане явились плоды *V. corymbosum* L., характеризовавшиеся в мае наибольшим количеством тесных связей их биохимического состава с данным метеорологическим фактором.

Возвращаясь к данным таблицы 3, нетрудно убедиться, что весьма контрастными оказались внутрисезонные различия зависимости биохимического состава плодов Вересковых не только от температурного фактора, но и от режима выпадения атмосферных осадков. При общем количестве выявленных с ним у исследуемых видов за вегетационный период тесных прямых и обратных корреляционных связей (от 30 у голубики до 35 и 37 у брусники и клюквы), наибольшее их число у первой приходилось на июль и сентябрь, тогда как у вторых – на август. Ориентируясь на данные таблицы 1 и 2, можно предположить, что обилие осадков в июле должно способствовать обеднению плодов голубики высокорослой бензойной и свободными органическими кислотами, протопектином, собственно антоцианами, флавонолами и растительными липидами, при ограничении поступления в них магния, тогда как при чрезмерно дождливой погоде в сентябре следует ожидать обогащения плодов данного вида азотом и калием, сухими веществами, собственно антоцианами и лейкоантоцианами, на фоне снижения содержания в них растворимых сахаров, в том числе фруктозы и сахарозы, а также ухудшения их органолептических свойств. Обильное выпадение атмосферных осадков в августе позволяет прогнозировать усиление накопления в плодах брусники обыкновенно фосфора, свободных органических, аскорбиновой и тритерпеновых кислот, гидропектина, собственно антоцианов и жирных масел, на фоне ослабления накопления в них кальция, сухих веществ, бензойной и фенолкарбоновых кислот, лигнинов, фруктозы и ухудшения их вкусовых свойств. При этом в плодах клюквы крупноплодной следует ожидать увеличения содержания лишь гидропектина и тритерпеновых кислот, при одновременном снижении содержания в них азота, кальция, протопектина и пектиновых веществ в целом, бензойной кислоты, лигнинов, растворимых сахаров, в том числе фруктозы и сахарозы, а также ухудшения их органолептических свойств.

ВЫВОДЫ

1. На основании анализа сезонных изменений сильных корреляционных связей между показателями биохимического состава плодов интродуцентов и характеристиками гидротермического режима сезона выявлены доминирующие факторы и обозначены наиболее значимые сроки их воздействия на темпы накопления в плодах наибольшего количества полезных веществ.

Показано, что при практически одинаковом у видов сем. *Ericaceae* количестве выявленных за вегетационный период сильных прямых и обратных корреляционных связей со среднемесячной температурой воздуха (37-38), наибольшее их число у *V. corymbosum* L. приходилось на май-июль., у *Vaccinium vitis-idaea* L. – на август и у *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. – на июль, что указывало на приоритетное значение данного температурного фактора в формировании биохимического состава их плодов именно в эти сроки. Наименьшее же влияние среднемесячной температуры воздуха на накопление в их плодах полезных веществ отмечено в сентябре.

2. В мае и сентябре установлена наиболее выраженная зависимость биохимического состава плодов всех видов Вересковых от суммы температур выше 5°C, в сентябре – от суммы температур выше 10°C и в мае – от суммы температур выше 15°C. Для двух последних градаций температуры наиболее выразительно данная зависимость проявилась в плодах голубики и клюквы. В наименьшей степени сезонные различия в уровне данной зависимости обозначились для суммы температур выше 0°C.

3. При общем количестве выявленных за вегетационный период у исследуемых видов тесных связей между содержанием в плодах полезных веществ и количеством атмосферных осадков (от 30 у голубики до 35 и 37 у брусники и клюквы), наибольшее их число у первой из них приходилось на июль и сентябрь, тогда как у вторых – на август.

4. Показана возможность прогнозирования у всех видов Вересковых предполагаемых изменений в темпах накопления в плодах отдельных соединений, в зависимости от изменения соответствующих характеристик гидротермического режима в период формирования их биохимического состава.

Литература

1. Генотипические различия вариабельности биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Vacciniaceae* в зависимости от абиотических факторов в условиях Беларуси / Ж.А. Рупасова [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2010. – № 1. – С. 60-70.

2. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 256 с.

CORRELATION OF INGREDIENTS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS ALIEN CROPS FAMILY *ERICACEAE* FROM THE HYDROTHERMAL REGIME OF THE VEGETATION PERIOD IN THE CONDITIONS OF BELARUS

Z.A. Rupasova, V.N. Reshetnikov, T.I. Vasilevskaja,
A.P. Yakovlev, N.B. Pavlovsky

ABSTRACT

In a perennial cycle of observation results of analysis of seasonal changes of intense correlation between indexes of a biochemical compound of fruits of a highbush blueberry, a lingonberry, a large cranberry in the conditions of the Byelorussian Polesye and characteristics of a hydrothermal regime of a season are introduced in the article. Predominant factors of meteoconditions were revealed and also the most significant terms of their influence on rates of accumulation in fruits of the greatest quantity of beneficial materials were designated.

Possibility of forecasting at all kinds of the given family of prospective changes in rates of accumulation in fruits of separate compounds, depending on change of the conforming characteristics of a hydrothermal regime in formation of their biochemical composition was shown.

Key words: blueberry, red bilberry, cranberry, varieties, biochemical fruit composition, organic acids, carbonhydrates, bioflavonoid, terpenoid, major mineral elements, correlation links, air temperature, precipitation, hydrothermic coefficient, Belarus.

Дата поступления статьи в редакцию 11.03.2011