

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ГЛАВНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД

---

БЮЛЛЕТЕНЬ  
ГЛАВНОГО  
БОТАНИЧЕСКОГО  
САДА

*Выпуск 151*



МОСКВА  
НАУКА  
1989

В выпуске обсуждаются аспекты деятельности ботанических садов СССР, приведены итоги интродукции липы в Донбассе и Крыму, жимолости грузинской на Апшероне, пырейника собачьего в средней полосе РСФСР. Уточнена систематика двух дальневосточных видов аконита и боярышника с полуострова Мангышлак, сообщается о редком эндеме острова Ольхон — астрагале ольхонском и новых адвентивных видах флоры Московской области. Предложен метод количественного определения белковых фракций семян некоторых растений на автоматическом анализаторе, изучено изменение содержания эфирного масла в онтогенезе мяты, исследованы жизненные формы у филипендулы, а также динамика накопления лейкоантоцианов в растениях клюквы. Помещена информация о поездке советских ботаников в КНДР, о сессии Среднеазиатского регионального совета ботанических садов СССР, дендрарии Института леса и древесины.

Выпуск рассчитан на интродукторов, флористов, морфологов, физиологов.

Ответственный редактор  
член-корреспондент АН СССР  
Л. Н. АНДРЕЕВ

Редакционная коллегия:

*В. Н. Былов, В. Н. Ворошилов, Б. Н. Головкин (зам. отв. редактора),  
Г. Н. Зайцев, И. А. Иванова, З. Е. Кузьмин, В. Ф. Любимова,  
Л. С. Плотникова, Ю. В. Синадский, А. К. Скворцов,  
В. Г. Шатко (отв. секретарь)*

Рецензенты:

*С. Е. Коровин, И. И. Русанович*

## НАКОПЛЕНИЕ ЛЕЙКОАНТОЦИАНОВ В РАСТЕНИЯХ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ

*Е. А. Сидорович, Ж. А. Рупасова, В. А. Игнатенко*

Клюква крупноплодная является ценным лекарственным сырьем. Ее целебные свойства в значительной мере обусловлены содержанием в фенольном комплексе соединений, обладающих Р-витаминным действием, в том числе лейкоантоцианов. Поскольку плодоношение клюквы крупноплодной наступает лишь на третьем-четвертом году жизни, то определенный интерес представляет изучение динамики накопления этих соединений в вегетативных органах растения в процессе развития.

Изучение данного вопроса проводили в течение четырех вегетационных сезонов (1982—1985 гг.) на промышленной плантации клюквы крупноплодной в Ганцевичском районе Брестской области БССР. Для посадки были использованы стеблевые черенки растений сортов Раинего Черного (раннеспелый сорт) и Ховес (позднеспелый). Агротехника возделывания клюквы и методы отбора проб для анализов опубликованы нами ранее [1]. Растения выращивали на верховом торфе в условиях единого агротехнического фона, но с применением оптимизированного [2] и контрольного [3] режимов минерального питания. В вегетативных стелющихся побегах и их листьях, и генеративных прямостоячих побегах и их листьях, корнях, плодах (у четырехлетних растений), высушенных при температуре 65°, определяли суммарное содержание антоциановых пигментов по методу Т. Суэйна и В. Хиллиса [4], а также содержание антоцианов по методу Л. О. Шнайдемана и В. С. Афанасьевой [5]. Разность значений данных показателей соответствовала содержанию лейкоантоцианов.

Нами установлено, что клюква крупноплодная характеризуется сравнительно невысоким содержанием лейкоантоцианов, в десятки раз уступающим содержанию флавонолов и катехинов. На протяжении всего цикла развития растений больше всего этих соединений накапливалось в листьях, поскольку основными центрами синтеза полифенолов являются хлоропласты [6]. Содержание лейкоантоцианов в стеблях и корнях было примерно одинаковым, но вдвое меньше, чем в листьях. Минимальный уровень накопления этих соединений был у плодов.

Концентрация лейкоантоцианов в вегетативных органах изменялась на протяжении каждого вегетационного периода. Рассмотрим характер этих изменений у растений обоих сортов в оптимизированном варианте опыта. У растений сорта Ховес в течение первого сезона развития содержание лейкоантоцианов в листьях варьировало в сравнительно узком диапазоне значений, однако в октябре произошло его резкое (более чем в три раза) снижение (рис. 1, а). Это обусловлено, с одной стороны, их частичным использованием на образование антоцианов [7], биосинтез которых значительно активизировался в это время, с другой — расходом на лигнизацию вегетативных органов и образование в них других полимерных структур [8]. Эти превращения в значительной мере должны способствовать повышению морозоустойчивости растений, что особенно важно для их успешной перезимовки в более жестких, чем на родине в США, климатических условиях.

В побегах снижение концентрации лейкоантоцианов в октябре имело менее выраженный, чем в листьях, характер.

К началу второй вегетации (1983 г.) содержание лейкоантоцианов выросло в листьях — в 5,2, в побегах — в 2,0, в корнях — в 3,9 раза. Активизация ростовых процессов в июне — июле 1983 г. сопровождалась снижением содержания лейкоантоцианов попеременно в прошлогодних и молодых листьях, что может быть связано как с частичной полимеризацией этих веществ на месте, так и с перераспределением исходных продуктов их синтеза в побеги для образования в последних опорных и

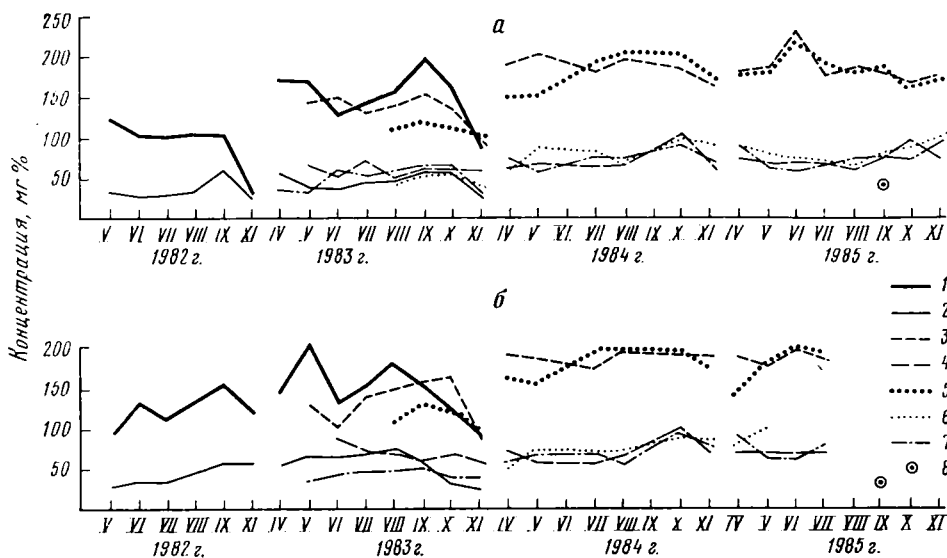


Рис. 1. Концентрация лейкоантоцианов в органах клюквы крупноплодной в оптимизированном варианте опыта

*a* — 'Ховес', *б* — 'Ранний Черный'; 1 — листья 1982 г., 2 — побеги 1982 г., 3 — листья стелющихся побегов, 4 — побеги стелющиеся, 5 — листья прямостоячих побегов, 6 — побеги прямостоячие, 7 — корни, 8 — плоды

защитных структур. В дальнейшем преобладали процессы накопления лейкоантоцианов во всех частях растений, завершившиеся в листьях в конце сентября, в побегах и корнях — на месяц позднее. С наибольшей активностью биосинтез этих соединений происходил в прошлогодних листьях, максимальные концентрации их превышали таковые в листьях молодых стелющихся и прямостоячих побегов соответственно в 1,2 и 1,6 раза.

Начавшееся в октябре снижение содержания лейкоантоцианов в листьях особенно активизировалось в ноябре. В побегах и корнях оно протекало намного слабее. Как и в предыдущий год наблюдений, за второй зимний период 1983/84 г. существенно увеличилась концентрация лейкоантоцианов во всех органах, что скорее связано со сдвигом у молодых, формирующихся растений клюквы соотношения альтернативных путей окисления глюкозы в сторону пентозо-фосфатного шунта и сопровождается накоплением значительных количеств восстановленных форм соединений [9], к которым относятся и лейкоантоцианы [6, 7]. Этот механизм регуляции в энергетическом обмене растительных организмов имеет приспособительное значение для поддержания жизненных функций в экстремальных условиях пониженных температур.

Третий сезон развития растений клюквы характеризовался началом их вступления в фазу плодоношения с реализацией лишь незначительной части их репродуктивных возможностей. В период цветения и плодообразования, приходящийся на июнь — июль, происходило чрезвычайно интенсивное накопление лейкоантоцианов в листьях прямостоячих (генеративных) побегов, в значительной мере связанное с перераспределением исходных продуктов их биосинтеза из листьев стелющихся (вегетативных) побегов. Это обусловлено необходимостью обеспечения ими репродуктивных и формирующихся генеративных органов, что подтверждается высоким уровнем накопления лейкоантоцианов в цветках, достигающим 195 мг на 100 г сухого вещества. Содержание лейкоантоцианов в побегах в это время оставалось неизменным, причем в прямостоячих оно было в 1,3 раза выше, чем в стелющихся.

Во второй половине вегетационного периода концентрация лейкоантоцианов в листьях варьировала в крайне узком диапазоне значений,

тогда как в побегах и корнях она нарастала до конца октября. Однако в ноябре, как и в предыдущие годы, наблюдалось ее снижение во всех органах растений клюквы, причем в листьях оно происходило значительно слабее, чем раньше. За третий зимний период 1984/85 г., характеризовавшийся чрезвычайно низкими температурами воздуха и почвы, содержание лейкоантоцианов во всех частях фитомассы практически не изменилось, что может быть связано как с подавлением их биосинтеза в условиях суровой зимы, так и с возрастной стабилизацией их фенольного комплекса. В пользу последнего свидетельствует тот факт, что из года в год по мере взросления растений происходило постепенное повышение уровня содержания лейкоантоцианов во всех органах. Однако это повышение происходило лишь в течение первых трех лет жизни опытных растений (рис. 1, а).

На четвертом году развития растений концентрации лейкоантоцианов в вегетативных органах колебались примерно в том же диапазоне значений, что и на третьем году. Очевидно, ко времени вступления клюквы в репродуктивный период развития в основных чертах завершается формирование ее фенольного комплекса, что в сочетании с адаптацией растений к местным условиям придает ему относительно сбалансированную структуру. На это же указывает и сходный характер динамики накопления лейкоантоцианов в побегах и корнях в течение третьего и четвертого вегетационных периодов. В то же время в сезонном ходе их накопления в ассимилирующих органах проявились существенные отличия, состоящие в резкой активизации биосинтеза лейкоантоцианов в листьях прямостоячих и стелющихся побегов в период цветения на четвертом году жизни с последующим снижением их содержания, имевшим устойчивый характер до глубокой осени. Лишь в период созревания плодов (август, сентябрь) наблюдалась временная стабилизация уровня их накопления. На четвертом году развития растений клюквы крупноплодной в большей степени, чем на третьем, реализуются ее репродуктивные возможности. Это, очевидно, и влияет на характер динамики накопления лейкоантоцианов в листьях.

На протяжении всего цикла развития растений концентрация лейкоантоцианов в самых молодых листьях была несколько ниже, чем в сформировавшихся. Содержание этих соединений в плодах значительно уступало содержанию в вегетативных органах, особенно в листьях, и составляло около 40 мг на 100 г сухого вещества.

Изучение особенностей накопления лейкоантоцианов в растениях раннеспелого сорта Ранний Черный показало, что не только размеры аккумуляции и порядок распределения этих соединений в органах растения совпадают с установленными для позднеспелого сорта Ховес, но также прослеживается общность и в характере сезонной динамики их накопления (рис. 1, б).

Вместе с тем в ней проявились некоторые специфические черты, обусловленные иной сортовой принадлежностью. Так, на первом году развития растений сорта Ранний Черный содержание лейкоантоцианов в листьях и побегах в конце сезона в четыре раза превышало их содержание у растений сорта Ховес. Начало второго вегетационного периода характеризовалось резкой активизацией их биосинтеза в перезимовавших листьях, но, как и у растений сорта Ховес, во время цветения (в июне) содержание этих соединений существенно снизилось. В дальнейшем накопление лейкоантоцианов в листьях вновь усилилось, но в отличие от позднеспелого сорта максимальные значения их концентраций в листьях побегов разных категорий были достигнуты не одновременно, а с определенным временным интервалом: для прошлогодних листьев — в августе, для листьев генеративных побегов — в сентябре, для листьев стелющихся побегов — в октябре. После этого наблюдалось снижение содержания в них этой группы соединений, объяснение которому приводится выше. В перезимовавших побегах этот процесс начался на два месяца раньше, чем у растений сорта Ховес.

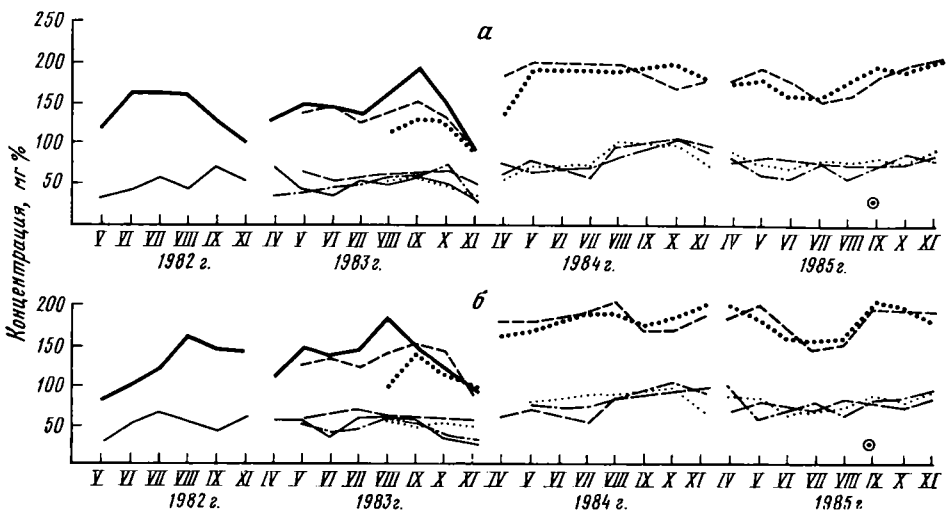


Рис. 2. Концентрация лейкоантоцианов в органах клюквы крупноплодной в контрольном варианте опыта

Обозначения те же, что на рис. 1

На последующих этапах развития растений оптимизированного варианта опыта сортовые различия в характере накопления в них лейкоантоцианов заметно сгладились. Очевидно, это связано со стабилизацией фенольного комплекса при вступлении растений в репродуктивный период развития.

Содержание лейкоантоцианов в плодах раннеспелого сорта в стадии биологической зрелости несколько уступало таковому в плодах позднеспелого сорта и составляло 30 мг на 100 г сухого вещества.

Во втором (контрольном) варианте опыта внесение меньшего ассортимента минеральных удобрений и в меньших дозах не отразилось ни на уровне содержания, ни на характере локализации лейкоантоцианов в отдельных органах растений обоих изучавшихся сортов. Более того, в основных чертах проявились те же закономерности в сезонной динамике их накопления, что и в оптимизированном варианте опыта (рис. 2, а, б). Некоторые особенности, обусловленные спецификой минерального фона, заключались в частичном изменении сезонного хода их накопления на протяжении третьего и, главным образом, четвертого сезона развития растений. Аналогичное явление было установлено и при изучении динамики накопления катехинов — наиболее восстановленной группы полифенолов, которым лейкоантоцианы часто сопутствуют в клетках растительного организма из-за общности их химических свойств [7].

Очевидно, до вступления клюквы крупноплодной в устойчивый репродуктивный период развития, что обычно происходит на четвертом году жизни, ее фенольный комплекс находится в стадии формирования. При этом сезонный ход накопления отдельных его составляющих, в том числе и лейкоантоцианов, в основном определяется генетическими особенностями вида и в меньшей степени регулируется внешними факторами. По завершении же полного цикла развития культуры ее фенольный комплекс уже в большей степени начинает зависеть от внешних воздействий, в том числе и от условий минерального питания.

В данном случае у четырехлетних растений контрольного варианта опыта после значительного расходования лейкоантоцианов в ассимилирующих органах в период цветения и плодообразования их биосинтез вновь активизировался во второй половине вегетационного периода, что не наблюдалось у растений оптимизированного варианта опыта.

Содержание лейкоантоцианов в плодах в стадии биологической зрелости у растений контрольного варианта было примерно таким же, как

и в оптимизированном варианте опыта, и составляло 30 мг на 100 г сухого вещества.

Обобщение вышеизложенных материалов позволило установить, что лейкоантоцианам принадлежит незначительная роль в формировании фенольного комплекса растений клюквы крупноплодной. Вегетативная масса растений значительно богаче лейкоантоцианами в сравнении с плодами, в связи с чем является более ценным источником получения лекарственных препаратов *P*-витаминного действия.

Размеры их накопления и степень локализации в отдельных органах отличаются заметной устойчивостью и слабо зависят от сортовой принадлежности растений и условий минерального питания. По мере взросления растений до вступления их в репродуктивный период развития происходит постепенная активизация биосинтеза лейкоантоцианов во всех частях фитомассы, сопровождающаяся сужением диапазона сезонных колебаний их концентраций, что свидетельствует о стабилизации фенольного комплекса.

Влияние условий минерального питания на динамику накопления лейкоантоцианов в вегетативных органах в наибольшей степени проявляется на четвертом году жизни растений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сидорович Е. А., Рупасова Ж. А. Сезонная динамика накопления минеральных элементов у клюквы крупноплодной//Бюл. Гл. ботан. сада. 1988. Вып. 147. С. 50—53.
2. Ринькис Г. Я., Ноллендорф В. Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. Рига: Зинатне, 1982. 304 с.
3. Кудинов М. А., Шарковский Е. К. Рекомендации по созданию плантации североамериканской клюквы крупноплодной. Минск: АН БССР, 1979. 24 с.
4. Swain T., Hillis W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents 33//J. Sci. Food Agric. 1959. Vol. 10. P. 63—68.
5. Шнайрман Л. О., Афанасьева В. С. Методика определения антоциановых веществ//IX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Реф. докл. и сообщ. № 8. Секция аналит. химии. М.: Наука, 1965. С. 79—80.
6. Минаева В. Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск: Наука, 1978. 255 с.
7. Карабанов И. А. Флавоноиды в мире растений. Минск.: Ураджай, 1981. 80 с.
8. Блажей А., Шутый Л. Фенольные соединения растительного происхождения. М.: Мир, 1977. 240 с.
9. Либерт Э. Физиология растений. М.: Мир, 1976. 580 с.

Центральный ботанический сад АН БССР, Минск

УДК 633.822

### НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В ОНТОГЕНЕЗЕ МЯТЫ ПОЛЕВОЙ

Лыу Дам Кы, Е. Б. Кириченко

Эфирные масла мяты являются ценнейшим сырьем для пищевой, медицинской и парфюмерной промышленности [1—8]. Потребность эфиромасличной промышленности в этом сырье в настоящее время в значительной мере не удовлетворяется. Для увеличения производства биомассы и повышения качества эфирных масел необходимы детальные исследования особенностей онтогенеза и продукционного потенциала наиболее ценных сортов, выяснение роли внешних и внутренних факторов, определяющих количественный выход и состав эфирных масел [1—14].

В настоящей работе ставилась задача изучить особенности роста, развития и накопления эфирных масел в разных органах мяты полевой (*Mentha arvensis* L., сем. губоцветных) сорта NV-74 на разных этапах вегетации растений. Возделывается на значительной площади