

## Антоциановые пигменты растений и их роль в адаптивной селекции сельскохозяйственных культур

© 2007. С.Ф. Тихвинский, С.В. Доронин  
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Рассматривается защитная роль пигментов антоцианов в жизни различных групп сельскохозяйственных растений. Приведены сведения о селекции новых сортов с повышенным содержанием антоциана, обладающих повышенной устойчивостью к неблагоприятным экологическим факторам.

The protective role of anthocyan pigments in life of various groups of agricultural plants is considered. The items of information on selection of new grades with the increased contents of anthocyan, having the stability to adverse ecological factors are given.

Солнце посылает на землю видимые и невидимые лучи с разной длиной волны. Исключительное значение имеет фотосинтетически активная радиация (ФАР). С помощью зелёного пигмента хлорофилла в растениях осуществляется фотосинтез – глобальный процесс, обеспечивающий образование органических соединений и освобождение молекулярного кислорода на планете. В составе солнечного спектра есть и невидимые ультрафиолетовые лучи. Они существенно влияют на здоровье человека, животных и растений. Избыточное ультрафиолетовое излучение вызывает у человека солнечные ожоги, болезни глаз, аллергию и раковые заболевания кожи, изменения в иммунной системе. Страдают от избыточного излучения животные и растения.

Раньше избыточные ультрафиолетовые лучи «отфильтровывал» атмосферный озон и их избыток наблюдался только в горных районах. Но в настоящее время озоновый слой в атмосфере значительно разрушился, появились «озоновые дыры», и вредное влияние избыточного ультрафиолетового излучения на всё живое значительно усилилось. Живые организмы вынуждены защищаться. И защищают их от ультрафиолетового излучения пигменты: у животных и человека – меланины, у растений – антоцианы и близкие к ним меланины. Содержание антоциановых пигментов в растениях горных районов значительно выше. Эти растения часто обладают ценными свойствами (качество продукции, скороспелость, устойчивость к болезням и вредителям и разным стрессам). Они представляют большую ценность для синтетической селекции, особенно в наше время разнообразных экологических стрессов [1, 2].

Кроме того, антоциановые пигменты и близкие к ним меланины дают яркие отличия одного сорта от другого. Цель нашей работы – показать селекционерам наличие этих пигментов в группах культурных растений и возможные пути их использования в селекционной работе.

Сегодня мы знаем о роли антоциановых пигментов намного больше, чем вчера. Но никто не может сказать, сколько ещё непрочитанных глав, посвящённых антоцианам, находится в великой книге природы.

### Продовольственные и кормовые пшеницы

Примерно половина зерна пшеницы, произведённого в России, расходуется на продовольственные цели (сильные и ценные сорта). И половина – на фуражные цели. Кормовые сорта должны быть высокоурожайными, высокобелковыми, с хорошим балансом незаменимых аминокислот в составе белка.

Они должны отличаться от продовольственных сортов маркерными морфологическими признаками. У пшеницы есть гены, которые определяют пурпурную (антоциановую) окраску плодовой оболочки. Работа по выведению кормовой пшеницы с фиолетовой и тёмно-красной окраской плодовой оболочки зерна была начата нами в Вятской ГСХА в 1977 году [3]. В 1994 году на Государственное испытание был передан сорт яровой пшеницы Крепкий, с тёмно-красной окраской плодовой оболочки зерна. В 1997 году сорт был включен в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому и Северо-Западному регионам РФ.

Как кормовая пшеница сорт обладает комплексом хозяйственно ценных признаков: имеет очень крупное, стекловидное, тёмно-красное зерно. Содержание белка в зерне – 15-17%. По сбору белка с гектара превосходит другие сорта. Зерно не прорастает в колосе и не осыпается при перестое. Имеет очень крепкую соломинку, не полегает даже в экстремальных условиях.

В 2007 году в Государственное испытание передан сорт продовольственной пшеницы Вятский усач, со светлым стекловидным зерном. Общая мукомольно-хлебопекарная оценка зерна – 4,5-4,7. Сорт скороспелый, вызревает даже в более суровых условиях Республики Коми.

Работа по выведению новых сортов продовольственной и кормовой пшеницы продолжается.

### **Яровая рожь с обычным фиолетовым и светлым зерном**

Рожь бывает озимая и яровая. Озимая рожь преобладает в производстве. Однако с каждым годом условия перезимовки ржи в северных районах становятся всё более сложными. В результате не менее 10-15% посевов ежегодно погибают. Яровая рожь (ярица) сегодня возделывается лишь в Канаде, Германии, Польше, Швеции на бедных песчаных почвах. Выведены сорта, дающие до 4 тонн зерна и выше.

В коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) имеется озимая рожь, имеющая зерно с фиолетовой плодовой оболочкой. На основе этой ржи нами получена яровая рожь с фиолетовой окраской плодовой оболочки зерна и получена популяция ржи – «Вятка яровая фиолетовозерная» [4]. В настоящее время работаем с этой популяцией с целью повысить её урожайность. Ещё академик Д.Н. Прянишников указывал, что цвет зерна ржи связан с его технологическими качествами, а академик Н.В. Рудницкий получил рожь со светлой окраской плодовой оболочки зерна.

### **Пигментированные разновидности и сорта ячменя и овса**

Антоциановая пигментация ячменя, как и других растений, определяется доминантными признаками и, очевидно, наиболее ярко должна быть представлена в центрах происхождения этой культуры. Антоциановые формы ячменя наиболее часто встречаются в земледельческих районах Эфиопии и Эритреи, в Малой Азии, Сирии, Палестине, Месопотамии, Закавказье [5]. Если взять в целом, то это горные и пред-

горные районы, где сильно проявляется солнечная радиация и много ультрафиолетовых лучей.

В настоящее время коллекция ячменей Абиссинского генцентра, собранная в ВИРе, насчитывает 960 образцов. Эта коллекция является богатейшим исходным материалом для селекции на устойчивость к болезням и вредителям.

У сортов ячменя антоциановая пигментация может быть выражена не только на зерне, но и на других частях растения (всходы, ушки, язычок, листья, колос и его ости).

Антоциановые пигменты у растений овса встречаются реже, но всходы и стебель ряда сортов несут следы антоциана. В 80-х годах прошлого века в Вятской ГСХА было начато изучение коллекции сортов овса с чёрной окраской цветковых чешуй (меланины) [6]. Изучение продолжается и в настоящее время. Итоги изучения коллекции по продуктивности зерна показали, что лишь немногие сортообразцы приблизились к стандарту. По урожайности зелёной массы и сена почти все чёрноплёчатые сортообразцы превосходили стандарт. Наибольшую урожайность зелёной массы имели сортообразцы Пельсь, Штурмогун 2, Блэк, Осмо, Узбекский широколистный. Их следует использовать как исходный материал для селекции черноплёчатых овсов на зелёный корм и зерносежаж.

### **Скороспелая холодостойкая сильно пигментированная кукуруза Черничка и Радуга**

Гены фиолетовой (антоциановой) окраски внесены нами в популяции кукурузы от старых американских (мексиканских) сортов (Блэк Мексикане) и других. Сначала в популяции встречались лишь единичные фиолетовые зёрна. Но когда на посев использовались только фиолетовые зёрна, то процент таких зёрен с каждым годом стал увеличиваться. Сегодня через полвека у нас имеются популяции, в которых большая часть зёрен (плодовая оболочка) окрашена в чёрно-фиолетовый цвет. Названа эта кукуруза Черничкой. Хорошо облиственные растения имеют высоту 150-170 см. Они переносят заморозки и в начале сентября дают зрелые початки. Початки в молочной спелости с удовольствием используются в пищу в свежем и отваренном виде. Из них можно приготовить разнообразные блюда. Шелковистые нити початков – ценное лекарственное сырьё [7].

В последние годы нами размножается и другая, богатая антоцианами популяция ку-

курузы – Радуга, оболочка которой содержит фиолетовые и красные пигменты. Она более урожайна по зерну и зелёной массе.

### Картофель, лён-долгунец, конопля

Антоциановая окраска клубней картофеля и других частей растения при апробации используется как сортовой признак.

Раньше сорта картофеля с тёмно-фиолетовой и синей кожурой были распространены в России значительно шире, чем сейчас. Крестьяне ценили сорта с фиолетовой окраской за устойчивость урожаев, повышенную засухоустойчивость и устойчивость к заморозкам, хорошие вкусовые качества.

В институте спиртовой промышленности ещё до войны был выведен сорт Синеглазка. Он имеет кожицу с фиолетовыми пятнами. Сорт урожайный, с хорошими вкусовыми качествами. Он до сих пор выращивается садоводами и огородниками. Из сорта Синеглазка получен пятнистый сорт Шаман. Эти сорта обладают лечебными свойствами [8]. Американцы и японцы предпочитают использовать с лечебными и пищевыми целями сорта с красно-фиолетовой окраской кожицы и мякоти.

Долгое время считалось, что лён-долгунец не способен образовывать антоциан. Но последующие наблюдения и исследования опровергают это. Существует большая группа сортов льна-долгунца, у которых подсемядольное колено окрашено в фиолетовый цвет. К ним относятся, например, сорта льна-долгунца 1288/12, Тайга, Тверца, Дееп-пинк. Интересно, что эти сорта обладают повышенной устойчивостью к ряду болезней, в частности, к фузариозу. Антоциановая окраска у некоторых сортов проявляется на стебле и листьях льна [9].

В последние годы в республике Чувашия выведены практически безгашишные сорта конопли. Селекционеры Чувашии [10] установили, что между антоциановой окраской вегетативных органов растений конопли и содержанием алкалоидов существует отрицательная корреляция. Чем интенсивнее антоциановая окраска, тем ниже содержание наркотика. Селекционеры получили возможность отбирать практически безгашишные растения.

### Кормовые культуры

Среди кормовых культур наиболее широко возделываются на лугах и на пашне кормовые травы.

Первой многолетней бобовой травой, введённой в культуру, была люцерна. И сегодня она является самой распространённой кормовой травой на Земле. Видов и сортов люцерны много. Цветки у люцерны мотылькового типа и окрашены в различные цвета. Пурпурная окраска венчика обусловлена тремя антоциановыми пигментами и контролируется одним доминантным геном. Цветки первоначально закрыты. Лёгкость раскрытия цветков зависит от их окраски. Цветки тёмно-фиолетовой окраски быстрее нагреваются, легче раскрываются и лучше опыляются. Лёгкость открытия цветков связана с количеством в них антоциановых пигментов. Эта работа привела к выведению и внедрению в производство новых сортов люцерны с легко открывающимися цветками – Вега 87 и Уралочка.

Основной кормовой травой многих районов России является клевер луговой (клевер красный). Он относится к числу растений, богатых антоциановыми пигментами. Разные растения в популяциях имеют неодинаково выраженную антоциановую окраску, которая проявляется в экстремальных условиях.

Семена клевера бывают разной окраски – светло-зелёной, жёлтой, жёлтой с фиолетовым бочком, чисто фиолетовой. Земледельцы уже давно заметили, что фиолетовые (антоциановые) семена дают более крепкие выносливые растения с повышенной семенной продуктивностью [11].

В середине XX века Кировская область по семенам клевера была одной из основных производящих областей, причём вятские семена ценились очень высоко по своим природным качествам. Стародавние местные популяции клевера лугового имеют повышенный процент фиолетовых семян и являются ценным материалом для селекции. Антоциановые пигменты присутствуют и в растениях других кормовых культур – козлятнике восточном, эспарцете, озимой и яровой ржи и других бобовых травах. Встречаются они и в растениях многолетних мятликовых (злаковых) трав – костре безостом, полевице белой, овсянице тростниковидной и других видах. Антоциановая окраска особенно ярко проявляется в годы с холодной солнечной весной или летом, когда устанавливается экстремально жаркая солнечная погода или, наоборот, наблюдается возврат заморозков [12].

### Овощные культуры

Существует бесчисленное множество сортов овощных культур. Наряду с другими

признаками они отличаются и по окраске, зависящей от разнообразных пигментов и, в частности, от антоцианов.

Одна из основных овощных культур – капуста. Всем известна белокочанная капуста. Менее известны другие виды капусты. Богата антоцианами краснокочанная капуста. Она богата витаминами и другими полезными веществами.

Савойская капуста имеет антоциановую пигментацию на жилках листьев. Отличается высокой морозостойкостью. Имеются сорта цветной капусты с головкой чёрного или фиолетового цвета. Эти сорта более устойчивы к экстремальным условиям.

Близко к цветной капусте стоит капуста брокколи. Её соцветие менее компактно и имеет зеленовато-сиреневый, фиолетовый и даже почти чёрный цвет. Брокколи выносливее цветной капусты к холоду, жаре и засухе. Содержит много антоцианов.

Сорта капусты кольраби делятся на овощные и кормовые. Кормовые более урожайные и неприхотливые (Синий Голиаф и др.).

Сильно пигментированные сорта репы, брюквы, редьки и редиса (чёрные и красные) хорошо хранятся, имеют хорошую устойчивость к болезням [8].

Н.И. Вавилов в горных районах Афганистана обнаружил оригинальные сорта чёрной и фиолетовой моркови, содержащие антоцианы. Такие сорта были использованы селекционерами Европы для выведения продуктивных сортов кормовой моркови [5].

В настоящее время возделываются новые сорта столовой свеклы одностороннего типа с высоким содержанием антоцианов и близкого к ним бетаина.

Можно встретить сорта репчатого лука, имеющие тёмно-красную и фиолетовую окраску кроющих чешуй.

Исходные формы культурного томата имели ясно выраженную антоциановую пигментацию. Современные сорта томатов с антоциановой окраской представляют определённый интерес для селекционеров как источник устойчивости к неблагоприятным экологическим факторам.

### Плодово-ягодные культуры

Плоды и ягоды – ценные продукты питания. Кроме основных питательных веществ они содержат биологически активные вещества – витамины, микроэлементы, гликозиды, алкалоиды, биофлавоноиды и некоторые дру-

гие соединения [15]. Среди них есть и растительные пигменты – антоцианы. Было установлено, что антоцианы обладают Р-витаминной активностью, укрепляют стенки кровеносных сосудов человека.

Установлено, что плоды и ягоды, содержащие в своём составе неотиновые вещества (флавоны и антоцианы), способны связывать и выводить из организма изотопы стронция и кобальта. Основатель лечебного садоводства на Урале профессор Леонид Иванович Вигоров [14] считал, что в саду надо не только лакомиться плодами, но и получать лечебные средства, предупреждать различные заболевания. Особое значение имеет баланс двух витаминов С и Р. При выведении новых сортов плодовых и ягодных культур наряду с другими показателями селекционеры обращают внимание на внешний вид растения, который, в частности, зависит от наличия и распределения пигментов. В США, например, предпочитают красные, сильно пигментированные сорта яблок.

Иногда антоцианы окрашивают в красный цвет и листья яблони. Краснолистая яблоня Недзвецкого до сих пор используется в качестве подвоя, особенно в снежных районах. Сочетания зелёной и красной листвы очень декоративны.

Внешний вид плодов во многом определяется их основной и покровной окраской. Основная окраска находится под полигенным контролем.

У груши Крен и Люкс в 1940 году установили явление доминирования ряда признаков. У диких форм груши, морозостойких и устойчивых к болезням, антоциановая пигментация выражена очень рельефно.

Наследование окраски у плодов сливы происходит по довольно сложной схеме.

Тёрн (дикая слива) обладает сильно выраженной антоциановой пигментацией, что вполне коррелирует с выносливостью этого растения.

У черешни и вишни при наследовании окраски плодов наряду с главными генами действуют ещё и гены-модификаторы. Существуют различные градации антоциана у красноплодных сортов и различные ступени интенсивности окраски у черноплодных сортов.

Среди лесных и садовых ягодных кустарников особую ценность представляют виды, одновременно содержащие витамин С и обладающие Р-витаминной активностью.

К ним относятся: черника, земляника лесная, брусника, клюква, черёмуха обычно-

венная и виргинская, черноплодная рябина (арония), калина, ирга, ежевика, голубика, жимолость съедобная.

### Антоцианы в селекции цветочных культур

Велико разнообразие окраски цветков у сортов цветочных культур. Мы любим причудливой гаммой оттенков цветов и видов тюльпанов, присов, гладиолусов, пионов, роз, флоксов. Почти каждой год на выставках появляется много новых сортов. Они раскрашены фантазией самых опытных и умелых селекционеров.

Основная гамма окраски цветков обуславливается флавоноидными пигментами, к которым относятся флавоны, флавонолы, антоцианы, аурины, халконы, катехины. Описано свыше 2 тысяч соединений этого типа. Антоцианы содержатся в венчике, лепестках, пестике, тычинках цветков. Изменение окраски антоцианов часто связано с кислотностью среды. Образованию антоцианов благоприятствуют низкие температуры, повышенная солнечная радиация и инсоляция, недостаток или избыток некоторых элементов в почве, экстремально высокие или низкие температуры и другие неблагоприятные условия. Антоцианы широко изучаются методами бумажной хроматографии, колонной хроматографии, электрофореза.

Зная пигментный состав окраски цветка исходных форм, можно прогнозировать окраску цветка новых сортов.

### Заключение

В наши дни изменение климата на Земле стало реальностью. Учёные-экологи всех стран бьют тревогу по поводу глобального потепления, связанного с загрязнённостью атмосферы и «парниковым эффектом». Уже сегодня это приводит к экстремальным явлениям – наводнениям, засухам, ураганам ветрам, землетрясениям.

Отрицательно действует на всё живое разрушение озонового слоя атмосферы и проникновение к поверхности Земли большого количества коротковолновых лучей.

Важную роль в защите живых организмов от избыточного ультрафиолетового излучения играют пигменты. У растений это

антоцианы и меланины. Установлено, что они активизируют обмен веществ, делают растения более стойкими к неблагоприятным условиям среды.

В работе представлен материал по антоциановым пигментам в основных группах культурных растений (не по всем группам), показана возможность использования антоциановых форм в практической селекции и в будущих исследованиях.

### Литература

1. Ашихмина Т.Я., Барабой В.А. Растительные фенолы и здоровье человека // М.: Наука, 1984. С. 159.
2. Тихвинский С.Ф. Антоцианы растений и их использование // Труды Вятской ГСХА. Т. 2. Агротехнический факультет. Киров, 2000. С. 188-193.
3. Тихвинский С.Ф., Долгополов М.А. Кормовая пшеница // Сборник научных трудов Пермского СХИ. Пермь, 1984. С. 22-27.
4. Тихвинский С.Ф., Буторина Л.К. Яровая розь «Вятка фиолетовозерная» // Инф. листок Кировского ЦНТИ. №185. 1998.
5. Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений // Избранные произведения. Л.: Наука, 1967. Т. 1. С. 88-202.
6. Тихвинский С.Ф. Антоциановые формы культурных растений и их использование в селекции // Сборник трудов Кировского СХИ. 1991. С. 3-6.
7. Тихвинский С.Ф. Пищевая кукуруза «Черника» // Инф. листок Кировского ЦНТИ. №329. 1995.
8. Танчев С.С. Антоцианы в плодах и овощах // М.: Пищевая промышленность. 1980. 302 с.
9. Поляков А.В. Усовершенствование селекционного процесса льна-долгунца на основе использования биотехнологических методов // Автореф. дисс. ... док. биол. наук ТСХА. М.: 1998. 50 с.
10. Степанов Г.С., Фадеев А.П., Романова И.В. Итоги селекции безнаркотической масличной конопля // Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро-северо-востока. Т. 1. Киров, 2005. С. 34
11. Лебедева Т.С., Сытник К.М. Пигменты растительного мира // Киев: Наукова думка. 1986. 83 с.
12. Кретович В.Л. Основы биохимии растений // М.: Высшая школа, 1971. 464 с.
13. Вигоров Л.И. Сад лечебных культур // Свердловск, 1979. 175 с.
14. Бриттон Н. Биохимия природных пигментов // М.: Мир. 1986. С. 385.
15. Мурын А.В., Лысыков В.Н. Генетические основы создания исходного материала гладиолуса // Кишинев: Штинца, 1989. 197 с.