

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ АДОНИСА ЛЕТНЕГО (*ADONIS AESTIVALIS L.*) В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА АСТАКСАНТИНА

**А.А. Сиротин, С.С. Сиротина**

Белгородский государственный  
университет

e-mail: [sirotin@bsu.edu.ru](mailto:sirotin@bsu.edu.ru)

Исследовано влияние рассадного и безрассадного способов выращивания Адониса летнего при разных сроках посева и способах подготовки семян. Установлена высокая эффективность четырех сроков высадки рассады и стратификации семян перед посевом на удлинение периода цветения и продуктивность лепестков, содержащих астаксантин, а также на урожай семян.

Ключевые слова: Адонис летний, рассадный и безрассадный способы выращивания, сроки посева, способы подготовки семян, сбор лепестков, содержание астаксантина, урожай семян.

Концепция сбалансированного питания предполагает обеспечение человека всеми необходимыми веществами в оптимальных соотношениях. Особое внимание при этом уделяется необходимым компонентам пищи – незаменимым аминокислотам, полиненасыщенным жирным кислотам, витаминам, другим биологически активным веществам, минералам [1].

К биологически активным веществам относят: алкалоиды (атропин, пилокарпин, кофеин, стрихнин и др.), витамины (А, Е, С, витамины группы В и др.) и другие ферменты, гликозиды (генины, фенологликозиды, антрагликозиды и др.), непредельные кислоты жирных масел (линолевая, линоленовая, арахидоновая и др.), кумарины (изокумарин, фурукумарины, пирано-кумарины и др.), микроэлементы (железо, йод, кобальт, медь, бром и др.), стероиды (стеролы, сапогенины и др.), флавоноиды (катехины, лейкоантоцианы, антоцианы и др.), фитонциды, экдизоны.

Выделяют также особую группу веществ, влияющую на биологические процессы в живом организме, – антиоксиданты.

Антиоксиданты – вещества различной химической природы, способные тормозить или устранять неферментативное свободнорадикальное окисление органических веществ молекулярным кислородом [2].

Антиоксиданты, функционирующие в живом организме (биоантиоксиданты), играют важную роль, защищая от неферментативного автоокисления биологические субстраты, например, легкоокисляющиеся липиды и, в частности, жиры и жирные кислоты мембранных образований клетки. Биоантиоксиданты являются необходимыми компонентами всех тканей и клеток живых организмов, где они в нормальных физиологических концентрациях поддерживают на низком стационарном уровне свободнорадикальные автоокислительные процессы. В норме расхождение и пополнение антиоксидантов в тканях живых организмов сбалансировано.

В настоящее время уделяется большое внимание изучению астаксантина, который является одним из самых эффективных антиоксидантов. Благодаря уникальному молекулярному строению, по своей антиоксидантной (защитной) активности астаксантин эффективнее бета-каротина в 10-12 раз [2].

Содержание астаксантина в различных источниках различно. В небольших количествах он содержится в элитных морепродуктах: лососе, омарах, лангустах, крабах и др. В промышленных масштабах астаксантин добывается благодаря большому содержанию его в морской микроводоросли гематококкус (*Hematococcus*) [3].

Однако гематококкус – не единственный источник, позволяющий получать астаксантин в больших объемах. Обнаружено высокое содержание данного антиоксиданта в лепестках Адониса летнего (*Adonis aestivalis L.*), что дает возможность добывать астаксантин на промышленном уровне [3].





### Материалы и методы исследования

Объектом наших исследований служил Адонис летний *Adonis aestivalis* L. Это однолетнее растение семейства Лютиковые *Ranunculaceae*, произрастающее в диком виде на юге европейской части России, на Кавказе, юге Западной Сибири и Средней Азии в различных луговых и остепненных сообществах (кроме пустынь и высокогорий), а также в Западной Европе.

Название растение получило в честь Адониса - сына царской дочери Мирры, по другой версии - ассирийского бога Адона. Культивируется как цветочный однолетник, именуемый как «Глаз фазана», «Уголек в огне», «Огонек», цветущий в условиях ЦЧР с июня по октябрь, а в благоприятных условиях - до морозов.

В отличие от Адониса весеннего *Adonis vernalis* L., широко используемого в традиционной и народной медицине благодаря содержанию сердечных гликозидов (прежде всего, адонизида), сапонинов, спиртов и специфических кислот, Адонис летний реже используется из-за пониженного содержания названных веществ.

Растения имеют декоративный вид в течение всего лета, т.к. прямостоячий бороздчатый стебель высотой 20-50 см ветвится при загущении в верхней части, а в разреженных посадках - практически из каждой пазухи листа, до 4 порядков ветвления, образуя шаровидный куст, хорошо маскирующий голые стебли других высокостебельных растений (лилии и др.).

Листья очередные, дважды или трижды непарноперисторассеченные на узкие линейные дольки ярко - зеленого цвета. Цветки апикальные, одиночные, на длинных цветоносах, в диаметре 2-3 см, тычинок и пестиков много, венчик из 7-8 лепестков, суриково-красного цвета с черным пятном у основания, чашечка из 7-8 листочков. Плод - многосемянка, многочисленные семянки с твердым покровом, трехгранные, с крючковато изогнутым носиком, расположены спирально на вытянутом полумесяце. При созревании семена осыпаются [4].

Семена имеют длительный период прорастания, вероятно, требуют стратификации, т.к. при раннем сроке посева при низкой температуре почвы всходы не задерживаются. Терпимость растений к низким температурам сохраняется в течение всего вегетационного периода, который при достаточном увлажнении может продолжаться до морозов. Заморозки в 8...9°C растения переносят в фазе прикорневой розетки листьев. Вместе с тем, растения благоприятно переносят и высокие температуры воздуха до 28°C [5].

Адонис летний может быть охарактеризован как умеренно - влаголюбивое растение, плохо переносящее как недостаток, так и избыток влаги в почве, и подверженное вымоканию. К почве растения предъявляют довольно высокие требования: не переносят кислых почв, предпочитают карбонатные, высокоплодородные, лучше всего растут на черноземах. Адонис - светолюбивое растение, однако и в затененных местах рост и развитие не прекращаются, хотя цветение - менее обильное.

Для выяснения возможности выращивания Адониса летнего как источника астаксантина и извлечения его в промышленных масштабах нами был поставлен полевой мелкоделяночный эксперимент.

В 2006 г. исследовано влияние полного минерального удобрения и сроков посева на рост, развитие растений, продуктивность семян и лепестков при рассадном способе культуры. Посев проводился сухими семенами в 4 срока: 10.02.06; 17.02.06; 24.02.06 и 3.03.2006 г., высадка рассады проводилась с 7.05.2006 г. с недельными интервалами. Первый срок посева - в двух вариантах: контроль (без удобрений) и опыт (N45 P45 K45 перед высадкой рассады) в трехкратной повторности.

Растения были высажены по схеме: 25x30 см. В течение вегетационного периода проводились рыхления почвы, в длительные засушливые периоды - 2 полива.

В 2007 г. был поставлен полевой эксперимент по изучению влияния способов подготовки семян на рост, развитие и продуктивность растений Адониса летнего: контроль - посев сухими семенами и 2 опытных варианта - с прогревом семян при температуре +30°C - 21 день и стратификация при +5°C - 21 день. В каждой повторности высеяно по 60 шт. семян. Определялись полевая всхожесть и энергия прорастания семян, продукция астаксантина. Выявлялась разница в энергии прорастания между вариантами.



Для определения содержания астаксантина в лепестках адониса летнего нами использовался метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Для экстракции астаксантина навеску высушенных лепестков растирали с кварцевым песком и экстрагировали ацетоном. Экстракт отделяли от твердого остатка на стеклянном фильтре и использовали для ВЭЖХ - исследований без дополнительных обработок; при спектрофотометрическом анализе пигменты реэкстрагировали в *n*-гексан, определяя содержание каротиноидов в пересчете на астаксантин с использованием  $E_{1\%}^{1\text{см}} = 2100$  (спектрофотометр КФК-3-01) [5].

### Результаты и их обсуждение

Продукция астаксантина на единицу площади определялась расчетным методом, исходя из продукции лепестков и содержания астаксантина в них.

В 2006 г. фенологические наблюдения показали существенные различия в реакции растений на срок посева (табл. 1.)

Таблица 1

**Влияние сроков посева Адониса летнего и полного минерального удобрения на рост и развитие растений**

Варианты	Дата посева	Дата полных всходов	Дата высадки рассады	Дата фазы цветения	Дата конца вегетации	Длительность Вегетационного периода (дней)
1.Опыт (N45P45K45)	10.02	28.02	7.05	2.06	15.08	158
2.Контроль (без удобрений)	10.02	28.02	17.05	3.06	20.08	163
	17.02	8.03	14.05	9.06	27.08	182
	24.02	12.03	21.05	23.06	10.10	232
	3.03	18.03	28.05	7.07	4.11	231

Следует отметить длительный период посев - всходы (15-18 дней), практически не изменяющийся по срокам, и рассадный период (86 дней), что свидетельствует о медленном развитии в вегетативный период. Переход к репродуктивному периоду не зависит от применения удобрений, но существенно изменяется по срокам посева. Так, период всходы - начало цветения при первом сроке посева в опыте и контроле составил 96-97 дней, при втором - сократился до 92 дней, а при третьем и четвертом - возрос до 102-110 дней. Следовательно, можно предположить, что задержка в переходе к цветению на коротком дне у Адониса летнего происходит как у типично длиннодневного растения.

Большое практическое значение имеет длительность периода цветения, что важно для повышения продукции лепестков с целью извлечения астаксантина. Этот период при первом сроке посева в контроле составил 78 дней, в опыте - 74 дня, сокращение произошло в связи с преждевременной гибелью опытных растений от длительной засухи. При втором сроке посева цветение длилось 79 дней, а при третьем и четвертом этот показатель возрос до 109 и 120 дней соответственно и продолжалось до конца вегетации растений.

Общая длительность вегетационного периода изменялась под влиянием удобрений, которые усугубили действие засухи и привели к сокращению его на 5 дней. Растения второго срока посева, также подвергшиеся действию длительной августовской засухи, вегетировали 182 дня, тогда как третий и четвертые сроки посева позво-



лили удлинить период вегетации до 232 и 231 дня соответственно, т.е. вплоть до заморозков в - 8...- 9°C. При этом растения четвертого срока сева цвели до заморозков, что обеспечило цветение Адониса летнего, а также возможность сбора лепестков с 2.06 по 4.11.06 года, т.е. в течение 155 дней.

Семенная продуктивность растений Адониса летнего определяется числом цветков и степенью вызревания семян. В свою очередь, число цветков в значительной степени зависит от ветвления стебля и активности ростовых процессов. Максимальный урожай семян в эксперименте получен при первом сроке посева, причем полное минеральное удобрение повысило его на 10,7%. При втором сроке - на 52,9% из-за длительной засухи в августе месяце, а при четвертом - на 37,2% из-за раннего наступления морозов.

Продукция атаксантина определяется числом цветков на гектаре и содержанием данного вещества в лепестках. В свою очередь, число цветков в значительной степени зависит от ветвления стебля и активности ростовых процессов.

При рассадном методе выращивания цветение в первой группе началось 2 июня, а в последующих группах - 9 июня, 23 июня и 2 июля, что позволило увеличить период цветения до 4 ноября в четвертой группе.

С одного растения было собрано за период июнь - конец сентября при рассадном способе выращивания от 18 до 68 цветков в зависимости от срока высадки рассады. Средняя масса лепестков одного цветка составила  $0.042 \pm 0.005$  г, т.е. накопление атаксантина на один цветок составило в среднем  $400 \pm 50$  мкг в летние месяцы. Это позволило при рассадном методе выращивания растений получить от 1 до 3,5 г атаксантина с 1 м<sup>2</sup>.

По данным В. И. Дейнеки содержание атаксантина в цветках адониса летнего изменяется в достаточно широких пределах.

Так, концентрация атаксантина оказалась достаточно высокой:  $0.011 \pm 0.005$  для цветков, собранных в начале цветения растений (17 июня),  $0.012 \pm 0.003$  (13 июля),  $0.018 \pm 0.004$  (19 сентября), но заметно снижалась при сборе цветков в более поздние сроки -  $0.005 \pm 0.002$  г на 1 г свежих лепестков. При этом обнаружено увеличение доли атаксантина по мере развития цветка - от  $0.008 \pm 0.002$  в начале цветения до  $0.011 \pm 0.003$  г на 1 г свежих лепестков в конце фазы цветения отдельных цветков [6].

Отметим, что при обычной сушке лепестков на воздухе вне доступа солнечного света (такой материал предпочтительнее при технологических операциях получения пигментов) потери атаксантина оказались значительными (более 50%).

Как видно из данных таблицы 2, при урожае лепестков от 101,42 до 368,83 кг на 1 га в зависимости от срока посева при среднем содержании атаксантина 1100 мг% и средней массе лепестков с 1 цветка 0,0452 мг, общий урожай его колеблется от 1,12 кг на га (при 3 сроке посева) до 4,05 кг на га (при 4 сроке посева).

Таблица 2

Влияние сроков посева на продукцию атаксантина (2006 г.)

Сроки посева	Количество цветков на 1 раст., шт.	Масса лепестков, кг/га	Продукция атаксантина, кг/га	t
1	43,9	233,23	2,57	
2	28,4	154,04	1,69	4,03**
3	18,7	101,42	1,12	6,7**
4	68	368,83	4,05	5,8**

Примечание: t табл.(0,95)= 2,10 и t табл.(0,99)= 2,88

\* - достоверно на уровне 0,95;

\*\* - достоверно на уровне 0,99



Статистическая обработка основных данных по продукции астаксантина показала, что общий сбор данного вещества с единицы площади достоверно снизился на 65 % и 43,5% при 2 и 3 сроках посева относительно 1 срока сева, и достоверно повысился на 71% при 4 сроке посева.

Таким образом, выращивание Адониса летнего в четыре срока посева позволяет получать сырье для получения астаксантина в течение периода с начала июня до осенних заморозков, а также получать достаточное количество семян для расширения посевов культуры.

В 2007 г. первые всходы появились на 15 день, а массовые всходы на 31 день и продолжали появляться до 26 апреля 2007г., т.е. 43 дня от посева. Выявление разницы в энергии прорастания между вариантами показало, что на 31 день в контроле взошло 53% семян, в варианте с прогревом – 62% и стратифицированных семян 87%. В дальнейшем при появлении всходов эта разница сохранялась.

Таблица 3

**Влияние способов подготовки семян Адониса летнего на продукцию астаксантина (2007 г.)**

Вариант	Показатели					t
	Ср. кол-во растений на 1 м <sup>2</sup> , шт	Ср. масса лепестков с 1 раст., г	Сбор лепестков г/м <sup>2</sup>	Ср. содержание астаксантина в лепестках, %	Сбор астаксантина г/м <sup>2</sup>	
Контроль (сухие семена)	5,60	1,176	6,585	1,1	0,0724	
Прогрев при 300С, 21 день	6,40	1,680	10,725	1,1	0,1182	11,4**
Стратификация при +50С, 21 день	4,92	2,604	12,811	1,1	0,1409	26,1**

Примечание: t табл.(0,95)= 2,13 и t табл.(0,99)=2,97

\* - достоверно на уровне 0,95;

\*\* - достоверно на уровне 0,99

Как видно из данных таблицы 3, при урожае лепестков от 658,5 до 128,1 кг/га в зависимости от варианта опыта при среднем содержании астаксантина 1100 мг%, общий урожай его колеблется от 0,724 кг/га (в контрольном варианте) до 1,409 кг/га (при стратификации), что значительно отличается от данных 2006 года.

Статистическая обработка основных данных по продукции астаксантина показала, что общий сбор данного вещества с единицы площади достоверно повысился на 63,5 % при прогреве семян, и на 94,5% при стратификации семян относительно контроля.

#### Заключение

Следовательно, выращивание адониса летнего в 4 срока посева и с разными способами подготовки семян позволяет получать сырье для получения астаксантина в течение периода с начала июня до осенних заморозков, а также получать достаточное количество семян для расширения посевов культуры.

#### Список литературы

1. Вили, К. Биология / К. Вили / Перевод с 5-го англ. изд. Н.М. Бабаевской и др. - М.: Мир, 1968. - 808 с.
2. Большая медицинская энциклопедия / Гл. ред. Б.В. Петровский, 3-е изд. - М.: Советская энциклопедия, 1975. - 765 с.
3. Mann, V. Metabolic engineering of astaxanthin production in tobacco flowers / V. Mann, M. Harker, I. Pecker, J. Hirschberg // Nat. Biotechn. - 2000. - V. 18. - P. 888-892.
4. Сиротин, А.А. Интродукция адониса летнего как источника астаксантина / А.А. Сиротин, Л.В. Сиротина, С.С. Сиротина // Тезисы доклада на Всероссийской научно-практической конференции: Региональные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса: Ч. 2. Курск: Изд-во Курской гос. сельхоз. академии. - 2007.- С. 282-286.



5. Сиротин, А.А. Исследование возможности интродукции адониса летнего *Adonis aestivalis* L. как источника астаксантина / А.А. Сиротин, Л.В. Сиротина, Р.М. Маслов, С.С. Сиротина, В.И. Дейнека // Нетрадиционные растения, природные соединения и перспективы их использования. VII Международный симпозиум.- Белгород, 2006. - Т. 2. - С. 197–201.

6. Дейнека, В.И. Сезонная динамика и накопление астаксантина в лепестках *Adonis aestivalis* L. (*Ranunculaceae*) при выращивании в условиях черноземной зоны России (г. Белгород) / В.И. Дейнека, А.А. Сиротин, Л.А. Дейнека, С.С. Сиротина, Н.Р. Шаркунова // Журнал «Растительные ресурсы». - 2007. - Т. 43, № 4. - С. 75-83.

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF CULTIVATION THE ADONIS AESTIVALIS L. AS A SOURCE OF ASTAKSANTIN**

**A.A. SIROTIN,  
S.S. SIROTINA**

*Belgorod State University*  
e-mail: [sirotin@bsu.edu.ru](mailto:sirotin@bsu.edu.ru)

Different ways of cultivation of the *Adonis aestivalis* L. crop (with seedlings and without them) are researched at different terms and ways of treatment of seeds. High efficiency of four terms of landing of sprouts and stratification of seeds before crop on lengthening of the period of flowering and efficiency of the petals containing astaksantin, and also for a crop of seeds is established.

Key words: *Adonis aestivalis* L., sprouts and without sprouts ways of cultivation, terms of crop, ways of preparation of seeds, gathering of petals, the contents astaksantin, a crop of seeds.

---