

УДК 633.31/37:547.98

БОБЫ КОНСКИЕ (*VICIA FABA* L.) И ИХ АНТИПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

С.М. Мамедова, В.С. Попов

*ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
(ВИР), Санкт-Петербург, Россия*

Бобы (*Vicia faba* L.) – древняя культура, представленная только культивируемыми формами, способная к выращиванию в сезоны зимы и весны. Растение кормового и пищевого направления использования, содержащие в семенах 27-35%, в зеленой массе 13,8–21,5% белка, содержащее свое потребление наличием антипитательных веществ (АПВ). Содержание АПВ в семенах и вегетативной массе – один из ключевых признаков качества сорта. Наша работа по поиску точных, доступных и быстрых методов определения концентрации этих веществ в семенах бобов представляет большую актуальность и значимость. Аллель *zt-1* и *zt-2*, (*zero-tannin*) определяет низкое содержание полифенольных соединений – танинов (дубильных веществ), локализованных в семенной оболочке, определяют отсутствие черной пигментации на околоцветнике. Танины – известные своими свойствами связывать белки, что снижает усвояемость последних. Аллель *vc* связана со светлой окраской семенной кожуры и отсутствием окраски у рубчика семени, определят наличие в семенах гликозидов вицина и конвицина. Вицин и конвицин – два основных гликозида с высоким содержанием синильной кислоты, может быть токсичным для лиц с генетическим дефицитом глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, приводя к гемолитической анемии или фавизму. Биохимическую валидацию танинов определяли перманганатометрическим методом. Наименьшее содержание танинов в семенах белоцветковых составило 0,00 % - сорта «№7101» (Бельгия), наибольшее содержание у сорта «Исток» (Россия) с коричневой семенной кожурой и темным рубчиком – 1,26%. Биохимическую валидацию вицина и конвицина определяли методом фенольного реагента. Бобы являются факультативными самоопылителями с высоким процентом перекреста – до 30%. Так у образца к-2575 сорта «Express» (Франция) в семенах, отличающихся по размеру содержание танинов, колеблется от 0,08 до 0,5%; у сорта «Blandine» (Франция) в семенах, отличающихся по размеру и наличия пигментного пятна на цветках и темного семенного рубчика содержание вицина колеблется 0,1 до 0,89%, конвицина – 0,04-0,45. Как и многие биохимические признаки данный признак также подвержен влиянию среды.

Ключевые слова: Бобы, антипитательные вещества, танин, вицин, конвицин.

Бобы (*Vicia faba* L.) – это древняя культура, представленная только культивируемыми формами. Следы растений этого вида связаны с ранним одомашниванием культур в археологических месторождения каменного, бронзового и железного веков на Ближнем Востоке и Средиземноморском бассейне [1]. Культура адаптирована к огромному ассортименту широт и высот [2]. Способна к выращиванию в сезоны зимы и весны. Высокая степень генетической изменчивости предоставляет возможность использовать для селекционных целей. Адаптированность к широкому спектру агроэкологических сред имеет сохраненные гены, определяющие сочинение устойчивости к биотическому и абиотическому стрессу. Различные морфологические сочетания признаков так же связаны с различным региональным происхождением [3].

Бобы – растение кормовое и пищевое направления использования, которое, в некоторой степени, сдерживается наличием антипитательных веществ (АПВ). Семена бобов содержат 27–35% белка и конкурируют с горохом и фасолью, зеленая масса содержит сырого белка в 1,5–2 раза больше, чем кукуруза – 13,8–21,5% [4]. Несмотря на потенциальную пользу, в семенах бобов имеются антипитательные соединения, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие, снижая усвояемость питательных веществ и ограничивая их использование в продуктах питания и кормах для животных. Вицин (2,6-диамино-4,5-дигидроксириимидин-5-β-D-глюкопиранозид) и конвицин (2,4,5, тригидрокси-6-аминопириимидин-5-β-D-глюкопиранозид) – два основных антипитательных соединения, обнаруженных в бобах, уровни которых варьируются в зависимости от сорта, срока созревания, климата региона выращивания и свойств почвы [5]. Это гликозиды с высоким содержанием синильной кислоты, дающие два агликона – дивицин и изурамил, которые и обусловливают нарушения и расстройства в пищеварительном тракте людей и животных. Вицин и конвицин (vc) синтезируются в семенах на стадии налива семян в семенной оболочке, где они накапливаются в концентрации 6–14 г/к.

Накопление агликона потенциально может быть токсичным для лиц с генетическим дефицитом глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, приводя к гемолитической анемии или фавизму. Фавизмом страдают примерно 400 миллионов человек во всем мире [6], с наибольшей распространностью в Азии, Средиземноморье и Африке. Содержание АПВ в семенах и вегетативной массе – один из ключевых признаков качества сорта. Поэтому наша работа по поиску точных, доступных и быстрых методов определения концентрации этих веществ в семенах бобов представляет большую актуальность и значимость. Известно, что аллель (ус) связана со светлой окраской семенной кожуры и отсутствием окраски у рубчика семени [7].

Также фактор, усложняющий использование в еду и корма бобов – конденсированные танины, локализованные в семенной оболочке. Танины – широко распространенные в растениях полифенольные соединения (флавоноиды), известные своими свойствами связывать и осаждать белки, снижая их усвояемость. Известно о значительной изменчивости содержания танинов в семенах бобов. Установлено, что низкое содержание этих полифенольных соединений у *V. faba* определяется аллелями *zt-1* и *zt-2*, (zero-tannin), которые обладают плейотропным эффектом, в частности, определяют отсутствие черной пигментации на околоцветнике. Данная мутация легко распознается в полевых условиях, служит морфологическим маркером низкотаниновых форм, но встречается редко, а данные о ее биохимической валидации практически отсутствуют. С низким содержанием танинов в семенах бобов могут быть связаны и другие морфологические признаки растения, такие как темное пятно на прилистниках и окраска семенной оболочки.

Было исследовано 20 белоцветковых и 3 контрольных с типичным морфотипом образцов. Биохимическую валидацию танинов определяли перманганатометрическим методом (метод Левенталя с модификацией) – метод, основанный на легкой окисляемости дубильных веществ, как веществ фенольной природы, перманганатом калия в кислой среде в присутствии индикатора и катализатора индигосульфокислоты, которая в точке эквивалентности переходит в изатин, и цвет раствора меняется от синего до золотисто-желтого. Так как перманганат калия частично окисляет и низкомолекулярные фенольные соединения, использовали способность желатина осаждать дубильные вещества из раствора. Водные извлечения из сырья осаждали 1 % раствором желатина в 10 % растворе хлорида натрия. Содержание танинов в образцах составляло 0,00–1,26. Median = 0,5. Наименьшее содержание танинов в семенах белоцветковых составило 0,00 % – сорта «№7101» (Бельгия). Содержание танинов у контрольных образцов с пигментированными цветками составило: сорта «Вировские» (Россия) со светлой семенной кожурой и темным рубчиком – 0,78%; сорта «Русские черные» (Россия) с черной семенной кожурой и темным рубчиком – 0,6%; сорта «Исток» (Россия) с коричневой семенной кожурой и темным рубчиком – 1,26%.

Биохимическую валидацию вицина и конвицина определяли методом фенольного реагента по Mohammed I [8] с модификацией, представленный спектрофотометрическим определением вицина и конвицина в бобах с помощью реактива Фолина-Чокольтеу. Метод не различает два гликозида (вицин и конвицин), но поскольку интенсивность экстинции вицина примерно в два раза больше, чем у конвицина, а последний присутствует во многих образцах в меньших количествах, можно считать, что большая часть цвета, получаемого образцом, обусловлена вицином. При сушке вицин разрушается, поэтому для исследования нужно использовать свежий, непрогретый материал.

Содержание вицина в образцах составляло 0,25-0,89. Median = 0,52. Содержание в образцах конвицина составляло 0,12- 0,42. Median = 0,26. Наименьшее содержание вицина в семенах белоцветковых составило 0,12 % - у сорта «Blandine» (Франция). Содержание вицина у контрольных образцов с пигментированными цветками составило: сорта «Вировские» (Россия) со светлой семенной кожурой и темным рубчиком - 0,45%; конвицина 0,22%; сорта «Русские черные» (Россия) с черной семенной кожурой и темным рубчиком - 0,29%; конвицина 0,14%; сорта «Исток» (Россия) с коричневой семенной кожурой и темным рубчиком – 0,31%, конвицина – 0,15%.

Цвет семенной кожуры и светлый семенной рубчик не является твердым доказательством низкого содержания танинов. К тому же бобы являются факультативными самоопылителями с высоким процентом ауткроссинга. Так у образца к-2575 сорта «Express» (Франция) в семенах, отличающихся по размеру содержание танинов колеблется от 0,08 до 0,5%; у сорта «Blandine» (Франция) в семенах, отличающихся по размеру и наличия пигментного пятна на цветках и темного семенного рубчика содержание вицина колеблется 0,25 до 0,89%. Как и многие биохимические признаки данный признак подвержен влиянию климатических и иных факторов среды.

Благодарности. Статья подготовлена в рамках Гос. задания по теме «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства» (0481-2022-0002).

Библиографический список

1. Duc G., Bao S., et al. Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. *Field Crops Research* 115, 2010. 270–278 p.
2. Мамедова С.М., Вишнякова М.А. Генетическое разнообразие коллекции бобов (*vicia faba*) вири и его использование в селекции. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 3. С. 181-189
3. Li-juan, L., Zhao-hai, Y., et al. Study and utilization of faba bean germplasm resources. In: Saxena, M.C., Weigand, S., LiJuan, L. (Eds.), *Faba Bean in China: State-of-the Art Review*. ICARDA Press, (Ch. 4). 1993. 51–63 p.
4. Мамедова С.М., Попов В.С. и др. К вопросу о ранней диагностике низкого содержания танинов в семенах бобов конских (*Vicia faba* L.) Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, Т. 184. № 1. 2023. 194-204 с.
5. Kumar, A., Nidhi, Prasad, N. et al. Nutritional and antinutritional attributes of faba bean (*Vicia faba* L.) germplasms growing in Bihar, India. *Physiol Mol Biol Plants* 21, 159–162 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12298-014-0270-2>
6. Purves K., Krebs G. Evidence for distinct genetic and environmental influences on fear acquisition and extinction. *Psychological*, 2023.1106 -1114 p.
7. Duc G., Marget P., Esnault R., Le Guen J., Bastianelli D. Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia faba*): Comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. *J. Agric. Sci.* 1999. 133. 185–196.
8. Higazi MI, Read WW. A method for determination of vicine in plant material and in blood. *J Agric Food Chem.* 1974 Jul-Aug;22(4):570-1. doi: 10.1021/jf60194a016.