

УДК 581.19+678.746.47:582.739+581.144.4

СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОИ УКРАИНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ ПОЛИФЕНОЛОВ В ЛИСТЬЯХ

И.В. ХОДАКОВ¹, О.А. МАКАРЕНКО¹, А.П. ЛЕВИЦКИЙ¹, В.И. СИЧКАРЬ²

¹Государственное учреждение «Институт стоматологии Национальной академии медицинских наук Украины»

65026 Одесса, ул. Ришельевская, 11

e-mail: flavan@mail.ru

²Селекционно-генетический институт—Национальный центр семеноведения и сортоизучения Национальной академии аграрных наук Украины

65036 Одесса, Овидиопольская дорога, 3

Исследовано содержание полифенолов в листьях сортов сои украинской селекции Берегиня, Васильковская, Данко, Сяйво, Фарватер в различные фазы вегетации методом ВЭЖХ для определения их возможной роли в формировании урожайности и устойчивости к грибным заболеваниям. Установлено, что в общем содержании полифенолов доминируют кверцетиноподобные флавоноиды (до 92 %), половину массы которых может составлять гликозид кверцетина рутин. Максимальное содержание рутина выявлено в листьях сорта Фарватер в фазу налива бобов. Остальная часть полифенолов представлена лютеолино-, апигенино-, нарингениноподобными веществами, изофлавонами (дайдзин, дайдзеин, генистин, генистеин), хлорогеновой и кофейной кислотами, катехином. Отмечено низкое содержание агликонов флавоноидов (кверцетин, лютеолин, нарингенин). Для исследованных сортов сои характерно повышенное (в 1,5–8,2 раза) накопление полифенолов в листьях в конце цветения и в период налива бобов, предположительно — это защитная реакция на повышение уровня солнечного излучения. У наиболее урожайных сортов Васильковская и Данко содержание полифенолов в отдельные фазы онтогенеза было выше, чем у других сортов. Самым низким содержанием полифенолов в фазу начала и полного цветения отличался наименее урожайный сорт Берегиня. Степень устойчивости сортов сои к грибным заболеваниям положительно соотносилась с содержанием рутина.

Ключевые слова: сорта сои, листья сои, фазы вегетации, ВЭЖХ, полифенолы, флавоноиды, рутин.

Полифенольные соединения растений являются объектом пристального внимания исследователей из-за их широкого распространения в растительном мире. По своей химической структуре — это производные фенола, содержащие дополнительно одну или более гидроксильных групп. О важной биологической роли полифенолов свидетельствует характер их распределения в растении. Больше всего их содержится в активно функционирующих органах: листьях, цветах, плодах, побегах, покровных тканях, выполняющих защитные функции. Разные органы и ткани отличаются не только количеством, но и качественным составом полифенолов [6, 12]. В настоящее время определены их основные функции в растениях. Они являются активными участниками окислительно-восстановительных процессов. В качестве сигнальных молекул участвуют в аукси-

новом обмене, процессах прорастания, роста и опыления растений, формировании симбиоза растений с клубеньковыми бактериями, микоризными грибами. Одна из важных функций полифенолов — защитная, направленная против различных повреждающих факторов внешней среды: инфекций, насекомых, УФ-излучения, температурного стресса и др. [9, 18]. Перечисленные свойства полифенолов могут детерминировать сортовые характеристики культурных растений.

Листья отдельных растений содержат значительные количества полифенолов. Имеются экспериментальные сведения, что добавки на основе листьев винограда, в которых содержание флавоноидов достигает 14,9 мг/г сухого вещества [7], способны заменить до 8 % зерновых в составе комбикормов для сельскохозяйственных животных [8].

Как показали многочисленные исследования, в листьях, а зачастую и в плодах значительного числа как тропических, так и холодоустойчивых растений в составе полифенолов доминируют гликозиды таких флавоноидов, как кверцетин, кемпферол, мирицетин, лютеолин, апигенин, с частым преобладанием целого спектра производных кверцетина (рутин, гиперозид, кверцитрин, изокверцитрин, софорозиды) [3—5, 17, 19, 26]. В исследованиях Баттери и Баззелла отмечено, что в листьях сои среди полифенолов преобладают 9 гликозидов кемпферола и 10 — кверцетина, и показано, что интенсивность синтеза этих веществ генетически детерминирована, а количественное соотношение разных групп флавоноидов и отдельных веществ могут быть четкой характеристикой сорта [20, 21].

Поскольку сведения об изменении состава полифенолов в листьях сои отечественной селекции в онтогенезе отсутствуют, целью настоящей работы было исследование сортовых особенностей содержания полифенолов в листьях некоторых отечественных сортов сои в различные фазы вегетации для определения их возможной роли в формировании урожайности и устойчивости сортов.

Методика

Исследовали листья сои *Glycine max* (L.) Merr. (Leguminosae) сортов Берегиня, Васильковская, Данко, Сяйво, Фарватер. Выбранные сорта сои занесены в государственный реестр сортов Украины, рекомендованы для культивирования в степной южной зоне и характеризуются высокой засухоустойчивостью [11]. Среди них наибольшей устойчивостью к засухе обладает сорт Васильковская. Сорта Берегиня и Васильковская относятся к скороспелым, отличаются коротким периодом вегетации — 92—96 сут (сбор урожая в начале августа) и наименьшей высотой растений — 59,4—71,6 см. Остальные сорта раннеспелые с более длительным периодом вегетации — 112—116 сут (сбор урожая в конце августа), отличаются большей высотой растений — 72,3—76,0 см. Сорта Данко, Васильковская, Сяйво, Фарватер являются высокоурожайными (в отдельные годы — до 3,01 т/га); среди них по урожайности лидирует сорт Васильковская. Наименьшей урожайностью характеризуется сорт Берегиня. Сведения о сортах приведены по данным Селекционно-генетического института — НЦСС НААН Украины (Одесса), сортоиспытательной станции Первомайская (Николаевская обл.) и Крымского института агропромышленного производства НААН Украины [10, 13, 14].

Листья отбирали в следующие фазы вегетации: начало цветения, полное цветение, конец цветения, налив бобов. Данные фазы развития

характеризуются различной интенсивностью фотосинтеза: от минимальной в фазе цветения и повышающейся до максимальной в фазе налива бобов, сочетающейся с увеличением продолжительности светового дня [1].

Одной из характеристик сортов сои является устойчивость к таким распространенным грибным заболеваниям, как аскохитоз, септориоз, серая гниль, пероноспороз, фузариоз. Сведения об устойчивости исследованных сортов сои к возбудителям перечисленных заболеваний приведены в таблице.

Экстракты готовили путем настаивания из расчета 5 г высушенного растительного сырья на 100 мл 60 %-го изопропанола в течение 7 сут. В отфильтрованных экстрактах определяли полифенолы методом ВЭЖХ в хроматографической системе Shimadzu (Япония) с использованием обращенно-фазовой колонки Micosorb-MV C18 (длина 150 мм, диаметр 4,6 мм, зерно сорбента 5 мкм). Элюентом служила система метанол—0,9 %-й раствор фосфорной кислоты. Режим хроматографирования — градиентный, который был разработан и применялся ранее для качественного разделения отдельных фенольных кислот и флавоноидов [2]. Начальное соотношение компонентов элюента 1 : 9. Длительность анализа — 75 мин. Соотношение метанола и раствора фосфорной кислоты в ходе анализа изменяли по разработанной схеме в сторону повышения содержания метанола от 10 до 80 %. Скорость движения элюента — 0,5 мл/мин, температура колонки — 40 °С, объем вводимой пробы — 5 мкл.

Идентификацию исследуемых веществ проводили сравнением их идентификационных характеристик (времени удерживания веществ в хроматографической колонке и спектральных характеристик) с аналогичными характеристиками стандартов по разработанной методике [15, 16]. Анализ образцов проводили в трех повторностях.

В качестве внешних стандартов использовали: кофейную и хлорогеновую кислоты, флавоноиды катехин, дайдзин, дайдзеин, генистин, генистеин, софорикозид, рутин, кверцетин, байкалин, ресвератрол, лютеолин, апигенин, спектральные характеристики которых были определены заранее. По сходству со стандартами идентифицируемые вещества были отнесены к двум группам: вещества, точно соответствующие стандартам по всем характеристикам, и вещества, имеющие какую-либо сте-

Устойчивость сортов сои к возбудителям грибных заболеваний

Возбудитель (заболевание)	Сорт				
	Сяйво	Фарватер	Васильковская	Берегиня	Данко
<i>Ascochyta sojicola</i> Abram. (аскохитоз)	+	+	+	+	+
<i>Septoria glycinis</i> Hemmi. (септориоз)	+	+	+	+	+
<i>Erysiphe communis</i> (Wallr.) f. <i>glycine</i> Jaesz. (серая гниль)	+	—	+	+	+
<i>Peronospora manshurica</i> Sydow. (пероноспороз)	+	+	+	—	—
<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. (фузариоз)	+	+	—	—	—

П р и м е ч а н и е. «+» — устойчивость к возбудителю; «—» — восприимчивость к возбудителю.

пень сходства со стандартами, но отличающиеся от них временем удер­живания в колонке. Последние идентифицировали как «подобные» стандарту. Так, вещества, сходные с лютеолином, идентифицировали как лютеолиноподобные, сходные с апигенином — как апигениноподобные, сходные с рутином или кверцетином — как кверцетиноподобные.

Результаты и обсуждение

В листьях сои исследованных сортов идентифицированы следующие ве­щества: катехин, хлорогеновая кислота, кофейная кислота, нарингин, нарингенин, нарингениноподобные, рутин, кверцетин, кверцетиноподобные, апигениноподобные, лютеолин, лютеолиноподобные, дайдзин, дайдзеин, генистин, генистеин.

Рис. 1 иллюстрирует общее содержание полифенолов в листьях сои в разные фазы вегетации. Для каждого сорта характерно сходное содержание полифенолов в фазу начала и полного цветения. Исключением является сорт Данко, в листьях которого уровень полифенолов в фазу полного цветения в 2 раза ниже чем в начале цветения. Сорт Берегиня отличался наименьшим содержанием полифенолов в фазу начала и полного цветения — соответственно $457,4 \pm 16,2$ и $376,2 \pm 15,1$ мкг/г — в среднем в 3,0–5,3 раза ниже, чем в листьях других сортов. К концу цветения в листьях сои полифенольные соединения накапливались. Так, в листьях сорта Васильковская общее содержание полифенолов к концу цветения повышалось в 1,5 раза, сорта Сяйво — в 2 раза, Данко — в 2,4 раза, Фарватер — в 3,3 раза, Берегиня — в 8,2 раза по сравнению с фазой полного цветения (см. рис. 1). Как видно из результатов исследования, по характеру накопления полифенолов в рассматриваемые периоды сорт Берегиня существенно отличался от других сортов самым низким содержанием полифенолов в фазу начала и полного цветения с последующим интенсивным накоплением этих веществ до уровня в листьях других сортов. В связи с этим важно отметить, что сорт Берегиня наименее урожайный среди исследуемых сортов. В то же время в листьях

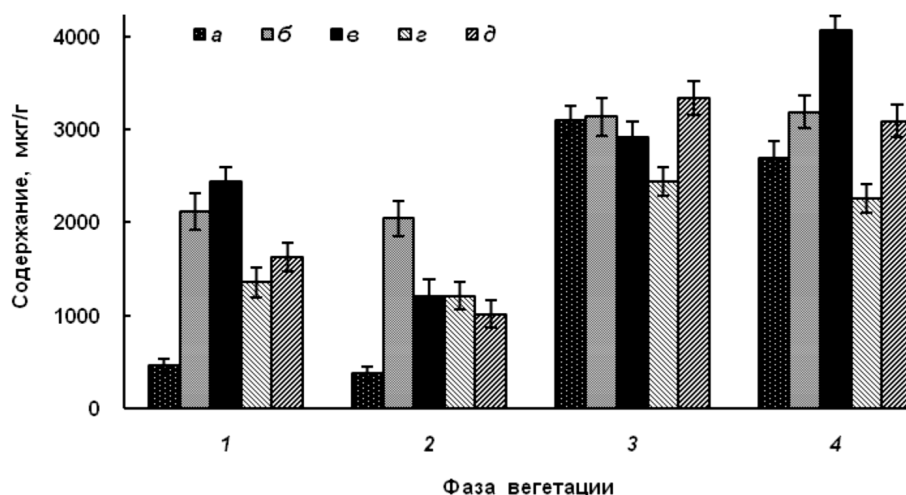


Рис. 1. Общее содержание полифенолов в листьях различных сортов сои в разные фазы вегетации. Здесь и на рис. 3–5:

1 — начало цветения; 2 — полное цветение; 3 — конец цветения; 4 — налив бобов; а — Берегиня; б — Васильковская; в — Данко; г — Сяйво; д — Фарватер

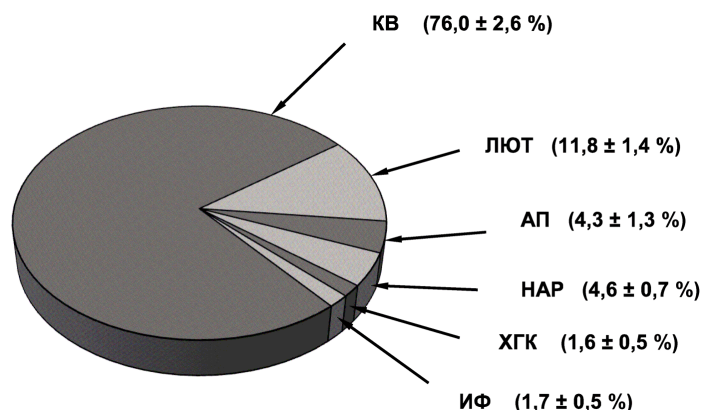


Рис. 2. Усредненный состав полифенолов в листьях сои:

КВ — кверцетиноподобные, ЛЮТ — лютеолиноподобные, АП — апигениноподобные, НАР — нарингениноподобные; флавоноиды ХГК — хлорогеновая и кофейная фенольные кислоты; ИФ — изофлавоны

наиболее урожайного сорта Васильковская уровень полифенолов в фазу начала и полного цветения в 5,8 и 9,3 раза выше, чем у сорта Берегиня и в среднем в 1,9 раза выше, чем у сортов Сяйво и Фарватер. Сорт Данко, уступающий по урожайности только сорту Васильковская, имеет сходное с ней содержание полифенолов в фазу начала цветения и наибольшее среди всех сортов в фазу налива бобов — 4069,6±35,5 мкг/г.

Усредненный качественный состав полифенолов в листьях сои перечисленных сортов представлен на рис. 2. В общей массе полифенолов лидировали кверцетиноподобные вещества — от 44 до 92 % в зависимости от сорта и фазы вегетации. Колебания уровня кверцетиноподобных веществ в листьях в разные периоды вегетации (рис. 3) соответствовали изменениям общего содержания полифенолов. Максимальное содержание кверцетиноподобных веществ отмечено в листьях сои сорта Данко в фазу налива бобов — 3406,6±40,0 мкг/г, минимальное — в листьях сорта Берегиня в фазу начала и полного цветения — соответственно 300,8±17,3 и 166,2±13,6 мкг/г.

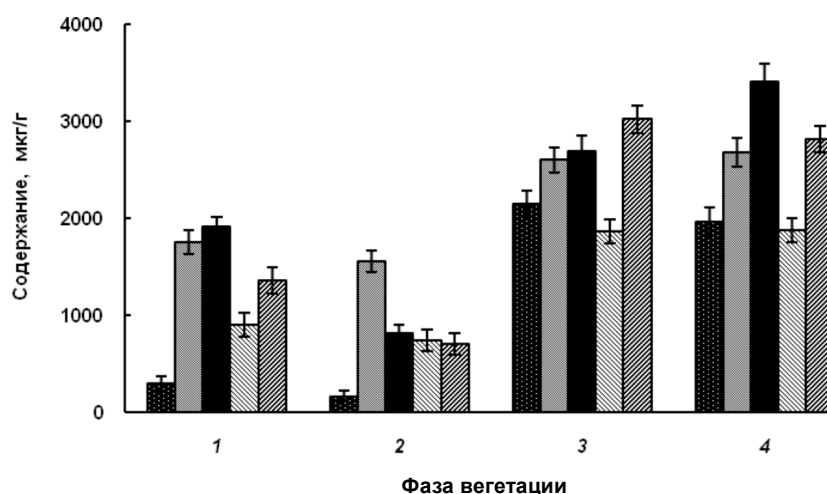


Рис. 3. Содержание кверцетиноподобных флавоноидов в листьях сои

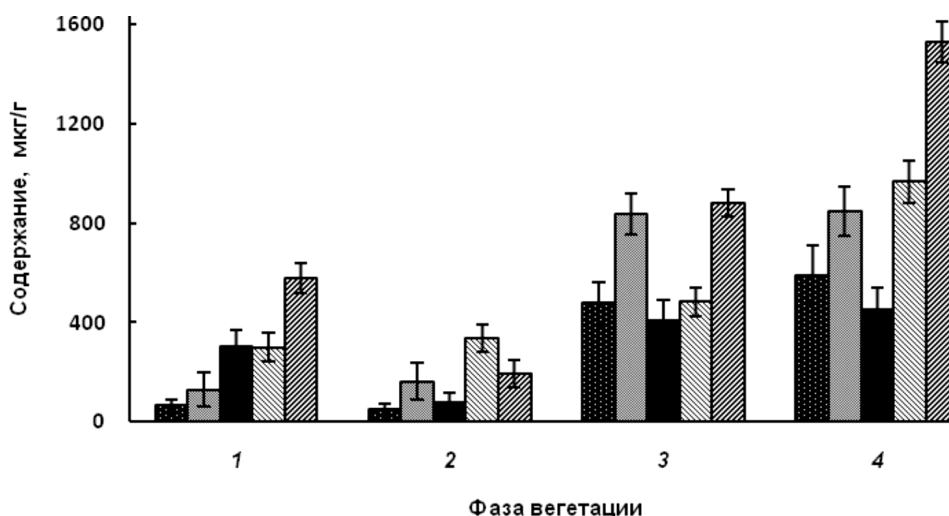


Рис. 4. Содержание рутина в листьях сои

Доля рутина в составе кверцетиноподобных веществ в исследуемых образцах сои составляла от 7,5 до 54,4 %. Его уровень в листьях в зависимости от фазы вегетации в основном повторял тенденцию изменения содержания полифенолов и кверцетиноподобных веществ (рис. 4). Наименьшее его количество было в листьях сорта Берегиня в фазу начала и полного цветения — соответственно $66,6 \pm 5,8$ и $52,2 \pm 5,3$ мкг/г, наибольшее — в листьях сорта Фарватер в фазу налива бобов — $1527,0 \pm 21,8$ мкг/г. Сорт Фарватер лидировал по содержанию рутина в листьях также в фазу начала и конца цветения (в конце цветения вместе с сортом Васильковская) — его уровень почти в 2 раза был выше, чем у других сортов.

Зависимость суммарного содержания лютеолино-, апигенино-, нарингениноподобных веществ, изофлавонов, хлорогеновой и кофейной кислот от фаз вегетации прослеживалась только в листьях сои сорта Берегиня (рис. 5). Этот наименее урожайный сорт характеризовался самым

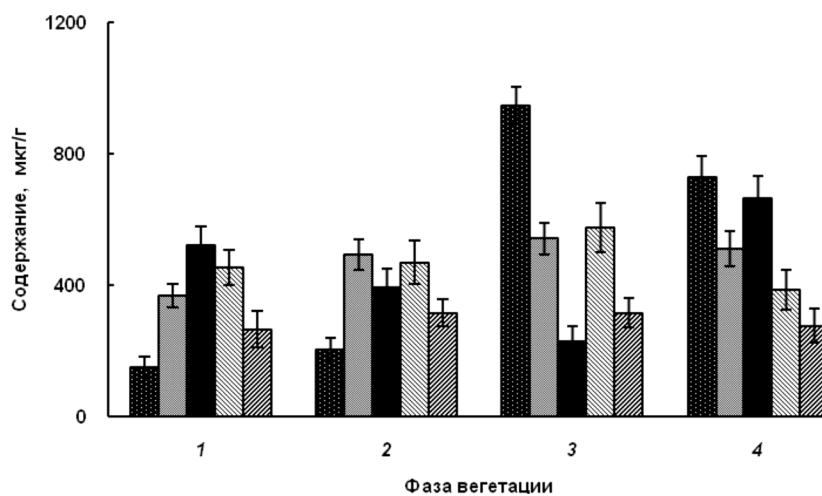


Рис. 5. Содержание полифенолов (за исключением кверцетиноподобных флавоноидов) в листьях сои

низким уровнем этих веществ в фазу начала и полного цветения и самым высоким — в конце цветения.

Максимальное количество лютеолино- и апигениноподобных веществ отмечено в конце цветения у сорта Берегиня — $642,8 \pm 18,2$ и $126,0 \pm 12,7$ мкг/г, нарингениноподобных (включая нарингин и нарингенин) — в начале цветения у сорта Данко — $144,8 \pm 10,8$ мкг/г.

Агликоны нарингенин, лютеолин и кверцетин в листьях содержатся в незначительных количествах и выявлены не во всех пробах: лютеолин — $11,0 \pm 2,2$ мкг/г (в фазу начала цветения только у сорта Фарватер), нарингенин — $1,0 \pm 0,02$... $5,6 \pm 0,1$ мкг/г (не выявлен у сорта Фарватер). Содержание нарингенина ниже содержания его гликозидной формы (нарингина) в десятки раз. Кверцетин в незначительных количествах — не более 4,8 мкг/г — обнаружен в листьях лишь двух сортов — Данко и Фарватер. Агликон апигенин, несмотря на наличие гликозидов апигенина (апигениноподобные вещества), в листьях сои не выявлен.

Содержание изофлавонов (дайдзин, дайдзеин, генистин, генистеин) в листьях оказалось не более $87,0 \pm 3,8$ мкг/г, что в 10–60 раз меньше, чем в семенах [22, 30] и проростках сои [24]. Малонилгликозидные и ацетилгликозидные формы изофлавонов, в значительном количестве содержащиеся в семенах сои [22], в листьях не выявлены.

Содержание хлорогеновой кислоты в исследуемом материале не превышало $69,2 \pm 4,7$ мкг/г. Уровень кофейной кислоты был примерно в 6–8 раз ниже содержания хлорогеновой кислоты.

Катехин обнаружен только в листьях сорта Берегиня в фазу начала и полного цветения — соответственно $5,8 \pm 0,1$ и $6,4 \pm 0,1$ мкг/г.

Установленное нами варьирование содержания полифенолов в листьях сои в различные фазы вегетации вероятнее всего связано с защитной функцией этих соединений. Известно, что любой биотический или абиотический стресс (воздействие патогенных грибов, бактерий, вирусов, температурные перепады, механические повреждения, УФ-облучение, засуха, засоленность, воздействие озона, гербицидов, солей тяжелых металлов) может привести к усилению биосинтеза отдельных групп флавоноидов или других полифенолов в различных анатомических частях растения. Так, одной из важных функций флавонолов, к которым относятся кверцетиноподобные вещества, как активных антиоксидантов является защита тканей растений и фотосинтетического аппарата от УФ-радиации, потенциально опасной из-за повреждения ДНК, белков и мембран [26]. Доказано, что сорта сои, устойчивые к ультрафиолету, содержат больше флавонолов, чем менее устойчивые сорта [28, 29]. Интенсивность синтеза флавонолов, в частности кверцетина и его производных, определена группой генов, на активность которых, помимо других факторов, влияет уровень солнечного освещения. Основным предназначением флавонолов является предупреждение оксидативных повреждений тканей растений [27]. Ким и соавт. в опытах *in vivo* установили, что облучение растущей сои ультрафиолетом вызывает повышение уровня флавонолов в листьях как во время облучения, так и в определенный период после облучения [23]. Поэтому различная интенсивность УФ-облучения в разные фазы вегетации может приводить к колебаниям содержания полифенолов в тканях растений. Отмеченное в нашем исследовании повышение общего содержания полифенолов, в том числе кверцетиноподобных веществ (флавонолов), в листьях сои в конце цветения и начале налива бобов может быть связано с более высоким

уровнем солнечного излучения в эти периоды. При этом одним из факторов, влияющих на урожайность сои, может быть генетически детерминированная интенсивность накопления флавонолов на разных стадиях онтогенеза, участвующих в регуляции функционирования фотосинтетического аппарата, от эффективности работы которого зависит синтез веществ семян, обуславливающих хозяйственно-полезные свойства сортов, в том числе и урожайность.

Сортовыми особенностями содержания флавоноидов в листьях сои можно объяснить различную степень устойчивости этих растений к грибным патогенам. Степень устойчивости исследуемых сортов сои к грибным заболеваниям скорее всего в значительной степени определяется не общим уровнем полифенолов и преобладающих среди них кверцетиноподобных веществ, а содержанием рутина. Так, наиболее устойчивые к возбудителям грибных заболеваний сорта Сяйво, Фарватер, Васильковская являются лидерами по уровню рутина в фазу налива бобов (см. рис. 4): Фарватер — $1527,0 \pm 23,4$ мкг/г, Сяйво — $966,4 \pm 15,2$, Васильковская — $849,0 \pm 11,1$ мкг/г по сравнению с менее устойчивыми к патогенам сортами: Берегиня — $592,8 \pm 12,9$ мкг/г, Данко — $454,6 \pm 9,6$ мкг/г (при том что в листьях сорта Данко отмечено наибольшее общее содержание полифенолов). Установленная закономерность подтверждена сведениями о фунгицидных свойствах рутина по отношению к грибам родов *Fusarium*, *Neurospora*, *Pyricularia*, *Rhizoctonia* [25].

Таким образом, для исследованных сортов сои характерно усиленное (в 1,5–8,2 раза) накопление полифенолов в листьях в фазы конца цветения и налива бобов. В общем содержании полифенолов доминируют кверцетиноподобные флавоноиды, половину массы которых может составлять гликозид кверцетина рутин. Остальные полифенолы (в порядке убывания содержания) представлены лютеолино-, апигенино-, нарингениноподобными флавоноидами, изофлавонами, хлорогеновой, кофейной кислотами и катехином. В листьях сои отмечено низкое содержание агликонов флавоноидов (кверцетин, лютеолин, нарингенин). Содержание изофлавонов в листьях в десятки раз ниже, чем в семенах и проростках. Проведенное исследование дает основание предположить, что общее содержание полифенолов в листьях сои может быть связано с урожайностью сорта. У сортов наивысшей урожайности Васильковская и Данко уровень полифенолов в отдельные фазы онтогенеза выше, чем у других сортов. Наименьшим содержанием этих веществ в фазу начала и полного цветения отличался наименее урожайный сорт Берегиня. Вероятно также, что в формировании устойчивости сортов сои к грибным заболеваниям принимает участие рутин. Общая тенденция к повышению уровня полифенолов, в том числе кверцетиноподобных веществ, в листьях сои в фазы конца цветения и налива бобов, возможно, является защитной реакцией на более высокий уровень солнечного излучения в эти периоды.

1. Амелин А.В., Кузнецов И.И., Чекалин Е.И. Особенности фотосинтеза в онтогенезе различных по эколого-географическому происхождению сортов сои // Вестн. Орел. аграр. ун-та. — 2011. — 3, № 11. — С. 2–4.
2. Вертикова Е.К., Ходаков И.В., Левицкий А.П. Метод определения хлорогеновой кислоты // Вісн. стоматології. Спец. випуск. — 2010. — 73, № 5. — С. 2–5.
3. Голембіовська О.І. Розділення та ідентифікація поліфенолів суцвіть *Prunella vulgaris* L. методом ВЕРХ // Там само. — 2012. — 80, № 7. — С. 26.

4. Гудзенко А.В., Курапова Т.М. Дослідження вмісту гіперозиду та ізокверцетрину в препаратах плодів глоду // Там само. — С. 27.
5. Джан Т.В. Полифенолы листа каштану посівного *Castanea sativa* Mill. // Там само. — С. 28.
6. Красильнікова Л.О., Авксентьева О.О., Жмурко В.В. Биохимия растений. — Харьков: Колорит, 2007. — С. 27—144.
7. Левицкий А.П., Гулавский В.Т., Ходаков И.В. и др. Мука из виноградных листьев — источник витамина Р в комбикормах // Зернові продукти і комбікорми. — 2011. — **41**, № 1. — С. 30—33.
8. Левицкий А.П., Селиванская И.А., Ходаков И.В., Тарасенко Ю.В. Кормовая ценность муки из виноградных листьев // Там само. — **42**, № 2. — С. 24—25.
9. Макаренко О.А., Левицкий А.П. Физиологические функции флавоноидов в растениях // Физиология и биохимия культ. растений. — 2013. — **45**, № 2. — С. 100—112.
10. Січкач В.І. Особливості селекції сої на покращення рівня адаптивності // Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської обл. — 2009. — Вип. 6. — С. 138—150.
11. Січкач В.І., Шерстобітов В.В. Сучасна технологія вирощування та переробки сої. Методичні рекомендації. — Одеса: СГІ—НЦНС, 2012. — 51 с.
12. Смірнов О., Косик О. Флавоноїди рутин і кверцетин. Біосинтез, будова, функції // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біологічна. — 2011. — **56**. — С. 3—11.
13. Туріна О., Турін Є., Шестопалов М. Екологічне випробування сортів сої в умовах Криму // Тваринництво України. — 2011. — № 9. — С. 34—37.
14. Турін Є.М., Шигорцова О.Л. Сортовипробування сої у Криму за умов зрошення // Зб. наук. праць СГІ—НЦРС. — 2010. — **15**, № 55. — С. 101—110.
15. Ходаков И.В. Способ идентификации полифенолов в растительных экстрактах // Вісн. стоматології. Спец. випуск. — 2012. — **80**, № 7. — С. 42.
16. Заявка на патент № у 201212471 від 31.10.12. Спосіб ідентифікації поліфенолів в рослинних екстрактах // І.В. Ходаков, О.А. Макаренко, А.П. Левицький.
17. Andarwulan N., Batari R., Sandrasari D., Wijaya H. Flavonoid content and antioxidant activity of vegetables from Indonesia // Food Chem. — 2010. — N 121. — P. 1231—1235.
18. Andersen O.M., Markham K.P. Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Application. — N. Y.: CRC Press, 2005. — 1256 p.
19. Boue S.M., Carter-Wientjies C.H., Shin B.Y., Cleveland T.E. Identification of flavones aglycones and glycosides in soybean pods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry // J. Chromatogr. A. — 2003. — N 991. — P. 61—68.
20. Buttery B.R., Buzzell R.I. Soybean flavonol glycosides: identification and biochemical genetics // Can. J. Bot. — 1975. — **2**, N 53. — P. 219—224.
21. Buttery B.R., Buzzell R.I. Varietal differences in leaf flavonoids of soybean // Crop Sci. — 1973. — **1**, N 1. — P. 103—106.
22. Denti S., Lickwood B. Development of techniques for the analysis of isoflavones in soy foods and nutraceuticals // Curr. Opin. in Clinical Nutr. Metabolic Care. — 2008. — **3**, N 11. — P. 242—247.
23. Kim B.E., Kim J.H., Lee Ch., Ahn J.-H. Accumulation of flavonols in response to ultraviolet-B irradiation in soybean is related to induction of flavanone 3- β -hydroxylase and flavonol synthase // Mol. Cell. — 2007. — **25**, N 2. — P. 247—252.
24. Kim E.H., Kim S.H., Chung J.J. et al. Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions // Eur. Food Res. Technol. — 2006. — N 222. — P. 201—208.
25. Lattanzio V., Lattanzio V.M.T., Cardinale A. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects // Phytochemistry: Advances in Research (editor: F. Imperato). — Research Signpost, 2006. — P. 23—67.
26. Miesan K.H., Mohamed S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, apigenin) content of edible tropical plant // J. Agr. Food Chem. — 2001. — N 49. — P. 3106—3112.
27. Pollasri S., Tattini M. Flavonols: old compound for old roles // Ann. Bot. — 2011. — N 108. — P. 1225—1233.
28. Reed H.E., Teramura A.H., Renworthy W.I. Ancestral U.S. soybean cultivars characterized for tolerance to ultraviolet-B radiation // Crop. Sci. — 1992. — N 32. — P. 1214—1219.
29. Sullivan J.H., Teramura A.H. Field study of the interaction between solar ultraviolet-B irradiation and drought on photosynthesis and growth in soybean // Plant Physiol. — 1990. — N 92. — P. 141—146.
30. Tiulea C., Peev C., Feflea S. et al. A screening for the most representative classes of compounds from two varieties of soy // J. Agr. Processes and Technol. — 2011. — **1**, N 17. — P. 15—19.

Получено 13.03.2013

СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ СОЇ УКРАЇНСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ЗА ВМІСТОМ
ПОЛІФЕНОЛІВ У ЛИСТКАХ

I.V. Khodakov¹, O.A. Makarenko¹, A.P. Levitsky¹, V.I. Sichkar²

¹Державна установа «Інститут стоматології Національної академії медичних наук України», Одеса

²Селекційно-генетичний інститут—Національний центр насіннезнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України, Одеса

Досліджено вміст поліфенолів у листках сортів сої української селекції Берегиня, Васильківська, Данко, Сяйво, Фарватер у різні фази вегетації методом ВЕРХ для визначення їх можливої ролі у формуванні врожайності та стійкості до грибних захворювань. Установлено, що в загальному вмісті поліфенолів домінують кверцетиноподібні флавоноїди (до 92 %), половину маси яких може становити глікозид кверцетину рутин. Максимальний вміст рутину виявлено в листках сої сорту Фарватер у фазу наливання бобів. Решта поліфенолів представлена лютеоліно-, апігеніно-, нарингеніноподібними речовинами, ізофлавонами (дайзін, дайзеїн, геністин, геністеїн), хлорогеновою та кавовою кислотами, катехіном. Відзначено низький вміст агліконів флавоноїдів (кверцетин, лютеолін, нарингенін). Для досліджених сортів сої характерне підвищене (в 1,5–8,2 раза) накопичення поліфенолів у листках наприкінці цвітіння та в період наливання бобів, ймовірно — це захисна реакція на підвищення рівня сонячного випромінювання. В найбільш урожайних сортів Васильківська і Данко вміст поліфенолів в окремі фази онтогенезу був вищим, ніж у інших сортів. Найнижчим вмістом поліфенолів у фазу початку й повного цвітіння вирізнявся найменш урожайний сорт Берегиня. Ступінь стійкості сортів сої до грибних захворювань позитивно співвідносився із вмістом рутину.

VARIETAL CHARACTERISTICS OF UKRAINIAN BREEDING'S SOYBEANS FOR
POLYPHENOLIC CONTENT IN LEAVES

I.V. Khodakov¹, O.A. Makarenko¹, A.P. Levitsky¹, V.I. Sichkar²

¹State Establishment «The Institute of Stomatology National Academy of Medicine Sciences of Ukraine»

11, Rishelievskaya St., Odesa, 65026, Ukraine

²Plant Breeding and Genetics Institute—National Center of Seed and Cultivar Investigation National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

3 Ovidiopol'ska road, Odesa, 65036, Ukraine

Contents of polyphenolics in leaves of Ukrainian breeding's soybean cultivars Bereginya, Vasylykivska, Danko, Syaivo and Farvater in different vegetation phases were investigated to define their possible role in the formation of the yielding capacity and the resistance to fungal diseases. Quercetin-like flavonoids dominated (up to 92 %) among total polyphenolics. Quercetin glycoside rutin could take half from quercetin-like substances. The maximum content of rutin was noted in Farvater's leaves at a phase of bean ripening. The rest of polyphenolics was represented by luteolin-, apigenin-, naringenin-like flavonoids, isoflavones (daidzin, daidzein, genistin, genistein), chlorogenic and caffeic acids, catechin. In leaves the low content of flavonoid aglycones (quercetin, luteolin, naringenin) was observed. The intensifying (in 1.5–8.2 times) of accumulation of polyphenolics in leaves of all cultivars at the end of flowering and at ripening of beans was established. Supposedly it was a defensive reaction to the increased level of solar radiation during these phases. The highest yield capacity cultivars Vasylykivska and Danko had polyphenolic contents higher than other cultivars in separate vegetative phases. The less-yielding cultivar Bereginya has differed by lower polyphenolic contents in phases of the flowering beginning and the total flowering. The degree of cultivars' resistance to fungal diseases has combined positively with the level of rutin.

Key words: soybean cultivars, soybean leaves, vegetative phases, HPLC, polyphenolics, flavonoids, rutin.