

СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ФРУКТОЗАНОВ У СОРТА ЯКОНА (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) УКРАИНСКОЙ ИНТРОДУКЦИИ И ДРУГИХ ВИДОВ *Asteraceae* ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ, ПОРАЖЕНИИ ВИРУСАМИ И ФИТОФАГАМИ

М.С. ГИНС¹, В.К. ГИНС¹, П.Ф. КОНОНКОВ¹, А.А. ДУНИЧ², А.В. ДАЩЕНКО³,
Л.Т. МИЩЕНКО²

Антиоксиданты регулируют функциональную активность организма, а также уменьшают риск развития ряда заболеваний. Дефицит антиоксидантов приводит к резкому снижению устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Растительная пища, в том числе нетрадиционные и лекарственные виды, служит основным и самым доступным источником антиоксидантов для человека. Новое перспективное лекарственное растение якон, или полимния осотolistая (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. син. *Smallanthus sonchifolia*), сорта Юдинка селекции Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур было успешно интродуцировано на Украине. Известно, что содержание биологически активных веществ (БАВ) при перенесении растения из мест естественного произрастания в другие климатические условия, а также под воздействием биотических агентов может изменяться. Несмотря на это, всего несколько работ посвящены изучению содержания фенолов, олигофруктанов и других БАВ в яконе в зависимости от условий выращивания и хранения. Данные по влиянию патогенов на содержание БАВ в яконе вообще отсутствуют. Поэтому нашей целью стало количественное определение основных БАВ (фенольных соединений и фруктозанов) в листьях и корневых клубнях якона украинской интродукции, а также оценка влияния биотических факторов на эти показатели (для сравнения анализировали растения других видов астровых). Хроматографический анализ спиртовых экстрактов из листьев и корнеклубней якона показал наличие фенольных соединений, среди которых преобладали производные гидроксикоричных кислот (ГОКК). Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии установлено, что в спиртовом экстракте сухого корнеклубня якона производные ГОКК представлены основным неидентифицированным пиком (X1) со временем удерживания 11,45 мин. Также были обнаружены хлорогеновая и кофейная кислоты. Основным фенольным компонентом спиртового экстракта свежего корневого клубня оказалось вещество со временем удерживания 12,21 мин (X2), которое отсутствовало на хроматограммах сухого корневого клубня и тоже представляло собой производное кофейной кислоты. В составе производных ГОКК других видов семейства *Asteraceae*, в отличие от якона, обнаружен доминирующий пик одного из производных кофейной кислоты. В листьях эхинацеи и одуванчика это цикориевая кислота, в листьях топинамбура — хлорогеновая кислота, в листьях лопуха — неидентифицированное вещество (X3), совпадающее по времени удерживания с цикориевой кислотой. В листьях якона производные ГОКК оказались представлены в большем количестве. На хроматограммах подавляющее большинство (не менее 18) пиков имели характерный для ГОКК УФ-спектр. Три компонента (время удерживания 7,1-7,6) по характеру УФ-спектра можно было отнести к флавонолам. В листьях разных ярусов растения методом прямой спектрофотометрии спиртовых экстрактов установлено содержание от 2,8 до 4,3 % суммы гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую кислоту и абсолютно сухую массу). Выявлено, что в корневых клубнях содержится от 36 до 45 % фруктозанов в зависимости от региона выращивания и погодных условий. Сравнительный анализ показал, что в корневых клубнях растений якона, размноженных методом черенкования, содержание фруктозанов выше на 4,98 % по сравнению с нечеренкованными. Необходимо отметить, что количество фруктозанов в корневых клубнях якона было соответственно на 6,20 и 3,03 % выше, чем в клубнях топинамбура и георгина, которые известны как источники высокого содержания указанных веществ. Количество основных БАВ в корневых клубнях якона при поражении вирусными инфекциями и вредителями снижалось: низкомолекулярных фруктозанов — на 8,9 %, суммы фруктозы и общих фруктозанов — на 13,9 %, инулина — на 5,0 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что якон как перспективный источник фруктозанов и антиоксидантов может использоваться для получения фитопрепаратов.

Ключевые слова: якон, фенольные соединения, фруктозаны, инулин, гидроксикоричные кислоты, биотические факторы.

Характер питания во многом определяет здоровье и продолжитель-

ность жизни человека. Помимо основных нутриентов (белки, жиры и углеводы), а также витаминов, микро- и макроэлементов, для человека жизненно необходима большая группа химических соединений, обладающих антиоксидантными свойствами (1). Биологически активные вещества (БАВ), в том числе антиоксиданты, регулируют функции организма и снижают риск развития ряда заболеваний. Дефицит антиоксидантов и нарушение антиоксидантной защиты приводит к резкому снижению устойчивости к неблагоприятным факторам. Растительная пища, в том числе нетрадиционные и лекарственные виды, служит основным и самым доступным источником антиоксидантов для человека (2).

Проблема интродукции растений с высоким содержанием БАВ актуальна во всем мире и связана с недостатком этих соединений в рационе у населения многих стран. Оценка и отбор растений с высоким содержанием антиоксидантов, а также изучение их состава необходимы для создания пищевых продуктов, обогащенных дефицитными микронутриентами и пищевыми нутриентами (3). Так, в Нечерноземной зоне РФ был интродуцирован стахис — китайский артишок (*Stachys sieboldii* Mig.), изучены состав и содержание биологически активных веществ и антиоксидантов в его клубеньках. Помимо стахиозы, в них установлено присутствие комплекса БАВ и антиоксидантов: витамина С, фенольных соединений, в том числе флавоноидов, природных гликозидов (4). Это полезное растение интродуцировано также на Украине и в Болгарии (5).

К альтернативным источникам антиоксидантов относится якон, или полимния осотolistая (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. син. *Smallanthus sonchifolia*), — многолетнее растение из семейства *Asteraceae* (6). Основной ареал якона — средние широты Южной Америки. Он уже интродуцирован в США, Новой Зеландии, Южной Европе, Иране, Японии, Молдавии, Чехии и Узбекистане. Исследования по интродукции якона в странах СНГ, начатые во Всероссийском НИИ селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК), также получили продолжение (7-9).

Якон считается ценной лекарственной культурой из-за высокой доли инулина (полисахарид, который легко усваивается организмом и служит заменителем сахарозы в диетическом питании больных сахарным диабетом) в корневых клубнях. Учеными из многих стран доказаны гипогликемические свойства якона (10-13). В основном изучается лекарственный эффект у подземной части растения, хотя показано, что применение экстрактов из листьев снижает уровень сахара в крови (14-17). Благодаря содержанию хлорогеновой, кофейной кислот и других фенольных соединений его листья обладают также антиоксидантными свойствами (18-21).

Растения якона сорта Юдинка селекции ВНИИССОК были интродуцированы на Украине (22-24). Содержание БАВ при перенесении растения из мест естественного произрастания в другие климатические условия может изменяться. Однако лишь несколько публикаций посвящены изучению количества фенолов, олигофруктанов и других БАВ в яконе, а также условий выращивания и хранения этих растений (18, 25, 26).

Мы количественно оценили накопление основных биологически активных веществ у сорта якона украинской интродукции в зависимости от абиотических и биотических факторов (почвенно-климатические условия региона, технологии размножения, наличие патогенов и вредителей) и сравнили эти данные с результатами анализа других представителей астровых.

Методика. Исследовали (2011-2013 годы, Украина) растения якона сорта Юдинка (оригинатор — Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур), а также эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*),

лопуха большого (*Arctium lappa*), томинамбура (*Helianthus tuberosus*), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) и георгина (*Dahlia Cav.*). Якон выращивали на опытном участке ОНЦ «Институт биологии» Киевского национального университета им. Тараса Шевченко (г. Киев), в Киевской, Полтавской и Черниговской областях, остальные образцы — в Киевской и Полтавской областях.

Якон размножали стеблевыми черенками (27). Стебли с одной парой листьев помещали в торфяные горшки с почвой, накрывали пластмассовыми колпаками и обильно поливали водой. Затем их переносили в теплицу с температурой воздуха +18...+20 °С и освещенностью 6 тыс. лк (длительность светового периода 16 ч). В опытах по оптимизации лабораторного размножения и выращивания якона в полевых условиях в первом варианте использовали стеблевые черенки, и в возрасте 2,5 мес высаживали растения в открытый грунт, во втором — якон не черенковали, корневище с отросшими на нем стеблями после выращивания в течение 2,5 мес в лаборатории высаживали в поле. Растения выкапывали в октябре (до начала заморозков), для исследований отбирали листья и корневые клубни.

Жидкостную хроматографию проводили на приборе Agilent 1100 («Agilent Technologies», США) с диодматричным детектором и колонкой Agilent Zorbax Eclipse XDB-C18 (150×4,6 мм, размер частиц сорбента 5 мкм) («Agilent Technologies», США). Элюирование градиентное в системе ацетонитрил:фосфорная кислота. В качестве вещества сравнения использовали хлорогеновую кислоту в пересчете на безводную субстанцию. Наличие фенольных соединений определяли в спиртовых экстрактах листьев, сухого и свежего цельного корневого клубня и его корки. Также были проанализированы фенольные соединения в спиртовых экстрактах листьев эхинацеи пурпурной, лопуха большого, томинамбура, одуванчика лекарственного. Разделенные вещества идентифицировали, сопоставляя время удерживания для пиков на хроматограмме проб и для референтных соединений ($\lambda = 325$ нм — рабочая длина волны).

Сумму фруктозанов в пересчете на сухое вещество и 5'-гидроксиметилфурфурол определяли по стандартной методике спектрофотометрически при $\lambda = 285$ нм на приборе UV 1600 («Marada», Китай) (28). Для количественной оценки фракций фруктозанов использовали цветную реакцию Селиванова (нагревание фруктозы с соляной кислотой с образованием оксиметилфурфура, который с резорцином дает вишнево-красное окрашивание, интенсивность которого определяется спектрофотометрически) (29). Для разделения высших и низкомолекулярных фруктозанов применяли методику, основанную на способности последних растворяться в 96 % этаноле. Данные по количеству фруктозанов выражали в пересчете на фруктозу в водном и спиртовом извлечениях из корнеклубней якона. Результаты по водным извлечениям показывали содержание суммы фруктозы и общих фруктозанов, разность между значениями для водных и спиртовых экстрактов — содержание инулина. Кроме якона, фруктозаны определяли в растениях топинамбура и георгина. Сумму гидроксикоричных кислот (ГОКК) в листьях 2-го яруса и листьях 1-4-го ярусов (усредненная проба) оценивали методом прямой спектрофотометрии спиртовых экстрактов ($\lambda = 325$ нм; UV 1600, «Marada», Китай) и выражали в пересчете на хлорогеновую кислоту и абсолютно сухое вещество (30).

Данные обрабатывали по параметрическим критериям нормального распределения вариант, стандартное отклонение вычисляли по общепринятой методике, используя пакет Microsoft Excel.

Результаты. На рисунке 1 представлены растения якона разного возраста, а также полученный урожай — здоровые и пораженные вирусной инфекцией корневые клубни (31).

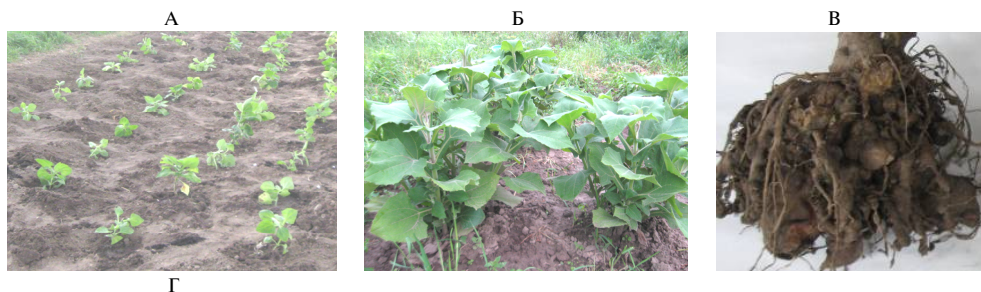


Рис. 1. Растения якона (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) сорта Юдинка, интродуцированные на территории Украины: А и Б — возраст соответственно 2,5 и 4,5 мес; В — большие корневые клубни, Г — здоровые корневые клубни (Киевская обл., 2013 год).

Хроматографический анализ спиртовых экстрактов из листьев и корнеклубней якона показал наличие фенольных соединений, среди которых преобладали производные гидроксикоричных кислот (ГОКК). Их УФ-спектры имели характерные максимум при 325-330 нм и плечо при 300-305 нм (рис. 2, А).

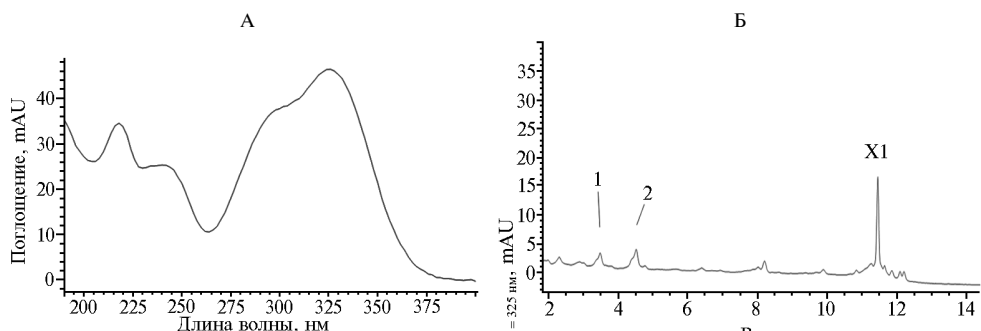


Рис. 2. УФ-спектр пиков производных гидроксикоричных кислот в спиртовых экстрактах из листьев и корневых клубней (А) и хроматограммы спиртовых экстрактов сухих (Б) и свежих (В) корневищ якона (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) сорта Юдинка украинской интродукции (Киевская обл., 2012 год): 1 — хлорогеновая кислота, 2 — кафтаровая кислота, X1 и X2 — неидентифицированные пики (предположительно производные кофейной кислоты). Спектрофотометр UV 1600 («Mapada», Китай), жидкостный хроматограф Agilent 1100 («Agilent Technologies», США).

На хроматограмме спиртового экстракта сухого корнеклубня производные ГОКК были представлены основным неидентифицированным пиком (X1) со временем удерживания 11,45 мин. Также выявлялись хлорогеновая и кофейная кислоты (см. рис. 2, Б). Основным фенольным компонентом спиртового экстракта свежего корневого клубня оказалось вещество со временем удерживания 12,21 мин (X2), которое отсутствовало

на хроматограммах сухого корневого клубня и также представляло собой производное кофейной кислоты (см. рис. 2, В). Аналогичные результаты, указывающие на наличие в корневых клубнях якона хлорогеновой, кофейной и других кислот, а также кверцетина и еще двух флавоноидов, описаны в литературе (32-35). При анализе хроматограмм спиртовых экстрактов цельного корневого клубня и его корки качественных и количественных различий по ГОКК мы не обнаружили.

В листьях якона производные ГОКК оказались представлены в гораздо большем количестве. В зависимости от региона выращивания в них содержалось от 2,78 до 4,30 % ГОКК, что указывает на перспективность использования не только корнеклубней, но и надземной части в качестве лекарственного сырья. На хроматограммах подавляющая часть (не менее 18) пиков имели УФ-спектр, типичный для ГОКК. Три компонента (время удерживания 7,1-7,6 мин) по характеру УФ-спектра можно было отнести к флавонолам (рис. 3).

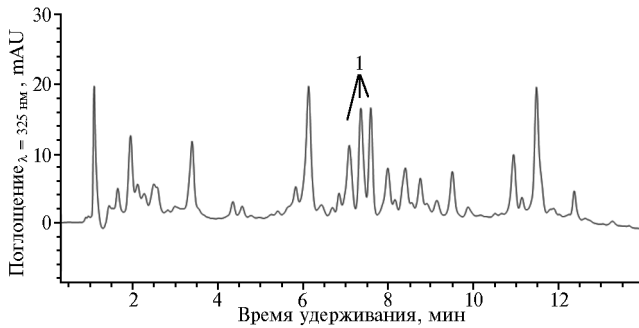


Рис. 3. Хроматограмма спиртового экстракта из сухих листьев якона (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) сорта Юдника украинской интродукции (Киевская обл., 2012 год); 1 — флавонолы. Жидкостный хроматограф Agilent 1100 («Agilent Technologies», США).

которые, помимо производных ГОКК, выявили в листьях якона неизвестный дериват хлорогеновой кислоты и один неидентифицированный флавоноид (32).

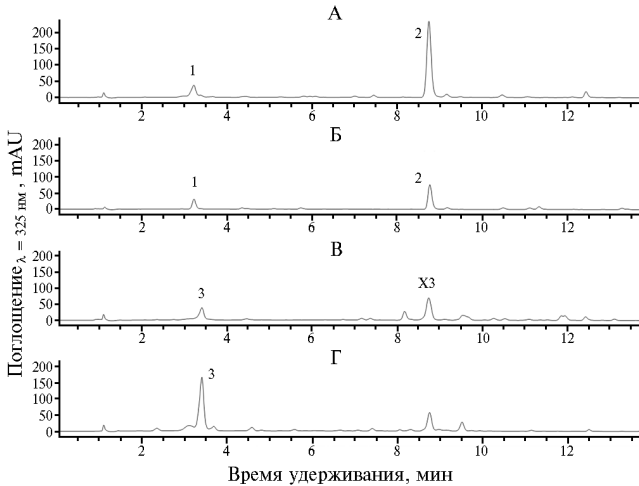


Рис. 4. Хроматограммы спиртовых экстрактов из листьев разных представителей семейства *Asteraceae* (Киевская обл., 2012 год): А — одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), Б — эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*), В — лопух большой (*Arctium lappa*), Г — топинамбур (*Helianthus tuberosus*); 1 — кафтаровая кислота, 2 — цикориевая кислота, 3 — хлорогеновая кислота, X3 — неидентифицированное вещество. Жидкостный хроматограф Agilent 1100 («Agilent Technologies», США).

В составе производных ГОКК у других изученных нами растений, в отличие от якона, был обнаружен доминирующий пик одного из производных кофейной кислоты. В листьях эхинацеи и одуванчика это цикориевая кислота, топинамбура — хлорогеновая кислота, лопуха — неидентифицированное вещество (X3), совпадающее по времени удерживания с цикориевой кислотой (рис. 4).

Сумма гидроксикоричных кислот (ГОКК в пересчете на хлорогеновую кислоту и абсолютную сухую массу) в листьях разных ярусов у якона (*Polymnia sonchifolia* Poerr. & Endl.) и других представителей семейства *Asteraceae* по регионам произрастания (Украина, 2011 год)

Вид растения	Регион	Ярус	Содержание ГОКК ($\bar{X} \pm \sigma$), %
Якон	Киевская обл.	1-4-й	3,92±0,03
Якон	Полтавская обл.	1-4-й	2,78±0,03
Топинамбур	Киевская обл.	1-4-й	4,97±0,04
Топинамбур	Полтавская обл.	1-4-й	5,29±0,03
Якон	Киевская обл.	2-й сверху	4,30±0,03
Якон	Полтавская обл.	2-й сверху	3,36±0,02
Топинамбур	Киевская обл.	2-й сверху	8,84±0,05
Топинамбур	Полтавская обл.	2-й сверху	7,47±0,04
Лопух большой	Полтавская обл.	1-4-й	3,78±0,02
Одуванчик лекарственный	Полтавская обл.	Все листья	4,75±0,03

Примечание. Таксономические названия видов растений см. в разделе «Методика».

У якона в листьях 2-го яруса сверху содержание ГОКК было выше ($p < 0,01$), чем в усредненной пробе для 1-4-го ярусов: в Киевской области — на 0,38 %, в Полтавской — на 0,58 % (табл.). Эта тенденция прослеживалась и у топинамбура (в листьях 2-го яруса по сравнению с 1-4-м количество БАВ больше). Такие результаты могут быть связаны с перераспределением веществ в более молодые листья при росте растений. Полученные данные будут полезны при заготовке лекарственного сырья высокого качества.

Другими авторами показано, что корневые клубни якона содержат от 25 до 83 % углеводов в зависимости от условий и региона (25, 36, 37). В наших исследованиях количество фруктозанов в яконе составляло 44,7 % в Киевской области, 44,0 % — в Черниговской области, 36,1 % — на опытном участке института (г. Киев). В опытах по оптимизации приемов размножения якона (2013 год) в корневых клубнях растений, полученных черенкованием, содержание фруктозанов было на 4,98 % выше, чем у нечеренкованных (56,20±0,30 % против 51,22±0,32 %). Отметим, что у якона оно оказалось выше, чем у топинамбура (47,51±0,31 %) и георгина (50,68±0,28 %), для которых характерно высокое накопление указанных веществ. То есть якон можно рассматривать как не менее перспективный источник фруктозанов.

В процессе вегетации растений якона в полевых условиях (2013 год) наблюдались симптомы вирусных заболеваний, что сказалось на количестве и размерах корневых клубней (см. рис. 1, В). Также выявили повреждение листьев гусеницами и наличие других вредителей в почве (31). В пораженных корневых клубнях по сравнению со здоровыми содержалось меньше низкомолекулярных фруктозанов (соответственно 40,3±0,60 и 49,2±0,76 %), снижалась сумма фруктозы и общих фруктозанов (51,10±0,77 и 65,0±0,98 %), а также количество инулина (10,8±0,16 и 15,8±0,22 %). Это свидетельствует о снижении качества лекарственного растительного сырья. Аналогичные данные были получены нами и зарубежными авторами для других лекарственных культур (38-42).

Таким образом, корнеклубни и листья растений якона (в сравнении с другими астровыми) можно считать перспективным сырьем для производства фитопрепаратов и биодобавок с антиоксидантными и гипогликемическими свойствами благодаря высокому содержанию фенольных соединений и фруктозанов, в частности инулина. Ввиду заметного снижения содержания основных биологически активных веществ в корневых клубнях якона под воздействием вирусных инфекций и вредителей необходимо своевременно использовать методы защиты культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинс М.С., Гинс В.К. Физиолого-биохимические основы интродукции и селекции овощных культур. М., 2011.
2. Carlsen M.H., Halvorsen B.L., Holte K., Bohn S.K., Dragland S., Samp-

- son L., Willey C., Senoo H., Umezono Y., Sanada C., Barikmo I., Berhe N., Walter C., Willett W.C., Phillips K.M., Jacobs D.R. Jr, Blomhof R. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition Journal*, 2010, 9(3): 1-11 (doi: 10.1186/1475-2891-9-3).
3. Russo D., Valentão P., Andrade P.B., Fernandez E.C., Milella L. Evaluation of antioxidant, antidiabetic and anticholinesterase activities of *Smallanthus sonchifolius* landraces and correlation with their phytochemical profiles. *Int. J. Mol. Sci.*, 2015, 16: 17696-17718 (doi: 10.3390/ijms160817696).
 4. Гинс М.С., Гинс В.К., Кононков П.Ф. Стахис — перспективная овощная культура с лекарственными свойствами. Биохимические и фармакологические свойства. *Овощи России*, 2015, 23(8): 108-112.
 5. Дікова Б., Дашенко А.В., Таран О.П., Глушенко Л.А., Міщенко Л.Т. Фізіологічний статус рослин роду *Stachys* за дії біотичного стресу. II Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських і ефіроолійних культур». Березоточа, Україна, 2015: 96-100.
 6. Hong S.S., Lee S.A., Han X.H., Lee M.H. Melampolides from the leaves of *Smallanthus sonchifolius* and their inhibitory activity of LPS-induced nitric oxide production. *Chem. Pharm. Bull.*, 2008; 56(2): 199-202 (doi: 10.1248/cpb.56.199).
 7. Колесникова Е.О. Биологический потенциал и методы создания исходного материала якона (*Polymnia sonchifolia* Роевр. & Endl.) при интродукции в ЦЧР. Автореф. канд. дис. Рамонь, 2009.
 8. Слётова Е.В. Интродукция и разработка технологии возделывания якона в условиях Нечерноземья в индивидуальном секторе. Автореф. канд. дис. М., 2004.
 9. Томаева З.Р. Биолого-хозяйственные особенности якона в условиях РСО-Алания и перспективы его использования. Автореф. канд. дис. Владикавказ, 2006.
 10. Miura T. Antidiabetic activity of *Fuscoporia oblique* and *Smallanthus sonchifolius* in genetically type 2 diabetic mice. *Journal of Traditional Medicines (Japan)*, 2007, 24(2): 47-50.
 11. Мищенко Л.Т., Остапченко Л.И., Ховака В.В., Весельский С.П., Тороп В.В. Апробация лекарственных растений в качестве антидиабетических препаратов В сб: Современная фармацевтическая наука и практика: традиции, инновации, приоритеты. Самара, 2011: 76-77.
 12. Мищенко Л.Т., Дунич А.А., Весельский С.П., Серета А.В. Сахаропонижающее действие экстрактов лекарственных растений и их сборов при аллоксаниндуцированном сахарном диабете. Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко. Биологические науки, 2012, 17(252): 109-115.
 13. Ojansivu I., Ferreira C.L., Salminen S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology*, 2011, 22: 40-46 (doi: 10.1016/j.tifs.2010.11.005).
 14. Baroni S., Suzuki-Kemmelmeier F., Caparroz-Assef S.M., Cuman R.K.N., Bersani-Amado C.A. Effect of crude extracts of leaves of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) on glycemia in diabetic rats. *Revista Brasileira de Ciencias Farmaceuticas*, 2008, 44(3): 521-530 (doi: 10.1590/S1516-93322008000300024).
 15. Volpato G.T., Vieira F.L., Almeida F.C.G., Camara F., Lemonica I.P. Study of the hypoglycemic effects of *Polymnia sonchifolia* leaf extracts in rats. Abstracts of the second WOCMAP. Pt 2: Pharmacognosy, pharmacology, phytomedicine, toxicology. Wageningen (Netherlands), 1999: 319.
 16. Genta S.B., Cabrera W.M., Mercado M.I., Grau A., Catalán C.A., Sánchez S.S. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from *Smallanthus sonchifolius*: Constituents of the most active fractions. *Chem. Biol. Interact.*, 2010, 185(2): 143-152 (doi: 10.1016/j.cbi.2010.03.004).
 17. Dou D.Q., Kang T.G., Qiu Y.K., Tian F. Studies on the anti-diabetic constituents of the leaves of *Smallanthus sonchifolius* (Yacon). *Planta Med.*, 2008, 74: 71 (doi: 10.1055/s-2008-1075267).
 18. Lachman J., Fernandez E.C., Viehmannova I., Sulc M., Ееркова Р. Total phenolic content of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) rhizomes, leaves, and roots affected by genotype. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2007, 35(1): 117-123 (doi: 10.1080/01140670709510175).
 19. Valentova K., Moncion A., de Waziers I., Ulrichova J. The effect of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts on rat hepatic metabolism. *Cell Biol. Toxicol.*, 2004, 20: 109-120 (doi: 10.1023/B:CBTO.0000027931.88957.80).
 20. Чекмарев П.А., Кононков П.Ф., Гинс В.К., Горюнова Ю.Д. Антиоксидантная активность листьев якона. В сб.: Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений. М., 2011: 350-352.
 21. Lebeda A., Dolezalova I., Fernandez E., Viehmannova I. Yacon (*Asteraceae: Smallanthus sonchifolia*). In: Genetic resources, chromosome, engineering and crop improvement. *Medicinal Plants*, 2012, 6: 641-702.
 22. Дунич А.А., Дашенко А.В., Ляшук Н.И., Крысько И.В., Мищенко Л.Т. Влияние вирусов на содержание биологически активных соединений в растениях, обла-

- даючих сахароснижающими свойствами. В сб.: Молодежь и наука: модернизация и инновационное развитие страны. Пенза, 2011, 1: 321-323.
23. Міщенко Л.Т., Дуніч А.А. Інтродукція нової лікарської рослини в Україні. Вісник аграрної науки, 2012, 8: 45-48.
 24. Міщенко Л.Т., Дуніч А.А., Дашенко А.В., Ляшук Н.І., Янішевська Г.С. Якон: технологія вирощування, збирання та зберігання посадкового матеріалу (*Polimnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) /За ред. Л.І. Остапченко. Київ, 2012: 27.
 25. Valentova K., Lebeda A., Dolezalova I., Jirovsky D., Simonovska B., Vovk I., Kosina P., Gasmanova N., Dzierchciarkova M., Ulrichova J. The biological and chemical variability of yacon. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54: 1347-1352 (doi: 10.1021/jf052645u).
 26. Milella L., Salava J., Martelli G., Greco I., Fernandez C.E., Viehmanova I. Genetic diversity between yacon landraces from different countries based on random amplified polymorphic DNAs. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 2005, 41: 73-78.
 27. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Темичева С.А., Гинс М.С. Методические рекомендации по технологии возделывания якона на приусадебных, садово-огородных участках и фермерских хозяйствах в условиях Нечерноземной зоны России. М., 2004.
 28. Міжнародний контроль якості лікарських засобів «Антидіабетичний збір». Реєстр. посвідчення № UA/12981/01/01, видане наказом МОЗ України від 21.06.13 № 533.
 29. Беляков К.В. Методологические подходы к определению биологически активных веществ в лекарственном растительном сырье спектrophотометрическим методом. М., 2004.
 30. Ехінація пурпурова трава. Державна Фармакопея України. Харків, 2009, 1-е изд., 3-е доп.: 184-185.
 31. Dashchenko A., Dunich A., Mishchenko L. First report about viral infection of yacon plants in Ukraine. Proc. 8th Balkan Congress of microbiology. Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2013: 110.
 32. Valentova K., Ulrichova J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* — prospective andean crops for the prevention of chronic disease. Biomed. Papers, 2003, 147(2): 119-130.
 33. Castro A., Caballero M., Herbas A., Carballo S. Antioxidants in yacon products and effect of long term storage. Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas, 2012, 32(3): 432-435 (doi: 10.1590/S0101-20612012005000064).
 34. Yan X., Suzuki M., Ohnishi-Kameyama M., Sada Y., Nakanishi T., Nagata T. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). J. Agric. Food Chem., 1999, 47(11): 4711-4713 (doi: 10.1021/jf981305o).
 35. Campos D., Betalleluz-Pallardel I., Chirinos R., Aguilar-Galvez A., Noratto G., Pedreschi R. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. Food Chemistry, 2012, 135: 1592-1599 (doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.088).
 36. Багаутдинова Р.И., Федосеева Г.П., Тюкавин Г.Б., Рымарь В.П. Морфометрические признаки и химический состав растений якона при интродукции на Среднем Урале. Сельскохозяйственная биология, 2003, 1: 46-53.
 37. Bostid N.R.C. Yacon. Lost crops of the Incas: Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. Washington, National Academy Press, 1989.
 38. Dunich A., Mishchenko L. Purple coneflower viruses: species diversity and harmfulness. Biopolymers and Cell, 2015, 31(1): 15-28 (doi: 10.7124/bc.0008C8).
 39. Bruni R., Bianchi A., Bellardi M.G. Essential oil composition of *Agastache anethiodora* Britton (*Lamiaceae*) infected by *Cucumber mosaic virus* (CMV). Flavour Fragr. J., 2007, 22(1): 66-70 (doi: 10.1002/ffj.1760).
 40. Bruni R., Bellardi M.G., Parrella G., Bianchi A. Impact of alfalfa mosaic virus subgroup I and II isolates on terpene secondary metabolism of *Lavandula vera* D.C., *Lavandula × alardii* and eight cultivars of *L. hybrida*. Rev. Physiol. Mol. Plant Pathol., 2006, 68(4-6): 189-197 (doi: 10.1016/j.pmpp.2006.10.004).
 41. Dikova B. Essential oil-bearing and medicinal plants — new hosts of Tomato Spotted Wilt Virus in Bulgaria. Plant Studies, 2013, III(6): 10-16.
 42. Кононков П.Ф., Гинс М.С., Гинс В.К., Сидорова Н.В., Чекмарев П.А., Мельник Л.С. Интродукция якона в России. М., 2011.

¹ФГБНУ Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур,

143080 Россия, Московская обл., Одинцовский р-н, пос. Лесной Городок,
e-mail: vniissok@mail.ru, anirr@bk.ru;

²Образовательно-научный центр «Институт биологии» Киевского национального университета им. Тараса Шевченко,

01601 Украина, г. Киев, ул. Владимирская, 64/13,
e-mail: korenevochka@mail.ru, lmishchenko@ukr.net;

Поступила в редакцию
3 июня 2015 года

PHENOLIC COMPOUNDS AND FRUCTOSANS IN YACON (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) CULTIVAR INTRODUCED IN UKRAINE, AND IN OTHER *Asteraceae* PLANTS AS INFLUENCED BY GROWTH CONDITIONS, VIRAL AND PHYTOPHAGE INJURY

M.S. Gins¹, V.K. Gins¹, P.F. Kononkov¹, A.A. Dunich², A.V. Dashchenko³,
L.T. Mishchenko²

¹All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production, Federal Agency of Scientific Organizations, 14, ul. Selektionnaya, pos. VNISSOK, Odintsovo Region, Moscow Province, 143080 Russia, e-mail vniissok@mail.ru, anirrr@bk.ru;

²Educational and Scientific Centre «Institute of Biology», Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska Str., Kyiv, 01601 Ukraine, e-mail korenevochka@mail.ru, lmishchenko@ukr.net;

³National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroyiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041 Ukraine, e-mail dannaval@mail.ru

Received June 3, 2015

doi: 10.15389/agrobiol.2015.5.628eng

Abstract

Antioxidants regulate functional activity and reduce the risk of development of diseases. Deficiency of antioxidants leads to sharp decrease in resistance to adverse factors. The vegetable food is the main and most available source of antioxidants for the human. Yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. syn. *Smallanthus sonchifolia*), a new perspective plant (cv. Yudinka originated by All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production), was successfully introduced in Ukraine. The content of the biologically active substances (BAS) in plants is known to be influenced by transfer from the places of natural growth in other climatic conditions, and by biotic factors, too. Despite it, only a few papers are devoted to studying of the content of phenols, oligofructans and other BAS in the yacon depending on cultivation and storage conditions, and the data on an influence of pathogens on the BAS in the yacon are absent. Therefore our aim was to determine the level of the main BAS (phenolic compounds and fructosans) in yacon of the Ukrainian introduction (in leaves and root tubers), and also to estimate the influence of biotic factors. The chromatography analysis of ethanol extracts from yacon leaves and root tubers showed the phenolic compounds among which the derivatives of hydroxycinnamic acids (HCA) prevailed. Using the high-efficiency liquid chromatography, it was shown that in the ethanol extract of dry yacon root tubers the derivatives of HCA are mainly presented by a not identified peak (X1) with keeping time of 11.45 min, and also chlorogenic and caffeic acids were found. Main phenolic component of the fresh root tuber ethanol extracts was a substance with keeping time of 12.21 min (X2) which was absent in the dry root tubers and also was a derivative of caffeic acid. The content of chlorogenic and caffeic acids in fresh yacon root tubers was higher compared to dry ones, thus there are labile HCA derivatives changed when drying. We also studied other *Asteraceae* species (*Echinacea purpurea*, *Arctium lappa*, *Helianthus tuberosus*, *Taraxacum officinale*, *Dahlia* Cav.), and, unlike yacon, found one dominant peak of caffeic acid derivatives. It was cichoric acid in cone-flower and dandelion leaves, chlorogenic acid in girasol leaves, and not identified substance (X3) coinciding in keeping time with cichoric acid in burdock leaves. In yacon leaves the accumulation of HCA derivatives was higher. Majority (not less than 18) peaks on the chromatogram had a HCA specific UF-spectrum. Three components with keeping time of 7.1-7.6 min could be identified as flavonols with regard to UF-spectra. According to direct spectrophotometry of ethanol extracts, the total amount of hydroxycinnamic acids varied from 2.8 to 4.3 % (as chlorogenic acid per absolutely dry weight) depending on position of leaves on the plant. In root tubers the fructosans level changed from 36 to 45 % depending on the region of cultivation and weather conditions. A comparative assay showed that in the root tubers of yacon multiplied by cutting the fructosans level was 4.98 % higher than if the cutting was not used. Note, the fructosans level in the yacon root tubers was higher compared to girasol and dahlias tubers which are known as their effective sources with 6.2 % and 3.03 % level, respectively. A decrease in the content of main BAS in root tubers of the yacon plants influenced by biotic agents such as viruses and phytophages was also found. Particularly, in infected and damaged yacon plants the low-molecular fructosans, the sum of fructose and total fructosans, and the inulin accumulation were 8.9 %, 13.9 % and 5 % lower, respectively. Thus, the data obtained by us showed that yacon is the perspective source of fructosans and antioxidants which can be used in manufacturing bioactive preparations.

Keywords: yacon, phenolic compounds, fructosans, inulin, hydroxycinnamic acid, biotic factors.