

УДК 582.683.2-119:633.2:631.529(470.1).

БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЙ СВЕРБИГИ ВОСТОЧНОЙ (*BUNIAS ORIENTALIS* L.) ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА СЕВЕРЕ

© 2017 Ж.Э. Михович, В.В. Пунегов, И.В. Груздев, Г.А. Рубан, К.С. Зайнуллина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 19.05.2017

В статье представлены результаты расширенного изучения биохимического состава надземной массы и семян свербиги восточной, выращенной в среднетаежной подзоне Республики Коми. Показано, что надземная масса растений в фазу цветения богата низкомолекулярными водорастворимыми веществами и флавонолами. Из окси-кислот доминирует яблочная кислота, из спиртов – глицерин и инозитол, из сахаров – D-глюкоза и D-фруктоза. Массовая доля кислот в воздушно сухой надземной массе растений составляет 2,6%, спиртов – 1,3%, моно – и дисахаридов – 6,2%. Высокое соотношение массовой доли сахаров к массовой доле кислот обуславливает как хорошую поедаемость зеленой массы растений сельскохозяйственными животными, так и приятный вкус блюд, с включением свежей или ошпаренной зелени растений, в рационе человека. Флавонолов содержится 6,2% в пересчете на абсолютно сухое вещество. В зрелых плодах (семенах) свербиги восточной содержится в среднем 12% неполярных липидов. Доминируют три кислоты: олеиновая, линолевая и линоленовая, их массовая доля составляет не менее 33,3 мг в 100 мг масла. Ценность масла из семян растений заключается в том, что предельные жирные кислоты обнаружены в нем только в минорных количествах (в сумме не более 2,32 мг в 100 мг масла) с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот.

Ключевые слова: *свербига восточная, биохимический состав, семена, надземная масса*

Свербига восточная (*Bunias orientalis* L.) – многолетнее травянистое растение семейства *Brassicaceae*. Исследования, проведенные в последние годы показали, что свербига восточная – культура многоцелевого использования: фармацевтического, пищевого, медоносного, кормового и фитомелиоративного [1, 3, 9]. К хозяйственно-ценным признакам данного вида можно отнести зимостойкость, толерантность к болезням и вредителям, конкурентоспособность, долголетие в культуре до 10 лет, высокая урожайность семян и надземной массы, ее питательная ценность и др. В надземной массе растений содержится от 13 до 36% сырого протеина, 2,92-3,47% жира, 8,29-11,98% золы [4, 11]. Она богата микроэлементами (железо, медь, бор, марганец, молибден, титан), содержит флавоноиды (моногликозиды, биоизиды и дигликозиды кемпферола и кверцетина, рутин), органические кислоты, дубильные вещества, сапонины. Незрелые плоды содержат горчичное масло, семена – жирное масло 10-31%, в том числе жирные кислоты: линоленовую 52,2%, линолевую 23,6%, олеиновую 13%, пальмитиновую 4,1%, арахидоновую 3,6%, стеариновую 1,7%, пальмитолеиновую 0,7% [5, 9, 12, 13].

Всесоюзный институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР) рекомендует свербигу восточную в качестве лекарственного растения

Михович Жанна Эдуардовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: mihovich@ib.komisc.ru
Пунегов Василий Витальевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник. E-mail: pupegov@ib.komisc.ru

Груздев Иван Владимирович, кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник. E-mail: gruzdev@ib.komisc.ru

Рубан Галина Алексеевна, научный сотрудник. E-mail: ruban@ib.komisc.ru

Зайнуллина Клавдия Степановна, кандидат биологических наук, доцент, врио заведующая отделом Ботанический сад. E-mail: zainullina@ib.komisc.ru

для углубленных исследований, т.к. выявлена высокая противоопухолевая активность полисахаридного комплекса. Под воздействием препаратов из свербиги увеличивалась пролиферация лимфоцитов больных раком тонкого кишечника и молочной железы, повышались адаптогенные свойства на 60-70%. Считается, что свербига восточная обладает противораковыми свойствами, т.к. листья и корни содержат витамин С (58-170 мг% в листьях) [8].

Цель работы: изучение биохимического состава растений свербиги восточной, выращенных в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми.

Материал и методы исследований. Отбор растительных проб для биохимического анализа проводился в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН в период вегетации в 2016 г. на растениях третьего года жизни. Ранее было показано, что растения свербиги восточной максимального развития достигают на третий-четвертый годы жизни [7]. Надземную массу (верхнюю часть побегов высотой 50 см), собранную в период массового цветения растений в III декаде июня, сушили без доступа света до воздушно-сухого состояния. Зрелые семена (плоды) собирали в августе. В надземной массе свербиги восточной и плодах (семенах) методом ГЖХ анализа определяли компонентный состав, содержание моно- и дисахаридов и оксикислот, отдельно в надземной массе – массовую долю флавонолов по методике Беликова В.В. с соавторами [2], в плодах (семена) – массовую долю липидов и их компонентный состав. Сухой растительный материал перемалывали на лабораторной мельнице до травяной муки, проходящей через сито с ячейкой 0,25 мм и методом квартования отбирали навески по 0,5 г в стеклянный стакан, вместимостью 250 см³, приливали 100 см³ дистиллированной воды и быстро прогревали суспензию в микроволновой камере до 80°C с целью денатурации остатков энзимов. Суспензию охлаждали до комнатной температуры,

и центрифугированием отделяли водный экстракт от растительного остатка. Супернатант переносили в грушевидную колбу и концентрировали до получения сухого остатка в вакууме на роторном испарителе ИР-1М (ЗАО «ХимЛаборПрибор», г. Клин, РФ).

С целью определения массовой доли оксикислот, моно- и дисахаридов из высушенных экстрактивных веществ отбирали в круглодонную колбу вместимостью 5 см³ навеску 11,2 мг и силилировали внесением в колбу раствора триметилхлорсилана, N-, O- бис-(триметилсилил)-трифторацетамида (БСТФА) в пиридине в объемном отношении 1:2,5:2,5 в количестве 448 мкл. Дополнительно, с применением микрошприца МШ-1, вносили в колбу 1 мкл гексадекана в качестве внутреннего стандарта для ГЖХ анализа. Для интенсификации синтеза триметилсилильных производных сахаров, спиртов и окси-кислот суспензию в колбе выдерживали в ультразвуковой ванне в течение 15 мин. до образования гомогенного желтого раствора. Для ГЖХ-анализа инжестировали в испаритель хроматографа 1 мкл полученного раствора ТМС-производных.

Определение жирных кислот липидной фракции в плодах (семенах) свербиги восточной

проводили в виде их метиловых эфиров после метанолиза по следующей методике: Отбирали навеску липидов массой 10-20 мг в стеклянную виалу объемом 15 см³, вносили 5 см³ метанола и 0,7 см³ соляной кислоты (38%). Вials герметично закрывали винтовыми крышками и выдерживали в термостате в течение часа при температуре 100°C, после чего охлаждали до комнатной температуры. После охлаждения в каждую виалу добавляли 5 см³ дистиллированной воды, 0,5 см³ толуола, содержащего внутренний стандарт (гексадекан, 0,05 мг/см³) и экстрагировали в течение 5 минут. Полученный экстракт анализировали методом газовой хроматографии. Условия газохроматографического определения: газовый хроматограф «Кристалл-5000.2» с пламенно-ионизационным детектором, кварцевая капиллярная колонка HP-FFAR (Agilent, США) 30 м × 0,32 мм × 0,25 мкм; газ-носитель – гелий (99,99%), скорость потока через колонку – 0,6 см³/мин; программирование температуры колонки 110°C – 5°C/мин – 260°C, скорость потока водорода – 20 см³/мин, скорость потока воздуха – 200 см³/мин, деление потока – 1:30; температура детектора 250°C, испарителя 300°C.

Таблица 1. Компонентный состав и содержание окси-кислот, спиртов, моно и дисахаридов в водорастворимых экстрактивных веществах надземной массы свербиги восточной

| № | Компонент | Массовая доля в сухом экстракте, % | Массовая доля в растительной пробе, % |
|----|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | валериановая кислота | 0,09 | 0,04 |
| 2 | Фосфорная кислота | 0,77 | 0,30 |
| 3 | бутандионовая кислота | 0,61 | 0,23 |
| 4 | глицериновая кислота | 0,31 | 0,12 |
| 5 | яблочная кислота | 4,00 | 1,55 |
| 6 | 3-гидроксидекановая кислота | 0,04 | 0,02 |
| 7 | 2,3,4,-тригидроксипутановая кислота (эритроновая) | 0,10 | 0,04 |
| 8 | 3,4-диоксибензойная кислота (протокатеховая) | 0,08 | 0,03 |
| 9 | галактоновая кислота | 0,69 | 0,27 |
| | Сумма кислот | 6,69 | 2,60 |
| 10 | глицерин | 2,02 | 0,78 |
| 11 | инозитол | 1,37 | 0,53 |
| | Сумма спиртов | 3,39 | 1,31 |
| 12 | галактопираноза | 0,06 | 0,02 |
| 13 | D-рибоза | 0,28 | 0,11 |
| 14 | D-фруктоза | 1,89 | 0,73 |
| 15 | D-глюкоза | 12,20 | 4,72 |
| 16 | галактоза | 0,70 | 0,27 |
| 17 | D-риботураноза | 0,06 | 0,02 |
| 18 | тураноза | 0,68 | 0,26 |
| 19 | сахароза | 0,22 | 0,08 |
| | Сумма сахаров | 16,09 | 6,21 |

Определение химической структуры всех компонентов анализируемой смеси ТМС-производных сахаров и метиловых эфиров жирных кислот осуществляли в центре коллективного пользования «Хроматография» Института биологии Коми НЦ УрО РАН методом хромато-масс спектрометрии на приборе «TRACE DSQ» (Thermo, США) в режиме

полного ионного тока (энергия электронов 70 эВ). Условия определения ТМС-производных сахаров: программирование температуры термостата колонок 130°C (1 мин) – 33°C/мин – 200°C (1 мин) – 10°C/мин – 350°C (25 мин), кварцевая капиллярная колонка TR-1 (Thermo): 30 м × 0,32 мм, толщина пленки (полидиметилсилоксан) – 0,25 мкм; газ-

носитель – гелий (99,99%), скорость потока через колонку – 0,6 см³/мин, деление потока – 1:30; температура испарителя 280°C; интерфейса 250°C; детектора 200°C. Интерпретацию масс-спектров ТМС-производных сахаров проводили с использованием программного обеспечения Xcalibur Data System (ver. 1,4) и библиотеки масс-спектров NIST 05 (ver. 2,0).

Результаты исследований. Надземная масса растений свербиги восточной, собранная в фазе цветения богата низкомолекулярными водорастворимыми веществами (табл.1).

Из окси-кислот доминирует яблочная кислота, из спиртов – глицерин и инозитол, из сахаров – D-глюкоза и D-фруктоза. Массовая доля кислот в воздушно сухой надземной массе растений составляет – 2,6%, спиртов – 1,3%, моно- и дисахаридов – 6,2%. Высокое соотношение массовой доли сахаров к массовой доле кислот (равное 2,4), обуславливает как хорошую поедаемость зеленой массы растений сельскохозяйственными животными, так и приятный вкус блюд, с включением свежей или ошпаренной зелени растений, в рационе человека. Следует отметить, что фосфорная кислота содержится в надземной массе не в свободном состоянии, а в связанном в виде фосфолипидов, фосфатов и т.д., которые подвергаются переэтерификации в процессе реакции силилирования.

Установлено, что в надземной массе растений свербиги восточной в фазе цветения содержится 6,2±0,1% флавонолов в пересчете на абсолютно сухое сырье. Несмотря на высокое содержание флавонолов, водный экстракт из надземной массы растения не обладает вяжущими свойствами, но имеет слабо выраженный горьковатый вкус. В водорастворимых экстрактивных веществах надземной массы свербиги восточной выбранными нами методами анализа не удалось обнаружить горькие гликозинолаты, присущие данному виду. В дальнейшем планируется исследовать состав экстрактивных веществ растения методами ВЭЖХ и ВЭЖХ-МС для выявления «горьких» веществ растения.

В плодах (семенах) свербиги восточной содержится в среднем 12% неполярных липидов. В гидролизате липидов доминируют три кислоты: олеиновая, линолевая и линоленовая, их массовая доля составляет не менее 33,2 мг в 100 мг масла (табл. 2). Полностью отсутствует эруковая кислота, которая входит в состав масла семян рапса и проявляет кардиотоксические свойства. Ценность масла из семян свербиги заключается в том, что предельные жирные кислоты обнаружены в нем только в минорных количествах (в сумме не более 2,26 мг в 100 мг масла) с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот.

Таблица 2. Компонентный состав и содержание высших жирных кислот в масле свербиги восточной

| № | Название кислоты | Обозначение | Содержание в 100 мг масла, мг | СКО*, мг |
|----|------------------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | миристиновая | C 14:0 | 0,04 | 0,01 |
| 2 | пальмитиновая | C 16:0 | 1,40 | 0,20 |
| 3 | пальмитолеиновая | C 16:1(9) <i>cis</i> | 0,06 | 0,02 |
| 4 | стеариновая | C 18:0 | 0,70 | 0,10 |
| 5 | олеиновая | C18:1(9) <i>cis</i> + C18:1(9) <i>trans</i> | 7,10 | 0,80 |
| 6 | вакценовая | C18:1 (11) <i>cis</i> | 0,70 | 0,20 |
| 7 | линолевая | C18:2 (9,12) <i>trans, trans</i> | 11,80 | 1,10 |
| 8 | линоленовая | C18:3 (9,12,15) <i>cis,cis,cis</i> | 14,30 | 1,60 |
| 9 | арахиновая | C20:0 | 0,09 | 0,02 |
| 10 | эйкозеновая | C20:1(11) <i>cis</i> | 0,03 | 0,01 |
| 11 | бегеновая | C22:0 | 0,03 | 0,01 |

Примечание: * - СКО – среднее квадратическое отклонение

В табл. 3 показан компонентный состав полярной (водорастворимой) фракции экстрактивных веществ из плодов со зрелыми семенами растений. Согласно данным химического анализа, в водорастворимых веществах доминируют из кислот – протокатеховая, проявляющая ярко выраженные антиоксидантные свойства и галактуронозная, из спиртов – инозитол, характерный для экстрактивных веществ цветковых растений, из сахаров – тураноза, сахароза и глюкоза. Массовая доля водорастворимых веществ незначительна и не превышает 1,0% в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Выводы: в результате биохимического анализа растений свербиги восточной, выращенных в условиях среднетаежной подзоны Республике Коми, выявлено отсутствие эруковой кислоты, что дает

возможность использования ее в качестве кормового и пищевого растения. Надземная масса богата сахарами, а высокое соотношение массовой доли сахаров к массовой доле кислот обуславливает хорошую поедаемость сельскохозяйственными животными и приятный вкус блюд, с включением свежей или ошпаренной зелени растений, в рационе человека. Плоды со зрелыми семенами содержат предельные жирные кислоты в минорных количествах (в сумме не более 2,32 мг в 100 мг масла), с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот, что определяет ценность масла получаемого из семян растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Некоторые аспекты репродуктивной биологии ресурсных видов растений в культуре на европейском Северо-Востоке России» (№115012860039).

Таблица 3. Компонентный состав и содержание окси-кислот, спиртов, моно и дисахаридов в водорастворимых экстрактивных веществах в плодах (семенах) свербиги восточной

| Компонент | Группа | Массовая доля в плодах (семенах), % | СКО, % |
|--------------------------------------|---------|-------------------------------------|--------|
| валериановая | кислота | 0,06 | 0,006 |
| яблочная | кислота | 0,02 | 0,002 |
| 3,4-диоксибензойная (протокатеховая) | кислота | 0,08 | 0,008 |
| галактуроновая | кислота | 0,08 | 0,008 |
| глицерин | спирт | 0,04 | 0,004 |
| рибитол | спирт | 0,05 | 0,005 |
| инозитол | спирт | 0,10 | 0,010 |
| фруктоза | сахар | 0,04 | 0,004 |
| глюкоза | сахар | 0,15 | 0,015 |
| D-рибоза | сахар | 0,01 | 0,001 |
| сахароза | сахар | 0,10 | 0,010 |
| тураноза | сахар | 0,24 | 0,024 |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аветисян, А.Т. Интродукция новых, малораспространенных кормовых культур в условиях лесостепи // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 7. С. 72-74.
2. Беликов, В.В. Реакция комплексообразования в анализе флавоноидов / В.В. Беликов, Т.В. Точкова // Матлы. II Всеросс. симпозиум по фенольным соединениям. – Алма-Ата, 1973. С. 168-172.
3. Глазвая, Н.В. Возделывание свербиги восточной на корм в умеренно-засушливой степи северного Казахстана // Вестник Курганской ГСХА. 2015. № 3. С. 10-13.
4. Докукин, Ю.В. Создание высокопродуктивных агрофитоценозов медоносно-кормового использования из козлятника восточного и свербиги восточной: автореф. дис. ... к.б.н. – М., 2007. 19 с.
5. Загуменникова, Т.И. Биологические особенности развития и продуктивность свербиги восточной при интродукции // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: Сб. науч. тр. Междунар. конф., посвящ. 50-летию Бот. сада ВИЛАР. – М., 2001. С. 127-128.
6. Интродукция лекарственных, ароматических и технических растений // Итоги интродукционного питомника БИН АН СССР за 250 лет. – Л.: Наука, 1965. 424 с.
7. Михович, Ж.Э. Свербига восточная – перспективная культура для кормопроизводства Республики Коми / Ж.Э. Михович, Г.А. Рубан, К.С. Зайнуллина // Кормопроизводство. 2011. № 9. С. 33-35.
8. Рабинович, А.И. Лекарственные растения России, обладающие противораковой активностью // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: сб. науч. тр. междунар. конф., посвящ. 50-летию Бот. сада ВИЛАР. – М., 2001. С. 359-360.
9. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Raeniaceae* – *Thymelaeaceae*. – Л.: Наука, 1986. 336 с.
10. Рубан, Г.А. Агрофитоценозы со свербигой восточной в Республике Коми / Г.А. Рубан, Ж.Э. Михович, К.С. Зайнуллина // Кормопроизводство. 2015. № 1. С. 31-34.
11. Утеуш, Ю.А. Новые перспективные кормовые культуры. – Киев, 1991. 192 с.
12. Флора СССР. – М.; Л.: АН СССР, 1939. Т. 8. С. 235.
13. Химический состав нетрадиционных кормовых и лекарственных растений. Справочное пособие. – М., 1996. 135 с.

BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF *BUNIAS ORIENTALIS* L. PLANTS AT CULTIVATION IN THE NORTH

© 2017 J.E. Mikhovich, V.V. Punegov, I.V. Gruzdev, G.A. Ruban, K.S. Zaynullina
Institute of Biology Komi Scientific Center, UrB RAS, Syktyvkar

The article presents the results of an advanced study of biochemical composition of above-ground mass and seeds of *Bunias orientalis*, grown in the middle-taiga subzone of Komi Republic. It is shown that the aboveground mass of *Bunias orientalis* in the flowering phase is rich in low molecular weight water-soluble substances and flavonols. Among hydroxy-acids malic acid dominates, among alcohols – glycerol and Inositol among sugars – D-glucose and D-fructose. Mass fraction of acids in air-dry above-ground mass of plants is 2,6%, alcohol – 1,3%, mono – and disaccharides 6,2%. High ratio of mass fraction to the mass fraction of sugars, acids, determines how good palatability of herbage plants by farm animals is, and the pleasant taste of the dishes, with the addition of fresh or blanched green plants in the human diet. Flavonols contains 6,2% in terms of dry substance. Mature fruits (seeds) of *Bunias orientalis* contain an average of 12% non-polar lipids. Three acids: oleic, linoleic and linolenic acid dominate and their mass fraction is not less than 33,3 mg to 100 mg oil. The value of oil is that the maximum fatty acids have been detected only in minor amounts (in the amount of 2,32 mg / 100 mg oil) with a predominance of polyunsaturated fatty acids.

Key words: *Bunias orientalis*, biochemical composition, seeds, above-ground mass

Janna Mikhovich, Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail: mihovich@ib.komisc.ru; Vasily Punegov, Candidate of Agriculture, Senior Research Fellow. E-mail: punegov@ib.komisc.ru; Ivan Gruzdev, Candidate of Chemistry, Associate Professor, Senior Research Fellow. E-mail: gruzdev@ib.komisc.ru; Galina Ruban, Research Fellow. E-mail: ruban@ib.komisc.ru; Klavdiya Zaynullina, Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Department "Botanical Garden". E-mail: zaynullina@ib.komisc.ru;