

УДК 630*612:674.0.31.623.22

А.В. Коптина¹, А.И. Шургин¹, А.В. Канарский²

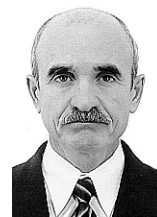
Коптина Анна Владимировна родилась в 1983 г., окончила в 2005 г. Казанский государственный технологический университет, аспирант кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет 10 научных работ в области биотехнологии и технологии биологически активных веществ.



Шургин Алексей Иванович родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Марийский государственный технический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет более 30 научных работ в области оценки и разработки проектов рациональной эксплуатации недревесных лесных ресурсов.



Канарский Альберт Владимирович родился в 1946 г., окончил в 1975 г. Ленинградскую лесотехническую академию, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры пищевой биотехнологии Казанского государственного технологического университета. Имеет более 200 научных работ в области химической и биохимической технологии, получения и переработки целлюлозы, бумаги и картона, крахмала, адсорбентов и биологически активных веществ.



МЕЖПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИВЫ ОСТРОЛИСТНОЙ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ БИОМАССЫ И СОДЕРЖАНИЮ ФЕНОЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Фенотипический и биохимический анализ популяций ивы остролистной показал целесообразность селекционных работ по выведению линий с максимальным содержанием салицилатов, представляющих интерес для получения биологически активных веществ.

Ключевые слова: ива, межпопуляционная изменчивость, продуктивность, фенольные соединения, салицин.

Проблема комплексного ведения лесного хозяйства, формирования высокопродуктивных лесных насаждений, усиления их средостабилизирующей роли, а также наиболее полного использования лесной продукции является ключевой при организации исследований и осуществлении практических мероприятий [2]. В последние годы интенсивно увеличивается применение лекарственных растений и экстрактов из них взамен синтетических лекарственных препаратов, которые небезвредны для организма человека. Важное место среди источников природных БАВ занимают растения семейства *Salicaceae*, в коре и листьях которых содержится большое количество фенольных гликозидов.

Лекарственные препараты, получаемые из различных видов *Salix*, содержат салицин (2-гидроксиметил-фенил- β -D-глюкопиранозид) и его производные: фрагилин, саликортин, 2'-*o*-ацетилсаликортин, тремулацин, салирепозид и др. Салицин, саликортин и тремулацин также присутствуют в почках *Populus tremula* L.; пицеин (пицеозид) идентифицирован в *Salix cinerea*, *Uvae ursi folium*, *Pinus picea* L. и видах *Picea* [9]. Концентрация салицина редко превышает 1 %, а высокое содержание таких салицилатов, как саликортин, асетилсаликортин и тремулацин, является характерным свойством семейства *Salicaceae* [6]. Общее количество горьких салицилатов сильно варьирует в зависимости от видов ивы, клонов и органов и может составлять от 1 до 20 % от сухой массы. Часто интенсивно растущие виды и их разновидности содержат меньшее количество салицилатов, чем медленно растущие виды [8].

В настоящее время большинство источников ивы, доступных для получения лекарственных веществ, содержат менее 1 % активных компонентов. Этого недостаточно для приготовления лекарственных средств (дневная доза салицина должна составлять 60 ... 120 мг) [7]. Поэтому значительный интерес представляют селекция и культивирование ивы с повышенным содержанием салицилатов.

Цель данной работы – выявление естественных популяций ивы с повышенным содержанием лекарственных веществ. Для этого было проведено исследование межпопуляционной изменчивости географически разделенных популяций ивы *Salix acutifolia* L. в бассейне Средней Волги по продуктивности коры и содержанию фенольных компонентов.

Образцы однолетних побегов были отобраны с модельных деревьев естественных популяций ивы на песчаных пойменных почвах берегов притоков Волги. Для оценки селекционных категорий популяций в конце марта – начале апреля 2006 и 2007 гг. отбирали однолетние побеги с южной стороны у 12 ... 17 растений в возрасте 6 ... 10 лет. Для анализа однолетние побеги разделяли на отрезки длиной 10 см, у каждого отрезка измеряли средний диаметр, массу коры и древесины в свежем и воздушно-сухом состояниях. Контрольные показатели – содержание коры в однолетних побегах и содержание в коре общего салицина. Всего проанализировано 1500 образцов. Полученные данные обработаны методом математической статистики по алгоритму М.М. Котова и Э.П. Лебедевой [1].

Данные о содержании коры в отрезках однолетних побегов с модельных популяций *Salix acutifolia* L. приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Содержание коры (%) в воздушно-сухих образцах однолетних побегов ивы различного географического происхождения (2006 г.)

| Модельная популяция | Доля коры, %, в побегах диаметром, мм | | | | Среднее значение, % | Ранг |
|---------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|------|
| | 2,0...2,9 | 3,0...3,9 | 4,0...4,9 | 5,0...5,9 | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|----|
| 1 | 69,7 | 58,6 | 50,1 | 43,3 | 56,0 | 1 |
| 2 | 63,2 | 56,1 | 49,6 | 42,5 | 53,1 | 7 |
| 3 | 62,9 | 55,8 | 47,7 | 40,4 | 53,5 | 4 |
| 4 | 67,5 | 56,2 | 48,4 | 43,4 | 55,0 | 3 |
| 5 | 69,7 | 61,4 | 50,4 | 46,0 | 58,0 | 2 |
| 6 | 67,2 | 53,6 | 46,3 | 37,4 | 50,3 | 13 |
| 7 | 61,3 | 52,1 | 44,9 | 38,8 | 50,2 | 14 |
| 8 | 66,4 | 55,8 | 46,6 | 39,7 | 51,7 | 10 |
| 9 | 55,8 | 49,5 | 43,8 | 37,7 | 45,5 | 15 |
| 10 | 67,5 | 57,6 | 45,1 | 40,9 | 52,1 | 9 |
| 11 | 63,0 | 53,1 | 45,1 | 43,7 | 53,1 | 8 |
| 12 | 61,4 | 52,2 | 42,6 | 38,8 | 51,3 | 11 |
| 13 | 67,6 | 58,5 | 49,3 | 44,2 | 53,2 | 6 |
| 14 | 65,4 | 57,1 | 50,1 | 44,7 | 53,4 | 5 |
| 15 | 66,5 | 60,7 | 49,9 | 41,0 | 51,0 | 12 |

Таблица 2

Содержание коры (%) в однолетних побегах ивы различного географического происхождения (2007 г.)

| Модельная популяция | Доля коры, %, в побегах диаметром, мм | | | | Среднее значение, % | Ранг |
|---------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|------|
| | 2,0...2,9 | 3,0...3,9 | 4,0...4,9 | 5,0...5,9 | | |
| 9 | 62,96 | 51,55 | 43,87 | 35,67 | 51,80 | 1 |
| 7.2 | 48,85 | 50,13 | 47,17 | 44,30 | 47,97 | 5 |
| 7 | 55,88 | 51,50 | 44,42 | 39,26 | 46,58 | 6 |
| 5 | 62,54 | 55,54 | 47,10 | 43,89 | 49,90 | 4 |
| 1 | 63,87 | 54,38 | 45,80 | 39,78 | 50,92 | 2 |
| 12 | 63,39 | 53,92 | 44,58 | 39,81 | 50,04 | 3 |

В результате анализа содержания коры в однолетних побегах ивы остролистной разного географического происхождения в бассейне Средней Волги выделены популяции ивы с максимальной продуктивностью. Из данных табл. 1 видно, что содержание коры в иве модельной популяции 1 (56,0 %) на 10,5 % выше, чем у популяции 9 (45,5 %). Для подтверждения достоверности полученных результатов эксперимент повторяли в 2007 г. с популяциями ивы, имеющими минимальную и максимальную продуктивность коры. Данные приведены в табл. 2.

В целом зависимость между популяциями по продуктивности коры не сохранилась: в 2007 г. отмечено накопление коры в однолетних побегах ивы модельной популяции 9, имевшей в 2006 г. самые низкие показатели, что свидетельствует об относительной стабильности признака. Несмотря на это, растения популяции 1 в 2007 г., как и в 2006 г., показали высокую продуктивность коры, что делает их привлекательными для дальнейшей селекции.

Для оценки межпопуляционной изменчивости ивы остролистной, произрастающей в бассейне Средней Волги, проведен анализ достоверности различий популяций по признаку содержания коры.

Результаты анализа свидетельствуют о высоком влиянии фактора происхождения побегов ивы на содержание в них коры и достоверности различия между модельными популяциями ивы остролистной. Для оценки достоверности различий между выбранными модельными популяциями воспользуемся показателем наименьшей существенной разности НСР₀₅ (табл. 3).

Приведенные в табл. 3 результаты показывают, что модельные популяции с низким и высоким содержанием коры в однолетних побегах достоверно отличаются между собой, что подтверждают данные 2006 и 2007 гг. Наиболее значительны различия между популяциями 7 и 9.

Таким образом, полученные результаты подтвердили возможность ведения селекционных работ по выделению популяций ивы с максимальной продуктивностью коры – ценного растительного сырья для получения натуральных салицилатов.

Таблица 3

Результаты оценки достоверности отличий между вариантами однофакторного опыта (2007 г.)

| Модельная популяция | Среднее значение доли коры, % | Различие между популяциями | | | | |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 7.2 | 7 | 5 | 1 | 12 |
| 9 | 51,80 | 3,83 | 5,22 | 1,90 | 0,88 | 1,76 |
| 7.2 | 47,97 | | 1,39 | 1,92 | 2,94 | 2,06 |
| 7 | 46,58 | | | 3,32 | 4,34 | 3,46 |
| 5 | 49,90 | | | | 1,02 | 0,14 |
| 1 | 50,92 | | | | | 0,88 |
| 12 | 50,04 | | | | | |
| НСР ₀₅ | 2,78 | | | | | |

Таблица 4

Среднее содержание общего салицина в однолетних побегах модельных популяций ивы

| Модельная популяция | Содержание общего салицина | Вариация | Точность | Число наблюдений |
|---------------------|----------------------------|----------|----------|------------------|
| | | | | |
| 1 | 6,22±0,98 | 38,63 | 15,77 | 6 |
| 12 | 5,73±0,59 | 20,51 | 10,25 | 4 |
| 9 | 5,04±0,75 | 29,63 | 14,82 | 4 |
| 5 | 5,63±1,35 | 53,60 | 23,97 | 5 |
| 7.2 | 6,64±0,60 | 18,22 | 9,11 | 4 |
| 7 | 6,44±1,29 | 52,88 | 19,99 | 7 |

Для исключения ошибочной селекции видов ивы с максимальной долей коры, но бедных салицилатами, был проведен анализ модельных популяций на содержание в них общего салицина. Количественное содержание салицина определяли методом тонкослойной хроматографии – денситометрии воздушно-сухих образцов однолетних побегов ивы *Salix acutifolia* L. Использовали пластины для тонкослойной хроматографии Сорбфил ПТСХ-АФ-А (ЗАО «Сорбполимер», Россия) и систему растворителей $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5\text{--CH}_3\text{OH--H}_2\text{O}$ (77:13:10). Для обнаружения салицина пластины опрыскивали 4 %-м раствором серной кислоты в этиловом спирте (объем. %) и нагревали при 110 °С в течение 10 мин. Салицин и его производные образуют пятна красного цвета. Количественный расчет осуществляли с помощью программного обеспечения Scion Image for Windows (© Scion Corporation). Данные о содержании общего салицина в модельных популяциях ивы приведены в табл. 4.

Для оценки достоверности различий в содержании общего салицина между популяциями проведен однофакторный дисперсионный анализ. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии достоверных различий между средней концентрацией общего салицина в образцах однолетних по-

Таблица 5

Результаты оценки достоверности отличий между вариантами однофакторного дисперсионного анализа

| Модельная популяция | Содержание общего салицина, % | Различие между популяциями | | | | |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|------|------|-------------|------|
| | | 12 | 9 | 5 | 7.2 | 7 |
| 1 | 6,22 | 0,49 | 1,18 | 0,59 | 0,42 | 0,22 |
| 12 | 5,73 | | 0,69 | 0,10 | 0,91 | 0,71 |
| 9 | 5,04 | | | 0,59 | 1,60 | 1,40 |
| 5 | 5,63 | | | | 1,01 | 0,81 |
| 7.2 | 6,64 | | | | | 0,20 |
| 7 | 6,44 | | | | | 0,00 |
| HCP_{05} | 1,60 | | | | | |

бегов ивы остролистной, собранных в 2007 г. Для оценки достоверности различий между выбранными модельными популяциями также воспользуемся показателем HCP_{05} (табл. 5).

Достоверное отличие в концентрации общего салицина имеют только однолетние побеги ивы модельных популяций 9 и 7.2. При этом у популяции 9 продуктивность коры максимальна, а содержание салицилатов меньше, чем у популяции 7.2 с высокой долей общего салицина в коре. Так как в настоящее время наибольшее признание получила гипотеза о защитной роли вторичных соединений [3], экспериментальные данные подтверждают гипотезу о дилемме растений: расти или защищать себя [4]. Несмотря на очевидные выгоды химической защиты, синтез и сохранение защитных веществ требует от растений ресурсов, которые становятся недоступными для их роста и размножения. Следовательно, химическая защита мо-

жет снизить конкурентоспособность растений, приводя к выбору между ростом и защитой [4]. Поэтому часто интенсивно растущие виды или разновидности содержат меньше салицилатов, в то время как медленно растущие виды могут содержать их в большем количестве [8].

Таким образом, в ходе данного исследования выявлено, что естественные популяции ивы *Salix acutifolia* L., достоверно различаются по продуктивности коры. Максимальное отличие по содержанию коры в однолетних побегах естественных популяций ивы остролистной в бассейне Средней Волги составляет 10,5 %. Фенотипический и биохимический анализ популяций показал целесообразность селекционных работ для выведения линий с высоким содержанием салицилатов, которые представляют интерес для создания плантаций с целевыми параметрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Котов, М.М.* Применение биометрических методов в лесной селекции [Текст] / М.М. Котов, Э.П. Лебедева. – Горький, 1974. – 264 с.
2. *Кулагин, А.Ю.* Ивы: техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов [Текст] / А.Ю. Кулагин. – Уфа: Гилем, 1998. – 193 с.
3. Физиология растений [Текст]: учеб. для вузов / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко [и др.]; под ред. И.П. Ермакова. – М.: ИЦ «Академия», 2005. – 640 с.
4. *Herms, D.A.* The dilemma of plants: to grow or defend [Text] / D.A. Herms, W.J. Mattson // *The Quarterly Review of Biology*. – 1992. – Vol. 67. – P. 283–335.
5. *Julkunen-Tiitto, R.* Testing the effects of drying methods on willow flavonoids, tannins, and salicylates [Text] / R. Julkunen-Tiitto, S. Sorsa // *Journal of Chemical Ecology*. – 2001. – Vol. 27. – P. 779–789.
6. *Julkunen-Tiitto, R.* The effect of the sample preparation method of extractable phenolics of Salicaceae species [Text] / R. Julkunen-Tiitto, J. Tahvanainen // *Planta Medica*. – 1989. – Vol. 55. – P. 55–58.
7. *Julkunen-Tiitto, R.* Variation in growth and secondary phenolics among field-cultivated clones of *Salix myrsinifolia* [Text] / R. Julkunen-Tiitto, B. Meier // *Planta Medica*. – 1992. – Vol. 58. – P. 77–80.
8. *Ruuhola, T.* Dynamics of salicylates in willows and its relation to herbivory: PhD Dissertations in Biology [Text] / T. Ruuhola. – Joensuu, 2001. – Vol. 8. – 138 p.
9. *Wagner, H.* Plant drug analysis. A thin layer chromatography atlas [Text] / H. Wagner, S. Bladt. – New York: Springer, 2001. – Vol. XVI. – 384 p.

¹Марийский государственный
технический университет

²Казанский государственный
технологический университет

Поступила 19.05.08

A.V. Koptina¹, A.I. Shurgin¹, A.V. Kanarsky²

¹Mari State Technical University

²Kazan State Technological University

Interpopulation Variability of Silver Willow according to Biomass Productivity and Phenol Components Content

Phenotypic and biochemical analysis of silver willow populations have shown reasonability of the selection works aimed at breeding populations with the maximal content of salicylates to be used for producing biologically active substances (BAS)

Keywords: willow, interpopulation variability, productivity, phenol compounds, salicin
