

Анатомия хвои «ведьминых метел» мутационного типа у сосны обыкновенной

Е.М. Коняхина¹, М.С. Ямбуров¹, С.В. Груздева²

¹Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; yamburov@mail.ru

²Горно-Алтайский ботанический сад, Горно-Алтайск, Российская Федерация; ponkratjeva@mail.ru

Введение. Хвойные породы широко применяются при озеленении городов Сибири. Вечнозелёные хвойные сохраняют декоративность в течение всего года, что является важным преимуществом перед лиственными породами. Континентальный климат Сибири делает весьма ограниченной возможность использования в озеленении многих древесных интродуцентов, особенно культиваров европейской селекции, предназначенных для регионов с более мягким климатом. Сибирские виды хвойных практически не вовлечены в селекционный процесс, что значительно обедняет ассортимент декоративных форм, пригодных для озеленения городов Сибири. В связи с этим актуально получение новых декоративных культиваров на основе местных видов хвойных. Исходным материалом для их получения могут служить «ведьмины метлы» мутационного типа.

Термин «ведьмина метла» возник в средневековье (англ.: *Witch's broom*, немец.: *Hexenbesen*). В то время так называли любое новообразование в кроне дерева, имеющее обильное ветвление. Обильное ветвление могло быть вызвано разными причинами: 1) развитием паразитарного растения омелы (род *Viscum*), 2) соматической мутацией, 3) инвазией растения паразитарными агентами (грибы, фитоплазмы, вирусы) (Bos, 1960; Kaminska et al., 2001; Kuz'michev, et al., 2001). В настоящее время термин также используют в фитопатологии и выделяют два типа «ведьминых метел»: паразитарные и мутационные, различающиеся по причинам возникновения и характеру ветвления (Brown et al., 1994; Ямбуров, 2009).

Паразитарные «ведьмины метлы» являются заболеванием и никакой селекционной ценности не имеют, они формируются под влиянием метаболитов паразитарных агентов. Классическими примерами «ведьминых метел» данного типа является заражение пихт (*Abies Mill.*) ржавчинным грибом *Melampsorella caryophyllacerum* G. Schrot. и берёз (род *Betula L.*) грибом *Taphrina betulina* Rostr.

В отличие от паразитарных, мутационные «ведьмины метлы» (рис. 1) формируются при возникновении мутации в клетках меристем почек. Данный тип мутаций встречается редко в природных популяциях и является разновидностью почковых вариаций (Хиров, 1973; Шульга, 1979). Благодаря способности передавать свои признаки при вегетативном и частично при семенном размножении, почковые вариации имеют высокую селекционную ценность и могут использоваться для выведения новых форм растений (Waxman, 1975, 1987; Yamburov, Goroshkevich, 2006; Ямбуров и др., 2011, 2013). На их основе селекционерами уже получены сотни сортов, отличающихся интенсивным ветвлением и рядом других специфических признаков.

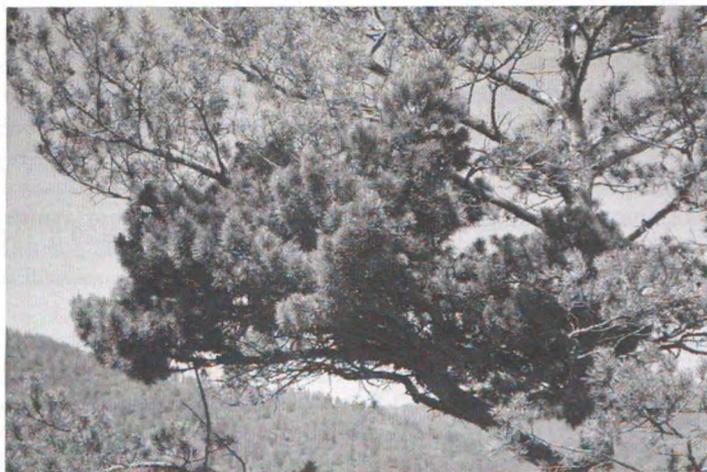


Рис. 1. «Ведьмина метла» в кроне сосны обыкновенной

Несмотря на такое широкое применение «ведьминых мётел», до сих пор мало что известно о природе мутации и её влиянии на морфогенез побегов. Предполагается, что данная мутация имеет сложную генетическую природу, и для неё характерно как качественное, так и количественное выражение на морфологических признаках: она может слабая-средняя-сильная (Zhuk et al., 2015).

Целью данной работы является сравнительное исследование морфологии и анатомии хвои «ведьминых мётел» мутационного типа сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на предмет перспективных для селекции признаков.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на материале, собранном в естественных популяциях во время экспедиционных поездок с 3 «ведьминых мётел». Исследованные варианты «ведьминых мётел» отличались интенсивностью ветвления, на основании чего их можно охарактеризовать как – «рыхлую», «среднеплотную» и «плотную». Ветвление «рыхлой» ВМ-1 было в 1,5 раза больше, чем у нормальных побегов из той же части кроны. Ветвление «среднеплотной» ВМ-2 было больше нормы в 2 раза, а «плотной» ВМ-3 – в 3 раза. Исследовали 1-летнюю хвою «ведьминых мётел», для сравнения использовалась нормальная хвоя из той же части кроны, с побегов той же экспозиции, где располагались «ведьмины мётлы». Хвою собирали в сентябре. Свежесобранную хвою в количестве 30 шт фиксировали и хранили в 70% этаноле.

Радиальные срезы хвои толщиной 30 мкм получали на роторном замораживающем микротоме МЗ-2. Анатомическое исследование срезов проводилось на микроскопе Carl Zeiss (Германия), с использованием программы AxioVision для получения, обработки и анализа изображений. Исследование морфологии и мезоструктуры хвои проводилось при 50^x увеличении. Измерялись следующие признаки хвои: ширина, толщина, площадь поперечного сечения, площадь поверхности хвои, площадь мезофилла, суммарная площадь смоляных каналов, площадь жилки. Статистический анализ данных проводился с использованием программы Statistica 6.0. Рассчитывались среднее значение признака (\bar{x}) и ошибка среднего значения ($S_{\bar{x}}$). Статистическую значимость различий определяли t-тестом Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Хвоя «рыхлой» ВМ-1 по большинству анатомо-морфологических признаков не имеет статистически значимых различий в сравнении с хвоей из нормальной части кроны (Таблица 1). Единственным признаком, отличающим хвою ВМ-1 от НК-1, является меньшая площадь смолоносной ткани.

Анатомо-морфологические признаки хвои «ведьминых мётел» (ВМ) и нормальной части кроны (НК) сосны обыкновенной

Признак	ВМ-1 «рыхлая»	НК-1	ВМ-2 «средне- плотная»	НК-2	ВМ-3 «плотная»	НК-3
Длина хвои, мм	52.6±0.5	50.2±0.7	55.8±0.9*	62.7±1.4	67.1±1.6*	91.2±2.1
Ширина хвои, мкм	1356.3±9.4	1374.9±14.2	1410.5±26.3*	1478.6±33.4	1173.2±11.2*	1586.0±19.4
Толщина хвои, мкм	708.3±6.9	716.1±7.3	642.0±11.7*	697.3±11.3	618.2±11.4*	764.3±9.8
Площадь поперечного сечения хвои × 10 ³ , мкм ²	772.7±11.0	776.5±15.4	749.1±23.2*	883.6±29.8	584.7±12.3*	974.9±16.2
Площадь поверхности хвои, мм ²	163.9±2.2	156.8±3.2	161.3±6.7*	199.8±12.1	180.2±4.2*	318.4±5.4
Площадь жилки × 10 ³ , мкм ²	272.7±4.3	259.5±6.5	226.3±6.6*	263.7±10.3	207.6±4.8*	357.4±8.1
Суммарная площадь смоляных каналов × 10 ³ , мкм ²	79.6±2.3*	102.6±3.4	89.5±10.4*	95.3±11.5	45.1±2.2*	78.6±3.7
Площадь мезофилла × 10 ³ , мкм ²	420.4±5.4	414.5±8.6	436.0±8.2*	540.9±9.1	329.8±6.3*	538.8±9.7

* Различия статистически значимы при $p \leq 0.05$

Все анатомо-морфологические признаки «среднеплотной» ВМ-2 имеют меньшие значения в сравнении с НК-2. Хвоя ВМ-2 имеет ширину и толщину на 5–8% меньше, чем хвоя НК-2, а также меньше по длине на 11 %. Небольшое уменьшение ширины, толщины и длины хвои ВМ-2 приводит к значительному, на 15 %, уменьшению площади поперечного сечения хвои и уменьшению площади поверхности хвои на 20 %. В хвое ВМ-2 также меньше площадь проводящей ткани на 15 %, ассимилирующей ткани на 20% и незначительно меньше площадь смолоносной ткани.

Хвоя «плотной» ВМ-3, как и хвоя «рыхлой» ВМ-2, имеет более низкие параметры всех анатомо-морфологических признаков в сравнении с хвоей нормальной части кроны. При этом степень различий ВМ-3 с НК-3 значительно выше: длина, ширина и толщина хвои меньше на 20–25%, а площади поперечного сечения, ассимилирующей, проводящей, смолоносной тканей и поверхности хвои значительно меньше – на 40–43 %.

Сравнительный анализ хвои «ведьминых метел» и хвои нормальной части кроны у *P. sylvestris* показал, что имеется следующая закономерность – чем интенсивнее ветвление «ведьминой метлы», тем анатомо-морфологические признаки хвои меньше и различия с хвоей нормальной части кроны выражены сильнее.

Проведённые нами ранее исследования анатомии хвои «ведьминых метел» других видов хвойных – пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) показали, что у них имеется другая закономерность – анатомо-морфологические признаки хвои «ведьминых метел» увеличиваются с повышением интенсивности ветвления и увеличиваются различия с хвоей нормальной части кроны дерева. Например, хвоя интенсивно ветвящихся «ведьминых метел» *P. obovata* может быть в 2–3 раза шире и толще нормальной хвои (Yamburov, Titova, 2013; Ямбуров и др., 2014).

Полученные нами новые данные позволяют предположить, что имеется некоторая видоспецифичность закономерности изменения анатомо-морфологических признаков хвои «ведьминых метел» в зависимости от интенсивности ветвления – у «длиннохвойных» родов, например *Pinus* L., семейства сосновых (Pinaceae Lindl.) при увеличении интенсивности ветвления размеры хвои уменьшаются, а у «короткохвойных» родов, например *Abies* Mill., *Picea* A. Dietr. – наоборот, уменьшаются.

Поскольку хвоя «ведьминых метел» по многим признакам отличается от нормы и значительно отличается у разных вариантов, то это даёт возможность отбирать для дальнейшей селекционной работы не только декоративные формы с разной интенсивностью ветвления, формой кроны, но и формы с разнообразной хвоей (тонкохвойная, короткохвойная и другие).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта УМНИК 1-14-5 № 3911ГУ1/2014 и Минобрнауки РФ проект № 1149.

ЛИТЕРАТУРА

- Хиров А.А. О ведьминой метле на сосне // Бот. журн. 1973. Т. 58. Вып. 3. С. 433–436.
- Шульга В.В. О карликовой форме сосны и ведьминой метле // Лесоведение. 1979. № 3. С. 82–86.
- Ямбуров М.С. Морфологические особенности мутационной и паразитарной «ведьминых метел» пихты сибирской // Вестник Томского гос. ун-та. 2009. № 329. С. 246–250.
- Ямбуров М.С., Горошкевич С.Н., Третьякова И.Н., Хихлова О.В., Лукина А.В. «Ведьмины метлы» мутационного типа как перспективный источник для получения новых декоративных форм хвойных растений // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2011. Вып. 44. Часть IV. С. 153–160.
- Ямбуров М.С., Груздева С.В., Меркушева И.И. Морфоанатомические особенности хвои «ведьминых метел» мутационного типа ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) // Интродукция, сохранение биоразнообразия и зеленое строительство в горных территориях: Межрегиональная научно-практическая конференция с международным участием (с. Камлак, 20–23 августа 2014 года). Камлак, 2014. С. 141–146.
- Bos L. A witches' broom virus disease of *Vaccinium myrtillus* in the Netherlands // T. Pl. Ziekten. 1960. V. 66. P. 259–263.
- Brown C. L., Sommer H. E., Wetzstein H. Morphological and histological differences in development of dwarf mutants of sexual and somatic origin in diverse woody taxa // Trees: structure and function. 1994. № 9. P. 61–66.
- Kaminska M., Sliwa H., Rudzinska-Langwald A. Association of Phytoplasma with Stunting, Leaf Necrosis and Witches' Broom Symptoms in Magnolia Plants // J. Phytopathology. 2001. № 149. P. 719–724.
- Kuz'michev E. P., Sokolova E. S., Kulikova E. G. Common Fungal Diseases of Russian Forests // Gen. Tech. Rep. NE-279. Newtown Square, Pa: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 2001. 137 p.
- Zhuk E., Vasilyeva G., Goroshkevich S. Witches' broom and normal crown clones from the same trees of *Pinus sibirica*: a comparative morphological study // Trees: Structure and Function. 2015. Vol. 29. № 4. P. 1079–1090.

- Waxman S. Dwarf conifers from witches' brooms // Comb. Proc. Intem. Plant Propagators Soc. 1987. Vol. 36. P. 131–136.
- Waxman S. Witches' brooms sources of new and dwarf forms of *Picea*, *Pinus* and *Tsuga* species // Acta Hort. Symposium on propagation in Arboriculture. 1975. № 54. P. 25–32.
- Yamburov M.S., Goroshkevich S.N. Witches'-brooms in Siberian stone pine as somatic mutations and initial genetic material for breeding of nut-bearing and ornamental cultivars // The breeding and genetic resources of five-needle pines / Conference in Southern Carpathians. Romania. Valiug. 2006. P. 26–27.
- Yamburov M.S., Titova K.G. Needle Anatomy of Mutational Witches' Brooms of Siberian Fir // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 28. №7. P. 909–913.

NEEDLE ANATOMY OF MUTATIONAL WITCHES' BROOMS OF SCOTS PINE

E.M. Konyahina¹, M.S. Yamburov¹, S.V. Gruzdeva²

¹*Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; Russian Federation; yamburov@mail.ru*

²*Gorno-Altaysk Botanical Garden, Gorno-Altaysk, Russian Federation; ponkratieva@mail.ru*

Our research has shown that intensively branching mutational witches' brooms of Scots pine, as compared with a normal part of the tree crown, have lower rates of many morphological and anatomical features of needles, such as: needles width, thickness, the areas of assimilation, transporting and resiniferous tissues. There is the following pattern - the higher intense branching of witch's broom, the less anatomical and morphological characteristics of needles and smaller differences with the needles of normal part of the crown.