

УДК 581.81:582.475(571.1)

## Некоторые аспекты изучения «ведьминых метел» мутационного типа в Сибири

### Some aspects of the study of “witches’ broom” of mutation type in Siberia

С. В. Понкратьева

S. V. Ponkratjeva

Алтайский филиал Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН «Горно-Алтайский ботанический сад»; 649218, Республика Алтай, Шебалинский район, с. Камлак, урочище Чистый Луг. E-mail: ponkratjeva@mail.ru

**Реферат.** Данная статья отражает актуальность изучения «ведьминых метел» (ВМ) мутационного происхождения и внедрения сибирских форм в культуру. Приведены анатомо-морфологические особенности хвои «ведьминых метел» мутационного типа *Picea obovata* и *Pinus sylvestris*. Исследованные варианты «ведьминых метел» взяты по степени отличия интенсивности ветвления, на основании чего охарактеризованы как – «плотная», «умеренная» и «рыхлая». Все варианты сравнивались с материалом с нормальной части кроны «НК».

**Summary.** This article reflects the relevance of studying “witch’s brooms” (WB) of mutational origin and introduction of the Siberian forms in culture. We give some anatomical and morphological features of “witch’s brooms” of mutation type on the example of *Picea obovata* and *Pinus sylvestris*. Investigated varieties of “witch’s brooms” are taken according to the degree differences in the intensity of branching on the basis of what is characterized as “dense”, “moderate” and “loose”. All versions were compared with the normal material of the tree crown “NC”.

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 (род *Abies*) ржавчинным грибом *Melampsorella caryophyllacerum* G. Schrot. и берёз (род *Betula*) грибом *Taphrina betulina* Rostr.

В отличие от паразитарных, мутационные «ведьмины метлы» 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, отличающиеся интенсивным ветвлением и рядом других специфичных признаков.

Целью данных работ является сравнительное исследование морфологии и анатомии «ведьминых метел» мутационного типа на предмет перспективных для селекции признаков.

Исследования проводились на материале, собранном во время экспедиционных поездок по Алтаю и Томской области. Исследованные варианты «ведьминых метел» (ВМ) отличаются интенсивностью ветвления, на основании чего их можно охарактеризовать как – «плотную», «умеренную» и «рыхлую». Ветвление рыхлой ВМ3 в 1,5–2 раза больше, чем у нормальных побегов из той же части кроны. Ветвление умеренной ВМ2 больше нормы в 3–4 раза, а плотной ВМ1 – в 6–7 раз.

Исследовали однолетнюю хвою «ведьминых метел», для сравнения использовалась нормальная хвоя из той же части кроны, с побегов той же экспозиции, где располагались «ведьмины метлы». Хвою собирали в сентябре. Свежесобранную хвою в количестве 30 шт. фиксировали и хранили в 70%-ом этаноле.

Измерение длины хвои проводили на микроскопе МСП-1 при 1-х увеличении. Радиальные срезы хвои толщиной 30 мкм получали на роторном замораживающем микротоме МЗ-2. Анатомическое исследование срезов проводилось на микроскопе Carl Zeiss, с использованием программы AxioVision для получения, обработки и анализа изображений. Исследование морфологии и мезоструктуры хвои проводилось при 50<sup>х</sup> увеличении. Измерялись следующие признаки: ширина, толщина, площадь поперечного сечения хвои, толщина эпидермы с кутикулой, площади мезофилла, смоляных каналов и жилки. Статистический анализ данных проводился с использованием программы Statistica 6.0. Рассчитывались среднее значение признака ( $\bar{x}$ ) и ошибка среднего значения ( $S_x$ ). Статистическую значимость различий определяли по t-тесту Стьюдента.

Больше всего различия выражены у плотной «ведьминой метлы» ВМ1 – хвоя данного варианта больше нормы по ширине на 65 % и толщине на 50 %, что приводит к значительному (в 2,5 раза) увеличению площади поперечного сечения хвои. Вследствие значительного увеличения площади сечения хвои, у данного варианта также существенно увеличивается (на 27 %) площадь поверхности хвои, несмотря на меньшую длину хвои. Ассимилирующая и проводящая ткани хвои ВМ1 более развиты, имеют площадь в 2,5 и 2,7 раз больше нормы. Покровная ткань толще на 23 %. Признаки хвои умеренной по плотности «ведьминой метлы» ВМ2 также больше нормы, но уровень различий с нормой несколько меньше, чем в паре ВМ1 -Н1. Хвоя ВМ2 шире и толще нормы на 18 % и 29 %, что обуславливает увеличение площади поперечного сечения хвои на 46 %, и площади поверхности хвои на 17 %; площадь ассимилирующей и проводящей тканей больше на 50 % и 56 %, соответственно, а толщина покровной ткани на 11 %. Следует отметить, что хвоя ВМ2 отличается от нормы выраженной серповидной изогнутостью хвоинок. Только некоторые показатели рыхлой ВМ3 имеют значимые отличия от нормы: ширина хвои, площадь поперечного сечения и площадь мезофилла больше нормы на 20 %, площадь жилки – на 36 % (табл. 1).

Таблица 1

Морфо-анатомические признаки хвои «ведьминых метел» (ВМ) и нормальной части кроны (Н) ели сибирской

Признак	ВМ1	Н1	ВМ2	Н2	ВМ3	Н3
Длина хвои, мм	14,7 ± 0,2*	17,6 ± 0,2	17,4 ± 0,2*	18,0 ± 0,2	11,7 ± 0,1*	12,6 ± 0,2
Ширина хвои, мкм	1623,6 ± 63,0*	989,6 ± 13,4	1348,2 ± 20,3*	1145,7 ± 14,0	1556,3 ± 9,1*	1282,8 ± 25,6
Толщина хвои, мкм	1256,9 ± 47,6*	845,1 ± 16,2	1169,2 ± 17,2*	909,3 ± 22,0	1151,9 ± 7,8	1127,9 ± 14,8
Площадь сечения хвои Ч 10i, мкм <sup>2</sup>	1258,6 ± 60,4*	525,7 ± 14,1	969,3 ± 20,3*	661,9 ± 20,6	1150,0 ± 8,9*	956,7 ± 22,6
Площадь поверхности хвои, мм <sup>2</sup>	57,3 ± 2,2*	45,2 ± 1,0	60,5 ± 0,9*	51,8 ± 0,9	44,3 ± 0,6	43,7 ± 1,0
Толщина эпидермы с кутикулой, мкм	20,3 ± 1,1*	16,5 ± 0,6	19,5 ± 0,7*	17,6 ± 0,5	21,5 ± 0,6	22,1 ± 0,5
Площадь мезофилла Ч 10i, мкм <sup>2</sup>	908,0 ± 44,2*	360,4 ± 12,4	715,9 ± 15,8*	477,4 ± 15,5	753,3 ± 9,2*	626,1 ± 19,0
Площадь жилки Ч 10i, мкм <sup>2</sup>	150,8 ± 7,8*	56,9 ± 1,7	101,1 ± 2,1*	64,9 ± 2,3	177,7 ± 2,3*	130,3 ± 4,8
Диаметр смоляных каналов, мкм	112,8 ± 6,2	103,4 ± 10,8	73,0 ± 2,5*	50,1 ± 1,2	136,0 ± 8,1	135,5 ± 7,4

Примечание: \* – различия статистически значимы при p ≤ 0,05.

По большинству морфологических и анатомических признаков хвоя «ведьминых мётел» статистически значимо отличается от хвои нормальной кроны. Различия с нормой более выражены у плотной *ВМ*, и менее выражены у рыхлой *ВМЗ*, т.е. наблюдается тенденция – чем интенсивнее ветвление «ведьминой метлы», тем большим числом признаков её хвоя отличается от нормы, и сильнее выражены изменения этих признаков.

Несмотря на то, что интенсивность ветвления «ведьминых мётел» в ряду рыхлая – умеренная – плотная повышалась в 1,5–2 раза, изменения анатомических и морфологических признаков хвои происходило не так дискретно. Также следует отметить, что не все анатомические признаки изменяются соразмерно с изменением морфологических признаков. Примером тому является отношение площади мезофилла к площади жилки – во всех вариантах у «ведьминых мётел» данный показатель меньше на 4–12 %, т.е. при увеличении площади ассимилирующей ткани хвои, площадь проводящих тканей увеличивается не соразмерно, а несколько больше.

Сравнительный анализ хвои «ведьминых мётел» 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 (табл. 2).

Таблица 2

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 <sup>3</sup> , мкм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup> , мкм <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup> , мкм <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup> , мкм <sup>2</sup>	420,4 ± 5,4	414,5 ± 8,6	436,0 ± 8,2*	540,9 ± 9,1	329,8 ± 6,3*	538,8 ± 9,7

Примечание: \* – различия статистически значимы при  $p \leq 0,05$ .

Наши исследования подтверждают, что ВМ по многим признакам отличается от нормы, а также значительно отличается у разных вариантов, что даёт возможность отбирать не только декоративные формы с разной интенсивностью ветвления, но и формы с разнообразной хвоей (толстая, изогнутая, голубая и т. д.). Все ВМ описываются нами и заносятся в базу данных для практического применения.

#### 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 мётел» 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 мётлы» мутационного типа как перспективный источник для получения новых декоративных форм хвойных растений // Научно-практический журнал «Вестник ИРГСХА», 2011. – Вып. 44, ч. IV. – С. 153–160.

- Bos L.** A witches' broom virus disease of *Vaccinium myrtillus* in the Netherlands // T. Pl. Ziekten, 1960. – Vol. 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. – No. 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. – No. 149. – P. 719–724.
- 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. – No. 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, No. 7. – P. 909–913.