

УДК: 581.82, 582.475.4

М.С. Ямбуров, директор, канд. биол. наук;
С. Лю, магистрант (ТГУ, г. Томск, Российская Федерация);
Е.В. Кондратов, ст. науч. сотр., канд. биол. наук;
В.И. Торчик, зав. лабораторией, д-р биол. наук, чл. корр., проф.
(ЦБС НАН Беларуси, г. Минск)

АНАТОМИЯ ХВОИ «ВЕДЬМИНОЙ МЕТЛЫ» МУТАЦИОННОГО ТИПА У СОСНЫ ВЕЙМУТОВОЙ (*PINUS STROBUS* L.)

Введение. «Ведьмины мётлы» мутационного типа формируются при возникновении мутации в клетках меристем почек. Данный тип мутаций встречается редко в природных популяциях и является разновидностью почковых вариаций [1, 2]. 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. На их основе селекционерами уже получены сотни сортов, отличающихся интенсивным ветвлением и рядом других специфичных признаков.

Несмотря на такое широкое применение «ведьминых мётел», до сих пор мало что известно о природе мутации, её влиянии на морфогенез побегов. Известно, что мутация возникает в одной почке и далее её имеет вся система ветвления, развившаяся из этой почки [3]. Очень редко происходит реверсия мутантных побегов к дикому фенотипу [4]. Предполагается, что данная мутация имеет сложную генетическую природу, и для неё характерно как качественное, так и количественное выражение на морфологических признаках: она может быть слабая-средняя-сильная [5]. Анатомия хвои мутантных побегов также мало изучена и охватывает только несколько сибирских видов хвойных пород [6, 7].

Целью данной работы является сравнительное исследование морфологии и анатомии хвои «ведьминой метлы» мутационного типа сосны веймутовой (*Pinus strobus* L.) на предмет перспективных для селекции признаков.

Объекты и методы. «Ведьмина метла» сосны веймутовой была обнаружена на территории дендрария ботанического сада Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, город Горки, располагалась в средней части кроны на боковой ветке (Рисунок 1).

Исследование проводилось на 1-летней хвое «ведьминой метлы», для сравнения использовалась нормальная хвоя из той же части

кроны, с побегов той же экспозиции, где располагалась «ведьмина метла». 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 увеличении $\times 50$. Измерялись следующие признаки хвои: длина, ширина, толщина, площадь поперечного сечения, диаметр жилки, площади ксилемы и флоэмы, число и диаметр смоляных каналов, толщина эпидермы. Поперечный срез хвои *Pinus strobus* представлен на Рисунке 2. По полученным данным дополнительно рассчитывались следующие признаки: соотношение ширины и толщины, объём и площадь поверхности хвои, площади мезофилла, жилки и смоляного канала, доля фотоассимилирующей, проводящей и смоляной тканей.



Рисунок 1 – «Ведьмина метла» *Pinus strobus* в кроне материнского дерева



Ж – жилка (сосудисто-волокнистый пучёк), М – мезофилл, СК – смоляной канал, Кс – ксилема, Фл – флоэма, Э – эпидерма

Рисунок 2 – Поперечный срез хвои *Pinus strobus*

Статистический анализ данных проводился с использованием программы Excel (Microsoft office 2016) Рассчитывались среднее значение признака (M) и ошибка среднего значения (m). Статистическую значимость различий определяли t-тестом Стьюдента.

Результаты. Хвоя «ведьминой метлы» сосны веймутовой имеет длину в 2,4 меньше нормы, но больше ширину и толщину (на 4 % и 5 % соответственно). Отношение ширины к толщине у «ведьминой метлы» и нормы не отличается, следовательно, они имеют одинаковую форму хвои в поперечном сечении. За счёт небольшого увеличения ширины и толщины, хвоя «ведьминой метлы» имеет площадь поперечного сечения на 10 % больше, но в связи со значительно меньшей длиной хвои, объём хвои меньше нормы в 2 раза. Также за счёт увеличения поперечного сечения хвои значительно увеличивается площадь мезофилла на 31 %.

Таблица – Анатомо-морфологические признаки хвои «ведьминой метлы» и нормальной части кроны *Pinus strobus*.

Признак	Норма	Метла
	M ± m	
Длина хвои, мм	92,4 ± 2,2	39,1 ± 1,5**
Ширина хвои, мкм	699,8 ± 15,7	738,3 ± 14,3*
Толщина хвои, мкм	568,3 ± 9,8	593,4 ± 10,7*
Соотношение ширина/толщина	1,24 ± 0,04	1,25 ± 0,03
Объём хвои, мм ³	23,6 ± 0,6	11,2 ± 0,7**
Диаметр жилки, мкм	257,8 ± 4,6	273,2 ± 4,8**
Число смоляных каналов, шт	1,5 ± 0,2	2,7 ± 0,1**
Диаметр смоляного канала, мкм	75,6 ± 2,5	75,3 ± 2,5
Толщина эпидермы, мкм	21,6 ± 0,6	24,5 ± 0,7**
Площадь поперечного сечения хвои, ×10 ³ мкм ²	256 ± 5,9	282,8 ± 8,2**
Площадь мезофилла, ×10 ³ мкм ²	159,8 ± 3,9	208,9 ± 6,7**
Площадь жилки, ×10 ³ мкм ²	52,7 ± 1,7	58,3 ± 1,9**
Площадь смолоносной ткани, ×10 ³ мкм ²	6,9 ± 0,8	12,3 ± 0,7**
Фотоассимилирующая ткань, %	62,4 ± 0,7	73,9 ± 1,1**
Смолоносная ткань, %	2,4 ± 0,3	4,3 ± 0,2**

Примечания. М – средняя арифметическая, m – ошибка средней арифметической;
* – отличия статистически значимы при p < 0,05, ** – при p < 0,01.

Толщина эпидермы больше на 13 %. Диаметр жилки хвои (сосудисто-волокнистого пучка) у «ведьминой метлы» больше на 6 %, что приводит к увеличению площади жилки на 11 %. Диаметр и площадь смоляных каналов у сравниваемых вариантов не отличается, но у «ведьминой метлы» среднее число смоляных каналов и, соответственно, суммарная площадь смолоносной ткани в хвое почти 2 раза больше нормы.

Таким образом, на поперечных срезах хвои «ведьминой метлы» сосны веймутовой больше доля фотоассимилирующей ткани (на 18 %) и смолоносной ткани (на 83 %).

Выводы. Мутация приводит к уменьшению длины хвои и увеличению её радиальных размеров, что сопровождается увеличением площади фотоассимилирующей и смолоносной тканей на поперечном срезе.

Морфологические особенности хвои «ведьминой метлы» позволяют предположить, что её вегетативное потомство помимо селекционно ценного признака интенсивного ветвления будет также иметь признаки короткохвойности и толстохвойности.

Увеличение числа смоляных каналов и площади смолоносной ткани может быть косвенным признаком того, что вегетативное потомство данной «ведьминой метлы» может быть более устойчиво к вредителям и болезням, а более толстая кутикула может быть косвенным признаком того, что оно также может быть более устойчиво выхлопам автотранспорта и условиям городского озеленения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хиров А.А. О ведьминой метле на сосне // А.А. Хиров / Бот. журн. – 1973. – Т. 58, Вып. 3. – С. 433–436.
2. Шульга В.В. О карликовой форме сосны и ведьминой метле // Лесоведение. – 1979. – №3. – С. 82–86.
3. Yamburov M.S., Prokopyev A.S., Astafurova T.P., Ponkratyeva S.V. The development of mutational witches' brooms in Scotch Pine (*Pinus sylvestris*) // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. – 2016. – Т. 18, № 4. – С. 913–919.
4. Карманова А.В., Ямбуров М.С., Кондратов Е.В., Торчик В.И. Анатомо-морфологический анализ хвои ревертантов *Picea × albertiana* 'Conica' // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. 40, № 6. – С. 480–486.
5. 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.
6. 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.
7. Vasilyeva G., Zhuk E. Needle structure of mutational witches' brooms in *Pinus sibirica* // Dendrobiology. – 2016. – Т. 75. – С. 79–85.