

УДК 630.160:57.017.6

Н.В. Марина, Г.Н. Новоселова, И.П. Степанова,  
Н.В. Фалько, Л.Г. Бабушкина  
(Уральский лесотехнический институт)

## **ВЛИЯНИЕ СЕКСУАЛИЗАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА СОСТОЯНИЕ МЕТАБОЛИЗМА В ХВОЕ**

На модельных деревьях сосны обыкновенной исследованы особенности накопления в хвое малонового диальдегида, свободных жирных кислот, пролина, полифенолов и хлорофилла. Показано, что как хвоя деревьев разной сексуализации, так и хвоя смешанно-полых деревьев, взятая с побегов различного полового типа, характеризуется неодинаковым содержанием метаболитов, однако четкой половой дифференциации по уровню данных показателей не установлено.

Из литературы известно, что половая дифференциация сосны, проявляющаяся внешне по морфологическим признакам, тесно связана с особенностями синтеза и распределения ряда биохимических соединений. При этом побеги различного полового типа характеризуются вполне определенным содержанием метаболитов, обусловленным функциональной ролью тканей в цветении и плодоношении. Так, распределение углеводов и фосфорных соединений по тканям и органам побегов разной сексуализации в годичном цикле развития во многом зависело от фазы развития органов и сезона года (Габужова и др., 1989). На модельных деревьях, устойчиво различающихся направленностью сексуализации, исследованы особенности нуклеинового, углеводного, белкового, жирового обменов и эндогенные регуляторы роста и предложено в качестве дополнительных критериев при выделении половых типов сосны обыкновенной использовать нуклеиновые кислоты, белки, сахара и эндогенные регуляторы роста (Самсонова и др., 1989).

Таблица 1

Содержание некоторых биохимических соединений  
в хвое второго года жизни смешанно-полых  
деревьев сосны обыкновенной

| Показатель | Половой тип побегов |         |
|------------|---------------------|---------|
|            | женский             | мужской |
| 1          | 2                   | 3       |

## Модельное дерево № 1

|                         |                        |             |
|-------------------------|------------------------|-------------|
| МДА, усл. ед.           | 0,93±0,02              | 1,01±0,14   |
| СЖК, мг-экв/г           | 98,3±0,00              | 91,8±2,4    |
| АПО, усл. ед.           | 0,107±0,003            | 0,104±0,005 |
| Катехины, %             | 0,51±0,06 <sup>*</sup> | 0,73±0,03   |
| флавонолы, %            | 0,14±0,00 <sup>*</sup> | 0,30±0,04   |
| Сумма хлорофиллов, мг/г | 1,53±0,01 <sup>*</sup> | 1,99±0,01   |
| Хлорофилл "а", мг/г     | 1,53±0,02              | 1,57±0,01   |
| Хлорофилл "б", мг/г     | 0,06±0,00 <sup>*</sup> | 0,41±0,01   |
| Каротиноиды, мг/г       | 0,78±0,00 <sup>*</sup> | 0,54±0,01   |
| Свободный пролин, мг/г  | 146,7±5,1              | 144,3±2,5   |

## Модельное дерево № 2

|                            |                        |             |
|----------------------------|------------------------|-------------|
| МДА, усл. ед.              | 1,23±0,06 <sup>*</sup> | 1,11±0,03   |
| СЖК, мг-экв/г              | 100,6±0,9              | 105,8±1,4   |
| АПО, усл. ед.              | 0,114±0,006            | 0,118±0,004 |
| Катехины, %                | 0,92±0,04              | 0,97±0,05   |
| флавонолы, %               | 1,01±0,10 <sup>*</sup> | 0,22±0,03   |
| Сумма хлорофиллов,<br>мг/г | 1,82±0,01 <sup>*</sup> | 1,49±0,01   |
| Хлорофилл "а", мг/г        | 1,31±0,01 <sup>*</sup> | 1,06±0,02   |
| Хлорофилл "б", мг/г        | 0,51±0,01 <sup>*</sup> | 0,43±0,01   |
| Каротиноиды, мг/г          | 0,53±0,00 <sup>*</sup> | 0,70±0,00   |
| Свободный пролин,<br>мг/г  | 223,4±14,7             | 186,8±12,0  |

## Модельное дерево № 3

|               |                       |             |
|---------------|-----------------------|-------------|
| МДА, усл. ед. | 1,22±0,03             | 1,32±0,08   |
| СЖК, мг-экв/г | 93,5±1,8 <sup>*</sup> | 73,1±3,1    |
| АПО, усл. ед. | 0,079±0,003           | 0,093±0,006 |

Продолжение табл 1

| 1                          | 2                      | 3         |
|----------------------------|------------------------|-----------|
| Катехины, %                | 0,74±0,09 <sup>ж</sup> | 0,87±0,02 |
| флавонолы, %               | 0,56±0,06 <sup>ж</sup> | 0,21±0,00 |
| Сумма хлорофиллов,<br>мг/г | 1,54±0,01 <sup>ж</sup> | 1,49±0,01 |
| Хлорофилл "а", мг/г        | 1,35±0,01 <sup>ж</sup> | 1,06±0,02 |
| Хлорофилл "б", мг/г        | 0,18±0,01 <sup>ж</sup> | 0,43±0,01 |
| Каротиноиды, мг/г          | 0,62±0,01 <sup>ж</sup> | 0,70±0,00 |
| Свободный пролин,<br>мг/г  | 208,9±4,3 <sup>ж</sup> | 121,3±0,9 |

## Модельное дерево № 4

|                            |                        |             |
|----------------------------|------------------------|-------------|
| МДА, усл. ед.              | 0,81±0,07 <sup>ж</sup> | 1,03±0,06   |
| СЖК, мг-экв/г              | 100,7±1,2              | 94,1±2,1    |
| АПО, усл. ед.              | 0,087±0,004            | 0,079±0,002 |
| Катехины, %                | 1,32±0,04 <sup>ж</sup> | 1,95±0,09   |
| флавонолы, %               | 1,04±0,02              | 1,07±0,04   |
| Сумма хлорофиллов,<br>мг/г | 1,34±0,02 <sup>ж</sup> | 1,60±0,01   |
| Хлорофилл "а", мг/г        | 1,16±0,01              | 1,18±0,01   |
| Хлорофилл "б", мг/г        | 0,18±0,01 <sup>ж</sup> | 0,42±0,01   |
| Каротиноиды, мг/г          | 0,73±0,01 <sup>ж</sup> | 0,54±0,01   |
| Свободный пролин,<br>мг/г  | 148,6±4,2 <sup>ж</sup> | 125,9±2,4   |

<sup>ж</sup>Различие между хвоей женских и мужских побегов статистически достоверно.

Установленная нами ранее (Бабушкина и др., 1990) вариабельность ряда биохимических показателей в хвое вегетативных побегов сосны обусловлена не только действием накопившихся в хвое экотоксикантов, но и целым рядом экзогенных и эндогенных факторов, влияющих на метаболические процессы растения.

В вегетационный сезон 1990 г. проведено определение ряда биохимических показателей в хвое сосны разной сексу-

ализации (смешанные, женские, мужские) и побегах различного полового типа у деревьев, произрастающих в зоне сильного загрязнения фторсодержащими выбросами (район Полевского криолитового завода).

На модельных деревьях, различающихся направленностью сексуализации, в фазе цветения исследовали особенности накопления малонового диальдегида (МДА), свободных жирных кислот (СЖК), полифенолов, пигментов, свободного пролина и изменение активности пероксидазы (АПО). Результаты исследований представлены в табл. 1. Показано, что хвоя смешанно-полых деревьев (№ 1-4), взятая с побегов различного полового типа, характеризуется различным содержанием метаболитов, однако четкой половой дифференциации по содержанию данных соединений нами не выявлено. Так, по количеству МДА, СЖК и активности пероксидазы хвоя с мужских и женских побегов статистически значимо не отличается. Содержание катехинов в хвое мужских побегов модельных деревьев № 1 и 4 достоверно выше такового в женских, а для модельных деревьев № 2 и 3 этих различий не обнаружено. Наиболее выражены различия между женскими и мужскими побегами разных модельных деревьев по содержанию флавонолов. В хвое женских побегов деревьев № 2 и 3 уровень их выше (в 2,5...5 раз), дерева № 1 - ниже (в 2 раза), чем в хвое мужских, тогда как количество флавонолов в хвое побегов разной сексуализации дерева № 4 одинаково.

Анализ полученных данных показал отсутствие различия в АПО, содержании СЖК и МДА в хвое побегов разной сексуализации смешанно-полых деревьев. Варьирование остальных исследуемых показателей имеет разнонаправленный характер, неодинаковый для модельных деревьев.

Предварительные исследования показали (табл. 2), что хвоя, взятая с деревьев разной сексуализации, различается по содержанию МДА и каротиноидов, количество которых в хвое с мужских деревьев больше, чем таковое с женских на 33 и 21 % соответственно. По остальным показателям различий не обнаружено.

Изменения исследованных показателей в хвое с женских побегов угнетенных и неугнетенных смешанно-полых деревь-

Таблица 2

Содержание некоторых биохимических соединений  
в хвое второго года жизни деревьев сосны  
разной сексуализации

| Показатель                 | Тип сексуализации      |             |
|----------------------------|------------------------|-------------|
|                            | женский                | мужской     |
| МДА, усл. ед.              | 0,95±0,07 <sup>*</sup> | 1,42±0,04   |
| СЖК, мг-экв/г              | 102,0±7,1              | 99,1±2,4    |
| АПО, усл. ед.              | 0,067±0,001            | 0,096±0,018 |
| Катехины, %                | 1,24±0,18              | 0,89±0,19   |
| флавонолы, %               | 0,40±0,10              | 0,15±0,01   |
| Сумма хлорофиллов,<br>мг/г | 1,72±0,14              | 2,04±0,02   |
| Хлорофилл "а", мг/г        | 1,43±0,09              | 1,69±0,15   |
| Хлорофилл "б", мг/г        | 0,29±0,10              | 0,36±0,00   |
| Каротиноиды, мг/г          | 0,56±0,00 <sup>*</sup> | 0,71±0,05   |
| Свободный пролин,<br>мг/г  | 89,8±15,3              | 71,4±7,3    |

<sup>\*</sup>Различие между хвоей деревьев разной сексуализации статистически достоверно.

ев представлены в табл. 3. Результаты анализов показали, что различия между угнетенными и неугнетенными деревьями выявлены лишь по содержанию в хвое СЖК, количество которых в хвое женских побегов угнетенных деревьев выше.

В хвое угнетенных и неугнетенных деревьев женской сексуализации содержание МДА, СЖК, по лифенолов, свободного пролина, суммарного хлорофилла и хлорофилла "б" одинаково. Повышенное количество хлорофилла "а" и каротиноидов характерно для хвои угнетенных деревьев. Активность пероксидазы, наоборот, значительно (в 1,8 раза) выше в хвое неугнетенных деревьев.

Таблица 3

Содержание некоторых биохимических соединений в хвое второго года женских посевов угнетенных и неугнетенных деревьев сосны обыкновенной

| Показатель              | Тип сексуализации деревьев и их состояние |                       |                         |                         |                       |  |
|-------------------------|---|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--|
|                         | смешанные                                 |                       |                         | женские                 |                       |  |
|                         | неугнетенные<br>(n = 4)                   | угнетенные<br>(n = 3) | неугнетенные<br>(n = 2) | неугнетенные<br>(n = 2) | угнетенные<br>(n = 2) |  |
| МДА, усл. ед.           | 1,04±0,10                                 | 1,28±0,04             | 0,95±0,08               | 0,86±0,13               |                       |  |
| СЖК, мг-экв/г           | 98,3±1,7                                  | 104,5±0,9*            | 102,0±7,1               | 101,3±6,0               |                       |  |
| АПО, усл. ед.           | 0,097±0,008                               | 0,079±0,005           | 0,067±0,001             | 0,037±0,004*            |                       |  |
| Катехины, %             | 0,87±0,17                                 | 1,24±0,37             | 1,24±0,16               | 1,31±0,06               |                       |  |
| Флавонолы, %            | 0,69±0,21                                 | 1,00±0,07             | 0,41±0,11               | 0,43±0,07               |                       |  |
| Сумма хлорофиллов, мг/г | 1,55±0,09                                 | 1,55±0,11             | 1,72±0,14               | 1,93±0,20               |                       |  |
| Хлорофилл "а", мг/г     | 1,34±0,16                                 | 1,29±0,10             | 1,43±0,05               | 1,67±0,09*              |                       |  |
| Хлорофилл "б", мг/г     | 0,23±0,09                                 | 0,27±0,01             | 0,29±0,10               | 0,26±0,10               |                       |  |
| Каротиноиды, мг/г       | 0,66±0,06                                 | 0,60±0,02             | 0,56±0,00               | 0,67±0,02*              |                       |  |
| Свободный пролин, мг/г  | 181,9±19,9                                | 149,7±28,5            | 89,5±16,2               | 90,7±18,8               |                       |  |

\* Различие между угнетенными и неугнетенными деревьями статистически достоверно.

Таким образом, в результате предварительных исследований показана неоднозначность варьирования исследуемых биохимических показателей в хвое побегов и деревьев сосны в зависимости от сексуализации и состояния, что следует учитывать при использовании этих показателей в качестве критериев нарушения метаболизма сосны в зоне промышленного загрязнения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Бабушкина Л.Г., Хухарева Л.А. и др. Процессы липопероксидации хвои сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения//Растения и промышленная среда: Тез. докл. Днепропетровск, 1990. С. 67-68.

Габукова В.А., Чиненова Л.А. Метаболизм и сексуализация побегов сосны на лесосеменной плантации//Проблемы физиологии и биохимии древесных растений: Тез. докл. Петрозаводск, 1989. С. 163-164.

Самсонова А.Е., Болгова Т.Б., Ефремова Н.Л. Особенности физиолого-биохимических процессов у сосны обыкновенной в связи с половой дифференциацией//Проблемы физиологии и биохимии древесных растений: Тез. докл. Петрозаводск, 1989. С. 190-192.

УДК 630.174:754:630.425

Г.В. Зуева, С.Г. Махнева  
(Уральский лесотехнический институт)

### **ФЕРТИЛЬНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ**

Представлена схема программы лесовосстановления в зонах промышленного загрязнения Урала с использованием цитогенетических методов иссле-