

висота рослин, продуктивність соломи, насіння і волокна, вміст довгого волокна. Деякі зарубіжні сортозразки були кращими за стандарт за трьома-чотирма показниками. Так, сорт Г-1781-4-18 із Росії виділявся за продуктивністю соломи, масою і вмістом всього та довгого волокна; М-12 із Білорусі – за продуктивністю соломи, насіння і волокна, вмістом всього волокна; Б-146 із Литви - за продуктивністю насіння і волокна, вмістом всього та довгого волокна; Хейя 11, Хейя 13 із Китаю – за висотою рослин, продуктивність соломи, насіння і волокна.

### Література

1. *Конарев А.В., Конарева В.Г., Губарева Н.К., Пенева Т.И.* Белки семян как маркеры в решении проблем генетических ресурсов растений, селекции и семеноводства // Цитология и генетика. - №2. – Т. 34. – 2000. – С. 91 – 104.
2. *Кутузова С.Н., Питько А.Г.* Изучение коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.). – Л.: ВНИИР, 1988. – 27 с.
3. *Рыкова Р.П.* Классификатор вида *Linum usitatissimum* L. (лен).– Л.: ВНИИР, 1979. – 16 с.
4. Широкий унифицированный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. /*Рыкова Р., Кутузова С., Корнейчук В. и др.*– Л.: ВНИИР, 1979. – 22 с.
5. *Караджова Л.В., Дударев Е.И., Крылова Т.В., и др.* Методические указания по фитопатологическим работам со льном-долгунцом. – М.: Колос. 1969. – 31 с.
6. *Каталог української колекції льону-довгунця Вип.1*//Логінов М.І., Вировець В.Г., Степченко О.Г. і ін. – Глухів: ІЛК, 1994. – 18с.
7. *Каталог української колекції льону-довгунця. Вип.2.*/ Вировець В.Г., Логінов М.І., Чучвага В.І., Муковоз В.Ю. За ред. П.А.Голобородька. - Глухів: ІЛК, 2000. – 69 с.
8. *Каталог української колекції льону. Вип.3.*/ Вировець В.Г., Логінов М.І., Чучвага В.І., Муковоз В.Ю., Кривошеева Л.М. За ред. П.А.Голобородька. - Глухів: ІЛК, 2005. – 17 с.
9. *Каталог української колекції льону. Вип.4.*/ Вировець В.Г., Логінов М.І., Чучвага В.І., Кривошеева Л.М., Муковоз В.Ю. За ред. П.А.Голобородька. - Глухів: ІЛК, 2007. – 21 с.

### Резюме

В Інституті луб'яних культур сформовані базова колекція льону на 1246 сортозразків, ознакові колекції за високим вмістом всього та довгого волокна (81 сортозразок), за високою насінневою продуктивністю (216 сортозразків). У результаті вивчення виділені джерела, як за окремими, так і за комплексом господарсько-цінних ознак льону-довгунця.

В Институте лубяных культур создана базовая коллекция льна на 1246 сортообразцов, признаковые коллекции по высокому содержанию всего и длинного волокна (81 сортообразец), по высокой семенной продуктивности (216 сортообразцов). В результате изучения выделены источники как по отдельным так по комплексу хозяйственно ценных признаков льна-долгунца.

The basic flax collection of 1246 variety samples, signs collection on high content of the total and long fiber (82 variety samples) and high seeds productivity (216 variety samples) are created in the Institute of Bast Crops UAAS. As a result, we got original sources of individual and complex economically valuable signs of fiber flax.

### **КУЗЬМИН С.Р., КУЗЬМИНА Н.А.**

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,*

*Россия, 660036, Красноярск, Академгородок, e-mail: sergio7@akadem.ru*

## ПЛОТНОСТЬ УСТЬИЦ У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ПРИАНГАРЬЯ

Анатомические элементы хвои и, в частности устьица, участвуют в регуляции энергии и газового обмена между растением и атмосферой, их плотность (число на единицу площади) определяет потенциальную площадь для газового обмена. Во многих работах установлено отсутствие реакции плотности устьиц и устьичного индекса на экспериментальные или сезонные изменения температуры [1, 2 и др.]. Однако в работе Луомала и др. [3] отмечено уменьшение плотности устьиц в связи с возрастанием температуры воздуха. Повышение температуры воздуха может приводить к увеличению толщины хвои [4]. Высказывается обоснованное мнение, что частота устьиц на любой поверхности листа находится под тесным генетическим контролем, но может быть модифицирована параметрами окружающей среды [5].

В связи с этим, представляло интерес изучение плотности устьиц и других анатомических и морфологических признаков хвои у климатипов сосны обыкновенной в географических культурах. Для климатипов предполагается сочетание двух механизмов влияния на морфологию хвои: 1) генетически закрепленного в связи с местом происхождения климатипа; 2) модифицирующего, обусловленного влиянием конкретных условий выращивания культур. Оценка сочетания влияния этих механизмов на морфологию и анатомию хвои и составила предмет наших исследований.

### Материалы и методы

Объекты исследования – 10 климатипов сосны обыкновенной, произрастающие в географических культурах Богучанского лесхоза Красноярского края (58°39' с.ш. 97°30' в.д.): печенгский (лесотундра, Мурманская область), кандалакшский (северная тайга, Мурманская область), пинежский (северная тайга, Архангельская область), плесецкий (средняя тайга, Архангельская область), богучанский (местный, южная тайга, Красноярский край), енисейский (средняя тайга, Красноярский край), минусинский (лесостепь, Красноярский край), чемальский (лесостепь, Алтай), балгазынский (лесостепь, Тыва), кяхтинский (степные условия, Бурятия). Возраст деревьев каждого климатипа – 30 лет.

Целью данной работы было изучение некоторых анатомических и морфологических признаков хвои у сосны разного происхождения в географических культурах, в том числе у тех климатипов, у которых ранее исследовалась анатомия древесины [6].

При сборе образцов хвои, учете ее параметров и плотности устьиц использовались методические рекомендации Л.Ф. Правдина [7], С.А. Мамаева [8] и др., а также применялись собственные методические разработки. В связи с тем, что у исследуемых климатипов анатомическая структура древесины изучалась у 5 средних по таксационным параметрам деревьев, плотность устьиц и количественные характеристики изучались также у этого числа деревьев, но в работе также использованы данные предыдущих исследований морфологии хвои, проведенные на 30 деревьях у 64 климатипов.

В географических культурах каждый климатип произрастает на отдельном участке из посаженных по единой методике деревьев. Стандартный участок имеет 13 рядов (длиной 50 м). Расстояние между рядами равно 1,5 м, расстояние между деревьями в одном ряду равно 0,75 м. Таким образом, средний размер участка составляет 50x18 м. Расстояние между участками составляет 3 м. Сомкнутость полога древостоя у всех исследуемых климатипов высокая и равна 0,8-1,0. У всех климатипов деревья для исследования отбирались из центральных рядов с одинаковой густотой и сомкнутостью полога в конкретном центральном участке. Предварительно проводились

измерения высот и диаметров у 50 деревьев для определения среднего дерева по этим параметрам. У деревьев изучалось 10 пар хвоинок двухлетнего возраста из боковой ветви первого порядка восьмой мутовки сверху с юго-восточной стороны. Сомкнутость на уровне восьмой мутовки у всех климатипов равна 1,0. Собранная хвоя является световой.

Измерение длины хвои проводилось с помощью линейки, измерение ширины хвои проводилось на бинокляре при увеличении 56х. Измерение плотности устьиц проводилось на выпуклой (верхней) поверхности хвои из ее строго центральной части, которая представляла собой вырезанный фрагмент длиной около 0,5 см, шириной около 1,3 мм. На этом фрагменте измерения проводились в 6 полях зрения (0,6 мм х 0,75 мм = 0,45 мм<sup>2</sup>), которые были равномерно распределены по центральной части исследуемого фрагмента. Подобная методика исследований с применением полей зрения использовалась другими авторами при исследовании хвои у тсуги [9]. Таким образом, общая площадь исследований одной хвоинки составляла 2,7 мм<sup>2</sup>.

### **Результаты и обсуждение**

Абсолютные пределы колебания плотности устьиц у исследованных деревьев климатипов сосны составляют 48-106 шт./мм<sup>2</sup>, при этом коэффициент индивидуальной изменчивости варьирует от 4 до 9 %, географическая изменчивость составляет 12 %. Среднее значение признака у климатипов варьирует от 60 до 85 шт./мм<sup>2</sup>. Наименьшее число устьиц (60-62 шт./мм<sup>2</sup>) наблюдается у климатипов самых северных происхождений (кандалакшского и печенгского из Мурманской обл.), наибольшее – у местного и южных происхождений, богучанского (Красноярского края), чемальского (Алтайского края), балгазынского (Тывы) и кяхтинского (Бурятии).

Оценка сходства и различий климатипов по плотности устьиц показала, что северные климатипы (печенгский, кандалакшский, плесецкий) достоверно отличаются меньшими средними значениями от богучанского, чемальского, кяхтинского и балгазынского при уровне значимости  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ , от пинежского и енисейского при  $p < 0,01$ . Анализ корреляционной связи признака с географической широтой выявил, что плотность устьиц возрастает с уменьшением географической широты. Связь отрицательная и близкая к прямолинейной ( $r = -0,91$ ;  $p < 0,01$ ). Эту закономерность отмечают и другие исследователи северных и южных популяций сосны. Так, согласно данным финских исследователей [3], число устьиц на выпуклой поверхности (которая изучалась и нами) двухлетней хвои у сосны, произрастающей в Финляндии, равно 66,4 шт./мм<sup>2</sup> (на вогнутой – 76,9 шт./мм<sup>2</sup>). По данным С.А. Мамаева [8], на Урале в более теплых и засушливых местообитаниях сосна формирует хвою с большим количеством устьиц, чем в северных условиях. В природных популяциях сосны на юге Красноярского края (в Минусинской и Ширинской степях) плотность устьиц варьирует от 87,7 до 95,7 шт./мм<sup>2</sup>.

Анализ корреляции плотности устьиц с широтой и климатическими факторами места происхождения показал отрицательную связь с широтой, положительную связь признака с суммой температур больше 5°C, средней температурой июля и продолжительностью вегетационного периода.

При исследовании плотности устьиц у хвои замерялись ее параметры – длина и ширина. Проведенный корреляционный анализ изучаемых признаков показал, что между числом устьиц и длиной хвои наблюдается положительная связь, что подтверждается коэффициентом корреляции ( $r = +0,79$ ;  $p < 0,01$ ). Плотность устьиц отрицательно коррелирует с шириной хвои ( $r = -0,78$ ;  $p < 0,01$ ).

Длина хвои имеет высокую отрицательную корреляцию с широтой и положительную корреляцию с продолжительностью вегетационного периода, а ширина – положительную с широтой и отрицательную с продолжительностью вегетационного периода. В отличие от ширины, длина хвои имеет высокую корреляцию с суммой температур больше 5°C и средней температурой июля. Наиболее короткая (31-39 мм) и

относительно широкая хвоя (1,34-1,50 мм) в географических культурах наблюдается у северных климатипов. Для местного (богучанский) и южных климатипов характерна более длинная (52-65 мм) и узкая (1,23-1,38 мм) хвоя. Так же, как и плотность устьиц, длина хвои имеет отрицательную корреляционную связь с широтой ( $r = -0,84$  при  $p < 0,01$ ), что подтверждает довольно строгую закономерность изменчивости признаков, выявленную в географических культурах, потомство из северных широт формирует короткую хвою, а потомство из южных – наоборот. Очевидно, что у потомства разных климатипов происходит строгая реализация генетической программы, обусловленная в первую очередь вегетационным периодом, характерным для их места происхождения. Это подтверждают работы по экспрессии генов, отвечающих за начало и окончание роста листы или хвои [10]. Так, изящными экспериментами было показано, что соотношение CO/FT активности генов определяет не только начало цветения, но и прекращение роста листы у осины в зависимости от достигнутой критической длины дня. Гены CO отвечают за суточные колебания белков, аккумулирующихся при длинном дне. Эти белки индуцируют транскрипцию гена FT (гена цветения), м-РНК которого транспортируется из листьев в верхушечные меристемы, где продуцированные белки индуцируют цветение. Оказалось, что соотношение CO/FT определяет и прекращение роста листы при достижении критической для данной широты длины дня. При этом у деревьев из более северных популяций прекращение роста и заложение новых почек наблюдаются при более длинном дне, чем у южных, поскольку изменения длины дня происходят в сочетании с изменениями температуры. Если сопоставить эти результаты с нашими, то можно полагать, что анатомия хвои у климатипов (в частности частота устьиц, как результат развития ассимиляционного аппарата) находится под преобладающим генетическим контролем, а на уровне клеток и тканей устойчиво функционирует механизм CO/FT, контролируемый изменением длины дня. Этот механизм кажется устойчивым, несмотря на существенные изменения условий роста климатипов. Следовательно, адаптационные возможности климатипов в первую очередь ограничиваются устойчивостью генетического контроля развития ассимиляционного аппарата. Именно здесь надо искать те изменения в процессах, которые могут модифицировать эту устойчивость в связи с существенными изменениями условий роста (соотношение изменений длины дня и температуры и др.).

### **Выводы**

В географических культурах наблюдается клинальная изменчивость размеров хвои и плотности устьиц у климатипов сосны. Градиент нарастания длины хвои составляет 1,5 мм, плотности устьиц – 1 шт. мм<sup>2</sup> на градус широты. Плотность устьиц и длина хвои находятся под существенным генетическим контролем и связаны между собой положительной корреляционной связью, с шириной хвои у них выявлена отрицательная связь, но между длиной и шириной хвои эта связь не достоверная. Это может свидетельствовать о том, что ширина хвои находится в большей степени под контролем температурного фактора в пункте испытания. Генетический контроль у климатипов обусловлен комплексом факторов, прежде всего климатическими условиями места происхождения сосны. У северных климатипов (севернее 62°) в относительно теплых для них условиях в пункте испытания географических культур продолжает формироваться короткая хвоя (31-39 мм) с низкой плотностью устьиц (60-73 шт./мм<sup>2</sup>). У южных климатипов (южнее 54°) в условиях географических культур формируется длинная (44-65 мм) и относительно узкая хвоя с высокой плотностью устьиц (79-85 шт./мм<sup>2</sup>).

Формирование удлиненной хвои у южных климатипов способствует вовлечению больших объемов ассимилятов в обмен веществ посредством фотосинтеза, осуществляемого большей поверхностью листа. Это требует и большего числа устьиц для активной транспирации, которая бы соответствовала значительному обмену веществ. Относительно низкие для южных климатипов суммы температур воздуха в

пункте испытания способствуют формированию узкой хвои с большим числом устьиц. Большой объем ассимилятов активно используется и для построения большой толщины клеточной стенки ранней древесины у южных климатипов [6].

#### Литература

1. *Apple M.E., Olszyk D.M., Ormond D.P., Lewis J., Southworth D., Tingey D.T.* Morphology and stomatal function of Douglas fir needles exposed to climate change, elevated CO<sub>2</sub> and temperature // *International Journal of Plant Science*. 2000. V. 161. № 1. P. 127-132.
2. *Beerling D.J.* Carbon isotope discrimination and stomatal responses of mature *Pinus sylvestris* L. trees exposed in situ for three years to elevated CO<sub>2</sub> and temperature // *Acta Oecologica*. 1997. V. 18. P. 697-712.
3. *Luomala E.-M., Laitinen K., Sutinen S., Kellomaki S., Vapaavuori E.* Stomatal density, anatomy and nutrient concentrations of Scots pine needles are affected by elevated CO<sub>2</sub> and temperature // *Plant, Cell and Environment*. 2005. V. 28. P. 733-749.
4. *Shavnin S.A., Marina N.V., Novoselova G.N., Usupov I.A., Ivanova L.A., Ronzhina D.A.* Impact of local warming on the physiological state of Scots pine needles // *Abstracts of International conference*. Ekaterinburg. Ural State Forest Engineering University. 2006. P. 85.
5. *Croxdale J.L.* Stomatal patterning in angiosperms // *American Journal of Botany*. 2000. V. 87. P. 1069-1080.
6. *Кузьмин С.Р., Ваганов Е.А., Кузьмина Н.А., Милютин Л.И.* Особенности трахеид древесины у климатипов *Pinus sylvestris* (*Pinaceae*) в географических культурах // *Ботанический журнал*, 2008, т.93, №1. С. 10-21.
7. *Правдин Л.Ф.* Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 190 с.
8. *Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 282 с.
9. *Kouwenberg L.L.R, Kürschner W.M., Visscher H.* Changes in stomatal frequency and size during elongation of *Tsuga heterophylla* needles // *Annals of Botany*. 2004. V. 94. № 4. P. 561-569.
10. *Bohlenius H., Huang T., Charbonnel-Campaa L., Brunner A.M., Jansson S., Strauss S.H., Nilsson O.* CO/FT regulatory module controls timing of flowering and seasonal growth cessation in trees // *Science*. 2006. V. 312. P. 1040-1043.

#### Резюме

Stomatal density, needle length and width of different Scots pine provenances were studied in the provenance trial. It was determined that the closest relation is between stomatal density and needle length. Stomatal density and needle length are under great genetic control and closely related by positive correlation. Needle width is to a greater extent under control of temperature factor in the place of trial.

#### **КУРЧИЙ В.М., САКАЛО В.Д., ТОПЧИЙ Н.Н., ТИЩЕНКО Е.Н.**

*Институт физиологии растений и генетики Национальной Академии наук Украины, Украина 03022 Киев, ул. Васильковская, 31/17*

#### **ВЛИЯНИЕ 6-БЕНЗИЛАМИНОПУРИНА И ЗЕАТИНА НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СТАРЕЮЩИХ ЛИСТЯХ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

Процесс старения листьев рассматривается как форма программированной клеточной гибели и сопровождается генетическими, биохимическими и структурными изменениями [8]. На клеточном уровне программа старения развёртывается упорядоченным образом, где одними из первых постепенно начинают разрушаться хлоропласты. Вместе с тем нами показано, что в стареющих листьях сахарной свеклы