

© 2008 И.Л. Бухарина\*, Т.М. Поварнищина\*\*

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛИ КОЛЮЧЕЙ (*PICEA PUNGENS* ENGELM.) В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. ИЖЕВСКА)

Ель колючая (*Picea pungens* Engelm.) является одним из перспективных видов в озеленении промышленных центров Уральского региона. Обладая высокой декоративностью, ель колючая весьма устойчива к техногенному загрязнению, имеет стабильные морфометрические параметры годичного прироста и проявляет лабильность физиологических и биохимических показателей.

**Bukharina I.L., Povarnitsina T. M.**

**EKOLOGO-BIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE *PICEA PUNGENS* ENGELM. IN THE CONDITIONS OF THE CITY ENVIRONMENT (BY THE EXAMPLE OF IZHEVSK)**

Fur-tree prickly (*Picea pungens* Engelm.) is one of perspective kinds in gardening of industrial centers of the Ural region. Possessing high decorative effect, the fur-tree prickly is rather steady against technogenic pollution, has stable morphological parameters of a year gain and shows lability of physiological and biochemical indicators.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в озеленении городов широко используются хвойные растения, благодаря высокой декоративности в течение всего года, длительной вегетации, отсутствия резко выраженного листопадного периода (что снижает затраты по уходу за насаждениями). Но применение хвойных растений в зеленом строительстве ограничивается их чувствительностью к техногенному загрязнению. Одним из видов перспективных для создания городских насаждений является ель колючая (*Picea pungens* Engelm.).

На родине – в горах Северной Америки – это дерево 30-40 м высотой. Продолжительность жизни хвои ели колючей составляет 4-7 лет, а продолжительность жизни особей – 100 лет. В Европе этот вид разводится с 1863 г. В России широко распространен в культуре. Ель колючая отличается зимо- и морозоустойчивостью, теневыносливостью, ветроустойчивостью, засухоустойчивостью, выдерживает загазованность и запыленность

---

\* ФГОУ ВПО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Ижевск

\*\* ГОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск

воздуха, относительно неприхотлива к почвенному плодородию, но не является солеустойчивым видом. В городских условиях у ели колючей отмечается замедленный рост, особенно на сухих почвах. Особой устойчивостью в условиях промышленной среды отличается ель колючая серебристой формы (*P. pungens f. Argentea*) (Шиманюк, 1957; Колесников, 1958; Мамаев, 1983; Антипов, 2000; Булыгин, Ярмишко, 2001).

Благодаря плотной конусовидной низкоопушенной кроне ель колючая обладает высокой декоративностью. Кроме того, для этого вида характерно большое внутривидовое разнообразие: как по форме кроны (существуют плакучие, шаровидные, конусовидные, карликовые и другие формы), так и по окраске хвои (различают голубовато-зеленую, серебристо-белую, серебристо-синюю, беловато-желтую, голубоватую, зеленую, золотисто-желтую формы). В молодом возрасте ель колючая хорошо переносит стрижку, во взрослом состоянии – пересадку, возможно ее вегетативное размножение (Северова, 1958; Мамаев, 1983). Ель колючая голубая и близкие к ней формы являются исключительно ценным материалом для одиночных посадок и небольших групп, для акцентирования входов в сады и парки, на партерах, у парковых сооружений, водоемов. Ель колючая рекомендована для живых изгородей в лесной и лесостепной зонах России. Имеет снегозащитное значение.

В Ижевске ель колючая не получила широкого применения в озеленении, существуют лишь разрозненные разновозрастные посадки. Перед нами стояла цель изучить особенности роста и развития, физиологии и биохимического состава ели колючей в условиях крупного промышленного центра (на примере г. Ижевска), с целью выработки рекомендаций по ее применению в насаждениях разных экологических категорий.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ижевск является крупным промышленным центром Уральского региона с преобладанием тяжелой промышленности и хорошо развитой транспортной сетью, что создает напряженную экологическую ситуацию по уровню загрязнения атмосферного воздуха (индекс загрязнения атмосферного воздуха в отдельных районах достигает 15,84) и почв ( $Z_c = 16-32$  и  $32-128$ , т.е. умеренно опасный и опасный уровень).

Наблюдения проведены нами за особями ели колючей, произрастающими в насаждениях разных экологических категорий: в посадках вдоль крупнейших магистральных улиц К. Либкнехта и Удмуртская (поток автотранспорта составляет 960-1200 шт.авт./ч); насаждениях санитарно-защитных зон (СЗЗ) предприятий "Ижсталь" и "Автозавод", являющихся основными загрязнителями города. В качестве зон условного контроля (ЗУК) выбраны территория крупнейшего городского парка ландшафтного типа (ЦПКиО им. С.М. Кирова) и пригородная зона, что согласуется с методическими подходами Н.С. Краснощековой (1987).

В районах исследования на основе таксационных описаний (Соколов, 1998, ГОСТ 2140-81) мы установили класс жизнеустойчивости (по пяти-

балльной шкале) и эстетическую оценку (по трехбалльной шкале) особей ели колючей. Выделили по 5-10 учетных особей хорошего жизненного и среднегенеративного онтогенетического состояния для изучения эколого-биологических особенностей.

В течение вегетации анализировали показатели интенсивности фотосинтеза (бескамерным методом О.Д. Быкова (1974)) и содержания аскорбиновой кислоты в листьях (ГОСТ 24556-89, титрометрический метод). После окончания периода зимнего покоя и в подготовительный к нему период определили содержание таннинов (по методу Нейбауэра–Лёвенталья) и основных элементов минерального питания в побегах растений (азот – фотоколориметрически, с использованием реактива Несслера; фосфор – по Труогу - Мейеру; калий – методом пламенной фотометрии, расчет содержания элементов – в % абс. сух. массы (Практикум по агрохимии, 1987)).

После прекращения ростовых процессов провели биометрический анализ верхушечного годичного прироста (по 20 побегов северной и южной экспозиции кроны учетных растений), измеряя их длину и биомассу в абсолютно сухом состоянии.

Математическую обработку материала провели с применением пакета "Statistica 5,5", используя методы описательной статистики.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Ель колючая показала высокую жизнеустойчивость (III балла) в условиях города. Отмечены хороший рост по высоте, развитая крона, насыщенная окраска хвои, благодаря чему ель колючая характеризуется высокой эстетической оценкой (II балла). Зафиксированы отдельные пороки ствола, но в сравнении с другими хвойными и лиственными породами они менее развиты.

При проведении морфометрического анализа годичного прироста ели колючей мы не обнаружили явление ксерофитизации побегов, в тоже время отмечено существенное увеличение биомассы побегов у особей, произрастающих в защитных насаждениях предприятия "Автозавод" (табл.). В магистральных насаждениях ул. Удмуртской (где концентрация СО в воздухе > 0,5 ПДК), наоборот, отмечено увеличение длины годичного побега при уменьшении его биомассы. Последнее можно характеризовать как явление "кислого роста" – роста побега за счет растяжения клеток. У особей в защитных насаждениях предприятия "Ижсталь" длина побегов не имеет различий с контрольными зонами, но возрастает их биомасса (побеги северной экспозиции), что может быть аналогом высокой конструкционной цены листьев у лиственных пород в условиях техногенного загрязнения, формирующейся за счет увеличения синтеза веществ, обладающих защитными свойствами.

Изучение динамики ассимиляционной активности ели колючей выявило высокий уровень изменчивости показателя интенсивности фотосинтеза (ИФ) у этого вида (1426 %), что свидетельствует о его экологической пластичности.

По сравнению с лиственными породами ель колючая обладает средней интенсивностью фотосинтеза –  $21,72 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$ . К примеру, ИФ у лиственных пород, по данным И.Л. Бухариной, Т.М. Поварничиной, К.Е. Ведерникова (2007), составляет  $14,62\text{--}45,75 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$ . В тоже время по сравнению с аборигенными видами елей, значения этого показателя у ели колючей достаточно высоки, что, на наш взгляд, связано с использованием в озеленении города адаптированного к антропогенным условиям сортового посадочного материала. Следует указать, что хвойные, характеризующиеся более длительным по сравнению с лиственными породами периодом вегетации, обладают невысокой интенсивностью фотосинтеза, но более высокими показателями продуктивности фотосинтеза. В наших исследованиях установлено, что у ели колючей в насаждениях санитарно-защитных зон, показатель ИФ ( $17,68 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$ ) даже несколько возрастает по сравнению с условно контрольными зонами ( $4,69 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$ ). Наиболее высокие значения зафиксированы в СЗЗ предприятия "Ижсталь". Максимальная ассимиляционная активность хвои ели колючей в насаждения промышленных зон наблюдается в июле и составляет  $23,08 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$  (рис. 1), что немаловажно, т.к. другие виды древесных растений в этот период, как правило, снижают интенсивность фотосинтеза из-за высоких температур и уровня загрязнения среды (Поварничина, 2007).

**Таблица**

***Морфометрические показатели годичного побега ели колючей в насаждениях разных функциональных зон (г. Ижевск)***

Место произрастания	Зоны условного контроля	СЗЗ промышленных предприятий		Магистральные посадки
		"Автозавод"	"Ижсталь"	
Длина годичного прироста, см	$4,7\pm 0,4^*$	$6,2\pm 0,5$	$9,7\pm 1,9$	$10,8\pm 0,8$
	$3,3\text{--}6,1^{**}$	$4,6\text{--}7,8$	$3,1\text{--}16,3$	$8,0\text{--}13,6$
	$4,6\pm 0,5$ $3,1\text{--}6,2$	$6,2\pm 0,7$ $3,8\text{--}8,7$	$5,4\pm 0,1$ $3,3\text{--}6,5$	$12,4\pm 1,7$ $6,7\text{--}18,2$
Биомасса годичного прироста, г (абс. сух.)	$0,71\pm 0,01$	$1,16\pm 0,01$	$0,86\pm 0,01$	$0,67\pm 0,01$
	$0,70\text{--}0,72$	$1,15\text{--}1,17$	$0,85\text{--}0,87$	$0,65\text{--}0,69$
	$0,86\pm 0,01$	$0,95\pm 0,01$	$0,27\pm 0,01$	$0,80\pm 0,01$
	$0,83\text{--}0,89$	$0,91\text{--}0,99$	$0,25\text{--}0,29$	$0,79\text{--}0,81$

Примечание. \* в верхней строке указаны параметры побега северной экспозиции кроны, в

нижней строке – южной;

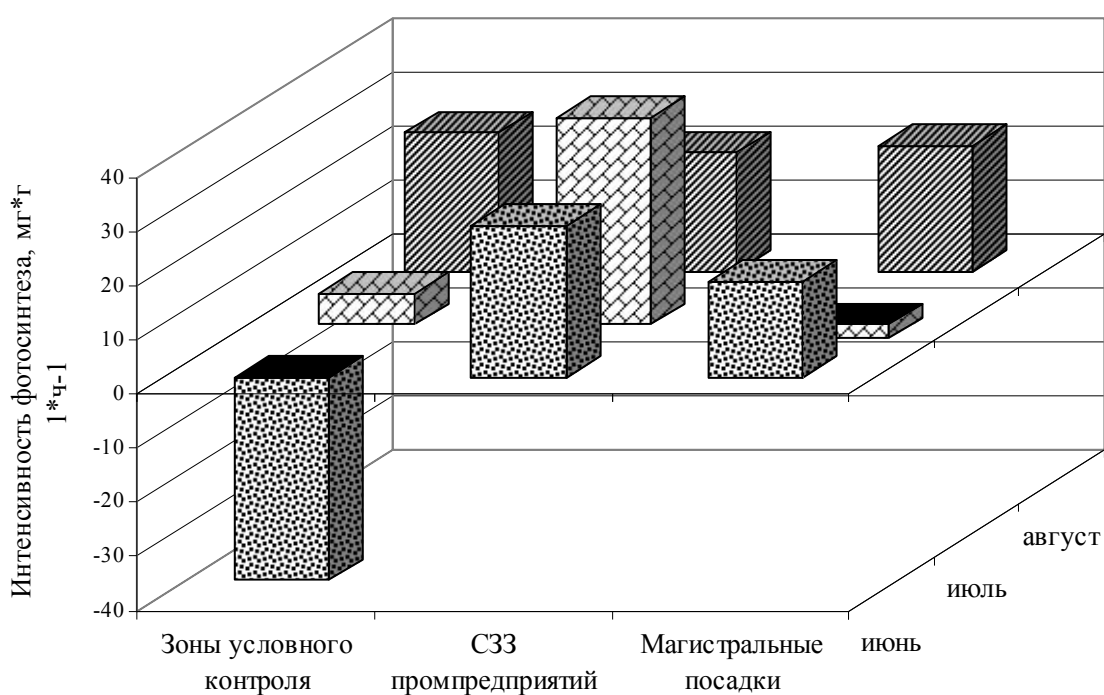
\*\* – доверительный интервал для среднего значения.

Интенсивность фотосинтеза ели колючей, произрастающей в магистральных посадках ниже, чем в СЗЗ промпредприятий, но в то же время остается на уровне показателей парковой и пригородной зоны, что позволяет сделать вывод о достаточно высокой устойчивости ассимиляционного аппарата к антропогенному загрязнению. По данным О.А. Неверовой,

Е.Ю. Колмогоровой (2003), исследовавших фотосинтез ели сибирской в магистральных посадках г. Кемерово, его показатели составляют  $1,70-3,90 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$ , что значительно ниже установленных нами для ели колючей.

Обобщая полученные данные, можно заключить, что динамика ассимиляционной активности ели колючей в течение вегетационного периода довольно стабильна, что характеризует относительно высокую устойчивость изучаемого вида.

В условиях окислительного стресса, характерного для промышленных зон, возрастает роль антиоксидантной системы защиты растений, которая обеспечивается специальными ферментами и низкомолекулярными соединениями (аскорбиновой кислотой, фенольными соединениями, пигментами), выполняющими роль антиоксидантов (Чупахина, 1997, Фуксман, 2001).

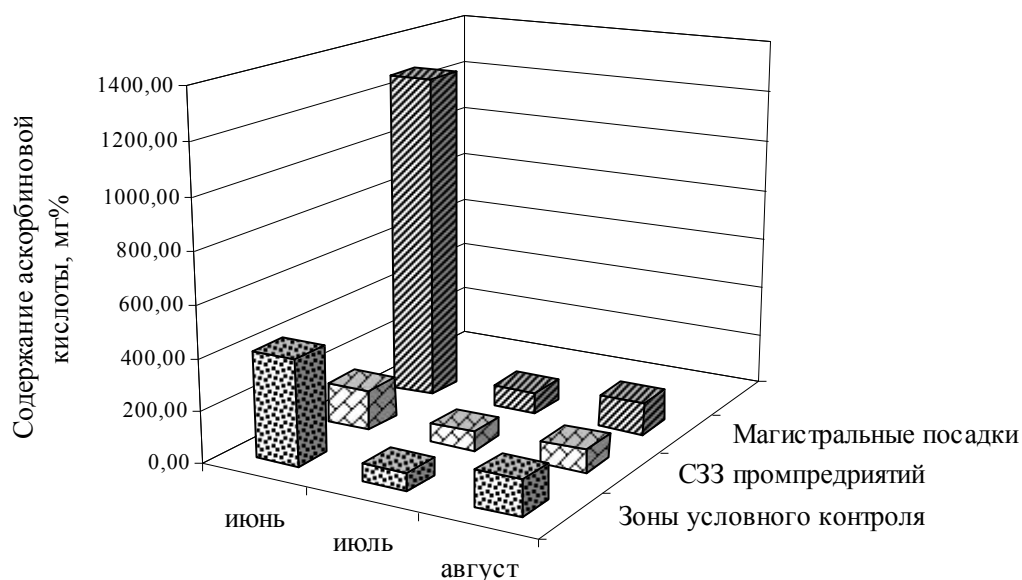


**Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза ели колючей, произрастающей в насаждениях разных функциональных зон г. Ижевска**

Содержание аскорбиновой кислоты в хвое ели колючей весьма изменчиво (более 50000%). Концентрация данного метаболита в условиях интенсивной техногенной нагрузки увеличивается. К примеру, в магистральных посадках в июне она составляет 1279,7 мг% (рис. 2). В июле и августе содержание аскорбиновой кислоты в хвое резко снижается и, возможно, связано не только с накоплением поллютантов в ходе вегетации, но и с периодом плодоношения (Илькун, 1971).

У ели колючей содержание таннинов в побегах после периода зимнего покоя превышает показатели ЗУК. К концу вегетации во всех типах насаждений их концентрация возрастает: при этом у растений в СЗЗ пред-

приятый наибольшее количество танинов накапливается в хвое прошлых лет (2,36-3,07%), а в магистральных посадках – в побегах текущего года (4,40%). Таким образом, физиологической особенностью вида является способность перераспределять эти вещества в своих структурных частях, что может быть одной из причин устойчивости ели колючей к условиям городской среды.



**Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в хвое ели колючей, произрастающей в насаждениях разных функциональных зон г. Ижевска**

Большое значение в формировании устойчивости имеет обеспеченность растений основными элементами минерального питания. Проведя анализ содержания основных элементов минерального питания в побегах ели колючей, мы выявили, что в городских насаждениях наибольшему изменению подвержен обмен калия: у растений наблюдается достоверное снижение концентрации калия в побегах прошлых лет и ее возрастание в хвое текущего года и прошлых лет. Это, на наш взгляд, связано с усилением водообмена хвои, поскольку в городской среде, отличающейся пониженной влажностью атмосферного воздуха и почв, усиливается скорость передвижения воды по растению. Также установлено, что азот концентрируется в побегах текущего года у особей, произрастающих в насаждениях зон с интенсивной техногенной нагрузкой. Достоверных изменений в обмене фосфора нами не выявлено.

## ВЫВОДЫ

В городской среде ель колючая имеет высокую жизнеустойчивость и декоративность. У данного вида установлена изменчивость физиолого-

биохимических показателей и относительная стабильность морфологических структур в условиях интенсивной техногенной нагрузки. Ель колючая имеет довольно высокую интенсивность фотосинтеза, которая максимально реализуется в насаждениях промышленных зон, что можно объяснить невысоким уровнем загрязнения, стимулирующим фотосинтез. Хвоя ели колючей отличается повышенными концентрациями аскорбиновой кислоты и таннинов в магистральных посадках, что обеспечивает антиоксидантную защиту ее ассимиляционного аппарата.

Условия городской среды вызывают изменение содержания основных элементов минерального питания в побегах ели колючей, что в большей степени сказывается на обмене азота и калия.

Таким образом, адаптивный потенциал ели колючей, позволяющий ей произрастать в условиях урбанизированной среды, складывается из относительно стабильных составляющих, таких как морфометрические показатели побега и обмен основных элементов минерального питания, формирующих устойчивость; так и из переменных параметров, таких как физиологические и биохимические показатели, которые обеспечивают экологическую пластичность вида.

Ель колючая может быть рекомендована к широкому применению в разных экологических категориях городских насаждений, и ограничено – в магистральных посадках.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антипов В.Г.** Декоративная дендрология. Минск: «Дизайн ПРО», 2000. 279 с.
- Булугин Н.Е., Ярмишко В.Т.** Дендрология. М.: МГУЛ, 2001. 528 с. - **Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е.** Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. 216 с. - **Быков О.Д.** Бескамерный способ изучения фотосинтеза: метод. указания. Л.: ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 1974. 17 с.
- Илькун Г.М.** Газоустойчивость растений: вопросы экологии и физиологии. Киев: Наукова думка, 1971.
- Колесников А.И.** Декоративные формы древесных пород. М., 1958. 164 с. - **Краснощекова Н.С.** Эколого-экономическая эффективность зеленых насаждений: Обзорная информация. М.: ЦЕНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1987. 44 с.
- Мамаев С.А.** Виды хвойных на Урале и их использование в озеленении. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 33 с.
- Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю.** Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты. Новосибирск: Наука, 2003. 222 с.
- Поварницина Т.М.** Эколого-физиологические особенности адаптации древесных растений к условиям крупных промышленных центров (на примере г. Ижевска): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2007. 174 с. - **Практикум по агрохимии /** Сост. Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др. / под ред. Б.Я. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
- Северова А.И.** Вегетативное размножение хвойных древесных пород. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1958. 144 с. - **Соколов П.А.** Таксация леса. Ч.1. Таксация отдельных деревьев. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. 32 с.
- Фуксман И.Л.** Роль вторичных метаболитов в физиолого-биохимических механизмах реакции сосны обыкновенной на стресс // Вестник Башкирского университета. 2001. № 2. С. 131-133.

**Чупахина Г.Н.** Система аскорбиновой кислоты растений. Калининград: КГУ, 1997. С. 90-120.

**Шиманюк А.П.** Биология древесных и кустарниковых пород СССР. М., 1957. 84 с.

Поступила в редакцию  
14 июня 2008 г.

## РЕФЕРАТЫ

**Трулевич Н.В., Алферова З.Р., Виноградова Ю.К., Гутовская Н.И., Двораковская В.М., Костылева Н.В., Куклина В.Г., Павлова И.В., Шатько В.Г., Швецов А.Н.** Ботанико=географические экспозиции растений природной флоры. Итоги сохранения биоресурсов *ex situ*. М.: ГЕОС, 2007. 226 с.

В Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина собрана коллекция растений природной флоры, исходным материалом для которой послужили семена и живые растения, привезенные из естественных местообитаний. Коллекция занимает площадь около 30 га и представлена в виде ботанико-географических экспозиций; Восточной Европы, Сибири, Дальнего Востока, Кавказа, Средней Азии.

**Шереметьева И.С., Хорун Л.В., Щербаков А.В.** Конспект флоры сосудистых растений Тульской области / Под ред. проф. В.С. Новикова. М.: Изд. Бот. сада Моск. ун-та; Тула: Гриф и К, 2008. 274 с.

Приведен аннотированный список видов сосудистых растений, известных с современной территории Тульской области или указанных для нее. Применительно к каждому таксону даны особенности его распространения по территории области, предпочитаемые им экотопы, а для адвентивных растений – краткая история освоения территории региона.

Всего в конспекте упомянуто 1422 вида сосудистых растений.

**Ильина В.Н.** Мониторинг ценотических популяций растений: Учебное пособие. Самара: Изд-во СГПУ, 2008. 92 с.

В учебном пособии излагаются основные положения популяционно-онтогенетического направления в экологической ботанике и методика проведения наблюдений за ценотическими популяциями растений для выполнения исследований в рамках учебных практик по ботанике и экологии.