

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

УДК 574.24

**Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в
условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях
(на примере г. Набережные Челны)**

Бухарина И.Л. , Гибадулина И.И.***

**Удмуртский государственный университет*

***Казанский (Приволжский) федеральный университет, Елабужский институт*

Аннотация

В статье приведены результаты изучения влияния условий локального места произрастания липы мелколистной (в различных категориях насаждений г. Набережные Челны) на содержание фотосинтетических пигментов в листьях.

Исследования показали, что условия локальных мест произрастания могут оказывать влияние на ход физиологических реакций у древесных растений, однако в условиях высокого загрязнения среды их роль проявляется не столь значительно.

Ключевые слова: ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ, ХЛОРОФИЛЛ А, ХЛОРОФИЛЛ В, КАРОТИНОИДЫ, ЛИПА МЕЛКОЛИСТНАЯ, САНИТАРНО-ЗАЩИТНАЯ ЗОНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, МАГИСТРАЛЬНЫЕ ПОСАДКИ, МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях является одним из параметров оценки функционального состояния древесных растений. Большое число публикаций посвящено вопросу влияния абиотических [1-6], биотических [7, 8] и антропогенных факторов [9-20] окружающей среды на содержание хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов в ассимиляционном аппарате хвойных и лиственных пород деревьев. Известно, что в условиях техногенной среды содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a* и *b*) в листьях древесных и травянистых растений снижается, а содержание каротиноидов, наоборот, увеличивается [21-24]. Следует отметить, что в содержании фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений имеется

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

=====

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

=====

определенная разница в различные по метеорологическим условиям годы: в засушливые годы содержание каротиноидов к концу вегетационного периода возрастает, а в годы с достаточным увлажнением – наоборот, снижается [6]. При изучении влияния загрязнений на динамику содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений исследователи, как правило, не учитывают абиотические (микrokлиматические) особенности условий локальных мест произрастания, связанных, например, со строением подстилающей поверхности, в частности, с особенностями микрорельефа местности и т.д. Однако большая роль в повышении способности преодолевать физиологический стресс и повышенную загазованность отводится микrokлиматическим и эдафическим факторам среды [25].

В связи с вышеизложенным, **цель настоящей работы** состояла в изучении влияния абиотических (микrokлиматических) условий локальных мест произрастания на содержание и динамику фотосинтетических пигментов у липы мелколистной в насаждениях крупного промышленного города Набережные Челны.

Материалы и методы исследования

В течение вегетационного периода (июнь – август) была изучена динамика содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях липы мелколистной, произрастающей в различных категориях насаждений г. Набережные Челны (парковые насаждения, посадки санитарно-защитных зон промышленных предприятий, магистральные посадки). Исследования проводили по общепринятым методикам изучения лесных насаждений [26]. В изучаемых районах заложили регулярным способом по 2 пробные площади (ПП) в каждом типе насаждений, размеры ПП не менее 0,25 га, в зависимости от площади исследуемой категории. При закладке пробных площадей выбирали участки, максимально отличающиеся друг от друга строением подстилающей поверхности, различающиеся характером и степенью увлажнения почв, относительными и абсолютными высотами, формами и элементами рельефа, особенностями микрорельефа. Изучение микrokлиматических условий пробных площадей проводили при теплой, ясной и тихой погоде, так как при таких условиях отмечаются наиболее резкие различия локальных мест произрастания растений вследствие наиболее сильного влияния строения

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

подстилающей поверхности и её радиационных характеристик [27]. Наблюдения за температурой и влажностью воздуха, атмосферным давлением проводили на высоте 1,5 м над поверхностью земли в связи с доступностью для непосредственных отсчетов без дополнительных подставок и лестниц и расположением на данной высоте листьев нижней формации. Наблюдения проводили согласно общепринятой методике в дневные часы около полудня (12-13 часов дня) [28]. Температуру почвы измеряли на поверхности почвы в трёхкратной повторности в период наименьших изменений температуры, то есть в периоды минимальных (6-7 часов) и максимальных (16-17 часов) температур. Среднюю суточную температуру при указанных сроках наблюдений вычисляли как среднюю арифметическую этих двух значений.

В пределах пробных площадей методом конверта провели отбор почвенных проб [29] и анализ агрохимических свойств почвы [30].

Для анализа содержания пигментов в листьях липы мелколистной были отобраны учетные растения средневозрастного генеративного и хорошего (или удовлетворительного) жизненного состояния [31]. Пробы листьев отбирали из средней и нижней части кроны учетных деревьев (южная экспозиция). Трижды в течение вегетации (июнь, июль, август) определяли содержание хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов в листьях древесных растений, используя спектрофотометрический метод [32]. Измерения проводили на спектрофотометре ПЭ-5400УФ (Россия, ООО «Экохим») в 100%-й ацетоновой вытяжке при максимумах поглощения: 662 и 644 нм для хлорофилла *a* и *b*, соответственно, и 440,5 нм – для каротиноидов [33]. Для определения каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов использовали формулу Веттштейна:

$$C_a \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \right) = 9.784 \cdot D_{662} - 0.990 \cdot D_{644}, \quad (1)$$

$$C_b \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \right) = 21.426 \cdot D_{644} - 4.650 \cdot D_{662}, \quad (2)$$

$$C_{a+b} \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \right) = 5.134 \cdot D_{662} + 20.436 \cdot D_{644}, \quad (3)$$

$$C_{car} \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \right) = 4.695 \cdot D_{440.5} - 0.268 \cdot C_{a+b} \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \right), \quad (4)$$

С целью пересчёта содержания пигментов на массу сухого вещества определяли

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

влажность листьев липы мелколистной.

Сбор образцов (со всех учетных особей в утренние часы) и анализы содержания фотосинтетических пигментов проводили в один день.

Математическую обработку материалов провели с применением статистического пакета «Statistica 10». Для интерпретации полученных материалов использовали дисперсионный многофакторный анализ (при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-test).

Результаты и их обсуждение

Набережные Челны – один из основных центров машиностроения России. Основным градообразующим предприятием является ПАО «Камский автомобильный завод». Уровень загрязнения атмосферы в городе характеризуется как «низкий» (2010 г. – «очень высокий», 2011-2013 гг. – «высокий», 2014 г. – «повышенный», 2015-2017 гг. – «низкий»). Отмечается превышение уровня ПДК по формальдегиду (в 2015 г. – в 1,3 раза), диоксиду азота, фенолу, аммиаку [34].

Изучение влияния абиотических (микrokлиматических) условий локальных мест произрастания на содержание и динамику фотосинтетических пигментов у липы мелколистной проводили в различных экологических категориях насаждений г. Набережные Челны (парковые насаждения, насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий, магистральные посадки). Флористический состав и патологические признаки древесных растений на исследуемой территории были проанализированы в более ранних работах авторов [35-39].

В качестве зоны условного контроля были выбрана территория Национального парка «Нижняя Кама» (Челнинское лесничество, в 10 км севернее границы г. Набережные Челны). Агрохимический анализ показал, что почва в парке имеет слабощелочную реакцию ($pH_{KCl}=7,2$), среднее содержание органического вещества (5,3%), повышенное содержание подвижного фосфора (115,4 мг/кг), высокое содержание обменного калия (210 мг/кг) и нитратных форм азота (405 мг/кг), а содержание аммонийных форм азота – низкое (8,3 мг/кг).

Насаждения санитарно-защитных зон промышленных предприятий расположены на территории Кузнечного завода ПАО «КАМАЗ». Почва в насаждениях имеет

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

=====

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

=====

слабокислую реакцию ($pH_{KCl}=6,7$), среднее содержание органического вещества (5,5%), очень высокое содержание подвижного фосфора (326 мг/кг), высокое содержание обменного калия (245 мг/кг) и нитратных форм азота (247 мг/кг), а содержание аммонийных форм азота – низкое (14,9 мг/кг).

В качестве магистральных посадок выбраны насаждения вдоль проспекта Х. Туфана и Автодороги №1 в г. Набережные Челны. Почвы в этих насаждениях имеют слабощелочную реакцию ($pH_{KCl}=7,4$), низкое содержание органического вещества (4,12%), повышенное содержание подвижного фосфора (144,5 мг/кг), высокое содержание обменного калия (503 мг/кг) и нитратных форм азота (247 мг/кг), аммонийных форм азота, наоборот, – низкое (14,9 мг/кг).

В течение вегетационного периода была изучена динамика содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях липы мелколистной. Результаты обработаны методами многофакторного дисперсионного анализа.

Дисперсионный многофакторный анализ результатов выявил существенность влияния условий места произрастания ($P=9,99 \cdot 10^{-16}$), сроков вегетации ($P=5,13 \cdot 10^{-4}$), а также их взаимодействия ($P \leq 3,07 \cdot 10^{-2}$) на содержание хлорофилла *a* в листьях липы мелколистной.

Обнаружены различия в динамике содержания пигмента в течение вегетационного периода. В зоне условного контроля содержание хлорофилла *a* к концу сезона достоверно увеличивается (0,82 мг/г сух. в-ва при $P=2,04 \cdot 10^{-2}$) по сравнению с июнем (0,76 мг/г сух. в-ва). В насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий и примагистральных посадках наблюдается достоверное снижение содержания пигмента к окончанию периода активной вегетации (на 0,14 мг/г сух. в-ва при $P < 0,05$). При этом следует отметить, что в условиях магистральных посадок достоверное снижение содержания хлорофилла *a* обнаруживается уже в середине вегетации растений (июле): на 0,11 мг/г сух. в-ва при $P=5,05 \cdot 10^{-4}$.

Для изучения влияния локальных мест произрастания растений на содержание хлорофилла *a* в листьях липы мелколистной в каждой категории насаждений были выделены по две пробные площади (ПП), отличающиеся строением подстилающей поверхности и, следовательно, параметрами микроклимата (температурой воздуха, температурой почвы, влажностью воздуха).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Параметры микроклиматических условий произрастания модельных деревьев липы мелколистной в насаждениях ЗУК представлены на рис. 1: на ПП1, по сравнению с ПП2, отмечаются относительно более высокие показатели температур воздуха и почвы, а также более низкая относительная влажность воздуха.

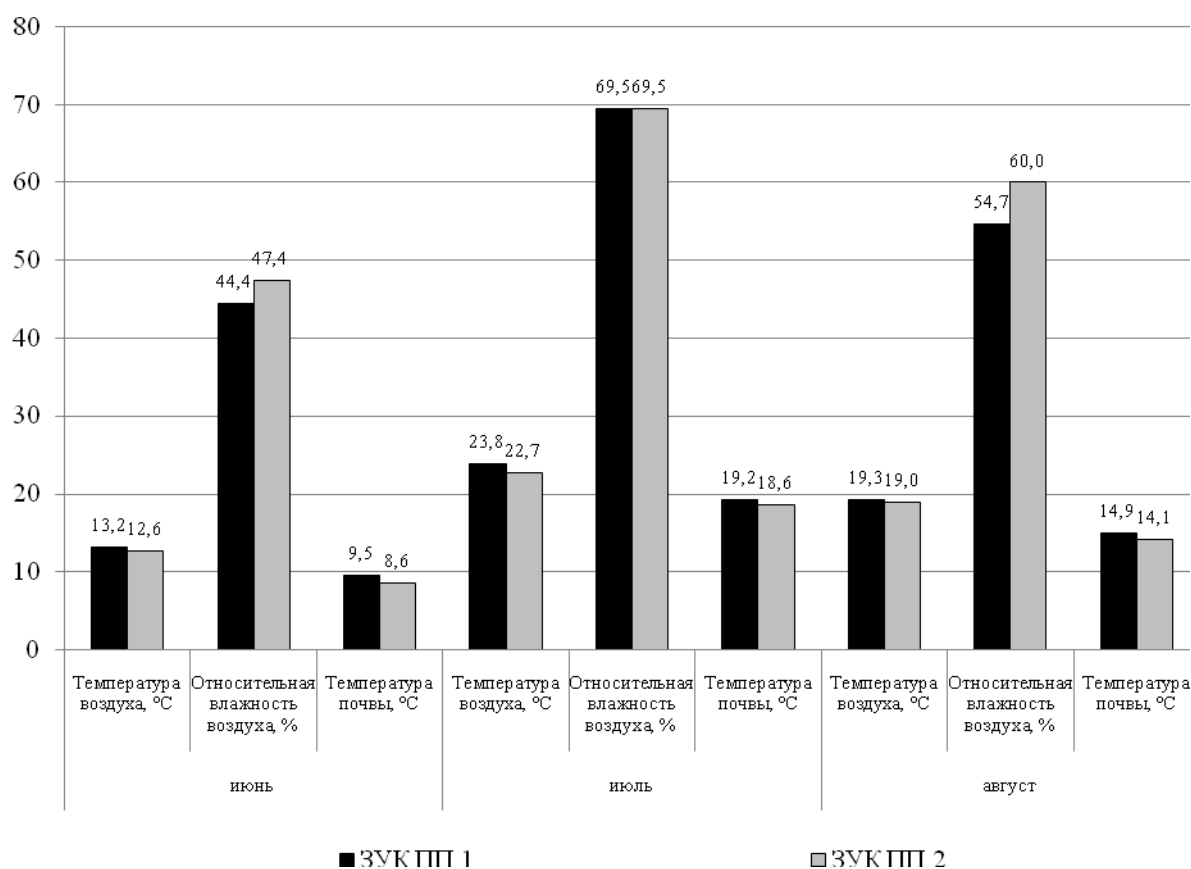


Рис. 1. Микроклиматические условия пробных площадей парковых насаждений г. Набережные Челны

Анализ результатов показал, что в содержании хлорофилла *a* в листьях липы мелколистной на ПП с разными микроклиматическими условиями (контрольные насаждения) в июне достоверно значимых отличий в содержании пигмента не наблюдается, но в июле (на 0,06 мг/г сух. в-ва) и августе (на 0,19 мг/г сух. в-ва) в условиях ПП1 содержание хлорофилла *a* в листьях достоверно выше по сравнению с ПП2 (при $НСР_{05} = 0,04$ мг/г сух. в-ва) (табл. 1). В этот год средняя температура и влажность воздуха в июне имели более высокие показатели по сравнению со среднегодовыми, то есть

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

условия для вегетации растений были более благоприятными, поэтому параметры микроклиматических условий не оказали большого влияния на процессы жизнедеятельности растений. Следует отметить, что сбор образцов листьев для анализа содержания пигментов совпал с началом цветения липы, когда отмечается максимальное содержание хлорофилла в листьях. Июль и август 2015 г. имели более низкие температуры воздуха, влажность воздуха в июле составила 102%, а в августе – 85% среднегодовой нормы. В этот год более высокое содержание хлорофилла *a* в листьях было отмечено у растений в условиях с более высокой температурой воздуха и почвы и более низкой влажностью воздуха.

Таблица 1. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях липы мелколистной, произрастающей в насаждениях г. Набережные Челны (мг/г сух. в-ва)

Район исследования	ПП	Фотосинтетические пигменты								
		хлорофилл <i>a</i>			хлорофилл <i>b</i>			каротиноиды		
		июнь	июль	август	июнь	июль	август	июнь	июль	август
ЗУК	1	0,76	0,80	0,92²	0,29	0,28	0,24²	0,23	0,22	0,23
	2	0,75	0,74¹	0,73¹	0,29	0,24^{1,2}	0,26²	0,23	0,21	0,20^{1,2}
СЗЗ промышленных предприятий	1	0,61	0,56²	0,44²	0,22	0,25²	0,20	0,19	0,16²	0,14²
	2	0,63	0,67¹	0,52^{1,2}	0,25¹	0,31^{1,2}	0,21²	0,22¹	0,22¹	0,15²
Магистраль	1	0,69	0,58²	0,56²	0,25	0,26	0,23	0,21	0,17²	0,16²
	2	0,68	0,58²	0,54²	0,24	0,26	0,25	0,21	0,17²	0,17²
НСР ₀₅		0,04			0,02			0,02		

Примечание: ¹ – достоверные различия в насаждениях по сравнению с ПП1;

² – достоверные различия в июле, августе по сравнению с июнем.

Параметры микроклиматических условий произрастания липы мелколистной в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий представлены на рис. 2: ПП1 характеризуется более высокими показателями температур воздуха и почвы, а также более низкими показателями влажности воздуха, по сравнению с ПП2.

В начале активной вегетации особи, произрастающие на разных пробных площадях, достоверно значимой разницы по содержанию хлорофилла *a* не имели. Однако в июле и августе значение показателя в условиях ПП1 было достоверно ниже, чем на ПП2 (на 0,11 и 0,08 при НСР₀₅ = 0,04 мг/г сух. в-ва), были отмечены отличия и в динамике показателя. На ПП1 отмечено достоверное снижение содержания пигмента в ходе

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

вегетации (в июле – на 0,05, в августе – на 0,17 мг/г сух. в-ва при $HC_{P05} = 0,04$ в сравнении с июнем), тогда как на ПП2 в июле содержание пигмента достоверно не изменялось, и лишь в августе отмечено снижение показателя на 0,11 мг/г сух. в-ва (табл. 1).

Таким образом, в условиях СЗЗ промышленных предприятий относительно более низкие показатели температуры воздуха, температуры почвы, а также повышенная относительная влажность воздуха, более благоприятны для липы мелколистной и способствовали большей устойчивости растений к действию загрязняющих веществ.

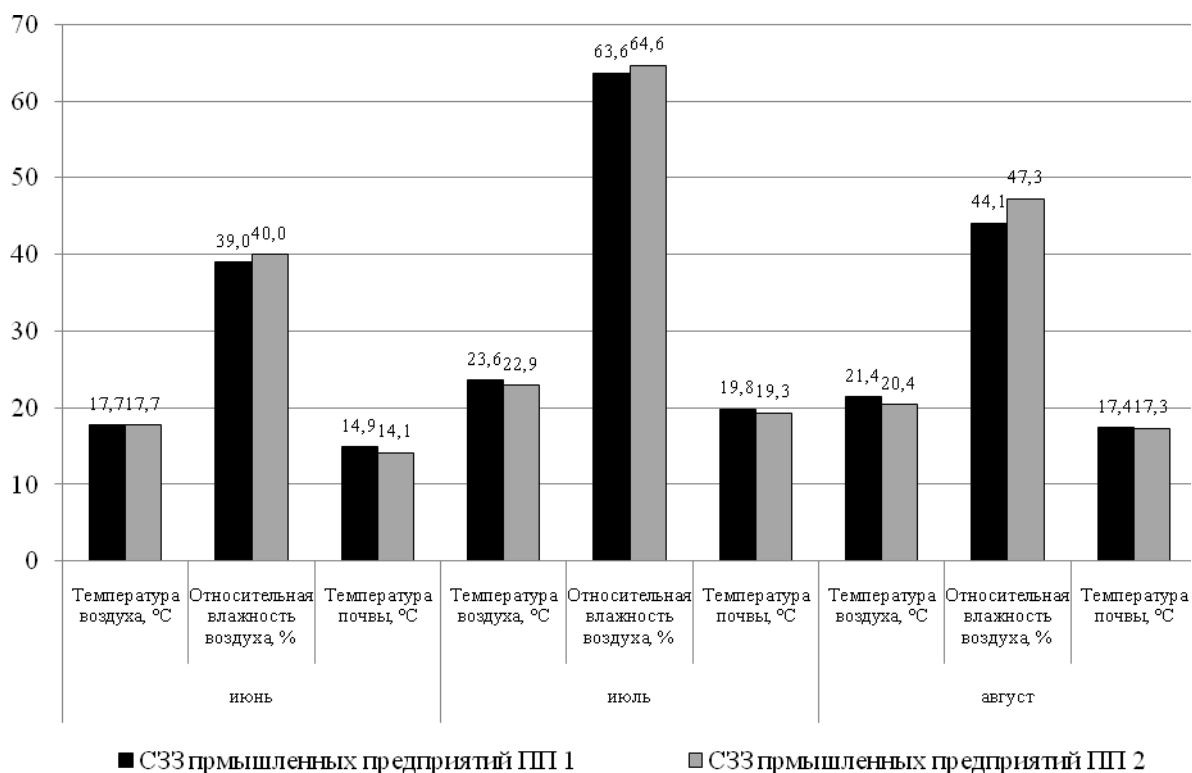


Рис. 2. Микроклиматические условия пробных площадей насаждений СЗЗ промышленных предприятий г. Набережные Челны

Параметры локальных микроклиматических условий произрастания липы мелколистной в примагистральных посадках представлены на рис. 3. На пробной площади №1 (расположенной ниже уровня дорожного полотна на ул. Авто-1) отмечаются более высокие показатели влажности воздуха и температуры почвы, тогда как температура воздуха имеет более низкие значения по сравнению с ПП2 (ул. Х. Туфана).

Исследование динамики содержания хлорофилла *a* в листьях липы мелколистной,

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

произрастающей в условиях примагистральных посадок, не выявило статистически значимых различий между показателями особей, произрастающих на разных пробных площадях. В течение активной вегетации растений отмечалось снижение содержания пигмента в листьях (табл. 1): в июле – на 0,1 и 0,11 мг/г сух. в-ва, в августе – на 0,13 и 0,14 мг/г сух. в-ва (при $НСР_{05} = 0,04$) в сравнении с июнем: на ПП1 (0,69 мг/г сух. в-ва) и ПП2 (0,68 мг/г сух. в-ва), соответственно. Отсутствие различий в динамике содержания хлорофилла *a* в разных локальных условиях магистральных насаждений связано с наиболее сильным влиянием антропогенного стресса на древесные растения.

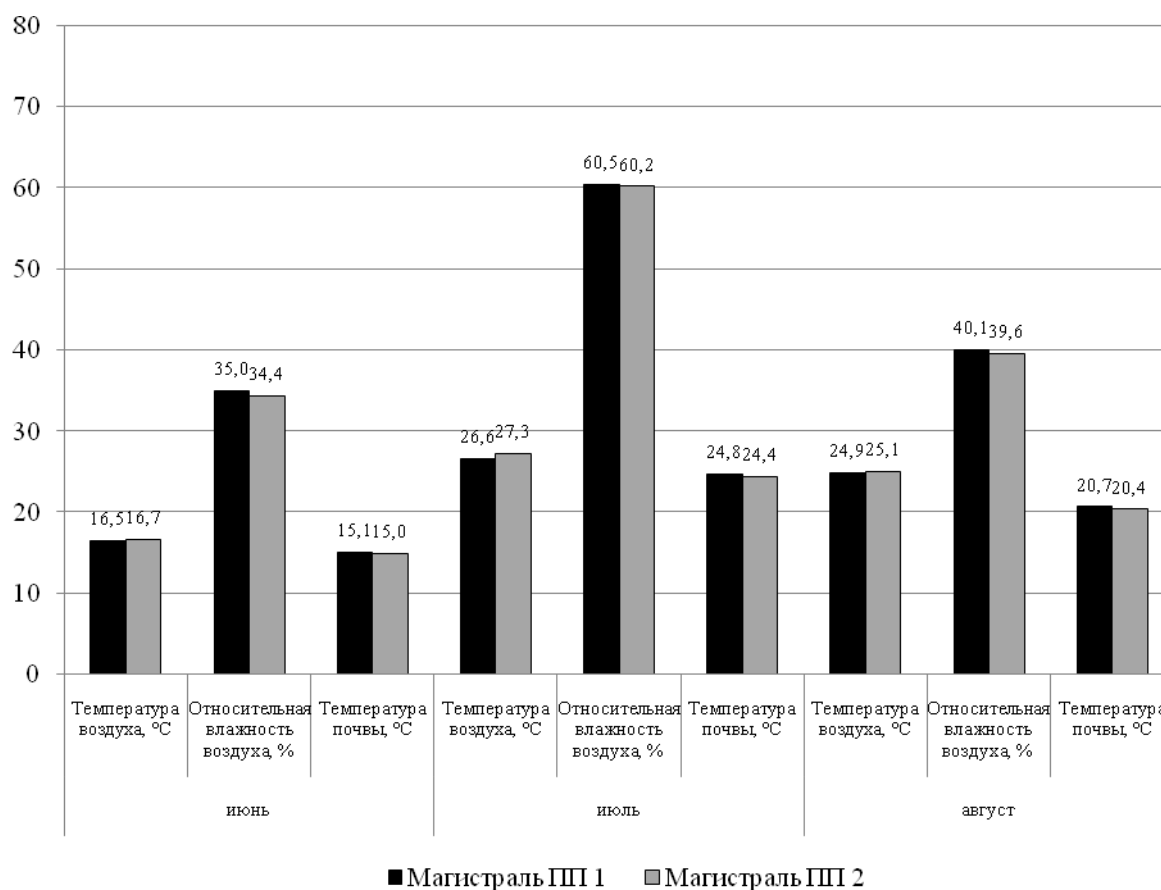


Рис. 3. Микроклиматические условия пробных площадей магистральных посадок г. Набережные Челны

Дисперсионный многофакторный анализ полученных результатов выявил существенность влияния условий места произрастания ($P=4,68 \cdot 10^{-6}$), локальных микроклиматических условий на пробных площадях ($P=3,13 \cdot 10^{-2}$), сроков вегетации

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

($P=5,91 \cdot 10^{-8}$), а также их взаимодействия ($P \leq 1,74 \cdot 10^{-3}$) на содержание хлорофилла *b* в листьях липы мелколистной.

Анализ содержания хлорофилла *b* в листьях липы мелколистной показал, что в условиях насаждений СЗЗ промышленных предприятий содержание пигмента достоверно ниже в июне – на 0,06 мг/г сух. в-ва (при $P=2,04 \cdot 10^{-7}$) и августе – на 0,04 мг/г сух. в-ва (при $P=1,45 \cdot 10^{-6}$), а в июле – достоверно выше на 0,02 мг/г сух. в-ва (при $P=4,48 \cdot 10^{-2}$) по сравнению с насаждениями ЗУК (в июне – 0,29 мг/г сух. в-ва, в июле – 0,26, в августе – 0,25). В магистральных посадках достоверные различия в содержании хлорофилла *b* по сравнению с насаждениями ЗУК отмечаются лишь в июне (ниже на 0,04 мг/г сух. в-ва при $P=1,6 \cdot 10^{-5}$).

Содержание хлорофилла *b* в листьях липы мелколистной в различных категориях насаждений в течение вегетационного сезона достоверно меняется (табл. 1): в условиях ЗУК наблюдалось достоверное снижение содержания хлорофилла *b* в листьях (с 0,29 до 0,25 мг/г сух. в-ва при $P=1,49 \cdot 10^{-4}$), в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий содержание пигмента в середине сезона вегетации достоверно повышалось (на 0,02 при $P=3,74 \cdot 10^{-6}$), а затем – снижалось (на 0,02 при $P=9,48 \cdot 10^{-4}$) в сравнении с июнем (0,23). В условиях магистральных посадок достоверно значимых различий в содержании хлорофилла *b* в течение вегетационного сезона не выявлено.

При анализе результатов с учетом произрастания растений на пробных площадях, имеющих различные локальные условия в насаждениях ЗУК, в содержании хлорофилла *b* отмечены различия лишь в середине вегетационного сезона: на ПП2 отмечалось более низкое содержание данного пигмента по сравнению с ПП1 (на 0,04 мг/г сух. в-ва при $НСР_{05}=0,02$). В начале и в конце периода вегетации достоверно значимых различий в содержании хлорофилла *b* не выявлено. Динамика содержания пигмента в листьях показала, что на ПП1 в течение вегетационного сезона отмечалось достоверное снижение содержания хлорофилла *b* (на 0,05 мг/г сух. в-ва при $НСР_{05}=0,02$ мг/г сух. в-ва в сравнении с началом вегетации), а на ПП2 – в июле отмечалось достоверное снижение содержания пигмента на 0,05 мг/г сух. в-ва по сравнению с июнем (0,29), в августе – незначительное повышение по сравнению с июлем.

В условиях СЗЗ промышленных предприятий также отмечались достоверные различия в содержании хлорофилла *b* в листьях: у растений на ПП2 отмечалось более

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

высокое содержание пигмента в июне и в июле (на 0,03 и 0,06 мг/г сух. в-ва при $НСР_{05}=0,02$ мг/г сух. в-ва, соответственно) по сравнению с условиями ПП1, а в августе достоверных различий не обнаружено. Следует отметить, что в условиях обеих пробных площадей динамика содержания пигментов схожа: количество хлорофилла *b* к середине вегетационного сезона повышается (на ПП1 – на 0,03, а на ПП2 – на 0,06 мг/г сух. в-ва по сравнению с июнем), а затем – снижается (на ПП1 – на 0,05, а на ПП2 – на 0,1 мг/г сух. в-ва по сравнению с июлем).

Дисперсионный многофакторный анализ полученных результатов выявил существенность влияния условий места произрастания ($P=1,11 \cdot 10^{-16}$), локальных микроклиматических условий на пробных площадях ($P=2,05 \cdot 10^{-3}$), сроков вегетации ($P=3,76 \cdot 10^{-14}$), их взаимодействия ($P \leq 1,59 \cdot 10^{-2}$) на содержание каротиноидов в листьях липы мелколистной.

Содержание каротиноидов в листьях липы мелколистной, произрастающей в различных насаждениях, показал, что в условиях ЗУК во все сроки наблюдений отмечалось самое высокое содержание данного пигмента. В условиях интенсивных техногенных нагрузок наблюдались достоверно более низкие значения содержания пигмента в течение всего периода вегетации растений по сравнению с насаждениями ЗУК. В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий содержание каротиноидов было достоверно ниже на 0,03 мг/г сух. в-ва в июне (при $P=1,53 \cdot 10^{-5}$) и июле (при $P=1,49 \cdot 10^{-6}$) и на 0,07 мг/г сух. в-ва в августе (при $P=1,44 \cdot 10^{-15}$) по сравнению с насаждениями ЗУК. В магистральных посадках также наблюдалось более низкое содержание пигмента в июне – на 0,02 мг/г сух. в-ва (при $P=7,2 \cdot 10^{-4}$), в июле – на 0,05 мг/г сух. в-ва (при $P=1,22 \cdot 10^{-10}$), в августе – на 0,06 мг/г сух. в-ва (при $P=6,97 \cdot 10^{-12}$), чем в насаждениях ЗУК.

Исследования показали, что в насаждениях ЗУК содержание каротиноидов в листьях растений в течение вегетационного периода не изменялось. В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий содержание данного пигмента в августе снижается на 0,05 мг/г сух. в-ва, а в магистральных посадках – в июле и августе на 0,04 и 0,05 мг/г сух. в-ва, соответственно, по сравнению с июнем (при $НСР_{05}=0,02$). Следует отметить, что в июне и августе содержание этого пигмента в листьях соответствует ряду: насаждения СЗЗ промышленных предприятий < примагистральные насаждения < насаждения ЗУК, а в июле: примагистральные насаждения < насаждения СЗЗ промышленных предприятий <

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

насаждения ЗУК.

Вегетационный сезон 2015 г. характеризовался чередованием холодных более влажных (апрель, июль, август) и теплых более сухих (май, июнь, сентябрь) периодов. Такие погодные условия благотворно сказались на протекании физиологических процессов и состоянии ассимиляционного аппарата липы мелколистной не только в насаждениях ЗУК, но и в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и в примагистральных посадках.

При анализе содержания пигмента у растений, произрастающих в различных локальных условиях парковых насаждений на ПП1 статистически значимых различий в течение вегетации не отмечалось, значения показателя варьировали в пределах 0,22-0,23 мг/г сух. в-ва. У растений на ПП2, наоборот, наблюдалось снижение содержания пигмента в июле на 0,02 мг/г сух. в-ва и в августе – на 0,03 мг/г сух. в-ва (при $НСР_{05}=0,01$ мг/г сух. в-ва) (табл. 1).

В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий на ПП2 в условиях с более низкими показателями температуры почвы и воздуха и высокой относительной влажностью воздуха отмечаются более высокие показатели содержания пигмента, чем на ПП1: в начале вегетации – на 0,03 мг/г сух. в-ва, в середине периода вегетации – на 0,06 (при $НСР_{05}=0,02$ мг/г сух. в-ва). Следует отметить, что в августе достоверной разницы в содержании каротиноидов на разных ПП уже не установлено. В условиях обеих пробных площадей отмечается схожая динамика содержания пигмента: к концу вегетационного периода оно постепенно снижается по сравнению с июнем (на ПП1 – на 0,05, на ПП2 – на 0,07 мг/г сух. в-ва при $НСР_{05}=0,01$ мг/г сух. в-ва). При этом нужно отметить, что на ПП2 статистически достоверные различия в содержании каротиноидов отмечаются только в августе, а на ПП1 – уже в июле.

На пробных площадях в магистральных посадках статистически достоверных различий между содержанием пигмента по датам наблюдения не выявлено (табл. 1). На обеих ПП динамика содержания этого пигмента в листьях в течение периода адаптивной вегетации была схожей. Так, в июле на обеих ПП содержание пигмента в листьях снизилось на 0,04 мг/г сух. в-ва (при $НСР_{05}=0,01$) по сравнению с июнем (по 0,21 мг/г сух. в-ва на каждой ПП), а в августе достоверных изменений не отмечено.

Сравнительный анализ содержания хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов в листьях

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

липы мелколистной, проведенный в каждом типе насаждений, позволил выявить особенности реакции растений на различные микроклиматические условия локальных мест произрастания.

В насаждениях зоны условного контроля выявлены биохимические особенности растений в разных условиях локальных мест произрастания (рис. 4).

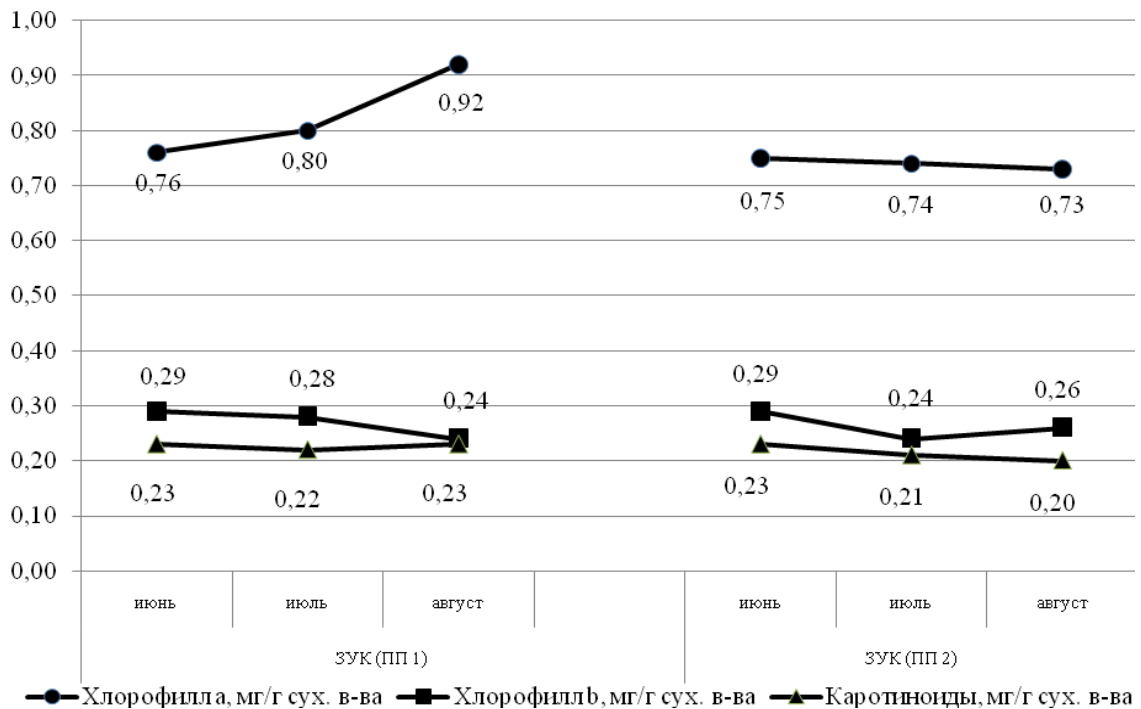


Рис. 4. Динамика содержания фотосинтетических пигментов в листьях липы мелколистной, произрастающей в парковых насаждениях, с учетом локальных условий мест произрастания (г. Набережные Челны)

На ПП1 (в условиях относительно повышенных показателей температуры почвы и воздуха, более низкой относительной влажности воздуха) в течение вегетации отмечалось постепенное увеличение содержания хлорофилла *a* на фоне снижения содержания хлорофилла *b*, при этом содержание каротиноидов не изменялось. На ПП2 (в условиях относительно пониженных показателей температуры почвы и воздуха, более высокой относительной влажности воздуха) в течение вегетационного периода содержание хлорофилла *a* не меняется на фоне снижения концентраций хлорофилла *b* и каротиноидов в июле и незначительного повышения в августе. Следует отметить, что в течение

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

вегетационного периода в условиях ПП2 наблюдалось не столь резкое снижение содержания суммы хлорофиллов, в связи с чем содержание каротиноидов отличалось стабильностью. Снижение содержания каротиноидов в листьях, на наш взгляд, может быть связано с защитной антиоксидантной функцией пигмента.

В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий на ПП1 в течение вегетационного периода отмечается постепенное достоверно значимое снижение содержания хлорофилла *a* и каротиноидов (уже начиная с июля) на фоне достоверного повышения содержания хлорофилла *b* в июле и снижения его содержания в августе (рис. 5). На ПП2 (в условиях относительно пониженных показателей температуры почвы и воздуха, повышенной влажности воздуха) динамика содержания хлорофилла *a* и каротиноидов схожа. В конце вегетационного периода наблюдалось снижение содержания хлорофилла *a* и каротиноидов на фоне достоверного повышения содержания хлорофилла *b* в июле и снижения его содержания в августе.

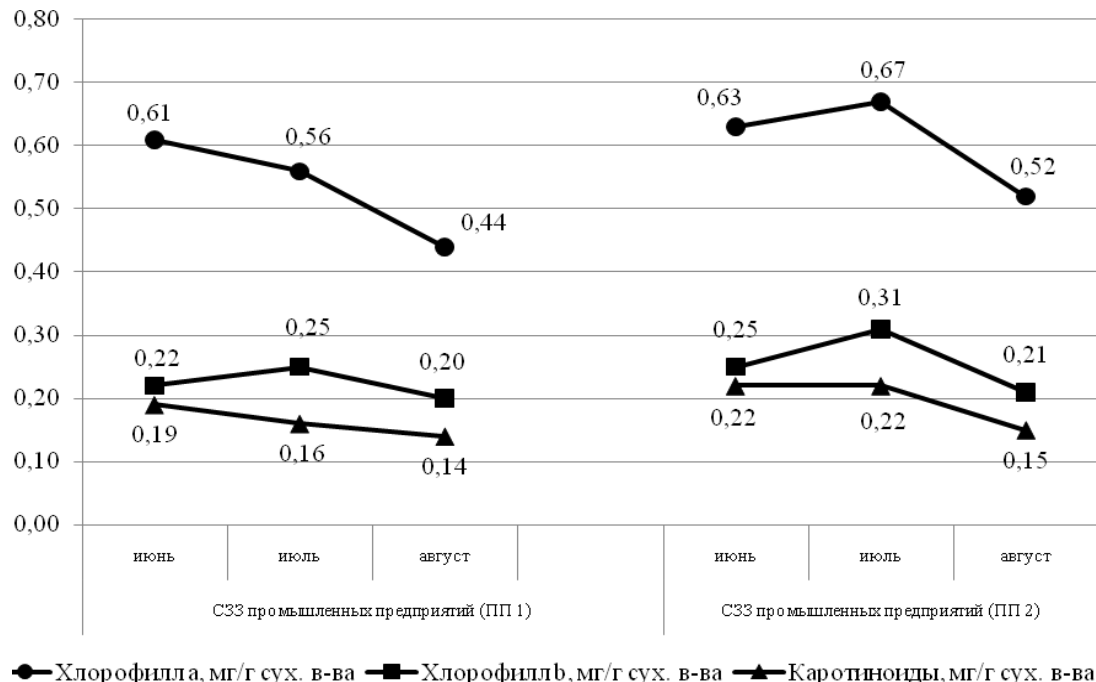


Рис. 5. Динамика содержания фотосинтетических пигментов в листьях липы мелколистной, произрастающей в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий, с учетом локальных условий мест произрастания (г. Набережные Челны)

В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий наиболее благоприятными для

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

вегетации липы мелколистной оказались условия ПП2 с относительно более низкими температурами воздуха и почвы, а также с более высокой относительной влажностью воздуха, где у растений содержание хлорофилла *a* и каротиноидов достоверно снижалось лишь в августе, содержание хлорофилла *b* повышалось в июле и снижалось в августе. На ПП1 достоверное снижение содержания хлорофиллов и каротиноидов отмечалось уже с июля.

Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях липы мелколистной, произрастающей в примагистральных посадках на пробных площадях с различными по микроклиматическим особенностям условиям, различий не выявил (рис. 6). На обеих пробных площадях отмечено достоверное снижение содержания хлорофилла *a* и каротиноидов в течение вегетации, в то время как содержание хлорофилла *b* статистически достоверно не изменялось. Аналогичные результаты были получены Л.М. Павловой с коллегами [40] в г. Благовещенске для лиственных пород деревьев (березы плосколистной, ильма мелколистного, тополя Симони) в условиях кольцевой развязки.

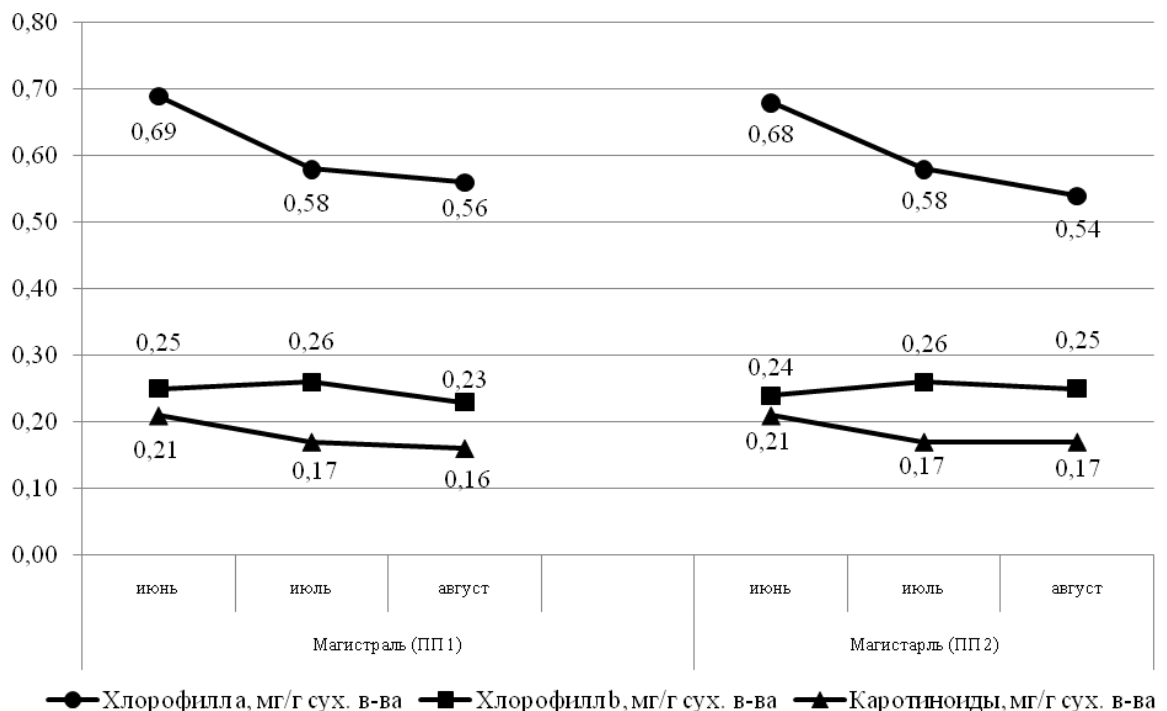


Рис. 6. Динамика содержания фотосинтетических пигментов в листьях липы мелколистной, произрастающей в магистральных посадках, с учетом локальных условий мест произрастания (г. Набережные Челны)

=====

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

=====

Таким образом, можно заключить, что абиотические (микrokлиматические) условия локальных мест произрастания в городских насаждениях могут оказывать существенное влияние на процессы синтеза фотосинтетических пигментов у древесных растений и, как следствие, формирование устойчивости липы мелколистной городских насаждений. В условиях максимального загрязнения среды роль микrokлиматических условий незначительна по сравнению с влиянием загрязняющих веществ и не оказывает достоверно значимого влияния на синтез пигментов.

Список использованных источников

1. Федяев А.Л., Майорова Е.В. Влияние микrokлиматических, эдафических факторов на состояние сосняков кустарничково-сфагновых в условиях антропогенного воздействия // Лесные ресурсы таёжной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления: материалы Всерос. науч. конф. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН/ – 2009. – С. 197-200.
2. Оскорбина М.В., Суворова Г.Г., Копытова Л.Д., Осколков В.А., Янькова Л.С. Влияние климатических условий на динамику зеленых пигментов и фотосинтетическую продуктивность хвойных // Вестник КрасГАУ. – 2010, №4. – С. 25-30.
3. Воскресенская О.Л., Воскресенский В.С., Сарбаева Е.В., Ягдарова О.Ф. Влияние ультрафиолетовой радиации и параметров микrokлимата на содержание пигментов в листьях березы повислой, произрастающей в условиях города // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о земле. – 2014, вып. 3. – С. 39-45.
4. Загирова С.В. Структура, содержание пигментов и фотосинтез хвои лиственницы сибирской на Северном и Приполярном Урале // Лесоведение. – 2014, №3. – С. 3-10.
5. Тарханов С.Н., Бирюков С.Ю. Морфоструктура и изменчивость биохимических признаков популяции сосны (*Pinus sylvestris* L.) в стрессовых условиях устья Северной Двины // Сибирский экологический журнал. – 2014, №2. – С. 319-327.
6. Малина Р.Б., Шишкану Г.В., Титова Н.В. Морфо-физиологическая адаптация листьев персика сорта Коллинс к стрессовым факторам природного характера // Факторы устойчивости растений в экстремальных природных условиях и техногенной среде: материалы Всерос. науч. конф. – М.-Берлин: Директ-Медиа. – 2015. – С. 147-149.
7. Корнилина В.В. Влияние ложного осинового трутовика (*Phellinus tremulae* Bond et Boriss) на содержание пигментов в листьях осины в лесах Ульяновской области // Фундаментальные исследования. – 2012, №9. – С. 568-572.
8. Bukharina I., Franken Ph., Kamasheva A., Vedernikov K., Islamova N. About the

=====

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

=====

species composition of microscopic fungi in soils and woody plant roots in urban environment // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2016, v. 7, N 4. – P. 1386-1394.

9. Бикмуллин Р.Х., Ямалеев Р.Х., Кулагин А.А. Определение содержания пигментов фотосинтеза в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth) и хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях аэротехногенного загрязнения окружающей среды (на примере Казанского промышленного центра Республики Татарстан) // Аграрная Россия. Специальный выпуск. – 2009. – С. 114-115.

10. Васильева К.А., Зайцев Г.А. Содержание пигментов в листьях клёна остролистного (*Acer platanoides* L.) в условиях загрязнения // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. – Пермь. – 2010, т. 3. – С. 47-52.

11. Степень Р.А., Есякова О.А. Влияние аэрогенного загрязнения на пигментную систему ассимиляционного аппарата ели сибирской // Лесной журнал. – 2010, №1. – С. 43-47.

12. Цандекова О.Л., Неверова О.А. Влияние выбросов автотранспорта на пигментный комплекс листьев древесных растений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Серия: Биологические ресурсы: флора. – 2010, т. 2, №1 (3). – С. 853-856.

13. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект: монография. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». – 2012. – 206 с.

14. Глібовицька Н. Вплив антропогенного забруднення довкілля на вміст пластидних пігментів у листках липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2014, випуск 65. – С. 197-201.

15. Бухарина И.Л., Пашкова А.С., Ведерников К.Е., Ковальчук А.Г., Пашков Е.В. Биоэкологические особенности хвойных растений в условиях городской среды: учебно-научное издание (монография). – Ижевск: Изд. центр «Удмуртский университет». – 2015. – 152 с.

16. Овечкина Е.С., Шаяхметова Р.И. Влияние антропогенных факторов на содержание пигментов сосны обыкновенной в летне-зимний период на территории Нижневартовского района // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Серия: Лесные ресурсы. – 2015, т. 17, №6. – С. 236-241.

17. Яшин Д.А., Зайцев Г.А. Содержание пигментов фотосинтеза в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях Уфимского промышленного центра // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Серия: Лесные ресурсы. – 2015, т. 17, №6. – С. 274-277.

18. Bukharina I.L., Sharifullina A.M., Kuzmin P.A., Zakharchenko N.V., Gibadulina

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

I.I. The impact of man-made environment on the ecological and biological characteristics of drooping birch // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2015, v. 12, N 2. – P. 1813-1820.

19. Bukharina I.L., Vedernikov K.E., Pashkova A.S. Morphophysiological Traits of Spruce Trees in Conditions of Izhevsk // Contemporary Problems of Ecology. 2016. Vol. 9. No. 7. P. 853–862. © Pleiades Publishing, Ltd., 2016. Original Russian Text © I.L. 2016, published in Lesovedenie. – 2016, No. 2. PP. 96-106.

20. Vedernikov K., Bukharina I. Peculiarities of Seeding of Species of the Genus Picea in the Urban Plantations (by way of the example of the city of Izhevsk) // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016, v. 7 (1). – P. 2200-2207.

21. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрипник Л.Н., Бессережнова М.И. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012, №2 (18). – С. 171-185.

22. Сейдафаров Р.А. Эколого-биологические особенности липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – Уфа. – 2008. – 24 с.

23. Ростунов А.А., Кончина Т.А. Влияние техногенных загрязнений на физиологические показатели листьев древесных растений на примере г. Арзамаса // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2016, т. 15. – С. 68-79.

24. Bukharina I.L., Zhuravleva A.N., Dvoeglazova A.A., Kamasheva A.A., Sharifullina A.M., Kuzmin P.A. Physiological and biochemical characteristic features of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) in urban environment // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2014, v. 5, N 5. – P. 1544-1548.

25. Хвостова А.В., Федяев А.Л., Лобанова О.А. Влияние микроклиматических, эдафических факторов на состояние сосняков кустарничково-сфагновых в условиях антропогенного воздействия // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные и точные науки. – 2008, №2. – С.52-57.

26. Сукачѳв В.Н., Раунер Ю.Л., Молчанов А.А. и др. Программа и методика биогеоэкологических исследований. – М.: Наука. – 1966. – 332 с.

27. Тудрий В.Д., Хайруллин Р.Р., Переведенцев Ю.П., Яцык В.С. Исследование микроклиматов ландшафта: учеб. пособие. – Казань: Изд-во Казан. ун-та. – 1993. – 98 с.

28. Сапожникова С.А. Микроклимат и местный климат. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во. – 1950. – 242 с.

29. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / Сост. В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина и др. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – 1999. – 31 с.

30. Практикум по агрохимии / Сост. Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

др. / Под ред. Б.Я. Ягодина. – М.: Агропромиздат. – 1987. – 512 с.

31. Чистякова А.А., Заугольнова Л.Б., Полтинкина И.В., Кутьина И.С., Лацинский Н.Н.. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей / под ред. О.В. Смирновой. Ч.1. – М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. – 1989. – 102 с.

32. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учеб. пособие. – М.: Высшая школа. – 1975. – 392 с.

33. Wettstein. D. Experimental Cell Research. – 1957, vol. 12, N3. – 427 p.

34. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2015 г. – Казань. – 2016. – 505 с.

35. Гибадулина И.И., Лукьянова Ю.А., Гафиятуллина Э.А. Антропогенная трансформация флоры пригородного леса на примере Боровецкого леса Челнинского лесничества Республики Татарстан / Современные исследования социальных проблем. – 2014, №8 (40). – С. 62-69.

36. Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Патологические признаки *Tilia cordata* Mill. и *Betula pendula* L. в насаждениях специального назначения г. Набережные Челны Республики Татарстан // Современные проблемы науки и образования. – 2015, № 5; – <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22668> (дата обращения: 28.01.2009).

37. Prokhorov V.E., Lukyanova Y. A., Gibadulina I.I., Zakharchenko N. V. Current State of Flora of the Lower Kama National Park Evidence from the Borovetsky Forest (Russia) // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016, N7(4). – P. 2345-2351.

38. Гибадулина И.И. Оценка относительного жизненного состояния насаждений санитарно-защитной зоны Камского кузнечного завода ОАО «КамАЗ» (г. Набережные Челны) // Проблемы региональной экологии и географии: материалы всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. – Ижевск: Институт компьютерных исследований. – 2017. – С. 138-140.

39. Гибадулина И.И. Оценка относительного жизненного состояния древесных насаждений г. Набережные Челны // Городская среда: экологические и социальные аспекты: сб. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск. – 2017. – С. 103-108.

40. Павлова Л.М., Котельникова И.М., Куимова Н.Г., Леусова Н.Ю., Шумилова Л.П. Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2010, №2. – С. 11-19.

=====

Цитирование:

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной
в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях
(на примере г. Набережные Челны)

=====

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

Бухарина И.Л., Гибадулина И.И. Состояние ассимиляционного аппарата липы мелколистной в условиях локальных мест произрастания в городских насаждениях (на примере г. Набережные Челны) // АгроЭкоИнфо. – 2019, №3. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/3/st_326.doc.