

УДК 57.033  
AGRIS F62

https://doi.org/10.33619/2414-2948/80/06

## КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОТОСИНТЕЗА В ЛИСТЯХ НЕКОТОРЫХ ВЕЧНОЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ АПШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

- ©*Асадов Г. Г.*, канд. с.-х. наук, Институт дендрологии НАН Азербайджана,  
г. Баку, Азербайджан, *asadovhuseynaga@mail.ru*
- ©*Багирова С. Б.*, канд. с.-х. наук, Институт дендрологии НАН Азербайджана,  
г. Баку, Азербайджан, *samira.baqirova.2013@mail.ru*
- ©*Кулиев Ф. А.*, д-р с.-х. наук, Ленкоранский региональный научный центр НАН  
Азербайджана, г. Ленкорань, Азербайджан, *prof.fquliyev@mail.ru*
- ©*Бабаев М. И.*, Институт дендрологии НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан,  
*agaziyev@bk.ru*

## CLIMATIC FEATURES OF PHOTOSYNTHESIS IN THE LEAVES OF SOME EVERGREEN PLANTS OF THE ABSHERON PENINSULA

- ©*Asadov G.*, Ph.D., Institute of Dendrology of Azerbaijan NAS,  
Baku, Azerbaijan, *asadovhuseynaga@mail.ru*
- ©*Bagirova S.*, Ph.D., Institute of Dendrology of Azerbaijan NAS,  
Baku, Azerbaijan, *samira.baqirova.2013@mail.ru*
- ©*Kuliev F.*, Dr. habil., Lankaran Regional Scientific Center of Azerbaijan NAS,  
Lankaran, Azerbaijan, *prof.fquliyev@mail.ru*
- ©*Babaev M.*, Institute of Dendrology of Azerbaijan NAS, Baku, Azerbaijan, *agaziyev@bk.ru*

*Аннотация.* Работа посвящена изучению фотосинтетической активности листьев некоторых вечнозеленых древесно-кустарниковых растений, интродуцированных на Апшеронском полуострове. С помощью портативной системы анализа процессов фотосинтеза LI-6400XT system RC-P60 (2021 г. производства КНР) были определены молярное количество CO<sub>2</sub> и воды, температурный показатель внутри и во внешней среде листа, фотосинтетическая активность и интенсивность транспирации, относительная влажность и др. параметры зеленого листа. Установлено, что между поглощенным углекислым газом, выделяющимся при испарении количеством воды и наличием относительной влажности листа имеется прямая коррелятивная связь, которая является показателем активности фотосинтеза. Накопившиеся органические соединения являются источником потенциальной энергии при внутриклеточном окислении. Наличие плотного эпидермиса листьев эвкалипта и олеандра обеспечивают экономное использование молекул воды при транспирации.

*Abstract.* The work is devoted to the study of the photosynthetic activity of the leaves of some evergreen trees and shrubs introduced on the Absheron Peninsula. Using the LI-6400XT Portable Photosynthesis System RC-P60, 2021 (made in China), the molar amount of CO<sub>2</sub> and water, the temperature index inside and in the external environment of the leaf, photosynthetic activity and transpiration rate, relative humidity, and other parameters were determined green leaf. It has been established that there is a direct correlation between the absorbed carbon dioxide and the amount of evaporating water emitted and the presence of the relative humidity of the leaf, which is an

indicator of the activity of photosynthesis. The accumulated organic compounds are a source of potential energy during intracellular oxidation. The presence of a dense epidermis of eucalyptus and oleander leaves ensures the economical use of water molecules during transpiration.

*Ключевые слова:* фотосинтез, хлорофилл, энергетический эффект, устойчивость растений.

*Keywords:* photosynthesis, chlorophyll, energy effect, plants' resistance.

### Введение

Все больше и больше усиливается негативное влияние антропогенных факторов и естественных климатических изменений на развитие эндемичных и интродуцированных древесно-кустарниковых пород Апшеронского полуострова. В частности, это приводит к снижению эффективности фотосинтетического процесса в фотосинтезирующих органах, лежащих в основе их жизнедеятельности, и в конечном итоге к ослаблению степени толерантности и деструкции организма. Принимая это во внимание, в парке Мардакянского дендрария, выполнены замеры по разным видам интродуцированных культурных растений. В связи с преобладанием в районе хвойных пород в динамике изучен процесс фотосинтеза у некоторых вечнозеленых и листопадных пород. Фотосинтетическая деятельность определяется как днем (во время света), так и по сезонам года. Важнейшим свойством растительного царства для продолжения жизненных процессов живого мира в природе является наличие дыхательных процессов путем преобразования солнечной энергии в биологическую энергию и, как следствие, поступление кислорода в атмосферный газ в тесной связи с процессом фотосинтеза у растений [1]. Известно, что процесс жизни не может продолжаться без дыхания. Обязательным условием дыхания является наличие в атмосфере газообразного кислорода. Это связано с тем, что в большинстве живых организмов только в насыщенной кислородом среде органические соединения окисляются и происходит энергообмен. Именно на фоне обилия потенциальной энергии различные молекулы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.) вступают в химические реакции за счет энергии солнечных лучей. Синтезируемые в хлоропластах растений органические соединения — углеводы, белки, жиры, ферменты, витамины в присутствии кислорода превращаются в различные биологически активные вещества или откладываются про запас. Присутствие кислорода стимулирует формирование обмена веществ, биохимические превращения, органические вещества синтезируются из  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  путем создания высоких энергетических уровней, кислород, поступающий в атмосферу в виде атомов, объединяется ( $\text{O} + \text{O} \rightarrow \text{O}_2$ ) в молекулярный кислород и обеспечивает дыхание для всего живого мира. Фактически физическая энергия преобразуется в химическую энергию и синтезируются органические соединения [5, 6].

### Объекты и методы исследования

При изучении процесса фотосинтеза, с молодых листьев деревьев и кустарников: эвкалипта железного (*Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls), дуба черешчатого (*Quercus ilex* L.), маслины европейской (*Olea europaea* L.), олеандра обыкновенного (*Nerium oleander* L.), лавра благородного (*Laurus nobilis* L.), рожкового дерева (*Ceratonia siliqua* L.) и сосны эльдарской (*Pinus eldarica* Medw.) брали измерения  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , температуры хлоропластов в листе и в окружающей среде, скорости транспирации, фотосинтеза, активной радиации,

газового потока и относительной влажности, портативной системой анализа процессов фотосинтеза LI-6400XT system RC-P60.

### Результаты и анализ

Фотосинтез занимает особое место в жизненном процессе растений. Этот процесс у деревьев и кустарников протекает по-разному в зависимости от климатических условий и времени года. Размер и развитие растений напрямую регулируются активностью фотосинтеза в зависимости от их вида и происхождения. Активность процесса фотосинтеза определяет продуктивность, развитие и физиологическую устойчивость растений. Процесс активного фотосинтеза более динамичен весной, но характеризуется определенными изменениями в течение суток.

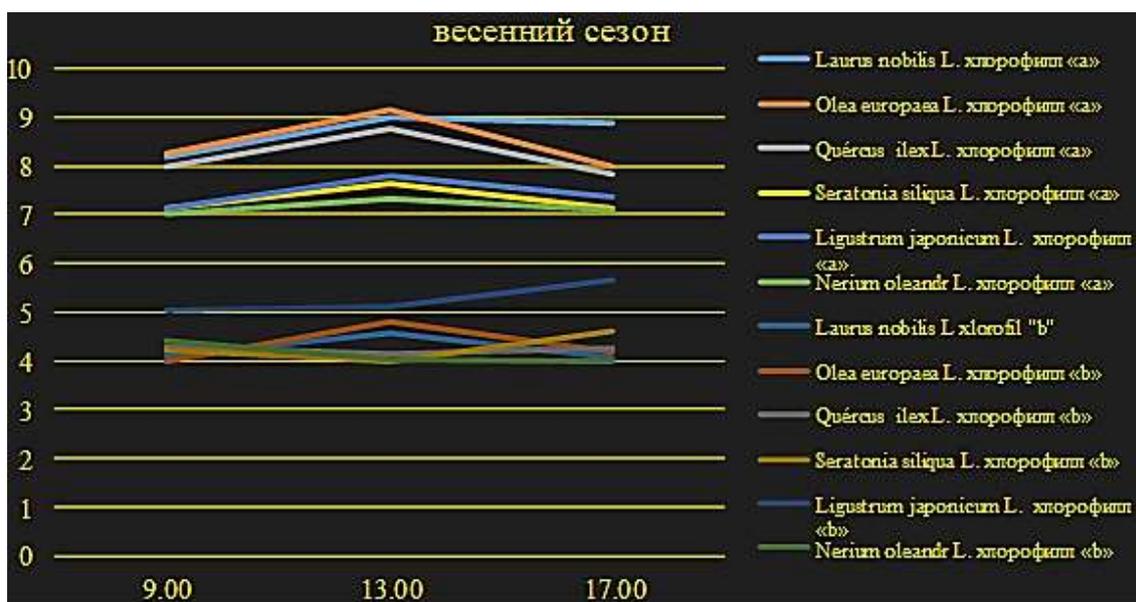


Рисунок 1. Динамика количественного изменения хлорофилла в течение суток в деревьях и кустарниках на территории Института дендрологии НАН Азербайджана, мкг/л

Результаты исследований показали, что динамический характер зеленых пигментов, преимущественно а и б типа, у вечнозеленых деревьев и кустарников, произрастающих на территории Института дендрологии, был однотипным и формировался в зависимости от биологических свойств растений. В то же время установлено, что динамический синтез хлорофилла «а» более активен, чем у хлорофилла б.

Показатели, представленные на графиках, относятся к вечнозеленым растениям, отражающим процесс фотосинтеза в течение сезонов. Однако из-за разной степени освещенности и температуры по сезонам года, их фотосинтетическая активность меняется в зависимости от количества хлорофилла [4].

Из полученных математических цифр видно, что существенного изменения количества хлорофилла в течение суток в листьях лавра благородного (*Laurus nobilis* L.) не наблюдается и оно достаточно стабильно. Это количество относится к утру (с 9 часов) до вечера. Только во второй половине дня (13:00) количество хлорофилла а увеличилось на 0,70–0,40 мг/л. Во второй половине дня наблюдается незначительное усиление синтеза хлорофилла за счет закрытия пор на листьях, что согласуется с накоплением в листьях органических соединений, являющихся единицами потенциальной энергии [1–3].

Количество пигментов, определенное в 5-м листе оливы европейской (*Olea europaea* L.), соответствует показателям, наблюдаемым у видов лавра благородного (*Laurus nobilis* L.). Однако количество хлорофилла а в каменном дубе (*Quercus ilex* L.) во второй половине дня различается. Так, в 13:00 количество хлорофилла «а» обнаруженного в твердых листьях каменного дуба (*Quercus ilex* L.) было выше на 0,75 мг/л чем утром и около 1,0 мг/л чем вечером. Эти показатели доказывают, что дуб каменный (*Quercus ilex* L.) может быть включен в список высокоустойчивых видов, адаптированных к сухому и жаркому климату Апшеронского полуострова. Хотя количество хлорофилла «а» у вида *Ceratonia siliqua* L. увеличивается с утра к полудню, к вечеру его количество падает до уровня исходных показателей. У *Nerium oleander* L. и *Ligustrum japonicum* Thunb. существенного изменения количества зеленых пигментов не наблюдается. Однако следует отметить, что динамика изменчивости хлорофилла «b» в листьях видов, взятых экспериментально в условиях Апшеронского полуострова, отличается от таковой хлорофилла а. У лавра благородного (*Laurus nobilis* L.), оливы европейской (*Olea europaea* L.), дуба каменного (*Quercus ilex* L.), козьего рога (*Ceratonia siliqua* L.) и олеандра обыкновенного (*Nerium oleander* L.) хлорофилл «b» колеблется от 4,00 до 4,42 мг/л утром, от 4,00 до 4,80 мг/л днем и от 4,00 до 4,59 мг/л вечером. Следует отметить, что этот фактор в первую очередь связан с биологическими свойствами растения. Поскольку *Ligustrum japonicum* Thunb. является тенелюбивым растением, оно склонно накапливать больше хлорофилла «b» при слабом освещении.

В связи с относительно интенсивными процессами роста и развития растений весной в молодых листьях, наблюдается увеличение количества как хлорофилла «а», так и хлорофилла «b», и процесс фотосинтеза протекает более активно.

С изменением времени года меняется освещение и климат. Этот процесс обостряется в условиях изменения климата.

На Рисунке 2 представлены характеристики накопления хлорофиллов а и b в некоторых вечнозеленых листовых органах в разное время суток в жаркие и безветренные летние дни. Как видно, наблюдается увеличение количества зеленых пигментов, особенно хлорофилла а, в листьях видов, принадлежащих к одному виду, по сравнению с весной. Так, у *Laurus nobilis* L. это повышение составляет 0,58 мкг/л, у *Ceratonia siliqua* L. 0,88 мкг/л, а у *Ligustrum japonicum* Thunb. 0,71 мкг/л. Повышение хлорофилла а у этих видов летом подтверждает их устойчивость к засухе и жаре. Увеличение хлорофилла а у этих видов также было зафиксировано между 13:00 и 17:00 часами. Увеличение хлорофилла а наблюдалось у всех исследованных нами видов растений в дневное и вечернее время (Рисунок 2). Следует отметить, что динамика роста хлорофилла b в листьях растений летом очень близка к нашим показателям весной. Только у маслины европейской (*Olea europaea* L.) и козьего рога (*Ceratonia siliqua* L.) хлорофилл «b» повышен на 1,0–1,10 мкг/л по сравнению с другими видами. Относительно высокая концентрация хлорофилла в объектах исследования подтверждает их устойчивость и высокую адаптивность к засушливому климату. Высокие фотосинтетические свойства этих видов позволяют широко интродуцировать их в различные районы Апшеронского полуострова (Рисунок 2).

Известно, что к осени рост и развитие растений, в том числе деревьев и кустарников, ослабевает, а некоторые виды впадают в состояние покоя. Однако, поскольку виды, используемые для исследовательских целей, являются вечнозелеными, они не сбрасывают листву, и мы видим, что интенсивность процесса фотосинтеза у них сравнительно слаба по сравнению с весенне-летними сезонами. С учетом этого фактора определяли количество

хлорофиллов а и b в листьях объектов исследования. Полученная информация представлена на Рисунке 3.

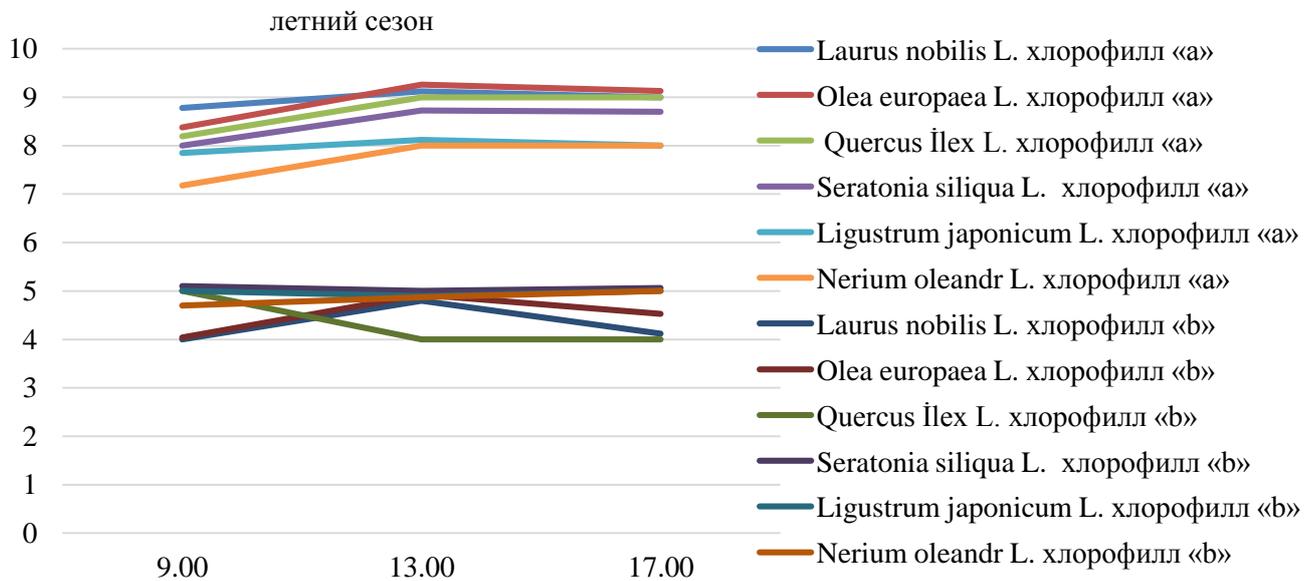


Рисунок 2. Динамика количественного изменения хлорофилла в листьях некоторых деревьев и кустарников в летний период, мкг/л

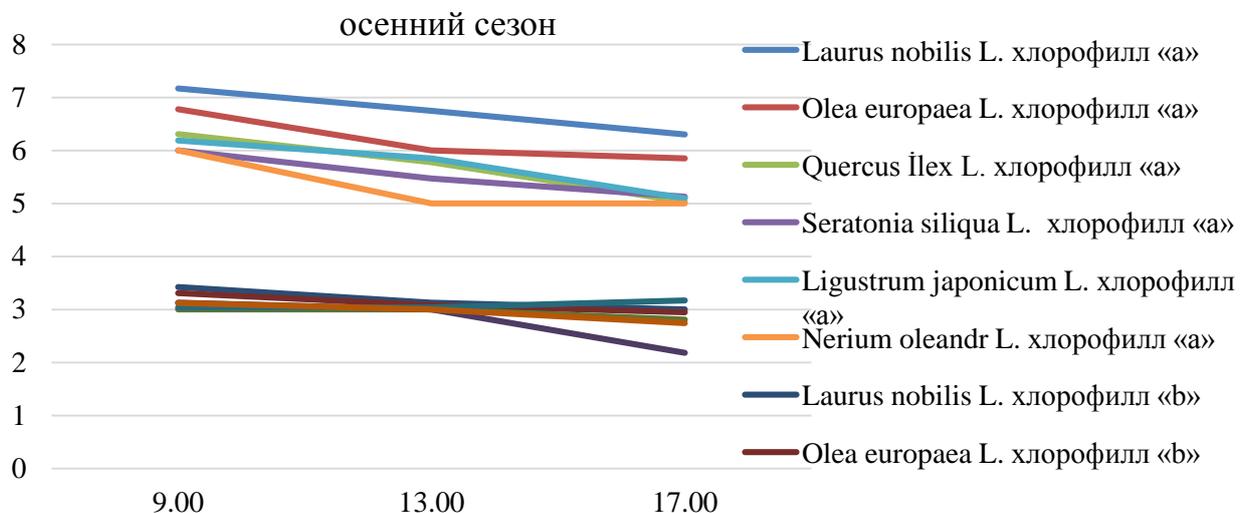


Рисунок 3. Динамика накопления хлорофилла в листьях некоторых деревьев и кустарников в течение суток осенью, мкг/л

Как видно из Таблицы, интенсивность процесса фотосинтеза у вечнозеленых деревьев и кустарников осенью относительно слаба и прямо пропорциональна активности пигментов в листьях. При снижении освещенности и температуры синтез пигментов ослабевает. Примечательно, что осенью листья светло-зеленые. При сравнении количества хлорофилла для весны и лета, снижение хлорофилла а составляет около 1,0 мкг/л в *Laurus nobilis L.*, 1,48 мкг/л в *Olea europaea L.* и *Quercus ilex L.*, 1,69 мкг/л, в *Ceratonia siliqua L.*, 1,12 мкг/л, в *Ligustrum japonicum Thunb.* 0,95 мкг/л, и в *Nerium oleander L.* 1,0 мкг/л. Такое снижение значительно усиливается в середине дня и углубляется к вечеру. Скорость снижения

хлорофилла b в листьях значительно выше. Тенденция к снижению содержания хлорофилла b наблюдалась у маслин европейских (*Olea europaea* L.), дуба каменного (*Quercus ilex* L.), рожкового дерева (*Ceratonia siliqua* L.) и олеандра обыкновенного (*Nerium oleander* L.) по сравнению с предыдущими сезонами в пределах 2,0–1,50 мг/л. По мере снижения квантовой энергии инфракрасных лучей в световых спектрах осенью синтез хлорофилла b значительно снижается около 17 часов, а интенсивность фотосинтеза в растениях ослабевает (Рисунок 3).

Из изложенных выше сведений видно, что каждый вид имеет свои биологические особенности, и они в разной степени формируют механизм приспособления к климатическим и почвенным условиям. С этой точки зрения виды, развитые в аридном климате, сохраняют и развивают свои свойства, поэтому каждый вид имеет свои особенности фотосинтеза. Смена времен года и климатических и почвенных условий не меняет их биологических свойств, только у вида создается механизм приспособления к условиям среды, в которой он существует, причем все они формируются в связи с изменениями энергетического обмена и обмена веществ.

В информации о вышеперечисленных методах исследования используются современные приборы для определения самых уникальных процессов, происходящих в растениях. В ходе исследования была исследована активность фотосинтеза в *Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls, *Solanum aviculare* G. Forst., *Laurocerasus officinalis* M. Roem. и *Nerium oleander* L. Полученные данные представлены в Таблице.

Таблица

Активность фотосинтеза в *Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls, *Solanum aviculare* G. Forst., *Laurocerasus officinalis* M. Roem. и *Nerium oleander* L.

Название вида	CO <sub>2</sub> (×10 <sup>-4</sup> )	T°C (возд.)	T°C (лист)	Rh %	Par (×10 <sup>-4</sup> )	Поток газа	WUE (×10 <sup>-4</sup> )	CO <sub>2</sub> In (×10 <sup>-4</sup> )
<i>Eucalyptus sideroxylon</i> A. Cunn. ex Woolls (ст. д.)	5,481	8,1	6,75	48,05	6,363	0,715	9,275	20,560
<i>Eucalyptus sideroxylon</i> A. Cunn. ex Woolls (мол. д.)	5,085	8,1	7	49,8	7,217	0,73	2,725	4,629
<i>Solanum aviculare</i> G. Forst.	5,248	7,85	6,55	49,115	5,082	0,725	0,41	21,713
<i>Laurocerasus officinalis</i> M. Roem.	4,717	7,8	6,5	50,15	0,360	0,71	6,295	0
<i>Nerium oleander</i> L.	4,849	8	6,9	54,62	8,380	0,725	0,342	26,65
<i>Eucalyptus sideroxylon</i> A. Cunn. ex Woolls (д. ср. воз.)	5,045	7,8	6	53,7	2,91	0,72	0	15,571

Частота включения углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в процесс фотосинтеза в течение дня (11:00–13:00) не так уж различается между видами, эта активность меняется в зависимости от температуры и освещенности. Как снаружи листа (в атмосферном воздухе), так и внутри листа у железисто-деревянного эвкалипта (*Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls) температура относительно высокая (170–180°C снаружи и внутри), что подтверждает активность фотосинтеза. Интенсивность транспирации в листьях выше у *Nerium oleander* L. и *Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls (50–55 моль). Высокая относительная влажность в листьях позволяет процессу фотосинтеза быть активным. Однако есть виды, у которых относительная влажность (Rh) у *Laurocerasus officinalis* M. Roem. и *Nerium oleander* L.

колеблется в пределах 45–47%. Анатомически толстый эпидермис их листьев позволяет молекулам воды экономно испаряться. Только *Solanum aviculare* G. Forst. имеет более низкую относительную влажность, чем другие виды.

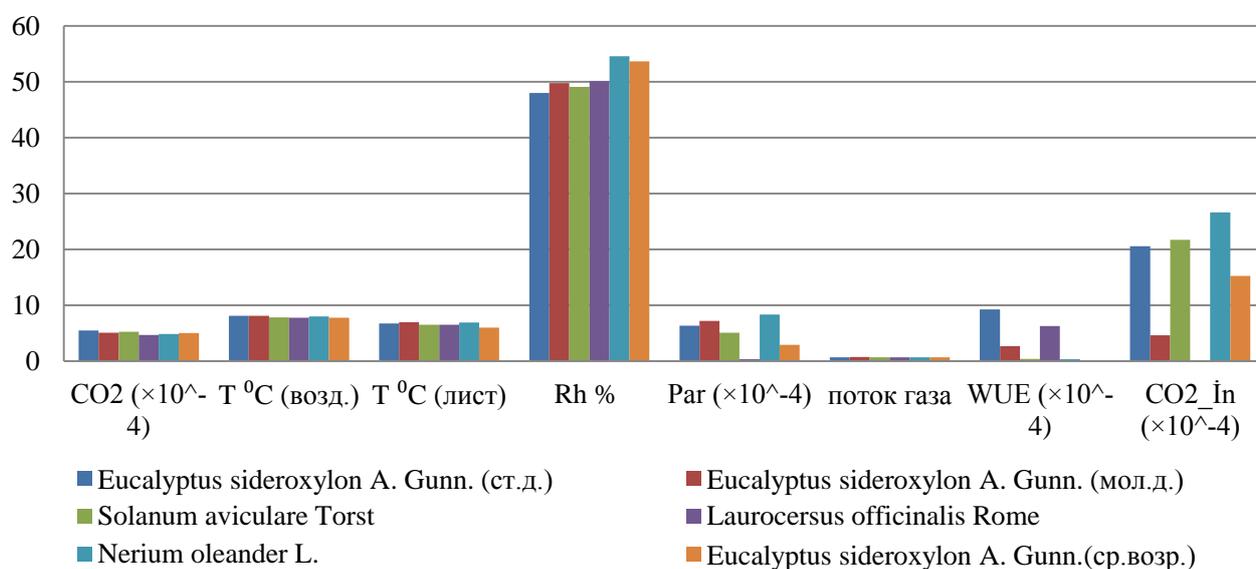


Рисунок 4. Активность фотосинтеза в *Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls, *Solanum aviculare* G. Forst., *Laurocerusus officinalis* M. Roem. и *Nerium oleander* L.

По пикам на Рисунке 4 видно, что активное освещение процесса фотосинтеза согласуется с высокой относительной влажностью листьев растений. Эта активность наиболее выражена у видов *Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls и *Nerium oleander* L. Из обеих диаграмм видно, что в то время как фотосинтетическая активность вечнозеленых растений относительно слаба и количество поглощаемого углекислого газа (CO<sub>2</sub>) одинаково у разных видов, количество газа, выделяемого из листьев, намного выше и значительно возрастает между видами. Основным фактором этого показателя являются реакции окисления органических соединений, накапливающихся в листовых органах растений, под действием кислорода (O<sub>2</sub>) во внутренних тканях. Так, наибольшее количество CO<sub>2</sub> обнаружено в *Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls — 41,1 нанограмм, *Solanum aviculare* G. Forst., *Nerium oleander* L. — 39,4 нанограмма. Так, у относительно спокойных вечнозеленых растений обмен веществ регулируется (респираторные процессы) путем окисления органических радикалов (углеводов, белков и др.) (потенциально-энергетических соединений), накопившихся в листьях за зиму.

### Выводы

1. Осенью и зимой не происходит значительного увеличения синтеза и накопления зеленых пигментов (хлорофиллов «а» и «б») в листовых органах вечнозеленых растений из-за относительного покоя растений. В этот период активность хлорофилла «б» значительно слабее, чем у хлорофилла «а».

2. Установлено, что при снижении фотосинтеза в листьях растений количество поглощаемого и выделяемого углекислого газа (CO<sub>2</sub>) обратно пропорционально. Слабость процесса транспирации в листьях растений неодинакова в зависимости от активности фотосинтеза.

3. Относительно высокая влажность в межклетниках листьев обусловлена процессом фотосинтеза, более характерным для водосберегающих видов, а толстый эпидермальный слой листьев этих растений значительно снижает потребление воды.

*Список литературы:*

1. Мамедов Т. С., Асадов Х. Х. Экология растений. Баку, 2004. 310 с.
2. Абдуллаев Х. Д., Гасанов Р. А. Биофизический механизм стрессовых реакций. Баку, 2014. 206 с.
3. Гасымов Н. А. Физиология растений. Баку, 2008. С. 69-183.
4. Гасымов Н. А. Анатомия растений. Баку, 2010. С. 220-249.
5. Johnson M. P. Correction: Photosynthesis // *Essays in Biochemistry*. 2017. V. 61. №4. P. 429. <https://doi.org/10.1042 / EBC20160016>
6. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений*. 1971. Т. 19. №1. С. 154-1.

*References:*

1. Mamedov, T. S., & Asadov, Kh. Kh. (2004). *Ekologiya rastenii*. Baku. (in Azerbaijani).
2. Abdullaev, Kh. D., & Gasanov R. A. (2014). *Biofizicheskiy mekhanizm stressovykh reaktsii*. Baku. (in Azerbaijani).
3. Gasymov, N. A. (2008). *Fiziologiya rastenii*. Baku. 69-183. (in Azerbaijani).
4. Gasymov, N. A. (2010). *Anatomiya rastenii*. Baku. 220-249. (in Azerbaijani).
5. Johnson, M. P. (2017). Correction: Photosynthesis. *Essays in Biochemistry*, 61(4), 429. <https://doi.org/10.1042 / EBC20160016>
6. Shlyk, A. A. (1971). *Opredelenie khlorofillov i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh list'ev*. *Biokhimicheskie metody v fiziologii rastenii*, 19(1), 154-1. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 07.06.2022 г.*

*Принята к публикации  
12.06.2022 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Асадов Г. Г., Багирова С. Б., Кулиев Ф. А., Бабаев М. И. Климатические особенности показателей фотосинтеза в листьях некоторых вечнозеленых растений Апшеронского полуострова // *Бюллетень науки и практики*. 2022. Т. 8. №7. С. 55-62. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/80/06>

*Cite as (APA):*

Asadov, G., Bagirova, S., Kuliev, F., & Babaev, M. (2022). Climatic Features of Photosynthesis in the Leaves of Some Evergreen Plants of the Absheron Peninsula. *Bulletin of Science and Practice*, 8(7), 55-62. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/80/06>