

УДК 630\*17 : 581.11

## ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО ОБМЕНА ЛИСТЬЕВ *QUERCUS ROBUR* L. И *QUERCUS RUBRA* L. В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ГРУППАХ

Анастасия КРИВОРУЧКО, Валентина БЕССОНОВА

Днепропетровский Государственный Аграрно-экономический университет, Украина

**Abstract.** The peculiarities of water metabolism of the leaves of English oak (*Quercus robur* L.) and red oak (*Quercus rubra* L.) in pure and mixed groups were examined. Twelve-year-old forest plantations of both species on an area of 1.6 ha were the object of study. It was found that in both pure and mixed groups the leaves of *Q. robur* are characterized by more intense transpiration than *Q. rubra*. The joint growth of these species, on the whole, leads to a more active evaporation of water by *Q. robur* leaves than in the single-species groups. The leaves of *Q. rubra* in two-species groups lose less or the same amount of water in the transpiration process as in the single-species groups. The leaves of *Q. rubra* having a higher water storage capacity in both variants are characterized by a more uniform and stable daily course of transpiration. As a result of the joint growth, the water deficit in the leaves of *Q. rubra* increased in July and September compared to the pure groups. The differences in the leaves of *Q. robur* between the two studied sites are unreliable. The obtained data indicate the absence of an explicit negative mutual influence between the species on the water metabolism indices of their leaves.

**Key words:** *Quercus robur*; *Quercus rubra*; Transpiration intensity; Water storage capacity; Water deficit.

**Реферат.** Изучены особенности водного обмена листьев дуба обыкновенного (*Quercus robur* L.) и дуба красного (*Quercus rubra* L.) в чистых и смешанных группах. Объектами исследования были 12-летние лесные культуры обоих видов, площадью 1,6 га. Установлено, что как в чистых, так и в смешанных группах листья *Q. robur* характеризуются более интенсивной транспирацией в сравнении с *Q. rubra*. Совместный рост этих видов приводит, в целом, к более активному испарению воды листьями *Q. robur*, чем в одновидовых группах. Листья *Q. rubra* в двувидовых группах теряют в процессе транспирации меньше или столько же воды, как в чистых. Листья *Q. rubra* отличающиеся более высокой водоудерживающей способностью в обоих вариантах опыта, характеризуются более ровным и стабильным дневным ходом транспирации. При совместном произрастании видов водный дефицит в листьях *Q. rubra* увеличивается в июле и сентябре относительно чистых групп. В листьях *Q. robur* различия на двух исследуемых участках недостоверны. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии четко выраженного негативного взаимовлияния видов на показатели водного обмена их листьев.

**Ключевые слова:** *Quercus robur*; *Quercus rubra*; Интенсивность транспирации; Водоудерживающая способность; Водный дефицит.

### ВВЕДЕНИЕ

Для создания устойчивых и продуктивных смешанных лесных культур и формирования естественных насаждений с оптимальным соотношением компонентов необходимым является понимание взаимодействия растений в фитоценозах. Вопрос взаимовлияния пород при их совместном произрастании нельзя сводить только к сфере питания и водообеспечения. Известны аллелопатические, биофизические, механические и другие взаимоотношения растений (Колесниченко, М. 1968). Они могут осуществляться через метаболиты корневых систем, химические вещества опада и подстилки, летучие выделения (Матвеев, Н. 1972; Гродзинский, А. 1973; Матвеев, Н. 1994), характер действия которых в лесу может проявиться лишь много лет спустя после его создания.

Оптимальным соотношением биологически совместимых видов культур в фитоценозах можно регулировать напряженность их взаимоотношений в смешанных лесных культурах. Сочетание пород в разнообразии создаваемых насаждениях имеет исключительно большое значение (Грисюк, Н. и др. 1991). Поэтому еще Г. Морозов (1949) придавал этому вопросу первостепенную роль, считая его одной из трех координат, определяющих природу леса. О напряженности межвидовых взаимоотношений древесных растений можно судить по показателям их жизнедеятельности: категориям состояния (Ирковский, Э. и др. 2013), росту и развитию, продуктивности (Подольска, Т.И др. 2011), устойчивости к болезням (Рибак, О. и др. 2015), накоплению органической массы, физиологическим и биохимическим процессам

(Колесниченко, М. 1964). Такие исследования дают возможность создавать насаждения с оптимальным соотношением компонентов и расположением их относительно друг друга (Колесниченко, М. 1968; Рахтеенко, И. 1972; Рахтеенко, И. 1976). Однако множественные аспекты взаимоотношений древесных растений изучены еще слабо, хотя исследования такого плана являются необходимыми для создания устойчивых лесных экосистем.

Цель данной работы - проанализировать особенности водного обмена листьев дуба обыкновенного (*Quercus robur* L.) и дуба красного (*Quercus rubra* L.) в чистых и смешанных группах.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были 12-летние растения дуба красного (*Quercus rubra* L.) и дуба обыкновенного (*Quercus robur* L.), растущие на экспериментальном участке площадью 1,6 га Ленинского лесничества Днепропетровской области. Для опытов были выделены деревья в одновидовых (вариант I) и двувидовых группах (вариант II).

Для получения однородного материала при определении показателей водного обмена срывали второй и третий лист от основания однолетних побегов в трёхкратной повторности с юго-восточной стороны, со средней части кроны с трёх модельных деревьев. Интенсивность транспирации листьев была определена методом быстрого взвешивания на электронных весах ТВЕ-0,21-0,001 с экспонированием на рассеянном свете в течение 5 мин. Водоудерживающую способность определяли путем учета потери влаги через 30, 60 и 120 мин., по А.А. Арланду и выражали в процентах к общему ее содержанию. Послеполуденный водный дефицит и относительная тургоресцентность была установлена после насыщения высечек листьев водой (Бессонова, В. 2006). Одновременно с отбором проб определяли температуру и влажность воздуха электронным термогигрометром ТА308. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Excel 2010.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

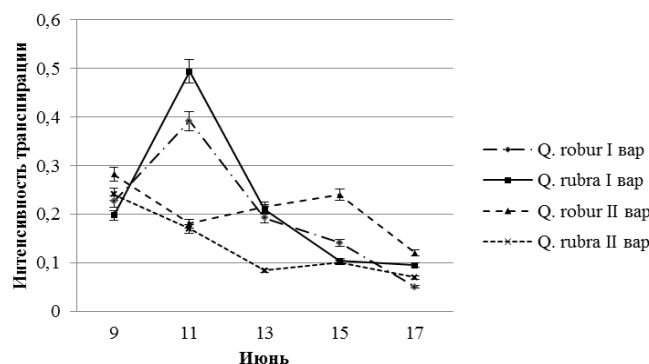
Транспирация – ведущая расходная часть водного баланса. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что этот процесс отражает состояние водного режима растений в конкретных экологических условиях (Бессонова, В. и др. 1975; Сырица, М. 2009; Горохова, С. 2011; Бессонова, В. и др. 2016). Исследование транспирации представляет существенный интерес и с точки зрения расчёта водного бюджета лесов в различных экологических условиях (Moltschanow, A. 1957; Polster, H. 1957; Fflloliot, P. 2000; Shipek, D. et al., 2004). В неблагоприятных условиях транспирация приобретает первостепенное водоохранное значение (Сырица, М. 2002). Сравнение дневного хода транспирации дает возможность анализировать способность растений в различных условиях произрастания противодействовать отклонению водного баланса с изменением температуры в течении дня.

В июне как у *Q. robur*, так и *Q. rubra* в одновидовых группах максимум транспирации листьев приходится на 11 часов, после чего она постепенно падает (рис. 1).

Сравнение этого процесса у обоих видов свидетельствует о его большей интенсивности у листьев *Q. robur* утром в 9 и в 15 часов и меньшей, чем у *Q. rubra*, в 11 и 17 часов, в 13 часов разница статистически недостоверна. Следовательно, определенной закономерности в превалировании активности этого процесса и того или иного вида не наблюдается.

В двувидовых группах ход кривых транспирации у листьев другой. Максимум ее у обоих видов сдвигается на 9 часов. Но у *Q. robur* после снижения интенсивности расхода воды листьями в 11 часов наблюдается подъем в 13. Достаточно высокие значения сохраняются и в 15 часов с последующим падением в 17. У листьев *Q. rubra* второй максимум интенсивности транспирации практически отсутствует.

Сравнение интенсивности процесса испарения влаги листьями исследуемых видов в смешанных группах свидетельствует, что он происходит более активно у листьев *Q. robur*. В июне нет единой закономерности в изменениях интенсивности транспирации листьев деревьев в смешанных группах относительно чистых. У *Q. robur* в двувидовых группах процесс испарения



|                      |    |    |    |    |    |                  |
|----------------------|----|----|----|----|----|------------------|
| t, °C                | 23 | 26 | 27 | 28 | 28 | Чистые группы    |
|                      | 21 | 24 | 27 | 27 | 26 | Смешанные группы |
| Влажность воздуха, % | 53 | 39 | 32 | 28 | 35 | Чистые группы    |
|                      | 52 | 37 | 30 | 26 | 30 | Смешанные группы |

**Рисунок 1.** Интенсивность транспирации листьев *Q. robur* и *Q. rubra* в чистых и смешанных группах в июне, мг·г<sup>-1</sup> сырого вещества

воды проходит почти во все часы опыта более активно, за исключением 11 часов, возможно потому, что максимум транспирации при этих условиях сдвинулся с 11 часов, как это имеет место в одновидовых группах, на 9 часов и появился второй максимум. У *Q. rubra* только утром в 9 часов показатель транспирационной потери влаги листьями, несколько выше при совместном росте деревьев двух видов, но в дневные часы – наоборот его значения меньше.

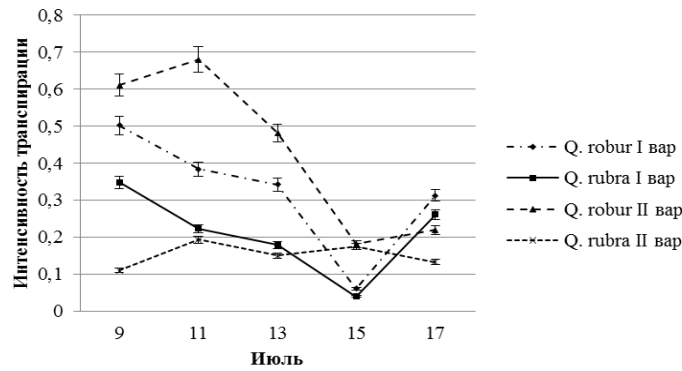
В июле, как и в июне, в одновидовых группах ход кривых интенсивности транспирации листьев обоих видов сходен. Максимум приходится на 9 часов, после чего активность этого процесса уменьшается с минимумом в 15 часов и с последующим подъемом (рис. 2). Показатели испарения воды листьями больше у *Q. robur*. В смешанных группах наивысшие значения транспирации у листьев обоих видов определены в 11 часов, причём во все часы исследования листья *Q. robur* испаряют воды больше, чем в одновидовых, кроме 17 часов. У листьев *Q. Rubra* интенсивность транспирации в смешанных группах преимущественно ниже, чем в чистых.

В сентябре потеря воды листьями *Q. robur* в одновидовых группах максимальна в 13 часов (рис. 3). Кривая дневного хода транспирации у *Q. rubra* более пологая с минимумом в 13 часов. Как и в предыдущие месяцы, показатели транспирации активнее у листьев *Q. robur*. В смешанных группах наиболее высокое значение этого процесса у *Q. robur* наблюдается в 11 часов, а в *Q. rubra* – в 9 часов, после чего его интенсивность снижается и вновь возрастает в 17 часов у листьев обоих видов. Разница в значениях интенсивности транспирации в разные часы проведения опыта в *Q. rubra* значительно меньше, чем у *Q. robur*. Как и в июне, при этих условиях процесс транспирации происходит интенсивнее у *Q. robur*.

В смешанных группах листья *Q. robur* активнее испаряют влагу, чем в чистых, за исключением 15 часов, когда показатели в обоих вариантах опыта статистически не отличаются. У листьев *Q. rubra* интенсивность транспирации ниже или в отдельные часы опыта почти такая же, как и в одновидовых группах.

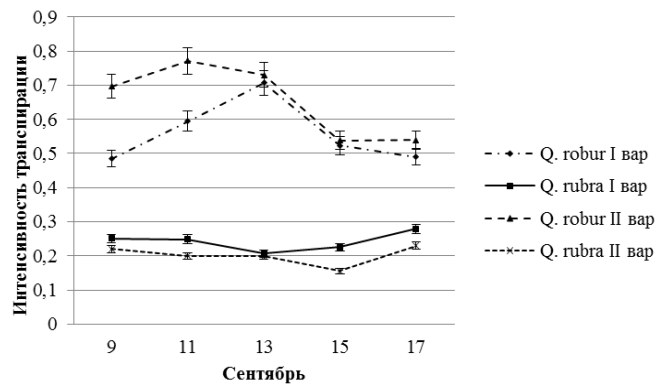
Итак, как в чистых, так и смешанных группах транспирация происходит более активно у листьев *Q. robur*. В двухвидовых группах листья *Q. robur* испаряют больше воды, чем в чистых. Для листьев *Q. rubra* в целом наблюдается тенденция к снижению активности этого процесса при совместном росте с *Q. robur*.

Содержание воды в листьях деревьев обоих видов чистых насаждений наиболее высокое в начале июня, в дальнейшем оно снижается (табл. 1). В июле и сентябре количество влаги в листьях существенно не отличается, показатели содержания в них воды у растений изучаемых видов близки по значениям. В двухвидовых группах содержание воды в листьях *Q. robur* в июне такое же, как и в чистых, но в последующие месяцы оно становится ниже. Так, в июле разница составляет 4,05 %, сентябре – 3,84 %. У листьев *Q. rubra* отличия в содержании влаги



|                      |    |    |    |    |    |                  |
|----------------------|----|----|----|----|----|------------------|
| $t, ^\circ\text{C}$  | 24 | 30 | 32 | 34 | 30 | Чистые группы    |
|                      | 23 | 31 | 33 | 33 | 28 | Смешанные группы |
| Влажность воздуха, % | 50 | 35 | 28 | 25 | 30 | Чистые группы    |
|                      | 45 | 31 | 26 | 20 | 24 | Смешанные группы |

**Рисунок 2.** Интенсивность транспирации листьев *Q. robur* и *Q. rubra* в чистых и смешанных группах в июле,  $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}$  сырого вещества



|                      |    |    |    |    |    |                  |
|----------------------|----|----|----|----|----|------------------|
| $t, ^\circ\text{C}$  | 25 | 31 | 34 | 35 | 30 | Чистые группы    |
|                      | 24 | 33 | 34 | 36 | 29 | Смешанные группы |
| Влажность воздуха, % | 39 | 27 | 23 | 19 | 21 | Чистые группы    |
|                      | 37 | 25 | 25 | 18 | 20 | Смешанные группы |

**Рисунок 3.** Интенсивность транспирации листьев *Q. robur* и *Q. rubra* в чистых и смешанных группах в сентябре,  $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}$  сырого вещества

на двух опытных участках равны в июне – 4,21, июле – 5,42 и сентябре – 5,34 %. Следовательно, разница в содержании воды в листьях растений двух вариантов больше у *Q. rubra*.

Важная роль в регулировании водного обмена растений принадлежит водоудерживающим силам, которые обусловлены, главным образом, содержанием в клетках осмотически активных веществ и способностью коллоидов к набуханию (Кушниренко, М. 1967; Бессонова, В. и др. 1975). Изменение водоудерживающей способности является интегральным показателем, отражающим итоговый результат сложных физико-химических процессов, происходящих в протоплазме клеток, и потому может служить критерием устойчивости растений при адаптации к природным факторам (Пудрикова, Л. 1971; Поспелова, Ю. 1971). При оптимальных условиях роста растений этот показатель растет (Гончарова, Э. 2005; Долгова, Л. 2010).

Как видно из табл. 2 в чистой группе листья *Q. rubra* имеют большую водоудерживающую способность во все месяцы исследования и во все сроки экспозиции (30, 60, 120 мин) по сравнению с *Q. robur*. Аналогичная закономерность наблюдается и в смешанных группах.

В одновидовом насаждении показатели водоудерживающей способности у листьев *Q. robur* наиболее высокие в июне, наименьшие – в июле. Так, в июле относительно июня потери воды

Таблица 1. Содержание воды в листьях *Q. robur* и *Q. rubra* в разных условиях роста

| Вариант                | Июнь       | Июль       | Сентябрь   |
|------------------------|------------|------------|------------|
| <i>Q. robur</i> I вар  | 70,52±0,71 | 56,17±0,48 | 55,91±0,44 |
| <i>Q. rubra</i> I вар  | 73,03±0,56 | 55,97±0,60 | 55,68±0,37 |
| <i>Q. robur</i> II вар | 68,82±0,34 | 52,12±0,42 | 52,07±0,42 |
| <i>Q. rubra</i> II вар | 67,86±0,68 | 50,55±0,37 | 50,34±0,62 |

Таблица 2. Водоудерживающая способность листьев *Q. robur* и *Q. rubra* в чистых и смешанных группах, потери воды % к начальному весу

| Вариант                | Через 30 мин | T    | Через 60 мин | t    | Через 120 мин | t    |
|------------------------|--------------|------|--------------|------|---------------|------|
| 12 июня                |              |      |              |      |               |      |
| <i>Q. robur</i> I вар  | 4,14±0,33    | -    | 8,70±0,46    | -    | 14,54±1,22    | -    |
| <i>Q. rubra</i>        | 3,13±0,17    | -    | 5,33±0,32    | -    | 7,59±0,30     | -    |
| <i>Q. robur</i> II вар | 3,19±0,21    | 2,43 | 5,55±0,45    | 4,92 | 8,71±0,54     | 4,38 |
| <i>Q. rubra</i>        | 1,51±0,17    | 6,75 | 2,99±0,32    | 5,20 | 4,38±0,30     | 7,64 |
| 27 июля                |              |      |              |      |               |      |
| <i>Q. robur</i> I вар  | 9,61±0,32    | -    | 16,14±0,42   | -    | 19,66±1,33    | -    |
| <i>Q. rubra</i>        | 5,49±0,23    | -    | 8,64±0,34    | -    | 12,37±1,15    | -    |
| <i>Q. robur</i> II вар | 12,48±0,53   | 4,28 | 19,61±0,92   | 3,45 | 27,37±1,15    | 4,38 |
| <i>Q. rubra</i>        | 3,84±0,12    | 6,35 | 7,72±0,53    | 1,46 | 9,96±0,62     | 1,84 |
| 5 сентября             |              |      |              |      |               |      |
| <i>Q. robur</i> I вар  | 7,15±0,41    | -    | 13,35±0,90   | -    | 16,15±0,56    | -    |
| <i>Q. rubra</i>        | 3,50±0,25    | -    | 6,36±0,43    | -    | 7,78±0,62     | -    |
| <i>Q. robur</i> II вар | 11,36±1,21   | 3,29 | 17,09±0,48   | 3,71 | 20,62±0,75    | 4,75 |
| <i>Q. rubra</i>        | 5,08±0,31    | 3,97 | 9,75±0,29    | 6,52 | 10,92±0,61    | 3,61 |

Примечание: t рассчитано при сравнении показателей в чистых и смешанных группах

в исследуемые интервалы времени (30, 60, 120 мин) в листьях *Q. robur* в одновидовых группах возрастает в 2,32, 1,85, 1,35 раза, в сентябре данные показатели относительно июня составляют 1,72, 1,53 и 1,11 соответственно. У листьев *Q. rubra* значение водоудерживающей способности в чистых группах в июле также падают относительно июня в 1,75, 1,62 и 1,63 раза, а в сентябре – 3,36, 3,26 и 2,49. В сентябре относительно июля – 1,32, 1,26 и 1,09 раза.

В июне в двувидовом насаждении в листьях *Q. robur*, а у *Q. rubra* и в июле, значения водоудерживающей способности превышают таковые в одновидовом. Однако, в июле и сентябре у *Q. robur* наблюдается противоположная картина, потери воды становятся более значительными при совместном произрастании двух видов. Водоудерживающая способность в листьях *Q. rubra* становится меньше в смешанном насаждении в сентябре.

Таким образом, листья *Q. robur* более интенсивно теряют воду по сравнению с *Q. rubra*, то есть имеют меньшую водоудерживающую способность в обоих вариантах опыта и во все сроки исследования.

Водоудерживающая способность листьев у *Q. robur* в двувидовом насаждении меньше, чем в одновидовом в период наиболее высоких температур воздуха на исследуемых участках (июль, сентябрь), в то время как у *Q. rubra* только в сентябре. В смешанных группах ее показатели в листьях *Q. robur* статистически отличаются от таковых в одновидовых во все сроки исследования, у *Q. rubra* – в июне и сентябре, в июле разница достоверна только через 30 минут экспозиции.

Для сравнения степени расстройства водного баланса у растений исследуемых вариантов использовали такой показатель как водный дефицит – недостаток насыщения водой растительных клеток, возникающий в результате интенсивной потери воды, которая не компенсируется поглощением ее корнями (Генкель, П. 1946). От степени водного дефицита зависит устойчивость и продуктивность, как отдельных деревьев, так и насаждений в целом (Кулагин, А. 1998; Лир, Х. и др. 1974).

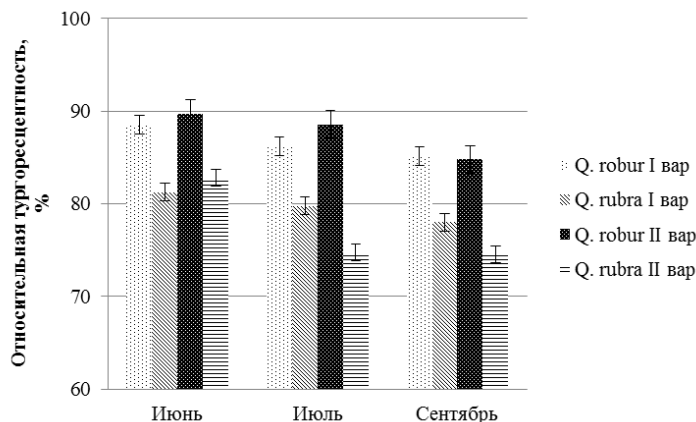
При росте растений в одновидовых группах послеполуденный водный дефицит в листьях как *Q. robur*, так и *Q. rubra*, достоверно увеличивается относительно июня только в сентябре (табл. 3).

**Таблица 3.** Водный дефицит листьев *Q. robur* и *Q. rubra* в чистых и смешанных группах, %

| Вариант                | 12 июня    | t    | 27 июля    | t    | 5 сентября | t    |
|------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|
| Водный дефицит         |            |      |            |      |            |      |
| <i>Q. robur</i> I вар  | 11,39±1,26 | -    | 13,80±1,18 | -    | 14,87±0,67 | -    |
| <i>Q. rubra</i> I вар  | 18,76±0,85 | -    | 20,24±0,87 | -    | 22,00±0,84 | -    |
| <i>Q. robur</i> II вар | 10,27±0,82 | 0,75 | 11,42±0,78 | 1,7  | 15,19±0,87 | 0,29 |
| <i>Q. rubra</i> II вар | 17,20±1,05 | 1,15 | 25,20±0,77 | 4,27 | 26,51±0,61 | 4,38 |

У листьев *Q. rubra* величина этого показателя больше, несмотря на меньшую интенсивность транспирации и большие значения водоудерживающей способности. В смешанных группах листья *Q. robur* имеют почти такие же значения водоудерживающей способности, как и в чистых. У *Q. rubra* этот показатель в июне не отличается в обоих вариантах. Однако в июле и сентябре он более высокий при совместном произрастании видов. Значения послеполуденного водного дефицита в листьях *Q. robur* и *Q. rubra* в нашем эксперименте ниже величин, которые вызывают появление незначительных признаков повреждений (Лархер, В. 1978). Переход этого показателя за пороговую величину могло бы привести к депрессивным явлениям в метаболизме растений (Гриненко, В. и др. 1968).

Величины относительной тургоресцентности листьев *Q. robur* превышают таковые *Q. Rubra*, как в одновидовых, так и двувидовых группах. У растений первого вида на двух опытных участках различия в значениях этого показателя недостоверны во все даты проведения исследования. Но в листьях *Q. rubra* в июле и сентябре при совместном произрастании относительная



**Рисунок 4.** Относительная тургоресцентность в листьях *Q. robur* и *Q. rubra* в чистых и смешанных группах, %

тургоресцентность снижается в сравнении с данными для чистого насаждения (Рис. 4).

Таким образом, как в чистых, так и в смешанных группах листья *Q. robur* характеризуются более интенсивной транспирацией в сравнении с *Q. rubra*. Совместный рост этих видов приводит, в целом, к более активному испарению воды листьями *Q. robur*, чем в одновидовых группах, в то время как листья *Q. rubra* в двувидовых группах теряют в процессе транспирации меньше или столько же воды, как в чистых. Листья *Q. rubra* отличающиеся более высокой водо-

удерживающей способностью в обоих вариантах опыта, характеризуются более ровным и стабильным дневным ходом транспирации. При совместном произрастании видов водный дефицит в листьях *Q. rubra* увеличивается в июле и сентябре относительно чистых групп, в листьях же *Q. robur* различия на двух исследуемых участках недостоверны. Однако, несмотря на большую интенсивность транспирации и меньшую водоудерживающую способность листьев *Q. robur* по сравнению с листьями *Q. rubra*, у первого определен меньший водный дефицит и большая относительная тургоресцентность, как в одновидовых, так и двувидовых группах. Такие результаты можно объяснить более высокой функциональной активностью корней *Q. robur*. Водный обмен древесных растений – динамический процесс, зависящий от характеристик дерева, прежде всего сопротивления движению воды и её запасов в разных частях водопроводящей системы, подачи воды в надземную часть (Крамер, П. и др. 1983). Возрастание водного дефицита у растений зависит не только от интенсивности потери воды в процессе

транспирации, но в значительной степени от функциональной активности корневой системы и является следствием снижения скорости водопоглощения корнями (Emmert, F. 1974). Так, тургор листьев снижается синхронно с падением гидравлической проводимости корней, даже без изменений транспирации (Ehlert, Ch. et. al., 2009).

### ВЫВОДЫ

При больших значениях интенсивности транспирации и меньших водоудерживающей способности листа *Q. robur*, в сравнении с *Q. rubra*, имеют в чистых и смешанных группах меньший водный дефицит. У *Q. rubra* величина водного дефицита в июле и сентябре в двувидовых группах больше, чем в чистых, а у *Q. robur* почти не меняется. Это может быть объяснено компенсацией потери воды у *Q. robur* ее более интенсивным поступлением из корней в надземную часть, так как водный дефицит зависит в значительной степени не только от интенсивности потери влаги, но и от снабжения ею корневой системой.

При совместном произрастании двух видов водный дефицит листьев *Q. rubra*, хотя и повышается относительно чистого насаждения, однако показатели не являются критическими. Полученные показатели водного режима *Q. robur* и *Q. rubra* указывают на возможность успешного совместного произрастания деревьев этих видов в лесных культурах в условиях северной Степи Украины.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. БЕССОЛОВА, В.П., КОРЫТОВА, И.А., МИХАЙЛОВ, О.Ф. (1975). Некоторые особенности водного режима акации белой, произрастающей в различных условиях увлажнения. В: Вопросы степного лесоведения и охраны природы: сб. науч. тр. Днепропетровск: ДГУ, вып. 5, с. 136-142.
2. БЕССОЛОВА, В.П., ТКАЧ, В.В., КРИВОРУЧКО, А.П. (2016). Водний обмін листя *Quercus robur* у протиерозійному насадженні на півдні ареалу виду. В: Вісник Дніпропетровського ун-ту. Серія: Біологія, екологія, вип. 24(2), с. 444-450. ISSN 2310-0842.
3. БЕССОЛОВА, В.П. (2006). Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ. 316 с. ISBN 966-8490-19-3.
4. ГЕНКЕЛЬ, П.А. (1946). Устойчивость растений к засухе и пути её повышения. Москва; Ленинград: Изд-во Академии наук СССР. 236 с.
5. ГОНЧАРОВА, Э.А. (2005). Водный статус культурных растений и его диагностика. Санкт-Петербург: ВИР. 112 с.
6. ГОРОХОВА, С.В. (2011). Интенсивность транспирации у некоторых представителей рода *Corylus* L. В: Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Серия: Естественные науки, вып. 14(1), № 3(98), с. 248-253. ISSN: 2075-4671.
7. ГРИНЕНКО, В.В., БОНДАРЁВА, Ю.С. (1968). Водоудерживающая способность тканей растений в зависимости от водообеспеченности. В: Водный режим растений и их продуктивность. Москва: Наука, с. 261-268.
8. ГРИСЮК, Н.М., ЦАРЕНКО, О.Н. (1991). Бобовые растения в защитном лесоразведении. Киев: Урожай. 168 с. ISBN 5-337-00704-1.
9. ГРОДЗИНСЬКИЙ, А.М. (1973). Основи хімічної взаємодії рослин. Київ: Наукова думка. 206 с.
10. ДОЛГОВА, Л.Г. (2010). Осмотично активні речовини у формуванні стійкості рослин-інтродуцентів роду *Chaenomeles* Lindl. В: Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, вип. 15, № 2, с. 127-134.
11. ИРКОВСКИЙ, Э.Р., ПИСАРЕВА, С.В. (2013). Взаимодействие деревьев дуба и его спутников в пространстве. В: Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграрного ун-та [Электронный ресурс]. № 91(07), с. 1728-1740. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/115.pdf>
12. КОЛЕСНИЧЕНКО, М.В. (1968). Биохимические взаимодействия древесных растений. Москва: Лесная промышленность. 150 с.
13. КОЛЕСНИЧЕНКО, М.В. (1964). О биохимическом соответствии древесных пород в лесном насаждении. В: Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, вып. 6, с. 3-6.
14. КРАМЕР, П.Д., КОЗЛОВСКИЙ, Т.Т. (1983). Физиология древесных растений. Москва: Лесная промышленность. 464 с.
15. КУЛАГИН, А.Ю. (1998). Ивы: техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов. Уфа: Гилем. 193 с. ISBN 5-7501-0043-X.
16. КУШНЕРЕНКО, М.Д. (1967). Водный режим и засухоустойчивость плодовых растений. Кишинев: Картя молдовеняскэ. 310 с.

17. ЛАРХЕР, В. (1978). Экология растений. Москва: Мир. 186 с.
18. ЛИР, Х., ПОЛЬСТЕР, Г., ФИДЛЕР, Г.И. (1974). Физиология древесных растений. Москва: Лесная промышленность. 424 с.
19. МАТВЕЕВ, Н.М. (1972). Аллелопатический режим в лесных биогеоценозах степной зоны. В: Вопросы степного лесоведения: тр. комплексной экспедиции ДГУ. Днепропетровск, с. 51- 54.
20. МАТВЕЕВ, Н.М. (1994). Аллелопатия как фактор экологической среды. Самара. 206 с.
21. МОРОЗОВ, Г.Ф. (1949). Учение о лесе. Москва: Гослесбумиздат. 455 с.
22. ПОДОЛЬСЬКА, Т.М., ГРИНИК, Г.Г. (2011). Особливості росту деревостанів з домінуванням дуба звичайного на Вінничині. В: Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування. Львів: Вид-во Львівської політехніки, с. 149- 154.
23. ПОСПЕЛОВА, Ю.С. (1971). Использование показателя водоудерживающей способности тканей для оценки устойчивости сортов винограда к изменению природных факторов. В: Состояние воды и водный обмен у культурных растений. Москва: Наука, с. 246-250.
24. ПУДРИКОВА, Л.П. (1971). Изменение водоудерживающей способности тканей виноградного растения в период вегетации. В: Состояние воды и водный обмен у культурных растений. Москва: Наука, с. 240-245.
25. РАХТЕЕНКО, И.Н. (1976). Рост и питание растений в фитоценозах при взаимодействии корневых систем. В: Проблемы аллелопатии. Киев: Наукова думка, с. 7- 8.
26. РАХТЕЕНКО, И.Н., МАРТИНОВИЧ, Б.С. (1972). Взаимовлияние древесных растений в зависимости от состава насаждений. В: Основы химического взаимодействия растений в фитоценозах. Киев: Наукова думка, с. 63- 65.
27. РИБАК, О.В., РИБАК, В.О. (2015). Стійкість соснових лісостанів із підпологовими культурами дуба червоного до кореневої губки. В: Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво, вип. 216(1), с.146-154. ISSN 2222-8616.
28. СЫРИЦА, М.В. (2002). Роль транспирации в водном режиме дубовых лесов юго-западного Приморья: автореферат дис. ... канд. биолог. наук. Уссурийск: ПГСХА. 24 с.
29. СЫРИЦА, М.В. (2009). Роль транспирации в оценке водоохраных качеств дубовых лесов юного Приморья. В: Вестник ТГЭУ, № 1, с. 70-75. ISSN 1813-7504.
30. EHLERT, Ch., MAURER, Chr., TARDIEU, F., SIMONNEAU, T. (2009). Aquaporatin - mediated regulation in maize root hydraulic conductivity impacts cell turgor and leaf elongation even without changing transpiration. In: Plant Physiology, vol. 150, nr. 2, pp. 1093- 1104. ISSN 1532-2548.
31. EMMERT, F.H. (1974). Inhibition of phosphorus and water passage across intact roots by polyethylene glycol and phenylmercuric acetate. In: Plant Physiology, vol. 53, nr 4, pp. 663- 665. ISSN 1532-2548.
32. FFOLIOTT, P.F. (2000). An annual water budget for Emory oak woodland: an initial approximation. In: Hydrology and water resources Arizona and the Southwest, vol. 30, pp. 37- 41. ISSN 0272-6106.
33. MOLTCHANOW, A.A. (1957). Die hydrologische Rolle des Kiefernwaldes auf Sandbuden. Berlin. 404 p.
34. POLSTER, H. (1957). Transpirations intensitdt und Wasserbedarf von Pappelklonen. In: Wiss. Abhandlungen, nr. 27, pp. 99 - 147.
35. SNIPEK, D.C., FFOLIOTT, P.F., GOTTFRIED, G.J. et al. (2004). Transpiration and multiple use management of thinned Emory oak coppice. (Research Paper RMRS-RP-48). 8 p. Available: [https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_rp048.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_rp048.pdf)

Data prezentării articolului: 19.04.2017

Data acceptării articolului: 17.05.2017