

УДК 630*161(477)

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО ОБМЕНА ДЕРЕВЬЕВ ЗАЩИТНОЙ ПРИМАГИСТРАЛЬНОЙ ЛЕСОПОЛОСЫ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Елена ПОНОМАРЁВА, Валентина БЕССОЛОВА

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Украина

Abstract. The water-holding capacity and the intensity of transpiration of the leaves of trees was investigated in shelterbelts near the track M-18 (between the cities of the Dnepr and Zaporozhye on southeast of Ukraine). It was found that from June to September the water-holding capacity of *Armeniaca vulgaris*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Populus alba* leaves increased most significantly. The average daily seasonal dynamics of transpiration in all species, except for *Juglans regia*, is characterized by a decrease in the intensity of this indicator by the middle of summer against the backdrop of increased drought. At the end of the growing season, on the background of a significant lack of water in the soil and high air temperatures, *Acer platanoides* and *Ulmus glabra* increase transpiration activity. In other species, the evaporation rate either decreases (*Populus alba*, *Aesculus hippocastanum*, *Armeniaca vulgaris*, *Juglans regia*), or almost does not change (*Acer saccharinum*, *Tilia cordata*, *Acer negundo*, *Ulmus parvifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*). On the background of sufficient moisture content in the soil in almost all species, the maximum evaporation occurs during the daytime hours (11-14 hours), except for *Acer negundo* and *Acer platanoides*, which transpiration is maximum in the morning. During drought in some species the greatest water losses occur in the morning and evening (*Ulmus glabra*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*). *Fraxinus lanceolata* and *Ulmus parvifolia* evaporate moisture only in the evening, while *Armeniaca vulgaris*, *Populus alba*, *Juglans regia* and *Acer saccharinum* have a low intensity of transpiration throughout the day.

Key words: Woody plants; Water holding capacity; Transpiration; Water regime; Protective roadside shelterbelts.

Реферат. Исследовали водоудерживающую способность и интенсивность транспирации листьев древесных видов, являющихся основой примагистральной лесополосы вдоль трассы М-18 на отрезке между городами Днепр и Запорожье (юго-восток Украины). Установлено, что с июня по сентябрь наиболее существенно возрастала водоудерживающая способность у листьев *Armeniaca vulgaris*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Populus alba*. Среднесуточная сезонная динамика транспирации у всех видов, кроме *Juglans regia*, характеризуется снижением интенсивности этого показателя к середине лета на фоне усиления засухи. В конце вегетационного сезона на фоне существенного недостатка воды в почве и высоких температур воздуха у *Acer platanoides* и *Ulmus glabra* происходит усиление транспирационной активности, в то время как у остальных видов интенсивность испарения либо снижается (*Populus alba*, *Aesculus hippocastanum*, *Armeniaca vulgaris*, *Juglans regia*), либо почти не меняется (*Acer saccharinum*, *Tilia cordata*, *Acer negundo*, *Ulmus parvifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*). Дневные изменения интенсивности транспирации показали, что на фоне достаточного содержания влаги в почве почти у всех видов максимум испарения приходится на дневные часы (11–14 часов), кроме *Acer negundo* и *Acer platanoides*, которые максимально транспирируют утром. По мере усиления засухи (июль и начало сентября) у некоторых видов наибольшие потери воды происходят утром и вечером (*Ulmus glabra*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*). *Fraxinus lanceolata* и *Ulmus parvifolia* максимально испаряют влагу вечером, а *Armeniaca vulgaris*, *Populus alba*, *Juglans regia* и *Acer saccharinum* имеют слабую интенсивность транспирации на протяжении всего дня.

Ключевые слова: Древесные растения; Водоудерживающая способность; Транспирация; Водный режим; Защитные примагистральные лесополосы.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема создания устойчивых защитных насаждений в условиях климата с недостаточным увлажнением волнует исследователей многих стран. Расширением ассортимента древесных растений, толерантных к засухе, давно уже занимаются в таких аридных уголках планеты как Египет (El-Lakany, M.H. 1983) и Австралия (Chunyang, L., Kaiyun, W. 2003), а также на засушливых территориях бывшего СССР: в Крыму (Багрова, Л.А. 2009), Хакасии (Гордеева, Г.Н. и др. 2011), на Алтае (Парамонов, Е.Г. и др. 2010). Придорожные насаждения существенно влияют на микроклимат: снижают температуру воздуха, защищают от шума, повышают влажность (Islama, N. 2013; Иванова, А.С. 2014). Древесные растения, которые являются составляющими защитных насаждений вдоль автотрассы международного значения, в степной зоне Украины ощущают двойную нагрузку: как со стороны климатических условий (недостаток осадков), так и со стороны че-

ловческой деятельности (уплотнение и засоление почвы, выбросы автомобильного транспорта, вибрация, несанкционированные свалки и т.д.). Для таких лесополос важно сохранение высокого уровня жизненности, информативным показателем которого является водный режим растений. Регуляция водного обмена, как одного из составляющих устойчивости древесных растений в условиях разных видов антропогенной нагрузки, часто становится объектом современных исследований (Осипова, Л.М. и др. 2009; Зайцева, И.А. 2010; Пономарева, Е.А. 2010; Вербицкая, О.А. 2011; Сейдафаров, Р.А. 2012; Зиятдинова К.З. и др. 2013; Криворучко, А.П. и др. 2017). Однако большинство этих работ посвящено реакции растений на промышленное загрязнение, в то время как исследования показателей водного обмена древесных растений придорожных лесополос практически отсутствуют. Для представления об устойчивости таких насаждений в засушливых условиях степи важно изучение их водного режима.

Цель данной работы – сравнить особенности транспирации и водоудерживающей способности у 12-ти древесных видов, которые составляют основу защитных примагистральных лесополос на юго-востоке Украины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Вегетационный сезон во время изучения параметров водного обмена в примагистральном насаждении отличался неравномерным выпадением осадков. В конце весны и в начале июня наблюдалась достаточно прохладная погода с частыми дождями. Но со второй половины месяца происходило повышение дневных температур на фоне отсутствия осадков. Первые исследования вышеописанных параметров водного обмена осуществляли 28 июня при температуре 29°C и относительной влажности воздуха 62%. До этого дня 10 суток не было осадков. Наблюдения повторили 27 июля при температуре 26°C и относительной влажности воздуха 61%. Третий раз исследования потерь воды в листьях деревьев примагистральных лесополос проводили 2 сентября. В это время наблюдали аномально высокую дневную температуру (30–35°C), при этом влажность воздуха в середине дня падала ниже 30%. Для этого периода обычно характерно понижение температуры (в среднем на 5°C по сравнению с августом), но последние три года наблюдается аномально теплая и сухая погода в сентябре, и даже вначале октября.

Исследования проводили в малорядных (1–3 ряда) лесополосах ажурной конструкции. Интенсивность транспирации и водоудерживающую способность листьев исследовали у 12-ти древесных видов, которые являются преобладающими породами защитной примагистральной лесополосы вдоль трассы Днепр-Запорожье (Украина). Пробы отбирали у модельных деревьев, расположенных на расстоянии 5–6 м от магистрали. Использовали листья с годичных приростов, расположенных с юго-восточной стороны кроны, на высоте 2 м. Интенсивность транспирации устанавливали методом быстрого взвешивания на электронных весах ТВЕ–0,21–0,001, через 5 минут повторяли взвешивание. Количество испарившейся воды рассчитывали на 1 г сырой массы за час. Содержание общей воды в листьях, определяли высушиванием растительных образцов до постоянной массы, при температуре 105°C. Водоудерживающую способность устанавливали методом «завядания» по А.А. Арланду, рассчитывая потери воды через 30, 60 и 120 минут (Арланд, А.А. 1960). Исследования интенсивности транспирации делали в четырёхкратной повторности в 8⁰⁰, 11⁰⁰, 14⁰⁰, 17⁰⁰ часов, измерение водоудерживающей способности – один раз в день в районе полудня. Результаты обработки статистически с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Водоудерживающая способность – один из самых информативных показателей водного обмена древесных растений, который в определенной мере характеризует их засухоустойчивость (Еремеев, Г.Н., 1965; Арланд, А.А. 1960). Способность удерживать влагу и быстро восстанавливать тургор свидетельствует о хорошо сформированном механизме адаптации к стрессовым факторам (Ищук, Г.П. 2011; Кушниренко, М.Д. 1975; Бессонова, В.П. и др. 2016; Kozlowski, T.T. 1975). Водоудерживающие силы клеток зависят от содержания осмотически активных веществ. Изучение водоудерживающей способности листьев деревьев, являющихся основной составляю-

щей защитного придорожного насаждения, в течение вегетационного периода позволяет оценить способность этих видов выдерживать сочетание высокотемпературного стресса и длительной нехватки влаги в почве, а также выбросов автотранспорта.

Сравнительная характеристика водоудерживающей способности показала, что у большинства видов наблюдаются самые существенные потери воды в июне (рис. 1). Это, возможно, обусловлено достаточной оводненностью листьев в начале вегетационного периода. После 30-минутной экспозиции больше всего теряли влагу листья *Aesculus hippocastanum*, при этом потери воды были почти вдвое больше, чем у следующего по величине этого показателя вида – *Ulmus glabra* (27,0 и 14,6% соответственно). Через час после первого взвешивания наименьшая водоудерживающая способность присуща этим же видам, а также *Acer saccharinum*. После двухчасовой экспозиции пять пород теряли более 20% влаги от общей массы листьев – это *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*, *Ulmus glabra* и *Fraxinus lanceolata*. Самой высокой водоудерживающей способностью в июне характеризуются *Acer platanoides*, *Acer negundo*, *Juglans regia*, *Populus alba*, *Tilia cordata*. Потери влаги листьями этих видов через 2 часа экспозиции не превышают 17%.

В июле водоудерживающая способность относительно июня у большинства пород повысилась (*Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Acer saccharinum*, *Acer negundo*, *Juglans regia*, *Fraxinus lanceolata*, *Ulmus glabra*, *Ulmus parvifolia*, *Armeniaca vulgaris*) или почти не изменилась (*Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Tilia cordata*). По количеству потерянной воды, как и в июне, на первом месте *Aesculus hippocastanum*, но относительно июня потери влаги уменьшились у этого вида с 33 до 23% от массы листа. Низкие значения водоудерживающей способности сохраняются также у листьев *Robinia pseudoacacia* и *Ulmus glabra* (потери влаги соответственно 20,5% и 20,0% через 120 мин после первого взвешивания). Лучшая способность сохранять воду обнаружена у *Ulmus parvifolia* и всех исследованных видов кленов. Мало теряют влаги и листья *Juglans regia* в первый час экспозиции, но через 2 часа степень завядания листьев этого вида резко повышается (рис. 1).

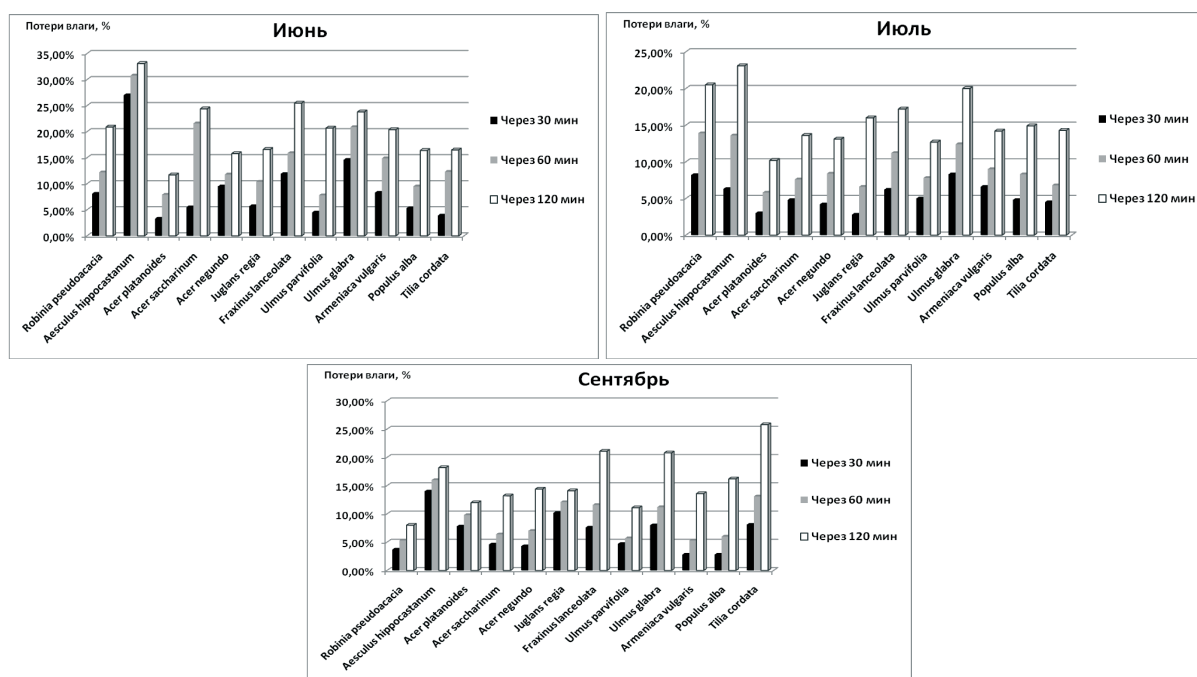


Рисунок 1. Динамика водоудерживающей способности листьев деревьев в примагистральном насаждении, % от общего содержания воды в листьях

Средними значениями водоудерживающей способности характеризуются *Armeniaca vulgaris*, *Populus alba* и *Tilia cordata* – количество потерянной влаги через 120 минут после начала опыта не превышает 15%.

В начале сентября наблюдается значительный рост водоудерживающей способности по сравнению с предыдущими месяцами у *Robinia pseudoacacia* (в 2,5 раза), несколько уменьшились

потери воды у *Aesculus hippocastanum* (в 1,2 раза). У других видов значения этого показателя по сравнению с июлем или почти не изменились (*Acer saccharinum*, *Acer negundo*, *Juglans regia*, *Ulmus glabra*, *Ulmus parvifolia*, *Armeniaca vulgaris*) или несущественно снизились (*Acer platanoides*, *Fraxinus lanceolata*).

Значительное падение водоудерживающей способности наблюдали у *Tilia cordata* (с 14,3% в июне до 25,8% в начале сентября после 2-х часовой экспозиции). Итак, худшие показатели водоудерживающей способности (то есть самая большая степень увядания) в сентябре присущи *Tilia cordata*, *Fraxinus lanceolata* и *Ulmus glabra*. Существуют наблюдения, что у более засухоустойчивых видов наблюдается рост водоудерживающей способности при ухудшении условий роста. Так, В.П. Бессонова с соавторами отмечала возрастание водоудерживающей способности у ксерофита робинии псевдоакации в сухих условиях по сравнению со свежаватыми (1975).

Водоудерживающая способность является видоспецифическим признаком и зависит от скорости потери воды тканями, которая в свою очередь определяется особенностями белков цитоплазмы. Чем медленнее растение теряет воду, тем выше его водоудерживающая способность и, следовательно, оно может дольше выносить обезвоживание (Беляева, Ю.В. 2014). С июня по сентябрь наиболее существенно возрастал этот показатель у листьев *Armeniaca vulgaris*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus parvifolia*, *Populus alba*. Достаточно высокие показатели водоудерживающей способности у кленов ясенелистного и серебристого, ореха грецкого. Хотя, по данным А.В. Богданова (2009), орех грецкий по сравнению с североамериканскими видами орехов имеет невысокий уровень засухоустойчивости.

Таким образом, по абсолютным потерям влаги листьями наибольшую водоудерживающую способность имеют такие породы, как *Ulmus parvifolia*, *Armeniaca vulgaris* и *Populus alba*, а также *Acer platanoides*, *Acer saccharinum* и *Acer negundo*. Высокую водоудерживающую способность у кленов остролистного и серебристого в условиях урботехногенного стресса наблюдала также Н.Г. Нестерова (2012). Низкие показатели водоудерживающей способности выявлены у *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum*, *Ulmus glabra* и *Fraxinus lanceolata*. У *Robinia pseudoacacia* наблюдается существенное повышение водоудерживающей способности к сентябрю.

Транспирация относится к информативным показателям в системе растение – окружающая среда, как на видовом, так и на ценогическом уровне. По этому показателю можно оценивать состояние растений и фитоценозов не только в природных условиях, но и на территориях с высокой антропогенной нагрузкой. Транспирация у наземных растений в большинстве случаев сильно превышает величину потерь воды, необходимую для обеспечения процесса перемещения веществ в растении. Установлено, что существует тенденция в отставании поглощения воды корнями от транспирации (Крамер, П.Д., Козловский, Т.Т. 1983). В результате, даже при достаточной увлажненности почвы возникает водный дефицит, который растет по мере высыхания почвы (Kozłowski, Т.Т. 1975). Замедление процесса испарения ведет к перегреву листьев и появлению так называемого «запала» – краевого некроза листьев.

Во время первого измерения интенсивности транспирации листьев (конец июня) наблюдался достаточный запас влаги в почве. Как видно из рисунка 2, среднесуточные показатели интенсивности испарения влаги самые высокие именно в этот период и составляют от 187 мг/г/час у *Juglans regia* до 426 мг/г/час у *Acer platanoides* (рис.2). Высокую интенсивность транспирации отмечаем у *Aesculus hippocastanum*, *Acer negundo*, *Armeniaca vulgaris* и *Fraxinus lanceolata* (выше 350 мг/г/час). Более низкие показатели интенсивности транспирации зарегистрированы у *Tilia cordata*, *Populus alba*, *Acer saccharinum* и *Juglans regia* (от 267 мг/г/час и ниже).

В конце июля вследствие установления высоких температур и недостаточного количества осадков можно увидеть существенное снижение среднесуточной интенсивности транспирации у всех видов, кроме *Juglans regia* – он с последнего места в июне поднялся на первое. Для всех остальных пород порядок расположения по степени испарения влаги не изменился.

В начале сентября наблюдали очень высокие температуры воздуха на фоне полного отсутствия осадков. Относительная влажность воздуха днем падала ниже 30%, а температура поднималась выше 35°C (рис.2). Самая высокая интенсивность среднесуточной транспирации в таких условиях отмечалась у *Acer platanoides*, *Ulmus glabra*, *Robinia pseudoacacia*. Листья деревьев этих

видов транспирировали активнее, чем в июле. Усиление транспирации в начале сентября на фоне сильной засухи наблюдали у *Ulmus glabra* и *Acer platanoides*, что говорит о слабой приспособительной реакции этих видов по данному физиологическому процессу. Незначительное усиление интенсивности транспирации в сентябре по сравнению с июльскими показателями обнаружено у *Robinia pseudoacacia* и *Fraxinus lanceolata*.

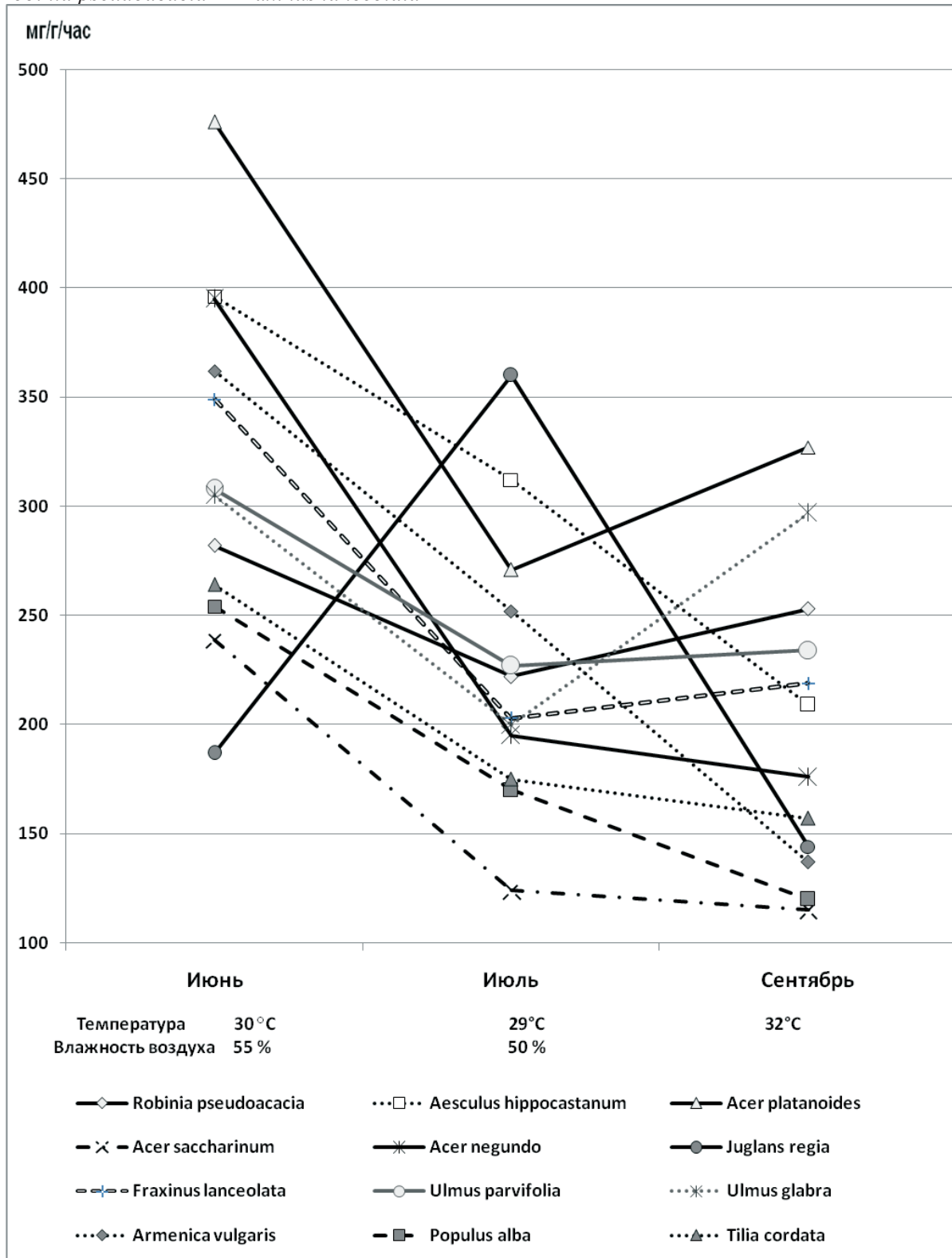


Рисунок 2. Среднесуточная интенсивность транспирации листьев древесных пород примагистральной лесополосы в течение вегетации, мг/г/час

У большинства видов листья испаряли влаги меньше по сравнению с июнем (это *Tilia cordata*, *Juglans regia*, *Populus alba*, *Aesculus hippocastanum*). Существенное падение интенсивности транспирации в сентябре по сравнению с июлем наблюдается у *Juglans regia* (на 60,0%), *Armeniaca vulgaris* (на 45,6%), *Aesculus hippocastanum* (на 33,2%). Надо отметить, что во время достаточной влажности почвы (до середины лета) эти виды показывали высокий уровень транспирации. Однако, у таких видов как *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Ulmus glabra* потери воды в сентябре больше, чем в июле. Это объясняется тем, что на интенсивность транспирации влияет много факторов, главным из которых является почвенная влагообеспеченность растений (Коцюбинская, Н.П. 1978; Кушниренко, М.Д. 1975). К важным факторам относят также влажность и температуру воздуха (Чернышенко, О.В. 2017). Приспособлением к недостатку влаги в почве часто становится снижение интенсивности транспирации (Иванов, Л.А. 1952; Мао, Ц. 2004; Шевченко, С.М. 2009). Подобные условия складывались и в нашем эксперименте.

Таким образом, сравнение среднесуточных показателей транспирации листьев исследуемых пород свидетельствует, что они ниже в конце вегетации по сравнению с ее началом. Аналогичные результаты наблюдали Л.А. Князева и К.И. Овчинникова (1966), изучавшие этот процесс у девяти видов древесных пород в условиях Уральского стационара (сухая степь). Лишь у одного вида отмечалось повышение интенсивности транспирации в конце вегетации (смородина золотистая). Также следует отметить несовпадение видового состава изучаемых объектов с нашими объектами, за исключением вяза мелколистного.

Ряд авторов также отметили, что в первую половину вегетации, когда влаги достаточно, транспирация отличается максимальной интенсивностью. Однако с падением влажности почвы этот процесс резко снижается (Иванов, Л.А. и др. 1963).

Таким образом, анализ среднесуточной интенсивности транспирации показал, что наиболее существенные потери воды наблюдали у таких видов как *Aesculus hippocastanum* и *Acer platanoides*. Высокие показатели испарения воды листьями у *Acer platanoides* могут быть объяснены тем, что это растение относится к группе мезофитов (Бельгард, А.Л., 1971) и его листья имеют мезоморфную структуру, хотя могут выдерживать кратковременный водный дефицит и перегрев, но очень требовательно к влажности почвы (Аксенова, 1975). Невысокие показатели интенсивности транспирации на протяжении всей вегетации наблюдали у *Acer saccharinum* и *Populus alba*, а также у *Tilia cordata*. Следует, однако, указать, что у таких растений, как *Ulmus glabra* и *Acer saccharinum* интенсивность этого процесса практически не изменилась по сравнению с июлем.

Дневная динамика активности транспирационных процессов в листьях деревьев придорожной защитной лесополосы существенно меняется в течение вегетации. В июне пик интенсивности испарения воды приходится преимущественно на вторую половину дня (рис.3). Утром максимальная интенсивность транспирации наблюдается только у *Acer negundo*, позже она существенно падает. Высокий уровень испарения воды выявлен также у листьев *Aesculus hippocastanum*, но пик транспирации для этой породы приходится на 14 часов. После 14-ти часов усиливаются процессы транспирации у *Robinia pseudoacacia*, *Acer saccharinum*. Относительно равномерно в течение дня происходит испарение влаги у листьев *Populus alba* и *Juglans regia*. Минимум транспирации в наиболее жаркий период дня (14 часов) наблюдается у *Acer saccharinum*. Снижение интенсивности этого процесса после максимума в 11 часов выявлено у *Tilia cordata*.

Таким образом, у большинства видов в самый жаркий период дня в начале вегетации наблюдается высокая интенсивность транспирации (*Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*, *Juglans regia*, *Fraxinus lanceolata*, *Ulmus parvifolia*, *Ulmus glabra*, *Armeniaca vulgaris*, *Populus alba*). И лишь один вид проявляет регуляцию процесса транспирации – *Acer saccharinum*.

В июле тенденция дневного хода транспирации сохраняется – у 7-ми видов из 12-ти пик интенсивности транспирации приходится на 14 часов (рис.3). В первой половине дня, как и в июне, больше испаряется влаги листьями *Acer negundo*, *Armeniaca vulgaris* и *Tilia cordata*, хотя различия с показателем в 14 часов небольшие. Снижение интенсивности испарения воды листьями в самый жаркий период дня наблюдается только у *Robinia pseudoacacia*. У *Acer saccharinum* этот показатель почти не изменяется в течение дня. Слабые колебания его характерны и для *Tilia cordata*.

В начале сентября на фоне длительной засухи происходит существенное перераспределение хода транспирации: у большинства видов (двух видов кленов (*Acer negundo* и *Acer platanoides*, *Ul-*

mus glabra, *Populus alba*, абрикоса и *Tilia cordata*) максимальная интенсивность транспирации наблюдается в утренние часы. В середине дня падение интенсивности испарения влаги происходит у *Robinia pseudoacacia*, *Acer negundo*, *Fraxinus lanceolata* и *Ulmus parvifolia*, которое потом возрастает вечером. Постепенное возрастание транспирации с максимумом в 17 часов наблюдается у *Ulmus parvifolia*, *Juglans regia* и *Aesculus hippocastanum*. У этих видов не отмечается падение данного параметра в самый жаркий период дня. Наиболее высокие величины этого процесса в сентябре на фоне недостатка воды в почве и высоких температур установлены у *Acer platanoides*, вяза гладкого, а минимальные – у *Acer saccharinum*, *Juglans regia*, *Armeniaca vulgaris*, *Populus alba*.

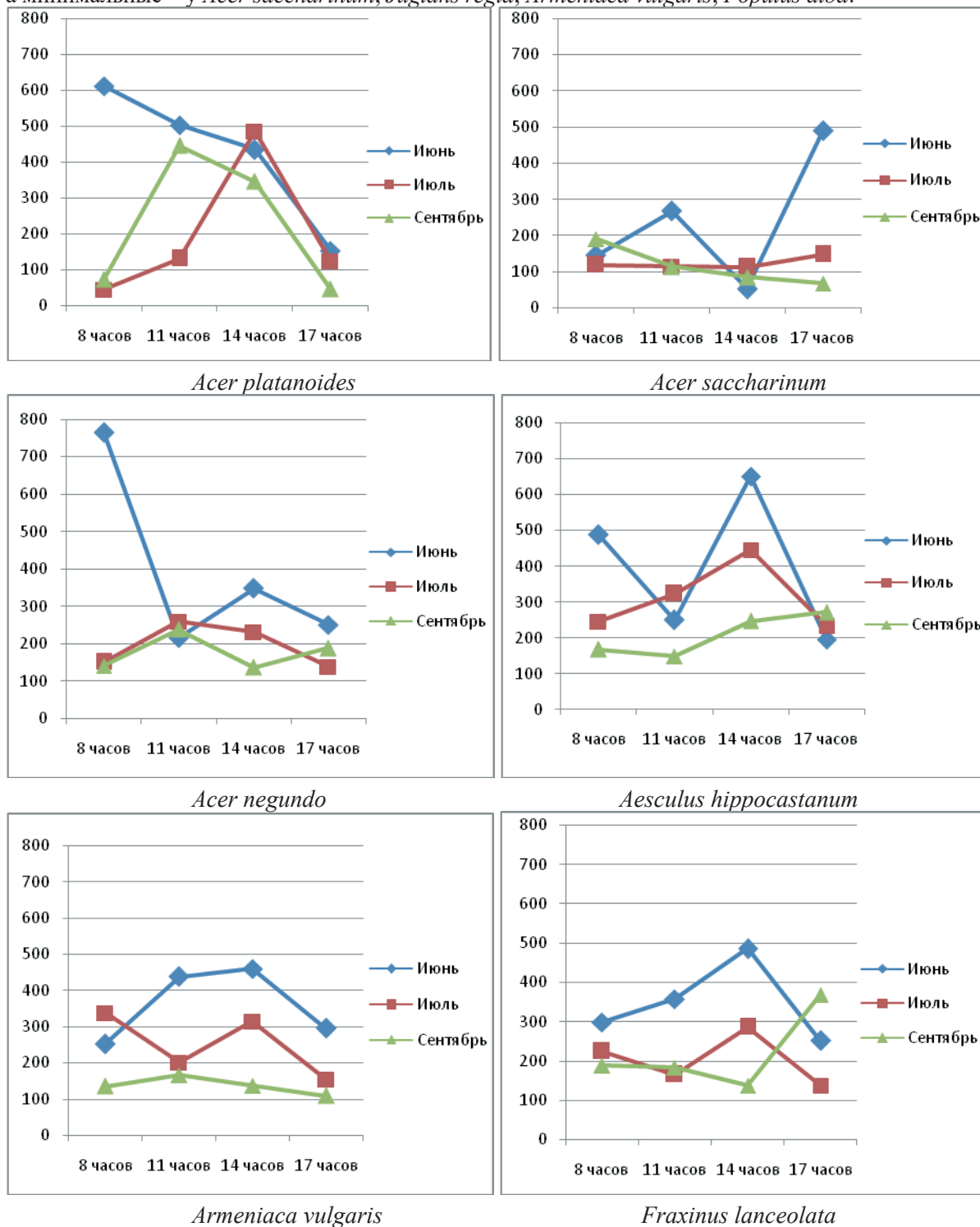


Рисунок 3. Дневные изменения интенсивности транспирации листьев древесных пород примагистральной лесополосы, мг/г сухой массы за час

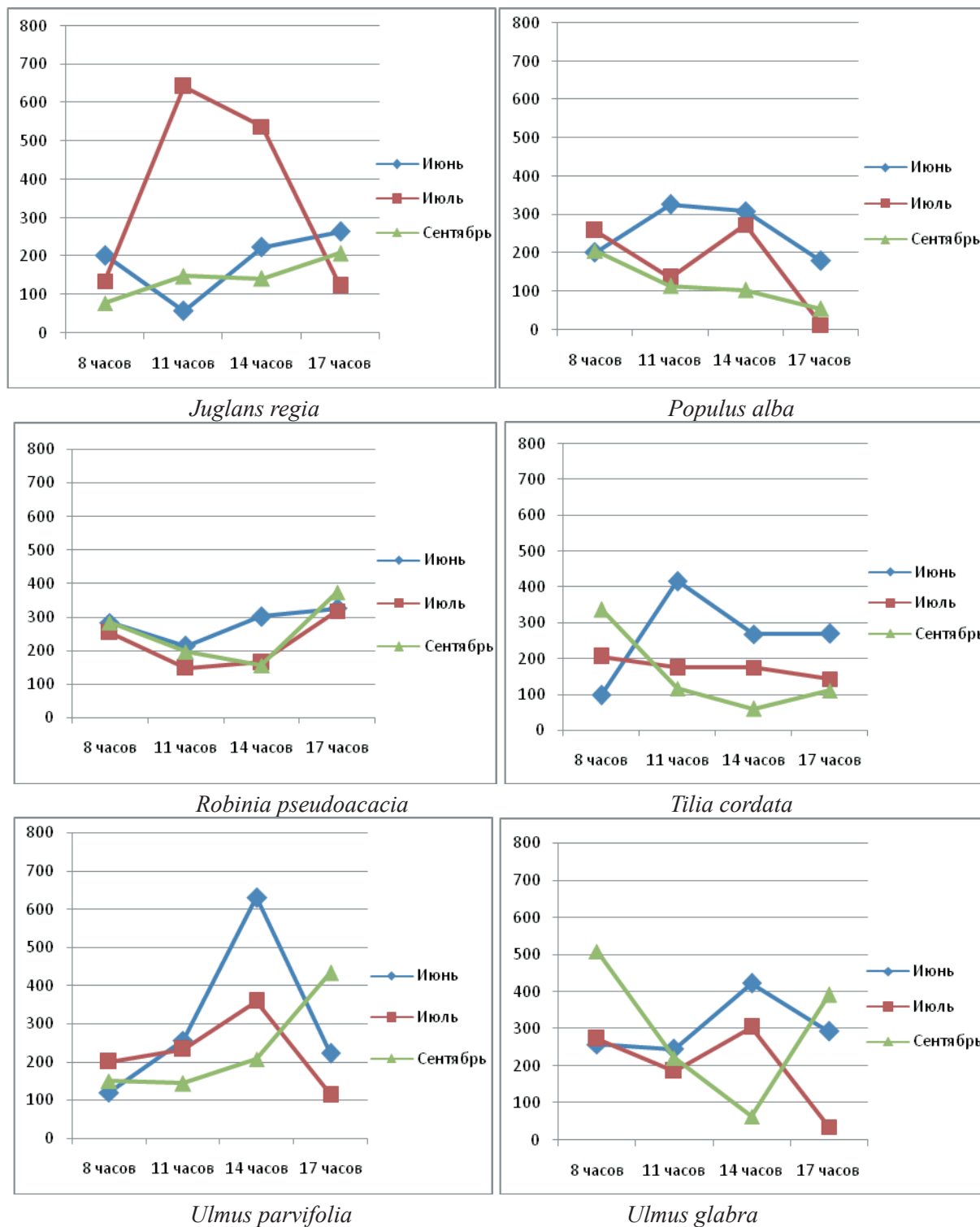


Рисунок 3. Дневные изменения интенсивности транспирации листьев древесных пород примаргальной лесополосы, мг/г сырой массы за час (продолжение)

Итак, большинство исследуемых видов в большей или меньшей степени проявляют неспецифические механизмы адаптации к стрессовым факторам среды: падение интенсивности транспирации при наиболее высоких температурах и сухости воздуха (июль, сентябрь). Сезонная и дневная динамика интенсивности транспирации органами ассимиляции деревьев наглядно пока-

зывает, какие породы защитной лесополосы лучше приспособляются к засухе. Наиболее четко в июле и начале сентября способность к регуляции транспирации в полуденные часы выражена у листьев *Robinia pseudoacacia*, а в сентябре у *Ulmus glabra* и *Tilia cordata*. Именно эти виды характеризуются слабой водоудерживающей способностью, потому важным механизмом приспособления к высоким температурам является снижение потерь воды в процессе транспирации регуляцией движения устьиц. Эти виды можно отнести к гидростабильным.

Стабильно низкую интенсивность транспирации в течение вегетации проявляют *Acer saccharinum* и *Populus alba*. Листья последнего имеют войлочное опушение, что, по мнению некоторых ученых, позволяет регулировать испарение (Максимов, Н.А., 1944; Колесниченко, О.В. 2010). Уменьшения испарения влаги в условиях недостатка воды в почве и воздухе (в июле, а особенно в сентябре) наблюдали также у *Aesculus hippocastanum*, и *Acer negundo*. Но анализ сезонной динамики транспирации у этих видов показывает неравномерные и достаточно высокие потери воды на фоне высоких температур и инсоляции.

Исследование жизненного состояния деревьев именно этого придорожного защитного насаждения, осуществленная нами ранее (Пономарева, Е.А. 2015), подтверждает, что *Acer saccharinum* и *Populus alba* относятся к категории устойчивых видов, а *Tilia cordata* и *Fraxinus lanceolata* представлены преимущественно ослабленными экземплярами. Существенная интенсивность транспирации у большинства исследованных видов может быть обусловлена также близким расположением автопалатки, которое отражает тепло и увеличивает температурный стресс для растений примагистральных лесополос. Это приводит к необходимости увеличивать объемы испаряемой воды, что защищает деревья от перегрева.

ВЫВОДЫ

На протяжении вегетации водоудерживающая способность почти всех древесных видов лесополосы претерпевала изменения. С июня по сентябрь существенное возрастание этого показателя наблюдается у *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*, *Armeniaca vulgaris*, *Ulmus parvifolia*. Относительно небольшие потери воды на всех этапах исследований присущи листьям *Populus alba*, *Acer negundo* и *Acer saccharinum*, *Juglans regia*. Для остальных видов характерна либо большая потеря воды на протяжении всего сезона (*Fraxinus lanceolata*, *Ulmus glabra*), либо ухудшение водоудерживающей способности на фоне засухи (*Tilia cordata*) в конце вегетации.

Среднесуточная сезонная динамика транспирации у всех видов, кроме *Juglans regia*, характеризуется снижением интенсивности этого показателя к середине лета на фоне усиления засухи. В конце вегетационного сезона на фоне существенного недостатка воды в почве и высоких температур воздуха у *Acer platanoides* и *Ulmus glabra* происходит усиление транспирационной активности, в то время как у остальных видов интенсивность испарения либо снижается (*Populus alba*, *Aesculus hippocastanum*, *Armeniaca vulgaris*, *Juglans regia*), либо почти не меняется (*Acer saccharinum*, *Tilia cordata*, *Acer negundo*, *Ulmus parvifolia*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*).

Дневные изменения интенсивности транспирации показали, что на фоне достаточного содержания влаги в почве (в июне) почти у всех видов максимум испарения приходится на дневные часы (11–14 часов), кроме кленов ясенелистного и остролистного, которые максимально транспирируют утром. По мере усиления засухи (июль и начало сентября) у некоторых видов наибольшие потери воды происходят утром и вечером (*Ulmus glabra*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*). *Fraxinus lanceolata* и *Ulmus parvifolia* максимально испаряют влагу только вечером, а *Armeniaca vulgaris*, *Populus alba*, *Juglans regia* и *Acer saccharinum* имеют слабую интенсивность транспирации на протяжении всего дня.

Таким образом, наиболее засухоустойчивыми в придорожном насаждении по таким показателям водного режима, как водоудерживающая способность и интенсивность транспирации, в условиях Северной Степи Украины, являются *Acer saccharinum*, *Armeniaca vulgaris*, *Ulmus parvifolia* и *Populus alba*. Худшую приспособленность к стрессовым условиям роста наблюдаем у *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum*, *Ulmus glabra* и *Fraxinus lanceolata*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. АРЛАНД, А.А. (1960). Использование физиологических показателей в сельском хозяйстве. В: Физиология растений, т. 7, вып. 2, с. 160-168. ISSN 0015-3303.
2. БАГРОВА, Л.А., ГАРКУША, Л.Я. (2009). Искусственные лесонасаждения в Крыму. В: Экосистемы, их оптимизация и охрана, вып. 20. С. 134–145. ISSN 2078-967X.
3. БЕЛЬГАРД, А.Л. (1971). Степное лесоведение. Москва: Лесная промышленность. 321 с.
4. БЕЛЯВА, Ю.В. (2014). Результаты исследования водоудерживающей способности листовых пластинок *Betula pendula* Roth., произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г. Тольятти). В: Известия Самарского науч. центра РАН, т. 16, № 5, с. 1654-1659. ISSN 1990-5378.
5. БЕССОНОВА, В.П. и др. (1975). Некоторые особенности водного режима акации белой, произрастающей в разных условиях увлажнения. В: Вопросы степного лесоведения и охраны природы, вып. 5, с. 136-142.
6. БЕССОНОВА, В.П. и др. (2016). Водний обмін листя *Quercus robur* у протиерозійному насадженні на півдні ареалу виду. У: Вісник Дніпропетровського ун-ту. Серія Біологія, екологія, вип. 24(2), с. 444-450. ISSN 2310-0842.
7. БОГДАНОВ, А.В. (2009). Биоэкологическое обоснование применения видов рода *Juglans* L. в условиях засушливого климата. В: Аграрный вестник Урала, вып. 8(62), с. 80-81. ISSN 1997-4868.
8. ВЕРБИЦКАЯ, О.А. (2011). Водный обмен древесных растений в условиях хронического действия органических ксенобиотиков. У: Питання біоіндикації та екології, вип. 16, с. 93-103. ISSN 2312-2056.
9. ГОРДЕЕВА, Г.Н. и др. (2011). Эколого-биологические основы сохранения биоразнообразия растений в засушливых условиях Хакасии. В: Достижения науки и техники АПК, вып. 4, с. 16-19. ISSN 0235-2451.
10. ЕРЕМЕЕВ, Г.Н. (1965). Краткий обзор методов методов засухоустойчивости форм и сортов плодовых. В: Проблемы современной ботаники, т. 6, с. 333-337.
11. ЗАЙЦЕВА, И.О., ГОЛИКОВА, М.М. (2010). Особливості водного режиму кленів за умов гідротермічного стресу та техногенного навантаження. У: Питання біоіндикації та екології, вип. 15, № 1, с. 53-63. ISSN 2312-2056.
12. ЗИЯТДИНОВА, К.З. и др. (2013). Водный обмен листьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условия техногенного загрязнения окружающей среды. В: Вестник Челябинского гос. ун-та, вып. 2, № 7(298), с. 181-184. ISSN 2409-4102.
13. ИВАНОВ, Л. А. и др. (1952). О транспирации полезащитных пород в условиях Деркульской степи. В: Ботанический журнал, т. 37, № 2, с. 113-127. ISSN 0006-8136.
14. ИВАНОВ, Л.А., ГУМИДОВА, И.В., ЦЕЛЬНИКЕР, Ю.Л., ЮРИНА, Е.В. (1963). Фотосинтез и транспирация древесных пород в различных климатических зонах. В: Водный режим в связи с обменом веществ и продуктивностью. Москва: Из-во АН СССР, с. 121–127.
15. ИВАНОВА, А.С. (2014). Влияние параметров придорожных лесных полос на снижение шума вблизи автомобильных дорог (на примере Саратовского Правобережья): Автореф. дис. ... канд. биолог. наук: спец. 03.02.08. – экология. Саратов. 22 с.
16. ИЩУК, Г.П. (2011). Посухостійкість північноамериканських видів роду *Juglans*. У: Науковий вісник НЛТУ України, вип. 21(17), с. 38-43. ISSN 1994-7836.
17. КНЯЗЕВА, Л.А., ОВЧИННИКОВА, К.И. (1966). Транспирация древесных пород и кустарников в условиях Уральского стационара. В: Искусственные насаждения и их водный режим в зоне каштановых почв. Москва: Наука, с.126-140.
18. КОЛЕСНИЧЕНКО, О.В. и др. (2010). Оцінка жаро- і посухостійкості саджанців рослин каштана їстівного (*Castanea sativa* Mill.) та гіркого каштану звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.). У: Наукові доповіді НУБіП, вип. 2(18), с. 85-96. ISSN 2223-1609.
19. КОЦЮБИНСКАЯ, Н.П. (1978). Водный обмен дуба и сопутствующих пород в пристенных и пойменных лесных биогеоценозах юго-востока Украины (на примере Присамарья): автореф. дис. ... канд. биолог. наук. Днепропетровск. 21 с.
20. КРАМЕР, П.Д., КОЗЛОВСКИЙ, Т.Т. (1983). Физиология древесных растений. Москва: Лесная промышленность. 464 с.
21. КРИВОРУЧКО, А.П., БЕССОНОВА, В.П. (2017). Характеристика водного обмена листьев *Quercus robur* L. и *Quercus rubra* L. в чистых и смешанных группах. In: Știința agricolă, nr. 1, pp. 66-73. ISSN 1857-0003.
22. КУШНИРЕНКО, М.Д. (1975). Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев: Штиинца. 216 с.
23. МАКСИМОВ, Н.А. (1944). Развитие учения о водном режиме и засухоустойчивости растений от Тимирязева до наших дней. Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР. 47 с.
24. МАО, Ц. и др. (2004). Водный обмен листа березы и лиственницы и их устойчивость к кратковременной и длительной засухе. В: Физиология растений, т. 51, № 5, с. 773-777. ISSN 0015-3303.

25. НЕСТЕРОВА, Н.Г. (2012). Особливості водного режиму в декоративних деревних рослин у м. Київ. У: Садівництво, вип. 66, с. 168-172. ISSN 0558-1125.
26. ОСИПОВА, Л.М., СУМСКАЯ, А.Н. (2009). Характер влияния атмосферных токсикантов на содержание разных форм воды и интенсивность транспирации листьев древесных растений. У: Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону, № 1(9), с. 202-206. ISSN 2077-3366.
27. ПАРАМОНОВ, Е.Г. и др. (2010). Ассортимент древесных пород в лесополосах сухой степи в условиях изменения климата. В: Мир науки, культуры, образования, вып. 4-1, с. 280-282. ISSN 1991-5497.
28. ПОНОМАРЄВА, Е.А. (2015). Анализ состояния защитных придорожных насаждений трассы Днепропетровск-Запорожье. В: Вестник Донского гос. аграрного ун-та, № 3, ч.1, с. 52-60. ISSN 2311-1968.
29. ПОНОМАРЄВА, Е.А. (2010). Порівняння водоутримуючої здатності листків рослин роду *Tilia* L. та вплив на цей процес викидів автотранспорту в умовах південного сходу України. У: Питання біоіндикації та екології, вип. 15, № 2, с. 87-96. ISSN 2312-2056.
30. СЕЙДАФАРОВ, Р.А., САФИУЛЛИН, Р.Р. (2012). Влияние смешанного типа загрязнения на древостои основных лесобразователей поселка Приютово. В: Известия Самарского научного центра РАН, т. 14, № 1(6), с. 1532-1535. ISSN 1990-5378.
31. ЧЕРНЬШЕНКО, О.В., и др. (2017). Интенсивность транспирации листьев у некоторых видов рода *Raetonia* L. как один из возможных показателей их адаптации к условиям среды. В: Лесной вестник, т. 21, № 3, с. 78-86. ISSN 2542-1468.
32. ШЕВЧЕНКО, С.М. (2009). Інтенсивність транспірації листям карагани деревоподібної (*Caragana arborescens* Lam.) у придорожніх захисних лісових насадженнях Центрального Поділля. У: Науковий вісник НЛТУ України, вип. 19.7, с. 40-43. ISSN 1994-7836.
33. EI-LAKANY, M.H. (1983). A review of breeding drought resistant *Casuarina* for shelterbelt establishment in arid regions with special reference to Egypt. In: Forest Ecology and Management, vol. 6(2), pp. 129-137. ISSN 0378-1127.
34. CHUNYANG, L., KAIYUN, W. (2003). Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. Populations. In: Forest Ecology and Management, vol. 179(1-3), pp. 377-385. ISSN 0378-1127.
35. KOZLOWSKI, T.T., DAVIES, W.J. (1975). Control of water loss in shade trees. In: Journal of arboriculture, vol. 1(5), pp. 81-90. ISSN 0278-5226.
36. ISLAMA, N et al. (2012). Pollution attenuation by roadside greenbelt in and around urban areas. In: Urban Forestry & Urban Greening, vol. 11(4), pp. 460-464. ISSN 1618-8667.

Data prezentării articolului: 16.03.2019

Data acceptării articolului: 03.05.2019