

УДК 581.1

## ОСОБЕННОСТИ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

А. Б. Петрова

Данная статья посвящена изучению природно-климатических условий Среднего Поволжья во время вегетации растений в период переувлажнения почвы. Для объяснения механизмов приспособления растений к переменному уровню почвенного увлажнения использовались различные методы: количественное и качественное определение содержания аминокислот, определение фотосинтетических пигментов, а также водоудерживающей способности и водного дефицита.

Одной из важнейших характеристик биоресурсов нашей планеты является первичная продуктивность зеленых растений. Она определяется комплексом факторов, главными из которых являются солнечная радиация, термический режим, увлажнение. В зависимости от их сочетания формируются условия, запускающие фотосинтез или лимитирующие его [1].

Вода – самая распространенная и самая необходимая для жизни и в то же время уникальная по свойствам жидкость [2, 3, 4].

Транспорт воды в растения, в соответствии анатомическим строением тканей, может осуществляться тремя путями: 1. по апопласту – свободному пространству тканей, включающему в себя межклеточные промежутки, каналы между микрофибриллами целлюлозы клеточных стенок, сосуды ксилемы; 2. по симпласту, включающему в себя протопласты (внутреннее содержимое) всех клеток, объединенных межклеточными контактами – каналами плазмодесм – в единую систему; 3. по трансклеточному, вакуолярному пути, пути трансмембранному из клетки в клетку, по вакуолям, с выходом через плазмалемму в межклеточное пространство [5].

Структура растительной клетки такова, что состояние воды различается в разных ее частях [6].

Известно, что водный обмен высших растений включает 3 этапа:

1. Поглощение воды из почвы систе-

мой корневых волосков и мелких корешков с последующим поступлением ее в мертвые клетки ксилемы;

2. Передвижение воды по ксилеме, иногда на расстояния, измеряемые десятками метров;

3. Отдача воды в процессе транспирации [7].

Водный режим растения оказывает влияние на процессы фотосинтеза, так как вода непосредственно участвует в нем как субстрат окисления и источник кислорода. Величина оводненности листьев определяет степень открывания устьиц и поступление углекислого газа в лист [8, 9].

Интенсивность фотосинтеза связана с движением устьиц, степенью открытости которых зависит от освещенности, температуры, влажности, концентрации углекислого газа и других условий [10, 11, 12, 13]. Интенсивность фотосинтеза, в свою очередь, довольно тесно коррелирует с отдельными параметрами водного режима листа (особенно транспирацией) [14].

Многие исследователи отмечают лабильность мембранных систем хлоропластов, которые после непродолжительного обезвоживания и последующей гидратации быстро восстанавливают свою ультраструктуру и функциональную активность.

Некоторые ученые считают, что наиболее чувствительным показателем устойчивости растений к обезвоживанию является интенсивность синтеза белка [9].

При изучении зависимости азотного обмена от водообеспеченности имеет значение выяснение изменений в количественном и качественном составе аминокислот листьев и других органов. Всего известно около 90

---

*Петрова Анна Борисовна*  
(viksian@yandex.ru), студент 5 курса биологического факультета Самарского государственного университета, 443011, Россия, г. Самара, ул. Академика Павлова, 1.

аминокислот, из которых в растительных тканях обнаружено почти 70. Но наиболее часто встречается 23 аминокислоты. Свободные аминокислоты в листьях, стеблях и корнях распределяются при разной водообеспеченности неодинаково [13, 15, 16].

Локализация в листьях, да и вообще, во всех наземных частях придает белкам определенные особенности. Они связаны с большими массами воды и волокнами, преимущественно целлюлозными [17].

Морфологическое проявление коллоидно-химических проблем растений представляют собой экологические группы растений.

Гигрофиты – растения влажных местообитаний. Количество осадков, увлажнение почвы, относительная влажность воздуха обеспечивает им сравнительно благополучный водный режим. Теневые гигрофиты обитают в сырых теплых и тенистых тропических лесах [18].

Гидрофиты – растения водных местообитаний. Они делятся на три группы: гидатофиты – полностью погруженные растения; аэрогидатофиты – растения с плавающими листьями; собственно гидрофиты имеют листья, расположенные над водой [18].

Ксерофиты – растения засушливых мест. Также делятся на несколько групп.

1. Избегающие засухи – пустынные и степные виды.

2. Уклоняющиеся виды – с мощной поверхностной корневой системой, быстро поглощающей дождевую влагу или развивающие корни, достигающие грунтовых вод.

3. Выдерживающие засуху – настоящие ксерофиты. Их делят на суккуленты и склерофиты. Первые многолетние сочные растения с сильно развитой водозапасающей паренхимой. Листья и стебли покрыты толстой кутикулой, количество устьиц небольшое. Вторые – растения с сухими жесткими листьями, имеющими толстую кутикулу и развитые механические ткани [19].

Мезофиты – обитают в условиях умеренного увлажнения. К ним относится большинство лиственных древесных пород, луговые и многие лесные травы, сорняки, большинство культурных растений. Эту группу составляют разнородные виды как с «типичным» мезоморфным строением, так и с раз-

ными отклонениями в сторону гигро- или ксероморфной организации.

Данная статья посвящена изучению особенностей адаптации травянистых растений к переменному увлажнению почвенного субстрата, которое в условиях нашего региона представляет собой важный экологический фактор. Как мы предполагаем, под его влиянием в условиях климата Самарской области растения по особенностям их водного режима не всегда будут соответствовать классическим представлениям о мезофитах или гигрофитах. Поэтому изучение их биоэкологических особенностей в наших природных экосистемах важно и актуально.

### Условия и методы исследования

Исследования проводились на Красносамарском стационаре Комплексной биогеоценологической экспедиции кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета (Кинельский район Самарской области) летом и осенью 2011 г., на пробной площади № 32. Данный участок Красносамарского лесничества представлял вязово-дубово-липовое сообщество. Выбирали модельный участок с хорошим травостоем. Работу начинали через 1–2 дня после дождей. Пробы листьев отбирали от 4 травянистых растений: *Aegopodium podagraria* L. – сныть обыкновенная, *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. – коротконожка перистая, *Chelidonium majus* L. – чистотел большой, *Convallaria majalis* L. – ландыш майский.

Программа полевых исследований заключалась в следующем.

На первый день производили отбор проб (суммарная проба составляла примерно 50 г каждого вида в двух- трехкратной повторности), затем в течение суток растения выдерживали в тени. На второй день выполняли повторное взвешивание проб травостоя, после чего образцы досушивали до полного высыхания и взвешивали. Так определяли суточные потери, водоудерживающую способность и общую оводненность фитомассы.

Одновременно с отбором травостоя брали пробу побегов по 10 г, которую после взвешивания опускали на 2 часа в емкость с водой, после чего обсушивали и снова взвешивали. Таким образом определяли водный

дефицит растений.

В такой же последовательности отбирали и обрабатывали пробы фитомассы в последующие пять дней.

Далее высушенные пробы фитомассы изучали в лаборатории, используя количественное определение содержания свободных аминокислот по Починку, разделение свободных аминокислот с помощью тонкослойной хроматографии на силикагелевых пластинах на алюминиевой подложке и спектрофотометрическое определение содержания основных фотосинтетических пигментов – хлорофиллов А, В и суммы каротиноидов в ацетоновых экстрактах [20].

### Результаты и их обсуждение

Нами было проведено исследование по водоудерживающей способности некоторых травянистых растений, а также по их водному дефициту (рис. 1). Оказалось, что

количество влаги в растениях менялось в зависимости от вида и от дня, когда производилось взвешивание.

Наибольшей водоудерживающей способностью и наименьшим водным дефицитом обладают чистотел большой (57–39 %) и ландыш майский (55–56 %). Коротконожка перистая обнаруживала низкие адаптивные стратегии к водному дефициту. Полученные данные по дням сильно варьировали вследствие меняющихся условий среды.

На рис. 2 показано сравнение показателей водоудерживающей способности и суточных потерь влаги у представителей разных семейств в дни проведения эксперимента. Здесь можно заметить, что максимальные суточные потери понесла коротконожка перистая (до 75 %), а наименьшие – ландыш майский (до 22 %). Такие показатели можно объяснить особенностями строения данных видов.

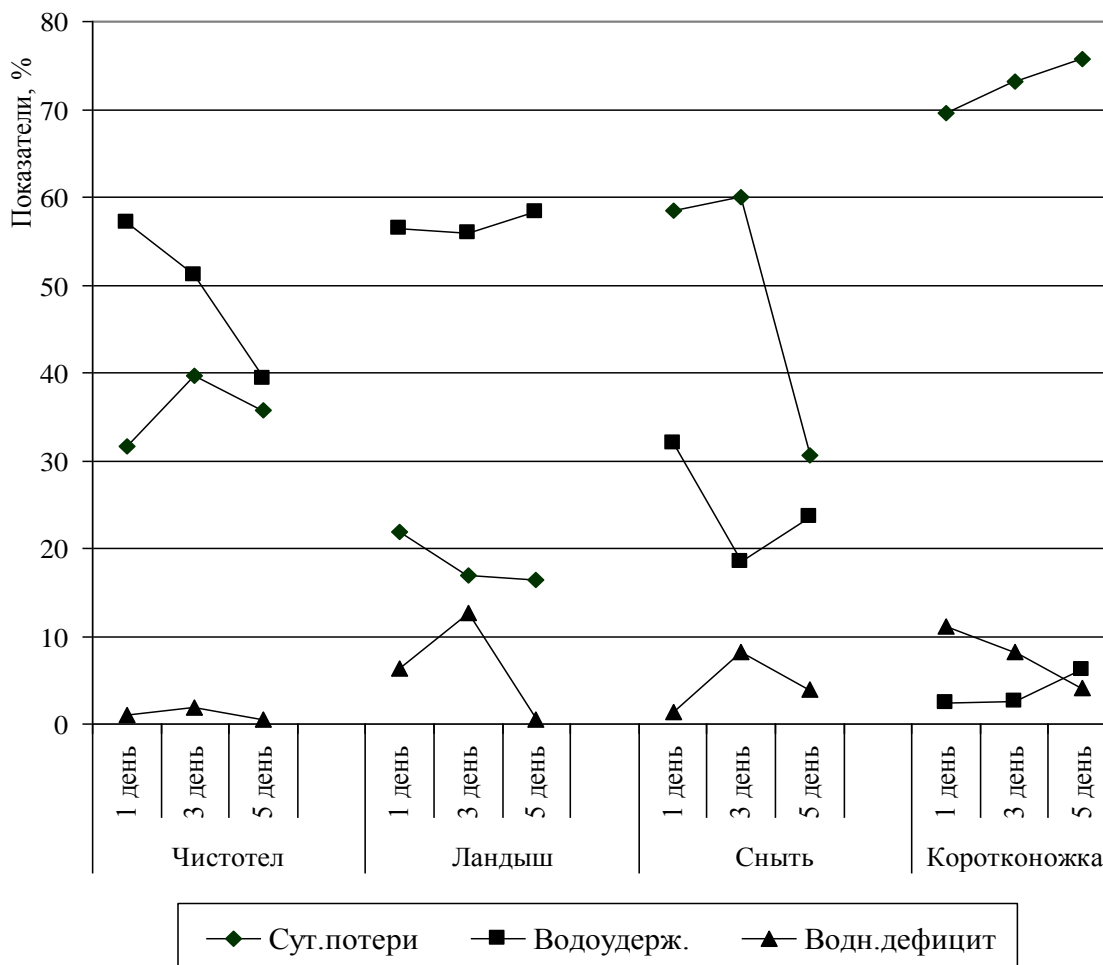
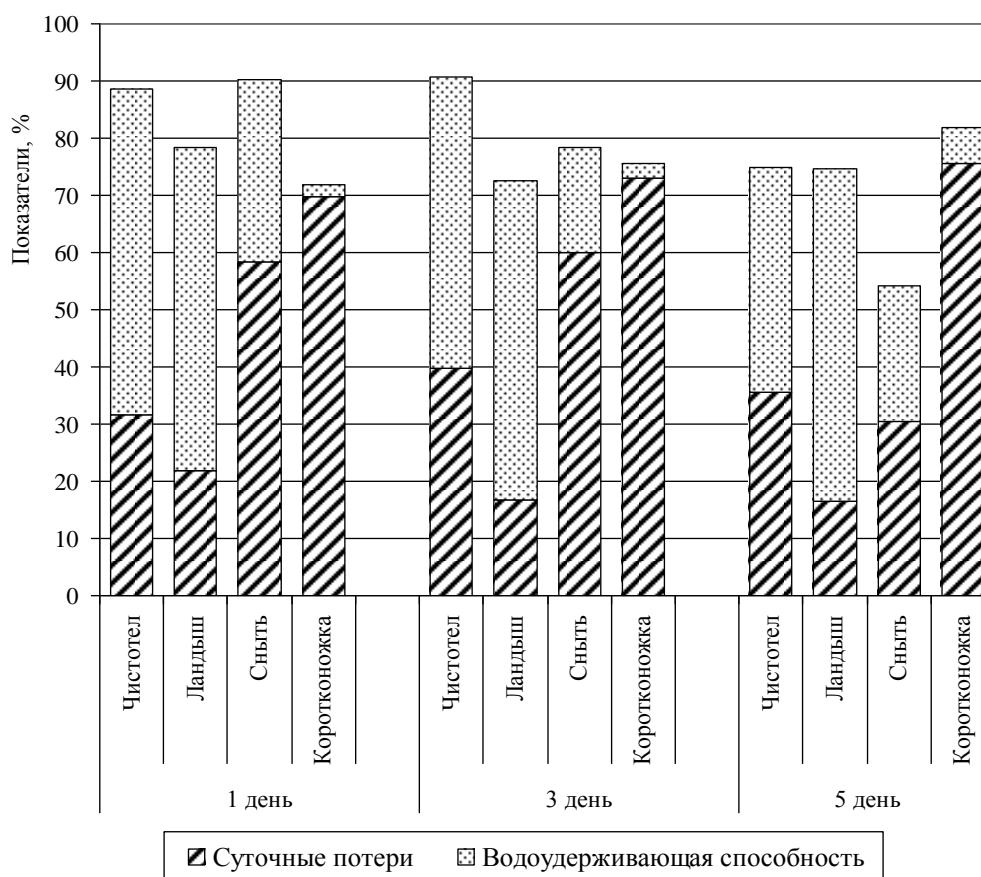


Рис. 1. Особенности водных показателей листьев некоторых травянистых растений при изменении влажности почвы (июль 2011 г.)



**Рис. 2. Особенности водного режима листьев некоторых травянистых растений при изменении влажности почвы (июль 2011 г.)**

Проведенное нами определение полевой влажности почвенных образцов на 1 день показало, что в один и тот же момент в насаждении на сравнительно близком расстоянии присутствуют участки с неодинаковым увлажнением почвы: от 41 до 59 %. Это связано с освещенностью участков, их доступностью ветру, с деятельностью корневых систем деревьев. Такая мозаичность вторично изменяет условия увлажнения, в которых должны обитать растения.

Количественное и качественное определение свободных аминокислот в листьях травянистых растений показало следующие результаты (рис. 3). Оказалось, что наибольшее количество аминокислот накапливалось у ландыша (от 2,8 до 3,4 мг/г сухой массы), а также у чистотела (от 2 до 2,8 мг/г сухой массы). У сныти данный показатель сильно варьировал (от 0,9 до 2,8 мг/г сухой массы).

Как известно, накопление свободных аминокислот относится к числу защитных реакций, обеспечивающих устойчивость растений к ряду неблагоприятных условий – за-

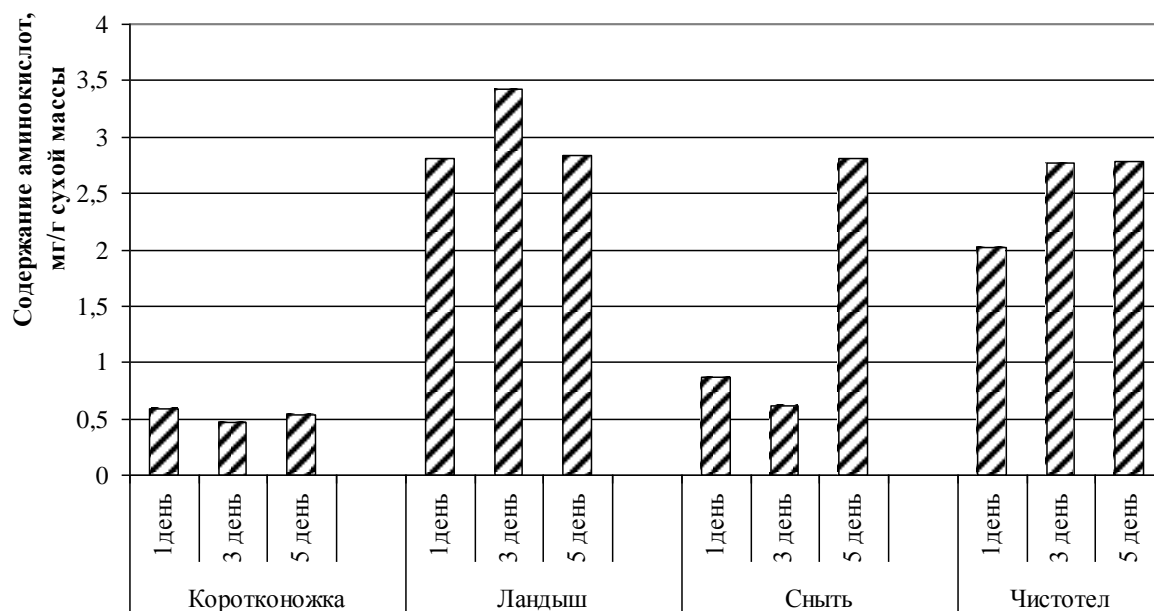
сухе, засолению субстрата и пр. [9]. Но, вероятно, не для всех растений эта реакция выражена одинаково сильно, поскольку имеются другие вещества, повышающие осмотические свойства растительной клетки. Обнаруженные нами различия связаны с особенностями обмена веществ данных видов: чистотел, например, содержит алкалоиды: гомохелидонин, хелеритрин, сангвинарин, протопин и другие, всего более 20 алкалоидов. Хелидонин – алкалоид, близкий по строению к папаверину и морфину. В чистотеле также обнаружены следы эфирного масла, много аскорбиновой кислоты, каротин, флавоноиды, сапонины, горечи, органические кислоты: хелидоновая, яблочная, лимонная и янтарная, а также смолистые вещества [21].

При изучении качественного состава аминокислот в наибольшем количестве были выявлены следующие аминокислоты: аргинин, валин, тирозин, аспарагин, триптофан, глутаминовая кислота, метионин. Была обнаружена в остаточных количествах такая аминокислота, как пролин. Возможно, это

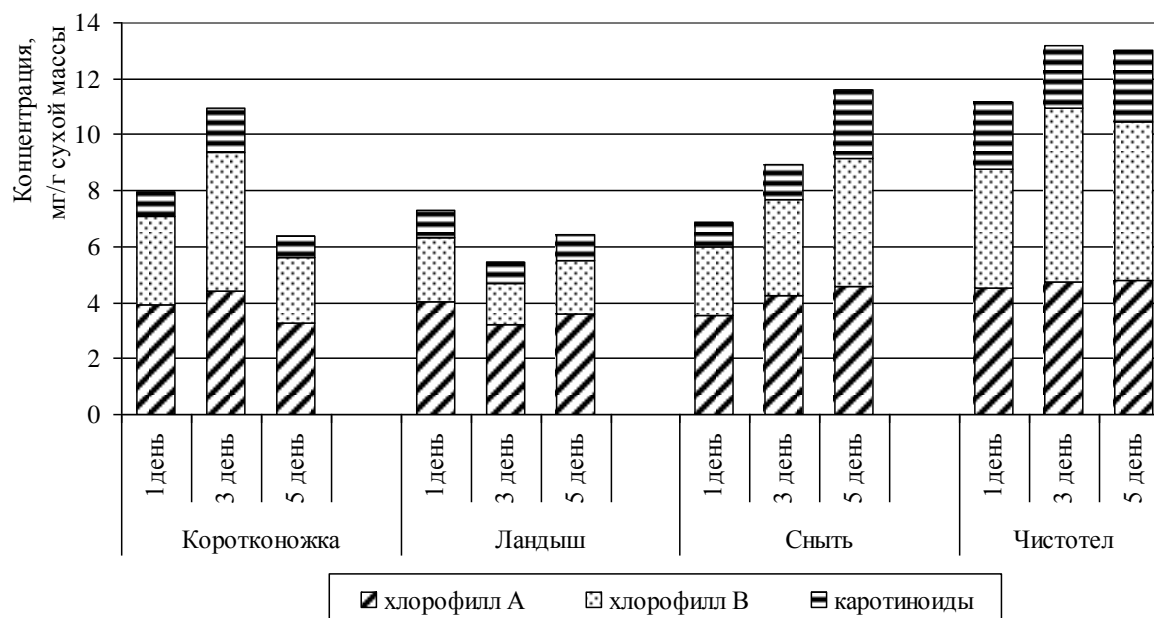
связано с умеренно влажными погодными условиями, так как данная аминокислота является стрессовым метаболитом.

Фотосинтетические пигменты являются обязательными для зеленых тканей растений компонентами, обеспечивающими протекание процесса фотосинтеза. Их со-

держание также зависит от условий обитания и может существенно различаться у одного и того же растения при росте в открытом местообитании или в затенении. На рисунке 4 показаны результаты определения фотосинтетических пигментов в листьях некоторых травянистых растений.



**Рис. 3. Изменение содержания свободных аминокислот в листьях некоторых травянистых растений при изменении влажности почвы (июль 2011 г.)**



**Рис. 4. Изменение содержания фотосинтетических пигментов в листьях некоторых травянистых растений при изменении влажности почвы (июль 2011 г.)**

Данный показатель также достаточно сильно варьировал у представителей разных семейств, что говорит о различном строении органов и тканей изучаемых нами видов. Кроме того, причиной изменения количества пигмен-

тов может служить принадлежность растений к разным экологическим группам. Пигментный состав также зависит от количества влаги, поступающей в клетки растений для процессов фотосинтеза. Также можно заметить малое ко-

личество каротиноидов, так как они в качестве компонентов антиоксидантной системы растений должны защищать хлорофиллы от фотоокисления. При жаркой солнечной погоде их молекулы разрушаются, но при благоприятных условиях образуются вновь. Их присутствие обязательно, так как они являются частью антенного комплекса и вместе с хлорофиллами В и А активизируют улавливание квантов света, что очень важно при росте трав в затенении деревьями. Для коротконожки, сныти, чистотела мы отмечаем сравнительно высокое содержание хлорофиллов В и каротиноидов, свойственное тенелюбивым растениям.

### Заключение

Таким образом, различные по своим биоэкологическим особенностям и систематической принадлежности лесные травы обнаружили неодинаковый уровень эколого-биохимических показателей (содержания фотосинтетических пигментов, свободных аминокислот) и различные параметры водного режима. Для каждого из растений отмечалась динамика изменений изученных показателей в ответ на сложившийся уровень почвенного увлажнения и температуры. Это свидетельствует о наличии постоянной корректировки обменных процессов травянистых растений в ответ на изменения внешних условий.

### Литература

1. Локшина И. Ю. Влияние изменений факторов окружающей среды на продуктивность естественных фитоценозов // Исследование изменений климата и влагооборота. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 128 с.
2. Анисимов А. В., Ратнович С. А. Транспорт воды в растениях: исследование импульсным методом ЯМР. М: Наука, 1992. 144 с.
3. Клотц И. Вода // Горизонты биохимии. М.: Мир, 1964. С. 199–419.
4. Крафтс А., Карриер Х, Стокинг К. Вода и ее значение в жизни растений. М., 1951. 344 с.
5. Геуцкий В. Г., Родионов П. А. Движущая сила транспорта влаги в растении // Докл. АНБССР. 1982. Т. 26. № 6. С. 450–453.
6. Гусев Н. А. Состояние воды в растении. М., 1974. 134 с.
7. Жолкевич В. Н. Энергетика дыхания высших растений в условиях водного дефицита. М., 1968. 210 с.
8. Беляева О. Б., Литвин Ф. Ф. Фотобiosинтез хлорофилла. М: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 104 с.
9. Косулина Л. Г., Луценко Э. К., Аксенова В. А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2009. 236 с.
10. Вегер А. С., Гончарин Н. Н, Терентьев В. Ч. Фотосинтез и устойчивость растений. Минск: Наука и техника, 1973. 176 с.
11. Жолкевич В. Н., Гусев Н. А., Капля А. В. Водный обмен растений. М.: Наука, 1989. 256 с.
12. Plant physiology: A treatise. Water and solutes in plants / Ed. F. C. Steward. Orlando: Acad. Press. 1986. Vol. 9. 611 p.
13. Kramer P. J. Water relations of plants. New York: Acad. Press. 1983. 489 p.
14. Иванченко В. М., Крушина С. С., Маршанова М. И. О механизме влияния водного режима ассимиляционной ткани на интенсивность фотосинтеза // Фотосинтез и устойчивость растений. Минск: Наука и техника, 1973. 176 с.
15. Hiron K.W. P., Wright S. T. The role of endogenous abscisic acid in the response of plants to stress // J. Exp. Bot. 1973. Vol. 24. P. 769–773.
16. Stocker O. Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. UNESCO: Arid Zone Res. 1960. 104 p.
17. Курсанов А. Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 646 с.
18. Березина Н. А., Афанасьева Н. Б. Экология растений. М.: Академия, 2009. 400 с.
19. Двораковский М. С. Экология растений. М.: Изд-во МГУ, 1970. 64 с.
20. Кавеленова Л. М. Лабораторные работы большого спецпрактикума. Самара: Самарский университет, 2001. 50 с.
21. Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав и использование. Сем. *Magnoliaceae–Limonaceae*. Л.: Наука, 1984. 460 с.

Статья поступила в редакцию 11.10.2012 г.