

УДК 581.52.45(571.6)

Г. А. БЕЛАЯ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет природообустройства»

## ПРОДУКЦИЯ И РАСХОДЫ ВОДЫ У ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

*Характеризуется водный режим травостоев российского Дальнего Востока. Приведены материалы по содержанию воды в растениях, интенсивности транспирации, реальному водному дефициту в природных условиях, сосущей силе, осмотическому давлению, а также по расходу воды и продукции.*

*Продукция, запас и расход воды, транспирация, сосущая сила, экология лугов.*

*The article characterizes a herbage water regime of the Russian Far East. The materials are given on the water content in plants, transpiration rate, real water deficit under natural conditions, water absorbing power, osmotic pressure as well as water consumption and production.*

*Production, water reserves and consumption, transpiration, water absorbing power, ecology of grasslands.*

Луга, во всяком случае продуктивные, сформировались и могут быть созданы лишь там, где выпадает достаточно большое количество атмосферных осадков, или там, где в обеспечении водой, помимо атмосферных осадков, принимают участие и другие источники воды. Изучение факторов, определяющих продуктивность травяных экосистем, имеет большое значение для познания закономерностей функционирования и управления их развитием применительно к задачам хозяйственного использования травостоев. В определении условий произрастания луговых растений особенно велико значение водного режима, поскольку от него зависит не только обеспеченность растений водой и элементами минерального питания, но также аэрация, тепловой режим и реакция почвы.

На Дальнем Востоке исследования по экологии луговых трав до нас не проводили. В Приморском крае, для климата которого характерно господство зимнего и летнего муссонов, многие луговые растения испытывают резкие переходы от недостатка к избытку влаги в почве. Смена недостаточной влажности на избыточную отрицательно влияет на растения и их продуктивность.

В литературе сведений по водоснабжению растений в условиях Приморского края мало. Основные материалы посвящены влиянию на сельскохозяйственные культуры избыточной влажности, вымоканию. К сожалению, недооценивается неблагопри-

ятная роль засухи. В Приморье отсутствие осадков может сочетаться с высокой температурой воздуха и даже с суховеями.

Данные по водно-физическим свойствам и водно-температурному режиму почв основных типов лугов Приморского края отсутствуют, поэтому автору пришлось изучать водно-физические свойства почв, режим их увлажнения, распределение влаги в почве. Удельный вес почв лугов колеблется от 2,2 до 2,6 г/см<sup>3</sup>. Для лангсдорфовейникового и зубровково-разнотравного участков характерен более высокий объемный вес по сравнению с другими участками. Высокую порозность почв имеют белокопытниковые сообщества в гумусовом горизонте (79 % от объема почвы). Влажность завядания на лугах — от 13,5 до 15,9 % от веса абсолютно сухой почвы.

Изменения влажности почвы в течение сезонов вегетации в разных фитоценозах Дальнего Востока рассмотрены в более ранних работах [1—5].

Большое внимание в экологии уделяют максимальным значениям тех или иных показателей и их амплитудам, поскольку они характеризуют крайние условия, к которым приходится приспосабливаться растениям. Важно знать предельные величины оводненности в различных органах растений, характеризующие оптимальную влажность в природных условиях, при которой нормально протекают все процессы водообмена растений, и наименьшие величины этого показателя, которые

указывают на предел обезвоживания тех или иных видов (для естественных условий произрастания). Величина изменений содержания воды от максимального до минимального значений в течение дня и сезона вегетации в листьях каждого вида в различных местообитаниях является хорошим критерием подвижности или устойчивости водного режима растений. Этот показатель указывает на способность растений регулировать свой водный баланс, адаптироваться к условиям среды. Самое высокое содержание воды наблюдается у «подорожника большого» — 90,7 % (от сырой массы). Минимальное содержание воды отмечено у «вейника узколистного» — 43,6 %.

Максимальные значения интенсивности транспирации (ИТ) отражают наследственные потенциальные возможности расходования воды растением.

Высокая ИТ луговых трав даже при достаточном водоснабжении приводит к большой потере водного запаса — возникает водный дефицит. В природных условиях полное насыщение листьев водой встречается исключительно редко. Максимальные величины водного дефицита наблюдаются со второй половины июля до середины августа (34,6 % от полного насыщения у лабазника).

Для получения представления о силах, обеспечивающих растения водой, определяли сосущую силу и осмотическое давление листьев. Сосущая сила листьев растений (водный потенциал) отражает изменение водного баланса. Осмотическое давление определяет тургорность растений. Повышение осмотического давления и снижение гидратации растений — показатели, которые позволяют судить о нарушении водного баланса. При невысоком осмотическом давлении и недостаточном водоснабжении развивается водный дефицит, который снижает ростовые процессы и соответственно продуктивность.

В начале вегетации сосущая сила луговых растений составляет 150...170 кПа, затем наблюдается ее подъем, в фазу цветения у некоторых видов она достигает 1600...2100 кПа.

У высокорослых растений лугов Приморья минимальные величины сосущей силы не опускались ниже 150 кПа, максимальные были больше 1600. У некоторых видов в отдельные периоды

величины сосущей силы увеличивались в 2–3 раза. Значения осмотического давления у растений Приморья невысокие: 300...1140 кПа. В течение дня этот показатель изменялся до 500 кПа [1].

Сравним полученные материалы с данными для разных географических областей. Травы лесостепной дубравы имеют сосущую силу от 370 до 1200 кПа [5], травы склонов северных экспозиций среднегорий Заилийского Алатау — 110...2400 и концентрация клеточного сока у них не превышает 2400 кПа. Растения прерий Северной Америки — 730...3800, песчаных дюн окрестностей Неаполя — 1110...5520, у степных растений Забайкалья осмотическое давление достигает 2950 кПа. Очень высоким осмотическим давлением отличаются растения пустынь Израиля — 9000 кПа. Осмотическое давление у доминантов крупнотравья достигает 2100 кПа [1].

В Приморье высокопродуктивные луга представлены травостоями с доминированием «вейника Лангсдорфа» и «вейника узколистного». Травостой «вейника Лангсдорфа» простой, одноярусный, достигает высоты 1,95 м, проективное покрытие 100 %. Как примесь в ценозы входят: «лабазник пальчатый», «вика японская», «шлемник уссурийский», «чина волосистая», «герань Власова» и др. В травостое вейника в мае дневные температуры не превышают 18,5 °С, в конце мая — июне достигают 28,5 °С, в августе — 32 °С. В начале мая в плохо развитом травостое относительная влажность воздуха невысока — 44 %, в июне в сомкнутом травостое — 80...90 %, в июле — сентябре — 52...88 %. На поверхности почвы в конце мая — середине июня температура достигает 29,5...33,0 °С. На глубине 10 см почва прогревается до 21,5 °С только в конце июля. Продуктивность сырой надземной фитомассы «вейника Лангсдорфа» составляет 34,2 т/га, абсолютно сухой — 14,0. Количество побегов на 1 м<sup>2</sup> достигает 900.

Исследования на узколистневейниковых лугах проводили в прибрежных, таежных горных и равнинных безлесных районах. Вейниковые луга в прибрежных районах с проективным покрытием 100 % представлены почти чистыми, достигающими высоты 1,5 м травостоями. В фитоценозе встречаются изредка:

«горец Тунберга», «осока придатковая», вех ядовитый, кровохлебка мелкоцветковая и др. Почвы под такими лугами торфяно-глиевые и тяжелые глины. Количество побегов в густых травостоях достигает 1100...1200 на 1 м<sup>2</sup>. Продуктивность сырой надземной фитомассы — 31,5 т/га, абсолютно сухой — 15,6.

Участок в долине горных районов сходен с предыдущим, но травостой его ниже (1,3 м). В небольшом количестве в состав сообщества входят: «крестовник амурский», «калужница болотная», «кровохлебка тонколистная», «оноклеа чувствительная» и др. Сырая надземная фитомасса в период кульминации трав достигает 27 т/га, абсолютно сухая — 6,8.

Участок с вейником (равнинный безлесный район) на Приханкайской низменности сходен с предыдущими двумя, травостой — 80 см высотой, проективное покрытие — 100 %. Набор видов растений, входящих в состав примеси этих ценозов, иной. Здесь встречаются рассеянно «девясил льянколистный», «кровохлебка аптечная» (40 см высотой), «звездчатка ялуская» (30 см), «лядвенец рогатый» (20 см) и другие виды — всего до 10 видов. Температура воздуха в травостоях вейника в июне — июле в течение дня изменяется от 20 до 27 °С. В августе она повышается до 31 °С. Относительная влажность воздуха в течение сезона вегетации — 86...96 %, и только в августе днем понижается до 66 %. Продуктивность травостоев — 15,0 т/га сырой фитомассы, 6,2 абсолютно сухой. В этом районе на небольших участках отмечены травостой вейника с продуктивностью 44,5 т/га сырой и 15,6 — абсолютно сухой фитомассы (высота 160 см).

До последнего времени при изучении водного режима растений в водно-балансовых расчетах игнорировали ту часть воды, которая удерживается растениями. В то же время ее учет необходим для получения правильного представления о роли растительности в круговороте воды в экосистеме. Запас воды в надземной фитомассе травостоев характеризовался следующими величинами: осоковый участок — 13,4 т/га; узколистновейниковый — 15,1; лангсдорфовейниковый — 10,8; злаково-разнотравный с осоками — 19,7; разнотравный с бобовыми — 4,7; зубровково-разнотравный — 4,1. С повышением про-

дуктивности растений содержание воды увеличивается.

Начало вегетации луговых трав совпадает с холодным весенним периодом. Достаточно высокие температуры в начальный период формирования травостоев обеспечивают рост и развитие, а затем не оказывают заметного воздействия на прирост, поскольку фотосинтез у луговых трав поддерживается на постоянном уровне при температуре 10...15 °С. В Приморье высокие температуры в начале вегетации не наблюдались. Несмотря на низкие температуры воздуха в период отрастания трав, продуктивность сообществ «вейника Лангсдорфа» была высокой (3,4 т/га сырая фитомасса, 15 — абсолютно сухая). Запас воды в надземной фитомассе — 19 т/га. На влажных лугах с «вейником узколистным» (независимо от выпадающих осадков) запас фитомассы достигал 28,0 т/га сырой массы и 11,2 абсолютно сухой.

А. Г. Крылов с соавторами пытались дать прогноз урожайности лугов в зависимости от климатических факторов (температура воздуха и осадки за апрель — сентябрь) [1]. Автор, однако, считает, что влияние климатических факторов на продуктивность луговых ценозов прежде всего надо рассматривать до их кульминации. С прекращением роста растений низкие или высокие температуры воздуха и выпадающие осадки уже не смогут повысить их продуктивности, поэтому урожайность лугов необходимо связывать не с суммой осадков за год или за период активных температур воздуха (апрель — октябрь), а только за период активной вегетации трав (апрель — июнь). Так, например, в апреле 1985 года выпало 38,2 мм осадков, в мае — 22,2, в июне — 42,8. Несмотря на то что в августе — сентябре вылилось 195 мм воды, урожайность травостоев «вейника Лангсдорфа» была очень низкой (12,0 т/га — сырая фитомасса, 3,49 — абсолютно сухая). Итак, достаточное количество осадков в апреле и мае и запас продуктивной воды в корнеобитаемом слое в этот период — гарантия высокой урожайности лугов [1].

В современных исследованиях одним из интересных вопросов является вопрос потерь воды отдельными растениями и фитоценозами. По данным В. М. Свешниковой, «пырейник понижающий»

испарял до 688,5 г воды в день, эти потери воды превышали массу растений в 15 раз. В Ленинградской области у «клевера лугового» за 1 ч сменялось до 80...150 % водного запаса, коэффициент водообмена за 1 ч колебался от 0,65 до 1,2...1,3, и в середине лета число смен за день составляло около 20...21.

Среди растений в гумидной зоне встречаются виды с наиболее интенсивным водообменом. Это «мятлик луговой», «лисохвост луговой» и другие, которые в течение 1 ч расходуют на транспира-

цию 120...170 (200) % всего водного запаса. Иначе говоря, весь запас воды обновляется за 0,5...0,8 ч, а за день он сменяется в основном 22–32 раза [6]. Общий суточный расход воды на транспирацию в Чехословакии у типчакового луга равен 2,0 мм [1]. Величина расходов воды на транспирацию как отдельными растениями, так и сообществами крупнотравья оказались рекордно высокими (табл. 1) по сравнению с таковыми у различных травяных сообществ земного шара.

Таблица 1

**Расход воды на транспирацию различными типами растительности за вегетацию, мм [1]**

Регион	Фитоценозы	Расход воды	Источник данных
Сахалин	Крупнотравье	1125...2440	Данные автора
Альпы	Влажные луга	2250	Huber (1944)
Германия	Камыши и тростники	1300...1600	Лархер (1978)
Австрия	Сырые луга	1160	Larcher (1980)
Камчатка	Крупнотравье	760...850	Белая (1974)
Великие равнины США	Высокотравные прерии	508...763	Китредж (1951)
Лесная зона			
Европейской России	Разнотравные луга	430	Молчанов (1949)
Восточный Памир	Высокогорные степи	6...87	Измайлова (1974)

Сравним запас воды в сообществах дальневосточного высокотравья и других типах растительности. На Камчатке запас воды в надземной части ценозов варьирует от 2,6 до 4,9 мм, в подземной – 1,5...14,2 мм, на Сахалине – соответственно 2,8...18,3 и 2,2...10,2 мм. Общий запас воды в фитоценозах на Камчатке достигает 17,4 мм, на Сахалине – 25,5 мм.

В Приморье надземная фитомасса тростника содержит 3,5 мм воды, «осочки Мейера» – 3,2. Запас воды в надземной части одичавших травостоев клевера лугового достигает 2,4 мм, в естественных луговых экосистемах колеблется от 0,4 до 1,9 мм («вейник Лангсдорфа»). По данным Л. Н. Алексеенко, запас воды в посевах трав достигает 2,4...3,2 мм, в естественных луговых травостоях в надземной массе удерживается 0,6...1,8 мм воды [6]. В растениях ряда степных областей, а также пустынь и полупустынь запас воды очень мал: в надземной части – 0,07...0,2 мм, в подземной – 1,2...2,9 мм [1].

Степень водоснабжения растений можно оценить по количеству содержа-

ния в почве продуктивной влаги. Высокое залегание грунтовых вод в начале вегетации обусловлено поступающей водой от таяния снега и небольшим расходом ее на транспирацию сообществом, имеющим в это время малую ассимиляционную поверхность. Снижение уровня грунтовых вод в летний период вызвано транспирационным расходом [1].

В формировании высокопродуктивных травостоев большая роль отводится атмосферным осадкам и другим источникам водоснабжения – почвенно-грунтовыми водами. В табл. 2 приведены данные о расходе воды за сезон вегетации «лабазника камчатского». Один побег расходует за сезон вегетации 54 кг воды (при листовой массе 250 г). При пересчете потерь воды на единицу листовой массы эти цифры вполне можно сравнить с расходом воды на транспирацию за сезон «борщевиком рассеченным», произрастающим в Забайкалье – 5,8 мм за сезон при листовой массе этого растения 17 г.

Таким образом, содержание воды луговых растений Дальнего Востока

Расход воды различными фитоценозами за вегетацию [1]

Регион	Фитоценозы	Глубина залегания грунтовых вод, см	Общий запас влаги в начале вегетации в слое почвы до уровня грунтовых вод, мм	Запас доступной влаги в том же слое, мм	Количество осадков за вегетацию, мм	Расход воды на транспирацию, мм	Израсходовано из грунтовых вод, мм
Камчатка	Лабазник камчатский	80	385,5	336,7	186,5	760	236,8
Северный Кавказ, Ногайская степь	Бескильица Фомина + кермек Мейера	64	148,5	100,9	69,35	390,8	220,5

изменяется от 90,7 до 64,2 % (от сырой массы). Средний водный дефицит составляет 8...13 % (от полного насыщения), максимальная недосыщенность листьев водой в природных условиях в 2–3 раза больше максимальных значений (30...40 %). Общий запас в надземной фитомассе лугов Приморья изменяется от 1,9 мм (у «вейника Лангсдорфа» на влажных биотопах) до 3,2 (у «осоки Мейера» на сырых лугах), у высокорослых трав Камчатки достигает 17,4, Сахалина – 25,5 мм. Запас воды у луговых трав обновляется за 1 ч, в течение суток – до 21 раза, у крупнотравья – до 24. Наивысшая продукция среди луговых фитоценозов у «вейника узколистного» – до 44,5 т/га (сырая фитомасса), 15,5 (абс. сухая).

1. **Белая Г. А.** Структура и функционирование высокопродуктивных травяных экосистем. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. – 272 с.

2. **Белая Г. А.** Экология доминантов камчатского крупнотравья. – М.: Наука, 1978. – 124 с.

3. **Степанова К. Д., Белая Г. А., Качура Н. Н., Морозов В. Л., Сокирка А. И.** Биологическая продуктивность луговых сообществ Дальнего Востока (приокеанические районы). – М.: Наука, 1981. – 228 с.

4. **Белая Г. А.** Водный режим луговых растений Приморья // Изв. СО АН СССР. – Сер. биол. – 1982. – Вып. 2. – № 10. – С. 46–54.

5. **Горышина Т. К.** О водном режиме весенних травянистых эфемероидов в дубовом лесу // Вестник ЛГУ. – Сер. биол. – 1963. – № 4. – С. 54–64.

6. **Алексеев Л. Н.** Водный режим луговых растений в связи с условиями среды. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. – 199 с.

Материал поступил в редакцию 30.03.11.

**Белая Галина Андреевна**, доктор биологических наук, профессор кафедры «Общая и инженерная экология»

Тел. 8 (495) 976-09-37