文章编号:1003-7578(2013)09-176-06

高寒草甸植被耗水量及生物量积累与气象因子的关系*

李红琴[1,2], 李英年[1,2], 张法伟[1,2], 刘晓琴[1,3], 吴启华[1,3], 毛绍娟[1,3]
(1.中国科学院西北高原生物研究所,西宁 810001; 2.中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810001;
3.中国科学院研究生院,北京 100049)

提 要:分析高寒草甸植被生育期耗水量及植被生物量积累与气象因子的关系,结果表明植被生育期耗水量呈单峰型变化过程,7月耗水量最大。初期营养生长阶段的5月耗水量、植被生物量均较低,水分影响着植物的初期营养生长但不甚显著;植物旺盛生长的6~7月,耗水量高,而生物量波动明显,温度和水分均影响到生物量的提高,且水分是影响植被生长的关键因素;植物生长末期的8~9月,耗水量及植被阶段累积生物量均较低,水分条件充足,并非是植物生长的限制因素。海北高寒草甸地区植被年地上净初级生产量、地下净初级生产量、净初级生产量与植被耗水量关系不明显。而与相应的温度具有较显著的正相关关系。表明高寒草甸地区植被净初级生产量受温度条件限制的影响比水分条件更为明显。

关键词:高寒草甸;植被生育期;耗水量;生物量;净初级生产量
中图分类号:Q948.1 **文献标识码**:A

高寒草甸是青藏高原的重要草地资源,支撑着青藏高原地区的畜牧业发展。区域植被生产力高低不仅影响到区域居民的生活生计,也关乎到水资源保障[1]。高寒草甸生态系统有着不同于其它生态系统独特的生态水文过程,对气候和环境变化反应十分敏感。虽然区域年降水量多在400~700mm,但近年来高寒草甸地区自然降水与过去多年平均值基本保持不变的状况下,气候温暖化加剧导致了土壤植被蒸散力加大,土壤水分散失严重,植被生长受水分(土壤水分和大气降水)胁迫影响更趋明显[1,2]。目前,某些高寒草甸生态系统由于长期超载过牧、鼠类危害和气候变暖等影响退化加剧,进而影响到水涵养功能[3-5]。

植被耗水量作为实际蒸散量的表述,是指植物群体蒸腾量和土壤蒸发量之和[6]。它是联系植被生态系统碳循环和水分循环的重要变量,所生产的同化物质量,既反映了植物耗水与干物质生产之间的关系,也是评价植物生长适宜程度的综合生理生态指标。青藏高原高寒草甸在植物生长季虽然有较丰富的降水,土壤湿度也较高[7],但在生长发育期的某些阶段土壤水分并非能达到适宜的程度,往往出现水分供应不足的状况,这种植被耗水的季节性差异,将直接关系到植被生物量的累积及净初级生产量的提高。文中基于多年土壤水分及植被生物量数据,应用水量平衡方法确定耗水量,分析了高寒草甸植被生育期植被生物量累积过程中耗水量动态变化规律及相互对应关系,为评估区域水源涵养提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验区自然条件

研究在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸进行。海北站地处青藏高原东北隅的青海海北藏族自治州门源回族自治县境内,祁连山北支冷龙岭东段南麓坡地的大通河河谷西段,地理位置为37°29′~37°45′N,101°12′~101°23′E,海拔3200~3600m。该地区位于亚洲大陆腹地,具明显的高原大陆性气候,东南季风及西南季风微弱。受高海拔条件制约,气温极低,无明显四

* **收稿日期**:2012-7-2; **修回日期**:2012-8-14。
基金项目:国家自然科学基金项目(31070437);中国科学院战略性先导科技专项:应对气候变化的碳收支认证及相关问题(XDA05050601;XDA05050404);国家重点基础研究发展计划(973)项目(2010CB833501-01-13)资助。
作者简介:李红琴(1981-),女,河南三门峡人,博士,主要从事全球变化生态学研究. E-mail:lihongqin_00@126.com.
通讯作者:李英年. E-mail: ynli@nwipb.cas.cn.

季之分,仅有冷暖季之别,干湿季分明;地区年平均气温 -1.7℃;年平均降水量560mm左右[8]。土壤以洪积-冲积物、坡积-残积物及古冰川沉积物在不同水热条件及植被影响而形成的草毡寒冻雏形土(多在滩地、阳坡)、暗沃寒冻雏形土(多在阴坡)为主,土壤发育年青、土层浅薄、有机质含量丰富[9]。实验的高寒草甸主要分布在滩地、阳坡。草层高度为10~20cm,植物群落外貌整齐、均匀,植被总盖度多在90%。除以矮嵩草为建群种外,主要优势种为异针茅(*Stipa aliena*),次优势种有麻花艽(*Gentiana straminea*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)、伴生种有瑞玲草(*Saussurea nigrescens*)、青海凤毛菊(*Saussure kokonorensis*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)等[10]。

1.2 研究资料

实验样地位于海北站高寒草甸草场微气象-涡度相关法观测系统实验地。因高寒草甸植被基本在日均气温0℃(约在4月下旬)时开始萌动发芽,但此时底层土壤仍维持冻结现象,约在5月中旬土壤融化到40cm以下土层,故土壤湿度测定以5月中旬开始。考虑到9月下旬高寒草甸分布区日均气温下降到5℃以下,植物基本停止生长而进入枯黄期,土壤湿度的测定9月30日为止。自2001年开始在每年植物生长期的5~9月,每隔5日用土钻按0~10cm、10~20cm、20~30cm、30~40cm、40~50cm和50~60cm等6个层次观测土壤湿度,每次观测为6个重复,观测时若遇雨天则延后2~3d,用烘箱105℃烘干至恒重,测定土壤质量含水量(占干土重的百分比表示,%)。气象资料沿用微气象-涡度相关法观测系统同期观测资料。生物量采用"收获法"获取。在5~10月每月的15日和30日前后,地上生物量用50cm×50cm的样方随机选取6个样点,用剪刀自地表剪齐后,分类装入纸袋;地下生物量在不同的地点经过选取地上生物量的50cm×50cm的样方内再随机选取25cm×25cm的二级样方,垂直按0~10cm、10~20cm和20~40cm3个层次,用铁铲和切刀分层取出,并用36目的筛子筛选挑出草根装入布袋,再到河边分样冲洗至干净,然后在65℃的恒温箱烘干至恒重后称重(单位 $g \cdot m^{-2}$)。植物生长末期(约8月底到9月初)生物量达最高时的测定值为地上净初级生产量,而高寒草甸地区地下净初级生产量监测非常困难,一般采用周转量法[11](当年地下最大生物现存量与最小现存量差值)来估算。

1.3 植被实际蒸散量(耗水量)的计算

地表水分平衡公式为[6]:$ET = P - f + R - \Delta W + \Delta Q$　(1)

式中:ET为实际蒸散量(耗水量,mm);P为时段降水量(mm);f为地表径流(mm);R为灌溉量(mm);ΔW为时段土壤贮水量的变化量(mm);ΔQ为某一土壤深层水分渗漏或地下水补充量(mm)。海北高寒草甸植物根系主要分布在0~20cm[8,10],40cm以下根系分布少,草毡表层滞水性强,加之日最大降水量很少达到25mm以上,降水下渗不易超过根层,土壤60cm以下为含砾母质的砾石层,地下水位3m左右,土壤毛管比例极低,地下水对土壤水补给较少,故取 $\Delta Q = 0$。同时,由于实验地地形平坦,地表植物生长茂密,枯落物常存在并覆盖地面,地表径流弱,故可忽略地表径流($f = 0$)。另外研究区受自然条件和生产方式的限制,无灌溉($R = 0$),从而认为,降雨是土壤水分的主要来源,即土壤湿度的变化主要受降水的影响。表现出植被蒸腾消耗及土壤蒸发是表层土壤水分变化。从而有土壤贮水量(ΔW)[6]:

$$\Delta W = \sum_{L=1}^{6}(E_{L1} - E_{L2}) \quad (2) \qquad E_{Li} = 0.1 \times M \times R \times H \quad (3)$$

式中:E_{Li}为第L层(共6个10cm层次)计算时段初($i = 1$)、末($i = 2$)的土壤贮水量(mm);M为土壤含水量(%);R为实际测定的土壤容重($g \cdot cm^{-3}$);H为土层深度(10cm)。

2 结果与分析

2.1 植物生长期植被生物量累积过程及耗水量动态变化

选择2003年的季节变化状况,分析高寒草甸植被实际蒸散量(耗水量)、生物量的季节变化。表1给出了2003年高寒草甸区植物生长期5~9月实际耗水量、生物量的动态变化。耗水量表现出自5月开始逐渐升高,到7月达最大(日均达4.11mm),以后开始下降。7月前、后植被耗水量随时间的提早或延迟而减小,在植物非生长季的10月~翌年4月实际蒸散量更低。表明年内植被蒸散量呈单峰曲线变化。这种变化主要表现在:

5月冬春积雪融化,冻结土壤开始消融,土壤水分含量较高,但由于5月环境温度仍然较低,土壤蒸发量较少;加之5月前期也是牧草处于返青期,生长速度相对缓慢,植被矮小,植物叶面积小,植被蒸腾低,导致5月耗水量较少。6~7月温度显著上升,同时降水增多,牧草处于分蘖-开花期,叶面积指数高,植被

生理活动强烈。良好的辐射、热量条件,以及植被发生强烈蒸腾等综合作用,导致该期植被耗水量显著升高,7月达到最高。这段时期虽然降水增多,但同时也伴随着高的耗水量,降水往往满足不了植被耗水量的需要,尤其是在相对干旱年份,这一时期耗水量大于降水量,将限制植被生长。8月气温虽较高,降水量保持丰富,但高寒植被大部分植物已进入灌浆-成熟期,生长速度缓慢,植物蒸腾耗水已显著减少,加之8月下旬前后牧草地上生物量达到最大,植被盖度近达100%,土壤蒸发也已减少,8月的降水量能满足耗水所需。9月气温显著降低,植物进入枯黄初期,蒸腾显著减少,而且凋落物的覆盖限制了土壤的蒸发,致使植被耗水量也较低。

表1 2003年植物生长期植被生物量和耗水量动态变化

Tab. 1 Biomass and water consumption dynamics of the vegetation in growing season in 2003

日期(日/月)	15/5	15/6	15/7	15/8	15/9	15/10
地上生物量(g/m^2)	85.89	251.01	303.44	378.07	306.37	287.45
现存地下生物量(g/m^2)	1183.52	1361.41	1311.81	1562.42	1708.36	2153.36
耗水量(蒸散量,mm)	52.08	68.4	127.41	111.91	65.7	18.52

注:1)生物量单位为g/m^2;2)蒸散量为月合计,单位为mm。

高寒草甸植被在生长季其生物量累积过程表现出缓慢积累-快速增加-相对稳定-折损减少4个阶段(表1),符合Logistic模式增长趋势。统计2003年地上生物量与植被耗水量(以每月15日为界限,即实际耗水量值系上月15日到本月15日期间累积值,生物量为15日前后的测定值)季节性变化过程发现,二者具有显著的正相关关系($P<0.05$,图1a)。也就是说,同一年份植物生长期内植物干物质的积累与植被耗水量关系明显。

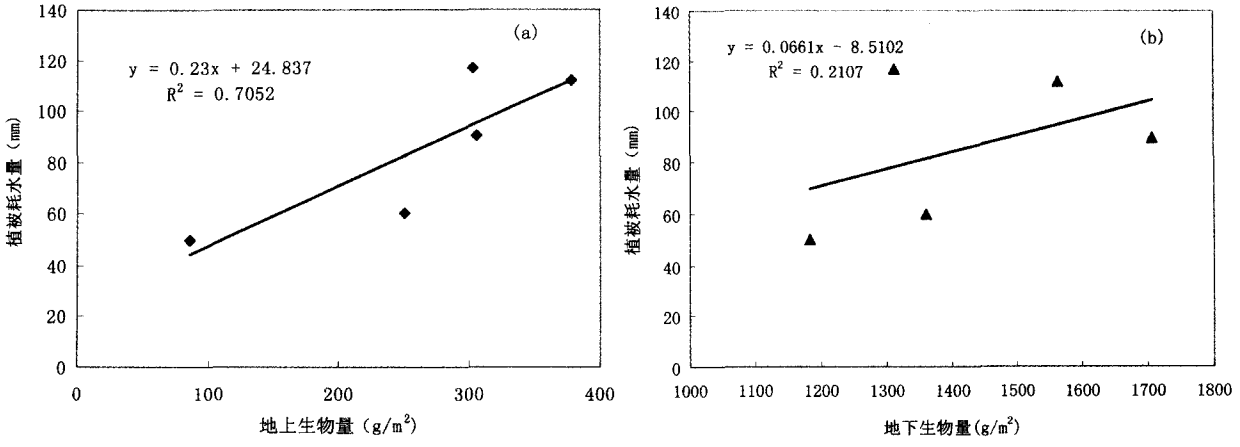

图1 2003年海北高寒草甸植被地上(a)和地下(b)现存生物量季节变化过程中与同期植被耗水量的关系

Fig. 1 Relationship between the existing biomass (above and under ground respectively) and water consumption of the vegetation in Haibei alpine meadow in 2003

而地下现存生物量变化较为复杂,从5月中旬到6月中旬有所升高,7月略有下降,以后又逐渐升高(表1)。这种变化除受植物发生光合作用与干物质积累有较大关系外,很大程度上受制于植物在生长过程中环境条件的改变发生能量地上和地下相互转换的影响。同样,统计2003年地下生物量与植被耗水量关系发现,二者间有弱的正相关关系($P<0.1$,图1b)。这里仅考虑的是植物地下现存生物量的季节动态变化,但仍可以证实地下生物量受一定水分条件的影响。具体地下净生物量累积变化与水分条件的关系有待进一步做深入研究。

2.2 植被耗水量、气象因子与生物量累积的对应关系

海北站暖季的5~9月降水量占全年降水量的79%[8],雨热同期,这种水热同步的变化有利于地上生物量的提高。但是,同一年不同季节由于气候环境和植物生长过程发生光合能力的不同,植物生长过程中水分消耗差异较大。虽然如上所述,同一年份地上地下生物量累积过程与同期耗水量具有一定的正相关关系(图1),但从近10多年的分析发现,不同年份之间的同一时期,植被生物量对植被的耗水需求有着很大的差异,生物量在不同阶段对耗水量的响应也有所不同。通过对高寒草甸植物的整个生长过程可分为5月(植物初期营养生长期)、6~7月(植物强度生长期)、8~9月(植物生长末期)3个基本阶段研究发现,在这3个阶段中植被耗水量与所对应的植物生物量积累关系有所不同。

(1)植物缓慢生长耗水较低期:自4月下旬日均气温稳定通过0℃开始,高寒草甸植物萌动发芽,到6月初日平均气温5℃间,是植物初期营养生长阶段,该期植物耗水量低,虽然降水少,但因季节冻结土壤融

化，土体含水量高。统计 2001 年 ~ 2010 年监测资料发现 5 月中旬监测的植被地上生物量与耗水量存在不显著的正相关关系（图 2a，$P<0.1$）。说明 5 月水分条件一定程度上影响到植物的初期营养生长但不甚显著。

（2）植物强度生长耗水旺盛期：6 ~ 7 月，日平均气温稳定通过 5℃，植物进入强度生长阶段，该期虽然降水丰富，但热量条件尚好，太阳辐射强烈，植物叶面积最大，下垫面湍流输送强烈，植物蒸腾与土壤蒸发均较大，植被耗水量明显加大，该期温度越高植被耗水越大。应该说该期的温度和水分均成为植物生长和生物量提高的影响因素，统计 2001 ~ 2010 年监测资料发现 6 月和 7 月中旬监测的植被地上生物量与耗水量呈现极显著的正相关关系（图 2b，$P<0.05$）。说明该时期水分是影响植被地上生物量提高的关键因素。

（3）植物生长渐止耗水降低期：8 月以后，温度下降，受低温环境影响，植物开始枯黄，蒸腾降低，同时土壤表面受高覆盖植被的影响，土壤蒸发亦很低，降水逐渐减少。该期植物耗水下降，水分供应充足，温度条件限制了植物的后期营养生长发育，同时过多的水分条件反而不利于植物的生长，统计期间植被耗水量与生物量之间的关系发现，二者间相关性很差，甚至出现弱的负相关关系（图 2c），表明该期水分条件是植物生长的非限制因素。

联系 5 ~ 9 月植被耗水量与植被年地上净初级生产力的关系发现，地上净初级生产力与期间耗水量表现出一个极弱的负相关关系（$P>0.1$，图 3a）。而地下净初级生产量与耗水量呈现较显著的负相关关系（$P<0.01$，图 3b）。证实在海北高寒草甸地区，虽然植物营养生长初期和植物强度生长期分别受不同程度植被耗水量的影响，但其地上或地下净初级生产力的高低与耗水多少关系不大（图略）。相反，植被地上地下净初级生产量与期间温度具有较显著的正相关关系（$P<0.05$，图 4），说明在高寒草甸地区，植被生物量的累积在环境因素影响中受温度条件限制的影响比降水更为明显。

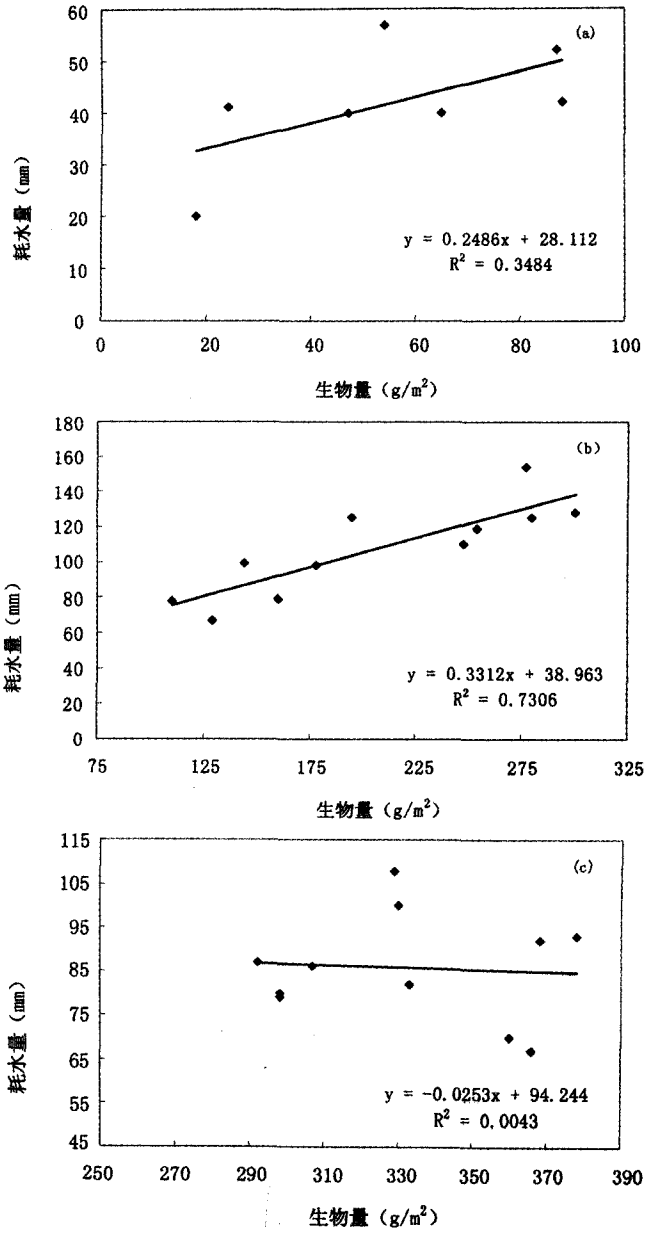

图 2　2001 年到 2011 年期间海北高寒草甸不同时期植被耗水量与地上生物量的关系（a：5 月；b：6 ~ 7 月；c：8 ~ 9 月）

Fig. 2 Relationship between water consumption and aboveground biomass in different stage of the vegetation in Haibei alpine meadow (a: May; b: June to July; c: August to September)

3　讨论及结论

植被蒸散量是土壤及植被与大气界面上部水分循环和热量交换的主要因子，也是近地表层热量和水分的综合反映，在陆面物理过程中扮演着重要的角色[12]。一个地区的植物生长发育及生物量累积是水热条件等综合作用的结果，如在内蒙古草原气候干旱，植被生物量的高低主要受控于水分条件的多少，热量条件基本满足植被生长发育的需求[13]。而在青藏高原及周边高寒草甸地区降水对地上生物量的影响不显著，温度则是控制地上生物量变化的主导因子[14]。尽管前人在研究植被生物量累积过程中较多地讨论

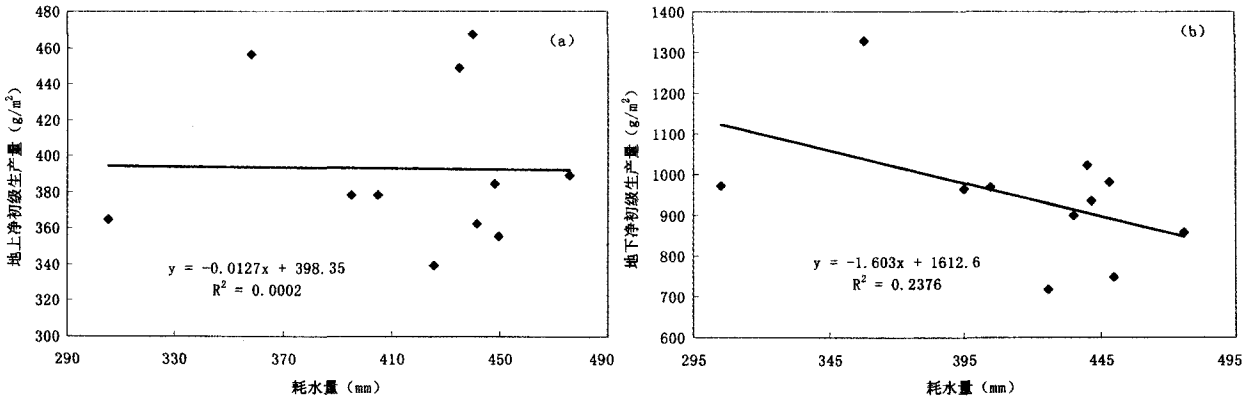

图3 2001年到2011年海北高寒草甸植被地上(a)地下(b)净初级生产量与生长期耗水量关系

Fig. 3 Relationships between net primary production (above and under ground respectively) and water consumption of the vegetation in growing season in Haibei alpine meadow from 2001 to 2011

了生物量与气象条件的影响关系[15-19]，但较少涉及植被蒸散量与生物量之间的关系研究，孟林等研究了京郊平原紫花苜蓿生产能力与耗水规律的关系[20]，韩建国等[21]则讨论了草坪蒸散量对各类草种的抗旱性能。在国内更少见到高寒草甸植被蒸散量与植被生物量累积过程之间的关系的报道。

然而，实际蒸散的测定十分困难，为此，研究者常用计算耗水量的方法来替代实际蒸散量。耗水量的计算方法很多[22-29]，我们也曾采用不同的方法计算了高寒草甸区植被耗水量[30-33]。高寒草甸植被大部分降水是通过蒸散过程流失的。虽然就整个植物生长期来看，降水量能满足植物耗水所需，但就植物各个生长期耗水量与地上生物量累积之间的关系是复杂的。分析发现，可将植物生长期的耗水过程分为5月、6~7月、8~9月3个阶段：即：植物缓慢生长耗水较低期、植物强度生长耗水旺盛期、植物生长渐止耗水降低期。3个阶段中5月水分条件一定程度上影响到植物的初期营养生长但不甚显著。6~7月，日平均气温稳定通过5℃，植物进入强度生长阶段，该期的温度和水分均成为植物生长和生物量提高的影响因素，水分是影响植被地上生物量提高的关键因素。8月以后，温度缓慢下降，受低温环境影响，植物开始枯黄，蒸腾明显降低，该期水分条件是植物生长的非限制因素。从整个生长期来看，植被耗水量与植被年地上净初级生产量并非有显著的关系(图3a)，而地下净初级生产量呈现较弱的负相关关系(图3b)，相反，植被地上地下净初级生产量与期间温度具有较显著的正相关关系，即高寒草甸地区植被净初级生产在环境因素影响中受温度条件限制的影响比水分条件(降水)更为明显。

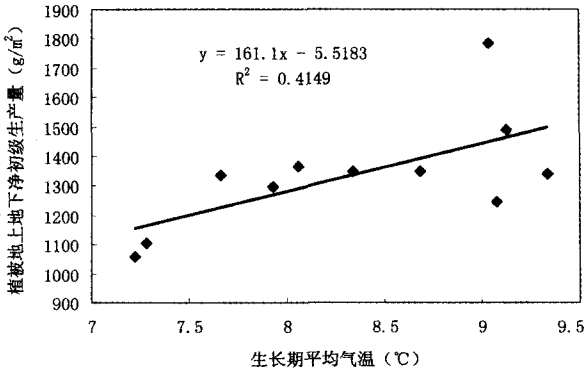

图4 2001年到2011年海北高寒草甸植被地上地下净初级生产量与生长期平均气温关系

Fig. 4 Relationship between net primary production and average temperature of the vegetation in Haibei alpine meadow in growing season from 2001 to 2011

在海北高寒草甸地区植被地上生物量自日平均气温0℃开始后生物量有所积累，积累过程中表现典型的logistic特征。而地下现存生物量变化较为复杂，从5月中旬到6月中旬有所升高，7月略有下降，以后又逐渐升高。年际植被实际耗水量表现为单峰变化，自5月开始逐渐升高，到7月达最大(2003年月合计达127.4mm)，7月前、后期植被耗水量随时间的提早或延迟而减小，而在植物非生长季的10月~翌年4月实际蒸散量更低。

参考文献

[1]李林，王振宇，汪青春，等. 青海高原冻土退化的若干事实揭示[J]. 冰川冻土，2005，27(3)：320-328.

[2]常国刚，李林，朱西德，等. 黄河源区地表水资源变化及其影响因子[J]. 地理学报，2007，62(3)：12-320.

[3]赵新全. 高寒草甸生态系统与全球变化[M]. 北京：科学出版社，2009.

[4]赵新全. 三江源退化草地生态系统恢复与可持续管理[M]. 北京：科学出版社，2011.
[5]张森琦，王永贵，赵永真，等. 黄河源区多年冻土退化及其环境反映[J]. 冰川冻土，2004，26(1)：1-6.
[6]刘昌明，王会肖等. 土壤-植物-大气界面水分过程与节水调控[M]. 北京：科学出版社，1999.
[7]李英年. 寒冻雏形土不同地形部位土壤湿度及与主要植被类型的对应关系[J]. 山地学报，2001，19(3)：220-225.
[8]李英年，赵新全，曹广民，等. 海北高寒草甸生态系统定位站气候、植被生产力背景的分析[J]. 高原气象，2004，23(4)：558-566.
[9]乐炎舟，左克成，张金霞，等. 海北高寒草甸生态系统定位站的土壤类型及其基本特点[A]. 高寒草甸生态系统[C]. 兰州：甘肃人民出版社，1982：19-33.
[10]王启基，王文颖，邓自发. 青海海北地区高山嵩草草甸植物群落生物量动态及能量分配[J]. 植物生态学报，1998，22(3)：222-230.
[11]李英年. 高寒草甸植物地下生物量与气象条件关系及周转值分析[J]. 中国农业气象，1998，19(2)：36-38.
[12]王根绪，李元寿，王一博，等. 青藏高原河源区地表过程与环境变化[M]. 北京：科学出版社，2010：210-218.
[13]蔡学彩，李镇清，陈作忠，等. 内蒙古草原大针茅群落地上生物量与降水量的关系[J]. 生态学报，2005，25，(7)：1657-1662.
[14]钟海民，杨福囤，陆国泉，等. 高寒矮嵩草草甸地上生物量与气象因子的关系[J]. 生态学杂志，1992，11(5)：16-19.
[15]付刚，周宇庭，沈振西，等. 藏北高原高寒草甸地上生物量与气候因子的关系[J]. 中国草地学报，2011，33(4)：31-36.
[16]李凯辉，胡玉昆，王鑫，等. 不同海拔梯度高寒草地地上生物量与环境因子的关系[J]. 应用生态学报，2007，18(9)：2019-2024.
[17]刘清泉，杨文斌，珊丹. 草甸草原土壤含水量对地上生物量的影响[J]. 干旱区资源与环境，2005，19(7)：179-181.
[18]许存平，魏永林，等. 局地性气候变化对青海省海北地区草地地上生物量及草地生态环境的影响[J]. 青海气象，2008(1)：14-17.
[19]黄瑞灵，周华坤，等. 长江源区高山嵩草物候与生物量动态及其对气候变化的响应[J]. 西北植物学报，2012，32(5)：1021-1026.
[20]孟林，毛培春，张国芳. 京郊平原区苜蓿生产能力与耗水规律的研究[J]. 草业科学，2007，24(4)：36-60.
[21]韩建国，潘金山，王培. 不同草种草坪蒸散量及各草种抗旱性的研究[J]. 草业学报，2001，10(4)：56-63.
[22]牛丽丽，张学培，曹奇光. 植物蒸腾耗水研究[J]. 水土保持研究，2007，14(2)：158-163.
[23]宋炳煜. 草原不同植物群落蒸发蒸腾的研究[J]. 植物生态学报，1995，19(4)：319-328.
[24]朱钦，苏德荣. 草坪冠层特征对蒸散量影响的研究进展[J]. 草地学报，2010，18(6)：884-890.
[25]赵文智，常学礼，何志斌，等. 额济纳绿洲生态需水量研究[J]. 中国科学(D)：地球科学，2006，36(3)：559-566.
[26]杜嘉，张柏，宋开山，等. 三江平原主要生态类型耗水分析和水分盈亏状况研究[J]. 水利学报，2010，41(7)：155-163.
[27]赵文智，最荣，常学礼，等. 基于净初级生产力的荒漠人工绿洲耗水研究[J]. 中国科学(D)：2010，40(10)：1431-1438.
[28]何志斌，赵文智，方静. 黑河中游地区植被生态需水量估算[J]. 生态学报，2005，25(4)：705-710.
[29]王会肖，刘昌明. 作物水分利用效率内涵及研究进展[J]. 水科学进展，2000，11(1)：99-104.
[30]李英年，曹广民，鲍新，奎. 高寒草甸植被生育期耗水量和耗水规律的分析[J]. 中国农业气象，1996，17(1)：41-43.
[31]戚培同，古松，唐艳鸿，等. 三种方法测定高寒草甸生态系统蒸散比较[J]. 生态学报，2008，28(1)：202-211.
[32]刘安华，李英年，等. 高寒矮嵩草草甸植物生长季土壤水分动态变化规律[J]. 干旱区资源与环境，2008，22(10)：125-130.
[33]刘安花，李英年，薛晓娟，等. 高寒草甸蒸散量及作物系数的研究[J]. 中国农业气象，2010，31(1)：59-64.

Water consumption of alpine meadow and the influence of the meteorological factors on the vegetation biomass accumulation

LI Hongqin[1,2], LI Yingnian[1,2], ZHANG Fawei[1,2], LIU Xiaoqin[1,3], WU Qihua[1,3], MAO Shaojuan[1,3]
(1. Northwest Institute of Plateau Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, P. R. China; 2. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, The Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, P. R. China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China)

Abstract: Analysis on variation characteristics of vegetation water consumption and the influence of the meteorological factors on the vegetation biomass during growing season over the alpine meadow showed that the water consumption appeared as a shape of single peak type and its maximum value was present in July. In May, at the initial growth of plant, water consumption and biomass both were low and the water influenced on plant growth but not significantly; In June and July, at the vigorous growth of plant, water consumption was high, and the biomass varied yearly. Temperature and water could both influence on the increase of the biomass and water was the key factor. In August and September, at growth telophase, water consumption and accumulative biomass were low. Water was sufficient and not a limiting factor for the plant growth. In Haibei alpine meadow, there was no evident influence of plant water consumption on aboveground net primary production, belowground net primary production, and net primary production. However, the corresponding temperature variable correlated positively and significantly with primary production. The results indicated that the ecosystem plant net primary production in alpine meadow was limited by temperature more evidently than by water conditions.

Key words: Alpine meadow; vegetation growth stage; water consumption; biomass; net primary production