第 21 卷　第 1 期
2002 年 2 月

高　原　气　象
PLATEAU METEOROLOGY

Vol. 21　No. 1
February, 2002

文章编号: 1000-0534(2002)01-0090-06

祁连山海北高寒草甸地区植物生长期的光合有效辐射特征

李英年,　周华坤

(中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁　810001)

摘　要: 分析了祁连山海北高寒草甸地区 1998 年植物生长期内光合有效辐射(PAR)的日、季节变化特征。结果表明: PAR 日变化与太阳总辐射(E_g)日变化趋势一致, 表现为单峰型变化过程, 日总量最大可达 11.7 MJ·m^{-2}左右。植物生长期内的 4 月下旬～9 月中旬季节变化较为复杂, 雨季来临之前的 4～6 月较高, 其它时间较低, 旬平均最高在 5 月达 85.23 MJ·m^{-2}。PAR 在 E_g中所占的比例(η)晴天状况下日平均在 0.36～0.41 之间, 阴天稍高, 植物生长期内 η 的旬平均在 0.32～0.43 之间。分析还表明, PAR 与 E_g日总量具有很好的正相关关系, 从而可依 E_g的变化量来估算 PAR。同时计算表明, 海北高寒草甸地区植物群落对 PAR 的光能利用率为 0.58 %左右。

关键词: 高寒草甸地区; 植物生长期; 光合有效辐射(PAR); 光能利用率

中图分类号: P422.9　　**文献标识码**: A

1　引言

在生态系统中, 非生命环境系统的微气候直接或间接地通过生理生化过程, 作用于植物的生长发育, 并影响植被生产力的形成。植被生产力形成与提高是绿色植物通过光合作用, 制造有机物积累的过程。植物在进行光合作用时对太阳辐射能的吸收和利用具有一定的选择性, 通常把绿色植物能进行光合作用的 400～700 nm 波段能量称为光合有效辐射(PAR)。到达植被表面的 PAR 是植被生物量形成的基本能源。为此, 植物生态学家、气象学家、农业学家对 PAR 的研究从未中断[1～5]。

过去对 PAR 的研究多限于农田地区, 较少涉及高寒草甸地区[6]。近年来, 随着国际地圈和生物圈计划(IGBP)以及中国生态研究网络长期监测项目的实施, 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)对该地区 PAR 进行观测和研究, 并对植物生长期(4 月下旬～9 月中旬) PAR 的观测结果进行了分析。

2　实验样地自然条件及观测方法

海北站地处青藏高原东北隅, 祁连山北支冷龙岭东段南麓的大通河河谷, 位于 101°19′E、37°37′N, 海拔 3 200 m。该地区年平均气温为 - 1.7 ℃, 最暖的 7 月平均气温为 9.8 ℃, 最冷的 1 月平均气温为 - 14.8 ℃; 年降水量 580 mm 左右, 降水主要集中于暖季的 5～9 月, 占年降水量的 80 %, 冷季 10 月～翌年 4 月仅为年降水量的 20 %。该地区地带性植被为以寒冷中生多年生草本植物矮嵩草为建群种的高寒草甸。植被分布均匀, 植株低矮、密集、覆盖度大。土壤为洪积—冲积物母质发育下的高山草甸土, 土层浅薄, 有机质含量丰富, 土壤水分含量约占干土重的 36 %。

PAR 测定在该站气象站内进行, 观测高度在植被冠层上方 1.5 m 处。同层次还进行太阳总辐射(E_g)等其它项目的观测。观测采用北京时, 由于地区地方时比北京时推迟 1 小时 15 分, 文中分析资料仍沿用北京时, 日界按国家气象站为标准。数据系每一小时正点前后 5 min 自动采集并输出其 10

收稿日期: 2000-02-09; **改回日期**: 2000-06-16

基金项目: 中国科学院"九五"重大特别支持项目(KZ951-A1-204、KZ951-A1-301、KZ95T-06、KZ95T-04); 中科院基础知识创新工程项目(KSCX2-1-07); 中科院海北高寒草甸生态系统定位站基金资助

作者简介: 李英年(1962—), 男, 青海乐都人, 高级工程师, 主要从事生物气象研究, E-mail: Liyingnian@China.com

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

min 平均值及小时累积值。仪器为机械工业部长春气象仪器研究所提供锦州三二二厂生产的 TBQ - 4 - 1 型分光辐射传感仪器, 上年度 10 月由中国科学院大气物理所进行技术标定, 灵敏度为 7～14 μV/W·m^{-2}, 一年内灵敏度变化率 ≤2 %。本文分析资料为 1998 年植物生长期内的测定值。

3　高寒草甸地区植物生长期内 PAR 的日、季节变化

3.1　PAR的日变化特征

为了探讨在植物生长季 PAR 及太阳总辐射 (E_g) 的日变化特征, 给出了植物生长期 4 月 25 日、6 月 20 日、7 月 17 日和 9 月 20 日 4 个典型晴天状况下(总云量日平均 < 3 成) 的测定结果(图 1)。其中4月25日为牧草萌动发芽期, 地表略残余上年度枯黄牧草, 中午 13:00～18:00(北京时, 下同) 之间有较多的 Cb 云发展; 6 月 20 日牧草进入强度生长初期, 植株约高 5 cm; 7 月 17 日牧草生长最为迅速, 叶面积达最大, 植株约高 10 cm; 9 月 20 日日平均气温 < 5 ℃, 大多数牧草停止生长, 转入枯黄初期。

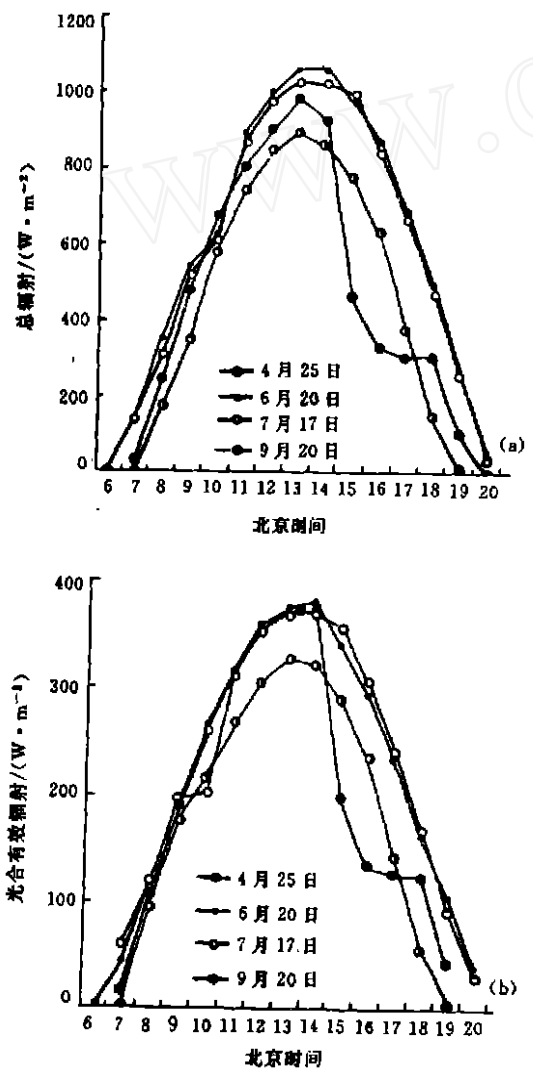

图 1　海北站晴天状况下 E_g(a) 与 PAR(b) 的日变化

Fig. 1　The daily variation of E_g(a) and PAR(b) in sunny day condition at Haibei station

由图 1 看到, 海北站地区 PAR 与 E_g 一样表现出有明显的日变化特点, 即早、晚低, 午后 13:00～14:00 左右达最高, 呈单峰型曲线变化过程, 只是在不同季节所表现的瞬时最高数值有所不同。太阳高度角相对较低的 4 月 25 日和 9 月 20 日, PAR 日瞬时最大分别为 374 W·m^{-2}和 326 W·m^{-2}, 分别出现于 14:00 和 13:00, 对应日总量分别为 10.48 MJ·m^{-2}和 8.84 MJ·m^{-2}。太阳高度角较高的 6 月 20 日和 7 月 15 日, PAR 日瞬时最大分别为 380 W·m^{-2}和 375 W·m^{-2}, 分别出现在 14:00 和 13:00, 对应日总量分别为 11.71 MJ·m^{-2}和 11.74 MJ·m^{-2}, 此时, 正值植物处在迅速生长阶段, 较高的 PAR 对植物物质积累非常有利。在晴天状况下, 自 4～9 月, PAR 的日总量在离夏至日较近的 6、7 月间较高, 而在植物生长初期及末期的时间低。

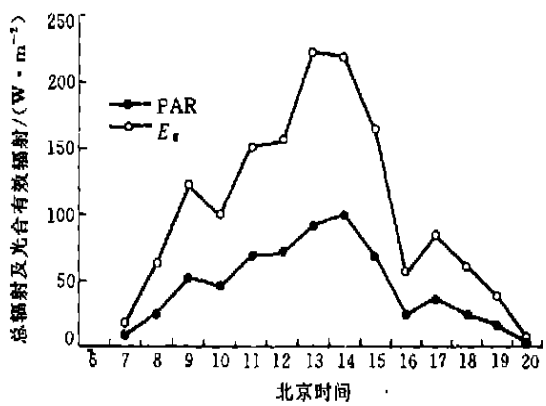

图 2　海北站阴天状况下 E_g 与 PAR 的日变化(1998 年 7 月 9 日)

Fig. 2　The daily variation of E_g and PAR in overcast day variation at Haibei station on July 9, 1998

在实际天气条件下, 由于受大气云雾、尘埃等影响, 情况较为复杂。如 7 月 9 日该日全天为 Asop, 云量 10.0 成, 云系变化均匀, 时有微量降水。PAR 日变化显得平稳, 瞬时最大为 99 W·m^{-2}, 出现在 14:00(图 2)。由此可以证实, 在阴天天气背景下, PAR 的日变化与当时的云状云量有很大关系。总的趋势是早晚低, 中午前后高, 表现出阴天瞬时最高值及出现时间与 E_g 出现的瞬时最高值和时间相对应, 但在不同天气背景下, 将发生不同的

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

变化趋势，表现出与散射辐射相关明显。如 9 月 18 日，天空云层更厚，PAR 日变化更趋平稳，数值低，且最大值出现在上午 10:00，为 36 W·m^{-2}，日变化趋势与晴天条件有所不同。

3.2 植物生长季 PAR 的季节变化特征

表 1 给出了海北站地区 1998 年植物生长期 4 月下旬～9 月中旬实际天气状况下各旬的 PAR 值。由表 1 看到，在实际天气状况下，海北站地区的 PAR 随时间进程波动变化较大。自 5 月上旬开始(75.75 MJ·m^{-2})逐渐上升，于 6 月上旬达最高(96.82 MJ·m^{-2})，以后略下降后又升高，7 月下旬升高到 83.39 MJ·m^{-2}，8 月又较低(8 月下旬为 70.90 MJ·m^{-2})，到 9 月稍上升后于中旬急剧降低至 59.48 MJ·m^{-2}。这主要与雨季来临的迟早、强度及其所对应的天空云系状况和分布变化有关。

海北站多年资料分析表明，一般雨季开始期平均约在 5 月中旬，9 月上旬雨季基本结束[7]。1998 年雨季出现于 5 月下旬～9 月中旬间，其中在 9 月上旬为一雨季间歇期，降水仅为 1.5 mm。4～5 月正值我国北方干旱胁迫最重时期，天空晴朗，空气干洁且湿度低，云系发展并不旺盛，此时海北站地区 PAR 为年内最高。如 5 月月累计量达 255.70 MJ·m^{-2}；6～7 月，虽然该时期太阳高度角达年内最高，但正临雨季，天空云系发展旺盛，空气水汽含量大，对辐射的吸收也较强烈，致使该时期 PAR 有所降低，7 月月总量为 234.96 MJ·m^{-2}，比 5 月低 20.73 MJ·m^{-2}；9 月海北站地区降水仍相对充沛，空气湿度大，太阳高度角在植物生长期内也是最低的，因而 PAR 在生长期内为最低时期，9 月上中旬平均仅为 70.71 MJ·m^{-2}。这比 5 月旬平均(85.23 MJ·m^{-2})低 14.52 MJ·m^{-2}，比 7 月旬平均(78.32 MJ·m^{-2})低 7.61 MJ·m^{-2}。

植物生长期内的 4 月下旬～9 月中旬，PAR 总量为 1 182.00 MJ·m^{-2}，旬平均约为 78.80 MJ·m^{-2}。这比张掖黑河地区同期(旬平均约 99.49 MJ·m^{-2})小 20.69 MJ·m^{-2}[3]，而与基本处在同纬度的山东禹城地区比较相近[4]，这主要与海北站地区夏季降水充沛，天空云量多，空气湿度大等有关。同时也证实，实际天气状况下 PAR 的分布与海拔高度变化无关，而与空气湿度、尘埃分布等有关。

4 PAR 在太阳总辐射(E_g)中所占的比例(η)

选择植物生长期内上述 4 天晴天状况下 PAR 及 E_g 测定结果，列出η日变化情况(表 2)。从表中可以看到，晴天状况下 4 月 25 日、6 月 20 日、7 月 17 日和 9 月 29 日的η日变化比较平稳，日间在早晚日出日落前后相对稍高，而在 10:00～17:00 略低，这种分布在 9 月 20 日表现较为明显。证明η在一日间有随时间变化而变化的可能。其日变化趋势与刘建栋等[7]对林农复合地区的研究结果基本一致。在上述 4 天中，η的日平均分别为 0.41、0.36、

表 1 植物生长期海北站地区 PAR(MJ·m^{-2})的旬变化

Table 1 The dekad variation of PAR(MJ·m^{-2}) at Haibei station area during plant growing season

月份	4 月	5 月			6 月			7 月			8 月			9 月	
旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬
旬 PAR	84.97	75.75	89.36	90.58	96.82	76.58	73.65	71.39	80.19	83.39	70.84	76.17	70.90	81.93	59.48
月 PAR			255.70			247.05			234.96			217.91			
旬平均	84.97		85.23			82.35			78.32			72.64			70.71

表 2 植物生长期晴天状况下海北站地区η的日变化

Table 2 The daily variation of η at Haibei station area in the sunny day during the plant growing season

日期(日/月)		时间/北京时												
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
η	25/4	0.51	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.38	0.40	0.42	0.41	0.41	0.40	0.41
	20/6	0.32	0.34	0.36	0.42	0.35	0.36	0.35	0.36	0.34	0.34	0.34	0.33	0.40
	17/7	0.41	0.38	0.38	0.33	0.36	0.36	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35
	20/9	0.50	0.54	0.50	0.37	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.39	0.46

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　植物生长期阴天状况下海北站地区 η 的日变化(1998 年 7 月 9 日)

Table 3　The daily variation of η at Haibei station area in cloudy day during plant growing season

日期(日/月)		时间/北京时												
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
η	9/7	0.47	0.40	0.42	0.45	0.45	0.45	0.41	0.46	0.41	0.43	0.43	0.39	0.42

表 4　植物生长期实际天气状况下海北站地区 η 值的旬和月变化

Table 4　The dekad and month variations of η under real weather conditions at Haibei station area during plant growing period

月份	4 月	5 月			6 月			7 月			8 月			9 月	
旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬
旬η值	0.41	0.42	0.42	0.43	0.42	0.34	0.32	0.36	0.27	0.37	0.35	0.39	0.32	0.39	0.40
月η值			0.42			0.36			0.33			0.35			

0.37 和 0.38, 表现出在 4 月和 9 月较高, 6 月和 7 月相对较低, 证实η也存在季节变化, 在 4～9 月间出现一弱的"U"型变化过程。从不同时期来看, 空气干燥时, η的量值较大, 如4月25日日平均在 0.40 以上; 在气候湿润, 太阳高度角较大的 6 月 20 日, 显得较低, 日间最低可降到 0.32 。这说明晴天时η的季节变化与空气湿度的分布变化有很大的关系, 一般空气湿度高时η较大, 空气湿度低时η值较小。

同样根据图 2 资料列出了植物生长期 7 月 9 日全阴天状况下η的日变化情况(表 3)。由表 3 可见, 全阴天状况下η的日变化较为复杂, 日间波动起伏明显, 但其η值较晴天状况稍大, 7 月 9 日日平均为 0.44, 比离该日较近的晴天 7 月 17 日日平均 0.37 高 0.07。由于在阴天状况下, 云量影响下的散射辐射在总辐射中占有很大的比例, 从而证实阴天条件下, η随日进程的变化呈现较多的波动性, 且与散射辐射的作用影响有关, 散射辐射强, η便大。同时对观测资料分析发现, 在出现阴雨天 E_g 很低时, η值较高; 反之, 则相应低些。可证实η的分布在一定的阴雨或多云天气状况下, 将随总辐射的降低而升高。

统计 1998 年植物生长期实际天气状况下η的季节变化发现(表 4), η的季节变化有一定规律。一般太阳高度角相对较低的季节及其太阳总辐射强度相对较弱时η值较高, 太阳高度角大的 6～8 月η值较低。这些分析结果与周允华[1]对中国各地区的研究稍有不同。他的研究结果表明, PAR 的变化在冬春季较低, 而在夏秋季较高。如对北京等 8 个地区 11 个观测点研究表明, 1 月、4 月、7 月和 10 月平均分别为 0.41、0.41、0.44 和 0.44。其中 4 月与海北站地区基本相同, 但 7 月海北站明显偏低。同时与季国良等[3]对张掖地区的测定结果比较, 也有大同小异的特点。这些现象的出现不仅与各人所测定 PAR 波段不尽相同有关, 而且与太阳辐射分光测定仪器性能及技术的限制等因素有很大的关系, 当然异地所处地理位置、天气气候的影响也是不可忽视的, 同时也表现出祁连山海北地区η较低。一般情况下η值的变化与太阳高度角成一定的对数反比关系, 即η值是随太阳高度角的增加而降低, 这在周允华[1]和季国良等[3]对不同地区的研究中有所证实。从而也可认为, 对海北站地区的分析结果有一定的可靠性, 但η值较低。由于资料是由不同分光辐射表来测定并计算所得, 加之仪器本身性能及各表对太阳辐射响应有一定的差异性, 所得的结论有一定误差, 因此对上述更具体的结果有待进一步进行长期观测、分析和验证。

5　PAR 与 E_g 的经验关系

地球表面一切物理过程的能量来自太阳辐射, 其能量转换过程都从吸收太阳辐射开始, 并以向外部空间射出红外辐射而结束。地球表面所生长的各类植物, 在其生长发育的生命活动过程中与太阳辐射能息息相关。但植物在制造有机物过程中, 对太阳辐射的吸收和利用有一定的选择性。其主要吸收波段集中于 400～700 nm。植物光合作用、有机物合成以及生理活动和过程与 PAR 有着不可质疑的关系。但因条件限制, 各地对 PAR 的实际测定较少。为此, 研究者们提出了不少估算 PAR 的气候学方法。然而, 由于地区间局地地形差异、气候差

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

异等的影响，所提出的估算方法并非通用。所以，各地具体对 PAR 的估算进行分析实有必要。如前所述，PAR 对 E_g 的比例较为稳定，因此，本文建立 PAR 与 E_g 的回归方程，一则能较深入地反映出二者的相互关系，二则提出利用 E_g 来估算 PAR 的可靠性。

以 1998 年 4 月 15 日～9 月 26 日 PAR 和 E_g 各日总量资料，建立直线回归方程有：

$$PAR = 0.4946 + 0.3606 E_g.$$

很久以来，植物生理学家一般将总辐射的近 1/2 作为 PAR 的能量，大多取为 0.44～0.50，提出的估算模式有：

$$PAR = aE_g,$$

a 为折算系数。利用该模式对海北站植物生长期的 PAR 估算发现，a 取 0.44，明显偏高。而利用本文提出的方法，进行显著性检验，达极显著经验水平（$n = 165$，$r = 0.9513$，$P < 0.001$），说明效果极好。

6 海北高寒草甸地区光能利用率的一些探讨

一般对光合产物中固定的物化能与光合作用可利用的太阳辐射能之比称为光能利用率。光能利用率的计算有多种形式[9]。本文采用吸收 PAR 的辐射能 E_{PAR} 来评价高寒草甸植被光能利用率状况，其形式如下：

$$\eta_{PAR} = q \cdot M / \sum E_{PAR},$$

其中 η_{PAR} 为光能利用率；q 为植物的发热率（热值含量），对于高原，植物生长在较为恶劣的生物环境，其群落热值含量将高于湿润、温暖等环境条件适宜下的热值含量，且在生长期内季节变化明显。杨福囤等[9]曾报道高寒草甸地区植物群落地上部分生物量，干物质去灰分热值含量平均为 $19.37 \times 10^3 J \cdot g^{-1}$；M 为植物群落生物学产量（$g \cdot m^{-2}$），经测定 1998 年海北站地区约为 $354.16\ g \cdot m^{-2}$；由于海北高寒草甸地区植物于 4 月下旬（一般在 22 日左右）日平均气温稳定通过 ≥0 ℃时进入萌动发芽，过 10 余天左右便进入返青期，在 8 月底到 9 月上旬地上生物量达年内最大，以后日平均气温稳定降至低于 5 ℃时（一般在 9 月 16 日左右），大部分牧草生长基本停止，转而进入枯黄期。所以吸收 PAR 的辐射能 E_{PAR} 本文取 4 月下旬到 9 月中旬时段的日总量，即：

$$\sum E_{PAR} = 1181.985\ MJ \cdot m^{-2}.$$

最后可通过以上参量得出海北高寒草甸地区植物群落地上部分对 PAR 的光能利用率，在植物生长期内平均约为 0.58 %，表现出高寒草甸植物群落用于光合作用的光合有效辐射仅是所吸收的一小部分。这比贲桂英[6]对该地区测定计算的群落光能利用率的结果（0.62 %）稍偏低；但比王启基等[11]对该地区植物个体测定计算的光能利用率的结果偏高约 0.49 个百分点，证实植物群落在吸收辐射通量时，随植株密度的增加而增加[12]，单株植物可利用的光合有效辐射更为微小，光能利用率更低；与北美高山草原 PAR 的光能利用率基本相近[13]。与我国东部地区相比，海北站地区植物群落光能利用率较低。

7 小结

通过分析表明，祁连山海北站地区 PAR 有如下特征：

(1) 晴天状况下，PAR 日变化与 E_g 日变化关系密切，中午前后高，早晚低，表现一单峰型曲线变化过程。1998 年日总量最大，达 $11\ MJ \cdot m^{-2}$ 左右。

(2) 在植物生长期内的 4 月下旬～9 月中旬 PAR 总量可达 $1181.985\ MJ \cdot m^{-2}$。在这一期间旬波动变化明显，一般在 4～6 月间较高，旬平均在 $80\ MJ \cdot m^{-2}$ 以上，在 7～9 月间旬平均在 $80\ MJ \cdot m^{-2}$ 以下。

(3) 一日间 PAR 在 E_g 中所占的比例，在各类天气条件下表现不同。晴天状况下主要受太阳高度角的影响，而阴天状况下则可能与散射辐射的作用有关。但量值差异并非十分显著，一般在 0.35～0.42 之间。

(4) 受太阳高度角及大气干湿状况的影响，在实际大气条件下，PAR 在 E_g 中所占比例的季节变化呈现弱“U”型变化过程。4 月最大，6 月最小。

(5) PAR 与 E_g 有显著的正相关关系，从而可依 E_g 的变化量来估算 PAR。

海北高寒草甸地区植物群落对 PAR 的光能利用率为 0.58 %。

致谢：周兴民研究员在本文的修改过程中提出了不少有益的建议，在此深表谢意。

参考文献

[1] 周允华，项月琴，单福芝. 光合有效辐射（PAR）的气候学研究

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[J]. 气象学报, 1984, 42(4): 387 - 396
[2] 叶菲莫娃 H A. 王炳忠译. 植被产量的辐射因子[M]. 北京: 气象出版社, 1977. 5 - 100
[3] 季国良, 马晓燕, 邹基玲等. 张掖地区的光合有效辐射特征[J]. 高原气象, 1993, 12(2): 141 - 146
[4] 谢贤群. 黄淮海平原冬小麦生育期的光合有效辐射分布特征[C]. 黄淮海平原治理和开发(第 1 集). 1985. 145 —148
[5] 李英年, 师生波, 曹广民等. 祁连山海北高寒草甸地区微气候特征的观测研究[J]. 高原气象, 2000, 19(4): 512 - 519
[6] 贲桂英, 韩发, 师生波等. 高寒草甸生态系统微气候和植物的生理生态反应 I. 定位站地区太阳辐射特征及植物冠层对辐射吸收的分析[C]. 高寒草甸生态系统(第 4 集). 北京: 科学出版社, 1991. 35 - 44
[7] 李英年. 海北高寒草甸生态系统定位站近 40 年降水分布特征[J]. 资源生态环境网络研究动态, 2000, 11(3): 9 - 13
[8] 刘建栋, 傅抱璞, 卢其尧等. 林农复合生态系统晴天光谱特征分析[J]. 中国农业气象, 1997, 18(3): 8 - 10
[9] 欧阳海, 郑步忠, 王雪娥等. 农业气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1990. 124 - 193
[10] 杨福囤, 陆国泉, 史顺海. 高寒矮嵩草草甸结构特点及其生产量[C]. 高原生物学集刊(第 4 集). 1985. 49 - 56
[11] 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
[12] Thornely J H M. 王天铎译. 植物生理学的数学模型[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 80 - 150
[13] Smis P L, J S Singth. Herbage dynamics and net primary production in certain ungrazed grassland in North America[M]. In: N R French ed. In Preliminary analysis of structure and function in grassland. Colorado: Colorado State University, 1971. 59 - 124

Features of Photosynthetic Active Radiation(PAR) in Haibei Alpine Meadow Area of Qilian Mountain during Plant Growing Period

LI Ying nian, ZHOU Hua kun
(*Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining* 810001, *China*)

Abstract: The daily and seasonal variation features of PAR in alpine meadow area during plant growing period in 1998 were analyzed, the results show that the tendency of daily variation of PAR conformed with that of the solar global radiation presenting a single peak type. The maximum daily tolal PAR may amount to 11.7 MJ $\cdot m^{-2}$. The seasonal variation of PAR in the plant growing period (form the last ten days of April to the second ten days of September) is more complicated. The higher value of PAR appear before raining season and the lower value in other time. The maximum dekad mean value of PAR may amount to 85.23 MJ $\cdot m^{-2}$. The daily average variation of PAR/ E_g is from 0.36 to 0.41. The seasonal variation of dekad mean PAR/ E_g is from 0.32 to 0.43. PAR can be estimated by the variation of E_g because of the positive correlation between PAR and E_g. The efficiency of energy conversion of PAR is 0.58 % more or less in plant community of Haibei alpine meadow area.

Key words: Alpine meadow area; Plant growing period; Photosynthetic active radiation; The efficiency of energy conversion

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net