

不同生境条件下能源植物菊芋净光合速率和蒸腾速率的研究

高 凯^{1,2,3}, 韩国栋¹, 徐苏铁³

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古民族大学 农学院, 内蒙古 通辽 028043; 3. 中国科学院 植物研究所, 北京 100093)

摘 要:自然条件下利用 Li-6400 便携式光合测定仪, 对沙地、盐碱地、弃耕地及农田 4 种生境条件下菊芋主枝与侧枝叶片净光合速率和蒸腾速率进行测定, 探讨不同生境条件对菊芋的光合特性和蒸腾特性的影响。结果表明: 沙地的净光合速率显著高于盐碱地、农田和弃耕地, 同时同一生境条件下主枝叶片的净光合速率均要显著高于侧枝叶片; 盐碱地和农田生境条件下菊芋的蒸腾速率要显著高于沙地和弃耕地, 在同一生境条件下, 主枝叶片蒸腾速率显著高于侧枝叶片; 在各种生境条件下, 气孔导度均是影响植物净光合速率和蒸腾速率的主要因子, 并且在 4 种生境条件下叶片净光合速率、蒸腾速率与各种生态生理因子之间的相关性基本一致。

关键词:菊芋; 净光合速率; 蒸腾速率

中图分类号:S 632.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)02-0060-03

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)为菊科向日葵属多年生草本植物, 主要分布在北美温带区域, 以块茎繁殖为主, 具有耐贫瘠和较低的生产成本的特点^[1]。并且中外学者对菊芋也进行了大量的研究。其研究内容主要包括三方面: 一是菊芋的多功能性用途开发, 如利用菊芋作为生产菊粉、乙醇、纸浆、丙酮等产品的原材料^[1-2]; 二是相关功能的生产工艺技术的开发和改进, 如黄酮类化合物的提炼工艺及菊糖的提取与纯化工艺研究等^[3-6]; 三是菊芋生态生理特性, 如海水灌溉对菊芋农艺性状影响及菊芋高产栽培等方面的研究^[7-8]。关于菊芋光合蒸腾速率也有学者进行了一些研究, 如海水灌溉对菊芋光合蒸腾速率的影响及施肥处理对菊芋光合蒸腾速率的影响等^[1,7,9-10]。其研究主要集中在某一限制性因素对光合蒸腾速率的影响。现将不同生境条件下菊芋主枝叶片和侧枝叶片的净光合速率及蒸腾速率作为研究对象, 来探讨生境条件及叶片位置对菊芋光合蒸腾速率的影响, 并对不同生境条件下菊芋光合、蒸腾与生态生理诸

因素相关性进行分析, 研究不同生境条件下影响光合、蒸腾速率的主要因素。

1 材料与方法

1.1 实验区自然概况

实验区位于内蒙古自治区锡林浩特盟多伦县。多伦县位于内蒙古自治区锡林郭勒盟南部, 地处浑善达克沙地南缘。低山丘陵地貌, 海拔在 1 150~1 800 m。属中温带半干旱大陆性气候, 年均降水量 385.5 mm, 且四季降雨分布不均, 年蒸发量 1 748 mm。年均气温为 1.6℃, 1 月平均气温 -18~-19℃, 严寒期较短, 日最低气温 -30℃, 日数每年约为 7~15 d。夏季温凉, 7 月平均气温 18~19℃, 日最高气温 30℃, 日数每年为 6~7 d。无霜期较短, 100 d 左右, 年日照时数为 2 947~3 127 h, ≥10℃积温为 1 917.9℃, 风力强劲, 年均风速 4.3~5.1 m/s, 年大风日数 50~70 d, 主风向为西北风。土地总面积约 3 899.2 km², 其中耕地、草地和未利用土地基本上各占 1/3。土壤主要为栗钙土(约占 70%), 其余依次是风沙土、草甸土和黑钙土, 土壤有机质含量在 2%~4%。

1.2 试验材料

试材为 2009 年 5 月种植的菊芋。种植环境为沙地、弃耕地、盐碱地和农田。小区面积为 10 m×10 m, 6 次重复。其中农田的前茬作物为莜麦; 弃耕地多年没有进行农田耕作, 以多年生草本植物为主。菊芋采用平畦播种, 种植株距为 30 cm, 行距为 40 cm, 播种深度 10~15 cm。选取重量为 30~40 g, 无病、无伤的块茎作种。

第一作者简介:高凯(1979-), 男, 在读博士, 研究方向为草地管理与草地生态。E-mail: gaokai555@126.com。

通讯作者:韩国栋(1964-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事草业科学和生态学教学与研究工作。

基金项目:中国科学院知识创新工程方向性资助项目(KSCX2-YW-G-036)。

收稿日期:2010-11-19

出苗后拔除杂草,于2009年6月中旬进行中耕。

1.3 试验方法

1.3.1 光合作用和蒸腾作用测定 分别于2009年7月14~16日连续3d用Li-6400光合仪测定光合作用和蒸腾作用。测定过程中分别在每个小区内随机选取6株菊芋,6次重复。分别测定菊芋的主枝上的叶片和侧枝叶片光合指标。测定指标包括叶片净光合速率(Pn)和蒸腾速率(Tr);生态因子指标有大气CO₂浓度(Ca)和气温(Tair);生理因子指标包括叶温(Tleaf)、气孔导度(Cond)、胞间CO₂浓度(Ci)。同时计算叶片瞬时水分利用效率(WUE); $WUE = Pn / Tr^{[1]}$ 。

1.3.2 数据处理 所有测定数据均采用Microsoft Excel和Spss 17.0统计分析软件进行整理、作图及方差分析。

2 结果与分析

2.1 生境条件对菊芋净光合作用的影响

由图1可知,在4种生境条件下,菊芋净光合速率变化趋势为:沙地>农田>弃耕地>盐碱;在5%显著水平条件下,沙地种植菊芋主枝与侧枝的净光合速率均要显著高于盐碱地、弃耕地和农田,而农田、弃耕地和盐碱地菊芋主枝与侧枝的净光合速率之间差异不显著,在同一生境条件下菊芋主枝叶片与侧枝叶片的净光合速率表现出显著差异。说明生境条件与植株结构对菊芋的净光合速率均有影响。生境条件应当主要是通过土壤水分供应状况、土壤理化性质等方面对菊芋的净光合速率产生影响;而在植株的结构上,使主枝与侧枝叶片之间的光合速率表现出来的差异可能主要由于侧枝上的新生叶片的叶组织发育未健全,气孔尚未完全形成或开度小,细胞间隙小,叶肉细胞与外界气体交换速率低;叶绿体小,片层结构不发达,光合色素含量低,捕光能力弱等原因。

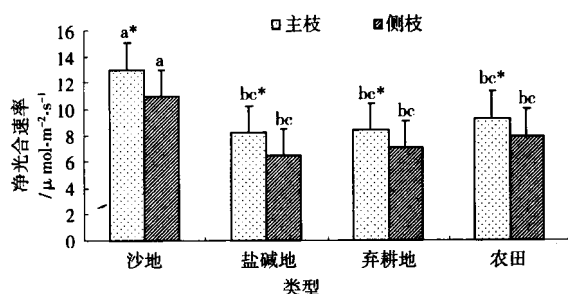


图1 不同生境条件下主枝与侧枝菊芋净光合速率

注:不同小写字母表示不同生境条件下主枝和侧枝之间差异达5%显著水平,*表示同一生境条件下主枝与侧枝之间差异达到5%显著水平,下同。

2.2 生境条件对菊芋蒸腾速率的影响

由图2可知,在5%显著水平下,不同生境条件下菊芋主枝与侧枝叶片蒸腾速率之间差异不显著,盐碱地与农田叶片蒸腾速率略高于沙地与弃耕地;作为同一生境条件下,主枝叶片上蒸腾速率要明显高于侧枝。产生这些结果的原因:7月降雨量较低,温度偏高,使菊芋处在一种干旱胁迫条件下,这样促使各种生境条件下菊芋的蒸腾速率均较低,从而在各生境条件下没有表现出差异,而盐碱地与农田条件下菊芋蒸腾速率略高于沙地和弃耕地,主要是由于盐碱地与农田土壤保水能力要高于弃耕地与沙地,从而促使农田与盐碱地生境条件下菊芋的蒸腾速率略高;而作为同一生境条件系,主枝叶片蒸腾速率要明显高于侧枝,这主要是由于干旱条件下,菊芋侧枝上的新生叶片多处于卷曲状态,而主枝上的叶片相比之下较为平展,从而促使主枝叶片蒸腾速率高于侧枝叶片。

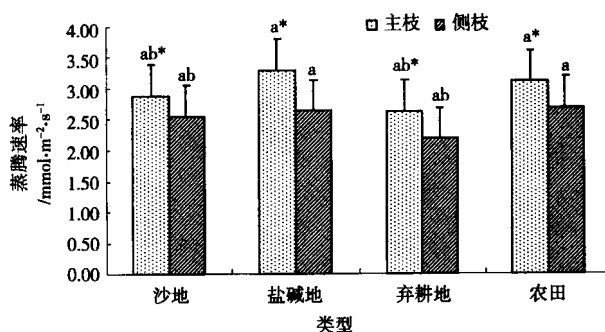


图2 不同生境条件下菊芋叶片蒸腾速率变化

2.3 不同生境条件下光合生态生理指标相关性分析

由表1可知,4种生境条件下菊芋净光合速率、蒸腾速率和气孔导度三者之间的相关系数显著高于其它各因素之间相关系数,说明气孔导度是影响净光合速率和蒸腾速率的主要生态生理因子。这主要由于气孔是CO₂和水汽进出细胞的共同通道,微妙地调节着植物的碳固定和水分散失的平衡关系,从而对光合作用和蒸腾作用具有一定的调节功能,表现出其与光合作用和蒸腾速率之间较高的相关性;温度与净光合速率和蒸腾速率之间表现出较低的相关性,主要是因为7月多伦县的温度较高,同时环境条件比较干旱,使土壤和大气中的水分成为限制植物光合速率和蒸腾速率的主要因素。因此,温度对光合作用和蒸腾作用的影响程度降低,甚至出现负相关现象。

表 1 光合生态生理指标相关性分析

	沙地	盐碱地	农田	弃耕地
光合速率-气孔导度	0.9658 *	0.9203 *	0.9539 *	0.9710 *
光合速率-CO ₂ 胞间浓度	0.2579	0.0061	0.7118	0.3499
光合速率-蒸腾速率	0.9525 *	0.8975 *	0.9765 *	0.9767 *
光合速率-大气温度	-0.4805	-0.7162	0.1057	0.1861
光合速率-叶面温度	-0.7822	-0.785	-0.3642	-0.2914
光合速率-水分利用率	0.6399	0.5439	-0.3924	-0.086
气孔导度-CO ₂ 胞间浓度	0.4752	0.3603	0.8516 *	0.5535
气孔导度-蒸腾速率	0.9843 *	0.9747 *	0.9798 *	0.9857 *
气孔导度-大气温度	-0.3822	-0.6915	0.091	0.1302
气孔导度-叶面温度	-0.7591	-0.7927	-0.3727	-0.3675
气孔导度-水分利用率	0.6056	0.226	-0.5272	-0.2406
CO ₂ 胞间浓度-蒸腾速率	0.4888	0.357	0.7819	0.4975
CO ₂ 胞间浓度-大气温度	0.2487	-0.0826	-0.1258	-0.1024
CO ₂ 胞间浓度-叶面温度	-0.3142	-0.1606	-0.4998	-0.3653
CO ₂ 胞间浓度-水分利用率	0.1673	-0.7444	-0.5493	-0.7379
蒸腾速率-大气温度	-0.2612	-0.5474	0.2021	0.2621
蒸腾速率-叶面温度	-0.682	-0.6662	-0.2764	-0.2216
蒸腾速率-水分利用率	0.6252	0.1430	-0.5532	-0.286
大气温度-叶面温度	0.6592	0.9679	0.8701	0.8146
大气温度-水分利用率	-0.2901	-0.5825	-0.7187	-0.4600
叶面温度-水分利用率	-0.5303	-0.5315	-0.4377	-0.3296

注: * 表示同一生境条件下光合速率、蒸腾速率与其它各因素之间的相关系数差异达到 5% 显著水平。

3 结论

在 4 种生境条件下,菊芋净光合速率变化趋势为:沙地>农田>弃耕地>盐碱;而蒸腾速率之间差异不显著,表现盐碱地与农田叶片蒸腾速率略高于沙地与弃耕地。在同一生境条件下,主枝叶片的净光合速率和蒸腾

速率均高于侧枝叶片。在 4 种生境条件下,菊芋净光合速率、蒸腾速率及气孔导度之间均表现出最高的相关系数,说明气孔导度是影响光合和蒸腾速率的主要因素。

参考文献

- [1] Denoroy P. The crop physiology of *Helianthus tuberosus* L. : A model orientated view[J]. Biomass and Bioenergy, 1996, 11(1): 11-32.
- [2] Maria D C, Pedro A, Marina S. Clone precocity and the use of *Helianthus tuberosus* L. stems for bioethanol[J]. Industrial Crops and Products, 2006, 24: 314-320.
- [3] 刘海伟,刘兆普,刘玲. 菊芋叶片提取物抑菌活性与化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19: 405-409.
- [4] 夏邦旗. 菊芋及其系列食品加工技术[J]. 西部粮油科技, 1999, 24(2): 34-36.
- [5] 胡娟,金征宇,王静. 菊芋菊糖的提取与纯化[J]. 食品科技, 2007(4): 62-65.
- [6] 陆慧玲,胡飞. 酶法提取菊糖工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2006(10): 158-160.
- [7] ZHAO G M, LIU Z P, CHEN M D. Effect of Saline Aquaculture Effluent on Salt-Tolerant Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in a Semi-Arid Coastal Area of China[J]. Pedosphere, 2006, 16(6): 762-769.
- [8] 隆小华,刘兆普,郑青松. 不同浓度海水对菊芋幼苗生长及生理生化特性的影响[J]. 生态学报, 2005, 29(8): 1881-1890.
- [9] 代晓华,康建宏,徐长警. 不同施肥条件下菊芋光合速率测定[J]. 中国糖料, 2009(1): 40-43.
- [10] 钟启文,王怡,王丽慧. 菊芋生长发育动态及光合性能指标变化研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(9): 1843-1848.
- [11] 高景慧. 分枝期 3 个紫花苜蓿品种光合蒸腾日变化与相关因子的关系分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(10): 29-34.

Study of Photosynthesis and Transpiration of Energy Plant *Helianthus tuberosus* L. in Different Existed Environment

GAO Kai^{1,2,3}, HAN Guo-dong¹, XU Su-tie³

(1. College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018; 2. Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028043; 3. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract: Under field condition, to test photosynthesis and transpiration by using Li-6400 portable photosynthesis system on *Helianthus tuberosus* L. in different existent environment including sand, Salina, abandoned fields and field. To discuss the effect of existent environment on photosynthesis and transpiration of *Helianthus tuberosus* L. The results showed that net photosynthesis rate of *Helianthus tuberosus* L. in dune was significantly higher than another environment, and photosynthesis rate of leaf of main branch was significantly higher than adnation branch in same environment; Transpiration of *Helianthus tuberosus* L. in salina and field was significantly higher than another environment, and in same environment transpiration of main branch was higher than adnation branch; In different environment, cond is main effect factor on photosynthesis and transpiration, and there were conform on correlation among photosynthesis, transpiration and other ecology psychology factors.

Key words: *Helianthus tuberosus* L.; photosynthesis; transpiration