

# 北京地区引种菊苣在不同水分条件下 光合与蒸腾特性初探

赵风华, 陈 阜

(中国农业大学 农学与生物技术学院 北京 100094)

**摘要:** 根据北京地区的气候特点设置水分充足、中度干旱和干旱 3 个处理, 考查生理生态特性的规律和 3 个生育时期(莲坐叶丛期、抽薹初期、现蕾期)间的变化规律。研究结果表明, 菊苣叶片的净光合速率和蒸腾速率都有双峰型日变化规律; 土壤水分不足能明显降低菊苣叶片的净光合速率和蒸腾速率, 加剧或提前菊苣“光午休”现象的发生。菊苣在抽薹初期对水分缺失反应较敏感。叶片净光合速率和蒸腾速率存在弱的二次线性相关关系。

**关键词:** 菊苣; 干旱; 光合; 蒸腾

中图分类号: S636.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2005)02-0063-03

## Study on Chicory's Photosynthesis and Transpiration under Different Water Treatments in Beijing

ZHAO Feng-hua, CHEN Fu

(College of Agronomy and Biotechnology, CAU, Beijing 100094, China)

**Abstract:** According to the climate of Beijing, three water treatments were given to the chicory: sufficient soil water treatment, middling drought treatment, drought treatment. Study on the changes of day photosynthetic rate and transpiration rate in three development stages, which includes leaf stage, cauline stage and bud stage. There is nooning phenomenon in chicory. Its net photosynthetic rate ( $P_n$ ) of leaf climbs up to the peak value in the leaf stage, then goes down, and rises a little in the stage of budding. As far as transpiration rate ( $T_r$ ) is concerned, the result is: bud stage > cauline stage > leaf stage. Low soil moisture can affect  $P_n$  and  $T_r$ , and leads to nooning phenomenon happen easier. There is quadratic linear relationship between  $P_n$  and  $T_r$ .

**Key words:** Chicory; Drought; Photosynthesis; Transpiration

菊苣(*Cichorium intybus* L.)为菊科多年生草本植物,产草量高、营养价值优良、适口性好、再生能力强,是一种很有开发潜力的高产优质饲草<sup>[1~3]</sup>。水资源短缺影响了世界范围内的作物产量。干旱对作物产量和作物生长的影响,反映在一系列生理生化和形态变化上<sup>[4]</sup>。北京地处水资源紧缺的华北地区,紧缺的水资源是该地区种植业高效持续发展的重大限制因素。为了保证菊苣能在北京地区得到合理、有效的推广种植,能为北京地区畜牧业特别是奶牛业的发展提供优质多汁饲草,因此很有必要对菊苣在北京地区的光合和蒸腾特性,特别是在干旱胁迫状态下的光合和蒸腾特性进行系统研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料和试验地基本情况

试验设在北京市顺义区农科所试验基地,2002年4月14日播种,当年刈割4茬。本次试验观测时段为2003年第3茬菊苣生长期(07-01~08-15)。试验区属于暖温带大陆性气候,年均相对湿度58.1%,年均气温12.2℃,年均最高气温18.1℃,年均最低气温6.5℃,年日照时数2498.8h,年均风速2.3m/s,年均降水量518.3mm,降水主要集中在6、7、8月份(占全年降水量的77%以上)。试验地地势平坦,土层深厚,地下水埋深6~8m,土壤为

收稿日期: 2004-12-06

基金项目: “十五”国家重点科技攻关项目(2001BA508B23); 北京市科技计划项目(H020720010630)共同资助

作者简介: 赵风华(1979-)男 农学硕士 主要从事旱地农业和农业水资源利用研究工作

中壤,有机质含量 11.1 g/kg,有效氮 82.9 mg/kg,有效磷 19.0 mg/kg,有效钾 115.0 mg/kg,平均容重 1.36 g/cm<sup>3</sup>,平均田间持水量 21.63%。

## 1.2 水分处理

试验设 3 个水分处理:返青期和前两次刈割后均灌溉的水分充足处理(对照),只在返青期和第 1 茬刈割后灌溉的中度干旱胁迫处理(MS)和只在返青期灌溉 1 次的干旱胁迫处理(SS),每次灌溉水量均为 60 mm (600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。采用美国 CPN 公司生产的 503DR.9 中子仪,在测定光合、蒸腾等生理参数的同时测定 10~100 cm 土壤层的土壤相对含水量,对照大约为 75%,MS 大约为 60%,SS 大约为 45%(表 1)。

表 1 3 个水分处理在 3 个生长时期的土壤相对含水量

Tab. 1 Soil relative water content under three water treatments in three grow stages

	莲坐叶丛期 Leaf stage	抽薹初期 Cauline stage	现蕾期 Bud stage
ck	78.3%	70.8%	76.2%
MS	63.8%	58.3%	62.6%
SS	50.9%	44.6%	48.6%

## 1.3 光合测定

采用英国 PPS 公司生产的 CIRAS-1 型便携式光合测定仪,测定第 3 茬菊苣 3 个处理 3 个时期(7月 18 日莲座叶丛期、7月 27 日抽薹初期和 8 月 12 日现蕾期)的叶片净光合速率  $P_n$  和蒸腾速率  $T_r$  8:00~18:00 的逐时变化,每个处理每个时次测定 4 片健康叶片,以平均值作为该时次的测量结果。

# 2 结果与分析

## 2.1 水分对菊苣叶片光合性能的影响

菊苣叶片净光合速率日变化大致呈“S”形,在 10:00 左右达到最大峰值,在 12:00 左右出现“光午休”低谷,在 14:00 左右出现第 2 个峰值,此后呈下降趋势。干旱条件下,菊苣叶片净光合速率明显低于水分充足(对照)条件下的净光合速率;中度干旱条件下的净光合速率则处于二者之间(图 1)。

综合 3 个时期来看,干旱条件下 8:00 到 18:00 的平均叶片净光合速率比水分充足(ck)的下降比率分别为:莲坐叶丛期 58.09%、抽薹初期 50.89%和现蕾期 53.74%;同期全天最大峰值的下降比率分别为:35.79%,29.48%和 35.86%(表 2)。这表明水分对菊苣叶片光合性能影响很大,充足的水分供应才能保证光合作用得以高速率进行,而水分缺失则能明显降低净光合速率

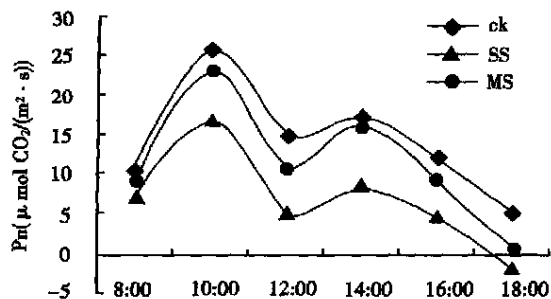


图 1 现蕾期不同水分处理下叶片净光合速率日变化

Fig. 1 Daily changes of net photosynthetic rate of leaf under different water treatments in bud stage

表 2 不同水分处理下的叶片净光合速率日变化特征值

Tab. 2 Characteristic value of daily change of net photosynthetic rate of leaf under different water treatments in three grow stages

	莲坐叶丛期 Leaf stage			抽薹初期 Cauline stage			现蕾期 Bud stage		
	平均值 Average	最大值 Max	谷底值 Min	平均值 Average	最大值 Max	谷底值 Min	平均值 Average	最大值 Max	谷底值 Min
ck	17.93	28.12	19.15	12.83	21.60	12.96	14.07	25.80	14.58
MS	15.17	26.57	15.93	10.90	19.73	11.55	11.64	23.33	10.72
SS	7.51	18.05	5.68	6.30	15.24	5.65	6.51	16.55	5.15

注:平均值 8:00~18:00 测定值的平均;最大值 10:00 测定值;谷底值 12:00 测定值

干旱条件下,3 个时期光午休(12:00)叶片净光合速率比最大峰值(10:00)下降比率分别为:莲坐叶丛期 68.54%、抽薹初期 62.90%和现蕾期 68.89%,而同期水分充足(ck)条件下的下降比率仅为:31.90%、40.00%和 43.51%(表 2)。这说明在干旱条件下,菊苣更容易出现“光午休”现象。干旱缺水时,Rubisco 酶的初始活性和气孔导度下降从而导致 CO<sub>2</sub> 同化受阻<sup>[5,6]</sup>,缺水还能影响叶片生长,使光合面积减小<sup>[7]</sup>,这些都是导致光合速率下降的原因。

## 2.2 水分对菊苣叶片蒸腾性能的影响

菊苣叶片蒸腾速率日变化有类似于净光合速率的“光午休”现象的双峰型变化规律。但其峰值和低谷出现的时间要比净光合速率的峰值和低谷出现的时间推迟 1~2 h,即全天最高峰出现在 12:00 左右,第二个高峰出现在 16:00 左右,低谷出现在 14:00 左右,而且其峰值与低谷间的变化幅度要较净光合速率的峰值与低谷的变化幅度缓和一些(图 2)。这表明菊苣叶片净光合速率和蒸腾速率有一定的相关性,这可能是两者都受叶片气孔运动影响的结果<sup>[7]</sup>;但光合速率受外界光温变化的影响要比蒸腾速率大一些,反应也更灵敏一些,这在其他植物上也有类似现象<sup>[8,9]</sup>。

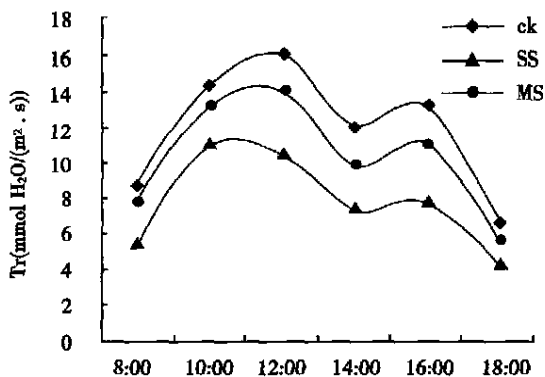


图2 现蕾期不同水分处理下叶片净光合速率日变化

Fig. 2 Daily changes of transpiration rate of leaf under different water treatments in bud stage

同叶片净光合速率相似，在干旱条件下，菊苣叶片蒸腾速率明显低于水分充足(ck)时的蒸腾速率，中度干旱条件下的蒸腾速率则处于二者之间，且总体上更接近于水分充足(ck)时水平。3个时期，干旱条件下8:00~18:00的平均蒸腾速率比较水分充足(ck)时的下降比率分别为：莲坐叶从期46.65%，抽薹初期38.45%和现蕾期34.35%；同期全天最大峰值的下降比率分别为：41.14%，34.63%和30.76%(表3)。这表明土壤水分状况对菊苣叶片蒸腾速率有很大影响，水分缺失能明显降低其蒸腾速率，这个过程是通过气孔调节和非气孔调节两种方式来实现的<sup>[7]</sup>。

表3 不同水分处理下叶片蒸腾速率日变化特征值

Tab. 3 Characteristic value of daily changes of transpiration rate of leaf under three water treatments in three grow stages

mmol H<sub>2</sub>O/(m<sup>2</sup>·s)

	莲坐叶从期 Leaf stage		抽薹初期 Cauline stage		现蕾期 Bud stage	
	平均值 Average	最大值 Max	平均值 Average	最大值 Max	平均值 Average	最大值 Max
ck	10.74	14.68	11.39	15.88	11.76	15.93
MS	10.27	13.74	10.38	14.23	10.31	14.11
SS	5.73	8.64	7.01	10.38	7.72	11.03

干旱条件下，抽薹初期和现蕾期的叶片蒸腾速率由最高峰转向低谷的时刻比水分充足(ck)和中度干旱时提前了1~2h出现，即出现在10:00左右。这是在土壤水分不足的情况下，为减少水分的散失而气孔过早的关闭的结果。同时也说明，菊苣在抽薹初期和现蕾期对土壤水分缺失的反应要比在莲坐叶从期敏感。

### 2.3 不同水分条件下菊苣叶片净光合速率与蒸腾速率的相关性分析

不同水分处理的菊苣叶片净光合速率(Pn)与

蒸腾速率(Tr)分别存在以下弱的二次相关关系：对照：Pn=−0.3365×Tr<sup>2</sup>+8.4787×Tr−34.453(R<sup>2</sup>=0.5563)；MS：Pn=−0.3287×Tr<sup>2</sup>+7.8767×Tr−30.757(R<sup>2</sup>=0.5415)；SS：Pn=−0.0314×Tr<sup>2</sup>+1.7927×Tr−3.8072(R<sup>2</sup>=0.4274)。

可见，随着水分条件的恶化，菊苣叶片净光合速率(Pn)与蒸腾速率(Tr)之间的二次相关关系逐渐变弱；特别是在干旱条件下，净光合速率与蒸腾速率之间的相关关系更趋微弱，而且也没有数据表明存在其他类型的相关关系，这可能是干旱使得菊苣内部发生一系列复杂的生理变化的结果。

### 3 结论与讨论

从本试验来看，菊苣存在较明显的“光午休”现象，土壤水分不足不仅明显降低菊苣叶片的净光合速率和蒸腾速率，而且还会加剧或提前“光午休”现象的出现。

叶片净光合速率和蒸腾速率存在弱的二次线性相关关系，在干旱条件下两者间的相关关系趋于微弱，而且也没有数据表明存在其他类型的相关关系，这可能是干旱使得菊苣内部发生一系列复杂的生理变化的结果，其内部生理原因有待于进一步探讨。

北京地区为保证菊苣的光合作用和蒸腾作用的正常进行，返青期和每次刈割后的灌溉是必要的。一茬和二茬刈割后不灌溉都会对菊苣的光合和蒸腾性能产生负面影响，但二茬刈割后不灌溉对其光合和蒸腾性能的影响不大。所以，在水资源紧张的北京地区可以考虑减少或免除二茬刈割后的灌溉。

#### 参考文献：

[1] 许庆方, 王志武, 张希文. 优质高产牧草菊苣的引种栽培试验[J]. 山西农业大学学报, 1999, (19): 145-146.

[2] 刘大林, 张万鑫. 高产优质牧草菊苣的栽培利用研究[J]. 畜牧与兽医, 1998, 30(6): 256-257.

[3] 董昭林. 新型牧草菊苣[J]. 四川草原, 2001, (3): 48-49.

[4] 山 仑. 植物水分利用效率和半干旱地区农业用水[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(1): 61-66.

[5] Kramer P J. Water relations of plants[M]. New York: Academic Press, 1983. 360-366.

[6] Hall DO Rao K K. Photosynthesis[M]. London: Edward Arnold, 1981: 156-158.

[7] 高煜珠, 韩碧文, 饶立华. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 57-58; 102-103.

[8] 刘 静, 李凤下, 王连珠, 等. 灌溉对春小麦蒸腾速率的影响及其生理原因[J]. 麦类学报, 2003, 23(1): 58-62.

[9] 范双喜. 营养液膜栽培生菜光合与蒸腾特性研究[J]. 中国农学通报, 2002, 18(2), 3-5