

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 21720061152276

UDC _____

厦 门 大 学

_____ 硕 士 _____ 学 位 论 文

槲寄生与寄主红树植物之间水分和营养研究

The water and nutrition relationships between mistletoe and
its host mangrove species

黄 丽

指导教师姓名: 王文卿 副教授

专业名称: 生 态 学

论文提交日期: 2009 年 05 月

论文答辩时间: 2009 年 07 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 07 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目录

摘要.....	1
Abstract.....	3
第一章 前言.....	5
1 寄生植物分类.....	5
2 我国的红树林寄生植物.....	6
3 槲寄生概述.....	8
3.1 槲寄生的蒸腾速率研究.....	8
3.2 槲寄生的吸氮假说.....	9
3.3 槲寄生的光合速率(A)研究.....	10
3.4 槲寄生叶片的低水势和离子积累.....	11
3.5 吸器的功能与营养关系模型.....	11
4 槲寄生—红树植物寄生系统.....	12
4.1 红树植物概述.....	12
4.2 红树植物的盐分平衡机制.....	13
4.3 槲寄生—红树植物寄生系统.....	13
5 本研究的内容和目的.....	14
第二章 材料与amp;方法.....	15
1 样地概况.....	15
2 实验材料.....	16
3 野外测量.....	16
3.1 叶绿素荧光和气体交换的日变化测量.....	16
3.2 荧光参数分析.....	17
3.3 光合曲线测量.....	17
3.4 光合曲线拟合.....	18
4 样品采集.....	18
5 样品分析.....	19
5.1 分析样品的制备.....	19
5.2 样品测定.....	20
6 统计分析.....	21
第三章 结果与amp;讨论.....	22

1 槲寄生与其寄主的元素关系	22
1.1 木质部离子含量变化	22
1.2 叶片元素含量	23
1.3 讨论	25
1.3.1 吸器对离子的吸收功能	25
1.3.2 吸器组织	26
1.3.3 槲寄生与寄主的营养竞争	26
2 槲寄生的蒸腾与氮的关系	27
2.1 叶片氮含量	27
2.2 气体交换测量结果	27
2.3 讨论	29
3 盐胁迫对槲寄生的影响	30
3.1 叶绿素荧光测量结果	30
3.2 讨论	33
3.2.1 盐胁迫下槲寄生叶片发生光抑制	33
3.2.2 盐胁迫下槲寄生的光保护机制	34
3.2.3 红树植物具有盐分平衡机制	35
4 盐胁迫下槲寄生与红树植物的光合生理比较	35
4.1 叶绿素含量	35
4.2 光合生理生化参数	37
4.3 讨论	37
4.3.1 槲寄生的低光合	37
4.3.2 环境胁迫下槲寄生的光合限制	38
4.3.3 盐环境中红树植物生长良好	38
5 槲寄生的水分和氮利用	38
第四章 结论与展望	39
1 结论	39
1.1 槲寄生的吸器与离子积累	39
1.2 盐胁迫对槲寄生的影响	40
1.3 槲寄生的氮利用	40
1.4 盐胁迫下, 红树植物与槲寄生的不同适应机制	41
2 展望	41
参考文献	42

CONTENT

Abstract (in Chinese)	1
Abstract (in English)	3
Chapter1: Preface	5
1 Parasitic plants	5
2 The parasitic plants in the mangrove in China	6
3 Mistletoes	8
3.1 Mistletoes transpiration studies	8
3.2 The N-parasitism hypothesis	9
3.3 Mistletoes photosynthesis studies.....	10
3.4 The high element accumulation and low water potential	11
3.5 The function of haustoria and nutrition model	11
4 Mistletoe-mangrove pairs	12
4.1 Mangroves	12
4.2 The balance of salt in mangroves	13
4.3 Mistletoe-mangrove studies.....	13
5 Purpose and main content of present study	14
Chapter2: Material and Methods	15
1 Site characteristics	15
2 Plant materials	16
3 Field measurement	16
3.1 Chlorophyll fluorescence and gas exchange measurements.....	16
3.2 Chlorophyll fluorescence parameters and analysis methods.....	17
3.3 Photosynthetic curves measurement.....	17
3.4 Photosynthetic curves fitting model	18
4 Sampling	18
5 Analysis methods	19
5.1 Sampling preparation.....	19
5.2 Chemical analyses	20
6 Statistical analysis	21
Chapter3: Results and Discussion	22
1 The nutrition element relationship between mistletoes and hosts	22

1.1 The element contents in xylem	22
1.2 The element contents in leaves	23
1.3 Discussion.....	25
1.3.1 Function of haustoria	25
1.3.2 Tissue of haustoria	26
1.3.3 Nutrition competition between mistletoes and host	26
2 The relationship between transpiration and foliar nitrogen content in mistletoes	27
2.1 Foliar nitrogen content	27
2.2 Results of gas exchange rates	27
2.3 Discussion.....	29
3 The effect of salt stress on mistletoes	30
3.1 Results of chlorophyll fluorescence	30
3.2 Discussion.....	33
3.2.1 Photoinhibition in mistletoes under salt stress	33
3.2.2 Photoprotect mechanism in mistletoes under salt stress	34
3.2.3 The balance between water and salt in plants	35
4 The photosynthesis differences between mistletoes and host	35
4.1 Chlorophyll contents	35
4.2 Photosynthetic biochemical parameters	37
4.3 Discussion.....	37
4.3.1 Mistletoes had very low CO ₂ assimilation rate	37
4.3.2 Photosynthetic limitations in mistletoes under salt stress	38
4.3.3 Mangroves have mechanism in response to the salt stress.....	38
5 The water and nitrogen use in photosynthesis	38
Chapter4: Conclusion and expectation	39
1 Conclusion	39
1.1 The effect of salt on mistleotes	39
1.2 The nitrogen use in mistletoes	40
1.3 The function of haustoria.....	40
1.4 Differences adaption mechanism of mistleotes and host.....	41
2 Expectation.....	41
Reference.....	42

摘要

本文研究了瘤果槲寄生 *Viscum ovalifolium* 和红树植物海桑 *Sonneratia caseolaris* 的寄生系统。槲寄生属 *Viscum* 是桑寄生科常绿灌木或亚灌木，属于半寄生植物。试验地点为海南清澜港红树林自然保护区，样地内海水平均盐度为 17.2ppt。自然条件下测定植物叶片的叶绿素荧光和光合气体交换速率，并于控制环境下测定光响应曲线和 CO₂ 响应曲线。同时测定叶绿素含量、叶片渗透势、木质部和叶片的元素(Na、Cl、K、Ca、Mg、N、P)含量等。

1. 与以往的研究结果不同，此处的槲寄生叶片蒸腾速率 (T_r) 全天低于寄主，但是两者均具有非常高的叶片氮含量。所以
 - (1) 验证假设：当氮供应充足时，寄生在红树植物上的槲寄生会降低自身的 T_r 以避免盐分的过量积累。
 - (2) 尽管槲寄生 T_r 低于寄主，但仍然支持槲寄生的高蒸腾吸氮假说。
2. 从生理和生化方面研究了植物的光合作用，探讨盐胁迫下槲寄生与其寄主的光合效率、光抑制以及光保护等，结果表明：
 - (1) 健康植物叶片的最大光合效率 F_v/F_m 值一般在 0.83~0.85 之间，红树植物海桑的 F_v/F_m 值为 0.841。并且数据显示海桑植物的光合速率 (A) 没有受到明显的限制，即使在高光强下海桑仍不易发生光抑制，证明了红树植物的耐盐性。
 - (2) 槲寄生的光合生化指标如最大羧化速率 (V_{cmax}) 和最大电子传递速率 (J_{max}) 均显著低于寄主，支持槲寄生本底光合较低的结论。但是其单位叶片面积的叶绿素含量很高，说明可以通过提高单位面积叶绿素含量来提高 A 。
 - (3) 槲寄生的气孔导度 (g_s) 全天均低于寄主，叶肉导度 (g_m) 也显著降低，说明盐胁迫下槲寄生 A 降低的主要原因是扩散限制即 g_s 和 g_m 的限制。
 - (4) 槲寄生 F_v/F_m 值为 0.795 明显低于正常值，说明槲寄生发生了光抑制。但是，因为其 F_v/F_m 值降低的主要原因是最大荧光 F_m 的降低而非本底荧光 F_o 的升高，说明槲寄生发生永久性光破坏的程度相对较轻，

其主要发生的是可恢复性的光失活。

- (5) 槲寄生的非光化学猝灭 (*NPQ*) 随光强增加而直线上升, 说明盐胁迫下槲寄生提高了光保护机制。利用 Demmig-Adams 的方法分析显示: 尽管槲寄生用于电子传递的光能较低但其用于热耗散的能量较高, 所以叶片内并没有积累多余能量, 证明槲寄生提高热耗散的光保护机制是有效的。
3. K、Na、Ca 和 Mg 离子通过吸器从寄主进入槲寄生的过程中, K 含量基本不变、Na 降低、Ca 降低、而 Mg 升高, 证明槲寄生对离子的吸收是有选择性的。吸器内积累了非常高的离子含量, 支持槲寄生与其寄主之间不存在木质部与木质部的直接相连。结合槲寄生的蒸腾吸氮机制, 本文提出假设: 吸器既不是直接相通的木质部导管也不是完全的实质组织, 而是两者兼有, 也即营养吸收方式即有被动吸收也有主动吸收。
4. 虽然此处槲寄生的 T_r 低于寄主, 但是其具有非常低的 A 导致较低的水分利用效率 (A/E)。推测槲寄生可以通过从寄主吸收异养碳, 以保障植物体的碳收支平衡。

关键词: 槲寄生; 红树植物; 盐胁迫

Abstract

Mistletoes are xylem-tapping hemi-parasites. They obtain heterotrophic carbon coupled with water and mineral nutrients via haustoria which connect to the internal tissues of their hosts, however, they are capable of photosynthesis because they contain chlorophyll. Xylem-tapping mistletoes generally have higher transpiration rate (E), lower CO_2 assimilation rate (A) and lower water-use efficiency (WUE) than their hosts. The higher E has been attributed to N gathering mechanisms.

Here, *Viscum ovalifolium* infecting on *Sonneratia caseolaris* (a mangrove tree growing on saline environment) were investigated. The diurnal courses of gas exchange and chlorophyll fluorescence were followed, and light response and ACi curves were measured under control conditions. Especially, influence of mesophyll conductance (g_m), an important but sometimes neglected factor, on gas exchange was researched. Chlorophyll contents, leaf water potential, carbon isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$), and mineral element in leaves was compared. In addition, in order to analyze the influence of haustoria on mineral elements, elements in xylem were also compared.

Significantly lower E and g_s were found from the mistletoe, which didn't within the general pattern. However the mistletoe had high foliar N concentrations although it transpired less than its host. Therefore, the result was still consistent with the N-parasitism hypothesis. Because the mangrove host was N sufficient, mistletoe can obtain N easily from the xylem sap without having to maintain high transpiration. It was proved that if sufficient N supplied, mistletoes growing on mangroves, may keep lower E in order to avoid excessive salt accumulation in leaves.

The mistletoes accumulated high salt in leaves and have more negative leaf potential (ψ) than those of their mangrove hosts. Mistletoe A was significantly decreased, and they have low light saturation (L_{sp}). However, mistletoe didn't accumulate significant excess energy which primarily determines the rate of PS II photoinactivation and destroyed the photosynthetic centers. High thermally dissipated (D) and nonphotochemical quenching (NPQ) in mistletoes indicated that the excess energy is dissipated by heat, which is the photoprotection mechanism for mistletoe leaves. On the other hand, mangroves have mechanisms to cope with the low water potentials and high levels of salt in leaves.

In this research, both of g_s and g_m are decreased in response to salinity stress in

mistletoes, as a consequence, mistletoes maintain a low A although they have the same high leaf N contents to their host. The decreased A in mistletoes is affected by diffusion limitations (i.e. g_s and g_m) more than biochemical limitation under salinity stress.

It was proved that mistletoes have lower maximum carboxylation rate (V_{cmax}) and maximum electron transport rate (J_{max}) values, which indicated a fundamental limitation on photosynthetic function at the biochemical level. However, it was suggested that g_m is an important factor causing the photosynthetic decline of mistletoe leaves with most stress conditions. That why mistletoes always maintain a low A although they have high leaf N contents.

In most stress case, mistletoes have high g_s and Tr , while have low g_m . The high g_s result in more water lost, while the low g_m result in low A , this may be the reason that why mistletoes have lower WUE than their hosts.

The xylem elements indicated that the xylem continuity between host and mistletoe didn't exist at all.

Key words: mistletoes, mangrove, salt stress

第一章 前言

槲寄生属 *Viscum* 是桑寄生科 Loranthaceae 木质部寄生的半寄生植物，其既可以通过叶绿素的光合作用进行自养，又可以通过吸器从其寄主木质部获得水分、营养以及异养碳等物质 (Johnson and Choinski 1993; Hibberd and Jeschke 2001)。槲寄生最普遍的特征就是具有高的蒸腾速率 (Tr) 和低的光合速率 (A) (Schulze *et al.* 1984; Ehleringer *et al.* 1985; Ullmann *et al.* 1985; Goldstein *et al.* 1989; Orozco *et al.* 1990)。一般认为槲寄生的高 Tr 是为了从寄主的木质部吸收氮元素(蒸腾吸氮机制) (Schulze *et al.* 1984; Ehleringer *et al.* 1985; Bannister & Strong 2001; Cernusak *et al.* 2004)。

红树植物是生长在热带、亚热带海岸潮间带的木本植物，其生境以高盐、高温和强辐射为特点，并且还受高盐海水的周期性浸渍 (Tomlinson 1986; 王文卿和王瑁 2007)。经过长期的自然选择和进化适应，红树植物在生理生化以及形态方面形成了一系列的适应机制(林鹏 1984; Hutchings & Saenger 1987; Tomlinson 1986)。

槲寄生与其寄主具有相同的水分和营养来源，常被作为研究水分、营养和碳素关系的模式系统 (Glatzel 1983; Orozco *et al.* 1990)。当槲寄生选择红树植物作为寄主时，研究此寄生系统具有重要的理论和现实意义。在槲寄生和红树植物组成的寄生系统中，红树植物作为寄主，既要面对自身的盐胁迫问题，又要协调与槲寄生的水分和营养等关系 (Ball and Farquhar 1984a,b; Goldstein *et al.* 1989); 而另一方面，寄生在红树植物上的槲寄生，其叶片内积累了过量盐离子 (Na) 却没有明显的受害现象 (Orozco *et al.* 1990)。所以，槲寄生能够在红树植物上成功寄生，则其必然存在一个特殊耐盐机制。

1 寄生植物分类

寄生被子植物是被子植物中的一个特殊种类，全世界有 4200 多种，占被子植物总数的 1% 以上，主要分属于 18 个科，274 个属 (盛晋华等 2006)。

根据寄生植物与寄主的关系、寄生特点以及叶绿素的有无，可以分为全寄生植物和半寄生植物两类。全寄生植物 (非绿色寄生植物): 植物体内不含叶绿素无光合作用，无叶片或叶片退化。从寄主上获取自身生活需要的全部营养物质，如菟丝子、列当和无根藤等。半寄生 (绿色寄生植物): 有正常的茎、叶、营养器官中

叶绿素能进行光合作用，但其光合作用非常低，需要从寄主获得部分营养，如槲寄生、樟寄生和桑寄生。根据寄生植物与寄主植物建立联系的寄生部位，寄生植物又可以分为：根寄生植物和茎寄生植物（Atsatt 1983）。

2 我国的红树林寄生植物

我国以红树植物作为寄主的寄生植物有瘤果槲寄生、红花桑寄生、小叶梨果寄生、无根藤和菟丝子。它们分别寄生于多种寄主上（包括真红树植物、半红树植物以及红树林的伴生植物）（表 1-1）。其中瘤果槲寄生是我国红树林寄生植物中寄主种类最多、寄生比例最高的半寄生植物。在海南文昌，部分地段 30% 以上的海桑植株有瘤果槲寄生。

表 1-1 中国红树林寄生植物与寄主及其分布

Table.1.2 Parasitic plants and their hosts in the mangrove in China

寄生植物	寄生类型	寄主	分布
瘤果槲寄生 <i>Viscum ovalifolium</i>	茎部半寄生	海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i> 杯萼海桑 <i>Sonneratia alba</i> 鱼藤 <i>Derris trifoliata</i> 水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i>	海南
红花桑寄生 <i>Scurrula parasitica</i>	茎部半寄生	水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i> 黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i>	海南
小叶梨果寄生 <i>Scurrula notothixoides</i>	茎部半寄生	黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i> 水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i> 瓶花木 <i>Scyphiphora hydrophyllacea</i> 海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i>	海南
无根藤 <i>Cassytha filiformis</i>	根部全寄生	老鼠簕 <i>Acanthus ilicifolius</i> 桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	珠海
菟丝子(<i>Cuscuta</i> sp.)	茎部全寄生	桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i> 苦郎树 <i>Clerodendrum inerme</i>	广西、广东

3 槲寄生概述

桑寄生科 Loranthaceae 中的寄生植物比较多, 仅次于玄参科 (盛晋华等 2006)。槲寄生属 *Viscum* 是桑寄生科常绿灌木和亚灌木, 主要分布于东半球的热带和亚热带地区, 少数分布于温带地区。槲寄生属在中国主要分布于南部和西南部。槲寄生常寄生于桑科、山茶科、山毛茛科、芸香科、蔷薇科和豆科等 29 个科 50 余种植物上, 此外, 海桑科也是其寄主之一 (韩荣兰等 2002)

槲寄生是茎部木质部寄生的半寄生植物 (Johnson and Choinski 1993), 并且属于专性寄生植物, 也即在没有寄主的情况下不能独立生活。一方面, 槲寄生通过一个特殊的器官——吸器连接到寄主的木质部, 早期研究认为槲寄生从寄主木质部仅获得水和无机营养 (Solms-Laubach 1867)。但目前大多学者认为除了水和无机盐, 槲寄生 5%-63% (有的甚至更高) 的有机碳也来源于寄主, 并认为源于溶解在寄主木质部的有机碳 (Schulze et al. 1991; Richter and Popp 1992; Marshall et al. 1994; Marshall and Ehleringer 1990; Hibberd and Jeschke 2001)。另一方面, 槲寄生叶片含有叶绿素, 自身也能进行光合作用。

3.1 槲寄生的蒸腾速率研究

槲寄生最普遍的生理特征就是蒸腾速率 (T_r) 高于寄主 (Glatzel 1983; Hollinger 1983; Schulze et al. 1984; Ehleringer et al. 1985; Davidson et al. 1989; Goldstein et al. 1989; Orozco et al. 1990; Stewart and Press 1990; Davidson and Pate 1992; Tennakoon and Pate 1996), 一般是寄主的 2~3 倍。具体 T_r 值因种类和地点不同而不同, Ullman et al. (1985) 在纵贯澳大利亚不同纬度的八个地点, 选择了 18 种槲寄生—寄主的寄生系统, 研究结果显示: 槲寄生全天的 T_r 总量是寄主的 1.5~8.9 倍, 如果比较全天中的最大 T_r , 槲寄生的倍数会更高, 如槲寄生 *Amyema maidenii*—寄主 *Acacia cowleana* 的寄生系统中, 槲寄生与寄主的最大 T_r 分别为 $0.2 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和 $3.5 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。对于槲寄生高 T_r 的解释, 目前较统一的观点是: 槲寄生通过高蒸腾从寄主的木质部液流中竞争营养物质 (尤其是氮) (Schulze et al. 1984; Marshall and Ehleringer 1990; Stewart and Press 1990; Schulze et al. 1991)。Schulze et al. (1984) 提出了高蒸腾吸氮假说 (N-parasitism hypothesis)。

也有个别报道发现槲寄生的蒸腾速率低于寄主的情况 (Hellmuth 1971;

Bannister and Strong 2001)。在水分供应充足的环境下，不论寄主的氮营养供应如何，槲寄生具有与寄主相似的 Tr (Strong et al. 1999, 2000)。Bannister and Strong (2001) 认为在水分充足的环境下，槲寄生不需要保持较高的 Tr 就可以从寄主木质部获得水分以及溶解在其中的营养物质。Fisher (1983) 也曾提出假说：认为当环境湿度很高时槲寄生 Tr 等于或者稍低于寄主，受胁迫时则比寄主多耗散掉几倍的水分。

此外，对于槲寄生 *Amyema miquelii* 来说，在降雨量充沛的环境中，其 Tr 高于寄主 (Boland et al. 1984; Myers et al. 1986)。而当其生长在水分和氮磷营养均非常匮乏的环境中时，其 Tr 全天都低于寄主，并且寄主的 Tr 是槲寄生的 7.3 倍（尽管两处的寄主不同）(Küppers 1992; Küppers et al. 1993)。Küppers (1992) 认为后者的环境条件是一种特例，因为在水分和氮磷均不足的情况下，如果植物提高 Tr 不仅不能增加营养的吸收，反而只能导致：第一，细胞膨压达到其危险值，第二，叶片内积累大量无机离子。

那么，槲寄生的 Tr 究竟与什么因素有关？在盐环境中（高盐分和相对的水分胁迫下），如果氮不亏缺或者氮比较丰富等的情况下，槲寄生的 Tr 又如何变化？

3.2 槲寄生的吸氮假说

蒸腾吸氮学说认为：槲寄生挥霍大量的水分是为了从寄主木质部吸收足够的氮。槲寄生的高 Tr 必然导致非常低的水分利用效率 (WUE) (Schulze et al. 1984; Ehleringer et al. 1985; Ullmann et al. 1985; Goldstein et al. 1989; Orozco et al. 1990)。许多学者通过 $\delta^{13}C$ 来研究槲寄生的 WUE 和氮元素的关系 (Schulze & Ehleringer 1984; Ehleringer et al. 1985; Bannister & Strong 2001)。槲寄生与其寄主的 $\delta^{13}C$ 差别 ($\Delta\delta^{13}C$) 用以下公式计算： $\Delta\delta^{13}C = \delta^{13}C_{\text{mistletoe}} - \delta^{13}C_{\text{host}}$ ， $\Delta\delta^{13}C$ 值越负表示槲寄生的 WUE 越低。他们的研究结果显示： $\Delta\delta^{13}C$ 值随寄主氮含量（木质部液流中的氮含量或叶片氮含量）的增加而升高，尤其是当槲寄生寄生于固氮植物上时，其与寄主之间 WUE 几乎相似，也即 $\Delta\delta^{13}C$ 值趋于零。以上研究的结论说明槲寄生的 WUE 随寄主氮营养水平的增加而增加，支持槲寄生的蒸腾吸氮的机制。

但是 Marshall et al. (1994) 在研究槲寄生的瞬时水分利用效率 (A/E) 时发现：高氮供给下，虽然槲寄生与寄主的叶片氮含量、光合速率以及 A/E 均有提高，但是槲寄生的光合速率和 A/E 总是低于寄主的。所以 Marshall et al. (1994) 认为槲

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库