

- Gene*, 2001, 272: 249-255.
- [7] Risseuw E, Franke-van Dijk M E, Hooykass P J. Gene targeting and instability of *Agrobacterium* T-DNA loci in the plant genome [J]. *Plant J*, 1997, 11: 717-728.
- [8] Serino G, Maliga P. A negative selection scheme based on the expression of cytosine deaminase in plastid [J]. *Plant J* 1997, 12: 697-701.
- [9] Thykjaer T, Finnemann J, Schauser L, et al. Gene targeting approaches using positive-negative selection and large flanking region [J]. *Plant Mol Biol*, 1997, 35: 523-530.
- [10] Koprek T, McElroy D, Louwse J, et al. Negative selection system for transgenic barley (*Hordeum vulgare* L.); comparison of bacterial *CodA*-and cytochrome 450 gene-mediated selection [J]. *Plant J*, 1999, 19: 719-726.
- [11] Terada R, Asao H, Iida S. A large scale *Agrobacterium*-mediated transformation procedure with a strong positive-negative selection for gene targeting in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Plant Cell Rep*, 2004.
- [12] Austin E A, Huber B E. A first step in the development of gene therapy for colorectal carcinoma: cloning, sequencing and expression of *Escherichia coli* cytosine deaminase [J]. *Mol Pharmacol*, 1993, 43: 380-387.
- [13] Feng L L, Zeng Q P. Detection of human RANTES gene expression in transgenic *Artemisia annua* L. plants [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2004, 10: 701-703.
- [14] Britt A B, May G D. Re-engineering plant gene targeting [J]. *Trends Plant Sci*, 2003, 8: 90-95.
- [15] Vergunst A C, Hooykaas P J J. Recombination in the plant genome and its application in biotechnology [J]. *Crit Rev Plant Sci*, 1999, 18: 1-31.
- [16] Kempin S A, Lijegren S J, Block L M, et al. Targeted disruption in *Arabidopsis* [J]. *Nature*, 1997, 389: 802-803.
- [17] Hanin M, Volrath S, Bogucki A, et al. Gene targeting in *Arabidopsis* [J]. *Plant J*, 2001, 28: 671-677.

荒漠肉苁蓉茎腐病的初步研究

程齐来¹, 陈君^{1*}, 于晶¹, 刘杏忠², 孙炳达², 程惠珍¹

(1. 中国医学科学院 中国协和医科大学药用植物研究所, 北京 100094; 2. 中国科学院微生物研究所 真菌地衣系统学重点实验室, 北京 100080)

摘要:目的 分离和鉴定肉苁蓉茎腐病病原菌, 研究其生物学特性, 并室内筛选对该病原菌有效的杀菌剂。方法 组织分离法和菌丝尖端纯化法得到主要病原菌, 通过测量不同营养条件下菌落生长直径研究其生物学特性, 平皿菌丝生长抑制法进行杀菌剂的生物测定。结果 接骨木镰刀菌 *Fusarium sambucinum* 是肉苁蓉茎腐病的主要病原菌, 为首次记录; 适合其生长的培养基为 PSA 培养基, 对碳和氮的吸收主要以蔗糖和蛋白胨为主, 适宜生长温度为 10~30 ℃, 适宜生长 pH 为 6~8; 多菌灵、菌线威、绿享二号在室内可以有效地抑制病原菌。结论 该病原菌的分离鉴定可以为该病害原的防治提供理论依据。

关键词: 肉苁蓉; 茎腐病; 接骨木镰刀菌; 杀菌剂

中图分类号: R282.2

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2005)04-0582-05

Stem rot of *Cistanche deserticola*

CHENG Qi-lai¹, CHEN Jun¹, YU Jing¹, LIU Xing-zhong², SUN Bing-da², CHENG Hui-zhen¹

(1. Institute of Medicinal Plant, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100094, China; 2. Key Laboratory of Systematic Mycology and Lichenology, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Objective To isolate and identify pathogen of *Cistanche deserticola* stem rot, study its biological characteristics, and select the effective fungicides against the pathogenic bacteria. **Methods** The main pathogen can be gained by tissue isolation and mycelium cusp purification, the biological characteristics can be studied by measuring the growth diameter under different nutrient conditions and seeded the hyphae disk at the centre of agar plate containing chemicals to do fungicide bioassay. **Results** *Fusarium sambucinum* was the main pathogenic bacteria on *C. deserticola* stem rot which was first recorded; its suitable medium was PSA culture medium; among the carbon and nitrogen sources supplied, saccharose and peptone were most available; the temperature range of its growth was 10—30 ℃ and it grew best between 6—8 pH value. Duojunling (carbendazim), Junxianwei (1.5% methane dithiocyanate), Lüxiang No. 2 (80%

收稿日期: 2004-09-11

基金项目: 国家科技部西部专项(2002BA901A32)

* 通讯作者 Tel: (010)62899731

carbendazim, thiram, ziram), etc. were effective for controlling the pathogenic bacteria in laboratory.

Conclusion Isolation and identification of the pathogen can offer a theoretical foundation for the prevention of this disease.

Key words: *Cistanche deserticola* Y. C. Ma; stem rot; *Fusarium sambucinum* Fuckel; fungicide

荒漠肉苁蓉 *Cistanche deserticola* Y. C. Ma 为列当科肉苁蓉属多年生高等寄生植物,主要产于我国宁夏、内蒙古、新疆等地及伊朗、蒙古、印度等国,生长于盐碱地、沙地和戈壁滩一带,寄生在藜科梭梭属植物梭梭 *Haloxyylon ammodendron* (Mey.) Bunge 的根上。《中华人民共和国药典》2000 年版收载的肉苁蓉正品为其干燥的肉质茎。肉苁蓉有补肾、益精、润燥、润肠通便之功效,在《神农本草经》中列为上品,常用于治疗男子阳痿、女子不孕、带下、血崩、腰膝冷痛和血枯便秘等症,为常用中药材^[1]。

肉苁蓉人工种植在宁夏、内蒙古、新疆等地已初具规模,近年来,无论是国内市场还是国际市场上,对中药材的质量要求愈来愈高,随着人工种植年限的增加和规模的不断扩大,病虫害的问题会不断出现。因此在其种植过程中,各种病虫害的防治成为当前必须重视的问题。肉苁蓉茎腐病是 2002 年在宁夏肉苁蓉基地首次发现的一种病害,主要造成肉苁蓉地下茎(其药用部位)腐烂,而国内外又未见有相关病害的研究,笔者通过田间调查和室内试验研究,确认该病是由一种真菌侵染所致,故取名为茎腐病。为了找到有效的防治该病原菌的方法,对其病原菌进行鉴定,研究其生物学特性,进行室内抑菌试验,进而为大田防治试验提供科学依据。现将该病原菌的分离鉴定结果、生物学特性以及对常见化学药剂的敏感性等方面的初步研究结果报道如下。

1 材料与方 法

1.1 采样:2002 年 5 月至 2004 年 5 月从宁夏肉苁蓉种植基地不同地点采集的 50 个发病植株(主要是刚腐烂的肉质茎)。

1.2 培养基及其成分(水均为 1 000 mL):(1)PSA 培养基:马铃薯 200 g,蔗糖 20 g,琼脂 15 g。(2)PDA 培养基:马铃薯 200 g,葡萄糖 20 g,琼脂 15 g。(3)燕麦琼脂培养基:燕麦片 30 g,琼脂 20 g。(4)Bilal's 培养基:KH₂PO₄ 1.0 g,KNO₃ 1.0 g,MgSO₄·7H₂O 0.5 g,淀粉 0.2 g,琼脂 15 g。(5)米饭培养基:米饭 100 g。(6)Czapek 培养基:NaNO₃ 2.00 g,K₂HPO₄ 1.00 g,KCl 0.50 g,MgSO₄·7H₂O 0.50 g,FeSO₄ 0.01 g,蔗糖 30 g,琼脂粉 15 g。

1.3 病原菌分离与鉴定:从 50 个发病肉质茎上不

同部位分别选取病组织经表面消毒后,在病健交接处各切取直径为 1 cm 的小块,置于 PSA 培养基上 25 ℃ 恒温培养,每个 5 次重复(共 250 皿)。待培养皿内长满菌丝后,进行观察比较。

224 个培养皿内菌落特征基本一致:棉絮状,气生菌丝白色,基物粉红色,致密,均无孢子产生。经过相互之间拮抗试验比较,菌株之间无拮抗现象,表明为同一物种。将这些菌株分别进行再培养,下一代菌落特征都一致。说明该病原菌主要为这一种。随后采用毛细管菌丝尖端纯化法^[2]进行纯化。由中国科学院微生物研究所刘杏忠教授进行最后鉴定。

该病原菌在一般情况下很难产生孢子,采用以下方法可诱导其产孢:用灭菌的豆角或土豆块作为培养基质,诱发其产孢。具体做法是:在培养皿中铺灭菌滤纸,加 1 mL 无菌水湿润,然后将事先灭菌的豆角或土豆块放在其中,在豆角或土豆块上接种,先黑暗培养 48 h,然后在近紫外光下培养(均在 25 ℃ 下),15 d 可产生大量孢子。

1.4 回接试验:将新鲜未感病的肉苁蓉茎洗干净后,共 10 块,75%酒精浸 10 s,移入 3%过氧酸钠中消毒 8 min,取出后用无菌水洗 5 次,分别移入灭菌的培养皿中,将上述纯化菌种的菌丝接种各新鲜组织,25 ℃ 恒温保湿培养 7 d。以不接种无感病肉质茎作对照。接种 7 d 后统计发病情况及发病特征,与先期采集的发病植株症状作比较,再次使用组织分离法分离病原菌,与先期分离纯化的病原菌作对照。

1.5 生物学特性研究

1.5.1 在不同培养基上生长特性的研究:分别采用 PDA、PSA、燕麦琼脂培养基、Bilal's 培养基和米饭培养基。将分离纯化的相同直径菌丝接种到培养基上。25 ℃ 恒温培养 7 d,观察各自菌落特征。

1.5.2 碳(C)源和氮(N)源的利用研究:以 Czapek 培养基为基本培养基,(1)N 源试验:以含相同质量 N 的物质取代 Czapek 培养基中的 NaNO₃:NH₄Cl,(NH₄)₂SO₄,Glu, Met, Ca(NO₃)₂·4H₂O,尿素,蛋白胨。(2)C 源试验:以含相同质量 C 的物质取代 Czapek 培养基中的蔗糖:葡萄糖,麦芽糖,乳糖,山梨糖,半乳糖,淀粉。用打孔器打直径为 0.4 cm 菌丝块,接入上述各平板培养基中央,每个处理 5 次重

复,7 d 后测量各自直径,观察病原菌对不同碳源和氮源的利用程度。

1.5.3 温度试验:用打孔器从纯化了的菌落中取直径为 0.4 cm 菌丝块接种于盛有 PSA 培养基平板(Φ 90 mm)正中央,然后分别置 5、10、15、20、25、30、35、40、45 °C 恒温培养 7 d,用十字交叉法测量各自生长直径,每个温度 5 次重复。

1.5.4 pH 值试验:用 1% HCl 和 1% NaOH 调节 PSA 培养基浓度,分别配成 pH 为 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 共 11 个处理,每个 pH 值 5 次重复。分别将直径为 0.4 cm 的病原菌病丝块接种于 PSA 平板正中央,25 °C 恒温培养 7 d,用十字交叉法测量各自菌落生长直径。

1.6 药剂试验:供试药剂为常见用于防治药用植物地下部分病害的化学药剂,各药剂均按 PSA 培养基量的不同百分比浓度(表 1)加入培养基中,灭菌后倒平板,将纯化了的菌种用打孔器打成 0.4 cm 的菌饼,接入不同处理的平板培养基正中央,设无药接菌为对照 CK,每处理 5 次重复(5 皿),25 °C 恒温培养,培养 7 d 后用十字交叉法测量各自生长直径,计算不同处理抑菌率。

抑菌率=(对照菌落直径平方-药剂处理菌落直径平方)/对照菌落直径平方×100

表 1 供试药剂浓度

Table 1 Concentrations of testing medicaments

药剂名称	浓度/%						
绿享一号(延边西爱斯开化学公司)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.01	
绿享二号(河北冠龙农化公司)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.01	
速克灵(日本住友化学工业公司)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.01	
多菌灵(山东泗水丰田公司)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.01	
菌线威(浙江绍兴天诺农化公司)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.01	
邻苯二甲酸(化学纯)	0.1	0.20	0.25	0.150	0.03	0.05	
丙二酸(化学纯)	0.1	0.20	0.25	0.150	0.03	0.05	

2 结果与分析

2.1 病原菌的类型和形态特征:该病原菌鉴定结果为接骨木镰刀菌 *Fusarium sambucinum* Fuckel。PDA 培养基上生长迅速,气生菌丝白色或玫瑰红色;菌落背面玫瑰红色。分生孢子梗简单,侧生于菌丝上。大孢子镰刀形,有明显的足细胞,顶细胞弯曲,多数 3~5 隔膜;小孢子柱状或椭圆形,1~2 细胞。多次培养后均未观察到厚垣孢子,说明该菌株可能不产生厚垣孢子。

大孢子长 20.8~29.7 μm,平均 23 μm;宽 2.5~4.0 μm,平均 3.2 μm。小孢子长 8.0~13.2 μm,平均 10 μm;宽 1~2.5 μm,平均 1.9 μm。分生孢子梗长 10~50 μm。菌丝与分生孢子梗宽度均为

3~5 μm。见图 1、2。



图 1 接骨木镰刀菌孢子形态

Fig. 1 Spore form of *F. sambucinum*

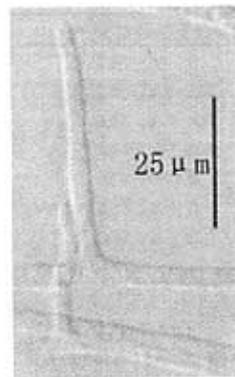


图 2 菌丝和分生孢子梗

Fig. 2 Mycelium and conidiophore

2.2 致病症状:在宁夏肉苁蓉种植基地调查观察发现,其发病症状为:肉质茎生长受阻,初期表皮腐烂,表面出现白色绒毛状的菌丝,后期逐渐变为粉红色,内部组织(维管束)变为褐色,有的变为黑色。

2.3 回接与再分离;对照没有感病,回接组织感病率均达到 100%。各个组织上均长出白色絮状致密菌丝,逐渐布满整个组织表面,切开后可观察到内部组织褐变,逐渐变黑,与采集到的发病植株发病特征一致。从不同感病的茎上再次分离,鉴定,均可得到接骨木镰刀菌。用再分离菌株与原分离菌株进行拮抗试验,两类菌株之间无拮抗反应。

2.4 生物学特性

2.4.1 在不同培养基生长特性:PDA 和 PSA 培养基:培养基上生长迅速,平均直径 3.36 cm,气生菌丝绒状,初白色或玫瑰红色,后为枣红至血红色;菌落背面(基物)玫瑰红色。

燕麦琼脂培养基:平均直径 2.00 cm,生长较慢,气生菌丝稀疏,白色;基物无色。

Bilal's 培养基:平均直径 2.14 cm,生长较慢,气生菌丝稀少,白至米色;基物间有红色,有桔橙色

粘孢团。

米饭培养基:平均直径 2.58 cm,菌丝稀少,米色至浅驼色;基物间有红色。

由此可见,PDA 和 PSA 培养基最适合该病原菌生长。

2.4.2 对 C 和 N 源吸收利用:由表 2 可知,在碳源中,病原菌对蔗糖、葡萄糖、乳糖、山梨糖、淀粉等单糖和多糖均能很好的利用,麦芽糖利用率相对较低,与其他碳源都有极显著差异,而以蔗糖(平均直径 2.94 cm)利用率最高。在氮源中,病原菌对蛋白胨(平均直径 3.40 cm)的利用程度明显高于其他供试氮源,与其他氮源均有极显著差异;就氮素类型而言,有机氮优于硝态氮、氨态氮,均有极显著差异。

表 2 不同碳源和氮源下菌落直径(n=5)

Table 2 Colone diameters in different carbon and nitrogen resources (n=5)

氮源	菌落直径/cm	碳源	菌落直径/cm
蛋白胨	3.40 a ¹ A ²	蔗糖	2.94 a ¹ A ²
Met	2.70 b B	葡萄糖	2.88 a AB
Glu	2.64 b B	半乳糖	2.88 a AB
尿素	2.62 b B	乳糖	2.84 ab AB
NaNO ₃	2.34 c C	山梨糖	2.74 b B
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	1.82 d D	淀粉	2.72 b B
(NH ₄) ₂ SO ₄	1.52 e E	麦芽糖	2.42 c C
NH ₄ Cl	1.22 f F		

1-α=0.05 差异显著性检测结果

2-α=0.01 差异非常显著性检测结果

1-mean difference is significant at α=0.05 level

2-mean difference is more significant at α=0.01 level

2.4.3 温度对菌丝体生长的影响:由图 3 分析可知,病原菌菌丝体生长温度为 10~30 °C,生长最快温度范围为 10~25 °C,低于 5 °C 菌丝体生长受抑制,当温度超过 5 °C 菌丝体可以继续生长,但生长极慢;当温度高于 40 °C,菌丝体不再生长;如温度再降到 25 °C,仍然没有生长,表明菌丝体已经死亡。

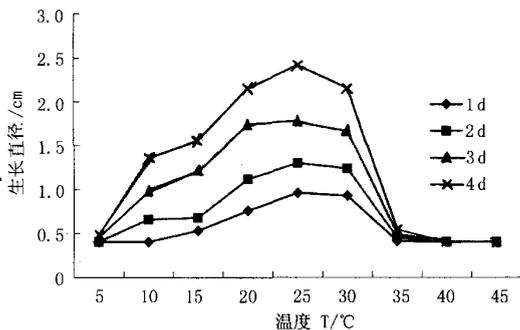


图 3 不同温度下菌落生长直径

Fig. 3 Growth diameters in different temperatures

2.4.4 pH 对菌丝体生长的影响:由表 3 可知,菌丝

体生长的 pH 范围为 5~10,最适宜的 pH 范围为 6~8。培养基的 pH 低于 5 或高于 10,菌丝体均无法生长。

表 3 不同 pH 下菌落生长直径(n=5)

Table 3 Growth diameter in different pH values (n=5)

pH	菌落直径/cm	pH	菌落直径/cm
2	0.40	8	2.12
3	0.40	9	1.01
4	0.40	10	0.75
5	1.88	11	0.40
6	2.22	12	0.40
7	2.26		

在 pH 4~10 的范围内,对 pH 和菌落直径(cm)的动态关系进行二次曲线模拟,得到一个二次回归方程: $Y = -7.02 + 2.6901X - 0.1904X^2$,对方程进行显著性检验, $P = 0.0150 < 0.05$,表明 pH 与菌丝体生长量之间显著相关,可用此方程进行计算。

当 $X = 6.93$ 时, $Y_{max} = 2.29$,生长量达到最大。即菌丝体生长最快的 pH 为 7 左右,生长最快的 pH 范围为 6~8,计算结果与试验结果相同。

2.5 药剂对菌丝体生长的影响:用 7 种药剂各 6 个浓度对该病原菌菌丝体进行处理,结果如表 4。在较高浓度($\geq 0.1\%$)时,7 种药剂均对菌丝生长有抑制作用,其中多菌灵、菌线威、速克灵、绿享一号、绿享二号抑菌率达 100%,邻苯二甲酸和丙二酸抑菌效果较差,分别为 24.89% 和 21.97%。菌丝体的生长量随药剂浓度增加而降低,多菌灵、菌线威、绿享二号抑菌效果最好,在极低浓度(0.01%)的抑菌率分别高达 95.68%、94.50% 和 95.02%,而邻苯二甲酸和丙二酸在较高浓度(0.25%)时抑菌率仅有 27.52% 和 25.98%。由此可见,室内抑菌最理想的药剂为多菌灵、菌线威、绿享二号。

3 结论

3.1 依照常用的柯赫法则,找到了肉苁蓉茎腐病主要的病原菌—接骨木镰刀菌,进一步研究了该病原菌的生物学特性。这是在肉苁蓉肉质茎上首次记录的病原菌。对于导致植物茎腐病这一病害而言,该病原菌也是一种新的致病菌,以往研究发现的病原菌有:如玉米茎腐病的病原菌有串珠镰刀菌 *F. moniliforme*^[3], 肿囊腐霉 *Pythium inflatum*^[4]; 湖北贝母茎腐病病原菌为 *Rhizoctonia solani* Kuhu^[5] 等等。

3.2 病原菌产孢条件要求较高,在近紫外光下连续培养 15 d 才可产生孢子,通过调查发现在自然界很少能见到其分生孢子,由此可见它主要靠菌丝体传播。对于其产孢条件及方式,有待进一步研究。

表 4 不同药剂在不同剂量下对病原菌菌丝生长的影响(n=5)

Table 4 Effect of different medicaments in different concentrations on mycelium growth of pathogenic bacteria (n=5)

药 剂	剂量/%	药剂处理菌落			抑 菌 率	药 剂	剂量/%	药剂处理菌落			抑 菌 率
		直径/cm	对照菌落 直径/cm	直径/cm				直径/cm	直径/cm	直径/cm	
50%多菌灵	0.100	0.40	3.60	100.00	绿享二号	0.025	1.08	3.30	89.29		
	0.050	0.40	3.10	100.00		0.020	0.96	2.72	87.54		
	0.030	0.40	2.22	100.00		0.010	1.68	2.60	58.25		
	0.025	0.40	3.30	100.00		0.100	0.40	3.60	100.00		
	0.020	0.48	2.72	96.88		0.050	0.40	3.10	100.00		
菌线威	0.010	0.54	2.60	95.68		0.030	0.40	2.22	100.00		
	0.100	0.40	3.60	100.00		0.025	0.42	3.30	98.38		
	0.050	0.40	3.10	100.00		0.020	0.48	2.72	96.89		
	0.030	0.40	2.22	100.00		0.010	0.58	2.60	95.02		
	0.025	0.40	3.30	100.00		邻苯二甲酸	0.100	3.12	3.60	24.89	
0.020	0.50	2.72	96.62	0.200			2.68	3.10	25.26		
0.010	0.61	2.60	94.50	0.250			1.89	2.22	27.52		
速克灵	0.100	0.40	3.60	100.00		0.150	2.86	3.30	24.88		
	0.050	0.40	3.10	100.00		0.050	2.51	2.72	14.85		
	0.030	1.22	2.22	69.80		0.030	2.45	2.60	11.21		
	0.025	2.84	3.30	25.94	丙二酸	0.100	3.18	3.60	21.97		
	0.020	2.61	2.72	7.92		0.200	2.71	3.10	23.58		
0.010	2.54	2.60	4.56	0.250		1.91	2.22	25.98			
绿享一号	0.100	0.40	3.60	100.00	0.150	2.91	3.30	22.24			
	0.050	0.40	3.10	100.00	0.050	2.59	2.72	9.33			
	0.030	0.58	2.22	93.17	0.030	2.52	2.60	6.06			

3.3 室内抑菌试验表明,多菌灵、菌线威、绿享二号抑菌效果最好,在极低的浓度条件下就能很好地抑制病原菌菌丝的生长,这为田间药剂筛选试验提供了依据。如果田间试验与室内实验结果一致,成品肉苁蓉中农药残留量相应极少,这也为生产这一珍贵绿色中药材打下了基础;现在大力提倡药用植物病虫害的生物防治,像常见的生防制剂如各种木霉菌(绿色木霉,哈茨木霉等)是否对该病害的防治有效果,正在进一步研究之中。

References:

[1] Tu P F, Wang B, Chu S W. Analysis of phenylethanoid gly-

cosides of *Herba Cistanchis* by RP-HPLC [J]. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 1997, 32(4): 294.

[2] Fang Z D. *Reseach Method of Plant Disease* (植物研究方法) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1998.

[3] Zhang C C. Studies on the infection and regularity of development of maize stalk rot [J]. *J Guangxi Agric Coll* (广西农学院学报), 1983, 1: 52-62.

[4] Wu A Q. Isolation and identification of the pathogen of maize stalk rot in Beijing and Zhejiang [J]. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 1989, 22(5): 71-75.

[5] Huang H, Zhao C S, Zhou M F. Studies on the pathogenic identification of Hubei fritillaria stem rot and its control [J]. *J Huazhong Agric Univ* (华中农业大学学报), 1993, 12(1): 18-22.

霍山县 3 种石斛叶片光合特性及其对光强的响应

蔡永萍^{1,2}, 李 玲², 李合生¹, 骆炳山¹, 林 毅²

(1. 华中农业大学 植物科技学院, 湖北 武汉 430070; 2. 安徽农业大学生命科学学院, 安徽 合肥 230036)

摘 要:目的 研究石斛的光合特性,了解其适宜栽种的光强。方法 测定霍山县 3 种石斛(霍山石斛 *Dendrobium huoshanens*, 铁皮石斛 *D. candidum*, 铜皮石斛 *D. moniliforme*)的光合速率对光强响应曲线,不同光强处理时叶绿素荧光参数的变化及 3.0×10^4 lx 瞬时光强下叶片荧光猝灭诱导。结果 霍山县 3 种石斛属于阴生植物对光强的响应,光饱和点、光补偿点较低,净光合速率和表观量子效率都较低;大于 4.0×10^4 lx 强光下石斛叶片受光抑制严重。结论 霍山县 3 种石斛生长光强,一般为 $(0.2 \sim 2.0) \times 10^4$ lx;可以在 $(2.5 \sim 3.0) \times 10^4$ lx 光强的环境中生长;不适宜在大于 4.0×10^4 lx 光强的环境中生长。

收稿日期:2004-06-08

基金项目:安徽省“十五”重大科技专项(01803006);安徽省教育厅学术带头人基金资助项目