

光质与补光对水稻幼苗生长及光合速率的影响

付传明¹, 黄宁珍¹, 赵志国¹, 唐凤鸾¹, 黄志民²

(1. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 广西科学院, 南宁 530007)
中国科学院

摘要: 测定水稻成龄离体叶片在波长 380~800 nm 下的透射率, 推算其吸收光谱; 在培养室内, 观测水稻幼苗在蓝(475±5 nm)、黄(585±5 nm)、红(660±5 nm)色的半导体(LED)和普通日光灯下的生长状况, 每天照光 12 h; 同时, 在大棚中将刚萌发的水稻幼苗白天自然日照, 每晚(18:00~24:00)人工补蓝、红、黄、白光各 0、2、4、6 h, 定期观测其生长情况, 在补光 50 d 后测成龄叶片的光合曲线。结果发现: 水稻叶片在波长 400~500 nm 之间及 680 nm 附近有较强吸收; 在不同光质下进行培养, 单波蓝光对水稻幼苗的生长最好; 补光对水稻幼苗生长均有促进作用, 其中补白光 4 h 效果最明显, 其次是补黄光 2 h; 补蓝光 2、4 h 和补白光 4 h 提高植株的光合能力。

关键词: 水稻; 光质; 补光; 生长发育; 光合作用

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)02-0255-05

Effects of different light quantities and illumination supplement on growth and photosynthetic rate of rice seedling

FU Chuan-Ming¹, HUANG Ning-Zhen¹, ZHAO Zhi-Guo¹,
TANG Feng-Luan¹, HUANG Zhi-Min²

(1. *Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530007, China*)

Abstract: The transmissivity of rice leaf under the wavelength of 380~800 nm were measured to reckon the absorb-spectrum. And rice seedlings were cultured under 12 h of continuous illumination with blue light (475±5 nm), yellow light (585±5 nm), red light (660±5 nm) and white light everyday. Meanwhile, the lights were extraordinarily offered to rice seedlings grown under natural conditions in daylight, metering the dynamic growth of the plants during this time and measuring the photosynthetic rates and curves with Li-6400 50 days later. The results showed that the light with wavelength of 400~500 nm or 680 nm was absorbed stronger by rice leaves. When growing under light with different qualities, the seedlings treated by blue light were much stronger than the others. Growth of rice seedlings was obviously enhanced by illumination supplements. Healthy index of seedlings treated by white light 4 h/day was maximal, and the yellow light 2 h/day treatment was the second. In addition, the photosynthetic rates of the blue light 2 h/day treatment, the blue light 4 h/day treatment and the white light 4 h/day treatment were improved.

Key words: rice; light qualities; illumination supplement; growth; photosynthetic

收稿日期: 2006-05-12 修回日期: 2006-10-09

基金项目: 广西科技攻关项目(桂科攻 0330003-1)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of Guangxi (0330003-1)]

作者简介: 付传明(1980-), 男, 湖北公安县人, 研究实习员, 从事药用植物生物技术研究工作, (E-mail) fuchuanming@gxib.cn.

光是地球上一切生命存在、繁荣和发展的根本源泉,植物干物质有 90%~95%是来自光合作用,且幼苗发育也是受光控制的(潘瑞炽等,1995)。水稻是喜光作物,只有在充足的直射阳光下才能生长健壮,光照的强弱和光照时数的长短决定着水稻生长的快慢,生育期的长短、开花结实的好坏及产量的高低(郑志广,2003;陈恩谦,2005)。在我国南方的一些地区,冬春日照较短,连绵阴雨天气较多,光照不足经常会影响到作物秧苗的健壮生长,从而影响产量。适当补充光照,使作物生长前期早生快发,是提高作物产量的重要措施之一(KC 史密斯,1984;Loveys,1994;Christy 等,1982)。光质对植物生长的影响已有报道(马光恕等,2002;储钟稀等,1999;张洪程等,2001;李韶山等,1994;余让才等,1997),但国内学者在进行不同光质的实验中,有的用彩色玻璃纸或彩色塑料薄膜做滤色片(倪文,1980;倪晋山,1985),显然由此得到的各种光质的纯度并不相同,因而给研究人员对相同光质实验结果的比较带来困难。

我们分别使用蓝(475±5 nm)、黄(585±5 nm)、红(660±5 nm)色的半导体(LED)灯制作分布均匀的平面光源和复合波长的日光灯,先将水稻幼苗置于不同波长的光源下培养,探讨不同光质对水稻幼苗生长发育的影响。并对刚萌发的水稻幼苗,除了正常日照(自然光照)之外,用不同颜色的灯具,每日补充光照 0、2、4、6 h,定期测量其株高、叶片数、重量等参数,补光 50 d 后测量其叶片的光合曲线,以探讨不同光质及补光时间对水稻幼苗生长和对成熟叶片光合能力的影响。通过上述实验,为水稻工厂化育苗选择合适的光源和补光时间提供理论根据以及选择更优的生产工艺路线。

1 材料与方 法

1.1 材料

选用水稻(*Oryza sativa* L.)金优 253,为普通大田种植杂交品种,人造光源使用蓝(475±5 nm)、黄(585±5 nm)、红(660±5 nm)色的半导体(LED)灯制作分布均匀的平面光源和普通日光灯(40 w)。

1.2 方法

1.2.1 水稻叶片吸收光谱的测定 用 PMS-3 光谱分析系统、TR-80 反射/透射材料光色性能测试箱对水稻成熟叶片在 380~800 nm 范围内进行透射率

测试,根据透射光谱推算叶片对不同波长光吸收的相对大小。

1.2.2 不同光质对水稻幼苗生长的影响 将水稻种子浸泡 24 h,催芽 2 d 后,选择出芽粗壮、均匀的种子点播于塑料圆盘中,分别置于培养室内的蓝(475±5 nm)、黄(585±5 nm)、红(660±5 nm)半导体(LED)和普通日光灯下(各灯具分别用黑布围成一定大小的空间,30±2℃)培养,光照时间 12 h/d,20 d 时测量记录各处理幼苗的株高、叶片数、鲜重等形态指标,测量时取 20 株幼苗直接测定总数,求每株平均值,色泽、粗壮度等形态特征为直接观察记录。

1.2.3 补光对水稻幼苗生长的影响 在塑料大棚中,将催好芽的水稻种子播于装有肥泥的塑料圆盘中,每天除自然光照外,天黑后(18:00~24:00)分别以蓝、黄、红半导体(LED)灯和普通日光灯,距灯具 50 cm 的最大照度(单位:mg·m⁻²·s⁻¹)分别为:蓝光 990、黄光 1 200、红光 1 500、日光 1 250,补充光照 0、2、4、6 h,(其中 0 h 为对照),每隔一定时间测量株高、叶数、鲜重、干重。

1.2.4 补光对植株光合能力的影响 补光处理 50 d 后,用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 型便携式光合作用测定仪,测定成熟叶片的光合速率及光合曲线。重复 3 次,取平均值。

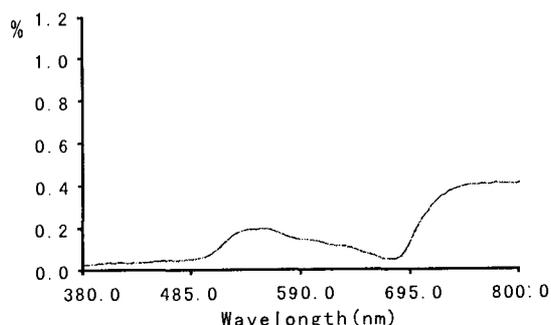


图 1 水稻叶片在波长 380~800 nm 光下的透射率

Fig. 1 Transmissivity of rice leaf under the wavelength of 380~800 nm

2 结果与分析

2.1 水稻叶片吸收光谱的测定

水稻叶片透射光谱见图 1,吸收较强(透射率较低)的范围为波长低于 490 nm 的蓝光区和 680 nm 附近的红光区。水稻叶片对光的吸收强弱顺序为蓝

光 \geq 红光 $>$ 黄光 $>$ 远红光,与红光比,蓝光的吸收范围更广。

2.2 水稻幼苗在不同波长光照下的生长效应

水稻幼苗在不同波长光下的生长效果见表 1。表中数据表明,不同波长光下水稻幼苗的生长差异

较大。其中株高以黄光处理最高,白光处理最矮,植株叶片数表现为蓝光 $>$ 白光 $>$ 红光 $=$ 黄光,鲜重为蓝光 $>$ 红光 $=$ 白光 $>$ 黄光,而鲜重/株高和外观均以蓝光最好。因此综合上述,在水稻幼苗期,蓝光对其生长发育比较重要。

表 1 水稻幼苗在蓝、红、黄、日光灯下的生长效应

Table 1 Effects of blue light, red light, yellow light and white light on growth of rice seedlings

苗龄 Age (d)	光质 Light quality	照度 Light intensity ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	株高 Height (cm)	叶数(张/株) No. of leaf blade	鲜重(克/株) Fresh weight	鲜重/株高 Fresh weight /height	外观 Appearance
20	蓝光 Blue light	749	8.4	2.0	0.14	0.017	植株壮、绿色
	红光 Red light	1680	8.5	1.2	0.12	0.014	植株细弱、浅黄绿
	黄光 Yellow light	986	8.9	1.2	0.11	0.012	植株细弱、浅黄绿
	白光 White light	1074	7.8	1.4	0.12	0.015	植株壮、浅绿色

表 2 补光试验植株的生长情况

Table 2 Growth condition of seedlings under illumination supplement treatments

补光天数及测量项目 Adding light times and items of measurements	对照 CK (0 h)	白光 White light			黄光 Yellow light			蓝光 Blue light			红光 Red light			
		2 h	4 h	6 h	2 h	4 h	6 h	2 h	4 h	6 h	2 h	4 h	6 h	
株高 Height (cm)	7 d	6.0	11.7	10.9	12.4	9.7	11.7	11.6	11.7	12.0	11.8	11	10.3	10.7
	13 d	18.3	21.7	24.0	23.5	25.5	24.8	24.0	22.4	22.0	24.0	25.2	24.7	22.6
	20 d	21.8	24.2	28.5	24.8	29.5	25.5	24.1	24.2	28.2	27.7	28.0	28.0	25.9
	61 d	45.0	46.0	52.5	35.4	57.4	51.8	51.1	57.0	50.0	45.1	55.7	49.5	46.5
叶数(张/株) No. of leaves	7 d	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	13 d	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.0	2.5
	20 d	3.0	3.0	3.6	3.0	3.4	3.1	3.3	3.1	3.2	3.4	3.4	3.4	3.7
	61 d	4.0	4.0	4.5	4.0	4.5	5.5	5.5	5.0	5.0	4.5	4.5	4.0	4.5
鲜重(克/株) Fresh weight	7 d	0.04	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	13 d	0.08	0.10	0.10	0.09	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11
	20 d	0.12	0.20	0.24	0.21	0.25	0.20	0.20	0.18	0.18	0.22	0.23	0.24	0.20
	61 d	1.00	1.10	1.86	0.85	1.65	1.36	1.37	1.53	1.16	1.14	1.39	1.28	1.17
干重(克/株) Dry weight	7 d	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
	13 d	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	20 d	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	61 d	0.29	0.32	0.51	0.23	0.43	0.33	0.33	0.41	0.29	0.33	0.37	0.31	0.31

注: 每一处理测量 20 株, 取平均值。 Note: All data are the average of 20 observation value.

2.3 补光对水稻幼苗生长的影响

2.3.1 补充不同光质对水稻幼苗形态的影响 从表 2 可看出, 在补光处理的前 13 d, 4 种补光处理的水稻幼苗株高都明显比对照高, 大部分增幅超过 20%。在补光处理后 20~61 d, 大部分处理的株高仍比对照高, 但增幅有所减少, 三种单波光质中均以补光 2 h 对株高影响最大, 植株最高。到第 61 天时, 对株高影响较大的是黄、蓝光补光 2 h。

4 种补光处理在水稻苗龄 7 d 时均使叶的数量明显增加, 增幅达 100%; 后期无明显规律可寻, 到 61 d 时, 对叶的数量影响较大的是黄光和蓝光。

2.3.2 补充不同光质对水稻幼苗生长量的影响 从

表 2 可见, 4 种补光处理均使植株的鲜重增加, 最终增幅较高的处理有: 白光 4 h 增加 86%, 黄光 2 h 增加 65%, 蓝光 2 h 增加 53%。

补充光照在水稻苗龄 20 d 以前时, 4 种补光处理的干重均比对照高 50% 以上。到第 61 天, 单株干重最高的为补白光 4 h, 增幅 76%。

综合上述结果, 补黄光 2~4 h 对增加植株的株高和叶的数量最有效; 补白光 4 h 对增加植株鲜重和干重效果最好。因此, 从培育壮苗的角度出发, 可选择日光灯为补光光源, 根据我们在不同季节的实验结果, 补光时间还应随自然日照长度的变化而有所调整, 日照短的季节, 补光时间较长, 但一般不超过

每天4 h;日照增加,补光时间应相对缩短。

2.4 补光对水稻光合能力的影响

水稻幼苗补光50 d后,测定成熟叶片的光合曲线(图2)。结果表明,4种不同光质补光处理中补蓝光2、4 h和补白光4 h的光合能力相比对照有所提高,光合速率随光密度增加而提高得最快,但当光强

达到 $1\ 500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后就不再提高,光合速率达到饱和。其他补光处理,光合速率等于或低于对照,而且光密度在 $2\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以内,其光合速率随光密度增加而增加,还未达到光饱和点。这些差异表明,补光后各处理间光合能力发生了改变,主要体现在光合速率对光强的响应存在较大的

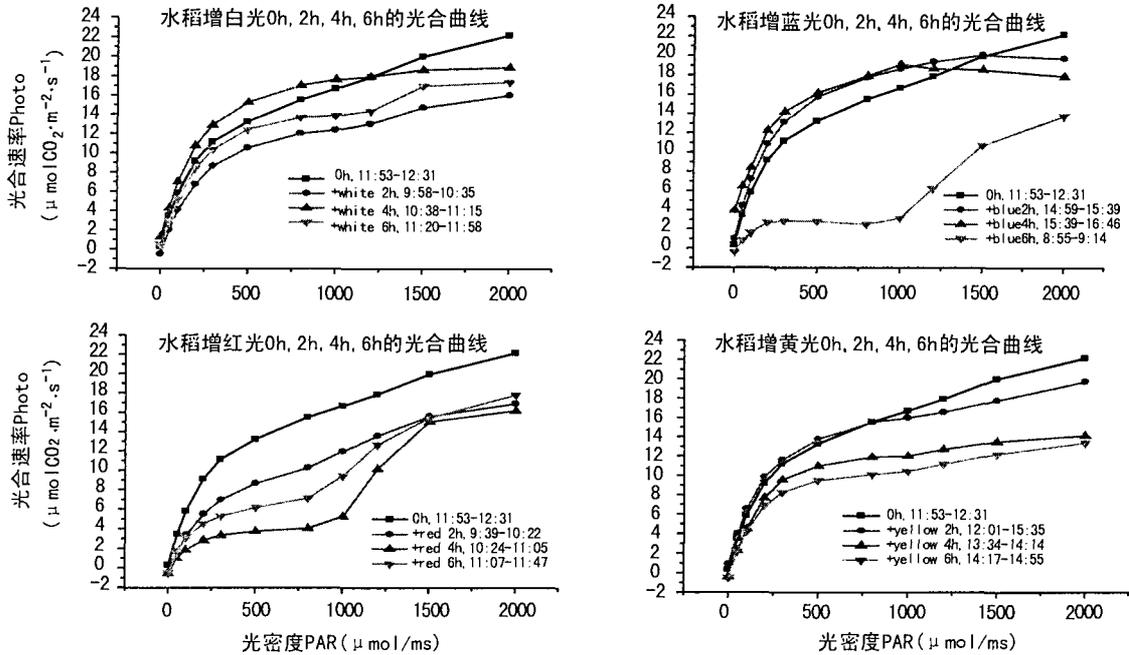


图2 补光50 d后水稻叶片的光合曲线

Fig. 2 Photosynthesis curve of rice leaves after adding light

差异。

3 讨论

3.1 光质对水稻幼苗生长发育的影响

在本实验中,蓝光下的植株长势较其它单质光波处理的矮壮,其叶片数、鲜重及鲜重/株高大于红、黄、日光,幼苗质量最好。这一结果与李韶山等(1994)的实验相符。另外,蓝光在比其它光质的照度低的情况下,幼苗的生长效果最好。这些表明,单波蓝光比红、黄光及复合波长的白光更能促进水稻幼苗的发育。在蒲高斌等(2005a,b)的实验中,蓝光处理的番茄幼苗 POD、SOD 及 APX 活性都较高,幼苗质量优良,可以提早花期,李韶山(1994)、余让才(1997)等认为蓝光处理降低水稻幼苗 IAA 的含量,抑制顶端优势,促进分蘖。因此,蓝光为水稻幼苗生长发育的最佳光源,幼苗期提供蓝光或使用蓝色薄膜覆盖可加快发育进程,促进水稻幼苗的健壮

生长。

3.2 光质及补光时间对水稻幼苗生长的影响

适当补充光照,对水稻幼苗的生长是有促进作用的。我们在对其它植物的补光实验中发现,不同的植物对光质和补光时间的要求不同,如罗汉果补充红、蓝光促生长效果最好,马蹄莲补黄光最有效。本研究中,在光强差别不大,其他环境条件相似的情况下,从培养壮苗的角度来看,水稻幼苗补白光4 h最好,补黄光2 h次之。

此外,黄光对增加水稻的株高和叶数有明显效果,同时也能明显地增加植株的干鲜重,这说明黄光对水稻的生长十分重要,这与杜洪涛等(2005)对甜椒研究的实验结果有相似之处。这可能与补照黄光后改变了植株内部某些物质的形成、形态,或是促进了某些酶的活性有关,但光质对植物的具体调节机制,尤其是黄光的调节机制还有待进一步的研究。

3.3 补光、光合速率与生长

本试验中补光处理后,大部分水稻生长较好,植

株干、鲜重较对照高,光合产物积累较多。测量补光后水稻的光合曲线,大部分叶片的光合速率较对照却有所下降。这和 Neales(1968)等认为照光后叶片中同化物的积累会降低叶片的光合作用的结论是一致的。在 Poskuta 等(1986)的实验中,也同样观测到不同基因型的高羊茅叶片光合速率随着光合产量的增加而下降的现象。但在我们的实验中,还出现了另外一种情况,即在补白、黄、蓝光三组处理中,每组中生物量最大的处理,其光合速率与对照相比,未见下降或下降量很小。可见,较高的光合产物积累量,并不一定对应较低的光合速率,反之亦然。这些实验结果说明,补光、光合速率与生长三者之间的关系,仅以光合产物限制的理论来解释是远远不够的,其中可能还存在更为复杂的生理生化调控过程。

3.4 农业生产上的补光措施

随着温室产业的发展和生产水平的提高,进行温室育苗和温室补光显得十分重要。一般保护地内的光照长度(即光照时数)要比露地短,尤其是在冬季,进行人工补光是改变温室內光照条件的最有效的办法,另外,在阴天和雨天适当补充光照,还可以抑制幼苗发生病虫害。但是补光是一项十分复杂的过程,不同光质以及同一光质不同光强度对不同植物或同一植物的不同品种是不相同的。综合我们的实验,我们认为在进行水稻育秧时,在春季,白天可以使用蓝光转化膜、蓝色滤膜或者蓝色荧光灯,晚上补光时选用白光或者黄光,光强可根据条件而比本实验适当略高,在水稻苗龄 7 d 时,每晚可补充 4~6 h,在之后的生长中,补光时间应适当缩短到 2~4 h。

参考文献:

倪晋山. 1985. 植物生理学实验手册[M]. 上海:上海科学技术出版社:63-64

蒲高斌,刘世琦,张珍,等. 2005a. 光质对番茄幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 中国蔬菜,(9):21-23

潘瑞炽,董愚得. 1995. 植物生理学[M]. 第3版. 北京:高等教育出版社:225-233

KC 史密斯,沈恂(译). 1984. 光生物学[M]. 北京:科学出版社:401-402

Chen EQ(陈恩谦). 2005. A long-term study of the effects of temperature and bright on the nutrition growth of different types of rice(不同类型水稻品种营养生长期的高温光效应研究)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(植物生理科学),21(5):242-244

Christy AL, Porter CA. 1982. Canopy photosynthesis and yield in soybean[M]//Govindjee(ed). *Photosynthesis: De-*

velopment, Carbon Metabolism, and Plant Productivity Vol II [M]. New York:Academic Press:499-511

Chu ZX(储钟稀), Tong Z(童哲), Feng LJ(冯丽洁), et al. 1999. Effect of different light quality on photosynthetic characteristics of cucumber leaves(不同光质对黄瓜叶片光合特性的影响)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报),41:867-870

Du HT(杜洪涛), Liu SQ(刘世琦), Zhang Z(张珍). 2005. Effects of light qualities on growth and activity of enzymes inleaves of color pimientos seedling(光质对彩色甜椒幼苗生长及酶活性影响)[J]. *Acta Agric Boreali-Sin*(华北农学报),20(2):45-48

Hiroshi Shimizu. 2003. Light for plant growth[J]. *Illum Engng Inst Jpn*,87(4):268-270

Li SS(李韶山), Pan RC(潘瑞炽). 1994. Effects of blue light on the growth of rice seedlings(蓝光对水稻幼苗生长效应的研究)[J]. *Chin J Rice Sci*(中国水稻科学),8(2):115-118

Loveys BR. 1994. Light quality and plant growth[J]. *Lighting in Australia*,50:10-15

Ma GS(马光恕), Lian H(廉华), Yan MW(闫明伟). 2002. Effect of different mulching material on growth of tomato in plastic tunnel(不同覆盖材料对大棚内番茄生长发育的影响)[J]. *J Jilin Agric Sci*(吉林农业科学),27(4):41-43

Neales TF, Incoll LD. 1968. The control of leaf photosynthesis rate by the level of assimilate concentration in the leaf: a review of the hypothesis[J]. *Bot Rev*,34:107-125

Ni W(倪文). 1980. Effect of various light qualities on growth of rice seedlings(不同光质对稻苗生长的效应)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究),2(2):194-201

Poskuta JW, Nelson CJ. 1986. Role of photosynthesis and photorespiration and of leaf area in determining yield of tall fescue genotypes[J]. *Photosynthetica*,20:94-101

Pu GB(蒲高斌), Liu SQ(刘世琦), Liu L(刘磊), et al. 2005b. Effects of different light qualities on growth and physiological characteristics of tomato seedlings(不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报),32(3):420-42

Yu RC(余让才), Pan RC(潘瑞炽). 1997. Effects of blue light on the growth and levels of endogenous phytohormones in rice(*Oryza sativa* L.) seedlings(蓝光对水稻幼苗生长及内源激素水平的影响)[J]. *Acta Phytophysiol Sin*(植物生理学报),23(2):45-48

Zhang HC(张洪程), Zhao XH(赵新华). 2001. Study on the effects of temperature and illumination on grade of filled grain in rice(温光对水稻籽粒充实度的影响)[J]. *Sci Agric Sin*(中国农业科学),34(4):396-402

Zheng ZG(郑志广). 2003. The influence of temperature and light on grain filling dry matter production of rice(光温条件对水稻结实及干物质生产的影响)[J]. *J Beijing Agric Coll*(北京农学院学报),18(1):13-16