

## 栽培密度对有色稻抽穗后剑叶一些衰老生理特性的影响\*

张荣萍<sup>1,2</sup>, 戴红燕<sup>1</sup>, 马均<sup>2\*</sup>, 蔡光泽<sup>1</sup>, 彭汉涛<sup>1</sup>

(1.西昌学院, 四川 西昌 615013; 2.四川农业大学 水稻研究所, 四川 温江 611130)

**【摘要】**以黑糯和红粳两个有色稻为材料, 设5种不同的栽培密度, 研究了不同栽培密度对有色稻抽穗后剑叶的叶绿素含量、可溶性蛋白质含量和SOD酶活性等一些衰老生理指标的影响。结果表明: 随栽培密度的增加, 有色稻抽穗后剑叶叶绿素a、b含量、可溶性蛋白质含量和SOD酶活性均呈下降趋势, 而叶绿素a/b值和丙二醛含量呈上升趋势, 且高密度E处理下这些指标变化幅度较大, 衰老加快。试验还表明, 有色稻抽穗后剑叶叶绿素含量、SOD酶活性、丙二醛含量等衰老生理指标的变化幅度与品种的耐密性密切相关。

**【关键词】**有色稻; 栽培密度; 剑叶; 衰老生理

**【中图分类号】**S511 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2009)03-0013-04

随着社会经济的不断发展和人们生活水平的不断提高, 人们的保健意识不断增强, 对稻米的要求由原先单一的饱腹功能转为集饱腹、美味、营养、保健等为一体的复合性功能。在这一形势下, 那些具有丰富色彩、良好的食味、药用价值的有色稻米普遍受到广大消费者的青睐<sup>[1]</sup>。中国有色稻资源丰富, 但目前生产上使用的有色稻品种综合性状较好的不多, 产量低于当家品种, 影响了有色稻的进一步生产推广及利用。合理的种植密度是水稻高产优质的基础<sup>[2,3]</sup>, 而水稻籽粒中大部分碳水化合物来源于开花后剑叶的光合作用, 剑叶衰老的快慢与产量密切相关, 提高水稻剑叶的寿命是提高水稻产量的重要途径<sup>[4,5]</sup>。前人关于有色稻品种的选育、营养成分及保健功效方面的研究较多<sup>[6-8]</sup>, 但对有色稻高

产优质栽培技术方面, 特别是抽穗后叶片生理特性方面的研究还不全面。因此, 笔者开展了不同密度对有色稻剑叶一些衰老生理特性的影响研究, 探索衰老的原因, 以期对有色稻的高产栽培技术的制定提供一定的理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于2007年在四川省西昌学院高原及亚热带作物研究所试验田进行, 供试品系为黑糯和红粳, 品种均由西昌学院高原及亚热带作物研究所高原粳稻研究室提供。

### 1.2 试验处理

试验设5个密度处理(表1), 小区面积6.67m<sup>2</sup>, 各小区采用随机排列, 3次重复。

表1 试验处理表

试验处理代号	基本苗(万/hm <sup>2</sup> )	移栽规格(cm × cm)	每穴移栽苗(株)
A	60	20.00 × 16.67	2
B	120	20.00 × 16.67	4
C	180	16.67 × 16.67	5
D	240	15.00 × 16.67	6
E	300	14.00 × 16.67	7

## 1.3 测定项目及方法

1.3.1 叶绿素含量 分别于抽穗后0、7、14和21d取剑叶, 用丙酮乙醇混合法<sup>[9]</sup>测定叶绿素a、b含量。

1.3.2 可溶性蛋白质和丙二醛含量、SOD酶活性 分别于抽穗后0、7、14和21d取剑叶, 用考马斯亮兰G-250法测定可溶性蛋白质含量<sup>[9]</sup>; 用硫代巴比妥酸比色法测定丙二醛含量<sup>[9]</sup>; 用氮蓝四唑法测定SOD

酶活性<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培密度下剑叶叶绿素a、b含量和a/b值的变化

许多研究表明<sup>[10,11]</sup>, 叶绿素含量和衰老之间存在明显的负相关, 叶绿素分解是衰老的原发过程及衰老的主要标志。从表2可以看出, 不同栽培密度

收稿日期: 2009-06-30

\*基金项目: 四川省西昌学院课题“几种特种稻生理特性研究”(项目编号: YJSA0601); 四川省教育厅重点科技项目“有色水稻新品种选育及配套技术研究”(项目编号: 2005A044)。

作者简介: 张荣萍(1980-), 女, 彝族, 云南建水人, 博士研究生, 讲师, 研究方向: 作物栽培生理。\*为通讯作者。

下有色稻剑叶叶绿素 a、b 含量,随密度的增加呈下降趋势,而叶绿素 a/b 比值呈上升趋势,A 与 C、D、E 处理间差异达显著水平,且 A、B、C 和 D 处理剑叶叶绿素 a、b 含量在抽穗 0~7d 时有一个略上升的趋势。抽穗后剑叶叶绿素 a、b 含量及 a/b 比值下降幅度均是 E>D>C>B>A 处理。有试验证明<sup>[12]</sup>,水稻叶片衰老时,叶绿素含量下降,而且叶绿素 a 比叶绿素 b 下降得快,叶绿素 a/b 比值可作为衰老的指标。由此可知,抽穗后低密度 A 和 B 处理叶绿素 a、b 含量

高,且 a/b 比值低,剑叶衰老慢;反之,高密度的 E 处理剑叶的叶绿素含量显著低于低密度处理, a/b 比值较高,且下降幅度较大,衰老快。从参试的两品种来看,高密度 E 处理下黑糯剑叶的叶绿素 a、b 含量显著低于低密度 A、B 处理, a/b 比值较高,生育后期降低幅度较大,而红粳随密度增加叶绿素 a、b 含量及 a/b 比值变化幅度较小。说明红粳的剑叶衰老相对较慢, Y5 的耐密性较 Y4 强。

### 2.2 不同栽培密度下剑叶可溶性蛋白质含量的变化

表 2 不同栽培密度下剑叶叶绿素 a、b 含量和 a/b 值

品种	处理	叶绿素 a /mg.g <sup>-1</sup>				叶绿素 b /mg.g <sup>-1</sup>				Chla/Chlb			
		抽穗后天数/d				抽穗后天数/d				抽穗后天数/d			
		0	7	14	21	0	7	14	21	0	7	14	21
黑糯	A	2.60	3.01	2.54	1.86	0.93	1.10	0.94	0.84	2.80	2.74	2.70	2.21
	B	2.55	2.93	2.29	1.80	0.88	1.05	0.84	0.79	2.90	2.79	2.73	2.28
	C	2.49	2.67	2.23	1.61	0.85	0.95	0.80	0.70	2.93	2.81	2.79	2.29
	D	2.43	2.57	2.16	1.51	0.80	0.88	0.76	0.64	3.04	2.92	2.84	2.36
	E	2.38	2.23	1.94	1.27	0.76	0.72	0.68	0.53	3.13	3.10	2.85	2.40
红粳	A	2.49	2.57	2.33	1.72	1.10	1.15	1.06	0.92	2.26	2.23	2.20	1.87
	B	2.33	2.50	2.20	1.63	0.98	1.07	0.95	0.85	2.38	2.34	2.32	1.92
	C	2.31	2.42	2.17	1.56	0.95	1.02	0.93	0.80	2.43	2.37	2.33	1.95
	D	2.27	2.37	2.10	1.48	0.90	0.97	0.89	0.74	2.52	2.44	2.36	2.00
	E	2.16	1.92	1.81	1.22	0.84	0.78	0.75	0.60	2.57	2.46	2.41	2.03

剑叶可溶性蛋白质含量生理指标反映了水稻抽穗后源叶中氮代谢活性。从图 1 可知,抽穗后剑叶可溶性蛋白质含量随密度增加呈下降趋势。黑糯和红粳抽穗后,低密度的 A、B 处理可溶性蛋白质含量显著高于 C、D 处理,后者又显著高于高密度的 E 处理;抽穗后 7~21d 下降幅度 E(39%、32%)>D(34%、27%)>C(28%、22%)>B(24%、21%)>A(20%、19%)处理。陆定志、丁四兵<sup>[4、10]</sup>等指出蛋白质降解是叶片衰老的基本特征。可知,密度过高时,剑叶蛋白质降解加快,衰老快;黑糯对密度的反应早于红粳。

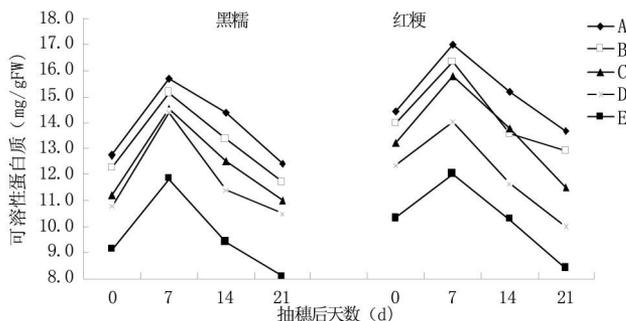


图 2 不同栽培密度下可溶性蛋白质含量的变化

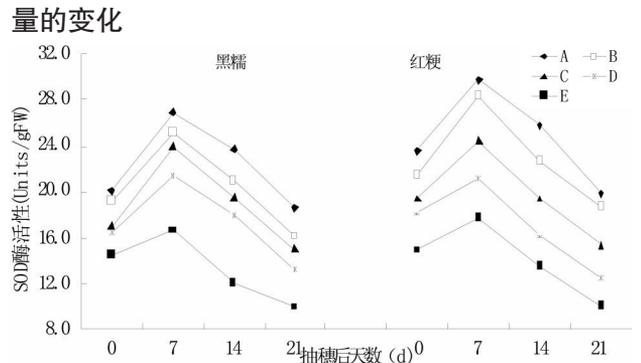


图 2 不同栽培密度下 SOD 酶活性的变化

活性氧自由基代谢失调是植物叶片衰老的原因之一, SOD 酶是植物体内活性氧清除酶系统的重要保护酶之一。从图 2 可以看出,抽穗后不同栽培密度处理下 SOD 酶活性 A>B>C>D>E 处理,各处理间差异达显著水平。抽穗后 7d 高峰期时,低密度 A 处理下黑糯和红粳剑叶 SOD 含量分别是高密度 E 处理的 1.62 和 1.68 倍。从图 2 中也可看出,抽穗 14d 后,随着时间的延长, SOD 酶活性又迅速下降,下降幅度随密度增加而增大。说明栽培密度较低时, SOD 酶活性较高,消除自由基能力强;相反,高密度下有色稻灌浆结实后期活性氧积累超过保护酶系

### 2.3 不同栽培密度下剑叶 SOD 酶活性和丙二醛含

统清除能力,进而对抗氧化酶系统造成了伤害导致其活性迅速下降。

抽穗后不同栽培密度下剑叶丙二醛含量均增加(图3),抽穗后0~21 d,黑糯和红粳E处理剑叶丙二醛含量显著高于D、C处理,后者又显著高于B、A处理,且增加幅度为E(2.08倍和2.03倍) $>$ D $>$ C $>$ B $>$ A(1.98倍和1.92倍)。从参试的两个品种来看,不同栽培密度下红粳各时期丙二醛含量以及变化幅度均小于黑糯。由于MDA大小在一定程度上体现对植物伤害程度<sup>[13]</sup>,所以,也体现了品种耐密性的大小,即在高密度下同一时期耐密性强的品种MDA含量低、变幅小;反之,耐密性弱的品种MDA含量高,变幅大。由此可知,红粳耐密性较黑糯强。

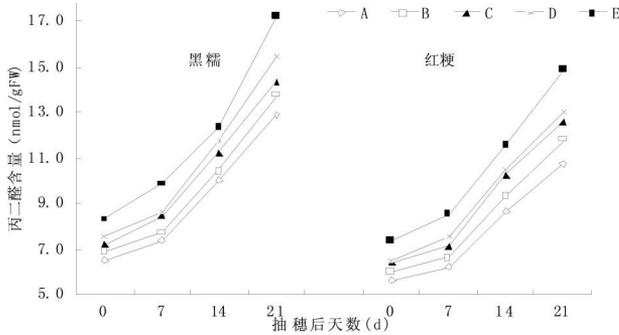


图3 不同栽培密度下丙二醛含量的变化

### 3 结论与讨论

水稻籽粒中2/3以上的干物质是开花后通过光合作用获得的,在此期间,叶片是进行光合作用最主要的器官<sup>[14]</sup>,其中又以剑叶的贡献最大<sup>[4,5]</sup>,因此水稻生育后期剑叶的早衰已成为水稻进一步高产的重要制约因素。SOD酶活性、丙二醛含量、叶绿素含量、可溶性蛋白质均是衡量叶片衰老的重要指标<sup>[4,5,10]</sup>。前人研究表明<sup>[4,10,15]</sup>,密度对叶片叶绿素含量、可溶性蛋白质含量的调控为负效应,随着密度增加均降低。本研究结果表明,随着栽培密度增大,有色稻剑叶叶绿素a、b含量、可溶性蛋白质含量呈下降趋势,而叶绿素a/b比值呈上升趋势。且高密度下剑叶的叶绿素a、b含量、可溶性蛋白质含量显著低于低密度处理,叶绿素a/b比值较高,下降幅度较大,衰老较快。叶绿素含量高,a/b比值较低者有利于光合<sup>[12]</sup>。由此可见,高密度的处理行间过于荫密,透光

率低,加之植株对营养的激烈竞争,阻碍了叶绿素的合成,加速了叶绿素的分解,进一步导致可溶性蛋白含量的降低。说明在适宜密度条件下,水稻抽穗后剑叶的衰老缓慢,有利于光合作用,保证了“源”充足。

叶片衰老与活性氧代谢呈正相关。植物在长期进化过程中,为保护自身免受伤害会通过一整套抗氧化保护系统来清除活性氧,以保持体内活性氧积累与清除的平衡,延缓植物衰老,维持植物正常的生长和发育<sup>[16]</sup>。前人研究表明<sup>[4,16]</sup>,植物叶片衰老伴随着SOD酶活性降低和膜脂过氧化产物MDA含量显著增高,衰老程度越高,叶片中SOD酶活性下降越快,MDA含量越高。本研究结果也表明,抽穗后不同栽培密度下SOD酶活性随密度增大而下降,抽穗14d后,随生育进程的推进,SOD酶活性又迅速下降,下降幅度随密度增加而增大。说明栽培密度较低时,SOD酶活性较高,消除自由基能力强,MDA含量低,有效地防止膜脂过氧化作用,维持了细胞正常的代谢;相反,高密度下有色稻抽穗灌浆后期活性氧积累超过保护酶系统清除能力,造成MDA的累积,使多种酶、膜系统遭受严重损伤和许多代谢过程受到影响,从而加速了叶片的衰老。

综上所述,从5种栽培密度下抽穗后剑叶衰老的一些生理指标变化来看,高密度加速了剑叶的衰老,适宜密度条件下,水稻抽穗后剑叶的衰老缓慢,有利于光合作用,保证了“源”充足。可见,生产上虽说水稻栽培密度一直是栽培学家用于调节群体结构、提高产量和降低成本的一种重要手段<sup>[2,3]</sup>,但栽培密度过大加快了有色稻抽穗后剑叶衰老。该研究结果还表明,不同栽培密度抽穗后剑叶衰老与品种的耐密性有关。参试品种红粳与黑糯相比,高密度处理下红粳可溶性蛋白质含量、SOD酶活性和丙二醛含量等生理指标变化相对缓慢,衰老比黑糯缓慢。说明红粳耐密性较黑糯强。因此,实际生产中有色稻栽培密度确定应根据品种来确定,要达到高产应选择耐密性强的品种来栽种,同时与水肥管理等措施相配合,后者还有待于进一步研究。

### 注释及参考文献:

[1]赵则胜,赖来展,郑金贵.中国特种稻[M].上海:上海科学技术出版社,1994.

[2]王成瓊,王伯伦,张文香,等.栽培密度对水稻产量及品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2004,35(4):318-322.

[3]董钻,沈秀英.作物栽培学总论[M].北京:中国农业出版社,2000.

[4]陆定志,潘裕才,马跃芳,等.杂交水稻抽穗结实期间叶片衰老的生理生化研究[J].中国农业科学,1988(12):21-25.

[5]李奕松,黄丕生,黄仲青,等.两系籼型杂交水稻齐穗后光合作用和衰老特性的研究[J].中国水稻科学,2002,16(2):

[6]韩磊,汪旭东,徐建第,等.有色稻米研究现状分析[J].中国稻米,2003(5):6-8.  
 [7]周云,张守文.有色稻米的功能特性及其开发利用[J].粮食与油脂,2002(7):36-38.  
 [8]谢戎,杨正林,左永树,等.有色稻与杂交稻主要农艺性状差异的比较[J].西南农业学报,2001,14(4):83-85.  
 [9]李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.  
 [10]丁四兵,朱碧岩,吴冬云,等.温光对水稻抽穗后剑叶衰老和籽粒灌浆的影响[J].华南师范大学学报,2004(1):117-121.  
 [11]蔡永萍,杨其光,黄义德.水稻水作与旱作对抽穗后剑叶光合特性、衰老及根系活性的影响[J].中国水稻科学,2000,14(4):219-224.  
 [12]孟军,陈温福.水稻剑叶净光合速率与叶绿素含量的研究初报[J].沈阳农业大学学报,2001,32(4):247-249.  
 [13]卢从明,张其德,匡廷云,等.水分胁迫抑制水稻光合作用的机理[J].作物学报,1994,20(5):601-606.  
 [14]蒋彭炎,洪晓富,冯来定,等.水稻中期群体成穗率与后期群体光合效率的关系[J].中国农业科学,1994,27(6):8-14.  
 [15]胡文河,王兴录,刘振库.不同密度水稻抽穗后生理特性的研究[J].吉林农业大学学报,2006,28(6):596-605.  
 [16]朱杭申,黄丕生.土壤水分胁迫与水稻活性氧代谢[J].南京农业大学学报,1994,17(2):7-11.

## Effects of Different Density on Some Senescence Physiology Characteristics of Flag Leaf in Colored Rice after Heading

ZHANG Rong-ping<sup>1,2</sup>, DAI Hong-yan<sup>1</sup>, MA Jun<sup>2</sup>, CAI Guang-ze<sup>1</sup>, PENG Han-tao<sup>1</sup>

(1.Xichang College, Xichang, Sichuan 615013; 2.Rice Research Institute of Sichuan Agricultural University, Wenjiang, Sichuan 611130)

**Abstract:** Some senescence physiology characteristics of flag leaf in colored rice, such as the content of chlorophyll and soluble protein and the SOD activities, were studied under five different densities with two colored rice of black glutinous and red japonica. The results indicated that with increasing planting density, the content of chlorophyll a and b, the soluble protein content and the SOD activities were decreased, but the ratio of Chla-Chlb and MDA content were increased, and these senescence physiology characteristics of E treatment were decreased with a large variation scope and early senescence of flag leaf. These results suggested that chlorophyll content, MDA content and the SOD activities are correlated significantly to density resistance of colored rice.

**Key words:** Colored rice; Planting density; Flag leaf; Senescence physiology

(上接2页)

## Effects of the Paclobutrazol on the Growth and Yield of Barley

HE Tian-xiang<sup>1</sup>, CAI Guang-ze, LI Da-zhong<sup>2</sup>

(1.Xichang College, Xichang, Sichuan 615013;  
 2.The Agriculture Bureau of Mianning County, Mianning, Sichuan 615600)

**Abstract:** The experiment result of effects of paclobutrazol on the growth, yield and quality of barley shows: There is no obvious differences on the period of growth to treatment of growth stages; Effective panicles have a downward trend with increasing the concentration; And paclobutrazol may reduce the plant height; The low concentration of paclobutrazol increases the number of effective tiller; The grain number of spike of treatments are all higher than that of control group besides the treatment 300mg/kg, and shows the paclobutrazol may increase the grain number of spike. The treatment with different concentrations of paclobutrazol can increase single-spike weight and 1000-grain weight. There is no significant differences between treatments by analysis of variance in yield.

**Key words:** Barley; Paclobutrazol; Growth and development; Yield