

不同成熟度对水稻种子萌发及其生理特性的影响

张桂莲*, 杨定照, 张顺堂, 陈立云

湖南农业大学农学院, 长沙410128

摘要: 对抽穗后15、20、25、30和35 d不同成熟度的水稻种子的萌发情况及其生理特性进行了研究。结果表明, 随着种子成熟度增加, 种子的发芽率、发芽势、活力指数逐渐提高, 种子中过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、脱氢酶和淀粉酶的活性、可溶性蛋白质和脱落酸(ABA)含量呈现上升趋势, 抽穗后30 d达最大值, 稍后有所下降, 而种子的可溶性糖、赤霉素(GA₃)和生长素(IAA)含量则呈现下降趋势。在抽穗后15~35 d, '996'种子的发芽率、发芽势、活力指数、4种酶活性、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量、GA₃和IAA含量均高于'4628'种子的, 而ABA含量则低于'4628'种子。

关键词: 水稻; 成熟度; 种子萌发; 生理特性

Effects of Different Maturity on Germination and Physiological Characteristics of Rice (*Oryza sativa* L.) Seeds

ZHANG Gui-Lian*, YANG Ding-Zhao, ZHANG Shun-Tang, CHEN Li-Yun

College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstracts: The germination and physiological characteristics of rice seeds with different maturity, at 15, 20, 25, 30 and 35 d after initial heading, were studied in this paper. The results showed that, with the increase of seed maturity, the germination rate, germination potential and vigor index of rice seeds increased, the activities of peroxidase (POD), catalase (CAT), dehydrogenase and amylase, the contents of soluble protein and abscisic acid (ABA) of seeds also increased, reached maximum at 30 d after initial heading, and then decreased, while the contents of soluble sugar, gibberellins (GA₃) and indoleacetic acid (IAA) decreased. During 15–35 d after initial heading, the germination rate, germination potential and vigor index, four enzyme activities, the contents of soluble protein, soluble sugar, GA₃ and IAA in cultivar '996' seeds were higher than those of cultivar '4628' seeds, while ABA content in cultivar '996' was contrast.

Key words: rice (*Oryza sativa* L.); maturity; seed germination; physiological characteristics

种子是农业生产最基本的和不可替代的生产资料, 在农业生产中, 成熟度是评价种子的一项重要质量指标。种子成熟度不仅影响种子发芽力和整齐度, 还进一步影响幼苗的健壮度和生育状况。成熟度较低的种子都有一定的发芽能力, 不同作物其发芽能力随着成熟度提高而表现出不同的变化趋势。玉米、茄子、蓖麻的发芽率随着种子的成熟度提高而先升高后降低(沈雪芳1996; 高维恒和山田英2001), 而小麦种子的成熟度与发芽率不存在直接的关系(林振华1998)。随着种子成熟, 油菜种子发芽率不断提高, 在终花期后20~25 d时达到最大值, 随着种子的进一步成熟, 发芽率略有下降, 表现出一定的休眠特性(徐洪志等2005)。同时种子成熟度也是影响种子活力的重要因素, 有关学者对玉米、小麦、烟草、花生和大豆等作物种子的研究表明, 作物种

子的成熟度与种子发芽率、活力有正相关性(石海春等2006; 林振华1998; 张建成和王辉2005; 孙学永等2002; 唐桂香2001)。而目前关于种子成熟度对水稻种子萌发的生理活性方面研究报道极少。本文研究了不同成熟度对水稻种子发芽率、活力指数、酶活性、可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量及内源激素含量的影响, 旨在探明不同成熟度对水稻种子萌发的影响机理, 以为水稻种子生产和流通中的质量检测提供理论依据。

收稿 2011-12-26 修定 2012-02-20

资助 国家自然科学基金项目(30900874)、湖南省自然科学基金项目(11JJ3026)、湖南省教育厅基金项目(YB2009B023)和湖南农业大学人才引进基金项目(07YJ02)。

* 通讯作者(E-mail: zgl603@yahoo.com.cn; Tel: 0731-84635059)。

材料与方法

1 供试材料

试验于2010年在湖南农业大学水稻研究所进行。供试材料为休眠性强水稻(*Oryza sativa* L.)品种‘4628’和休眠性弱品种‘996’,均由湖南农业大学水稻研究所提供。

2 试验方法

2010年3月25日播种,4月27日单本移栽,于各品种始穗期,观察记载单株的始穗日期,并挂牌,于始穗后15、20、25、30和35 d对挂牌的单株收种,4℃冰箱中保存备用。

取种子100粒,以75%酒精消毒5 min,用蒸馏水冲洗后,排列在垫有2层滤纸的9 cm培养皿中,30℃生化培养箱中湿润暗发芽,每一处理重复3次,逐日统计发芽率,5 d计算发芽势,7 d后称幼苗干重。发芽势(%)=(初次计数发芽数/发芽样品粒数)×100%。发芽指数= $\sum(G_t/D_t)$, G_t 为t时间内的发芽数, D_t 为相应的发芽天数(尹燕平和董学会2008)。活力指数=发芽势×单株幼苗干重。

分别取始穗后15、20、25、30和35 d的种子,适温下浸泡2 d,用愈创木酚比色法(尹燕平和董学会2008)测定过氧化物酶(peroxidase, POD)活性;用高锰酸钾滴定法(李合生2000)测定过氧化氢酶(catalase, CAT)活性;用3,5-二硝基水杨酸法(李合生2000)测定淀粉酶活性;用TTC定量法(尹燕平和董学会2008)测定脱氢酶活性。用蒽酮比色法(尹燕平和董学会2008)测定可溶性糖含量;用考马斯亮蓝染色法(尹燕平和董学会2008)测定可溶性蛋

白质含量;用ELISA方法测定种子内源激素GA₃、ABA和IAA的含量。

所有实验数据处理和方差分析采用Microsoft Excel和SAS软件完成。

结果与讨论

1 不同成熟度对水稻种子萌发的影响

种子的发芽率一般随着成熟度的增加而提高,生理成熟期间,种子愈成熟,发芽势、发芽率和种子活力也愈高。但在某些情况下,发芽率最高的时期不是完熟期,这可能与其进入休眠或气候条件有关(胡晋2006)。

从表1可看出,随着种子成熟度增加,种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数呈现上升趋势,抽穗后30 d达到最大值,之后略有下降。‘4628’种子的萌发指数均低于‘996’种子,抽穗后30 d的两者发芽率、发芽势和活力指数差异达显著水平。这可能与‘4628’种子在抽穗后30 d开始进入休眠期有关。

2 不同成熟度对水稻种子POD、CAT、脱氢酶和淀粉酶活性的影响

从图1可以看出,抽穗后15~20 d的‘996’和‘4628’种子POD活性缓慢升高,抽穗后20 d升高幅度加大,至抽穗后30 d达最大值,随后呈下降趋势。此期间,‘996’种子的POD活性始终高于‘4628’种子,抽穗后25~35 d两者差异更为明显。这表明POD活性的升高可能会加速HMP途径的运转,不仅为种子萌发提供必需的碳骨架,还能提供蛋白质和核酸合成所需的还原力—NADPH₂(习岗和傅志东1993)。

表1 不同成熟度对水稻种子萌发的影响

Table 1 Effects of different maturity on the germination of rice seed

品种	抽穗后时间/d	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数
‘996’	15	26.97±1.25 ^e	18.81±0.92 ^e	10.75±0.52 ^c	37.30±1.85 ^f
	20	49.30±2.26 ^c	36.72±1.75 ^d	16.85±0.76 ^c	58.47±2.86 ^d
	25	62.70±3.11 ^b	51.55±2.55 ^b	32.50±1.53 ^{ab}	112.81±5.55 ^b
	30	92.21±4.50 ^a	85.12±4.12 ^a	40.12±1.98 ^a	139.22±6.84 ^a
	35	88.14±4.12 ^a	81.42±3.56 ^a	37.98±1.85 ^a	131.79±6.56 ^a
‘4628’	15	28.67±1.25 ^e	19.25±0.95 ^e	11.12±0.52 ^c	38.59±1.85 ^f
	20	36.74±1.55 ^d	33.56±1.57 ^d	14.65±0.68 ^c	50.84±2.51 ^e
	25	42.35±1.85 ^c	38.95±1.85 ^d	17.85±0.85 ^c	61.94±2.89 ^d
	30	64.67±3.12 ^b	56.84±2.76 ^b	34.75±1.64 ^a	120.58±5.95 ^b
	35	58.12±2.85 ^b	46.95±2.15 ^c	28.64±1.25 ^b	99.38±4.85 ^c

同一列不同字母者表示差异达0.05显著水平。下表同此。

种子CAT活性的变化趋势与POD类似(图2),但在测定期间,‘996’种子的CAT活性也始终高于‘4628’种子。

脱氢酶是种子呼吸过程中的一类重要催化剂,其活性的大小与种子呼吸作用的强弱及种子活力的高低有密切关系。从图3可以看出,抽穗后15~30 d,种子脱氢酶活性表现出持续升高趋势,至抽穗后30 d达最大值,随后有所降低。在测定期间(除抽穗后15 d外),‘996’种子的脱氢酶活性显著高于‘4628’种子。

从图4可以看出,抽穗后15~30 d,种子淀粉酶活性呈持续升高趋势,至抽穗后30 d达最大值,抽穗后30~35 d稍有下降。在测定期间,‘996’种子的淀粉酶活性高于‘4628’种子,特别在抽穗后30 d两者活性差值最大。

在整个测定期间,‘996’种子的这四种酶活始终高于‘4628’种子,说明随着种子成熟度提高,抗

氧化酶活性增强,即消除 H_2O_2 毒害的能力明显增强,种子活力高。另一方面,‘996’种子中较高的淀粉酶活性,促使子粒内部的淀粉提前水解,为胚的萌发提供较多营养物质。因此,‘4628’种子休眠性强可能与其生理活性较弱有关。

3 不同成熟度对水稻种子可溶性蛋白质和可溶性糖含量的影响

随着成熟度增加,种子可溶性蛋白质含量呈现上升趋势,抽穗后30 d达最大值,之后下降(图5)。从抽穗后15~35 d,‘996’种子的可溶性蛋白质含量始终高于‘4628’种子。

而种子可溶性糖含量变化与可溶性蛋白质相反(图6),随着种子成熟度增加,种子可溶性糖含量呈现持续下降趋势,抽穗后30~35 d,下降趋于平缓。整个测定间,‘996’种子的可溶性糖含量始终高于‘4628’种子。

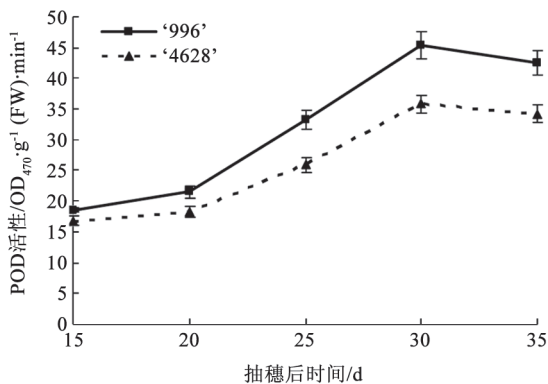


图1 不同成熟度对水稻种子POD活性的影响

Fig.1 Effect of different maturity on POD activity of rice seed

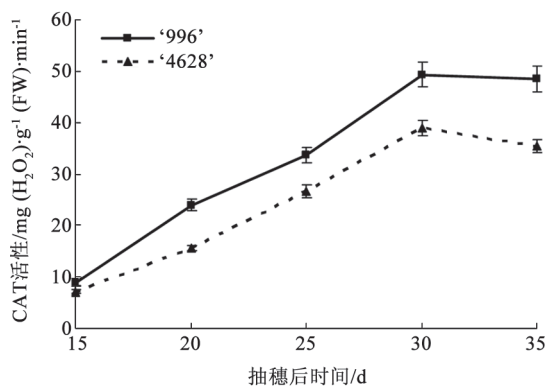


图2 不同成熟度对水稻种子CAT活性的影响

Fig.2 Effect of different maturity on CAT activity of rice seed

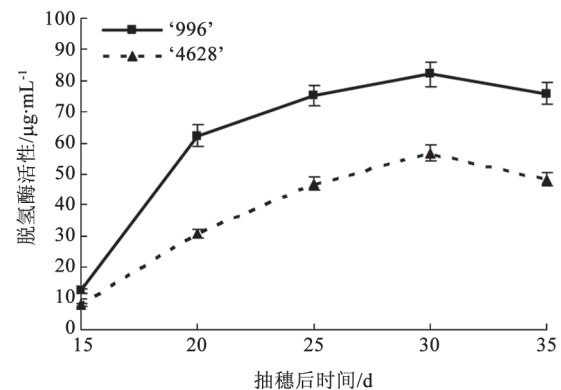


图3 不同成熟度对水稻种子脱氢酶活性的影响

Fig.3 Effect of different maturity on dehydrogenase activity of rice seed

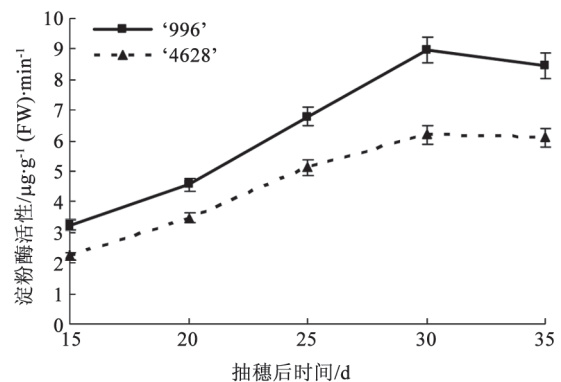


图4 不同成熟度对水稻种子淀粉酶活性的影响

Fig.4 Effect of different maturity on amylase activity of rice seed

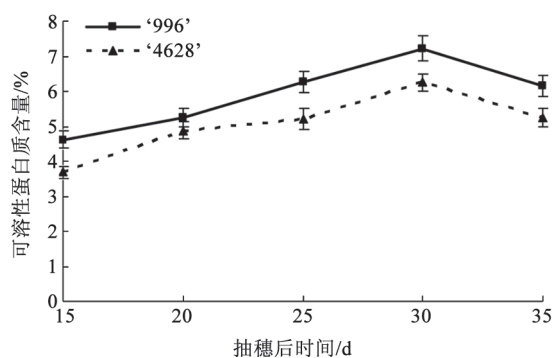


图5 不同成熟度对水稻种子可溶性蛋白质含量的影响
Fig.5 Effect of different maturity on soluble protein content of rice seed

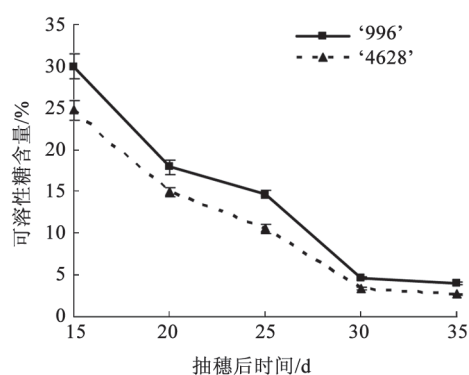


图6 不同成熟度对水稻种子可溶性糖含量的影响
Fig.6 Effect of different maturity on soluble sugar content of rice seed

4 不同成熟度对水稻种子GA₃、ABA和IAA含量的影响

前人的研究表明, GA₃和ABA是对休眠性有重要作用的两种激素。GA₃能打破种子休眠, 与其诱导水解酶(如 α -淀粉酶)的合成和促进水解酶的分泌有关。另一方面, ABA诱导种子休眠与其抑制水解酶的合成有关(Nicolás等1997; Bailey等1996)。由表2可知, 随着种子成熟度增加, ABA含量呈现

增加趋势, 抽穗后30 d稍有下降。在测定期间, '4628'种子中ABA含量始终高于'996'种子, 特别是抽穗30 d的差异达最大值。而GA₃和IAA含量则随着种子成熟度增加呈现下降趋势, 抽穗30 d后稍有回升。'996'种子中GA₃和IAA含量始终高于'4628'种子。这说明'4628'种子中ABA含量高, 抑制'4628'种子萌发, 诱导其进入休眠状态, 这可能是'4628'种子具有休眠性的重要原因。

表2 不同成熟度对水稻种子内源激素含量的影响

Table 2 Effect of different maturity on hormones contents of rice seed

品种	抽穗后时间/d	ABA含量/ng·g ⁻¹ (FW)	GA ₃ 含量/ng·g ⁻¹ (FW)	IAA含量/ng·g ⁻¹ (FW)
'996'	15	48.94±2.42 ^f	66.92±3.12 ^a	21.35±1.11 ^a
	20	71.22±3.55 ^d	52.78±2.52 ^b	19.04±0.95 ^a
	25	72.77±3.63 ^d	37.33±1.55 ^c	13.87±0.42 ^a
	30	139.93±6.55 ^c	27.18±1.15 ^{cd}	11.09±0.52 ^b
	35	136.42±5.95 ^c	36.52±1.42 ^c	12.57±0.35 ^{ab}
'4628'	15	57.26±2.55 ^e	64.77±3.21 ^a	20.74±0.95 ^a
	20	75.03±3.45 ^d	49.63±2.25 ^b	18.05±0.90 ^a
	25	80.40±4.00 ^d	35.64±1.45 ^c	13.76±0.55 ^a
	30	162.53±7.85 ^a	21.77±1.00 ^d	9.33±0.45 ^b
	35	150.40±7.25 ^b	31.25±1.25 ^c	11.51±0.26 ^b

参考文献

高维恒, 山田英(2001). 不同成熟度茄种子的发芽率和几种打破种子休眠方法的比较. 植物生理学通讯, 27 (3): 190~192
胡晋(2006). 种子生物学. 北京: 高等教育出版社, 116
李合生(2000). 植物生理生化试验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 164~167

林振华(1998). 小麦种子成熟度与种子活力的关系. 种子, 2: 44~45
沈雪芳(1996). 上海地区不同收获时期对甜玉米种子发芽率的影响. 上海农业科技, 6: 24~25
石海春, 柯永培, 傅体华, 孔建雄, 余学杰, 向南海(2006). 不同成熟度玉米种子活力的差异性研究. 四川农业大学学报, 24 (3): 269~271
孙学永, 殷凤生, 周应兵, 杨华应(2002). 烟草不同成熟度及淋雨处

- 理采收的果实对其种子活力的影响. 安徽农业科学, 30 (4): 605~606
- 唐桂香(2001). 不同播期和成熟度对南方菜用大豆种子活力的影响. 种子, 4: 14~16
- 习岗, 傅志东(1993). 外磁场对小麦萌发期过氧化物酶合成的影响及其激活效应. 植物生理学报, 19 (2): 155~161
- 徐洪志, 曾川, 廖淑梅, 张大琼, 陈吉光, 付雄伟(2005). 甘蓝型油菜不同收获时期的种子发芽率研究. 西南农业学报, 18 (6): 702~704
- 尹燕平, 董学会(2008). 种子学实验技术. 北京: 中国农业出版社, 5~6, 23~24, 63~64, 209~210
- 张建成, 王辉(2005). 不同成熟度花生种子发芽率及活力差异性研究. 种子, 1: 3~4
- Bailey PC, Lycett GW, Roberts JA (1996). A molecular study of dormancy breaking and germination in seeds of *Trollius ledebouri*. *Plant Mol Biol*, 32: 559~564
- Nicolás C, Rodríguez D, Poulsen F, Eriksen EN, Nicolás G (1997). The expression of an abscisic acid-responsive glycine-rich protein coincides with the level of seed dormancy in *Fagus sylvatica*. *Plant Cell Physiol*, 38 (12): 1303~1310