

烯效唑对水稻秧苗抵御不同类型低温胁迫能力的影响

姚雄,任万军,杨文钰*,黄端龙,尹丹

(四川农业大学农学院,四川 雅安 625014)

摘要:为明确烯效唑对水稻秧苗抵御不同类型低温胁迫能力的影响,本试验以D优527和Ⅱ优162为材料,采用不同浓度的烯效唑浸种,研究了不同类型低温胁迫对秧苗受害率及部分抗寒生理指标的影响。结果表明,低温胁迫使秧苗受害率和电解质外渗率、可溶性糖、游离脯氨酸和丙二醛含量增加,叶片叶绿素相对含量即SPAD(soil and plant analyzer development)值、根活力及呼吸速率下降。以秧苗萌发后第15天受连续4d的低温胁迫的影响较大,其次为第20天受连续6d和第7天受连续2d的低温胁迫。烯效唑能提高秧苗抗寒性,最佳浸种浓度为40mg/L。低温胁迫下与不浸种比较,烯效唑浸种降低了丙二醛、电解质外渗率的增加幅度和叶片SPAD值、根活力及呼吸速率的下降幅度;同时提高了可溶性糖及游离脯氨酸增加幅度,从而增强了秧苗抗寒性。不同品种的抗寒能力不同,Ⅱ优162的抗寒性明显优于D优527。

关键词:水稻;烯效唑;低温胁迫;生理指标;抗寒机理

中图分类号:S511.034;Q945.78 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2008)05-0068-08

* 水稻(*Oryza sativa*)苗期冷害是影响早春季节和高纬度地区水稻成苗和秧苗生长的重要限制因素之一^[1],生产上出现大面积的烂芽和死苗均与之密切相关^[2]。目前,提高水稻抗寒性主要依赖于抗寒药剂的施用^[3]和揭膜、管水等常规农艺措施,但均不能很好的抵御生产中遭遇的不同出现及持续时间低温逆境。如在长江中下游地区的早稻育秧期间,低温阴雨天气每次约3~5d,极端最低温度有时仅为2.9℃^[4];在四川达县地区2006年4月的低温寒潮袭击中,日均气温降幅达20℃左右,最低温度0℃左右,低温持续时间达80h以上^[5]。近年来,有关水稻寒害的研究取得了较大进展。在低温危害方面,研究指出,秧苗3叶期前后,气温愈低,持续的时间愈长,烂秧就愈严重^[6],按秧苗期低温持续天数可将危害分为轻度(3~5d)、中等(6~9d)和严重(10d以上)3种类型^[7]。在药剂防御方面,已往研究认为,施用多效唑、脱落酸、烯效唑等可提高秧苗过氧化物酶、过氧化氢酶活性以及脯氨酸、可溶性糖含量,降低丙二醛含量和电导率,从而提高水稻抗寒性^[8~13]。但这些研究也存在两大不足,一是研究的低温发生时期不完全具有生产代表性;二是对不同持续时间的低温研究较为缺乏。本研究以今年四川省郫县水稻育秧期间的低温平均值10℃为依据,在实验室内研究不同类型的10℃低温对秧苗生理指标的影响及烯效唑浸种的抵御作用,以期解决水稻育秧生产实际中的问题,并可为其他植物幼苗抵御低温胁迫的技术探讨提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与药剂

供试杂交稻组合为D优527(千粒重29.7g)、Ⅱ优162(千粒重28.0g);供试药剂为5%可湿性烯效唑粉剂(四川兰月科技公司提供)。

1.2 试验设计

试验于2006年9—10月在PHX智能型生化培养箱里进行,光照12h/d、光强4000lx,温度振幅控制在±0.5℃内。采用二因素完全随机区组设计,A为浸种浓度(mg/L),A₁:0(1L体积的清水),A₂:20(400mg供试药剂溶于1L清水),A₃:40(800mg供试药剂溶于1L清水),A₄:60(1200mg供试药剂溶于1L清水);B为温度处理,B₁:恒温25℃,B₂:25℃培养到第7天,降温至10℃,持续2d,B₃:25℃下培养到第15天,降温至10℃,持

* 收稿日期:2007-11-13;改回日期:2008-04-14

基金项目:国家粮食丰产科技工程(2006BAD02A05)资助。

作者简介:姚雄(1983-),男,四川资中人,在读博士。E-mail:yaoxiong0004@163.com

* 通讯作者。E-mail:wennyu.yang@263.net

续 4 d, B₄: 25℃ 下培养到第 20 天, 降温至 10℃, 持续 6 d。各低温处理后, 立即恢复 25℃ 恒温。试验设 4 次重复, 每重复 100 粒种子, 均在同一培养箱中生长。采用种子质量与药液体积比为 1:4 浸种 24 h 后, 将种子均匀播于湿沙床上, 贴好标签, 保持适宜的水管理。

1.3 测定项目及方法

低温处理结束后第 3 天于各小区中取长势均匀的秧苗 50 株, 以卷叶白尖为典型症状调查秧苗受害率(受害率% = 受害株数/调查总株数 × 100); 用 502 型叶绿素仪测定所有全展开叶片中部的叶绿素相对含量 (SPAD 值); 用 DDS-11A 型电导仪测外渗液电导率, 计算电解质外渗率; 分别用广口瓶法、TTC 法、蒽酮比色法、硫代巴比妥酸法测定样株呼吸速率、根活力、可溶性糖和丙二醛含量^[14]; 游离脯氨酸含量参照张宪政^[15]的方法测定。以上各指标均重复测定 3 次取平均值。数据处理软件为 Excel 2003 和 DPS 7.55 版(多重比较采用 Duncan's 新复极差法)。

2 结果与分析

2.1 烯效唑浸种对秧苗受害率的影响

秧苗受害率是秧苗各种生理过程的最终外在体现, 能直观的反映秧苗抗寒性强弱。恒温培养下, 秧苗正常生长, 但经低温胁迫后, 秧苗受害率大幅度增加。结果显示(表 1), D 优 527 经 B₂、B₃ 和 B₄ 低温处理, 秧苗受害率依次为 25.1%, 32.6% 和 29.2%, 且三者差异达到极显著水平, II 优 162 也表现出相同规律。烯效唑浸种能提高秧苗抵御低温胁迫的能力, 在 0~40 mg/L 内, 随浸种浓度的增加, 秧苗受害率逐渐下降。如 B₂ 低温胁迫下, 经 40 mg/L 烯效唑浸种处理后, D 优 527 和 II 优 162 秧苗受害率较未浸种处理分别降低 26.8% 和 28.5%。但当浸种浓度继续增加至 60 mg/L 时, 秧苗受害率则略有增加, 但仍低于未浸种处理。因此, 从秧苗受害率角度看, 烯效唑适宜的浸种浓度介于 0~40 mg/L。比较 2 个供试品种间的差异可知, 低温胁迫下, II 优 162 秧苗受害率较 D 优 527 更低, 这说明 II 优 162 抵御寒害的能力强于 D 优 527。

表 1 烯效唑对秧苗受害率的影响

Table 1 Effect of S₃₃₀₇ on injury rate of rice seedlings

%

处理 Treatment	D 优 527 Dyou527				II 优 162 II you162			
	B ₂	B ₃	B ₄	AV	B ₂	B ₃	B ₄	AV
A ₁	41.0	51.5	49.2	47.2 aA	40.2	50.7	46.6	45.8 aA
A ₂	20.8	28.0	23.2	24.0 cC	20.0	25.7	24.4	23.4 cC
A ₃	14.2	18.0	16.7	16.3 dD	11.7	15.5	13.2	13.5 dD
A ₄	24.4	32.7	27.5	28.2 bB	21.4	26.8	25.5	24.6 bB
AV	25.1 cC	32.6 aA	29.2 bB		23.3 cC	29.7 aA	27.4 bB	

AV: 平均 Average. 小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 大写字母代表 0.01 水平上差异显著。Small and capital letter are significant at 5% or 1% level respectively. 下同。The same below.

2.2 烯效唑对低温胁迫下秧苗叶片 SPAD 值的影响

结果显示(表 2), 烯效唑浸种能提高秧苗叶片 SPAD 值。如 3 种浓度浸种处理的 D 优 527, 在恒温下培养到第 12 天时, 叶片 SPAD 值分别比未浸种处理增加 2.4, 6.2 和 9.0。低温胁迫下, 秧苗叶片 SPAD 值减小, 但经烯效唑浸种, 其减小幅度明显低于未浸种处理。当浸种浓度为 40 mg/L 时, 下降幅度较小, 其次为 20 和 60 mg/L。2 个供试品种对低温胁迫的反应不同。对 D 优 527, 在 B₂、B₃ 和 B₄ 低温处理下, 叶片 SPAD 值均有所下降, 幅度依次为 10.44%, 5.13% 和 15.34%。可见, B₄ 处理对其叶片生长影响较大, B₃ 处理的影响较小; 对 II 优 162, 在 B₂、B₃ 和 B₄ 低温处理下, 叶片 SPAD 值变化幅度依次为 +0.41%, -10.21% 和 -7.80%。可见, B₃ 处理对其叶片生长影响较大, B₂ 处理的影响较小, 且经烯效唑浸种后叶片 SPAD 值在低温胁迫下仍有上升。

2.3 低温胁迫下烯效唑对秧苗根活力的影响

低温胁迫对秧苗根活力的影响较为明显(表 3)。对 D 优 527, 以 B₃ 处理影响较大, 秧苗根活力较恒温处理降

低了 37.46%；其次为 B₂ 和 B₄ 处理，下降幅度分别为 30.45% 和 13.40%。对 II 优 162，以 B₃ 处理影响较大，秧苗根活力较恒温处理降低了 29.20%，其次为 B₄ 和 B₂ 处理，下降幅度分别为 24.50% 和 18.21%。方差分析表明，各低温胁迫下与恒温培养下的秧苗根活力差异均达到极显著水平。在恒温培养和低温胁迫下，0~40 mg/L 的烯效唑浸种能提高秧苗根活力。如培养到第 12 天，II 优 162 经 20 和 40 mg/L 烯效唑浸种后，恒温下根活力比未浸种处理分别增加 11.70% 和 12.12%；低温胁迫下则分别增加 15.65% 和 11.54%。这说明，烯效唑浸种不仅可以提高秧苗的根活力，还能使秧苗在低温逆境下维持较高的根活力。3 个浓度处理的效果也有差异，以 40 mg/L 处理效果较好。

2.4 烯效唑对低温胁迫下秧苗呼吸速率的影响

结果显示(表 4)，随着秧苗的生长，呼吸速率逐渐增加，低温胁迫对秧苗的呼吸代谢有明显的抑制作用。2 个供试品种均以 B₃ 处理影响最大，B₄ 和 B₂ 处理次之，D 优 527 的降低幅度比 II 优 162 更大。烯效唑浸种不仅可以提高秧苗呼吸速率，还可以降低由低温逆境引起的呼吸速率下降幅度。如恒温培养下，D 优 527 采用 40 mg/L 烯效唑浸种，在萌发出苗后第 12、22 和 29 天秧苗呼吸速率分别较未浸种增加了 60.45%、49.38% 和 64.10%。II 优 162 在 B₃ 低温处理下，与恒温培养相比，未浸种处理秧苗呼吸速率下降 10.00%，而经 20、40 和 60 mg/L 烯效唑浸种处理，变化幅度依次为：-3.49%、1.79% 和 -3.13%。这同时表明，适宜的浸种浓度为 40 mg/L，因为当浸种浓度为 60 mg/L 时，尽管秧苗呼吸速率下降幅度仍低于未浸种处理，但较 40 mg/L 处理已有所增加。

表 2 烯效唑对低温胁迫下秧苗叶片 SPAD 值的影响

Table 2 Effect of S₃₃₀₇ on SPAD of rice seedling leaf under chilling stress

品种 Species	处理 Treatment	B ₁	B ₂	± (%)	B ₁	B ₃	± (%)	B ₁	B ₄	± (%)
D 优 527 Dyou527	A ₁	32.2	27.0	-16.15	35.2	32.0	-9.09	36.5	31.6	-13.42
	A ₂	34.6	32.0	-7.49	36.8	35.4	-3.80	37.5	34.5	-8.00
	A ₃	38.4	35.8	-6.77	38.2	37.6	-1.57	38.8	36.2	-6.70
	A ₄	41.2	36.9	-10.44	39.0	37.0	-5.13	37.8	32.0	-15.34
	AV	36.6 aA	32.9 bB	-10.21	37.3 aA	35.5 bB	-4.83	37.65 aA	33.58 bB	-10.82
II 优 162 II you162	A ₁	25.9	24.5	-5.41	26.7	22.8	-14.61	31.6	27.6	-12.66
	A ₂	29.7	32.1	+8.08	31.6	28.9	-8.54	33.2	30.9	-6.93
	A ₃	31.4	32.0	+1.91	33.8	32.8	-2.96	35.3	33.8	-4.25
	A ₄	34.2	33.1	-3.22	37.2	31.6	-15.05	38.4	35.4	-7.81
	AV	30.3 aA	30.4 aA	+0.41	32.3 aA	29.0 bB	-10.21	34.6 aA	31.9 bB	-7.80

±% 表示秧苗各指标在低温处理后较对照增加或减少的百分比。B₂ 指 7 d 对照，B₃ 指 15 d 对照，B₄ 指 20 d 对照。下同。

±% means the increasing or decreasing percentage of rice seedlings indexes under chilling stress while compared with CK. B₂ means CK of 7 d, B₃ means CK of 15 d, B₄ means CK of 20 d. The same below.

表 3 烯效唑对低温胁迫下秧苗根活力的影响

Table 3 Effect of S₃₃₀₇ on root vigor of rice seedling under chilling stress

品种 Species	处理 Treatment	B ₁	B ₂	± (%)	B ₁	B ₃	± (%)	B ₁	B ₄	± (%)
D 优 527 Dyou527	A ₁	35.01	24.07	-31.25	32.54	22.63	-30.46	33.30	29.67	-10.90
	A ₂	38.96	27.70	-28.90	33.61	26.15	-22.20	35.06	31.68	-9.64
	A ₃	40.48	29.22	-27.82	33.65	27.25	-19.02	35.42	33.82	-4.52
	A ₄	41.59	27.54	-33.78	48.70	16.85	-65.40	39.46	28.88	-26.81
	AV	39.01 aA	27.13 bB	-30.45	37.13 aA	23.22 bB	-37.46	35.81aA	31.01 bB	-13.40
II 优 162 II you162	A ₁	35.48	28.76	-18.94	37.00	25.88	-30.05	41.27	23.85	-42.21
	A ₂	39.63	33.36	-15.82	39.90	31.83	-20.23	43.23	33.25	-23.09
	A ₃	39.78	32.08	-19.36	43.51	35.33	-18.80	44.28	38.00	-14.18
	A ₄	34.27	27.78	-18.94	44.19	23.54	-46.73	28.44	23.61	-16.98
	AV	37.29 aA	30.50 bB	-18.21	41.17 aA	29.15 bB	-29.20	39.31 aA	29.68 bB	-24.50

2.5 低温胁迫下烯效唑对秧苗可溶性糖含量的影响

低温胁迫促使秧苗体内可溶性糖含量大量积累(表 5),以 B₃ 低温处理影响较大,其次为 B₄ 和 B₂ 处理。如在低温胁迫下,种子萌发出苗后第 12,22 和 29 天,D 优 527 秧苗可溶性糖含量分别较恒温培养增加了 9.09%, 12.64% 和 11.07%; II 优 162 则分别增加 4.02%, 8.19% 和 4.43%。方差分析表明,各低温处理后秧苗体内可溶性糖含量均极显著高于恒温培养。烯效唑浸种处理,不仅可提高秧苗体内可溶性糖含量,还可提高低温逆境下秧苗可溶性糖含量较恒温处理的增加幅度。以 D 优 527 为例,经 0,20,40 和 60 mg/L 浸种,B₄ 处理较恒温处理秧苗可溶性糖含量的增加幅度依次为 7.75%, 15.25%, 19.38% 和 2.20%。这说明,在 0~40 mg/L 内,秧苗可溶性糖含量随浸种浓度增加而增加,当浸种浓度为 60 mg/L 时,则逐渐下降。

表 4 烯效唑对低温胁迫下秧苗呼吸速率的影响

Table 4 Effect of S₋₃₃₀₇ on respiratory rate of rice seedling under chilling stress

mg CO₂/(g · h)

品种 Species	处理 Treatment	B ₁	B ₂	± (%)	B ₁	B ₃	± (%)	B ₁	B ₄	± (%)
D 优 527 Dyou527	A ₁	1.34	1.23	-8.21	1.62	1.45	-10.49	1.71	1.56	-8.77
	A ₂	1.72	1.62	-5.81	1.87	1.74	-6.95	1.92	1.80	-6.25
	A ₃	2.15	2.20	+2.32	2.42	2.38	-1.65	2.60	2.56	-1.54
	A ₄	1.68	1.53	-8.92	1.71	1.55	-9.36	1.91	1.74	-8.90
	AV	1.72 aA	1.65 bA	-4.50	1.91 aA	1.78 bB	-6.81	2.04 aA	1.92 bB	-5.90
II 优 162 II you162	A ₁	1.31	1.25	-4.58	1.50	1.35	-10.00	1.68	1.53	-8.93
	A ₂	1.67	1.62	-2.99	1.72	1.66	-3.49	1.84	1.78	-3.26
	A ₃	1.52	1.53	+0.66	1.68	1.71	+1.79	2.01	2.07	+2.99
	A ₄	1.45	1.41	-2.76	1.60	1.55	-3.13	1.86	1.81	-2.69
	AV	1.49 aA	1.45 bA	-2.35	1.63 aA	1.57 bA	-3.68	1.85 aA	1.80 bA	-2.70

表 5 低温胁迫下烯效唑对秧苗可溶性糖含量的影响

Table 5 Effect of S₋₃₃₀₇ on soluble sugar content of rice seedling under chilling stress

% DW

品种 Species	处理 Treatment	B ₁	B ₂	± (%)	B ₁	B ₃	± (%)	B ₁	B ₄	± (%)
D 优 527 Dyou527	A ₁	1.60	1.67	+4.37	2.63	2.81	+5.41	2.58	2.78	+7.75
	A ₂	2.10	2.35	+11.90	3.60	3.92	+19.82	2.82	3.25	+15.25
	A ₃	2.43	2.79	+14.81	3.82	4.32	+20.58	3.25	3.88	+19.38
	A ₄	2.45	2.55	+4.08	3.63	3.75	+3.37	3.64	3.72	+2.20
	AV	2.15 bB	2.34 aA	+9.09	3.42 bB	3.70 aA	+12.64	3.07 bB	3.41 aA	+11.07
II 优 162 II you162	A ₁	2.21	2.30	+4.07	1.85	1.95	+6.84	2.97	3.10	+4.38
	A ₂	3.40	3.56	+4.71	2.27	2.72	+8.89	4.02	4.22	+4.98
	A ₃	3.52	3.71	+5.40	3.11	3.75	+13.09	4.24	4.48	+5.66
	A ₄	3.07	3.12	+1.63	3.56	3.68	+3.31	3.68	3.77	+2.45
	AV	3.05 bB	3.17 aA	+4.02	2.70 bB	3.03 aA	+8.19	3.73 bB	3.89 aA	+4.43

2.6 低温胁迫下烯效唑对秧苗游离脯氨酸含量的影响

低温胁迫使秧苗体内游离脯氨酸含量增加(表 6)。以 B₃ 低温处理影响较大,秧苗游离脯氨酸含量较恒温处理增加 33.61%~35.35%,其次为 B₄ 和 B₂ 处理,增加幅度分别为 27.83%~28.42% 和 20.34%~21.45%。方差分析表明,各低温处理后秧苗体内游离脯氨酸含量均极显著高于恒温培养。烯效唑浸种处理不仅可提高秧苗体内游离脯氨酸含量,还可提高低温逆境下秧苗游离脯氨酸含量较恒温处理的增加幅度。以 II 优 162 为例,经 0,20,40 和 60 mg/L 浸种,B₃ 处理较 B₁ 处理(恒温处理)秧苗游离脯氨酸含量的增加幅度依次为 24.12%,

38.25%, 41.07% 和 37.95%。这说明, 在 0~40 mg/L 内, 秧苗游离脯氨酸含量随浸种浓度增加而增加, 当浸种浓度为 60 mg/L 时则逐渐下降。此外, 不同品种在低温胁迫下秧苗游离脯氨酸含量的增加幅度不同。D 优 527 略低于 II 优 162, 这反映了二者对低温胁迫抵御能力的差异。

2.7 低温胁迫下烯效唑对秧苗电解质外渗率影响

结果显示(表 7), 低温胁迫使秧苗电解质外渗率增加, 但不同类型的低温胁迫使其增加的幅度不同。以 B₃ 低温处理影响较大, 秧苗电解质外渗率较恒温处理增加 22.25%~23.95%, 其次为 B₁ 和 B₂ 处理, 增加幅度分别为 19.41%~21.81% 和 12.75%~13.63%。方差分析表明, 各低温处理后秧苗电解质外渗率均极显著高于恒温培养。烯效唑浸种处理不仅可降低秧苗电解质外渗率, 还可降低低温逆境下秧苗电解质外渗率较恒温处理的增加幅度。以 D 优 527 为例, 经 0, 20, 40 和 60 mg/L 浸种, B₂ 处理较 B₁ 处理(恒温处理)秧苗电解质外渗率的增加幅度依次为 17.15%, 14.57%, 11.12% 和 11.67%。这说明, 在 0~40 mg/L 内, 秧苗电解质外渗率随浸种浓度增加而降低, 当浸种浓度为 60 mg/L 时则逐渐增加。此外, 不同品种在低温胁迫下秧苗电解质外渗率的增加幅度不同, D 优 527 略高于 II 优 162。

2.8 低温胁迫下烯效唑对秧苗丙二醛含量的影响

低温胁迫使秧苗丙二醛含量增加, 以 B₃ 低温处理影响较大, 秧苗丙二醛含量较恒温处理增加 44.50%~48.48%, 其次为 B₁ 和 B₂ 处理, 增加幅度分别为 38.41%~42.65% 和 30.27%~37.36%。方差分析表明, 各低

表 6 低温胁迫下烯效唑对秧苗游离脯氨酸含量的影响

Table 6 Effect of S₃₃₀₇ on free proline content of rice seedling under chilling stress

μg/g DW

品种 Species	处理 Treatment	B ₁	B ₂	±%	B ₁	B ₃	±%	B ₁	B ₁	±%
D 优 527 Dyou527	A ₁	12.20	14.16	+16.07	14.27	17.42	+22.04	18.54	21.88	+18.02
	A ₂	14.80	17.55	+18.55	17.20	22.14	+34.56	21.20	25.86	+22.00
	A ₃	19.56	24.38	+24.64	25.58	36.03	+40.84	30.44	42.29	+38.92
	A ₄	17.54	21.41	+22.08	20.34	27.86	+36.99	25.34	34.14	+34.74
	AV	16.03 bB	19.38 aA	+20.34	19.35 bB	25.86 aA	+33.61	23.88 bB	31.04 aA	+28.42
II 优 162 II you162	A ₁	14.05	16.47	+17.22	17.54	21.77	+24.12	20.12	23.99	+19.22
	A ₂	17.25	20.62	+19.52	19.62	27.12	+38.25	24.51	30.00	+22.41
	A ₃	22.04	27.82	+26.22	25.92	35.57	+41.07	39.51	55.13	+39.54
	A ₄	19.50	23.96	+22.85	22.15	30.56	+37.95	32.10	41.77	+30.14
	AV	18.21 bB	22.22 aA	+21.45	21.31 bB	28.76 aA	+35.35	29.06 bB	32.72 aA	+27.83

表 7 低温胁迫下烯效唑对秧苗电解质外渗率的影响

Table 7 Effect of S₃₃₀₇ on electrolyte leakage of rice seedling under chilling stress

%

品种 Species	处理 Treatment	B ₁	B ₂	±	B ₁	B ₃	±	B ₁	B ₁	±
D 优 527 Dyou527	A ₁	40.20	47.09	+17.15	55.25	71.96	+30.25	57.20	73.01	+27.64
	A ₂	31.21	35.76	+14.57	49.81	62.33	+25.14	51.21	62.91	+22.84
	A ₃	20.22	22.47	+11.12	40.22	47.52	+18.14	44.27	51.68	+16.73
	A ₄	24.55	27.41	+11.67	44.52	54.23	+22.25	47.55	57.06	+20.01
	AV	29.05 bB	33.18 aA	+13.63	47.45 bB	59.01 aA	+23.95	50.06 bB	61.17 aA	+21.81
II 优 162 II you162	A ₁	37.51	43.45	+15.84	49.58	63.93	+28.95	53.28	66.82	+25.41
	A ₂	27.45	31.30	+14.01	35.64	43.56	+22.21	47.00	56.46	+20.12
	A ₃	17.54	19.27	+9.88	28.95	33.75	+16.58	32.51	37.25	+14.57
	A ₄	20.21	22.48	+11.25	31.01	37.60	+21.24	37.85	44.48	+17.52
	AV	25.68 bB	29.13 aA	+12.75	36.30 bB	44.71 aA	+22.25	42.66 bB	51.25 aA	+19.41

温处理后秧苗丙二醛含量均极显著高于恒温培养。烯效唑浸种处理, 不仅可降低秧苗丙二醛含量, 还可降低低温逆境下秧苗丙二醛含量较恒温处理的增加幅度。以 II 优 162 为例, 经 0, 20, 40 和 60 mg/L 浸种, B₃ 处理较 B₁ 处理(恒温处理)秧苗丙二醛含量的增加幅度依次为 54.00%, 47.25%, 36.54% 和 40.21%。这说明, 在 0~40 mg/L 内, 秧苗丙二醛含量随浸种浓度增加而降低, 当浸种浓度为 60 mg/L 时则逐渐增加。此外, 不同品种在低温胁迫下秧苗丙二醛含量的增加幅度不同。D 优 527 略高于 II 优 162, 这反映了二者对低温胁迫抵御能力的差异。

表 8 低温胁迫下烯效唑对秧苗丙二醛含量的影响

Table 8 Effect of S₋₃₃₀₇ on malondialdehyde content of rice seedling under chilling stress

μmol/g FW

品种 Species	处理 Treatment	B ₁	B ₂	± (%)	B ₁	B ₃	± (%)	B ₁	B ₁	± (%)
D 优 527 Dyou527	A ₁	18.80	27.72	+47.47	20.02	32.31	+61.40	27.58	42.36	+53.60
	A ₂	15.00	20.95	+39.64	17.56	26.43	+50.52	24.20	35.39	+46.23
	A ₃	12.54	16.03	+27.81	15.00	20.88	+39.20	20.55	26.82	+30.51
	A ₄	14.24	19.15	+34.50	16.95	24.20	+42.78	22.61	31.71	+40.24
	AV	15.15 bB	20.96 aA	+37.36	17.38 bB	25.96 aA	+48.48	23.74 bB	34.07 aA	+42.65
II 优 162 II you162	A ₁	15.68	21.57	+37.54	18.95	29.18	+54.00	25.84	38.12	+47.52
	A ₂	13.20	17.42	+32.00	16.58	24.41	+47.25	23.40	32.88	+40.50
	A ₃	11.54	14.31	+24.01	14.22	19.42	+36.54	18.95	25.02	+32.05
	A ₄	12.00	15.30	+27.53	15.27	21.41	+40.21	24.05	32.13	+33.57
	AV	13.11 bB	17.15 aA	+30.27	16.26 bB	23.61 aA	+44.50	23.06 bB	32.04 aA	+38.41

3 讨论

3.1 不同类型的低温对秧苗的影响及防御措施

因低温逆境出现时间、低温程度和持续时间等不同, 水稻育秧期间遭遇的低温胁迫呈现不同类型。在何时低温最影响秧苗生长的问题上主要有 2 种观点。有人认为秧苗长至 2 叶期时, 因其胚乳已消耗 90% 以上, 抗冷性最弱^[16]。有人则认为秧苗 3 叶期前后, 气温愈低, 持续的时间愈长, 烂秧就愈严重^[7]。本研究认为, 秧苗萌发后第 15 天受连续 4 d 的低温胁迫的影响最大, 其次为第 20 天受连续 6 d 和第 7 天受连续 2 d 的低温胁迫。因此, 佐证了关于 2 叶期秧苗最易受到低温危害的观点。若按照陈振鑫和陈活起^[7]关于低温持续时间分类标准, 本研究设置的 3 个低温处理中, 持续 6 d 和持续 4 d 分别应属于中度和轻度危害, 但试验结果恰好相反。这表明, 在进行秧苗低温危害分级时, 应将低温出现时期、持续时间乃至低温程度等综合考虑, 才更为全面和可靠。目前, 有关持续低温对秧苗的影响和防御的研究较少, 谭彦邦和陈素纯^[17]认为, 早稻采用一定浓度的青霉素浸种后, 可提高秧苗在 2 叶期抵御 4 d 的持续低温能力, 浸种浓度因品种而异。本研究认为 0~40 mg/L 的烯效唑浸种能提高秧苗抵御不同类型低温胁迫的能力, 以 40 mg/L 处理效果最佳。

3.2 烯效唑提高秧苗抵御不同低温胁迫能力的机理

前人有关植物生长延缓剂提高秧苗抗逆性的作用机理等研究较多^[11,12,18], 刘建新等^[19]研究了乙醇提取物的 3 个组分生物碱提取液浸种对玉米 (*Zea mays*) 种子萌发及幼苗生长的影响, 郭晓霞等^[20]研究了毛苕子 (*Vicia villosa*) 对 3 种杂草种子萌发和幼苗生长的化感抑制, 隋益虎等^[21]探讨了温度等环境因子对春季大棚早熟苋菜 (*Amaranthus tricolor*) 营养生长的影响。由此看来, 当前关于栽培措施对作物幼苗的生长研究愈加丰富。但在水稻作物的抗寒研究上存在不同观点。如许多研究认为脯氨酸含量可作为抗寒性选育的指标^[22], 但 Levitt^[23]认为其含量与抗低温没有正相关关系。同时, 以往研究的低温缺乏生产代表性, 特别是低温出现的时间和持续时间。糖在低温下积累能提高细胞液浓度, 使冰点降低, 并可缓冲细胞质过度脱水, 保护细胞质胶体不致遇冷凝固^[24]。游离脯氨酸的积累是水稻植株对逆境的普遍反应, 积累的脯氨酸具有作为细胞质渗透调节物质并稳定生

物大分子结构等功能。本研究表明,烯效唑浸种使秧苗可溶性糖和游离脯氨酸含量大幅度的增加,从而增强了其抵御低温胁迫的能力。电解质渗透率与细胞膜结构密切相关,当植株受到低温胁迫时,细胞膜透性增加^[25],电解质大量泄露,从而破坏了细胞内外的离子平衡^[26]。本研究表明,烯效唑能提高秧苗抵御不同低温胁迫的能力。作用机理为:烯效唑浸种后降低了丙二醛、电解质外渗率较对照的增加幅度和叶片 SPAD 值、根活力及呼吸速率较对照的下降幅度;同时提高了可溶性糖及游离脯氨酸较对照的增加幅度,从而增强了秧苗抗寒性。

3.3 不同水稻品种的抗寒能力差异

由于植物抗寒性受多种微效的特异抗寒基因调控,故不同品种的抗寒性存在一定差异^[27]。本研究表明,品种间的抗寒性的确存在差异,表现为相同低温逆境下各项生理指标较恒温处理下降幅度不同。在供试的 2 个品种中,Ⅱ优 162 的抗寒性明显优于 D 优 527。因此,要加强耐冷性水稻资源的筛选和育种研究。

参考文献:

- [1] 胡莹, 王奕众. 水稻 RIL 群体苗期耐冷性 QTL 分析[J]. 武汉植物学研究, 2005, 23(3): 211-215.
- [2] 唐洪. 高度重视水稻早育秧烂秧[J]. 四川农业科技, 2007, (4): 22-22.
- [3] 黄凤莲, 戴良英, 罗宽. 药剂诱导水稻抗寒机制研究[J]. 作物学报, 2000, 26(1): 92-97.
- [4] 湖南省气象局资料室. 湖南农业气候[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1981. 30-31.
- [5] 四川省农业厅春耕生产督查组第三组. 达县切实采取措施弥补低温寒潮灾害损失[J]. 四川农业科技, 2006, (5): 44.
- [6] 邓立平. 水稻绵腐病的防治[J]. 湖南农业, 2007, (3): 14.
- [7] 陈振鑫, 陈活起. 水稻气象低温危害与减灾对策[J]. 农业与技术, 2006, 26(2): 99, 104.
- [8] 杨文钰, 徐精文, 张鸿. 烯效唑(S₃₃₀₇)对秧苗抗寒性的影响及其作用机理研究[J]. 杂交水稻, 2003, 18(2): 53-57.
- [9] 翁伯琦, 江福英, 方金梅, 等. 低温胁迫对豆科牧草圆叶决明苗期植株 CN 代谢的影响[J]. 草业学报, 2006, 15(6): 64-69.
- [10] 吴楚, 王政权. 脱落酸及其类似物与植物抗寒性之间的关系[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(6): 562-567.
- [11] 由继红, 陆静梅, 杨文杰. 钙对苜蓿幼苗抗寒性及相关生理指标的研究[J]. 草业学报, 2003, 12(1): 30-33.
- [12] Lee J Y, Lee J H, Rya I S. Effect of abscisic acid application and its mechanism on the chilling injury of rice plants[A]. Research Reports of the Rural Development Administration, Plant Environment[C]. Mycoloph & Farm Products Utilization, 1987, 9(2): 60-65.
- [13] Lee B K, Chai W Y. Effect of mixture of hymexazole and metolaxyl on growth and low temperature injury in rice seedling[J]. Korean Journal of Crop Science, 1990, 35: 201.
- [14] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003. 30-31, 68-69, 81-83.
- [15] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992. 139-143, 205-212.
- [16] 胡孟明. 作物栽培第二分册(水稻)[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1983. 50-55.
- [17] 谭彦邦, 陈素纯. 模拟低温气候下青霉素对早稻幼苗抗冷性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 1997, 23(5): 427-431.
- [18] 詹嘉红, 蓝宗辉. 外源 ABA 对低温胁迫水稻过氧化物酶同工酶的影响[J]. 生物技术, 2003, 13(1): 70-80.
- [19] 刘建新, 胡浩斌, 赵国林. 多裂骆驼蓬中生物碱类物质对玉米幼苗生长及某些生理特性的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(1): 75-80.
- [20] 郭晓霞, 郭彩霞, 沈益新. 毛茛子对 3 种杂草种子萌发和幼苗生长的化感抑制[J]. 草业学报, 2007, 16(2): 90-93.
- [21] 隋益虎, 朱世东, 张子学, 等. 环境因子对春季大棚早熟莴菜营养生长的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(2): 46-52.
- [22] 王荣富. 植物抗寒指标的种类及其应用[J]. 植物生理学通讯, 1987, 23(3): 49-55.
- [23] Levitt J. Responses of Plants to Environmental Stress, Freezing and High Temperature Stresses. 2nd Edition, Volume 1: Chilling[M]. New York: Academic Press, 1980. 33-53.
- [24] 潘瑞炽, 董恩得. 植物生理学(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 218-328.
- [25] 王晨光, 王希, 苍晶, 等. 低温胁迫对水稻幼苗抗冷性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(2): 205-207.
- [26] 肖国超, 徐庆国. 水稻耐冷性的研究与进展[J]. 作物研究, 2005, 19(增刊): 266-272.
- [27] 张海清, 邹应斌, 肖国超, 等. 抗寒种衣剂对早籼稻秧苗抗寒性的影响及其作用机理的研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(11): 2220-2227.

Effects of S₃₃₀₇ on the ability of rice seedlings to resist chilling stress

YAO Xiong, REN Wan-jun, YANG Wen-yu, HUANG Duan-long, YIN Dan
(Agricultural College of Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, China)

Abstract: For a better understanding of the effects of S₃₃₀₇ on the ability of rice seedlings to resist chilling stress, the extent of cold injury to rice seedlings and some cold tolerant physiology items were studied on two varieties (Dyou527 and Ⅱ you162) after soaking in different concentrations of S₃₃₀₇. Cold injury to rice seedlings, electrolyte leakage, soluble sugar content, free proline content and MDA increased after S₃₃₀₇ treatment, but SPAD, root vigor and respiratory rate decreased. The bigger effect of chilling stress was after seed had bourgeoned for 15 days, it lasted 4 days, then rebourgeoned at 20 days, lasted 6 days and after seeding bourgeoned 7 days, lasted 2 days. Soaking with S₃₃₀₇ increased the cold tolerance of rice seedlings and 40 mg/L was the best concentration. The mechanism of cold tolerance was that compared with the CK, MDA increased while electrolyte leakage, relative chlorophyll content (SPAD value), root vigor and respiratory rate decreased. Soluble sugar content and free proline content both increased under chilling stress and enhanced the cold tolerance of rice seedlings. Ⅱ you162 had more cold tolerance than Dyou527.

Key words: rice; S₃₃₀₇; chilling stress; physiology items; mechanism of cold tolerance

《草业学报》扩刊启事

《草业学报》是中国草学会,兰州大学草地农业科技学院主办的专业学术类期刊。主要刊载国内外草业科学及相关领域(如生态学、畜牧学、农学、林学等)创新性研究论文、综述、专论和学科前沿动态等。

《草业学报》为英国 CABI 文献数据库来源期刊,国家科技部“中国科技论文统计源期刊”,中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊。2007 年科技部中国科技信息所《中国科技期刊引证报告》统计影响因子为 1.486,名列全国 1723 种科技期刊第 32 位。在全国同行业畜牧兽医类期刊中始终排名第 1 位。

承蒙广大作者的厚爱,本刊投稿量日渐增大,有许多颇具参考价值的文章被拒,我们也深感惋惜。为回馈广大作者多年来对《草业学报》的厚爱 and 信任,也为使尚有价值发表的文章能被录用,《草业学报》决定从 2009 年起扩增每期页数,由原 150 页扩至 250 页。欢迎投稿,本刊对录用的稿件争取在 1 年内刊出。在此感谢广大作者和读者多年来对《草业学报》的支持和信任。

本刊标准刊号:ISSN 1004-5759 CN 62-1105/S

邮发代号:54-84

编辑部地址:兰州市嘉峪关西路 768 号《草业学报》编辑部

邮编:730020

电话:(0931)8913494 E-mail:cyxb@lzu.edu.cn