

植物生长调节剂 Z-S 对高产旱稻花后衰老的影响

王玉英^{1,2}, 石 岩¹

(1. 莱阳农学院旱作技术山东省重点实验室, 山东 青岛 266109;

2. 中科院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 河北 石家庄 050021)

摘 要: 利用植物生长调节剂 Z-S 对高产旱稻北农大 65 在三叶一心、拔节期和孕穗期进行叶面喷施, 研究其对高产旱稻花后衰老的影响。结果表明: 浓度为 100 mg/kg Z-S 叶面喷施后根系活力、根系 SOD、CAT 活性及可溶性蛋白质含量均明显高于其它处理; 100 mg/kg Z-S 喷施后旗叶可溶性蛋白质含量明显增加, 而旗叶 SOD、CAT 活性较其它处理没有明显上升, 高浓度处理(≥ 300 mg/kg)促进植株体内 MDA 累积, 造成早衰。从产量方面看, 100 mg/kg 的 Z-S 喷施能有效提高旱稻的产量和经济系数。

关键词: 植物生长调节剂 Z-S; 高产旱稻; 花后衰老

中图分类号: S511.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)01-0120-05

中国是农业大国, 农业用水占总用水量的 80%, 农业最易受干旱缺水的困扰^[1]。为了节约用水, 发挥水资源的最大效益, 国内外都在开展旱稻的研究与开发^[2]。旱稻也称陆稻, 是栽培稻的一种特殊生态型, 通常为旱地直播, 靠自然降雨或辅以适量灌溉的稻作。近 10 年我国水稻单产的增长已进入徘徊阶段, 旱稻作为栽培稻的一种生态类型, 具有耐旱性强、需水量少的特点, 是推行节水农业、旱作农业的最佳旱粮作物之一^[3]。因此寻求旱稻的增产途径成为人们普遍关注的问题^[4~6], 目前高产旱稻生育后期衰老与调控方面的研究鲜有报道。本研究针对高产旱稻生育期易倒伏, 生育后期易衰老等缺点, 开展了旱稻生育后期衰老与调控方面的研究。

1 材料与方法

本试验于 2001~2002 年 5~9 月在莱阳农学院农学系试验站大田进行, 旱稻品种为北农大 65, 植物生长调节剂 Z-S (课题组自配) 分 4 个浓度梯度: 对照(CK)、低浓度、中浓度和高浓度(见表 1), 分别在三叶一心期、拔节期和孕穗期叶面喷施。每个处理重复 3 次, 试验小区面积 5 m $\times$ 6 m, 随机排列。

从旱稻开花前 5 天开始, 每隔 5 天测定一次根系和叶片的丙二醛(malondialdehyde, MDA)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)及可溶性蛋白质(soluble protein, SP)含量, 同时测定旱稻的根系活力。测定方法如

下: 将 1.5 g 样品剪碎加入 15 ml 50 mmol/L, pH 值为 7.0 的磷酸缓冲液, 冰浴研磨, 10 000 g 冷冻离心 10 min, 上清液部分为酶粗提取液, 用于 MDA、SOD、CAT 及 SP 含量测定, 每个样品至少重复 3 次。根系活力测定采用 TTC 法^[7]。丙二醛(MDA)含量参考林植芳^[8]的方法。超氧化物歧化酶(SOD)活性参照 Giannoplitis^[9, 10]及王爱国^[11]的方法。过氧化氢酶(CAT)活性采用碘量滴定法^[7]。可溶性蛋白质(SP)含量用考马斯亮蓝法^[12]。收获后考种, 各小区实收测产。

供试土壤为中性壤土, 其基本理化性质为: 有机质 15.9 g/kg, 全氮 1.04 g/kg, 水解氮 148.8 mg/kg, 速效磷 84.05 mg/kg, 速效钾 108.2 mg/kg, 土壤容重 1.30 g/cm³。

表 1 Z-S 叶面喷施浓度

Table 1 Treatments and Z-S concentration

处理 Treatments	浓度 Concentration(mg/kg)
对照 CK	0
低浓度 Low concentration	100
中浓度 Middle concentration	200
高浓度 High concentration	300

2 结果与分析

2.1 Z-S 对根系衰老的影响

2.1.1 对根系活力的影响 旱稻生育后期根系活力的变化趋势见图 1。结果表明花后各处理根系活

收稿日期: 2006-04-03

基金项目: 山东省教育厅计划项目

作者简介: 王玉英(1977—), 女, 河北唐山人, 博士, 主要从事作物逆境生理生态研究。

通讯作者: 石岩 E-mail: yanshi@lyac.edu.cn

力均呈下降趋势。对照和中浓度的根系活力在花期达到最高,此后开始缓慢下降,低浓度与高浓度的根系活力从花前 5 天到花后 10 天呈上升趋势,均在花后 10 天达到顶峰,之后缓慢降低。整个观测期内,4 个处理以低浓度的根系活力最高,明显高于其它处理,对照的根系活力明显低于其它处理。说明 Z-S 叶面喷施后能不同程度提高植株的根系活力,其中低浓度的根系活力增幅最大,在灌浆期内根系活力较高,有利于植株的营养物质运输与吸收,从而提高产量。

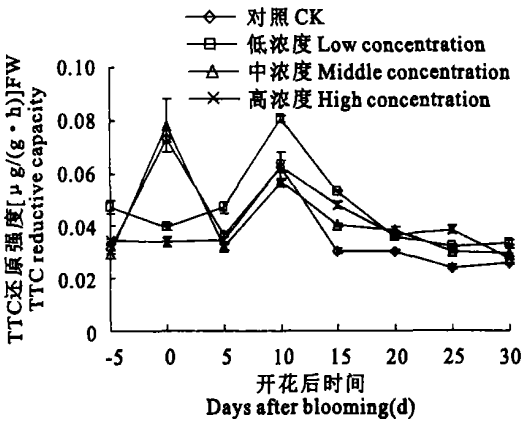


图 1 不同浓度 Z-S 处理下根系活力变化趋势
Fig.1 Variations of root activity of different Z-S concentration treatments

2.1.2 对根系 MDA 含量的影响 不同浓度 Z-S 处理下根系 MDA 含量变化趋势见图 2。结果表明:在整个观测期内,各处理根系 MDA 含量均呈现先增加后降低的趋势。其中高浓度的 MDA 含量在花后 15 天达到最高,数值为 16.13 $\mu\text{mol/g}$ FW,之后开始下降;对照、低浓度和中浓度的 MDA 含量在花后 20 天达到最高,数值分别为 12.26, 15.38, 14.52 $\mu\text{mol/g}$ FW,之后缓慢下降。MDA 是膜脂过氧化的最终产物,是膜系统受伤害的重要标志之一,其含量可以表示膜脂过氧化作用的程度^[13]。高浓度处理根系 MDA 含量的峰值出现时间早于其它处理,且数值最大,说明 Z-S 喷施浓度过高会引起植株根系早衰,不利于旱稻的生长发育。

2.1.3 对根系 SOD 活性的影响 不同浓度 Z-S 处理下根系 SOD 活性变化趋势见图 3。结果表明:在整个观测期内各处理 SOD 活性呈先增后降的趋势。对照、中浓度、高浓度均在花后 5 天达到最高值,之后呈下降趋势;低浓度根系 SOD 活性在花后 15 天达到最高值,之后缓慢下降。超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内清除和减少破坏性氧自由基的保护酶,其活性大小常被用作植株抗氧化能力强弱的

指标^[14~16]。从花后 10 天开始,低浓度的根系 SOD 活性明显高与其它处理,说明 100 mg/kg 的 Z-S 喷施能有效提高旱稻根系超氧化物歧化酶活性,延缓根系衰老。

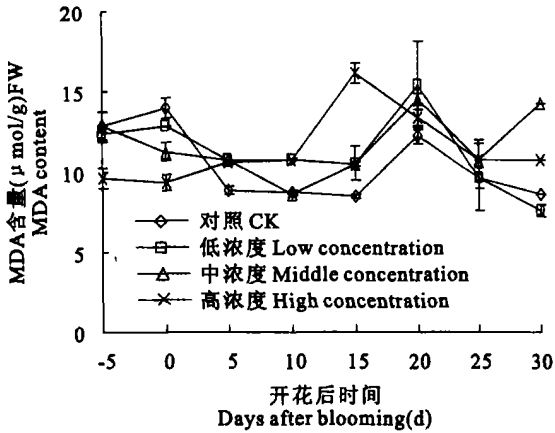


图 2 不同浓度 Z-S 处理对根系 MDA 含量的影响
Fig.2 Effects of different Z-S concentration on MDA content of root

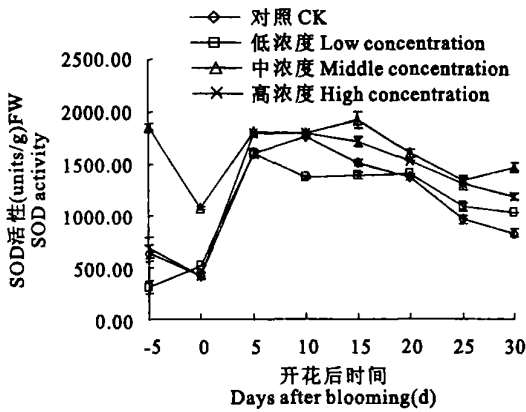


图 3 不同浓度 Z-S 处理对根系 SOD 活性的影响
Fig.3 Effects of different Z-S concentration on SOD activity of root

2.1.4 对根系 CAT 活性的影响 不同浓度 Z-S 处理下根系 CAT 活性变化趋势见图 4。结果表明:在整个观测期内所有处理根系 CAT 活性呈先升后降的趋势。从花前 5 天到花后 5 天各处理的 CAT 活性急剧上升,之后对照、中浓度、高浓度的 CAT 活性开始降低;低浓度处理仍呈上升趋势,直到花后 20 天才缓慢下降。在整个观测期间低浓度的 CAT 活性明显高于其它处理。过氧化氢酶(CAT)能够清除细胞内过多的 H_2O_2 ,以维持细胞内 H_2O_2 在一个正常水平,从而保护膜结构^[17]。100 mg/kg 的 Z-S 喷施使旱稻根系 CAT 活性增强,内源抗活性氧毒害的能力增强,使根系抑制过氧化能力增加,从而延缓根系的衰老。但 Z-S 喷施浓度过高则会抑制 CAT 的

活性,进而造成植株根系的早衰。

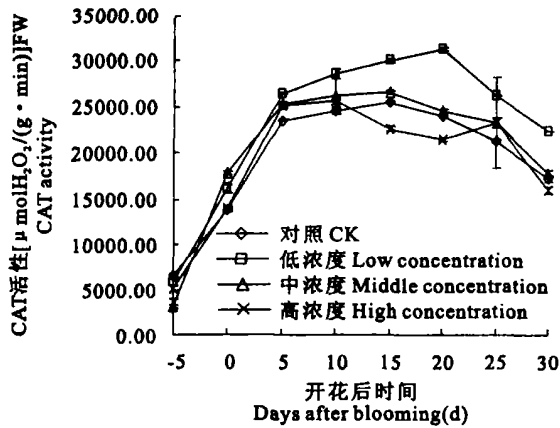


图 4 不同浓度 Z-S 处理对根系 CAT 活性的影响

Fig.4 Effects of different Z-S concentration on CAT activity of root

2.1.5 对根系可溶性蛋白质含量的影响 根系蛋白质的降解是衰老的标志之一。不同浓度 Z-S 处理下根系蛋白质含量变化趋势见图 5。结果表明:随着早稻的衰老,4 个处理根系可溶性蛋白质含量均呈下降趋势。低浓度、中浓度、高浓度的可溶性蛋白质含量均在花期达到最高,数值分别为 13.20, 12.25, 11.02 mg/ml, 对照的可溶性蛋白质含量在花后 5 天达到最大,数值为 11.16 mg/ml。从花前 5 天到花后 20 天低浓度的可溶性蛋白含量均明显高于其它处理,高浓度处理则在整个观测过程中均明显低于其它处理。说明 300 mg/kg Z-S 喷施会降低根系可溶性蛋白质含量,100 mg/kg Z-S 处理则可以增加根系可溶性蛋白质含量,对延缓根系衰老有益。

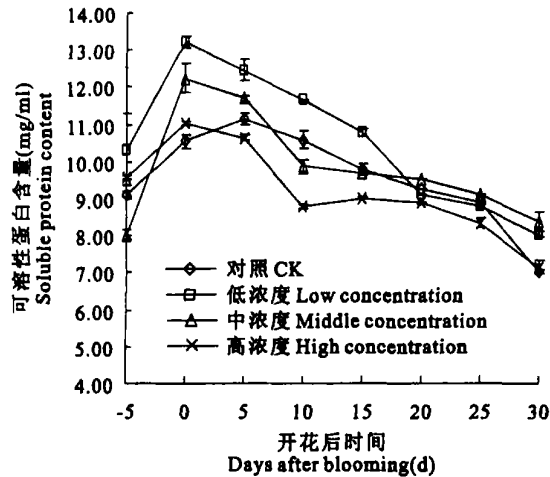


图 5 不同浓度 Z-S 处理对根系可溶性蛋白含量的影响

Fig.5 Effects of different Z-S concentration on soluble protein content of root

2.2 Z-S 对旗叶衰老的影响

2.2.1 对旗叶 MDA 含量的影响 不同浓度 Z-S 处理下早稻旗叶 MDA 含量变化趋势见图 6。结果表明:中浓度和高浓度 MDA 含量的最大值分别出现在花期和花后 5 天,其数值分别为 36.77, 43.82 μmol/g FW;从花期到花后 15 天的灌浆关键期内,高浓度处理旗叶 MDA 含量明显高于其它处理;说明 Z-S 喷施浓度过大会导致 MDA 在叶片内过早积累,造成叶片早衰,不利于早稻生长和增产。

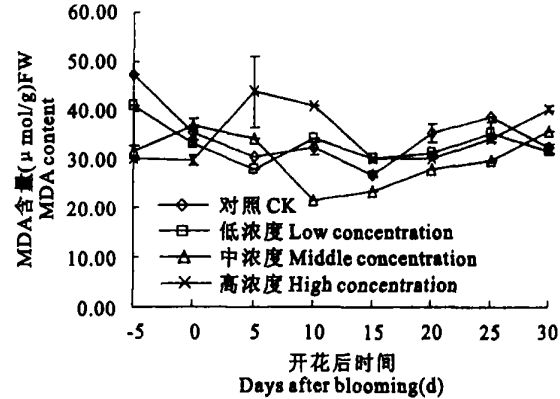


图 6 不同浓度 Z-S 处理对旗叶 MDA 含量的影响

Fig.6 Effects of different Z-S concentration on MDA content of flag leaf

2.2.2 对旗叶 SOD 活性的影响 不同浓度 Z-S 处理下早稻旗叶 SOD 活性变化趋势见图 7。结果表明:随着早稻的衰老,4 处理旗叶 SOD 活性均呈下降趋势。低浓度和高浓度的 SOD 活性均在花后 5 天达到最高值,中浓度在花后 15 天达到最大值,之后均呈缓慢下降趋势。说明,200 mg/kg Z-S 处理可以提高旗叶超氧化物歧化酶的活性,使植株活性氧清除能力增加进而延缓旗叶衰老。

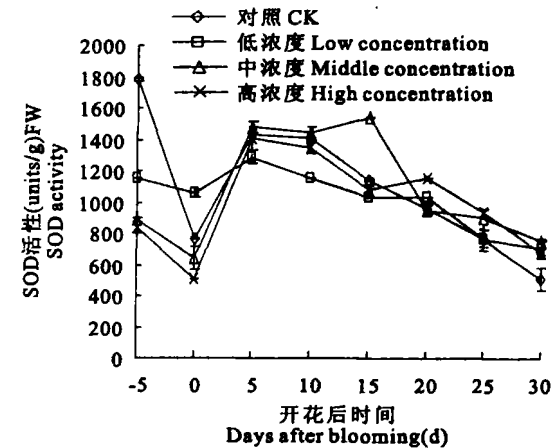


图 7 不同浓度 Z-S 处理对旗叶 SOD 活性的影响

Fig.7 Effects of different Z-S concentration on SOD activity of flag leaf

2.2.3 对旗叶 CAT 活性的影响 不同浓度 Z-S 处理下早稻旗叶 CAT 活性变化趋势见图 8。结果表明:在整个观测期各处理的 CAT 活性呈下降趋势。对照、低浓度和高浓度的 CAT 活性在花后 5 天达到最高,中浓度在花期达到最高,之后均呈缓慢降低趋势。喷施不同浓度 Z-S 对旗叶 CAT 活性的影响不明显。

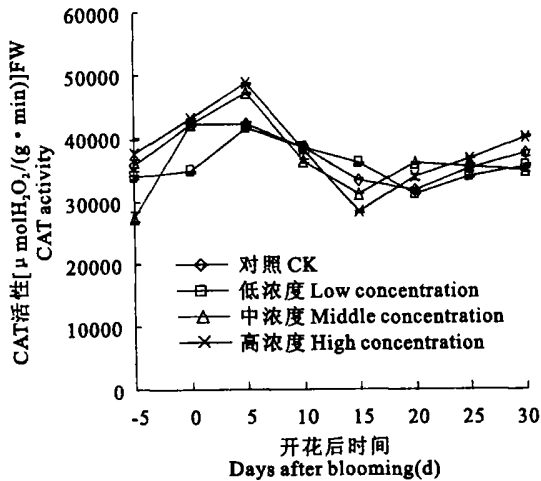


图 8 不同浓度 Z-S 处理对旗叶 CAT 活性的影响
Fig.8 Effects of different Z-S concentration on CAT activity of flag leaf

2.2.4 对旗叶可溶性蛋白质含量的影响 不同浓度 Z-S 处理下早稻旗叶可溶性蛋白含量变化趋势见图 9。

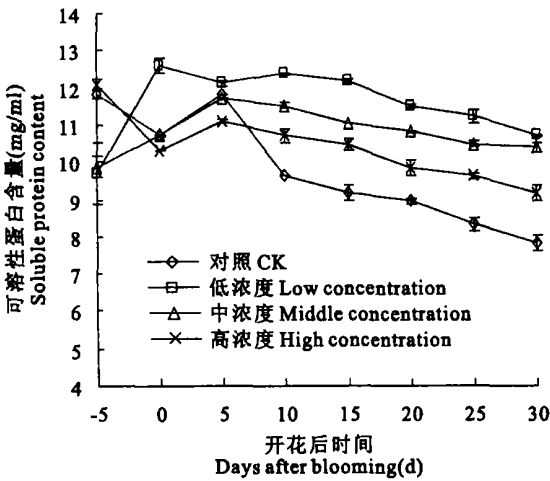


图 9 不同浓度 Z-S 处理对旗叶可溶性蛋白含量的影响
Fig.9 Effects of different Z-S concentration on soluble protein content of flag leaf

结果表明:在整个观测期内,各处理旗叶可溶性蛋白质含量呈下降趋势。低浓度、中浓度、高浓度的可溶性蛋白质含量与对照比较均明显增加。对照和中浓度的最大值出现在花后 5 天,其数值分别为

11.84,11.70 mg/ml,低浓度和高浓度的最大值分别出现在花期和花前 5 天,其数值分别为 12.59,12.08 mg/ml。在整个观测期内低浓度的可溶性蛋白含量明显高于其它处理。说明 100 mg/kg Z-S 喷施提高了旗叶的可溶性蛋白质含量,进而延缓植株衰老,促进产量增长。

2.3 Z-S 对高产早稻旗叶与根系衰老之间关系及产量的影响

2.3.1 对旗叶与根系衰老之间关系的影响 不同浓度 Z-S 处理下早稻旗叶衰老与根系衰老之间的关系见表 2。结果表明:旗叶酶促防御系统中 SOD 活性与根系 SOD 活性呈极显著正相关($P<0.01$);旗叶 CAT 活性与根系 MDA 含量呈显著负相关($P<0.05$),与根系可溶性蛋白含量呈极显著正相关($P<0.01$);旗叶可溶性蛋白与根系可溶性蛋白呈极显著正相关($P<0.01$)。综上可知,随 Z-S 喷施浓度增加导致了旗叶、根系膜脂过氧化产物 MDA 含量的增加,从而加剧了膜脂过氧化,促进了旗叶与根系的衰老,使旗叶与根系中 CAT、SOD 活性、可溶性蛋白含量降低,从而导致植株衰老加剧。

表 2 Z-S 处理对早稻旗叶衰老与根系衰老之间关系的影响
Table 2 Effects of Z-S treatment on relationships between flag and root senescence

根系 Root	旗叶 Flag leaf			
	MDA	SOD	CAT	可溶性蛋白 Soluble protein
根系活力 Root activity	-0.025	0.337	0.223	0.344
MDA	0.173	-0.006	-0.354 *	0.115
SOD	-0.094	0.461 * *	0.016	0.195
CAT	-0.347	0.266	0.087	0.161
可溶性蛋白 Soluble protein	-0.108	0.333	0.454 * *	0.616 * *

注: * 表示显著相关 ($P<0.05$), * * 表示极显著相关 ($P<0.01$). Note: * were significant at $P<0.05$, * * were significant at $P<0.01$.

2.3.2 Z-S 对高产早稻产量构成因素及经济系数的影响 不同浓度 Z-S 处理对早稻产量构成因素与经济系数的影响见表 2。结果表明:低浓度处理的穗粒数、产量和经济系数均为所有处理中最高的。低浓度处理的穗粒数极显著高于中浓度和高浓度处理($P<0.01$);其产量极显著高于对照处理($P<0.01$)。说明,100 mg/kg 的 Z-S 喷施能有效提高早稻的产量和经济系数。

表 3 Z-S 处理对旱稻产量指标的影响

Table 3 Effects of Z-S treatments on yield indexes of upland rice

处 理 Treatments	穗 数 Panicle (10 ⁵ /hm ²)	穗粒数 Spikelets per panicle	千粒重 1000-grain weight (g)	产量 Grain yield (kg/hm ²)	经济系数 Economic index
对照 CK	25.01BD	103.30ABD	29.7A	6322.50B	0.40
低浓度 Low concentration	29.25AB	110.53A	29.9A	6902.58A	0.50
中浓度 Middle concentration	31.50A	83.12C	33.8A	6593.85AB	0.39
高浓度 High concentration	30.00AB	98.38BD	32.2A	6539.55AB	0.38

注:用不同字母表示处理间差异的显著性,显著性水平为 $P<0.01$ 。Note: Different letters indicate significantly different means between treatments at $P<0.01$.

3 结论

不同浓度 Z-S 处理导致植株体内多种酶活性的变化。整个观测期内,100 mg/kg Z-S 叶面喷施后根系活力、根系 SOD、CAT 活性及可溶性蛋白质含量均明显高于其它处理,在灌浆期内根系活力较高,有利于植株的营养物质运输与吸收;而 SOD、CAT 活性及可溶性蛋白质含量使植株内源抗活性氧毒害的能力增强,根系抑制过氧化能力增加,从而延缓植株衰老,有利于提高产量。但高浓度处理根系 MDA 含量的峰值出现时间早于其它处理,且数值最大,说明 Z-S 喷施浓度过高会引起植株根系早衰,不利于旱稻的生长发育。

100 mg/kg Z-S 喷施后旗叶可溶性蛋白质含量明显增加,而 SOD、CAT 活性较其它处理没有明显上升,高浓度处理促进旗叶 MDA 累积,造成叶片早衰。说明,植物生长调节剂 Z-S 更侧重作用于根系的保护酶(SOD、CAT)系统,从而达到延缓植株衰老和增产的目的。

从不同浓度 Z-S 处理下根系与旗叶衰老的相关性可得出如下结论:Z-S 喷施浓度过高(≥ 300 mg/kg)导致旗叶、根系膜脂过氧化产物 MDA 含量增加,从而加剧膜脂过氧化作用,使旗叶与根系中 MDA、SOD 活性、可溶性蛋白质含量降低,导致植株衰老加剧。

从 Z-S 对旱稻产量构成因素的影响看,100 mg/kg 的 Z-S 喷施能有效提高旱稻的产量和经济系数。

参 考 文 献:

[1] 信乃诠. 农业水资源面临严重短缺的战略思考[J]. 灌溉与排水,1991,10(3):15—19.

[2] 鲁雪林,王秀萍,张国新. 旱稻抗旱性评价指标研究[J]. 中国农学通报,2006,22(1):124—126.

[3] 薛全义. 略论我国旱稻的生产及发展[J]. 中国稻米,2002,(4):5—7.

[4] 王熹,陶龙兴,姚德福,等. 多效唑控长效应的生理分析[J]. 作物学报,1990,16(1):91—96.

[5] 王熹,陶龙兴,黄效林,等. 赤霉素和多效唑对水稻“粒间顶端优势”的调剂及对产量的影响[J]. 中国水稻科学,1999,12(4):217—222.

[6] 徐仁胜,陶龙兴,俞美玉,等. 亚种间杂交水稻灌浆特性的调节及其对产量的影响[J]. 中国水稻科学,1998,11(2):147—152.

[7] 西北农业大学植物生理生化教研组. 植物生理学实验指导[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1987.

[8] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J]. 植物学报,1984,26(6):605—615.

[9] Giannopolitic C N, Ries S K. Superoxide dismutase I, occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977, 59:309—314.

[10] Giannopolitic C N. Superoxide dismutase II Purification and quantiative relationship with water soluble protein in seedlings [J]. Plant Physiol, 1977, 59:315—318.

[11] 王爱国,罗广华,邵从本,等. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J]. 植物生理学与分子生物学报,1983,9:77—84.

[12] Bradford M M. Protein measurement with the follin phenol reagent [J]. Biochem, 1976, 72:248—254.

[13] 梁新华,史大刚. 干旱胁迫对光果甘草幼苗根系 MDA 含量及保护酶 POD、CAT 活性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(3):108—110.

[14] Becana M. Reactive oxygen species and antioxidants in legume nodules[J]. Physiol Plant, 2000, 109:372—381.

[15] Kanazawa S. Changes in antioxidative in cucumber cotyledons during natural senescence; comparison with those during dark induced senescence[J]. Physiol Plant, 2000, 109:2311—2316.

[16] 陈 规,胡文玉,谢甫锦,等. 提取植物体内 MDA 的溶剂及 MDA 作为衰老指标的探讨[J]. 植物生理学通讯,1991, 27(1):44—46.

[17] 周朝彬,胡庭兴,胥晓刚,等. 铅胁迫对草木樨抗氧化系统的影响[J]. 草业科学,2006,23(3):43—46.

closely with P_n and Tr . The effect of RH on P_n was more important than that of temperature. Among P_n , Tr and G_s , the last two were the most obvious ecophysiological factors affected by environmental factors. WUE of leaf was a weak two-hump curve. WUE in maturity stage was 46.2% lower than that in grain filling stage. Furthermore, the change of WUE was coincidental with precipitation in semi-arid rain feed region.

Keywords: semi-arid rain feed region; spring wheat; photosynthesis; transpiration; water use efficiency; environmental factors

(上接第 124 页)

Effects of plant regulator Z-S on senescence of
high-yield upland rice after anthesis

WANG Yu-ying^{1,2}, SHI Yan¹

(1. Dryland Technology Key Laboratory of Shandong Province in Laiyang Agricultural College, Qingdao, Shandong 266109, China; 2. Center for Agriculatural Resources, Institute of Genetic and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang, Hebei 050021, China)

Abstract: A plant regulator named Z-S synthesized by our department was sprinkled on leaves of upland rice during three—leaf and one sprout stage, jointing stage and booting stage with different concentrations, respectively. The results showed: with sprinkling of 100 mg/kg Z-S, the root activity, SOD and CAT activities, soluble protein content were obviously higher than that with other treatments, soluble protein content of flag leaf increased obviously, but SOD and CAT activities increased not obviously in comparison with other treatments. Sprinkling with high Z-S concentration (≥ 300 mg/kg) resulted in MDA accumulation in plant and premature senility. Sprinkling with 100 mg/kg Z-S increased yield and economic coefficient of upland rice significantly ($P < 0.01$).

Keywords: plant regulator Z-S; high-yield upland rice; senescence after blooming