

作物秸秆对黄瓜衰老中根系活力和 叶片氮代谢的影响

高青海, 王亚坤, 陆晓民, 苗永美

(安徽科技学院应用微生物研究所, 安徽 蚌埠 233100)

摘要:以‘津优4号’黄瓜为试验材料,研究施用不同作物秸秆对衰老过程中黄瓜根系活力和叶片氮代谢关键酶、叶片氮素含量及可溶性蛋白含量等影响。结果表明,与对照相比,作物秸秆还田不仅显著提高了黄瓜的根系活力、叶绿素含量和叶片氮代谢关键酶硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶、谷氨酸合成酶的活性,降低了谷氨酸脱氢酶活性,而且还降低了叶片铵态氮的含量($15.6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),提高了叶片硝态氮、可溶性蛋白及游离氨基酸的含量,有效地保持较高的氮代谢水平,延缓了黄瓜的衰老。其中施用玉米秸秆效果最好,黄瓜的根系活力、硝酸还原酶活性、可溶性蛋白含量分别比对照提高了 23.4%、33.3%、18.7%,其次为花生秸秆,硝酸还原酶活性比对照提高了 10.8%,施用稻壳效果不明显。

关键词:作物秸秆;黄瓜;衰老;根系活力;氮代谢

中图分类号: S642.2; S158.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)06-0087-05

Effects of crop straw on root activity and leaf nitrogen metabolism of cucumber during senescence

GAO Qing-hai, WANG Ya-kun, LU Xiao-min, MIAO Yong-mei

(Institute for Applied Microbiology, Anhui Science and Technology University, Bengbu 233100, China)

Abstract: The study aims to investigate the effects of different crop straw on key enzymes of nitrogen metabolism of root system and leaves, nitrogen content and soluble protein content in leaves of Jinyousihao during senescence. The results showed that, compared with the control, crop straw significantly increased the root activity, chlorophyll content, nitrate reductase, glutamine synthetase and glutamate synthase activity, while it reduced the glutamate dehydrogenase activity and the content of ammonium nitrogen in leaves ($15.6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). The nitrate content, soluble protein and free amino acid content increased, which effectively maintained a higher level of nitrogen metabolism and delayed the senescence of cucumber. The effect of corn straw returning was the best, for the root activity, nitrate reductase activity and soluble protein content the this treatment were increased by 23.4%, 33.3% and 18.7%, respectively, as compared with the control. Peanut straw showed better effect, with nitrate reductase activity increased by 10.8%. By contrast, rice straw returning showed no significant effect.

Keywords: straw; cucumber; senescence; root activity; nitrogen metabolism

连作障碍已是设施蔬菜栽培的主要限制因子之一,连作障碍不仅加重蔬菜病虫害的发生,降低了蔬菜的产量和品质,还引起设施蔬菜作物早衰^[1]。作物衰老是发育周期中必经阶段^[2],作物衰老会影响作物的产量和品质。在生产中作物衰老普遍发生,并且已成为提高作物产量和品质的主要障碍因子。研究表明,作物衰老受生长发育时期和环境胁迫的诱导^[3],主要表现在其叶片叶绿素含量下降,光合速率降低等^[4-5],活性氧代谢失调,抗氧化酶活性升

高,相对电导率和丙二醛含量增加^[6-7],氮代谢水平降低,最终导致作物早衰、减产^[8]。氮代谢是作物生长发育过程中重要的代谢活动,且氮代谢与作物叶片衰老有密切的关系,氮低效基因型的品种容易早衰^[9]。秸秆还田不仅可以改良土壤结构,提高土壤有机质含量,而且能够促进作物的生长发育,提高其产量和品质^[10]。

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是我国栽培面积较大的设施果菜之一,在设施生产中经常发生连作障碍,

收稿日期:2014-03-14

基金项目:安徽省自然科学基金项目(1208085QC55);安徽省科技学院引进人才基金项目(ZRC2009250)

作者简介:高青海(1977—),男,山东金乡人,博士,副教授,主要从事蔬菜高产栽培生理的研究。E-mail: gaoqh1977@163.com。

引起早衰,品质和产量显著降低。本文以黄瓜为试材,研究施用不同作物秸秆对设施黄瓜衰老中叶片氮代谢关键酶的活性、铵态氮含量、可溶性蛋白及游离氨基酸含量等的影响,以期探讨施用秸秆与设施黄瓜衰老的关系,为设施黄瓜优质高产栽培及土壤改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黄瓜材料品种为“津优 4 号”,由天津科润黄瓜研究所提供。

1.2 试验设计

试验于 2013 年 1 月—2013 年 10 月在安徽科技学院种植科技园园艺实习基地内进行。供试温室土壤为黄褐土,肥力中等,前两茬种植的作物及肥水管理一致。土地平整,0~20 cm 土壤 pH 为 7.15,有机质 $15.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $0.84 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $1.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾 $9.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效氮 $125.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $34.46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $117.74 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。2012 年 11 月将经堆肥发酵 1 年的作物秸秆进行粉碎(稻壳不用),长度在 5~10 cm,12 月在日光温室土壤内开深 30 cm,宽 40 cm 的沟,将等体积的粉碎作物秸秆平铺于其中,施入量均 $10\,000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,而后进行消毒处理,最后用土覆盖起垄,垄的宽×高为 $50 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$,大水浇透,踏实备用。黄瓜于 2013 年 2 月 10 日播种,待长至三叶一心时,选择大小一致的黄瓜幼苗按照 $45 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 株行距定植于做好的垄上,田间管理参照常规方法。试验共设 4 个处理,分别为 CK(不加秸秆,按照比例增加肥料施用),T1(花生秸秆还田),T2(玉米秸秆还田),T3(稻壳还田)。每个处理设 3 次重复,随机区组排列,小区面积为 32 m^2 。在黄瓜生长发育期对各处理进行相关指标测定。

1.3 测定项目与方法

分别于黄瓜定植后 70 d、90 d 分 2 次取长势一致的黄瓜生长点下数第 6 片叶,带回实验室用于各项生理指标的测定。

1.3.1 根系活力和叶绿素含量的测定 根系活力采用 TTC 法,叶绿素含量采用分光光度法,具体参照高俊凤的方法^[11]。

1.3.2 氮代谢关键酶活性的测定 黄瓜硝酸还原酶(NR)和谷氨酰胺合成酶(GS)活性的测定参照 Debouba 等^[12]的方法,谷氨酸合成酶(GOGAT)和谷氨酸脱氢酶(GDH)活性的测定参照 Debouba 等的方法^[13]。

1.3.3 可溶性蛋白和游离氨基酸含量的测定 黄

瓜叶片可溶性蛋白和游离氨基酸含量的测定参考高俊凤的方法^[11]。

1.4 数据处理

以上测定每个处理均为 3 次重复,采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 13.0 软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 施用不同秸秆对黄瓜叶绿素和根系活力的影响

图 1 显示,施用不同的作物秸秆可缓解黄瓜叶绿素含量的降低,尤其是在处理 90 d 时,T2 处理(玉米秸秆)比对照高 17.4%,其次为 T1 处理(花生秸秆)比对照高 10.4%,T3 处理(稻壳)与对照差异不大。不同秸秆还田显著缓解了黄瓜根系活力的降低,在处理 70 d 时,T1、T2、T3 处理分别比对照高 10.1%、23.4%、5.6%。由此说明,不同秸秆还田可有效缓解黄瓜叶绿素和根系活力的降低,从而延缓黄瓜的衰老。

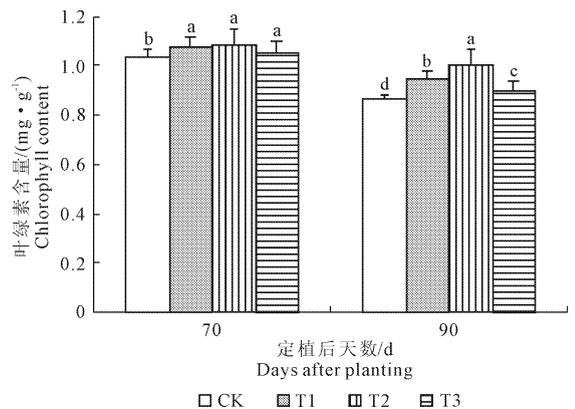


图 1 不同作物秸秆还田对黄瓜叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effects of different straw returning treatments on leaves chlorophyll content of cucumber

2.2 施用不同秸秆还田对黄瓜叶片硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶的影响

由图 3、图 4 可知,随着黄瓜生长发育的进行,不同作物秸秆还田可有效缓解黄瓜叶片硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶的活性。在处理 90 d 时,与对照相比,T1、T2、T3 处理黄瓜叶片硝酸还原酶活性分别比对照高 10.8%、30.3%、4.8%。在处理 70 d 时,不同作物秸秆还田对黄瓜叶片谷氨酰胺合成酶的影响差异较大,其中 T2 处理的黄瓜叶片谷氨酰胺合成酶活性最高,比对照高 33.3%;其次为 T1 处理,比对照高 20.6%。由此说明,秸秆还田还可有效缓解黄瓜叶片硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶活性的降低,维持较高的氮代谢水平。

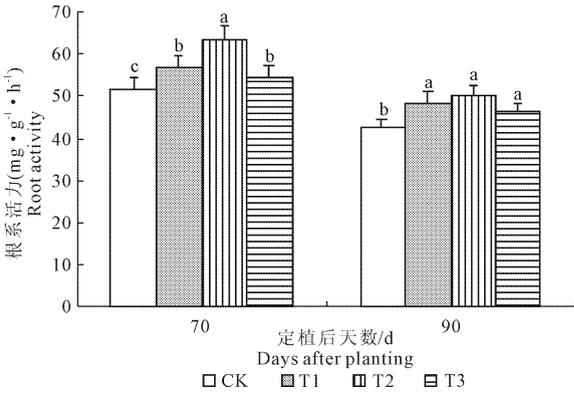


图 2 不同作物秸秆还田对黄瓜根系活力的影响

Fig.2 Effects of different straw returning treatments on root activity of cucumber

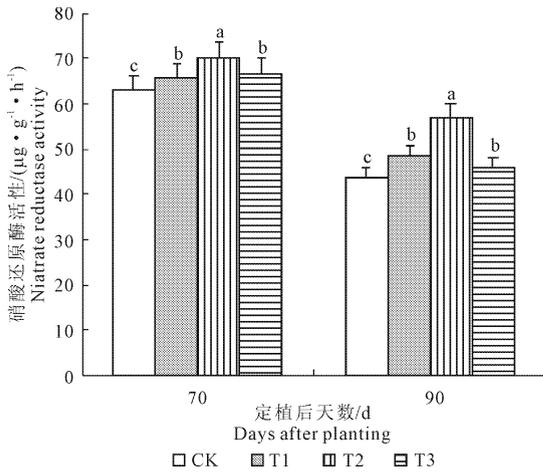


图 3 不同作物秸秆还田对黄瓜叶片硝酸还原酶活性的影响

Fig.3 Effects of different straw returning treatments onleaves niatrate reductase activity of cucumber

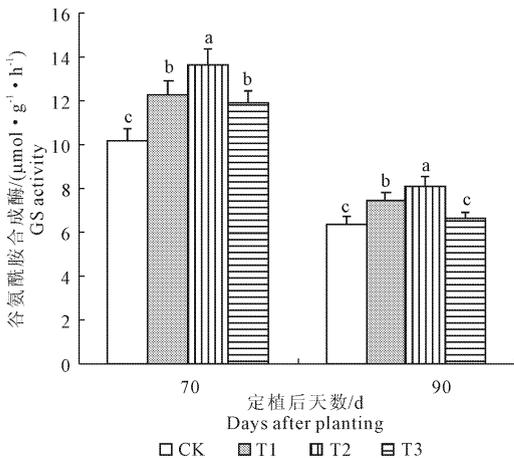


图 4 不同作物秸秆还田对黄瓜叶片谷氨酰胺合成酶活性的影响

Fig.4 Effects of different straw returning treatments on leaves GS activity of cucumber

2.3 施用不同秸秆对黄瓜谷氨酸合成酶和谷氨酸脱氢酶活性的影响

图 5 显示,随着黄瓜植株衰老的进行,黄瓜叶片谷氨酸合成酶活性均呈降低的趋势。施用不同作物秸秆可有效缓解黄瓜叶片谷氨酸合成酶活性的降低,尤其是 T2 处理,在处理 70 d 时,黄瓜叶片谷氨酸合成酶活性为 $30.1 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,比对照高 40.6%;其次为 T1 处理,比对照高 24.8%。施用不同作物秸秆还田处理下,黄瓜叶片谷氨酸脱氢酶活性的变化与谷氨酸合成酶活性的变化呈相反的趋势(如图 6 所示),T1、T2 处理的黄瓜叶片谷氨酸脱氢酶活性较低,而对照与 T3 处理活性较高。由此说明,施用秸秆还可提高黄瓜叶片谷氨酸合成酶的活性,而谷氨酸脱氢酶活性则较低。

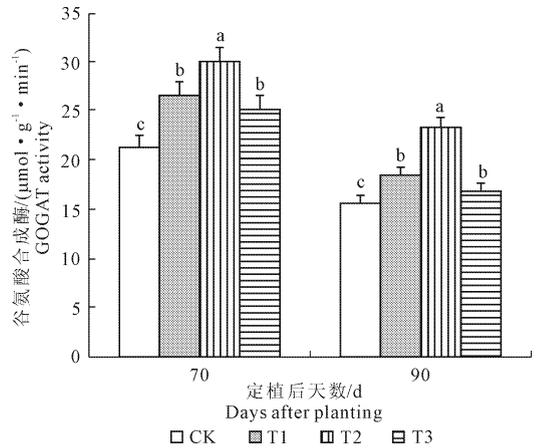


图 5 不同作物秸秆还田对黄瓜叶片谷氨酸合成酶活性的影响

Fig.5 Effects of different straw returning treatments on leaves GOGAT activity of cucumber

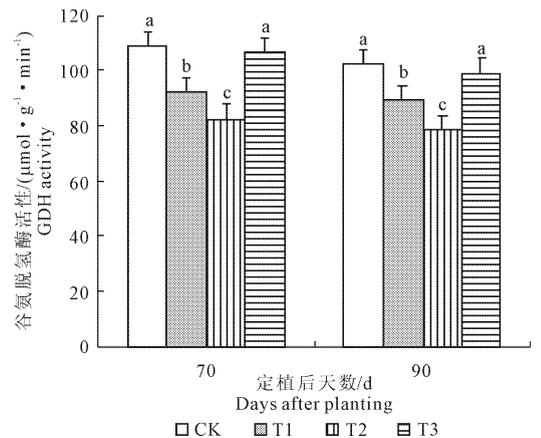


图 6 不同作物秸秆还田对黄瓜叶片谷氨酸脱氢酶活性的影响

Fig.6 Effects of different straw returning treatments on leaves GDH activity of cucumber

2.4 施用不同秸秆对黄瓜叶片铵态氮和硝态氮含量的影响

图 7 显示,随着黄瓜衰老的进行,黄瓜叶片铵态氮含量增加,施用不同作物秸秆还田对黄瓜叶片铵态氮含量也有所影响。在处理 70 d 时,其中 T2 处理的黄瓜叶片铵态氮含量最低为 $15.6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,其次为 T1 处理的为 $19.4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,对照处理的为 $24.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。施用不同作物秸秆对黄瓜叶片硝态氮含量也有所影响(如图 8 所示),在处理 70 d 时,T2 处理的黄瓜叶片硝态氮含量最高为 $6.8 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,比对照提高 21.4%,其次为 T1 处理。由此说明,施用秸秆不仅影响黄瓜的氮代谢水平,同时也影响了黄瓜叶片的氮素含量及氮素形态,其中施用玉米秸秆的黄瓜叶片硝态氮含量最高,铵态氮含量最低。

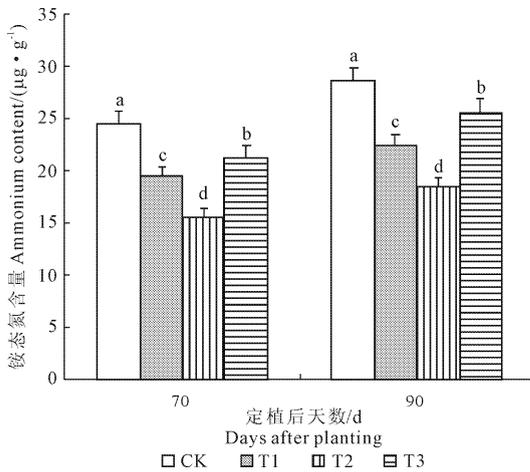


图 7 不同作物秸秆对黄瓜叶片铵态氮含量的影响

Fig.7 Effects of different straw treatments on leaves ammonium content of cucumber

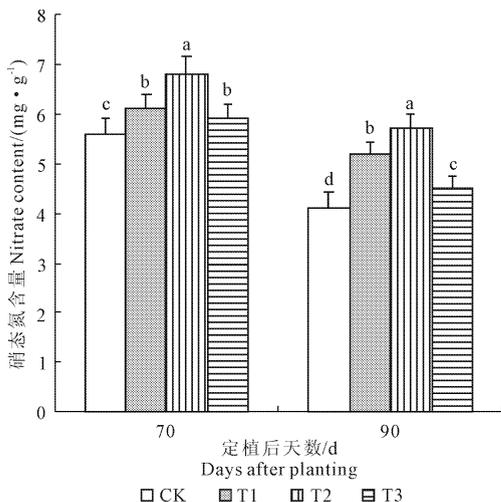


图 8 不同作物秸秆还田对黄瓜叶片硝态氮含量的影响

Fig.8 Effects of different straw returning treatments on leaves nitrate content of cucumber

2.5 施用不同秸秆对黄瓜叶片可溶性蛋白和游离氨基酸含量的影响

图 9 显示,随着黄瓜衰老的进行,黄瓜叶片可溶性蛋白含量降低。施用不同作物秸秆对黄瓜叶片可溶性蛋白含量的降低有缓解作用,尤其是 T2 处理,在处理 90 d 时,T2 处理的黄瓜叶片可溶性蛋白的含量比对照高 18.7%,其次为 T1 处理,比对照高 10.9%。黄瓜叶片游离氨基酸含量的变化与可溶性蛋白的变化相似(如图 10 所示)。由此说明,在黄瓜生长发育后期,施用不同作物秸秆可有效缓解黄瓜叶片氮代谢产物含量的降低,维持较高地氮代谢水平。

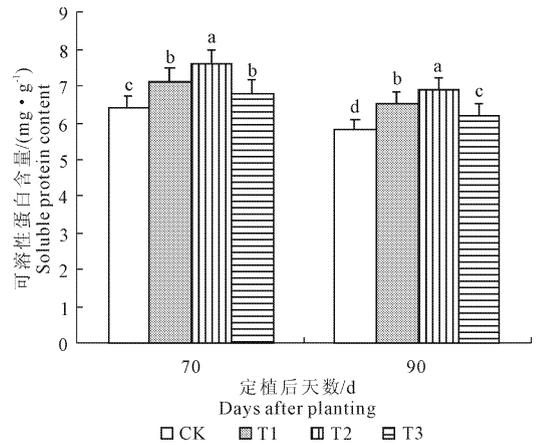


图 9 不同作物秸秆对黄瓜叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig.9 Effects of different straw treatments on leaves soluble protein content of cucumber

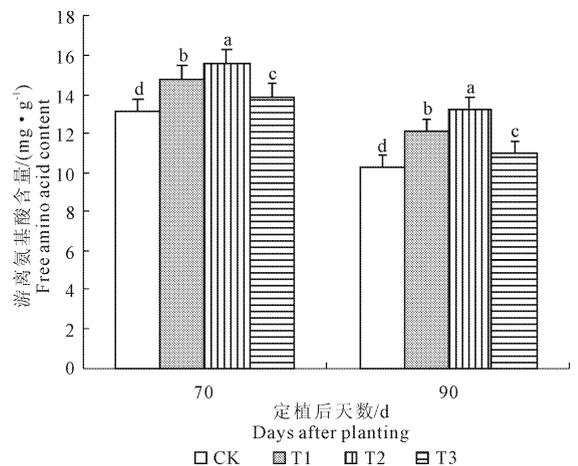


图 10 不同作物秸秆对黄瓜叶片游离氨基酸含量的影响

Fig.10 Effects of different straw treatments on leaves free amino acid content of cucumber

3 讨论

作物衰老是一个极为复杂的生理生化过程,也

是植物在细胞、组织、器官和个体水平上进行一系列调控的结果^[14]。研究表明,在衰老过程中,植物根系活力的变化早于叶片变化,且与叶片的变化关系密切^[15]。Leshem^[16]研究指出,作物叶片衰老最明显的表现是叶绿素含量逐渐降低,并伴随着黄化及叶片的最终脱落。氮代谢是植物重要的代谢活动之一,是植物生长发育的物质基础,在叶片衰老过程中也伴随着氮代谢水平的下降,表现在关键酶活性降低^[17]。

硝酸还原酶是植物氮代谢的关键酶和限速酶^[17],GS是氮素代谢中同化和转移 NH_4^+ 的关键酶,也是防止叶片 NH_4^+ 积累到有害浓度的关键酶。本研究结果表明,通过施用作物秸秆可以使衰老期的黄瓜植株保持较高的根系活力和叶绿素含量,施用玉米秸秆比对照提高了17.4%、23.4%,为延缓黄瓜的衰老提供了物质保障。与对照相比,秸秆还田处理可以提高黄瓜叶片内硝态氮的含量,降低铵态氮的含量;提高了叶片的硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶、谷氨酸合成酶的活性,降低了谷氨酸脱氢酶活性,从而使黄瓜叶片维持较高地氮代谢水平,有利于蛋白质的合成,表现在黄瓜叶片可溶性蛋白和游离氨基酸含量增加,延缓了黄瓜植株的衰老。

其原因可能是,其一由于通过施用秸秆,为设施内黄瓜根系生长提供了良好的生长环境,促进了细胞分裂素的合成,保持较高的叶绿素含量,缓解了地上部叶片的衰老^[18-19];同时根系活力的升高也增强了对矿质元素的吸收,尤其是对氮素的吸收,增加一定水平的氮肥有利于缓解叶片的衰老^[20-21]。其二通过提高黄瓜叶片的氮代谢关键酶的活性,如硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶、谷氨酸合成酶的活性,促进了氮代谢和氨基酸的合成,为蛋白质的合成提供了物质基础。其三降低了叶片内铵态氮的含量,减轻了铵态氮的毒害。

总之,施用秸秆可直接改善土壤物理化学性质,为设施内黄瓜栽培提供了良好的生长环境,进而提高了根系活力,使在衰老期的黄瓜叶片维持较高的硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶、谷氨酸合成酶等酶的活性,促进了氨基酸及蛋白质的合成;同时也降低了铵态氮的含量,缓解铵态氮的毒害。施用不同秸秆处理对黄瓜衰老的影响有所差异,其中施用玉米秸秆效果较好,其次为花生秸秆,稻壳处理效果不明显。

参考文献:

[1] 耿士均,刘 刊,商海燕,等.园艺作物连作障碍的研究进展[J].北方园艺,2012,(7):190-195.

- [2] Thomas H, Huang L, Young M, et al. Evolution of plant senescence [J]. *BMC Evolutionary Biology*, 2009,(9):163-195.
- [3] 孙玉莹,毕京翠,赵志超,等.作物叶片衰老研究进展[J].作物杂志,2013,(4):11-19.
- [4] 张子山,李 耕,高辉远,等.玉米持绿与早衰品种叶片衰老过程中光化学活性的变化[J].作物学报,2013,39(1):93-100.
- [5] 张海娜,李存东,肖 凯.氮素对不同衰老特性棉花品种光合特性和细胞保护酶活性的影响[J].华北农学报,2008,23(5):170-174.
- [6] 解振兴,董志强,兰宏亮,等.磷酸胆碱合剂对不同种植密度玉米叶片衰老生理的影响[J].核农学报,2012,26(1):0157-0163.
- [7] 邵瑞鑫,李 健,赵 宇,等.激动素和丁二酸拌种对玉米衰老过程中抗氧化系统和植物激素的影响[J].植物生理学报,2012,48(4):343-349.
- [8] Gan S. Mitotic and postmitotic senescence in plants [J]. *Science of Aging Knowledge Environment*, 2003,38:E7.
- [9] 武云杰,张小全,段旺军,等.不同氮素利用效率基因型烤烟叶片衰老期间氮素代谢差异研究[J].中国烟草学报,2012,18(5):23-28.
- [10] 张 静,温晓霞,廖允成,等.不同玉米秸秆还田量对土壤肥力及冬小麦产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):612-619.
- [11] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [12] Debouba M, Gouia H, Suzuki A, et al. NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato "Lycopersicon esculentum" seedlings [J]. *Journal of Plant Physiology*, 2006, 163:1247-1258.
- [13] Debouba M, Maâroufi-Dghimi H, Suzuki A, et al. Changes in growth and activity of enzymes involved in nitrate reduction and ammonium assimilation in tomato seedlings in response to NaCl stress [J]. *Annals of Botany*, 2007,99:1143-1151.
- [14] Wingler A, Purdy S, MacLean J A, et al. The role of sugars in integrating environmental signals during the regulation of leaf senescence [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2006,57(2):391-399.
- [15] 吴伟明,王一平,赵 航,等.水稻不定根的穿鞘生长现象及其与叶片衰老的关系[J].中国农业科学,2005,38(3):474-479.
- [16] Leshem Y Y. Oxygen free radical and plant senescence [J]. *Wheat New in Plant Physiol*, 1981,12(3):1-4.
- [17] 刘 丽,甘志军,王宪泽.植物氮代谢硝酸还原酶水平调控机制的研究进展[J].西北植物学报,2004,24(7):1355-1361.
- [18] 梁秋霞,曹刚强,苏明杰,等.植物叶片衰老研究进展[J].中国农学通报,2006,22(8):282-285.
- [19] Taiichiro O W, Yukiko N K, et al. Cytokinin effects on ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxy-genase and nitrogen partitioning in rice during ripening [J]. *Crop Science*, 2004,44:2107-2115.
- [20] Jordi W, Schapendonk A, Davelaar E, et al. Increased cytokinin levels in transgenic PSAG12 - IPT tobacco plants have large direct and indirect effects on leaf senescence, photosynthesis and N partitioning [J]. *Plant Cell & Environment*, 2000,23(3):279-289.
- [21] 刘连涛,李存东,孙红春,等.氮素营养水平对棉花不同部位叶片衰老的生理效应[J].植物营养与肥料学报,2007,13(5):910-914.