

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥, 孙振元, 巨关升, 等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd ²⁺ 的生物吸附特性	李维焕, 孟 凯, 李俊飞, 等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍, 林 慧, 钟厚璋, 等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君, 刘 超, 汪淑芳, 等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何 超, 孟泉科, 花 蕾, 等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪 洋, 王 刚, 杜瑛琪, 等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程 琳, 李 锋, 邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞, 王如松, 李正国, 等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全, 邱尔发, 蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜, 周敬宣, 李湘梅, 等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安, 王福生, 侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵 丹, 李 锋, 王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张 勃, 刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智, 刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙 军, 郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文 娅, 赵国柱, 周传斌, 等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白 杨, 黄宇驰, 王 敏, 等 (6295)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山, 河底石岩上冲刷成一巨沟, 宽达 30 米, 深约 50 米, 最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此, 倒悬倾注, 若奔马直入河沟, 波浪翻滚, 惊涛怒吼, 震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾, 故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口, 有“千里黄河一壶收”之说。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

王小晶,王慧敏,王菲,王正银. 锌对两个品种茄子果实品质的效应. 生态学报, 2011, 31(20): 6125-6133.

Wang X J, Wang H M, Wang F, Wang Z Y. Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6125-6133.

锌对两个品种茄子果实品质的效应

王小晶,王慧敏,王菲,王正银*

(西南大学资源环境学院,重庆 400716)

摘要:采用土壤盆栽试验和化学分析方法,研究缺锌土壤上增施锌肥对两种茄子(黑紫茄和竹丝茄)产量和品质的影响及品种间差异,为优质蔬菜生产中合理施用微量元素锌提供科学依据。结果表明:在缺锌土壤上种植茄子,施锌量在 10—40mg/kg 条件下对两个品种茄子均有显著增产效果,以锌肥用量为 20mg/kg 时增产效果最好,其中黑紫茄增产 37.7%,竹丝茄增产 82.5%;锌肥用量能够明显影响茄子品质,适当增加锌肥用量,果实中游离氨基酸、硝酸盐含量下降,而可溶性糖、维生素 C、黄酮和芦丁及矿质元素锌、铁、钙含量升高。茄子果实中大部分品质成分的平均含量在施锌量为 20 mg/kg 达到最高,其次为 40mg/kg 和 10 mg/kg。低锌土壤上增施适量锌肥(Zn 20mg/kg 土壤)使两种茄子的品质明显改善,施锌过量(>40 mg/kg)茄果品质下降。

关键词:茄子;锌营养;产量;营养品质

Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties

WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, WANG Zhengyin*

College of Resources and Environmental Science, Southwest University, Chongqing 400716, China

Abstract: The effects of zinc on yield and quality of two kinds of eggplants (black-purple eggplant and bamboo eggplant) were studied to provide scientific base for reasonable trace element fertilization in quality vegetables planting. The results showed that the yield of these two kinds significantly improved adding the rate of zinc from 10 to 40 mg/kg, the yield reached maximum while the zinc in soil was 20 mg/kg. Meanwhile, the yield of black-purple eggplant increased by 37.7% and bamboo eggplant increased by 82.5%, respectively. The content of free amino and nitrate in the two kinds of eggplants declined, and the content of soluble sugar, vitamin C, flavone, rutin and some mineral elements like zinc, iron and calcium increased with the increase of concentration of zinc in soil. Most quality elements in eggplant reached maximum while zinc in soil was 20 mg/kg, the next were 40 and 10 mg/kg. Adding appropriate zinc fertilizer into soil which short of zinc(zinc in soil was 20 mg/kg) could significantly improve eggplants' quality, but the rate of zinc beyond of 40 mg/kg, the quality of eggplants went down.

Key Words: eggplant; zinc nutrition; yield; quality

茄子果实中含有丰富的维生素、蛋白质、糖等,尤以维生素 P(芦丁)的含量独居果蔬之首,是大众化的保健蔬菜。在茄子农业生产过程中常以施用三要素化肥为主,很少配施微肥,以致土壤中的微量元素,特别是锌元素缺乏。锌是生物必需的微量营养元素之一,也是动物和人体必需的重要微量元素,但过量锌对生物细胞有毒害作用^[1],而且人体长期补充大量的锌可发生慢性中毒^[2]。锌不仅是人和植物的必需营养元素,作为重

基金项目:国际植物营养研究所(IPNI)项目(Chongqing2008-05);国家科技支撑计划项目(2007BAD87B10)

收稿日期:2011-06-19; 修订日期:2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wang_zhengyin@163.com

金属元素,锌也是一个环境元素,因此研究锌胁迫(包括锌缺乏及锌毒害)作用下两个品种茄子的产量及品质的综合指标与人体健康的关系具有十分重要的意义。在国内已有学者对小麦、水稻、蔬菜等多种作物进行了微量元素方面的研究,但人们较多关注锌等元素对作物产量的影响,至于对作物营养品质及微量矿质元素品质的研究较少^[3-5]。随着人们生活水平的提高,对茄子营养品质、卫生品质及矿质品质的要求也越来越高,因此,通过农艺措施提高茄果中铁锌含量及提高其营养品质被认为是一种可持续的、安全和经济的方案,值得深入研究。本研究选用重庆地区酸性菜园土壤,在高温多雨的气候条件下,锌易被淋溶和流失,在此基础上增施锌肥,比较施用不同浓度锌肥对两种茄子的产量和品质的影响,寻求适合茄子优质高产的适宜施锌范围,以期发展为优质果菜生产提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试土壤为侏罗纪沙溪庙组母岩发育的紫色菜园土,基本农化性状:pH(H₂O)4.60,有机质 10.9 g/kg,碱解氮 93.9 mg/kg,有效磷 10.1 mg/kg,速效钾 98.0 mg/kg,有效锌 1.42 mg/kg(缺锌临界值 1.50 mg/kg)。供试品种:黑紫茄 142(大面积栽培种,属长茄类,中熟品种,植株长势强,茎秆粗壮,株高 100 厘米左右,果实长形 20—30cm,果皮紫黑色,果重 120—150g,单株结果多),竹丝茄 28(新推广品种,属长茄类,中熟品种,植株分枝性较强,株高 130cm 左右,果实为长卵形 20—25cm,果皮绿色丝状相间条纹,果重 100—150g),均由重庆市蔬菜研究所茄子研究室提供。供试肥料:尿素(N,46%),磷酸二氢铵(P₂O₅,52%;N,12%),硫酸钾(K₂O,52%),硫酸锌(ZnSO₄·7H₂O,Zn,23%,AR)。

1.2 试验方法

试验于 2010 年 3—2010 年 8 月在西南大学玻璃温室进行,采用盆栽试验方法。试验设 5 个施锌水平分别为 0、10、20、40 和 80 mg(Zn)/kg,每个处理 8 次重复,随机区组排列。所施用锌肥为 7 水合硫酸锌(Zn,23%,AR)。将过 3mm 筛的风干土 10 千克装入塑料盆(盆口内径 20cm、盆底内径 27cm,高 28 cm)中。硫酸锌做基肥一次性单独施入土壤,每盆施 N 1.04g、P₂O₅ 0.6g、K₂O 1.04g,肥料溶解后与土壤混合均匀,并使土壤含水量大约在 15% 后装盆(按照预设浓度取溶液用量,溶液不足用去离子水补充)。后将长势一致的茄子幼苗移栽于盆钵中,每盆 1 株。2010 年 6 月 25 日采收茄子第 1 苔果,2010 年 7 月 3 日采收第 2 苔果,2010 年 8 月 1 日采收第 3 苔果,累计计算茄子产量。

1.3 测定内容和方 法

土壤农化性状按常规分析方法测定;茄子果实中还原糖采用 3,5-二硝基水杨酸显色分光光度法测定;维生素 C 采用 2,6-二氯酚靛酚法测定;游离氨基酸采用水合茚三酮溶液显色分光光度法测定;硝酸盐含量采用紫外分光光度法测定^[6]。黄酮含量采用紫外分光光度法测定^[7];芦丁含量采用硝酸铝显色分光光度法测定^[8]。土壤有效锌含量的测定采用 0.1 mg/L HCl 溶液提取,原子吸收分光光度计法测定;茄子果实中矿质微量元素含量的测定采用 VHNO₃:VHClO₄=4:1 消解,原子吸收分光光度计法测定^[6]。

数据采用 SAS (Statistical Analysis System) 软件,方差分析的差异显著性用新复极差法(SSR 法即 Duncan 法)进行平均数的多重比较,并进行相关分析^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同供锌水平对茄子单株产量的影响

随着锌肥用量的增加两种茄子的结果数、单果重和产量变化趋势相似,即呈典型的抛物线型变化趋势(表 1),当施锌量为 20 mg/kg 时,两种茄子的产量都达到最高。施锌量为 10—40 mg/kg 时两种茄子产量均比不施锌的处理显著增加,增产幅度分别为 11.2%—37.7% 和 30.7%—82.5%,但 3 个处理间差异不显著。施锌量为 80 mg/kg 时两种茄子产量与对照相比显著降低,说明高锌对茄子产生毒害,影响植株生长,导致产量大幅度下降。锌肥施用量与茄子产量间的肥料效应函数为:黑紫茄 $y = -0.0371x^2 + 1.75x + 427.4$, $r = 0.981^{**}$;竹丝茄 $y = -0.041x^2 + 2.19x + 272.2$, $r = 0.961^{**}$;可计算出最高产量和最佳经济效益施锌量均为 20 mg/kg。在

相同施肥条件下,黑紫茄的结果数、单果重和产量都显著高于竹丝茄,生产上获得高产以选用黑紫茄品种为佳。但是,同等条件下施锌后的相对增产率却以竹丝茄(30.7%—82.5%)大大高于黑紫茄(11.2%—37.7%)(表1),这意味着竹丝茄的施锌效益更优。

表1 不同锌水平下茄子产量性状

Table 1 Yields of eggplant in different levels zinc

品种 Variety	Zn 水平 Levels of zinc /(mg/kg)	结果数 Number of eggplant		单果重 Weight of eggplant		产量 Yield	
		/(个/株)	/%	/(g/个)	/%	/(g/株)	/%
黑紫茄 Black-purple eggplant	0	3.6 b	100.0	128.5 c	100.0	462.6 c	100.0
	10	4.2 a	116.7	140.6 a	109.4	590.5 a	127.7
	20	4.4 a	122.2	144.8 a	112.7	637.1 a	137.7
	40	3.8 b	105.6	135.4 b	105.4	514.5 b	111.2
	80	2.8 c	77.8	103.8 d	80.8	290.6 d	62.8
竹丝茄 Bamboo eggplant	0	2.0 c	100.0	99.8 c	100.0	199.6 c	100.0
	10	2.6 b	130.0	112.1 ab	112.3	291.5 ab	146.0
	20	3.0 a	150.0	121.4 a	121.6	364.2 a	182.5
	40	2.4 b	120.0	108.7 b	108.9	260.9 b	130.7
	80	1.8 c	90.0	74.2 d	74.3	133.6 d	66.9

同列数字后不同小写字母表示 Duncan's 新复极差检验 5% 显著水平

2.2 不同供锌水平对茄子营养品质的影响

2.2.1 游离氨基酸

适量增施锌肥能显著降低两种茄子中游离氨基酸含量(表2)。不同施锌水平下黑紫茄3次采收果中游离氨基酸含量呈先下降后上升的趋势,且当施锌量为20 mg/kg时,黑紫茄中游离氨基酸含量最低。施锌量为10—20 mg/kg时,黑紫茄1苔果和2苔果中游离氨基酸含量较低,与其他处理相比差异显著。不同施锌水平下,黑紫茄3苔果中游离氨基酸含量间差异不显著。竹丝茄的变化趋势与黑紫茄基本一致,但竹丝茄果实中游离氨基酸总量在0—40 mg/kg之间呈递减趋势,当施锌量超过40 mg/kg时,其含量随施锌浓度的提高而升高,说明竹丝茄的耐锌能力比黑紫茄强。随着采摘期的延长黑紫茄氨基酸含量呈上升的趋势,而竹丝茄氨基酸含量呈先下降后上升的趋势。

表2 不同锌水平下茄子果实营养品质含量

Table 2 Quality of eggplants in different levels of zinc

品种 Variety	Zn 水平 Levels of zinc /(mg/kg)	果实类型 Stages of eggplants	品质指标 Quality indicators		
			游离氨基酸 Amino acid /(g/kg 鲜重)	维生素 C Vc /(mg/kg 鲜重)	可溶性糖 soluble sugar /%
黑紫茄 Black-purple eggplant	0	1 苔果 1st period	336.7bc	68.0b	2.42a
		2 苔果 2nd period	386.7b	94.5d	3.03bc
		3 苔果 3rd period	424.0 a	121.1d	3.01a
		$\bar{x} \pm S$	382.5±43.8	94.5±26.6	2.82±0.35
	10	1 苔果 1st period	296.7cd	82.7a	2.48a
		2 苔果 2nd period	317.8c	112.3 c	3.14a
		3 苔果 3rd period	411.8 a	135.9c	3.05a
		$\bar{x} \pm S$	342.1±61.3	110.3±26.7	2.89±0.36
	20	1 苔果 1st period	275.4d	87.2a	2.53a
		2 苔果 2nd period	304.4c	125.6ab	3.23ab
		3 苔果 3rd period	394.0 a	142.6ab	3.08a
		$\bar{x} \pm S$	324.6±61.8	118.5±28.4	2.95±0.37
40	1 苔果 1st period	357.6 b	91.0 a	2.45 a	
	2 苔果 2nd period	400.0 b	129.3 a	3.16 ab	
	3 苔果 3rd period	421.1 a	147.7 a	3.10 a	

续表

品种 Variety	Zn 水平 Levels of zinc /(mg/kg)	果实类型 Stages of eggplants	品质指标 Quality indicators		
			游离氨基酸 Amino acid /(g/kg 鲜重)	维生素 C Vc /(mg/kg 鲜重)	可溶性糖 soluble sugar /%
竹丝茄 Bamboo eggplant	80	$\bar{X}\pm S$	392.9±32.3	122.4±28.9	2.90±0.39
		1 苔果 1st period	443.2 a	84.1 a	2.30 b
		2 苔果 2nd period	520.0 a	121.1 b	2.89 c
	0	3 苔果 3rd period	453.8 a	139.2 b	2.96 a
		$\bar{X}\pm S$	472.3±41.6	114.8±28.1	2.72±0.36
		1 苔果 1st period	311.1 a	68.0 c	3.05 c
	10	2 苔果 2nd period	202.2 b	111.5 c	3.23 d
		3 苔果 3rd period	404.4 a	160.3 a	3.05 c
		$\bar{X}\pm S$	305.9±101.2	113.3±46.2	3.11±0.10
	20	1 苔果 1st period	255.6 b	75.0 bc	3.34 b
		2 苔果 2nd period	213.3 b	121.1 b	3.46 c
		3 苔果 3rd period	320.0 bc	163.2 a	3.19 b
	40	$\bar{X}\pm S$	262.9±53.7	119.8±44.1	3.33±0.14
		1 苔果 1st period	241.1 b	87.9 a	3.64 a
		2 苔果 2nd period	217.8 b	121.9 b	3.89 a
	80	3 苔果 3rd period	298.0 cd	172.6 a	3.47 a
		$\bar{X}\pm S$	246.5±41.3	127.5±42.6	3.67±0.21
		1 苔果 1st period	198.3 c	83.1 ab	3.38 b
	20	2 苔果 2nd period	193.3 b	130.7 a	3.67 b
		3 苔果 3rd period	280.7 d	167.7 a	3.50 a
		$\bar{X}\pm S$	229.9±49.1	127.2±42.4	3.52±0.15
	40	1 苔果 1st period	325.5 a	65.9 c	3.09 c
		2 苔果 2nd period	275.6 a	107.1 c	3.30 d
		3 苔果 3rd period	344.0 b	140.0 b	3.16 bc
80	$\bar{X}\pm S$	315.0±35.4	104.3±37.1	3.18±0.11	

表中数据均为 3 次重复平均数,同行数字后不同小写字母表示 Duncan's 新复极差检验 5% 显著水平

2.2.2 维生素 C

增施锌肥均能明显提高两种茄子中维生素 C 的含量(表 2)。不同施锌水平下黑紫茄 3 次采收果中维生素 C 含量均呈抛物线型变化趋势,当施锌量为 40 mg/kg 时黑紫茄中维生素 C 含量最高。竹丝茄的变化趋势与黑紫茄基本一致,但竹丝茄 1 苔果和 3 苔果果实中的维生素 C 含量在施锌量为 20 mg/kg 时达到最高,2 苔果的维生素 C 含量在施锌量为 40 mg/kg 时达到最高。随着采摘期的延长,两个品种茄子中维生素 C 含量逐步升高,两个品种比较,在相同施锌水平竹丝茄中的维生素 C 含量 3 次采摘果平均含量比黑紫茄高。

2.2.3 可溶性糖

不同锌肥用量对茄子可溶性糖含量有显著影响(表 2)。在本试验土壤有效锌低的状况下,随着施锌量的增加,两个品种茄子 3 次采收果实中的可溶性糖含量均呈先上升后下降的趋势。两个品种的前两苔果可溶性糖含量均在施锌量为 20 mg/kg 时达到最高,3 苔果在 40 mg/kg 时达到最高。当施锌量达到 80 mg/kg 时,两种茄子可溶性糖含量下降。

2.3 不同锌水平对茄子果实卫生和保健品质成分的影响

2.3.1 硝酸盐

蔬菜中的硝酸盐一般作为卫生品质指标。两个品种茄子 3 次采收果的测定中,随着施锌量的提高,果实中硝酸盐含量均呈先下降后上升趋势(表 3)。其中黑紫茄在施锌量为 0—20 mg/kg 范围内,随锌肥用量的提高果实中硝酸盐含量逐渐下降(降幅为 6.06%—7.29%),施锌量为 20 mg/kg 时,茄果中硝酸盐含量达到最低。竹丝茄的变化趋势与黑紫茄基本一致,仅 1 苔果的硝酸盐含量在施锌量为 10 mg/kg 时达到最低,2 苔果和 3 苔果在 20 mg/kg 时达到最低。本试验显示在低锌土壤上增施锌水平超过 20 mg/kg 时,两个品种茄子果

实中硝酸盐含量都迅速升高。随着采摘期的延长黑紫茄中硝酸盐含量逐渐上升,竹丝茄 2 苔果中硝酸盐含量最高,3 苔果开始下降,但都在国家规定的限量标准 (GB18406.1—2001) 600 mg/kg 范围内^[2]。综合产量及硝酸盐含量分析,黑紫茄安全食用的最佳采收时期是第 1、2 苔果收获期,而竹丝茄 3 个采果时期均较安全。

2.3.2 黄酮及芦丁

从表 3 可以看出,随着锌肥用量的增加,两个品种茄子果实中黄酮及芦丁含量都呈典型的抛物线型变化趋势。黑紫茄 1 苔果在锌肥用量为 20 mg/kg 时黄酮及芦丁含量达到最高,两个品种茄子其余各采摘期均在施锌量为 40 mg/kg 时茄果中黄酮及芦丁含量达到最高(分别比对照提高 29.6%—52.0% 和 7.4%—44.7%)。随着采摘期的延迟,茄果黄酮和芦丁含量呈上升趋势,3 苔果含量最高,这与黄锡志在绿芦笋上的

表 3 不同锌水平下茄子果实卫生和保健品质成分含量

Table 3 Security and health Quality of eggplants in different levels of zinc

品种 Variety	Zn 水平 Levels of zinc /(mg/kg)	果实类型 Stages of eggplants	品质指标 Quality indicators		
			硝酸盐 Nitrate /(mg/kg 鲜重)	黄酮 flavone /(mg/g 鲜重)	芦丁 Rutin /(mg/kg 鲜重)
黑紫茄 Black-purple eggplant	0	1 苔果 1st period	290.6 a	5.93 d	4.31 c
		2 苔果 2nd period	319.9 a	9.24 d	5.86 b
		3 苔果 3rd period	335.6 a	10.2 c	8.37 d
		$\bar{X}\pm S$	315.4±22.8	8.46±2.20	6.18±2.05
	10	1 苔果 1st period	277.8 ab	6.15 d	5.01 bc
		2 苔果 2nd period	308.7 bc	10.28 c	7.01 b
		3 苔果 3rd period	328.8 a	11.71 b	10.03 c
		$\bar{X}\pm S$	305.1±25.7	9.38±2.89	7.35±2.53
	20	1 苔果 1st period	255.7 c	9.89 a	6.75 a
		2 苔果 2nd period	289.2 d	11.94 b	8.48 a
		3 苔果 3rd period	327.6 a	12.44 b	11.20 b
		$\bar{X}\pm S$	290.9±36.0	11.42±1.35	8.81±2.24
40	1 苔果 1st period	266.0 bc	9.00 b	6.48 a	
	2 苔果 2nd period	301.3 c	12.04 a	9.20 a	
	3 苔果 3rd period	331.2 a	13.22 a	12.09 a	
	$\bar{X}\pm S$	299.5±32.6	11.42±2.18	9.26±2.81	
80	1 苔果 1st period	286.6 a	7.95 c	5.46 b	
	2 苔果 2nd period	314.5 ab	8.56 e	6.56 b	
	3 苔果 3rd period	336.3 a	10.55 c	8.76 d	
	$\bar{X}\pm S$	312.5±24.9	9.02±1.36	6.93±1.68	
竹丝茄 Bamboo Bamboo eggplant	0	1 苔果 1st period	299.3 bc	5.66 c	2.94 d
		2 苔果 2nd period	308.2 ab	8.08 c	5.93 c
		3 苔果 3rd period	280.6 ab	9.42 c	8.14 c
		$\bar{X}\pm S$	295.9±14.1	7.72±1.91	5.67±2.61
	10	1 苔果 1st period	276.3 d	5.99 bc	2.90 d
		2 苔果 2nd period	299.4 b	8.40 c	6.35 bc
		3 苔果 3rd period	268.7 bc	9.95 c	8.53 bc
		$\bar{X}\pm S$	281.5±16.0	8.11±2.00	5.93±2.84
	20	1 苔果 1st period	290.9 c	6.25 b	4.25 c
		2 苔果 2nd period	294.7 b	9.62 b	6.97 ab
		3 苔果 3rd period	258.6 c	11.61 b	8.81 b
		$\bar{X}\pm S$	281.4±19.8	9.16±2.71	6.68±2.29
40	1 苔果 1st period	307.3 ab	7.26 a	6.93 a	
	2 苔果 2nd period	302.3 b	10.29 a	7.43 a	
	3 苔果 3rd period	276.9 ab	13.63 a	9.87 a	
	$\bar{X}\pm S$	295.5±16.3	10.39±3.19	8.08±1.57	
80	1 苔果 1st period	314.9 a	6.42 b	5.42 b	
	2 苔果 2nd period	319.1 a	7.97 c	6.05 bc	
	3 苔果 3rd period	287.1 a	8.86 d	8.23 c	
	$\bar{X}\pm S$	307.0±17.4	7.75±1.23	6.5±1.47	

表中数据均为 3 次重复平均数,同行数字后不同小写字母表示 Duncan's 新复极差检验 5% 显著水平

研究结果相似^[10]。产生这一结果的原因也可能是因为3 苔果的采摘期恰逢重庆地区的高温期,而黄酮和芦丁的含量与温度呈显著正相关。在同等施锌量条件下,两个品种间茄果中黄酮和芦丁含量也有显著性差异,本试验中以黑紫茄3 次采收果平均黄酮含量较竹丝茄高 16.4%。

2.4 不同锌水平对茄子果实矿质品质的影响

2.4.1 锌

由表4 可见,两个品种茄子3 次采收果测定的锌含量变化趋势基本一致,均随施锌量的增加而升高,施锌量为 80 mg/kg 时果实锌含量为对照的4—5 倍。从不同生育期看,两个品种茄子果实中锌含量均随采摘期的延长呈降低趋势,可能因为锌向果实中的转移随产量的增加而下降。两个品种相比较,黑紫茄果实中的锌含量变幅为 0.944—4.43 mg/kg,竹丝茄果实中的锌含量变幅为 1.00—3.34 mg/kg,显然施锌量对黑紫茄的影响大于竹丝茄。

表4 不同锌水平下茄子果实矿质元素含量

Table 4 Mineral Nutrition Quality of eggplants in different levels of zinc

品种 Variety	Zn 水平 Levels of zinc /(mg/kg)	果实类型 Stages of eggplants	矿质品质指标 Quality indicators			
			锌 Zinc /(mg/kg 鲜重)	铁 Fe /(mg/kg 鲜重)	钙 Ca /(mg/kg 鲜重)	
黑紫茄 Black-purple eggplant	0	1 苔果 1st period	1.16 e	1.07 b	51.1 a	
		2 苔果 2nd period	0.871 e	0.952 c	51.4 c	
		3 苔果 3rd period	0.798 e	1.13 c	75.8 b	
		$\bar{X} \pm S$	0.94±0.19	1.05±0.09	59.4±14.2	
	10	1 苔果 1st period	1.48 d	1.43 a	52.5 a	
		2 苔果 2nd period	1.30 d	1.46 b	68.4 a	
		3 苔果 3rd period	1.11 d	1.54 b	77.4 b	
		$\bar{X} \pm S$	1.30±0.19	1.48±0.05	66.1±12.6	
	20	1 苔果 1st period	2.23 c	1.57 a	44.1 b	
		2 苔果 2nd period	1.85 c	1.63 b	62.7 b	
		3 苔果 3rd period	1.76 c	1.72 b	81.5 b	
		$\bar{X} \pm S$	1.95±0.25	1.64±0.08	62.8±18.7	
	40	1 苔果 1st period	3.55 b	1.41 a	36.7 c	
		2 苔果 2nd period	2.44 b	2.02 a	53.4 c	
		3 苔果 3rd period	2.19 b	2.12 a	100 a	
		$\bar{X} \pm S$	2.73±0.72	1.85±0.39	63.4±12.9	
	80	1 苔果 1st period	4.96 a	1.02 b	32.2 d	
		2 苔果 2nd period	4.26 a	1.37 b	44.2 d	
		3 苔果 3rd period	4.08 a	1.72 b	78.9 b	
		$\bar{X} \pm S$	4.43±0.46	1.37±0.35	51.8±14.3	
	竹丝茄 Bamboo eggplant	0	1 苔果 1st period	1.06 e	1.06 c	47.7 b
			2 苔果 2nd period	1.02 e	1.14 d	48.2 c
			3 苔果 3rd period	0.942 e	1.64 c	54.5 c
			$\bar{X} \pm S$	1.01±0.06	1.28±0.32	50.2±3.8
10		1 苔果 1st period	1.56 d	1.32 b	52.2 a	
		2 苔果 2nd period	1.26 d	1.35 c	52.6 b	
		3 苔果 3rd period	1.11 d	1.88 b	64.7 a	
		$\bar{X} \pm S$	1.31±0.23	1.52±0.32	56.5±7.1	
20		1 苔果 1st period	2.08 c	1.51 a	48.7 b	
		2 苔果 2nd period	1.54 c	1.54 b	59.3 a	
		3 苔果 3rd period	1.41 c	2.11 a	66.3 a	
		$\bar{X} \pm S$	1.68±0.36	1.72±0.34	58.1±8.9	
40		1 苔果 1st period	2.37 b	1.38 b	46.2 b	
		2 苔果 2nd period	2.24 b	1.84 a	48.2 c	
		3 苔果 3rd period	2.03 b	2.30 a	60.3 b	
		$\bar{X} \pm S$	2.21±0.17	1.84±0.46	51.6±7.6	
80		1 苔果 1st period	3.50 a	0.944 d	36.6 c	
		2 苔果 2nd period	3.34 a	1.34 c	41.7 d	
		3 苔果 3rd period	3.17 a	1.62 c	50.2 d	
		$\bar{X} \pm S$	3.34±0.17	1.30±0.34	42.8±6.8	

表中数据均为3 次重复平均数,同行数字后不同小写字母表示 Duncan's 新复极差检验 5% 显著水平

2.4.2 铁

增施锌肥不仅能提高茄果中锌的含量,同时也明显影响茄果对铁的吸收(表4)。本试验结果表明,缺锌土壤增施适量锌肥(0—40 mg/kg)显著提高茄果中铁含量,锌肥过量(80 mg/kg)则抑制铁的吸收。两个品种茄子1 苔果在施锌量为20 mg/kg时,茄果中铁含量达到最高;2 苔果和3 苔果在施锌量为40 mg/kg时铁含量达到最高。相同施锌水平下,黑紫茄中铁含量略高于竹丝茄,随着采摘期的延迟,两个品种茄果中含铁量均呈升高趋势。

2.4.3 钙

对3次采收果实钙含量分析的结果表明,施锌量在0—10 mg/kg范围内随锌肥用量的提高,黑紫茄的1 苔果、2 苔果和竹丝茄的1 苔果中钙含量逐渐上升,当锌肥用量超过10 mg/kg后,茄果中钙含量则随施锌量增加而减少;而其余采摘期在施锌量为20 mg/kg时钙含量最高。随着采摘期的延迟,两个品种茄果中含钙量均呈升高趋势。

3 讨论

3.1 锌肥对不同品种茄子的增产作用

锌是蔬菜生长发育必需的微量元素,对植物体内200多种酶起调节、稳定和催化作用^[11]。土壤中有效锌含量过低是造成植物缺锌的主要原因,缺锌土壤上增施锌肥,改善蔬菜光合作用、延长光合时间,从而提高产量^[12-13]。微量元素对作物的效应受施用量和作物种类影响,很多研究发现,适量的微量元素可以促进植株生长、增加产量,过量则抑制其生长并产生毒害作用^[3-5]。本试验结果表明,当施锌量为10—40 mg/kg时,两种茄子的产量均较对照显著提高;当施锌量达到80 mg/kg时,两种茄子的产量开始下降。同等条件下施锌后的相对增产率以竹丝茄大大高于黑紫茄,说明同种作物不同品种对锌的响应程度不同。

3.2 锌肥对不同品种茄子营养品质的作用

茄子是一种蛋白质和氨基酸含量都相当丰富的蔬菜作物,故具有较高的食用和医药价值。游离氨基酸是合成蛋白质的基本单位,并参与多种重要生物大分子原料的合成。但高浓度的氨态氮对植物是有害的,因其能使光合磷酸化或氧化磷酸化解偶联,并能抑制光合作用中水的光解^[14]而影响植物光合作用。本试验研究表明,缺锌土壤增施锌肥(基施<20 mg/kg)降低茄果中游离氨基酸含量,促进蛋白质的合成。锌在蛋白质合成中的重要性表明分生组织中需要较高的锌浓度。

缺锌降低植物组织中醛缩酶活性,进而影响1,6-二磷酸果糖的转化,导致茄子还原糖含量降低^[16]。缺锌土壤增施适量锌肥(基肥<40 mg/kg),茄果中还原糖含量升高。锌对作物维生素C的含量水平有直接的影响^[17-20]。这可能与锌增强植物光合作用、促进光合产物糖形成和转运有关,因为糖是维生素C合成过程中的初级产物^[21]。

3.3 锌肥对不同品种茄子卫生和保健品质作用

蔬菜是人体硝酸盐的主要来源,过量摄入硝酸盐可能诱发消化系统癌症,因此如何降低蔬菜硝酸盐累积是长期以来人们极大关注的问题。施用锌肥可显著降低蔬菜体内的硝酸盐含量,因为蔬菜喷施锌等微量元素肥料,能激活蔬菜体内的硝酸还原酶活性^[2],从而使蔬菜植株的硝酸盐含量下降。本试验中,随着施锌量的提高,两个品种茄子3次采收果中硝酸盐含量均呈先下降后上升趋势,当缺锌土壤上施锌量为20 mg/kg时茄果中硝酸盐含量最低。

黄酮是植物光合作用产生的一类重要的天然有机化合物,在植物界中分布广泛。黄酮具有抗氧化和清除氧自由基而达到抗癌、防癌功效,还可增强机体的免疫系统功能而起到护肝效果^[22]。芦丁是一类较为特殊的黄酮类物质,又名维生素P、芸香苷,也是茄子特有的一种营养物质。具有降低血液胆固醇,增强血管弹性,改善血液循环等作用^[23-24]。近年来,随着人们生活水平的提高,对茄子品质的要求也越来越高,所以黄酮和芦丁含量的高低是衡量茄子品质的一项重要指标。本试验结果表明,缺锌土壤增施锌肥(20—40 mg/kg),茄果黄酮和芦丁含量升高。

3.4 锌肥对不同品种茄子矿质品质作用

锌不仅是植物生长发育必需的微量元素,同时也是人体不可缺少的营养元素^[25],目前我国人体缺锌的问题比较突出^[2]。根据赵定国等^[26]的加富人体营养元素的施肥技术,应当从人体健康需要出发,将营养元素作为肥料用到植物上,以改善人体特殊营养元素(如锌、硒等)的安全供应。因此可通过增施锌肥来提高蔬菜体内锌含量,对改善人体缺锌现状具有十分重要的意义。本试验中,随着施锌量的增加茄子中锌含量升高,大多数处理的茄子具有奢侈吸收锌的能力,施用锌肥有助于茄果中锌的累积,改善人类锌营养,但考虑到经济效益和无公害蔬菜中锌含量最大允许量应 ≤ 20 mg/kg,因此最佳施锌量应控制在 20 mg/kg。

铁是人体必需微量元素之一,几乎所有组织都含有铁,是人体发育的“建筑材料”。茄子果实中的铁含量丰富,是人体摄入铁的一个重要来源。本试验结果显示,缺锌土壤增施锌肥(20—40 mg/kg)有利于茄子对铁的吸收。当施锌量较高(80 mg/kg)时,锌元素与铁元素之间产生同位拮抗作用,游离锌取代螯合态铁中的铁,使铁从螯合态解离出来,从而降低植株地上部分的含铁量。随着采摘期的延迟,两个品种茄果中含铁量均呈升高趋势,但差异不显著。

钙既是生物体内重要的结构组分,参与调节细胞的多种生理过程,同时钙也是人体骨骼的主要成分。本试验发现,钙是茄果中含量很高的一种矿质元素,在测定的 3 个时期茄果钙含量与施锌量(0—20 mg/kg)均呈现显著正相关,过量锌肥施用量(40—80 mg/kg)时抑制茄子对钙元素的吸收。

致谢:重庆市农业科学研究院蔬菜研究所田时炳研究员和罗章勇为本研究提供帮助,特此致谢。

References:

- [1] Long X X, Ni W Z, Yang X E. Studies on the zinc adsorption-desorption characteristics of vegetable garden soils. *Chinese Journal of Soil Science*, 2002, 33(1): 51-53.
- [2] Wang Z Y. *Nutrition and Quality of Vegetables*. Beijing: Science Press, 2009: 207-209.
- [3] Zan Y L, Wang Z H, Mao H, Lyons G. Effect of Se, Zn and Fe application on yield and nutritional quality of maize and soybean. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(1): 252-256.
- [4] Zhou X B, Wu H Y, Hong Y S, Xie F T. Progress on application of selenium to crop. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2002, 4(6): 45-50.
- [5] Zhang H, Li L Q, Li Z H. The effect of spraying zinc and iodine on the accumulation of zinc and iodine yield and the quality of Chinese cabbage. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 1997, 13(1): 140-143.
- [6] Lu R K. *Chemical Analysis of Soil Agricultural*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999: 106-489.
- [7] Yu A P, Zhang D, Guo X H. Determination of total flavonoids in onion extracts by UV spectrophotometry. *China Pharmacy*, 2005, 16(19): 1498-1499.
- [8] Han Y S. *Chemical Experiment Manual of Food*. Beijing: China Agricultural University Press, 1996: 103-104.
- [9] Bai H Y, Xiao J Z. *Experimental Research and Statistical Analysis*. Xi'an: World Book Publishing, 1998.
- [10] Hang X Z. Studies on Quality in Green Asparagus (*Asparagus Officinnalis*. Lili) in Different Harvesting Seasons. Hangzhou: Zhejiang University, 2002: 13-29.
- [11] Zhang F S. Effect of zinc nutritional status on membrane permeability in wheat roots. *Acta Photophysiological Sinica*, 1992, 18(1): 24-28.
- [12] Hao M D, Wei X R, Dang T H. Effect of long-term applying zinc fertilizer on wheat yield and content of zinc in dryland. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2003, 9(3): 377-380.
- [13] Dong X J, Zhou H H, Wang J L, Wei L J, Hao X D, Wang X, Zhao G B. Effects of zinc on development of grain and dry matter accumulation in spring wheat after the ear culture in vitro. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2006, 12(6): 822-825.
- [14] Shi M T, Chen R K. Effects of zinc and boron nutrition on balsam pear (*Momordica charantia*) yield and quality, and polyamines, hormone, and senescence of its leaves. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1): 77-80.
- [15] Kitagishi K, Obata H. Effects of zinc deficiency on the nitrogen metabolism of meristematic tissues of rice plants with reference to protein synthesis. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1986, 32(3): 397-405.
- [16] Verma M P, Sharma R P, Bourcier D R. Macromolecular interactions with cadmium and the effects of zinc, copper, lead, and mercury ions. *Biological Trace Element Research*, 1982, 4(1): 35-43.

- [17] Shi M T, Chen R K. Effect of zinc and boron nutrition on carbon and nitrogen metabolism in leaf of balsam pear. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(2): 198-201.
- [18] Gao J J, Yu X Y. The effects of zinc fertilizer on Rape yield and quality. *Northern Horticulture*, 1998, (5): 16-17.
- [19] Xie J Z, Liu S Q, Li B W, Zhang S T, Zhao X H, Xue B M. Studies on the effects of heavy metal Zn on nutrition quality indicators of non-heading chinese cabbage. *Acta Horticulturae Sinica*, 2004, 31(5): 668-669.
- [20] Hou L P, Wu J H, Li M L, Li Y X. Effects of Zn fertilization on antioxidative capacity and flavor quality of tomato fruit. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(3): 763-767.
- [21] Ave Downing H C. *Fertilizer and Agricultural Products*//Chen Q S, Translated. Beijing: Science Press, 1992: 89-92.
- [22] Sun J H, Zuo C X, Yang S J, Zhong Y, Ding X B. Studies on the chemical constituents of common asparagus bark (*Asparagus officinalis*). *Chinese Tradition and Herbal Drugs*, 1999, 30(12): 36-38.
- [23] Jiangsu New Medical College. *Chinese Medicine Dictionary (part 1)*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1975: 5-5.
- [24] Zhao F, Du Z J, Bian L, Zhang L. The scavenging effect of flavonoids etc. on superoxide radicals with flow-injection chemiluminescent method. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2008, 19(1): 77-78.
- [25] Shi R L, Zou C Q, Zhang F S. Iron and zinc nutrition of grains and human health. *Guangdong Trace Elements Science*, 2006, 13(7): 1-8.
- [26] Zhao D G, Zhou D X. A preliminary discussion on crop fertilization for human nutrition requirement. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2005, 21(2): 115-117.
- [27] Zhang F S. Effect of phytosiderophores on the zinc uptake rate of wheat. *Journal of China Agricultural University*, 1992, 18(2): 206-206.

参考文献:

- [1] 龙新宪, 倪吾钟, 杨肖娥. 菜园土壤锌的吸附-解吸特性研究. *土壤通报*, 2002, 33(1): 51-53.
- [2] 王正银. 蔬菜营养与品质. 北京: 科学出版社, 2009: 207-209.
- [3] 管亚玲, 王朝辉, 毛晖, Lyons G. 施用硒、锌、铁对玉米和大豆产量与营养品质的影响. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(1): 252-256.
- [4] 周勋波, 吴海燕, 洪延生, 谢甫锦. 作物施硒研究进展. *中国农业科技导报*, 2002, 4(6): 45-50.
- [5] 章衡, 李恋卿, 李志宏. 喷施锌、碘对大白菜锌、碘累积量、产量及品质的影响. *农业工程学报*, 1997, 13(1): 140-143.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 106-489.
- [7] 于爱平, 张丹, 郭喜红. 紫外分光光度法测定洋葱提取物中总黄酮的含量. *中国药房*, 2005, 16(19): 1498-1499.
- [8] 韩雅珊. 食品化学实验指导. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 103-104.
- [9] 白厚义, 肖俊璋. 试验研究及统计分析. 西安: 世界图书出版社, 1998: 120-128.
- [10] 黄锡志. 不同采收季节栽培绿芦笋品质性状比较研究. 杭州: 浙江大学, 2002: 13-29.
- [11] 张福锁. 锌营养状况对小麦根细胞膜透性的影响. *植物生理学报*, 1992, 18(1): 24-28.
- [12] 郝明德, 魏孝荣, 党廷辉. 旱地小麦长期施用锌肥的增产作用及土壤效应. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9(3): 377-380.
- [13] 董心久, 周洪华, 王金玲, 魏凌基, 郝向东, 王仙, 赵高博. 离体培养下锌对春小麦子粒形成及干物质积累的影响. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(6): 822-825.
- [14] 施木田, 陈如凯. 锌硼营养对苦瓜产量品质与叶片多胺、激素及衰老的影响. *应用生态学报*, 2004, 15(1): 77-80.
- [17] 施木田, 陈如凯. 锌硼营养对苦瓜叶片碳氮代谢的影响. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(2): 198-201.
- [18] 高俊杰, 于新英. 施锌对油菜生长产量和品质影响. *北方园艺*, 1998, (5): 16-17.
- [19] 谢建治, 刘树庆, 李博文, 张书廷, 赵新华, 薛宝民. 锌处理对白菜营养品质的影响. *园艺学报*, 2004, 31(5): 668-669.
- [20] 厚雷平, 吴俊华, 李梅兰, 李远新. 供锌水平对番茄果实抗氧化性及风味品质的影响. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(3): 763-767.
- [21] 阿夫道宁 H C. 土壤肥料与农产品质量//陈琴笙, 译. 北京: 科学技术文献出版社, 1992: 89-92.
- [22] 孙建华, 左春旭, 杨尚军, 仲英, 丁杏苞. 芦笋茎皮化学成分的研究. *中草药*, 1999, 30(12): 36-38.
- [23] 江苏新医学院. *中药大辞典*, 上册. 上海: 上海科学技术出版社, 1975: 5-5.
- [24] 赵芳, 杜志坚, 边丽, 张铃. 流动注射化学发光法研究黄酮等物质清除超氧自由基的作用. *时珍国医国药*, 2008, 19(1): 77-78.
- [25] 石荣丽, 邹春琴, 张福锁. 籽粒铁、锌营养与人体健康研究进展. *广东微量元素科学*, 2006, 13(7): 1-8.
- [26] 赵定国, 周德兴. 人体营养元素施肥初论. *上海农业学报*, 2005, 21(2): 115-117.
- [27] 张福锁. 植物高铁载体对小麦锌吸收率的影响. *北京农业大学学报*, 1992, 18(2): 206-206.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 20 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

- Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)
- Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)
- Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) using landscape genetics XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)
- Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)
- Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)
- Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)
- Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)
- Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)
- Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)
- Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)
- Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)
- Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts LAN Wenlu (5970)
- Response of radial growth Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)
- Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)
- Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute WANG Yating, FAN Lianlian (5992)
- Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant *Thuja sutchuenensis* LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)
- Effects of shading on growth and quality of triennial *Clematis manshurica* Rupr. HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)
- Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)
- Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)
- Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of *Stipa* L. in alpine grassland in northern Tibet in China CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)
- Water consumption and annual variation of transpiration in mature *Acacia mangium* Plantation ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)
- Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, *Vitex negundo* var. *heterophylla*, to different light environments in the field DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land; determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu; a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth(Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks; the case of Huaibei City	CHANG Hsiaoifei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent; a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model; a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@espg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元