

不同胺鲜酯(DA-6)浓度及施用方式对菠菜生长的影响

孙晓慧^{1,2}, 李成亮¹, 陈剑秋³, 刘龙飞¹, 王秋双¹, 杨帆¹

(1. 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 聊城市产品质量监督检验所, 山东 聊城 252000; 3. 金正大生态工程集团股份有限公司, 山东 临沂 276700)

摘要:以菠菜为试材, 通过盆栽试验, 研究了不同浓度二烷氨基乙醇羧酸酯(DA-6) (0、5、10 mg·kg⁻¹) 和不同施用方式(底施、喷施)对菠菜产量、品质及生理特性的影响。结果表明: 1) 底施 DA-6 浓度为 5、10 mg·kg⁻¹ 时, 与对照 CK1 (底施 DA-6 浓度为 0 mg·kg⁻¹) 相比, 菠菜分别增产 53.05% 和 61.64%, 生物量增幅分别为 14.25% 和 17.82%, 维生素 C 含量分别增加 14.17% 和 34.90%。DA-6 浓度为 10 mg·kg⁻¹ 处理下菠菜硝酸盐含量较对照处理降低 27.14%, 且提升了菠菜叶绿素含量和叶绿素荧光特性, 促进根系生长, 但对菠菜植株全氮含量影响差异不显著; 2) 喷施 DA-6 浓度为 5、10 mg·kg⁻¹ 时, 与对照 CK2 (喷施 DA-6 浓度为 0 mg·kg⁻¹) 相比, 菠菜产量和生物量均减少, 维生素 C 含量降低, 而硝态氮含量升高; 因此, 底施 DA-6 浓度为 10 mg·kg⁻¹ 处理可提高菠菜产量, 提升菠菜品质。

关键词:菠菜; 胺鲜酯; 产量; 品质; 氮含量

中图分类号:S 636.106⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)13-0122-07

菠菜 (*Spinacia oleracea* L.) 属藜科 (Chenopodiaceae) 菠菜属 (*Spinacia* L.) 一年生草本植物, 又名波斯菜、赤根菜、鹦鹉菜等。其生长周期短, 商品化程度高。近年来, 全国各地多利用春、秋低温季节或温室大棚插种 2~3 茬菠菜, 因而种植面积不断扩大, 现已成为大宗出口创汇蔬菜品种之一。由于氮肥用量不当, 常出现产品“总体黄瘦”或“总体贪青”现象, 不能适应加工出口的需要^[1]。因此, 提高菠菜品质及产量具有重要的研究意义。

第一作者简介:孙晓慧(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向为土壤肥料。E-mail: sxh_2014@126.com.

责任作者:李成亮(1976-), 男, 博士研究生, 教授, 研究方向为土壤肥料与环境效应。E-mail: chengliang_li@163.com.

基金项目:山东农业大学泉林黄腐酸肥料工程实验室开发研发基金资助项目(QL2016-17)。

收稿日期:2017-02-28

二烷氨基乙醇羧酸酯(DA-6), 又名胺鲜酯, 是一种新型细胞分裂素类的植物生长调节剂^[2], 具有生长素、赤霉素和细胞分裂素等多种功能。有研究表明, 低浓度 DA-6 对多种植物有调节、控制、促进生长的作用, 可促进碳水化合物代谢和物质积累, 显著提高产量, 并能改善作物品质^[3-5]。同时, DA-6 可以促进植物细胞分裂、伸长以及 C、N 代谢等^[6-7]。DA-6 能在自然界中自然降解, 无毒害、无残留, 同时不含任何激素, 具有安全、高效、价格低廉以及使用方便等特点, 因此具有广阔的应用前景和市场价值^[4]。

DA-6 的推广和应用, 符合我国农业可持续发展的要求, 是大有可为的阳光产业, 其在蔬菜上的应用研究报道较少。目前 DA-6 在农业上的施用方式主要是喷施。该试验选择菠菜作为供试作物, 通过盆栽试验研究了不同 DA-6 浓度以及不同施用方式对菠菜生长的影响, 为 DA-6 在

蔬菜生产中的应用和推广提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在山东省泰安市山东农业大学“土肥资源高效利用国家工程实验室”和“国家缓控释肥工

程技术研究中心”的中试基地(东经 $117^{\circ}8'41.82''$, 北纬 $36^{\circ}9'46.52''$)进行。该地属暖温带半湿润季风型气候, 年均温 13.0°C , 年均降水量 750 mm 。土壤类型为棕壤, 在中国土壤系统分类中属于普通简育湿润淋溶土, 土壤基本理化性质见表 1。

表 1

供试土壤基本理化性质

Table 1

Basic physicochemical properties of tested soil

pH	电导率	全氮含量	硝态氮含量	铵态氮含量	速效钾含量	有效磷含量	有机质含量
(水:土)	Soil conductivity	Total nitrogen content	Nitrate content	Ammonium content	Available K content	Available P content	Soil organic matter
5:1	$/(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})$	$/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	content/%
7.83	274.00	0.26	36.47	35.02	55.07	34.22	0.84

1.2 试验材料

供试菠菜品种为“好农好”。供试土壤采自山东农业大学南校区泰安市南外环路南国家工程实验室肥料养分循环监测站试验田。供试肥料为树脂包膜尿素 PCU(含 N 42%, 25°C 静水测定释放期为 60 d)由金正大生态工程集团股份有限公司无偿提供。胺鲜酯(DA-6)由上海源叶生物科技有限公司生产, 浓度为 98%。

1.3 试验方法

试验为单因素盆栽试验, 设底施、喷施 2 种处理。CK1: 底施 DA-6 浓度为 $0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; D5: 底施 DA-6 浓度为 $5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; D10: 底施 DA-6 浓度为 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; CK2: 喷施 DA-6 浓度为 $0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; P5: 喷施 DA-6 浓度为 $5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; P10: 喷施 DA-6 浓度为 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。每处理 3 次重复。试验所用花盆底部直径 11 cm, 上部直径 16 cm, 高 13 cm。所有肥料作基肥一次性施入盆中, 试验用土与肥料混匀后装入盆中, 每盆装土 1.5 kg。

试验于 2015 年 9 月 7 日选取饱满的菠菜种子直接点种, 每盆 20 粒种子。9 月 24 日间苗, 预留 3 株, 开始第一次喷施 DA-6。选择晴朗的上午或下午在叶片正反面使用手动式小型喷雾器喷施 DA-6, 定植后每隔 10 d 喷 1 次, 分别在 9 月 24 日、10 月 4 日、10 月 14 日喷施。整个生育期内按常规高产栽培模式进行正常的除草、除虫和浇水, 各处理管理措施一致。

1.4 项目测定

于菠菜生长 50 d 后收获, 收获时将菠菜紧贴

土壤表层剪下, 将收获后的菠菜地上部称质量。将菠菜地上部和地下部用水洗净, 105°C 下杀青 30 min, 置于 80°C 烘箱烘干至恒重, 称质量。取一定量鲜样剪碎, 称取 2 g 放入试管, 加入 10 mL 蒸馏水, 沸水浴中煮 30 min 后, 采用水杨酸比色法测定硝酸盐含量。采用 2,6-二硝基苯肼法测定维生素 C 含量, 采用乙醇分离提取测定叶绿素 a 和 b 含量。

将烘干样品粉碎后称取 0.2 g 加入消煮管, 采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 联合消煮法处理, 全自动间断化学分析仪(SmartChem200, AMS-Westco, Italy)测定全氮含量。根系指标使用根系扫描仪(万深 LA-S 根系扫描分析系统)进行测定。叶绿素荧光参数(PS II 实际光化学效率 $\Phi\text{PS II}$ 、PS II 最大光化学效率 F_v/F_m 、PS II 潜在光化学活性 F_v/F_o)使用英国 Hansatech 公司生产的 FMS-2 脉冲调制式荧光仪测定。

1.5 数据分析

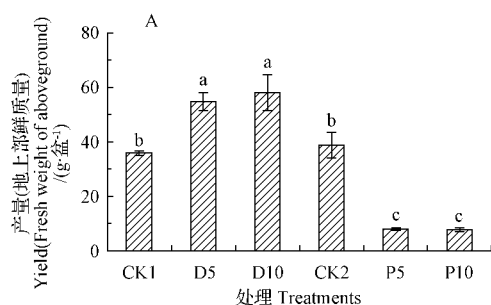
试验数据采用 Excel 2003 和 SAS 8.0 软件处理和统计分析, 采用 ANOVA 进行方差分析, 不同处理间采用 Duncan's Multiple Range Test 法检验各处理平均数在 $P<0.05$ 水平的差异显著性。使用 Origin 8.5 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对菠菜产量和生物量的影响

与 CK1 相比, 底施 DA-6 增加了菠菜产量和生物量, 喷施 DA-6 并没有增加菠菜产量, 反而有

降低的趋势(图 1A)。与 CK1 相比,D5 和 D10 处理菠菜产量增幅分别为 53.05%和 61.64%。D10 处理菠菜产量较 D5 处理有增加的趋势,但差异不显著。与 CK2 相比,P5 和 P10 处理菠菜产量的降低幅度分别为 79.56%和 80.30%,且达差异显著水平;P5 与 P10 处理差异不显著。相同 DA-6 浓度,底施处理较喷施处理菠菜产量显著提高。CK1、D5 和 D10 处理每盆菠菜生物量分别为 8.98、10.26 和 10.58 g(图 1B)。与 CK1 相比,D5 和 D10 处理提高了菠菜生物量,其提高幅度分别为 14.25%和 17.82%,D5 和 D10 处理差异不显著。CK2、P5 和 P10 处理菠菜生物量分别为 8.56、2.87、2.19 g。与 CK2 相比,P5 和 P10 处理显著降低了菠菜生物量,P5 和 P10 处理差异不显著。



2.2 不同处理对菠菜品质的影响

底施 DA-6 处理显著提高了菠菜中维生素 C 含量(图 2A)。与 CK1 相比,D5 和 D10 处理菠菜维生素 C 含量分别增加了 14.17%和 34.90%,D10 与 CK1 处理差异显著。CK2、P5、P10 处理菠菜维生素 C 含量分别为 162.01、54.44、85.78 mg · (100g)⁻¹。与 CK2 相比,P5、P10 处理菠菜维生素 C 含量降幅分别达 66.40%、47.05%,表明喷施 DA-6 显著降低菠菜维生素 C 含量。底施 DA-6 显著降低了菠菜硝态氮含量,随着 DA-6 浓度的增加,菠菜硝态氮含量呈逐渐降低的趋势(图 2B)。与 CK1 相比,D10 处理显著降低了菠菜硝态氮含量。与 CK2 相比,P5 和 P10 处理显著提高了菠菜硝态氮含量,其增幅分别为 68.33%和 77.27%。

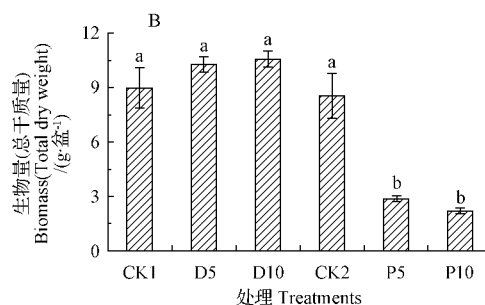


图 1 不同处理菠菜产量(地上部鲜质量)和生物量(总干质量)

Fig. 1 Yields (fresh weight of aboveground) and biomass (total dry weight) of spinach under different treatments

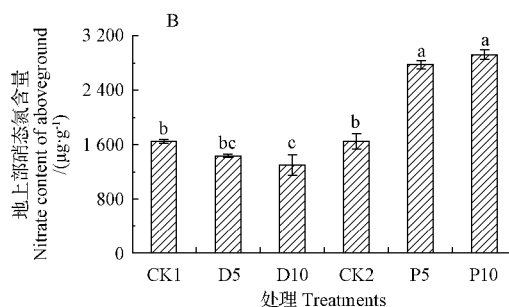
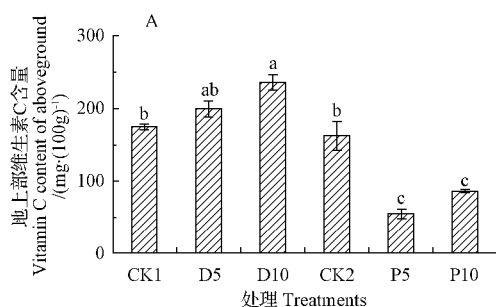


图 2 不同处理菠菜地上部维生素 C 和硝态氮含量

Fig. 2 Contents of vitamin C and nitrate of aboveground of spinach under different treatments

2.3 不同处理对菠菜植株全氮含量的影响

喷施 DA-6 可显著增加菠菜地上部全氮含量(图 3A)。与 CK1 相比,D5 和 D10 处理提高了菠菜地上部全氮含量,提升幅度分别为 1.88%和

6.36%,且 D10 与 CK1、D5 处理差异显著。与 CK2 和 P10 处理相比,P5 处理显著提高了菠菜地上部全氮含量,增幅分别为 7.87%和 11.38%;与 CK2 处理相比,P10 处理降低了菠菜地上部全

氮含量,降幅达 3.15%。底施 DA-6 显著增加了菠菜地下部全氮含量(图 3B)。与 CK1 相比,D5 和 D10 处理显著提高了菠菜地下部全氮含量,提高幅度分别为 23.83%和 37.72%。与 D5 处理

相比,D10 处理显著提高了菠菜地下部全氮含量。与 CK2 相比,P5 和 P10 处理显著降低了菠菜地下部全氮含量,降低幅度分别为 14.84%和 50.04%。

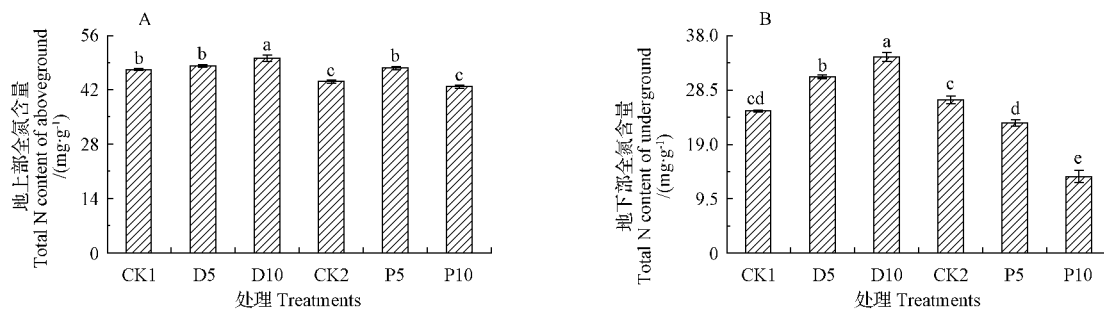


图 3 不同试验处理菠菜植株地上部和地下部全氮含量

Fig. 3 Contents of total nitrogen of the aboveground and the underground of spinach under different treatments

2.4 不同处理对菠菜叶绿素含量及叶绿素荧光特性的影响

底施 DA-6 处理显著增加了菠菜叶绿素含量,喷施 DA-6 处理显著降低了菠菜叶绿素含量(图 4)。与 CK1 相比,D5 和 D10 处理菠菜叶绿素 a 含量增幅分别为 2.18%和 8.96%,且差异不显著。与 CK2 相比,P5 和 P10 处理菠菜叶绿素 a

含量降幅分别为 42.74%和 43.84%,且差异显著。与 CK1 相比,D5 和 D10 处理菠菜叶绿素 b 含量增幅分别为 11.60%和 6.91%,D5 处理显著增加了叶绿素 b 含量。与 CK2 相比,P5 和 P10 处理菠菜叶绿素 b 含量降幅分别为 36.95%和 48.09%,且差异显著,但 P5 和 P10 处理差异不显著。

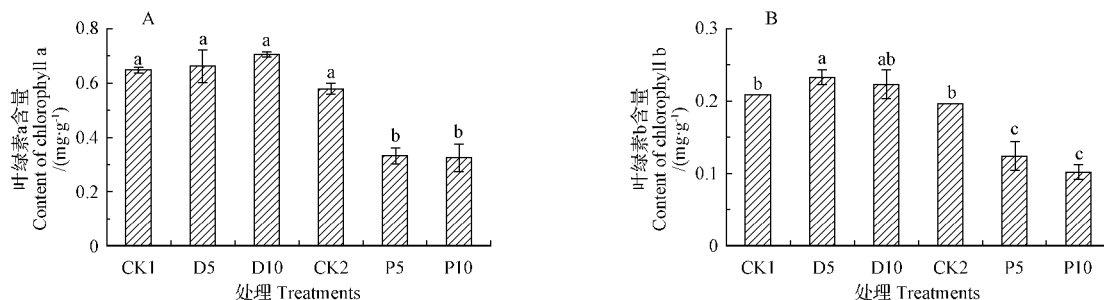


图 4 不同处理下菠菜叶片叶绿素 a 和叶绿素 b 含量

Fig. 4 Contents of chlorophyll a and b of spinach leaves under different treatments

叶绿素荧光指标反映了叶片光合作用过程中光系统对光能的吸收、传递、分配等^[5]。与 CK1 相比,D5 处理菠菜 PS II 最大光化学效率(F_v/F_m)、PS II 潜在活性(F_v/F_o)、光化学淬灭系数(qP)、非光化学淬灭系数(qN)分别增加了 2.55%、21.86%、87.61%、1.56%,且 F_v/F_o 、 qP 、 qN 均差异显著(表 2)。与 CK1 相比,D10 处理显著提高了光化学淬灭系数(qP)。荧光参数 F_v/F_m

能反映 PS II 原初光能转化效率,是反映光抑制程度的良好指标和探针。因此,适量底施 DA-6 能增加叶片的叶绿素荧光参数,从而提高叶片的光合性能。与 CK2 相比,P5 与 P10 处理显著降低了各项荧光叶绿素指标。

2.5 不同处理对菠菜根系特征指标的影响

通过对比可以看出,菠菜根系特征参数不同处理之间显著差异(表 3)。D5 和 D10 处理菠菜

主根长分别为 1 700.04 cm 和 2 566.24 cm,与 CK1 相比,分别增加 30.57%和 97.0%。底施 DA-6 有利于提高根系的投影面积、表面积和体积。

与 CK1 相比,D10 处理根投影面积、表面积

和体积差异显著,增幅分别是 97%、100.73%、82.8%。与 CK1 相比,D10 处理菠菜根尖数提高了 0.242 倍。与 CK2 相比,P5 和 P10 处理对菠菜根系的生长均有抑制作用,且差异显著,P5 与 P10 处理差异不显著。

表 2 不同处理菠菜叶绿素荧光特性

Table 2 Chlorophyll fluorescence of spinach under different treatments

处理 Treatment	PSⅡ量子产额 ΦPSⅡ	PSⅡ最大光化学效率 Fv/Fm	PSⅡ潜在活性 Fv/Fo	光化学淬灭系数 qP	非光化学淬灭系数 qN
CK1	0.781 7a	0.864 0a	6.620 1b	90.965 0b	0.925 4b
D5	0.781 7a	0.886 0a	8.067 4a	170.660 0a	0.939 9b
D10	0.758 0a	0.868 3a	6.631 9b	168.245 0a	0.885 5b
CK2	0.770 0a	0.873 5a	7.010 3b	71.645 0b	0.940 2b
P5	0.420 0b	0.523 5b	1.806 2c	59.570 0bc	1.372 5a
P10	0.357 5c	0.445 5c	1.735 3c	32.458 4c	1.550 0a

注:同列中不同字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

表 3 不同处理间菠菜根系参数

Table 3 Root parameters of spinach under different treatments

处理 Treatment	根长 Root length/cm	表面积 Surface area/cm ²	体积 Volume/cm ³	平均直径 Mean diameter/mm	投影面积 Area of contour/cm ²	根尖数 Root tip number
CK1	1 302.63b	116.72b	1.33bc	0.32a	33.14ab	4 096.50b
D5	1 700.04ab	165.71ab	1.94ab	0.34a	54.03a	3 970.67b
D10	2 566.24a	234.29a	2.42a	0.33a	61.87a	5 089.00a
CK2	1 226.52bc	104.93bc	1.01cd	0.31a	33.40ab	2 602.67c
P5	359.25cd	30.25cd	0.29d	0.30a	9.63b	1 215.00d
P10	218.33d	18.65d	0.18d	0.30a	5.94b	64 133.00d

3 结论与讨论

与 CK1 相比,底施 DA-6 菠菜产量增加 53.05%~61.64%,可能是因为 DA-6 主要通过促进菠菜根系生长,提高根系活力,进而促进菠菜生长。底施与喷施同浓度 DA-6 的菠菜产量差异显著,可能是由于喷施高浓度 DA-6 对叶面产生毒害,造成菠菜生长缓慢,叶子发黄,且维生素 C 含量低,硝酸盐含量高,不仅减少了菠菜产量,而且降低了菠菜品质。这与张志芳等^[9]在番茄上的研究不同,可能与试验过程中的土壤肥力、土壤水分含量等有关。该试验中菠菜叶片中硝酸盐含量最高达 $2\,923.39\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$,低于国家安全标准 ($\leq 3\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$)^[10],未产生硝酸盐含量超标的风险。张春娟等^[11]研究表明,喷施 DA-6 可提高马铃薯块茎淀粉、可溶性蛋白质、维生素 C 含量;单守明等^[12]研究也发现,DA-6 可显著提高

草莓果实可溶性糖含量,改善草莓品质;梁广坚等^[13]研究认为,DA-6 可增加菠菜叶片可溶性糖和维生素 C 含量。该试验结果表明,底施 DA-6 均提高了菠菜维生素 C 含量,降低了硝酸盐含量。该试验各处理之间菠菜全氮含量差异不显著,可能因为试验所用底肥相同,且无有机质施入。由此可见,底施适量 DA-6 能改善菠菜品质,提高其营养价值。

冯乃杰等^[14]、聂乐兴等^[15]、欧阳立明等^[16]研究证实,DA-6 可显著促进大豆、黄瓜根系的生长,并提高玉米的根系活力,有利于提高根系深度下扎,促进根系纵向生长。该试验底施 DA-6 的菠菜地下部生长较好,增强了对肥水的吸收能力,进而促进生长,不仅增加产量,而且提高了菠菜地下部全氮含量。随着喷施 DA-6 浓度的升高,菠菜地下部全氮含量逐渐降低,产生这种结果的原因可能是喷施处理菠菜长势不佳,对地下部的生

长有所影响。

综上所述,在种植菠菜上,底施 DA-6 可显著增加菠菜产量和生物量,改善菠菜品质。与 CK1 相比,底施 DA-6 菠菜产量提高了 53.05%~61.64%,生物量提高 14.25%~17.82%,显著增加了菠菜叶片维生素 C 含量,降低了硝酸盐含量,增强了菠菜光合能力,促进了根系生长。喷施 DA-6 对菠菜增产效果不明显,对菠菜品质改善无效果。因此,在菠菜生产过程中推荐使用底施 DA-6 浓度为 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,既能提高菠菜产量,又可改善其营养品质。

参考文献

- [1] 闫凤玲,李春茂,李秀玉,等.菠菜氮肥用量试验[J].山东蔬菜,1999(1):30-31.
- [2] 吴燕,耿书德,史长江,等. DA-6 对滁菊幼苗生长及叶片氮代谢的影响[J].核农学报,2014,28(12):2283-2289.
- [3] POLING S M, HSU W J, YOKOYAMA H. Synthetic bio-regulators of polycis carotenoid biosynthesis[J]. Phytochemistry, 1982,21:601-604.
- [4] 苗鹏飞,刘国杰,李绍华,等. DA-6 对秋季草莓叶片光合速率和植株生长的影响[J].应用生态学报,2007,18(12):2722-2726.
- [5] 吕建洲,薛秀春,张爱莲. DA-6 对圆柏生长及生理活性的调控[J].植物研究,2000,20(1):73-78.
- [6] 王铭琦.新型植物生长调节剂 DA-6 的合成与活性研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2006.
- [7] 杨清,艾沙江·买买提,王志霞,等. DA-6 对桃树叶片叶绿素合成途径的调控研究[J].园艺学报,2012,17(4):621-628.
- [8] 张守仁.叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J].植物学通报,1999,16(4):444-448.
- [9] 张志芳,贾海丽,张小会. DA-6 对番茄生长的影响[J].现代农业科技,2012(6):193-195.
- [10] 张万杰,李志芳,张庆忠,等.生物质炭和氮肥配施对菠菜产量和硝酸盐含量的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(10):1946-1952.
- [11] 张春娟,冯乃杰,郑殿峰.叶面喷施植物生长调节剂对马铃薯产量及品质的影响[J].中国蔬菜,2009(14):43-48.
- [12] 单守明,刘国杰,李绍华. DA-6 对温室桃树光合作用和叶绿体活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(6):1237-1241.
- [13] 梁广坚,李芸瑛,邵玲. DA-6 和 BR+GA₃ 对菠菜生长和光合速率的影响[J].园艺学报,1998,25(4):356-360.
- [14] 冯乃杰,阎秀峰,郑殿峰,等.两种植物生长调节剂浸种对大豆根系解剖结构的影响[J].植物生理学通讯,2010,46(7):687-692.
- [15] 聂乐兴,姜兴印,吴淑华,等.胺鲜酯对高产夏玉米产量及叶片光合羧化酶和保护酶活性的影响[J].应用生态学报,2010,21(10):2558-2564.
- [16] 欧阳立明,张舜杰,陈剑峰,等.不同植物生长物质对水培黄瓜幼苗生长和根系发育的影响[J].中国农学通报,2010,26(3):161-166.

Effects of Different DA-6 Concentrations and Application Methods on Growth of Spinach

SUN Xiaohui^{1,2}, LI Chengliang¹, CHEN Jianqiu³, LIU Longfei¹, WANG Qiushuang¹, YANG Fan¹

(1. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer, College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018; 2. Liaocheng Product Quality Supervision & Inspection, Liaocheng, Shandong 252000; 3. Kingenta Ecological Engineering Group Co. Ltd., Linyi, Shandong 276700)

Abstract: Taking spinach as test material, the effects of different DA-6 concentrations ($0, 5, 10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and application methods (bottom application and spraying) on yield, quality and physiological characteristics of spinach were studied by pot experiment. The results showed that the yield of spinach was increased with increasing DA-6 concentration, and the quality of spinach was also improved. Compared with the CK1 (basal application of DA-6 concentration was $0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), the spinach yield with $5, 10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DA-6 concentration were increased by 53.05% and 61.64%, and the biomass were enhanced by 14.25% and 17.82%, the vitamin C content of leaf were increased by 14.17% and 34.90%, respectively. $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DA-6 treatment decreased by 27.14% of nitrogen content in spinach leaf under the control treatment, and enhanced the spinach chlorophyll content and chlorophyll fluorescence characteristics, and promoted root growth. But there was no significant

doi:10.11937/bfyy.20164834

浙江省杭嘉湖平原生态资产评估研究

苏小亚¹, 刘芳¹, 卢剑波^{1,2}

(1. 杭州师范大学 生命与环境科学学院, 浙江 杭州 310036; 2. 杭州师范大学 钱江学院, 浙江 杭州 310036)

摘要:杭嘉湖平原作为浙江北部城市发展的核心区域,欲在城镇快速发展的大背景下探究区域生态服务价值的变化状况,定量分析该区的生态服务价值变化状况,现通过对下载自美国地质勘探局的1974、1983、1995、2002、2015年5个时期遥感影像,对41年的影像进行分类,分析杭嘉湖平原地区的土地覆被的变化(LUCC)。结果表明:1974—2015年湿地面积减少113.2 km²,农业用地面积减少941.2 km²,空地面积减少269.4 km²,建设用地和林地面积分别增加1 298.9、24.9 km²。相应的生态资产总量变化分别为-11.6、-10.6、-0.18、0.89、0.89亿元,杭嘉湖平原区生态服务资产总额总体减少了20.6亿元。因此生态用地的大量被侵占对地区生态服务价值的提升极为不利,主要是地区经济的发展和人为的开发程度提高导致区域内的生态服务价值不断递减,其中研究区内湿地与农业生态用地大量减少是主要原因,今后在开发利用过程中应对区内生态用地进行科学适当合理的利用与保护。

关键词:土地覆被变化;杭嘉湖平原;生态服务价值

中图分类号:S0 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)13-0128-07

生态服务功能(ecosystem service value, ESV)为生态系统以及生态过程所形成的维持人类生存的自然环境条件与效用^[1]。最早在19世纪70年代提出,1998年COSTANZA等^[2]提出并建立了全球尺度的生态系统服务功能评价模型,虽然对生态服务价值的评价有能值分析法、物

质量评价法、价值量评价法^[3-6],但是COSTANZA的模型是被国内外学者较为普遍接受并且广泛应用于目前的生态服务价值的评价当中。随着经济的不断发展,人类对待价值的认识有了很大的变化,对于自然资源的价值认识也是其中的重要反映。改革开放后,我国经济得到了迅速的发展,伴随着经济水平的提高,科学技术的发展以及城市化的不断推进,赖以生存和发展的土地类型也发生了很大的变化。土地利用的变化对目前的生态服务价值的影响已经被国内外学者所关注,并逐渐成为目前地理和生态以及人文社会科学领域的热点。目前国内外学者对全球或者区域的尺

第一作者简介:苏小亚(1991-),男,福建宁德人,硕士研究生,研究方向为景观生态学。E-mail:sxyhznu@163.com.

责任作者:卢剑波(1963-),男,浙江淳安人,博士,教授,研究方向为景观生态学与遥感应用。E-mail:jianbo.lu@hznu.edu.cn.

收稿日期:2017-02-03

difference of the total nitrogen content in spinach plants between 10 mg · kg⁻¹ DA-6 treatment and the control; 5, 10 mg · kg⁻¹ DA-6 spraying treatments significantly reduced yield and biomass of spinach in comparison with the CK2 (the concentration of DA-6 was 0 mg · kg⁻¹), the vitamin C content in leaf was decreased while the nitrogen content in leaf increased. Therefore, the basal application of 10 mg · kg⁻¹ DA-6 could not only improve the yield of spinach, but also enhance the quality of spinach.

Keywords: spinach; DA-6; yield; quality; nitrogen content