

何梅琳, 田 雪, 江 杰, 等. 基于海带渣制备的叶面肥对彩椒和茭白生长和品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(3): 675-680.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2020.03.020

## 基于海带渣制备的叶面肥对彩椒和茭白生长和品质的影响

何梅琳<sup>1,2</sup>, 田 雪<sup>1</sup>, 江 杰<sup>3</sup>, 王长海<sup>1,2</sup>

(1.南京农业大学资源与环境科学学院,江苏省海洋生物学重点实验室,江苏 南京 210095; 2.南京农业大学,江苏省有机固体废物资源化协同创新中心,江苏 南京 210095; 3.山东胜伟盐碱地科技有限公司,山东 潍坊 261108)

**摘要:** 以海带渣为原料,采用酶解方法制备海带渣提取物(KWE)作为海藻叶面肥,在大田试验中研究稀释不同倍数(10、30、50倍,分别简称KWE10、KWE30和KWE50)的KWE喷施对彩椒和茭白的生长发育、营养特性的影响,发现KWE对彩椒和茭白的生长有显著的促进作用。与未喷施KWE的对照相比,KWE10、KWE30、KWE50处理的彩椒株高增长量比对照分别提高14.77%、11.92%和8.38%,彩椒叶片增长量分别提高9.60%、33.90%和26.71%,彩椒单果质量分别增加18.28%、10.08%和7.93%。喷施KWE对彩椒各品质指标有明显改善作用。KWE10处理对提高彩椒维生素C含量和降低硝酸盐含量效果最佳,维生素C含量比对照提高24.70%,硝酸盐含量降低28.16%。此外,KWE喷施后,彩椒可溶性糖含量显著提高93.7%~128.0%,可溶性蛋白质含量提高25.78%~30.73%。KWE10处理和KWE30处理可提高茭白株高增长量7~9 cm,在分蘖期平均增加1~2个分蘖,但对叶面积无显著效果。喷施试验浓度的KWE对茭白品质的改善不显著。

**关键词:** 海带渣; 液肥; 彩椒; 茭白; 生长; 品质

**中图分类号:** S641.3, S645.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4440(2020)03-0675-06

## Effects of foliar fertilizer produced from kelp waste on the growth and quality of color pepper and water bamboo

HE Mei-lin<sup>1,2</sup>, TIAN Xue<sup>1</sup>, JIANG Jie<sup>3</sup>, WANG Chang-hai<sup>1,2</sup>

(1. Jiangsu Key Laboratory of Marine Biology, College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Jiangsu Collaborative Innovation Center for Solid Organic Waste Resource Utilization, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3. Shandong Sunway Saline-Alkali Land Technology Co., Ltd., Weifang 261108, China)

**Abstract:** Kelp waste extracts (KWE) were generated by enzymolysis and were applied as foliar fertilizer in field experiments to study the effects of KWE on the growth and quality of color pepper and water bamboo in this work. KWE was diluted by 10 times, 30 times and 50 times (KWE10, KWE30 and KWE50) and sprayed on color pepper and water bamboo. Results showed that KWE could significantly improve the plant growth of both color pepper and water bamboo. Compared with the control group, the plant height increment of color pepper was promoted by 14.77%, 11.92% and 8.38%, the increment of leaves was increased by 9.60%, 33.90% and 26.71%, and the single fruit weight was improved by 18.28%, 10.08% and 7.93% under treatments of KWE10, KWE30 and KWE50 respectively. The treatment of spraying KWE could significantly improve the quality of color pepper. KWE10 showed the optimal effect on increasing vitamin C content and reducing the nitrate content, with an increase of

收稿日期: 2019-08-07

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31770436)

作者简介: 何梅琳(1987-), 女, 广西容县人, 博士, 副教授, 主要从事藻类生物技术研究。(E-mail) hemeilin@njau.edu.cn

通讯作者: 王长海, (E-mail) chwang@njau.edu.cn

24.70% in vitamin C content and a decrement of 28.16% in nitrate content, compared with the control. In addition, the soluble sugar content of color pepper exhibited an increase of 93.7%~128.0%, and the soluble protein content showed an enhancement of 25.78%~30.73% under KWE treatments.

There was an elevation in the plant height increment of water bamboo by 7–9 cm and a increase in the tiller number by 1–2 at tillering stage under treatments of KWE10 and KWE30, while there was no significant effect on leaf area. The quality of water bamboo was not improved greatly under treatments with tested concentration of KWE.

**Key words:** kelp waste; liquid fertilizer; color pepper; water bamboo; growth; quality

中国海带的种植规模、产量均居世界首位<sup>[1]</sup>。近年来中国海带加工行业每年至少产生 $1.0 \times 10^5$  t 的废弃物,即海带渣。海带渣是海藻酸钠生产过程中产生的不溶性组分,以及胶液经过稀释、发泡漂浮处理后产生的悬性固体<sup>[2]</sup>,其中含有大量的粗纤维、蛋白质、无机盐、氨基酸、残余褐藻多糖和植物生长调节剂(植物生长素和脱落酸等)等成分,并含有陆地植物无法比拟的数十种矿质元素,如钠、磷、钾、镁、铁、锰、锌、硼、碘等<sup>[3]</sup>。在海藻加工行业海带渣大部分都作为废弃物排放,造成环境污染和资源浪费。

基于海藻提取物的海藻肥在种植业的应用已得到多个国际组织和政府的认可。欧盟 IMO 认证、OMIR 认证和中国有机食品技术规范等均允许海藻制品作为土壤培肥和改良物质,允许使用于作物病虫害防治中。从海藻中提取的生理活性物质被应用于农业和园艺作物上,可产生多种有益效果,如提高种子发芽率,促进幼苗生长,增产增质<sup>[4]</sup>,促进作物养分吸收<sup>[5]</sup>,并增强作物对环境压力的耐受性,如耐盐<sup>[6]</sup>、抗病能力等<sup>[7-8]</sup>。

本研究以本实验室(江苏省海洋生物学重点实验室)研制的基于海带渣制备的提取物(KWE)为液肥材料,选择彩椒、茭白幼苗进行叶面喷施试验,探讨不同浓度海藻液体肥对蔬菜幼苗生长和果实品质的影响,为海藻液体肥在蔬菜上使用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 海带渣提取物的制备

试验所用干海带渣从山东结晶股份有限公司购置,经粉碎后过 40 目标准筛。按料液比 1:15(质量比)的比例将海带渣粉末与磷酸缓冲液( $0.2 \text{ mol/L NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , pH 5.0)混合。参照郑世燕<sup>[9]</sup>的方法采用酶解法降解海带渣中残留的纤维素、海藻多糖及蛋白质等大分子有机物,获得的上清液即海带渣提取物(KWE)作为试验用海藻叶面肥原液,置于 $-20^\circ\text{C}$ 保存备用。海藻叶面肥成分见本实验室前期研究报道<sup>[10]</sup>。

### 1.2 供试材料

试验地点:于 2016 年 11 月–2017 年 9 月在常

州市金坛市进行试验。彩椒试验小区设在农民种植的大棚内,茭白试验小区设在露天水田内,且两年内未进行肥效试验。土壤理化性质:全氮( $3.23 \pm 0.14$ ) g/kg,全磷( $0.43 \pm 0.01$ ) g/kg,全钾( $5.58 \pm 0.20$ ) g/kg,有机质( $3.11 \pm 0.53$ ) g/kg,速效磷( $3.28 \pm 0.29$ ) mg/kg,速效钾( $0.14 \pm 0.01$ ) g/kg,碱解氮( $41.97 \pm 0.90$ ) mg/kg, pH 值 $8.03 \pm 0.02$ 。彩椒品种为曼迪,茭白品种为浙大 2 号。

### 1.3 试验设计

海藻叶面肥原液使用前分别稀释 10 倍、30 倍、50 倍(简称 KWE10、KWE30、KWE50),在当地农民正常施肥的基础上进行叶面喷施。

**1.3.1 彩椒幼苗喷施海藻叶面肥试验** 设置 5 个喷施处理:清水对照(CK)、KWE10、KWE30、KWE50 和市场上某品牌有机液肥(简称 P)。每个处理 3 次重复,随机区组排列,每个小区 16 株。在彩椒移栽后喷施第 1 次,之后每隔 10 d 喷施 1 次(至收获果实前共喷施 6 次),并测量株高及叶片数,统计喷施后的株高增长量、叶片增加量及单果质量。

**1.3.2 茭白幼苗喷施海藻叶面肥试验** 设置 3 个处理:清水对照(CK)、KWE10、KWE30,每个处理 3 次重复。每个小区为一垄,约为 $15 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ,在每个小区随机选择 5 株,并挂上标好序号的标牌。在茭白移栽至水田第 1 次叶面喷施后,按照茭白的生长期,避开雨天定期喷施(约每隔 15 d),并统计倒数第 3 片叶片的长和宽、株高(将茭白所有叶片捋起到最高点所达到的高度)及分蘖数,计算倒三叶叶面积(长 $\times$ 宽 $\times 0.78$ )的增加值、茭白株高增长量及分蘖的增加数。

### 1.4 硝酸盐含量测定

采用高效液相色谱法<sup>[11]</sup>测定硝酸盐含量。将洗净、晾干、切碎的样品用组织匀浆机打碎制成匀浆样。称取 5 g 匀浆样于烧杯中,加入 5 ml 饱和硼砂溶液和热水( $70 \sim 80^\circ\text{C}$ ) 100 ml,置沸水浴中加热 15 min。冷却至室温后加入 10 ml 亚铁氰化钾溶液、10 ml 乙酸锌溶液和 2 g 活性炭粉,充分摇匀,用水定容至 250 ml,抽滤获得无色清亮提取液,经  $0.45 \mu\text{m}$  滤膜过滤后直接用高效液相色谱仪(Agilent 1200)

测定。色谱柱和测定条件为:安捷伦 SB-AqC18 柱 (250 mm×4.6 mm×5 μm),柱温 (25±1) °C,进样量 20 μl,流动相为 0.03 mol/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>缓冲液 (pH3.3),流速 1 ml/min,检测波长为 204 nm。

### 1.5 可溶性糖和蛋白质含量测定

称取 0.2 g 新鲜样品,加入 5~10 ml 蒸馏水,于沸水中提取 30 min(提取 2 次),提取液过滤入 25 ml 容量瓶中,定容至刻度。吸取 0.5 ml 样品液,移入试管中,加蒸馏水 1.5 ml。采用苯酚硫酸法测定可溶性糖含量<sup>[12]</sup>,在 485 nm 波长下测定吸光值,根据现配标定的葡萄糖标准曲线计算测试样品中可溶性糖含量。

称取冷冻干燥样品 0.1 g 加入 8 ml 去离子水,冰浴超声波 (400 W) 破碎后离心,取上清液定容至 10 ml,即为待测样品蛋白质提取液。取 1.0 ml 提取液,加入 5.0 ml 考马斯亮蓝 G-250 试剂,充分混合,放置 5 min 后测定 595 nm 波长下吸光值( $A_{595}$ )。根据牛血清蛋白标准曲线计算蛋白质含量。

### 1.6 维生素 C (V<sub>C</sub>) 含量测定

茭白 V<sub>C</sub> 含量测定:称取茭白鲜样品 10 g,加入 5 ml 2% 草酸溶液用研钵研碎,转入 100 ml 容量瓶中,用 2% 草酸溶液定容后过滤,取滤液 10 ml,根据《植物生理生化实验原理和技术》<sup>[12]</sup> 中抗坏血酸测定法测定茭白 V<sub>C</sub> 含量。

彩椒 V<sub>C</sub> 含量测定:称取鲜样品 1 g,加入 0.04 mol/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 溶液冰浴研磨至匀浆,转入离心管中超声波振荡 20 min,于 4 °C、15 000 r/min 离心 20 min,取上清液,残渣重复提取 2 次,合并上清液定容至 10 ml 容量瓶中。0.45 μm 微孔滤膜过滤后用高效液相色谱仪 (Agilent 1200) 测定 V<sub>C</sub> 含量。色谱柱和测定条件为:安捷伦 SB-AqC18 柱 (250 mm×4.6 mm×5 μm),流动相 0.05 mol/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: 甲醇

(95:5,体积比),流速 1 ml/min,柱温 (25±1) °C,检测波长 265 nm,进样量 10 μl。

### 1.7 数据处理与分析

采用 SPSS19.0 统计分析软件对数据进行单因素方差分析 (ANOVA, LSD 法),  $P < 0.05$  表示处理间差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 海藻叶面肥喷施对彩椒和茭白生长的影响

施肥 10~20 d,与 CK 相比,喷施不同浓度的 KWE 和商用 P 肥对彩椒株高的生长量无显著影响 (表 1)。施肥 30 d 时,KWE10 处理的株高增长量显著高于对照,但其他处理与对照相比无显著差异。施肥 40 d 时,KWE30 处理的株高增长量略高于 CK,施肥 50 d 后则显著高于 CK。但 KWE50 处理和商用 P 肥处理在施肥 50 d 后,其株高增长量仅略高于 CK。在整个施肥期,KWE10 处理和 KWE30 处理的株高增长量比对照分别提高 14.77% 和 11.92%。其中 KWE10 处理在促进彩椒植株生长方面起效最快,效果最佳,植株最高,而 KWE30 处理和 KWE50 处理虽起效较慢,但是通过后期的追肥仍可达到提高株高的效果。

统计彩椒叶片数增加量 (表 1) 发现,施肥 10 d 时 5 个处理间无显著差异。施肥 20 d 时,与 CK 相比,KWE10 处理的叶片数增加量已有显著提高。施肥 30 d 时,KWE10 处理和 KWE30 处理的叶片数与 CK 相比显著增多。然而喷施海藻叶面肥 40 d 时,KWE10 处理的叶片增加量与 CK 相近,而 KWE30、KWE50 处理的叶片增加速度变快,平均约比 CK 增加 10 片。施肥 50 d 时,KWE30、KWE50 处理的彩椒叶片数增加量最显著。

表 1 不同时期、不同浓度海带渣提取物 (KWE) 对彩椒株高和叶片数增加量的影响

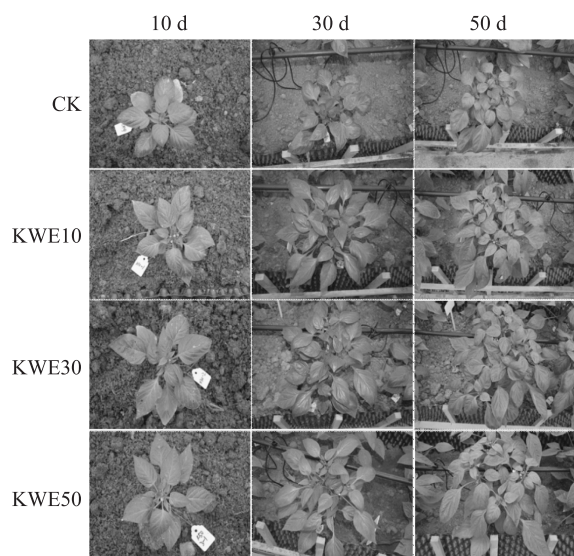
Table 1 Effects of kelp waste extracts (KWE) with different concentrations on plant height and leaf number of color pepper at different periods

第 1 次喷 施后时间 (d)	株高增加量 (cm)					叶片数增加量				
	CK	KWE10	KWE30	KWE50	P	CK	KWE10	KWE30	KWE50	P
10	4.23±0.36a	4.71±0.52a	4.95±0.39a	3.95±0.40a	4.30±0.30a	9.38±0.70a	10.22±0.86a	9.67±0.33a	8.94±0.68a	9.50±0.48a
20	8.54±0.56a	10.36±1.00a	9.18±0.50a	8.91±0.56a	8.84±0.43a	11.67±0.86b	15.40±0.66a	13.23±0.33b	13.22±0.81b	12.67±1.22b
30	17.69±0.86ab	20.14±1.32b	18.50±0.60ab	18.91±0.89ab	17.16±0.51a	26.00±1.81b	31.62±1.02a	31.00±0.58a	29.00±1.73ab	29.33±0.71a
40	20.23±0.80 a	23.14±0.75b	22.36±0.72ab	20.64±0.75ab	20.89±0.60ab	32.38±1.89b	34.78±1.72b	46.00±1.53a	45.40±1.69a	35.33±1.03b
50	23.15±0.78a	26.57±0.83b	25.91±0.59b	25.09±0.68ab	24.39±0.61ab	50.44±0.77b	50.31±1.63b	74.00±0.58a	68.00±3.03a	48.33±1.44b

CK 为清水对照,KWE10、KWE30、KWE50 分别为原液稀释 10 倍、30 倍、50 倍的海藻叶面肥,P 为某品牌有机液肥。不同小写字母表示不同施肥处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。



如表 1 和图 1 所示,与对照和商用 P 肥相比,在彩椒生长过程中喷施 KWE 可以显著增加叶片数,且可以显著增大叶面积。高浓度海藻叶面肥(KWE10 处理)在喷施初期对彩椒叶片增长有显著的促进作用,较低浓度海藻叶面肥(KWE30、KWE50 处理)则在施肥后期对彩椒叶片生长有显著促进作用。海藻叶面肥对作物营养元素的吸收及转移与喷施时期和次数有关<sup>[4]</sup>。试验结果表明,至少在第 3 次喷施后彩椒才充分吸收 KWE 的营养成分。本试验用海带渣制备的海藻叶面肥与鲜海藻制备的海藻肥效果相似,均能提高辣椒的叶长、叶宽、株高<sup>[13-14]</sup>。



各处理见表 1 注。

图 1 不同时期、不同浓度海带渣提取物(KWE)对彩椒株生长的影响

Fig. 1 Effects of kelp waste extracts (KWE) with different concentrations on the growth of color pepper at different periods

由表 2 可知,与 CK 相比,KWE10、KWE30 处理的茭白株高平均增加 7~9 cm,分蘖数量平均比 CK 增加 1~2 个,但 KWE10 处理与 KWE30 处理间株高增长量和分蘖增加数量无显著差异。KWE10 处理与 KWE30 处理的倒三叶叶面积比对照略有增大,但差异不显著。

KWE 中残余的海藻酸可以降低水的表面张力,提高保水性,同时增大液肥与叶面的接触面积,使水溶性物质更容易通过茎叶表面细胞膜进入作物细胞,提高作物对海藻提取物营养成分的吸收<sup>[15]</sup>。海带渣中的大分子多糖成分如褐藻淀粉、木聚糖、岩藻

多糖、藻聚糖、褐藻糖胶等经酶解后生成大量的小分子糖,主要成分是葡萄糖<sup>[10]</sup>,可为植株的快速生长提供充足的营养。同时 KWE 中富含植物生长所必需的大量元素 N、P、K 等,亦是保证彩椒和茭白快速生长的重要因素。海藻多糖经不完全酶解后可转化成海藻寡糖,一定浓度的海藻寡糖不但可以促进作物对多种形态氮(硝态氮、铵态氮、酰胺态氮)的吸收<sup>[16]</sup>,还可以促进磷、钙、镁、硼、锰、锌等矿质元素的吸收<sup>[17]</sup>。此外,海带提取物所含的细胞激动素、吲哚乙酸、多胺等植物生长调节剂均在植物生长发育和矿质元素运输中发挥重要作用<sup>[18]</sup>。

表 2 不同浓度海带渣提取物(KWE)对茭白生长的影响

Table 2 Effects of kelp waste extracts (KWE) with different concentrations on the growth of water bamboo

处理	株高增长量 (cm)	分蘖数增加数	叶面积增加量 (cm <sup>2</sup> )
CK	10.75±2.17b	2.4±0.47b	97.81±11.23a
KWE10	19.25±3.00a	3.8±0.55a	117.22±15.79a
KWE30	18.25±3.03a	3.7±0.68a	108.54±11.91a

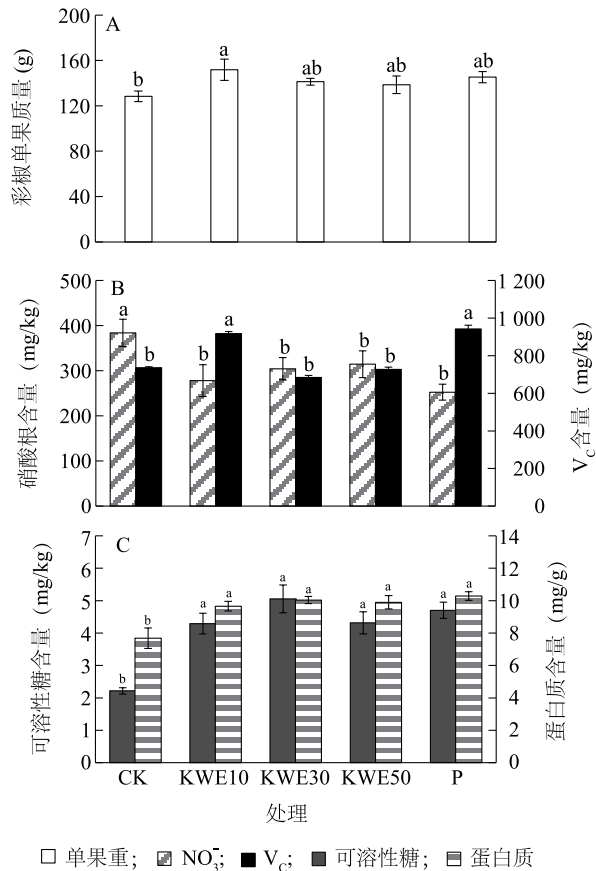
各处理见表 1 注。不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

## 2.2 海藻叶面肥对彩椒品质的影响

在彩椒成熟期,每个处理随机摘取 5 个成熟彩椒果实,测定其品质指标。结果(图 2)表明,与 CK 相比,KWE10 处理的单果质量显著提高 18.28%,KWE30 处理和 KWE50 处理单果质量略有提高,分别提高 10.08% 和 7.93%,但差异不显著。

中国蔬菜硝酸盐允许量标准为 432 mg/kg。图 2 显示,喷施 KWE 后彩椒果实的硝酸盐含量均未超过国家标准,且显著低于 CK。其中 KWE10 处理效果最佳,与 CK 相比,硝酸盐含量降低 28.16%。有研究表明,海藻提取液对果蔬的硝酸盐含量有显著的降低效果<sup>[19]</sup>。范雅姝等<sup>[20]</sup>发现添加不同氮源的复配海藻肥可以降低生菜硝酸盐含量达 50% 以上。此外,本试验中所用的 KWE 中含有多种海带多糖,也对降低硝酸盐含量有一定效果<sup>[21]</sup>。

施用 KWE10 和商用 P 肥的彩椒  $V_c$  含量显著提高,与 CK 相比较分别提高了 24.70% 和 28.04%,但喷施低浓度海藻叶面肥的 KWE30、KWE50 处理的  $V_c$  含量与 CK 均没有显著差异(图 2)。有研究表明,海藻提取物可显著提高一些果蔬的  $V_c$  含量。陈灵芝等施用海藻叶面肥后辣椒的  $V_c$  含量达到 980



各处理见表1注。不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图2 海带渣提取物 (KWE) 对彩椒品质的影响

Fig.2 Effects of kelp waste extracts (KWE) on the quality of color pepper

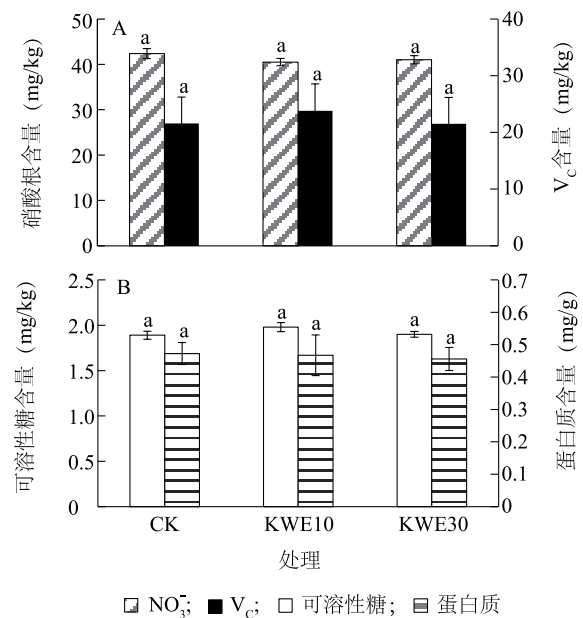
mg/kg, 较对照提高 23.3%<sup>[22]</sup>。

喷施不同浓度的 KWE 和商用 P 肥的彩椒果实可溶性糖含量显著高于 CK, 其含量提高了 93.7%~128.0%, 但 3 个 KWE 浓度处理间无显著差异 (图 2)。海藻叶面肥能促进植株光合作用, 从而增加可溶性糖积累<sup>[23]</sup>。陈灵芝等施用海藻叶面肥后辣椒可溶性糖含量为 25.2 g/kg, 与对照相比提高 4.1%<sup>[22]</sup>。喷施 KWE 可显著提高彩椒中可溶性蛋白质含量, KWE10、KWE30、KWE50 处理的彩椒可溶性蛋白质含量分别比对照增加 25.78%、30.73% 和 28.91%。施用海藻叶面肥能提高可溶性蛋白质、可溶性糖、脯氨酸等胁迫调节物质含量, 增强作物对逆境胁迫的抗性<sup>[4]</sup>。

### 2.3 海藻叶面肥对茭白品质的影响

试验发现, 喷施 KWE 对茭白的品质无显著改善 (图 3), 仅 KWE10 处理略有效果, 较对照 V<sub>c</sub> 含量

提高 10.18%, 硝酸盐含量降低 4.43%, 可溶性糖含量增加 5.29%。由于试验期间正值多雨季节, 叶面肥被雨水淋失, 严重影响茭白对叶面肥的吸收。不同采收期对茭白品质有较大影响, 且茭白分批成熟<sup>[24]</sup>, 本研究采收的茭白为施肥后第 2 轮收获的, 由喷施海藻叶面肥产生的影响减弱, 导致茭白品质与对照无显著差异。此外, 茭白喜肥耐肥<sup>[25]</sup>, 可能需要提高施肥次数、肥料浓度及施肥量来增强 KWE 效果。高浓度 KWE (如 KWE 原液) 是否对茭白的生长和品质有效果, 仍需待进一步研究。



各处理见表1注。不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图3 海带渣提取物 (KWE) 对茭白品质的影响

Fig.3 Effects of kelp waste extracts (KWE) on the quality of water bamboo

## 3 讨论

KWE 对彩椒、茭白植株的生长有显著的促进作用。较高浓度的海藻叶面肥 (KWE10 处理和 KWE30 处理) 对彩椒植株的株高增长量促进效果优于低浓度处理 (KWE50 处理), 而较低浓度的海藻叶面肥 (KWE30、KWE50 处理) 对彩椒叶片生长的促进效果较 KWE10 处理显著。喷施高浓度海藻叶面肥 (KWE10 处理) 对提高彩椒单果质量效果最佳。喷施 KWE 可显著提高茭白株高, 增加分蘖数, 但对叶面积无显著影响。

喷施 KWE 对彩椒品质有显著的改善作用。

KWE10处理对提高彩椒的维生素C含量和降低硝酸盐含量效果最佳。试验浓度的KWE均能提高彩椒的可溶性糖和蛋白质含量。喷施KWE对茭白的品质无显著改善效果。

### 参考文献:

- [1] 岳昊,孙英泽,胡婧,等.中国海带产业及国际贸易情况分析[J].农业展望,2013,9(9):65-69.
- [2] 张俊杰,段蕊,许可,等.海带工业中海带渣应用的研究及展望[J].水产科学,2010,29(10):620-623.
- [3] 缪锦来,郑洲,梁强,等.海带纤维低温酶解和制备生物乙醇的研究[J].现代农业科技,2010(17):18.
- [4] 王强.海藻液肥生物学效应及其应用机理研究[D].杭州:浙江大学,2003.
- [5] RATHORE S, CHAUDHARY D, BORICHA G, et al. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions[J]. South African Journal of Botany, 2009, 75(2): 351-355.
- [6] 吴文杰,张灿河.海带提取物对海水胁迫下油菜幼苗生长的影响[J].安徽农业科学,2009,37(18):8417-8419.
- [7] ALLEN V, POND K, SAKER K, et al. Tasco: Influence of a brown seaweed on antioxidants in forages and livestock-A review[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(suppl E): 21-31.
- [8] WU Y, JENKINS T, BLUNDEN G, et al. Suppression of fecundity of the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in monoxenic cultures of *Arabidopsis thaliana* treated with an alkaline extract of *Ascophyllum nodosum*[J]. Journal of Applied Phycology, 1998, 10(1): 91.
- [9] 郑世燕.海带渣提取物对四种微藻油脂积累及组成的影响[D].南京:南京农业大学,2017.
- [10] ZHENG S, JIANG J, HE M, et al. Effect of kelp waste extracts on the growth and development of Pakchoi (*Brassica chinensis* L.) [J]. Scientific Reports, 2016, 6: 38683.
- [11] 余海兰,方京京.高效液相色谱法同步测定蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐含量[J].湖南农业科学,2010(7):97-99.
- [12] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].2版.北京:高等教育出版社,2006.
- [13] 蓬桂华,杨万荣,张爱民.不同浓度海藻叶面肥对辣椒形态及生化指标的影响[J].长江蔬菜,2013(2):69-70.
- [14] 李瑞海,黄启为,徐阳春,等.不同配方叶面肥对辣椒生长的影响[J].南京农业大学学报,2009,32(2):76-81.
- [15] 张琳,韩西红,王海朋,等.海藻酸及海藻寡糖在肥料增效剂领域的应用[J].种子科技,2018,36(10):34-35.
- [16] 张朝霞,许加超,盛泰,等.海藻寡糖(ADO)对不同形态氮素的影响[J].农产品加工(学刊),2014(20):1-4.
- [17] 张运红,吴礼树,刘一贤,等.几种寡糖类物质对菜薹矿质养分吸收的影响[J].中国蔬菜,2009(20):17-22.
- [18] 韩丽君,周天成.海藻植物生长调节剂中的活性组分[J].海洋科学,1999(5):20-22.
- [19] 孙锦,韩丽君,于庆文,等.海藻提取物对菠菜硝酸盐积累的影响及机理[J].海洋科学,2006(4):6-9.
- [20] 范雅姝,许加超,高昕,等.不同氮源海藻肥对无土栽培生菜生长及品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(3):76-81.
- [21] 吕小红.海藻肥及其他影响因子降低蔬菜硝酸盐含量方法的研究[D].济南:山东大学,2014.
- [22] 陈灵芝,孙锦.新型绿色肥料——海藻肥[J].西北园艺(蔬菜),2005(2):42.
- [23] 吴永沛,吴光斌,李少波,等.海藻液体肥对蔬菜产量及品质的影响[J].北方园艺,2006(5):16-18.
- [24] 陈贵,赵国华,张红梅,等.不同采收期茭白的品质变化特性[J].长江蔬菜,2015(22):78-81.
- [25] 陈建明,庞英华,张珏锋,等.双季茭白节水灌溉栽培技术规程[J].浙江农业科学,2015,56(4):474-475.

(责任编辑:张震林)