

## 制革下脚料酶解物对菠菜生长及品质的影响

李涛<sup>1</sup>, 姚建刚<sup>1</sup>, 曹守军<sup>1</sup>, 夏秀波<sup>1</sup>, 张丽莉<sup>1</sup>, 王虹云<sup>1</sup>, 周杨<sup>2</sup>, 尹国香<sup>1</sup>, 李素梅<sup>1</sup>, 王吉腾<sup>3</sup>

(1. 山东省烟台市农业科学研究院, 山东烟台 265500; 2. 烟台大学生命科学院, 山东烟台 264005; 3. 荣成出入境检验检疫局, 山东荣成 264300)

**摘要** [目的] 研究制革下脚料酶解物对菠菜生长及品质的影响。[方法] 以菠菜品种“先锋388”为试材, 施用不同量的制革下脚料酶解物, 评价其对菠菜形态学性状、产量和品质的影响。[结果] 酶解物最佳施用量为 6.00 kg/m<sup>2</sup>, 施用制革下脚料酶解物处理的菠菜形态学性状和产量与施用同类型有机肥相比较无显著性差异, 其可溶性总糖和维生素 C 含量显著提高。[结论] 施用制革下脚料酶解物, 在保证菠菜产量的同时可以显著提高菠菜的品质。

**关键词** 菠菜; 制革下脚料酶解物; 产量; 品质

**中图分类号** S636.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)35-0053-02

## Effects of Tanning Waste Hydrolysate on Spinach Growth and Quality

LI Tao, YAO Jian-gang, CAO Shou-jun et al (Yantai Agriculture Science Institute, Yantai, Shandong 265500)

**Abstract** [Objective] To study the effects of tanning waste hydrolysate on spinach growth and quality. [Method] With spinach Xianfeng 388 as test material, the effects of different content tanning waste hydrolysate on morphological characters, yield and quality of spinach were evaluated. [Result] The best application amount of tanning waste hydrolysate was 6.00 kg/m<sup>2</sup>. The soluble sugar and vitamin C in spinach significantly increased by using the tanning waste hydrolysate. There was no significant difference in morphological characters and yield compared with the same type organic fertilizer. [Conclusion] While guaranteeing the yield of spinach, application of tanning waste hydrolysate can improve the quality of spinach.

**Key words** Spinach; Tanning waste hydrolysate; Yield; Quality

制造皮革的下脚料中含有丰富的胶原蛋白, 但其中有毒有害物质及重金属含量超标, 处理不当会对生态环境造成严重影响。将制造皮革的下脚料经酶解脱铬等无害化处理后, 再水解剩余蛋白制造氨基酸-多肽有机肥, 不但解决了制革下脚料对环境危害的问题, 而且还可获得新型有机肥料, 将废弃物进行循环利用。目前, 制革下脚料酶解物已经在黄瓜、番茄等瓜类蔬菜和茄果类蔬菜上得到应用, 可以提高蔬菜产量和品质<sup>[1-2]</sup>。笔者拟将其应用到叶菜类蔬菜上, 以期明确其对叶菜类蔬菜生长及品质的影响。

## 1 材料与方

**1.1 材料** 以菠菜品种“先锋388”为试验材料, 每小区播种子量相同, 均为 50 g。制革下脚料酶解物由烟台龙普生物科技有限公司提供。

**1.2 试验设计** 各处理具体施用量如下: 空白 CK<sub>0</sub>, 不施用任何有机肥料; CK<sub>1</sub>, 施用腐熟有机肥(总养分≥6%, 有机质≥50%) 4.50 kg/m<sup>2</sup>; CK<sub>2</sub>, 施用有机无机复混肥(N-P-K=15-15-15) 0.30 kg/m<sup>2</sup>; 处理 T<sub>1</sub>, 施用酶解物 0.75 kg/m<sup>2</sup>; 处理 T<sub>2</sub>, 施用酶解物 1.50 kg/m<sup>2</sup>; 处理 T<sub>3</sub>, 施用酶解物 3.00 kg/m<sup>2</sup>; 处理 T<sub>4</sub>, 施用酶解物 4.50 kg/m<sup>2</sup>; 处理 T<sub>5</sub>, 施用酶解物 6.00 kg/m<sup>2</sup>; 处理 T<sub>6</sub>, 施用酶解物 7.50 kg/m<sup>2</sup>。所有处理均在播种前当作基肥均匀撒施各个小区, 每小区 6 m<sup>2</sup>, 随机排列, 3 次重复。

**1.3 指标测定** 在产量测定前 2 d, 对菠菜株高、开展度、叶长、叶宽等形态学性状进行测定<sup>[3]</sup>。待成熟后, 以小区为单位进行一次性采收并称重, 测定产量, 之后选取各处理无病

害植株进行品质分析<sup>[4]</sup>。菠菜维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚方法测定; 蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法测定; 可溶性总糖含量采用蒽酮比色法测定<sup>[5-6]</sup>。

## 2 结果与分析

## 2.1 制革下脚料酶解物对菠菜形态学性状的影响

**2.1.1 株高。**由表 1 可知, 3 个对照中, CK<sub>2</sub> 处理菠菜的株高值最大, 其次为 CK<sub>1</sub> 和 CK<sub>0</sub>。不同制革下脚料酶解物施用量的 6 个处理中, 以处理 T<sub>5</sub> 即施用量为 6.00 kg/m<sup>2</sup> 的菠菜株高值最大, 分别比 CK<sub>0</sub> 和 CK<sub>1</sub> 增加了 5.4% 和 3.2%, 但比 CK<sub>2</sub> 降低了 0.3%。

表 1 菠菜植株株高调查结果

Table 1 Investigation result of spinach plant height

处理 Treatment	株高 Plant height cm	较 CK <sub>0</sub> ± Compared with CK <sub>0</sub> //%	较 CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%	较 CK <sub>2</sub> ± Compared with CK <sub>2</sub> //%
CK <sub>0</sub>	27.7	—	-2.1	-5.5
CK <sub>1</sub>	28.3	2.2	—	-3.4
CK <sub>2</sub>	29.3	5.8	3.5	—
T <sub>1</sub>	28.3	2.2	0.0	-3.4
T <sub>2</sub>	27.9	0.7	-1.4	-4.8
T <sub>3</sub>	28.3	2.2	0.0	-3.4
T <sub>4</sub>	29.1	5.1	2.8	-0.7
T <sub>5</sub>	29.2	5.4	3.2	-0.3
T <sub>6</sub>	28.2	1.8	-0.4	-3.8

**2.1.2 开展度。**由表 2 可知, 3 个对照中, CK<sub>1</sub> 处理菠菜的开展度值最大, 其次为 CK<sub>2</sub> 和 CK<sub>0</sub>。不同制革下脚料酶解物施用量的 6 个处理中, 以处理 T<sub>5</sub> 即施用量为 6.00 kg/m<sup>2</sup> 的菠菜开展度值最大, 比 CK<sub>0</sub> 增加了 13.1%, 分别比 CK<sub>1</sub> 和 CK<sub>2</sub> 降低了 4.4% 和 4.1%。

表2 菠菜植株开展度调查结果

Table 2 Investigation result of spinach plant expansion

处理 Treatment	开展度 Plant expansion cm	较CK <sub>0</sub> ± Compared with CK <sub>0</sub> //%	较CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%	较CK <sub>2</sub> ± Compared with CK <sub>2</sub> //%
CK <sub>0</sub>	29.0	—	-15.5	-15.2
CK <sub>1</sub>	34.3	18.3	—	0.3
CK <sub>2</sub>	34.2	17.9	-0.3	—
T <sub>1</sub>	29.8	2.8	-13.1	-12.9
T <sub>2</sub>	29.8	2.8	-13.1	-12.9
T <sub>3</sub>	30.0	3.4	-12.5	-12.3
T <sub>4</sub>	31.8	9.7	-7.3	-7.0
T <sub>5</sub>	32.8	13.1	-4.4	-4.1
T <sub>6</sub>	31.6	9.0	-7.9	-7.6

**2.1.3 叶长。**由表3可知,3个对照中,CK<sub>2</sub>处理菠菜的叶长值最大,其次为CK<sub>1</sub>和CK<sub>0</sub>。不同制革下脚料酶解物施用量的6个处理中,以处理T<sub>5</sub>即施用量为6.00 kg/m<sup>2</sup>和处理T<sub>4</sub>即施用量为4.50 kg/m<sup>2</sup>的菠菜叶长值最大。处理T<sub>5</sub>和处理T<sub>4</sub>的叶长比CK<sub>0</sub>增加了9.0%,比CK<sub>2</sub>降低了2.5%。

表3 菠菜植株叶长调查结果

Table 3 Investigation result of spinach leaf length

处理 Treatment	叶长 Leaf length cm	较CK <sub>0</sub> ± Compared with CK <sub>0</sub> //%	较CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%	较CK <sub>2</sub> ± Compared with CK <sub>2</sub> //%
CK <sub>0</sub>	14.5	—	-8.2	-10.5
CK <sub>1</sub>	15.8	9.0	—	-2.5
CK <sub>2</sub>	16.2	11.7	2.5	—
T <sub>1</sub>	14.5	0.0	-8.2	-10.5
T <sub>2</sub>	14.8	2.1	-6.3	-8.6
T <sub>3</sub>	15.4	6.2	-2.5	-4.9
T <sub>4</sub>	15.8	9.0	0.0	-2.5
T <sub>5</sub>	15.8	9.0	0.0	-2.5
T <sub>6</sub>	15.1	4.1	-4.4	-6.8

**2.1.4 叶宽。**由表4可知,3个对照中,CK<sub>2</sub>处理菠菜的叶宽值最大,其次为CK<sub>1</sub>和CK<sub>0</sub>。不同制革下脚料酶解物施用量的6个处理中,以处理T<sub>5</sub>即施用量为6.00 kg/m<sup>2</sup>的菠菜叶宽值最大。处理T<sub>5</sub>的叶宽分别比CK<sub>0</sub>和CK<sub>1</sub>增加了18.1%和7.7%,比CK<sub>2</sub>降低了3.9%。

**2.2 制革下脚料酶解物对菠菜产量的影响** 11月25日对各处理产量进行测定,各处理菠菜的产量见表5。3个对照

表6 菠菜品质分析结果

Table 6 Analysis result of spinach quality

处理 Treatment	可溶性总糖 Total soluble sugar		维生素C Vitamin C		蛋白质 Protein	
	含量 Content//%	较CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%	含量 Content//mg/g	较CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%	含量 Content//%	较CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%
CK <sub>1</sub>	2.9	—	238	—	0.49	—
T <sub>5</sub>	3.3	13.8	291	22.3	0.49	0.0

### 3 结论

将制革下脚料酶解物应用于叶菜类蔬菜菠菜中,通过综合比较分析6个不同处理菠菜的形态学性状和产量,处理T<sub>5</sub>(施用制革下脚料酶解物60 000 kg/hm<sup>2</sup>)为最佳处理方法。与3个对照相比,该处理产量显著高于不施用任何肥料的CK<sub>0</sub>,与施用普通有机肥的CK<sub>1</sub>相当,表明制革下脚料酶解物完全可以替代目前市场上使用的普通有机肥,在确保产量

表4 菠菜植株叶宽调查结果

Table 4 Investigation result of spinach leaf width

处理 Treatment	叶宽 Leaf width cm	较CK <sub>0</sub> ± Compared with CK <sub>0</sub> //%	较CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%	较CK <sub>2</sub> ± Compared with CK <sub>2</sub> //%
CK <sub>0</sub>	8.3	—	-8.8	-18.6
CK <sub>1</sub>	9.1	9.6	—	-10.8
CK <sub>2</sub>	10.2	22.9	12.1	—
T <sub>1</sub>	8.4	1.2	-7.7	-17.6
T <sub>2</sub>	8.6	3.6	-5.5	-15.7
T <sub>3</sub>	9.4	13.3	3.3	-7.8
T <sub>4</sub>	9.2	10.8	1.1	-9.8
T <sub>5</sub>	9.8	18.1	7.7	-3.9
T <sub>6</sub>	9.5	14.5	4.4	-6.9

的产量依次为CK<sub>2</sub>、CK<sub>1</sub>、CK<sub>0</sub>,使用制革下脚料酶解物的6个处理中,菠菜产量以处理T<sub>5</sub>即施用量为6.00 kg/m<sup>2</sup>最高,为62 148.0 kg/hm<sup>2</sup>;处理T<sub>1</sub>的产量最低,为46 320.0 kg/hm<sup>2</sup>。处理T<sub>5</sub>的产量比CK<sub>0</sub>增产38.0%,与CK<sub>1</sub>基本持平,比CK<sub>2</sub>降低9.8%,施用制革下脚料酶解物6.00 kg/m<sup>2</sup>的菠菜产量与施用同类型有机肥的产量相当。

表5 菠菜产量测定结果

Table 5 Determination result of spinach yield

处理 Treatment	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	较CK <sub>0</sub> ± Compared with CK <sub>0</sub> //%	较CK <sub>1</sub> ± Compared with CK <sub>1</sub> //%	较CK <sub>2</sub> ± Compared with CK <sub>2</sub> //%
CK <sub>0</sub>	45 046.5	—	-27.7	-34.6
CK <sub>1</sub>	62 341.5	38.4	—	-9.5
CK <sub>2</sub>	68 923.5	53.0	10.6	—
T <sub>1</sub>	46 320.0	2.8	-25.7	-32.8
T <sub>2</sub>	47 061.0	4.5	-24.5	-31.7
T <sub>3</sub>	49 654.5	10.2	-20.4	-28.0
T <sub>4</sub>	59 289.0	31.6	-4.9	-14.0
T <sub>5</sub>	62 148.0	38.0	-0.3	-9.8
T <sub>6</sub>	51 384.0	14.1	-17.6	-25.4

**2.3 制革下脚料酶解物对菠菜品质的影响** 选取最佳处理T<sub>5</sub>和施用同类型有机肥CK<sub>1</sub>菠菜进行可溶性总糖、维生素C以及蛋白质含量等品质性状测定,结果见表6。处理T<sub>5</sub>菠菜的可溶性总糖含量比CK<sub>1</sub>增加13.8%,维生素C含量比CK<sub>1</sub>提高22.3%,二者蛋白质含量无显著性差异,表明施用制革下脚料酶解物可以显著改善菠菜的品质。

不降低的情况下,显著提高可溶性总糖和维生素C指标,改善菠菜的品质。但施用制革下脚料酶解物对菠菜生长的促进及产量的增加效果不及化肥型肥料,其原因可能是菠菜的生长周期较短,化肥型肥料前期效果较好,而有机型肥料的长效性较强,对生长周期较长的作物效果更加显著。

由于制革下脚料重金属含量高,长期堆放对环境影响很  
(下转第59页)

量最高。花芽分化期后,植株对 K 元素需求比例显著升高,发芽期 N/K 比值为采收期的 5.32 倍。N/P 比值在整个生育期中相对稳定。整个生长发育周期中,菜心植株体内 N:P:K 比值分别为 36:7:1、12:1:1、4:2:1、7:2:1、7:2:1。微量元素中,菜心植株对 Mn、Fe 2 种元素的需求较大,且随着植株发育需求量逐渐增大,发芽期 N/Mn 和 N/Fe 比值分别为采收期的 26.40 和 2.66 倍。菜心发育期间对微量元素 Ca 的需求仅次于 Mn、Fe, N/Ca 比值为 7.06 ~ 17.82。整个生长期中,菜心对微量元素 Cu、Zn、Mg、B 的需求量较少。值得注意的是,花芽分化期 N/K、N/P、N/B 的比值均低于其他生育期。

### 3 结论与讨论

李鸿伟等<sup>[7-9]</sup>研究表明,超高产栽培小麦和水稻对 N、P、K 的吸收和积累均表现出生育前期较低、生育中期和后期较高的特点。余砾等<sup>[10]</sup>研究表明,各时期 N、P、K 在烤烟体内分布由大到小依次为叶、茎、根。李永胜等<sup>[1]</sup>研究表明,菜心对 N、P、K 的吸收动态与植株干物质的增长动态基本一致,菜心对 N、P、K 的吸收与植株生长和菜薹形成密切相关,N、P、K 合理配施能提高菜心产量。汤宏等<sup>[11-13]</sup>在白菜和甘蓝上的研究也表明,植株对 N、P、K 3 种养分的吸收主要集中在生长发育的中、后期,故在蔬菜生产中肥料应根据蔬菜生长发育的不同阶段分批分次施用。李国龙等<sup>[14]</sup>研究表明,推荐施肥的 N、P、K 化肥利用率明显高于习惯施肥处理,推荐处理的化肥 N、P、K 的利用率分别为 25.8%、17.6% 和 35.7%,而习惯施肥处理的化肥 N、P、K 的利用率分别为 15.9%、6.5% 和 19.7%。张涛等<sup>[15]</sup>研究表明,在同一施氮量不同磷钾配比处理下,黄瓜和番茄植株地上部干重、养分吸收量和产量均显著高于对照。

该试验研究表明,菜心从发芽期至幼苗期生长缓慢,花芽分化期后开始进入快速生长期,生物量迅速积累,现蕾后至采收(即形成菜薹)增长最快。除了微量元素 Ca、Mg 外,菜心对其他大量和微量元素的吸收在花芽分化期之后迅速上升直至采收,表明花芽分化期是菜心干物质和养分吸收量快速增长的标志性时期。

整个生长发育周期中,菜心对 3 种大量元素的吸收量由大到小依次为 N、P、K;5 个生长发育期,菜心植株体内 N:P:K 比值分别为 36:7:1、12:1:1、4:2:1、7:2:1、7:2:1;花芽分化期后,植株对 K 元素需求比例显著升高,发芽期 N/K 比值为采

收期的 5.32 倍;N/P 比值在整个生育期中相对稳定。结果表明,花芽分化期后,植株进入快速增长期,叶面积快速增长,对 N、P、K 3 种大量元素的需求迅速增加,对 P、K 元素,尤其是 K 元素的需求比例增加。因此,菜心生长过程中,尤其是花芽分化期后应按需追肥,适当增加 P、K 肥,这对于提高菜心植株产量具有重要作用。微量元素中,菜心植株对 Mn、Fe 的吸收量较大,且随着植株的发育需求量逐渐增大,采收期 Mn/N 和 Fe/N 比值分别为发芽期的 17.70 和 3.29 倍。整个生长期中,菜心对微量元素 Cu、Zn、Mg、B 的需求量较少。因此,菜心生产中,尤其是水培等无土栽培生产中,生长后期应注意是否有 Mn、Fe 元素的缺乏症状。另外,值得注意的是,花芽分化期 K/N、P/N、B/N 的比值均显著高于其他生育期,这说明 P、K、B 3 种元素可能参与了菜心的花芽分化。

### 参考文献

- [1] 李永胜,杜建军,王浩,等. 氮磷钾配施对菜心生长及土壤养分状况的影响[J]. 广东农业科学,2011(2):53-56.
- [2] 郭巨先,刘玉涛,杨暹. 钾营养对菜薹(菜心)炭疽病发生和植株防御酶活性的影响[J]. 中国蔬菜,2012(14):86-89.
- [3] 康云艳,冯新富,杨暹. 过量磷对菜心植株生长和产量及品质的影响[J]. 北方园艺,2011(15):70-72.
- [4] 李永胜,杜建军,张稳成,等. 菜心减量优化施肥效应研究[J]. 北方园艺,2014(14):18-21.
- [5] 艾绍英,王美丽,姚建武,等. 氮素营养条件对菜心吸收矿质养分的影响及其与硝酸盐累积的关系[J]. 农业环境科学学报,2003,22(5):578-581.
- [6] 吕貽忠,李保国. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [7] 李鸿伟,杨凯鹏,曹转勤,等. 稻麦连作中超高产栽培小麦和水稻的养分吸收与积累特征[J]. 作物学报,2013,39(3):464-477.
- [8] 何文寿,马琨,代晓华,等. 宁夏马铃薯氮、磷、钾养分的吸收累积特征[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(6):1477-1487.
- [9] 谢佳贵,侯云鹏,尹彩侠,等. 施钾和秸秆还田对春玉米产量、养分吸收及土壤氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(5):1110-1118.
- [10] 余砾,高明,王子芳,等. 土壤水分对烤烟生长、物质分配和养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(4):989-995.
- [11] 汤宏,张杨珠,龙怀玉,等. 不同施肥处理对白菜和甘蓝产量及养分吸收的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2010,36(6):705-709.
- [12] 侯金权,张杨珠,龙怀玉,等. 不同施肥处理对白菜的物质积累与养分吸收的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(5):200-204.
- [13] 常丽新. 施用钾肥对甘蓝产量、品质及养分吸收状况的影响[J]. 河北农业科学,2001,5(2):18-21.
- [14] 李国龙,唐继伟,黄绍文,等. 氮磷钾均衡管理对戈壁滩日光温室基质栽培秋冬茬番茄产量与养分吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(2):49-56.
- [15] 张涛,闵炬,施卫明,等. 不同磷钾肥配比对大棚蔬菜养分吸收、产量及品质的影响[J]. 江苏农业学报,2008,24(5):668-673.

(上接第 54 页)

大,采用一系列工艺将其中的重金属进行脱除,并酶解为小分子物质后,就可以做成有机肥在蔬菜上加以应用,这样不但可以将工业废弃物进行再生处理,减轻对环境的危害,还可以提高蔬菜品质,变废为宝,为循环农业发展提供了一条新的途径。

### 参考文献

- [1] 姚建刚,李涛,曹守军,等. 制革下脚料酶解物对番茄生长的影响[J].

- 长江蔬菜,2016(10):78-80.
- [2] 姚建刚,李涛,夏秀波,等. 制革下脚料酶解物在黄瓜生产中的应用[J]. 北方园艺,2015(21):39-41.
- [3] 张玉凤,邵玉环,董亮,等. 含寡糖水溶肥对菠菜生长、品质和生理生化指标的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(3):72-77.
- [4] 申飞,刘满强,李辉信,等. 蚓粪和益生菌互作对土壤性状、菠菜产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(5):90-95.
- [5] 邢素芝,汪建飞,李孝良,等. 氮肥形态及配比对菠菜生长和安全品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(2):527-534.
- [6] 王小波,卢树昌,王瑞,等. 蚯蚓粪与蛭石结合对设施菠菜生长和品质的影响[J]. 北方园艺,2014(18):63-66.