

# 自制水果酵素对菜心生长的影响

李霜霜, 黄美华, 谢元恒, 钟春燕\* (肇庆市农业科学研究所, 广东肇庆 526070)

**摘要** 为探究适合菜心种植的自制水果酵素浓度, 以常规施肥为对照, 设置 5 个酵素浓度梯度, 以及 1 个酵素浓度与 3 个肥料梯度组合处理。结果表明, 稀释 20 倍、50 倍的酵素浓度处理, 菜心各生长指标与对照无显著差异, 且较对照分别增产 1.81% 和 8.32%; 3 个组合处理的菜心生长指标与对照无显著差异, 但产量较对照减产 6.30%~19.50%。

**关键词** 水果酵素; 菜心; 生长指标; 增产

中图分类号 S63 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)19-0144-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.19.038



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effect of Homemade Fruit Enzyme on the Growth of Chinese Flowering Cabbage

LI Shuang-shuang, HUANG Mei-hua, XIE Yuan-heng et al (Zhaoqing Institute of Agricultural Science, Zhaoqing, Guangdong 526070)

**Abstract** To explore the enzyme concentration of homemade fruit suitable for Chinese flowering cabbage, with conventional fertilization as a control, five enzyme concentration gradients and a combination of one enzyme concentration and three fertilizer gradients were set. The results showed that there was no significant difference in the growth indexes of Chinese flowering cabbage treated with 20 times and 50 times of enzyme concentration, and the yield increased by 1.81% and 8.32% compared with the control, respectively. There was no significant difference in the growth indexes of Chinese flowering cabbage treated with three combinations, but the yield decreased by 6.30%~19.50% compared with the control.

**Key words** Fruit enzyme; Chinese flowering cabbage; Growth index; Increase yield

2018 年 12 月 28 日, 中国工业和信息化部发布了关于酵素的 2 项标准, 分别为 QB/T 5323—2018《植物酵素》和 QB/T 5324—2018《酵素产品分类导则》, 标准中规定了农用植物酵素是以植物为主要原料经自然发酵或直接投入乳酸菌、醋酸菌及酵母菌进行人工发酵的微生物制剂。发酵后液体含有营养成分、代谢活性物质与有益微生物群, 是具有多元复合功能的生态产品, 目前作为叶面肥、滴灌肥、生物农药和分解菌剂等应用于农业生产, 具有增产、抑菌、降解作物农药残留、修复土壤生化特性、调节水质、吸附及去除土壤重金属等作用。该技术是富集本地有益微生物和处理当地有机废弃物的一项简单易行的方法, 具有成本低、设备简易和操作方便等优势, 在生态文明的大背景下, 具有广阔的研究和应用前景<sup>[1]</sup>。

菜心 [*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* (L.) Makino var. *utilis* Tsen et Lee] 是华南地区特产蔬菜, 其风味独特、口感极佳、适应性广, 可全年种植生产供应。由于种植品种单一、复种指数高, 引起土壤严重的连作障碍, 导致蔬菜病虫害严重、产量降低、品质下降以及土壤有害微生物积累、土壤理化性质恶化等问题。因此, 笔者以菜心为供试材料, 利用自制水果酵素进行单一处理和自制水果酵素与复合肥组合进行处理, 通过研究各处理对其生长指标、产量等的影响, 以探究生产应用的最适浓度和最佳组合, 旨在为菜心无公害种植以及自制农用酵素的开发利用提供理论依据。

### 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 自制水果酵素: 番石榴: 红糖: 水按 3: 1: 10 的比例发酵 90 d, 第一个月每隔几天放一次气, 之后密封发

酵。发酵后的液体呈黄色, pH 4~5, 有果香味。

菜心品种: 明苑尖叶 80 d 油青天才心, 生长期 50 d 左右, 来自广州亚明种业科技有限公司。

复合肥: 19-19-19 复合肥, 购于普通市场, 建议 75~150 kg/hm<sup>2</sup>, 施用稀释 300~500 倍, 间隔期 7~15 d。

**1.2 试验设计** 试验于 2020 年 10—12 月, 在肇庆市农业科学研究所试验基地的大棚内进行。设 9 个处理, 以普通市售复合肥 (19-19-19) 作为参照 (CK), 5 个自制水果酵素浓度 (C0、C10、C20、C30、C50 mL/g) 的单一处理, 另外 3 个为组合处理: 分别减少 20%、50%、80% 复合肥施肥量后, 与稀释 10 倍的水果酵素液混合喷施 (20% 常规+C10、50% 常规+C10、80% 常规+C10), 采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 2.2 m<sup>2</sup>, 共 27 个小区, 小区间隔 0.5 m (表 1)。

10 月 10 日整地, 10 月 19 日撒播, 后期进行 3 次间苗, 以保证每个小区的种植密度基本一致。播后每天下午浇水一次, 保持土壤湿润。在菜心 1~2 叶期时, 开始喷施叶面肥, 之后每隔 7 d 喷施一次, 共喷施 4 次, 每个小区喷施的量为 1.7 kg, 喷施时间为 09:00—12:00。当菜薹长至与最高叶片尖端等高, 花蕾初开, 即所谓“齐口花”时采收。期间注意防治跳甲和膜翅目幼虫。

**1.3 测定项目与方法** 11 月 26 日和 12 月 7 日收获测产, 每个小区随机取 10 株菜心调查株高、薹长、薹粗、地上部鲜重、地下部鲜重与干重、叶长和叶宽。每小区用叶绿素测定仪 SPAD502 plus 随机测量 10 株菜心中部叶片的叶绿素数值。产量测定, 取全区所有植株称重, 并折合成 1 hm<sup>2</sup> 产量。

株高: 采收时测定, 从地上部到花蕾部, 用直尺直接测量 (cm)。薹长: 自菜薹第三节至齐口花处, 用直尺直接测量 (cm)。薹粗: 菜薹第 6 节处茎的粗度, 用直尺测量横截面 (cm)。叶长和叶宽: 测量第 7 片真叶的叶长和叶宽 (cm)。

**作者简介** 李霜霜 (1990—), 女, 湖南耒阳人, 农艺师, 硕士, 从事农作物病虫害、栽培措施研究。\* 通信作者, 高级农艺师, 硕士, 从事水稻育种研究。

收稿日期 2021-01-14

地上部鲜重:用十分之一的电子天平称量第 6 片真叶以上菜  
 薹鲜重,记为经济产量(g)。地下部鲜重:第 7 片真叶以下的  
 部分重量(g)。地下部干重:地下部分鲜样风干至恒重,用万

分之一天平称重(g)。SPAD 值:采用叶绿素测定仪 SPAD  
 502 plus 测定,通过测量叶子对 2 个波长段的吸收率,来评估  
 当前叶子中的叶绿素相对含量。

表 1 不同处理的配方及 pH  
 Table 1 Formula and pH of different treatments

处理 Treatment	自制水果酵素 Homemade fruit enzyme//mL	复合肥 Compound fertilizer//g	稀释倍数 Dilution ratio	配水量 Water//g	pH
C0	5 000	0	0	0	5
C10	500	0	10	5 000	6
C20	250	0	20	5 000	6
C30	167	0	30	5 000	7
C50	100	0	50	5 000	9
CK	0	第 1 次:24.3 剩下 3 次:36.0	206 139	5 000	6
20%常规+C10	500	第 1 次:19.4 剩下 3 次:28.8	257 174	5 000	6
50%常规+C10	500	第 1 次:12.2 剩下 3 次:18.0	412 278	5 000	6
80%常规+C10	500	第 1 次:4.9 剩下 3 次:7.2	1 029 694	5 000	6

1.4 数据分析 采用 Excel、SPSS v. 21.0 软件对试验数据  
 进行统计分析。

## 2 结果与分析

2.1 不同处理对菜心株高、薹长和薹粗的影响 由表 2 可  
 知,5 个酵素单一处理的株高均小于 CK,而肥料+酵素组合  
 的 3 个处理株高均高于 CK,其中,除处理 C0 与处理 80%常  
 规+C10 存在显著差异外,其他处理与 CK 差异不显著。酵素  
 单一处理中除 C10 薹长稍大于 CK 外,其他均小于 CK,肥料  
 +酵素组合处理的薹长均大于 CK,其中,处理 C0 与 80%常  
 规+C10 之间薹长存在显著差异,其他处理与 CK 差异不显著。  
 8 个处理的薹粗均小于 CK 1.50 cm,但除处理 C0 与 CK 差异  
 显著外,其他处理与 CK 无显著差异,其中,C20、C50、20%常  
 规+C10 与 50%常规+C0 4 个处理的薹粗  $\geq 1.40$  cm,C0 与  
 C30 2 个处理薹粗  $< 1.30$  cm,C0 的薹粗最小,为 1.21 cm。

表 2 不同处理对菜心株高、薹长和薹粗的影响

Table 2 Effects of different treatments on plant height, stem length  
 and stem diameter of Chinese flowering cabbage cm

处理 Treatment	株高 Plant height	薹长 Stem length	薹粗 Stem diameter
C0	28.14±7.04 b	23.62±5.66 b	1.21±0.13 b
C10	30.33±2.79 ab	26.22±2.97 ab	1.34±0.22 ab
C20	30.78±5.69 ab	25.65±5.71 ab	1.44±0.04 a
C30	31.10±3.67 ab	25.08±2.78 ab	1.29±0.06 ab
C50	29.92±5.83 ab	25.50±5.30 ab	1.41±0.11 ab
CK	31.76±1.80 ab	26.17±1.34 ab	1.50±0.08 a
20%常规+C10	35.14±2.68 ab	29.84±3.47 ab	1.45±0.08 a
50%常规+C10	33.92±5.15 ab	29.31±4.50 ab	1.40±0.07 ab
80%常规+C10	37.93±1.37 a	32.32±1.97 a	1.37±0.14 ab

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant  
 difference between treatments at 0.05 level

2.2 不同处理对菜心地上和地下鲜干重的影响 由表 3 可  
 知,处理 C0 与 C30 地上鲜重均小于 400 g,分别位居倒数第  
 一、第二,两者之间无显著差异,但与 CK、C20、20%常规+C10  
 处理间差异显著;CK、C20、C50、20%常规+C10、80%常规+  
 C10 地上鲜重均大于 500 g,但处理间无显著差异,其中 20%  
 常规+C10 最大,CK 第二;C10 与 50%常规+C10 地上鲜重大  
 于 450 g,2 个处理与 CK 间无显著差异。地下鲜重 CK 最大,  
 与 C0 差异显著,与其他处理无显著差异。地下部干重各个  
 处理间差异显著。由此可知,在 5 个单一处理中,C20 与 C50  
 整体上表现较好,其中,C20 地上部鲜重、地下部鲜、干重最  
 大;组合处理中,20%常规+C10 综合表现最好。

表 3 不同处理对菜心地上和地下鲜干重的影响

Table 3 Effect of different treatments on fresh and dry weight above  
 ground and underground of Chinese flowering cabbage g

处理 Treatment	地上部鲜重 Fresh weight aboveground	地下部鲜重 Underground fresh weight	地下部干重 Underground dry weight
C0	354.87±74.45 c	212.33±41.22 b	13.78±1.30
C10	451.40±132.50 abc	248.10±115.52 ab	16.96±4.47
C20	523.13±56.99 ab	299.83±23.99 ab	19.13±0.76
C30	374.27±60.13 bc	262.93±20.83 ab	17.63±0.58
C50	501.77±104.22 abc	256.73±63.68 ab	17.49±2.93
CK	547.23±83.77 a	335.50±39.97 a	18.68±0.82
20%常规+C10	547.37±41.73 a	293.00±22.11 ab	18.57±2.12
50%常规+C10	487.73±90.79 abc	305.10±52.91 ab	18.93±2.78
80%常规+C10	501.33±71.55 abc	252.13±73.60 ab	16.78±5.45

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant  
 difference between different treatments at 0.05 level

2.3 不同处理对菜心产量的影响 由表 4 可知,C50、C20  
 小区产量大于 CK,分别排名第 1、第 2,其他处理小区产量均  
 小于 CK,其中 80%常规+C10 与 C30 小区产量分别排名第 8、

9,但各处理与CK差异显著。C50、C20小区产量较CK分别增产8.32%与1.81%,其他3个单一处理的折合产量均较CK减产18%以上,差距较大;组合处理中,50%常规+C10较CK减产6.3%,20%常规+C10较CK减产13.41%,80%常规+C10较CK减产19.5%,差异较大。

表4 不同处理对菜心产量的影响

Table 4 Effects of different treatments on yield of Chinese flowering cabbage

处理 Treatment	小区产量 (2.16 m <sup>2</sup> ) Plot output kg	折合产量 Equivalent output kg/hm <sup>2</sup>	较CK+ Compared with CK//%	排名 Ranking
C0	5.02	23 243.10	-18.58	7
C10	5.04	23 344.95	-18.23	6
C20	6.28	29 065.50	1.81	2
C30	4.86	22 512.75	-21.14	9
C50	6.68	30 924.45	8.32	1
CK	6.16	28 548.15	0.00	3
20%常规+C10	5.34	24 720.75	-13.41	5
50%常规+C10	5.78	26 749.50	-6.30	4
80%常规+C10	4.96	22 982.10	-19.50	8

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

**2.4 不同处理对菜心叶宽、叶长和 SPAD 值的影响** 植物叶长和叶宽反映了叶片的最大面积,是判断光合效应的一个直观表象。由表5可知,各处理叶宽无显著差异,除C0与C30这2个处理叶宽在7.30~7.40 cm外,其他处理的叶宽均大于7.60 cm,其中CK最大,为8.62 cm。叶长CK最大、C0最小,两者之间差异显著,其他处理与CK、C0间差异不显著。SPAD值各处理与CK无显著差异,其中20%常规+C10处理的SPAD值最大,与C0、C10差异显著。

表5 不同处理对菜心叶宽、叶长和 SPAD 值的影响

Table 5 Effects of different treatments on leaf width, leaf length and SPAD value of Chinese flowering cabbage

处理 Treatment	叶宽 Leaf width cm	叶长 Leaf length cm	SPAD 值
C0	7.38±0.94	13.46±1.25 b	46.00±1.51 ab
C10	7.61±1.17	13.79±2.15 ab	41.97±0.92 b
C20	7.61±0.28	13.79±0.14 ab	45.50±1.77 ab
C30	7.27±0.76	14.05±0.54 ab	43.47±3.03 ab
C50	8.01±0.83	14.63±1.21 ab	44.77±0.70 ab
CK	8.62±0.44	15.72±0.40 a	44.60±1.57 ab
20%常规+C10	8.11±0.29	15.08±0.22 ab	46.40±0.88 a
50%常规+C10	7.64±0.45	14.17±0.73 ab	42.73±1.82 ab
80%常规+C10	7.83±0.65	14.40±1.16 ab	45.43±2.80 ab

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between treatments at 0.05 level

### 3 结论与讨论

(1) 植物源酵素原液中富含 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn 和 B 等矿质元素<sup>[2]</sup>,还含有植物激素,包括生长素类、赤霉素、细

胞分裂素类和脱落酸类<sup>[3]</sup>,且比例适宜,利于作物吸收和有效地调控作物的生长。在酵素单一处理中,C0处理表现较差,每次喷施后都出现了“烧叶”症状,植株后期较其他处理矮小瘦弱,说明酵素原液浓度高,直接使用会抑制菜心的生长;C20与C50这2个处理表现较好,说明稀释20与50倍的酵素原液可用于实际生产。组合处理中,20%常规+C10与50%常规+C10表现较好,表现为两两相互促进的现象,说明减少一定量的化肥,再配合农用酵素的使用,能增加菜心的株高与蔓长,这与农用酵素在苋菜<sup>[4]</sup>上的研究结果一致。至于自制水果酵素对菜心品质的影响,还需进一步研究。

(2) 自制水果酵素+减量复合肥的组合处理中,处理20%常规+C10与50%常规+C10小区菜心的生长指标表现较好,但产量较对照均有减产,与在辣椒<sup>[5]</sup>、马铃薯<sup>[6]</sup>、玉米<sup>[7]</sup>、黄瓜<sup>[8]</sup>上的研究结果不一致。原因可能是该试验组合不当,因C10处理表现不好,如果与C20或C50组合,试验结果可能有很大的改观;也可能是因为酵素浓度稀释倍数太小,其他研究的稀释倍数大都在200倍以上,说明高浓度的酵素原液与复合肥组合使用不利于菜心的增产。

(3) SPAD值与氮含量有着特定的比例关系,氮肥是植物的主要肥料,因此如果SPAD值偏高,说明氮肥量充足,不需要施肥;而如果SPAD值较低,说明氮肥含量低,需要进行适时的施肥。该试验各处理的SPAD与对照无显著差异,说明各处理对菜心叶绿素含量无明显影响,各处理的氮肥是充足的。

(4) 农用植物酵素富含有机质和有机酸等成分,具有一定酸碱缓冲能力,能有效改善土壤pH<sup>[1]</sup>,增加土壤中氮、磷、钾及有机质的含量,从而改善土壤理化性质,提高土壤质量<sup>[9-11]</sup>,促进了土壤中有效氮和磷的释放<sup>[12]</sup>。还可以明显降低稻米<sup>[13]</sup>、菠菜和快菜<sup>[14]</sup>中重金属含量。该试验仅研究了叶面喷施对菜心生长的影响,有关滴灌或浇灌对菜心的影响还有待进一步研究,以后还可探究滴灌和叶面组合喷施农用植物酵素的效果,以研究一套适合叶菜类大面积推广的绿色有机生产方式。

### 参考文献

- [1] 张越,赵宇宾,蔡亚凡,等. 农用植物酵素的生态效应研究进展[J]. 中国农业大学学报,2020,25(3):25-35.
- [2] 代明亮,李松涛,韩振海,等. 植物源营养液对‘雪青梨’生长及果实品质的影响[J]. 中国农业大学学报,2008,13(5):19-23.
- [3] 方晨,毛建卫,单之初,等. 植物源作物酵素营养液研究进展及发展建议[J]. 农业工程,2017,7(4):181-186.
- [4] 黄兴学,林处发,周国林,等. 植物酵素对苋菜生长和品质的影响[J]. 长江蔬菜,2018(22):65-67.
- [5] 隋丽丽,连玉武,孙文彬,等. 植物酵素对果菜增产效应及其作用机理[J]. 科技创新与品牌,2017(2):75-77.
- [6] 梁会欣,连玉武,孙文彬,等. 植物酵素对马铃薯的影响及其作用机理[J]. 科技创新与品牌,2016(12):75-77.
- [7] 张艳梅,连玉武,孙梓媛,等. 植物酵素对玉米增产效应及其作用机理[J]. 科技创新与品牌,2017(1):72-74.
- [8] 李洁,周娟,郝小燕,等. 植物酵素对大棚西瓜生长及产量的影响[J]. 中国食物与营养,2014,20(12):29-32.
- [9] 李方志,李丝丝,王殷,等. 环保酵素改良土壤有机质与磷素的探索性研究[J]. 环境科学导刊,2016,35(5):65-69.
- [10] 李方志,杨琴,杨汝兰,等. 环保酵素对土壤有效氮、全氮及有机质改良效果的研究[J]. 玉溪师范学院学报,2016,32(4):42-47.

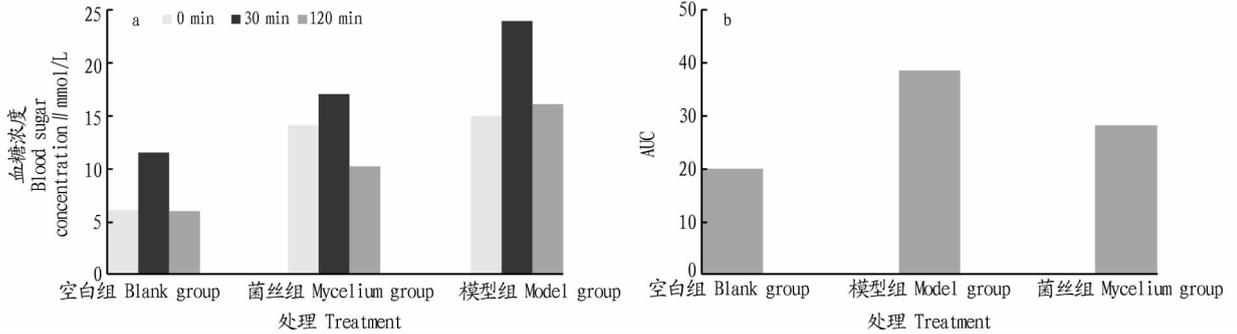


图7 桦褐孔菌菌丝体多糖对糖尿病小鼠口服葡萄糖耐量(a)及AUC(b)的影响

Fig. 7 Effects of mycelium polysaccharide on oral glucose tolerance (a) and area under the curve (b) in diabetic mice

要的生物活性成分之一,且在降血糖、降血脂及糖尿病防治上显示出独特的优势。但是从桦褐孔菌的子实体中提取多糖成本较高,影响效果。而在液体培养过程中,菌丝体可以很好地生长,并且产生较多的多糖<sup>[17-19]</sup>。

相比于其他资源,微生物最大的优势是能够连续工业化生产,而高效生产的基础是确定其最佳发酵条件。该研究利用已知成分的基础培养基,综合原料价格、微生物生长条件等,获得其最佳碳源、氮源分别为葡萄糖和牛肉膏。对于桦褐孔菌,无机氮作为速效氮源容易被吸收<sup>[20]</sup>,导致菌体早衰,而牛肉膏作为长效氮源则在避免衰退的同时,保持了其旺盛的抗菌活性。通过正交设计,得出适合桦褐孔菌菌体发酵的培养基为葡萄糖 30 g/L,蛋白胨 4 g/L,牛肉膏 8 g/L。分别研究了发酵时间、初始 pH、接种量和装液量对其发酵结果的影响,确定培养优化条件为 pH 7,培养时间是 10 d,接种量 15%,装液量 90 mL/250 mL。桦褐孔菌菌丝体多糖经动物体内试验证明有明显的降糖作用,为进一步开发研制降糖新产品提供了参考。

#### 参考文献

- [1] 孙军恩,许泓淦,敖宗华,等. 桦褐孔菌与松口蘑菌粉降血糖作用的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(2): 339-342.
- [2] GLAMOČLIJA J, ĆIRIĆ A, NIKOLIĆ M, et al. Chemical characterization and biological activity of Chaga (*Inonotus obliquus*), a medicinal "mushroom"[J]. Journal of ethnopharmacology, 2015, 162: 323-332.
- [3] 刘勇,史嘉翊,张哲,等. 桦褐孔菌固体发酵菌质水提物抗糖尿病活性研究进展[J]. 中国医学创新, 2019, 16(26): 163-167.
- [4] BALANDAYKIN M E, ZMITROVICH I V. Review on Chaga medicinal mushroom, *Inonotus obliquus* (higher basidiomycetes): Realm of medicinal applications and approaches on estimating its resource potential[J]. International journal of medicinal mushrooms, 2015, 17(2): 95-104.

- [5] XU X Q, WU P, WANG T Z, et al. Synergistic effects of surfactant-assisted biodegradation of wheat straw and production of polysaccharides by *Inonotus obliquus* under submerged fermentation [J]. Bioresource technology, 2019, 278: 43-50.
- [6] 黄年来. 俄罗斯神秘的民间药用真菌——桦褐孔菌[J]. 中国食用菌, 2002, 21(4): 7-8.
- [7] 梁丽雅,张泽生,杨海延. 桦褐孔菌的生物活性研究及应用现状[J]. 食品科技, 2008(7): 125-128.
- [8] 齐亭娟,周玉柏,曾毅. 桦褐孔菌活性成分及药理作用的研究进展[J]. 智慧健康, 2018, 4(24): 50-53.
- [9] 吴宇锋,颜美秋. 桦褐孔菌降血糖作用及机制研究进展[J]. 中药材, 2018, 41(11): 2716-2720.
- [10] JAROSZ A, SKÓRSKA M, RZYMOWSKA J, et al. Effect of the extracts from fungus *Inonotus obliquus* on catalase level in HeLa and nocardia cells[J]. Acta biochimica polonica, 1990, 37(1): 149-151.
- [11] 胡涛,刘萍,王亚亚,等. 桦褐孔菌深层发酵培养条件的优化研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(1): 26-29.
- [12] 蔡建秀,吴政声,庄亮亮. 桦褐孔菌深层培养条件及生物富集硒、锌、镉研究[J]. 食用菌, 2012(3): 14-16.
- [13] 潘学仁,池玉杰,吴庆禹. 药用多孔菌新纪录种——桦褐孔菌培养特性研究初报[J]. 中国食用菌, 1998, 17(4): 23-25.
- [14] 王飞雪,陈正爱. 发酵桦褐孔菌的制备方法及药理作用研究进展[J]. 延边大学医学学报, 2017, 40(1): 74-76.
- [15] 胡涛,解洛香,徐乐,等. 超声波辅助提取桦褐孔菌子实体中多糖和三萜[J]. 食品科技, 2012, 37(2): 213-217.
- [16] ZAFERANLOO B, QUANG T D, DAUMOO S, et al. Optimization of protease production by endophytic fungus *Alternaria alternata*, isolated from an Australian native plant[J]. World journal of microbiology & biotechnology, 2014, 30(6): 1755-1762.
- [17] 王冰,张光,刘琳琳,等. 挤压预处理对桦褐孔菌多糖溶出率的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(5): 109-114.
- [18] 苏玲,刘宇,刘岱尧,等. 桦褐孔菌多糖生物活性及构效关系的研究进展[J]. 菌物研究, 2018, 16(3): 132-137.
- [19] 徐妍,白羽,崔桂花,等. 桦褐孔菌活性成分的提取与药理活性研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2017, 38(6): 460-462.
- [20] 陈才法,项小燕,顾琪,等. 桦褐孔菌胞外多糖合成的深层发酵条件研究[J]. 中草药, 2007, 38(3): 358-361.

(上接第 146 页)

- [11] 李方志,王殷,李丝丝,等. 环保酵素对土壤钾素的改良效果[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(17): 168-169.
- [12] 普燕爽,陶津,林森,等. 环保酵素对朝天椒生长势及土壤有效磷、水解氮的影响研究[J]. 环境科学导刊, 2019, 38(3): 5-11.

- [13] 周泽宁,唐文邦,明兴权,等. 喷施植物酵素“金禾苗”与“环保酵素”对水稻产量及稻米中镉含量的影响[J]. 中国农技推广, 2016, 32(6): 50-52.
- [14] 丁文墨. 羊粪和酵素对菠菜和快菜安全评价及土壤质量的影响[D]. 北京:中国农业大学, 2016.