

采收期对不同品种双孢蘑菇品质的影响

王赵改, 杨 慧, 李 靖, 王继红, 王安建

(河南省农业科学院 农副产品加工研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 为了探明采收期对不同主栽双孢蘑菇品种采收品质的影响, 以 4 个双孢蘑菇品种为供试材料, 研究了 4 个采收期的双孢蘑菇子实体中维生素 C(Vc)、可溶性蛋白、还原糖、总酚等内在品质指标及多酚氧化酶(PPO)活性的变化。结果表明, 以上 5 种指标在同一采收期的不同品种间均存在一定的差异。尤其是在采收期 I (菌盖直径 2~3 cm) 时这种差异表现得较为明显。在采收期 I 时, 不同品种间 Vc 含量的变幅最大, 即 13.2~105.5 $\mu\text{g/g}$, 最大值是最小值的 8 倍; 可溶性蛋白含量为 15.9~21.4 mg/g , 还原糖为 1.51%~2.14%, 总酚含量为 333~680 $\mu\text{g/g}$, PPO 活性为 34.25~88.25 $\text{U}/(\text{g} \cdot \text{min})$ 。从整体趋势分析, 随着采收期的延迟, 不同双孢蘑菇品种中除 PPO 活性呈持续增加趋势外, 其 Vc、可溶性蛋白、还原糖、总酚含量均呈先增加后降低的趋势, 并在采收期 II (菌盖直径 3~4 cm) 或 III (菌盖直径 4~5 cm) 达到最高。从营养学、生物学产量和贮藏特性考虑, 综合分析以上 5 种试验指标, 应选取未开伞且直径在 4 cm 左右的双孢蘑菇进行采收。

关键词: 采收期; 品种; 双孢蘑菇; 品质

中图分类号: S646.1⁺1 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)07-0107-05

Influence of Different Harvest Time on the Quality of *Agaricus bisporus*

WANG Zhao-gai, YANG Hui, LI Jing, WANG Ji-hong, WANG An-jian

(Institute of Agricultural Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to explore quality change of different *Agaricus bisporus* in different harvest time, several quality indices (including Vc, soluble protein, reducing sugar, phenol as well as PPO activity) in different harvest time of four kinds of *Agaricus bisporus* were determined. The results showed that the nutrient accumulation among four kinds of *Agaricus bisporus* was significantly different in different growing periods. Especially in first harvest date, with pileus diameter of 2—3 cm, the maximum Vc content was about 8 times the minimum one, the content of reducing sugar changed between 1.51% and 2.14% and the content of total phenols was 333—680 $\mu\text{g/g}$, respectively. Overall, Vc, soluble protein, reducing sugar and phenol increased and reached the maximum at the II (3—4 cm) or III (4—5 cm) harvest time in all the *Agaricus bisporus* cultivars. PPO activity of different kinds of *Agaricus bisporus* showed a continuous increasing trend during the harvest time. Therefore, considering nutrition, biology production and storage characteristic, people should choose *Agaricus bisporus* which did not open an umbrella and was at 4 cm in diameter to store through analysis of five indices.

Key words: harvest time; varieties; *Agaricus bisporus*; quality

收稿日期: 2012-05-11

基金项目: 河南省农业科学院科技发展及示范推广专项(2011-196-59); 国家自然科学基金项目(31101373)

作者简介: 王赵改(1980-), 女, 河南郑州人, 助理研究员, 博士, 主要从事农产品保鲜与加工研究。E-mail: zgwang1999@126.com

近年来,河南省食用菌产业发展迅猛,2009 年全省总产量已达 226 万 t,产值 113 亿,从产值上看仅次于粮、菜、油,成为现代农业的一个新兴产业。其中,双孢蘑菇作为高蛋白、低脂肪、低热量的菌类保健食品,具有较高的营养价值,是世界上消费最多的菌种^[1-4],也是河南省的主栽菌种之一,目前已成为栽培地区的特色支柱产业。然而双孢蘑菇为耐贮性弱的食用菌种,由于其含水量高、组织娇嫩,采收后极易出现褐变、破膜、开伞等现象,导致贮藏及加工过程中感官质量下降,乃至失去商品价值。许多研究表明,子实体采收期是影响采收后贮藏特性及后续加工质量的关键因素。李成华等^[5]研究了不同采收期双孢蘑菇的贮藏特性,结果表明,直径 50~60 mm 的子实体采收后在贮藏期间具有更好的耐贮性。Braaksma 等^[6]研究采收时间对双孢蘑菇采收后品质的影响发现,采收得越早,贮藏环境中开伞率就越低。不同采收期双孢蘑菇贮藏特性存在差异,可归因于子实体采收期不同采收阶段内在品质的变化。关于采收期对双孢蘑菇贮藏特性的影响虽然目前已有较多文献报道,但关于子实体采收期不同采收阶段内在品质变化规律的相关研究涉及不多,而不同主栽品种在不同采收阶段品质变化的对比研究也鲜见报道。为此,以 4 种双孢蘑菇品种为研究对象,分别对其不同采收期的内在品质指标及多酚氧化酶(PPO)活性进行分析研究,以为不同品种双孢蘑菇的合理采收及贮藏保鲜研究提供一定的理论参考,同时也可对双孢蘑菇种植、加工品种选择优化提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

双孢蘑菇采自河南省农业科学院,品种为 W-2000(白色)、W-192(白色)、As2796(白色)和 M-棕-2(棕色)。将双孢蘑菇按成熟度及菌盖直径分为 4 个生长期:采收 I(菌盖直径 2~3 cm)、采收 II(菌盖直径 3~4 cm)、采收 III(菌盖直径 4~5 cm)及采收 IV(开伞)。

1.2 试验方法

1.2.1 维生素 C(Vc)含量的测定 采用紫外快速测定法^[7]。称取剪碎均匀的双孢蘑菇 5 g,加入 10 mL 1%盐酸研磨成浆,于 25 mL 容量瓶定容稀释。转移至离心管于 10 000 r/min 离心 10 min,取 0.2 mL 上清液和 0.2 mL 10%盐酸于 10 mL 容量瓶中定容,以蒸馏水为空白对照,在 243 nm 处测定吸光

度值。根据标准曲线计算出 Vc 含量。

1.2.2 总酚含量的测定 参照李南奔等^[8]的方法,稍作改动。称取剪碎的双孢蘑菇 1.0 g,加入 5 mL 80%乙醇研磨过滤,将滤液放置 20 min。取 0.1 mL 滤液,加入 5 mL 水及 0.5 mL 福林酚反应 8 min,再加 1.5 mL 20%的碳酸钠溶液,于 760 nm 处测定吸光度值。根据标准曲线计算出总酚含量。

1.2.3 可溶性蛋白含量的测定 参考李合生等^[6]的方法,称取剪碎的双孢蘑菇 0.5 g,加入 5 mL 的蒸馏水研磨成浆,转移至 10 mL 离心管中,于 10 000 r/min 离心 10 min。取 0.5 mL 上清液于盛有 9.5 mL 蒸馏水的大离心管中,混匀,即为稀释 20 倍的浆液。再吸取 1 mL 稀释液,加入 5 mL 考马斯亮蓝溶液反应 2 min,以 1 mL 蒸馏水加入 5 mL 考马斯亮蓝溶液为空白对照,于 595 nm 处测定吸光度值。根据标准曲线计算出可溶性蛋白的含量。

1.2.4 还原糖含量的测定 采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)法^[9]。

(1)还原糖的提取:称取剪碎混匀的双孢蘑菇 3.0 g,加少量的水研磨成浆,然后加 50 mL 蒸馏水搅匀,于 50 ℃ 恒温水浴保持 20 min 后离心,并用 20 mL 蒸馏水洗残渣,收集 2 次离心的上清液转移至 100 mL 容量瓶中,并用蒸馏水定容,作待测液备用。

(2)还原糖的测定:分别取 6 mL 待测液、1.5 mL DNS 于 25 mL 比色管中,摇匀后在沸水浴中加热 5 min,冷却至室温后,定容到 25 mL,在 540 nm 处测定吸光值。还原糖含量计算方法如下:

$$\text{还原糖含量} = \frac{\text{从标准曲线查得的糖含量} \times \frac{\text{提取液体积}}{\text{测定用样品液体积}}}{\text{样品质量}} \times 100\%$$

1.2.5 多酚氧化酶活性的测定 采用邻苯二酚比色法,具体参照 Coseteng 等^[10]的方法,稍有改进。

(1)酶液的提取:称取剪碎混匀的双孢蘑菇 1.0 g,加入预冷过的 50 mmol/L、pH 值 5.5 的磷酸缓冲液(内含 1%聚乙烯吡咯烷酮),冰浴研磨,于 10 000 r/min 低温离心 15 min,上清液即为酶提取液。

(2)酶活性的测定:取试管若干个,依次加入 1 mL 0.2 mol/L 邻苯二酚、1.9 mL 50 mmol/L pH 值 5.5 的磷酸缓冲液及 0.1 mL 酶液,反应温度 37 ℃,加入酶液后迅速摇匀,记录波长 410 nm 下吸光值的变化,每隔 30 s 读 1 次数,共 3 min。以每分钟吸光值增加 0.01 为 1 个酶活单位(U),用 U/(g·min)表示。

1.3 数据处理

所有试验均做 3 次平行,取平均值用于分析;数据采用 Origin 8.0 及其相关方法进行处理,并用 SPSS 11.5 进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 4 种双孢蘑菇在不同采收期子实体 Vc 含量的变化

双孢菇富含多种维生素,如维生素 B₁、维生素 B₂、Vc 及尼克酸,但在不同的采收期,Vc 含量较易发生变化^[11]。由图 1 可知,不同品种的双孢蘑菇在各生长阶段其 Vc 含量差异显著($P < 0.05$)。W-192、As2796 及 M-棕-2 的 Vc 含量明显高于 W-2000,其中在采收 I 时 W-192 的 Vc 含量为 105.5 $\mu\text{g/g}$,是同期采收 W-2000 的 8 倍;在采收 III 时 W-192 的 Vc 含量最高,是同期采收 W-2000 的 3.5 倍。在不同的采收期,各品种双孢蘑菇 Vc 含量总体呈现先增加后降低的趋势,在采收期 III 达到最大,而在开伞后则有所降低。与 W-2000、W-192 相比,As2796 及 M-棕-2 品种采收期 I、II 的 Vc 含量变化不明显。

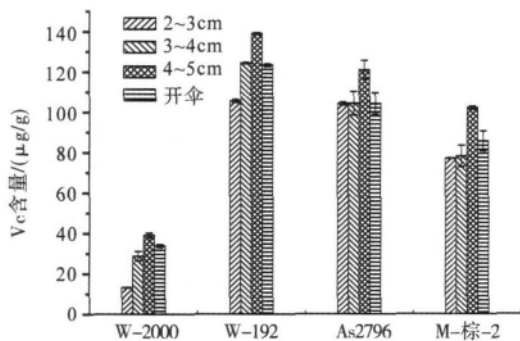


图 1 4 种双孢蘑菇在不同生长期子实体 Vc 含量变化

2.2 4 种双孢蘑菇在不同采收期子实体可溶性蛋白质含量的变化

双孢蘑菇中蛋白质含量的变化代表组织的代谢水平。由图 2 可知,双孢蘑菇可溶性蛋白质含量虽在同一采收期的不同品种间存在一定的差异,但整体差别不太显明,整个采收期基本保持在 15.9~26.5 mg/g。就单个品种中可溶性蛋白质含量变化而言,As2796 品种在 I、II 阶段生长过程中可溶性蛋白质含量的变化最为显著($P < 0.01$),W-2000 及 As2796 品种后期蛋白质含量略高。随着采收期的延迟,所有品种中可溶性蛋白与 Vc 变化基本一致,也呈先增加后降低的趋势,在采收期 III 达到最大。开伞时下降可能是因为部分蛋白质在蛋白酶活性增强条件下被分解,组织代谢水平开始下降^[12]。

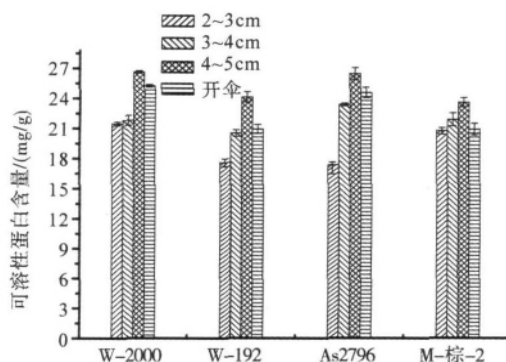


图 2 4 种双孢蘑菇在不同生长期子实体可溶性蛋白质含量的变化

2.3 4 种双孢蘑菇在不同采收期子实体还原糖含量的变化

还原糖是参与呼吸作用的主要物质,其含量的变化也反映了双孢菇生理生化代谢强弱的程度^[13]。如图 3 所示,所有品种蘑菇的还原糖含量变化趋势基本一致,均呈 S 型变化。生长阶段 II 至阶段 III 是双孢蘑菇还原糖含量增加较为显著的时期。由生长阶段 I 到 II,还原糖含量略有降低,而阶段 III 至开伞阶段的还原糖含量也有所降低。不同品种不同的发育阶段,还原糖总量的变化幅度在 1.48%~2.44%,并在成熟期 III 时含量较高,这与 Tsai 等^[14]研究的结果类似。就不同的品种而言,白色双孢菇的可溶性糖含量相对高于棕色双孢菇,且 As2796、W-192 又较 W-2000 含量高。对于其他的蘑菇品种,是否也有这种趋势还有待于进一步验证。

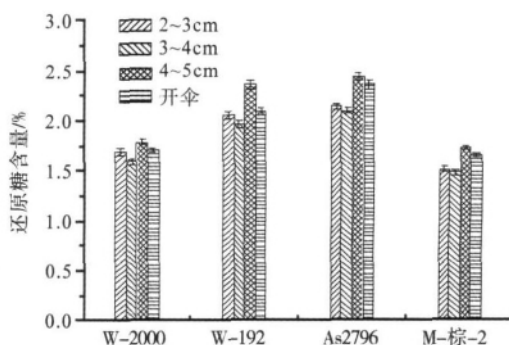


图 3 4 种双孢蘑菇在不同生长期子实体还原糖含量的变化

2.4 4 种双孢蘑菇在不同采收期子实体总酚含量的变化

双孢菇子实体中总酚含量高于莲藕、山药及甘薯等多数根茎类蔬菜,而酚类物质不仅与风味、抗病性紧紧相关,且可作为酶促褐变的底物,其含量与双孢菇的采后褐变有直接关联^[12]。由测定结果可知(图 4),随着蘑菇采收期的延迟,不同品种总酚含量在前期均出现递增趋势,在采收中期(采收 II、III)达到高峰,品种 As2796 与 W-192 的总酚含量相对较

高,最高分别达到 882 $\mu\text{g/g}$ 和 855 $\mu\text{g/g}$,依次大于 M-棕-2、W-2000。开伞时,总酚含量均开始下降,其中品种 As2796 下降的幅度最大。而棕色品种双孢蘑菇 M-棕-2 的总酚含量在整个生长阶段变化相对较小,可见双孢蘑菇总酚含量变化规律存在品种间的差异。

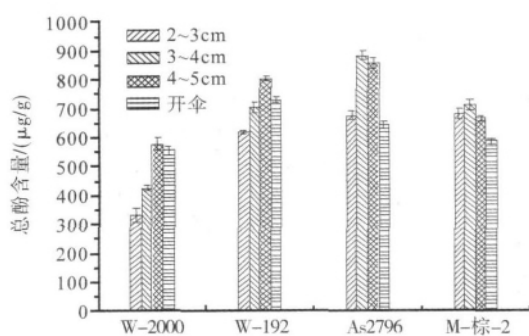


图 4 4 种双孢蘑菇在不同生长期子实体总酚含量的变化

2.5 4 种双孢蘑菇在不同采收期子实体 PPO 活性的变化

PPO 是一类含有金属铜的氧化还原酶。朱继英等^[15]研究表明,双孢菇褐变程度与 PPO 活性相一致。Van Leeuwen 等^[16]对不同采收期的双孢蘑菇子实体中 PPO 活性进行研究,菌皮及菌肉中 PPO 活性与菇盖的褐变程度呈正相关。从图 5 可以看出,PPO 活性不但与栽培的品种有关,与采收期更是密切相关,这与 Van Leeuwen 等^[16]的研究结果一致。随着采收期的延迟,除品种 As2796 外,其他品种中 PPO 活性均随采收期的延迟迅速递增。就不同品种来看,品种 M-棕-2 的 PPO 活性最高,在采收 IV 时达 123 $\text{U}/(\text{g} \cdot \text{min})$,与其他品种差异显著 ($P < 0.05$),较高的酶活性赋予了其较强的褐变潜力。值得注意的是,品种 As2796 的 PPO 活性在开伞之前的生长阶段则保持在较低水平。

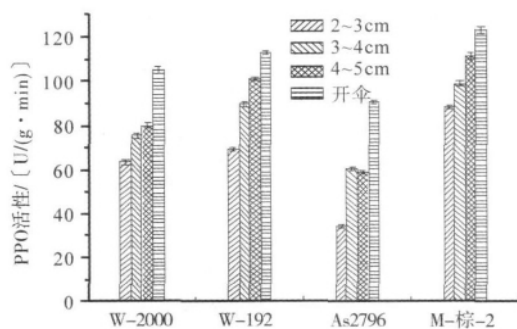


图 5 4 种双孢蘑菇在不同生长期子实体 PPO 活性的变化

3 讨论

双孢蘑菇是典型的富含多种营养元素的菌类保健食品之一,深受世界消费者欢迎,具有巨大的市场

消费空间。但在不同的生长阶段,即使是同一品种,其菇体内的营养成分如 Vc ^[11]、可溶性蛋白质^[12]、还原性糖^[14]含量均较易发生变化。作为直接参与酶促褐变的底物酚类物质及反应酶 PPO,其含量的高低也受采收期的影响^[15-16]。根据本研究结果,从整体趋势分析,随着采收期的延迟,不同双孢蘑菇品种中除 PPO 活性呈持续增加趋势外,其 Vc 、可溶性蛋白、还原糖、总酚含量均呈先增加后降低的趋势,并在采收期 II 或 III 达到最高,这和人研究结果基本一致,在一定程度上也说明双孢蘑菇品种间具有种内遗传相似性^[17]。这从客观上给不同品种确定其合理的采收期带来很大的便利。

Vc 、可溶性蛋白、还原糖及总酚是衡量食品营养的主要指标,就试验结果而言,不考虑采后贮藏特性,仅从食品营养学和生物学产量的角度分析,不同品种蘑菇的采收应在开伞之前进行。对用于贮藏的蘑菇,考虑到双孢蘑菇是呼吸跃变型园艺产品,采收应在其达到园艺成熟度之前进行;同时 PPO 因直接参与酶促褐变反应,与采后贮藏及加工品质密切相关^[16],从理论上讲,采收期应在 PPO 活性低的情况下进行。综合分析以上 5 个试验指标,建议用于贮藏的蘑菇选取其未开伞并且直径在 4 cm 左右的菇体进行冷藏或气调贮藏。

本试验选择的 W-2000、W-192、As2796 及 M-棕-2 的双孢菇目前均有大量栽培。根据试验结果可知,即使在同一采收期,同营养组分不同品种间其相对含量存在较大的差异。尤其是在采收期 I 时这种差异表现得较为明显。在此阶段,不同品种间菇体内最大 Vc 、可溶性蛋白、还原糖、总酚含量和 PPO 活性分别是其相应最小值的 8 倍、1.35 倍、1.42 倍、2.04 倍和 2.58 倍,并且这种差异伴随菇体采收期的延迟而一直存在,即同种物质的累积动力学在不同双孢蘑菇品系间存在一定的差异。品种 W-192 和 As2796 的营养积累在成熟期甚至整个采收期,其 Vc 、还原糖及总酚含量均高于品种 W-2000 和 M-棕-2。尤其是品种 As2796,直到采收后期仍保持较低的 PPO 活性,说明该品种可能具有较大的市场发展潜力。

双孢蘑菇生产商、企业及消费者可以根据不同的需要选择合适的采收期。本试验不仅从营养学等相关的品质指标角度为双孢菇的采摘及种类的选择提供了一定的依据,而且为双孢蘑菇种植和加工品种选择优化提供依据,同时为进一步探讨采收品质与贮藏特性之间的关系及其贮藏保鲜加工调控奠定一定的理论基础。

(下转第 127 页)

国外学者采取不同体积、不同深度的容器栽培方法进行了广泛的限根研究,发现限根对果树生长发育的各方面均有影响,但由于试材、限根方法等不同,所得结果有时出入很大^[13]。本研究由于时间短,对限根条件下设施栽培的大樱桃内源激素水平与树体生长的关系未进行深入研究,鉴于内源激素在果树的生长发育、花芽分化、果实生长成熟等方面起着重要作用,研究根域限制对内源激素含量及分布的影响对于完善根域限制栽培理论及实践应用有着重要意义^[14]。

通过限根栽培可以明显抑制大樱桃新梢生长,促进花芽提早形成,对设施栽培的大樱桃可以起到很好的早丰产、早见效的作用;通过限根栽培改变了大樱桃内源激素水平,从而影响大樱桃树体的生长发育。研究认为,设施大樱桃限根栽培的方式可以采用根系断根修剪的处理,但以平行行向距主干30 cm处两侧纵向断根为宜,且易操作;也可采用箱框式进行限根栽培,但限根程度还需要进一步试验明确。

参考文献:

- [1] 于克辉,韩凤珠,赵岩,等. 限根技术在果树设施栽培中的应用[J]. 北方果树,2004(增刊):61-62.
- [2] 李秀杰,陈中. 桃树设施栽培[M]. 北京:林业出版社,1998:116.
- [3] 中国绿色食品发展中心. GB15618-1995 绿色食品标准[S]. 北京:中国标准出版社,1995:8-11.

(上接第110页)

参考文献:

- [1] Kerrigan R W. Global genetic resources for *Agaricus* breeding and cultivation[J]. Can J Bot, 1995, 75(1): 973-973.
- [2] 臧丹丹,邹莉,姚远. 双孢蘑菇优化栽培技术[J]. 现代农业科技,2010(13):147-148.
- [3] 余荣,周国英,刘君昂. 双孢蘑菇设施栽培研究进展[J]. 现代农业科技,2006(1):5-6,8.
- [4] 韩晓芳,杨杰,孟俊龙,等. 不同品种对双孢蘑菇采后贮藏性的影响[J]. 天津农业科学,2011,17(1):121-126.
- [5] 李成华,张永丹,刘吟,等. 采收期对双孢蘑菇采后耐贮性品质影响研究[J]. 中国食用菌,2009,28(5):46-49.
- [6] Braaksma A, Schaap D J, Schipper C M A. Time of harvest determines the post-harvest quality of the common mushroom *Agaricus bisporus*[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 16:195-198.
- [7] 李泽鸿,管玉兵,练荣伟,等. 三种方法测定苍耳 Vc 含量的研究[J]. 北方园艺,2011(1):200-202.
- [8] 李南弈,金群力,刘春滢,等. 双孢蘑菇贮藏中的褐变及相关酶活性研究[J]. 食用菌学报,2009,16(3):53-56.
- [9] 李合生,孙群. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,1995.
- [10] Coseteng M Y, Lee C Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to

- [4] 杨洪强,李林光,接玉玲. 园艺植物的根系限制及其应用[J]. 园艺学报,2001,28(增刊):705-710.
- [5] 沈慧. 大棚樱桃限根方法的巧妙运用[J]. 烟台果树,2011,115(3):52-53.
- [6] 杨天仪,王世平,刘晓清,等. 根域限制对葡萄营养生长与结果状况的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2007(5):4-6.
- [7] 方金豹,顾红,陈锦永,等. 根域限制对幼年桃树生长发育的影响[J]. 中国农业科学,2005,39(4):779-785.
- [8] 赵宝龙,孙军利. 不同限根方式及程度对3年生蟠桃生长结果的影响[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2011,29(3):282-285.
- [9] Sawano Y. Planting types and problems in satsuma mandarin[J]. Japan Soc Hort Sci, 1993, 62(suppl. 2): 13-25.
- [10] Atkin C J, Webster A D, Vaughan S. Effects of root restriction on physiology of apple growth[J]. Acta Horticulturae, 1997, 451:587-595.
- [11] Myers S C. Root restriction of apple and peach with inground fabric containers[J]. Acta Hort, 1992, 322: 219-221.
- [12] 鲁建栋,杨夏,许发良,等. 葡萄不同整形修剪方式的轻劳动量化技术研究[J]. 现代农业科技,2011(8):95,97.
- [13] 吕德国. 限根对果树生长发育的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2000,31(4):361-364.
- [14] 聂俊峰,邹养军,贾志宽. 根域限制栽培在果树上的应用研究进展[J]. 陕西农业科学,2005(3):114-116.

- degree of browning[J]. Journal of Food Science, 1987, 52(4):985-989.
- [11] GenCcelep H, Uzun Y. Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms [J]. Food Chemistry, 2009, 113(4):1033-1036.
- [12] 孟德梅,申琳,陆军,等. 双孢菇采后感官品质变化的因素分析与保鲜技术研究进展[J]. 食品科学,2010, 31(15):283-287.
- [13] 刘吟,李成华,吴关威,等. 双孢蘑菇子实体采后褐变及相关生化变化研究[J]. 中国食用菌,2010,29(3):48-51.
- [14] Tsai S Y, Wu T P, Huang S J. Nonvolatile taste components of *Agaricus bisporus* harvested at different stages of maturity[J]. Food Chemistry, 2007, 103: 1457-1464.
- [15] 朱继英,王相友,许英超. 贮藏温度对双孢菇采后生理和品质的影响[J]. 农业机械学报,2005,3(11):92-94.
- [16] Van Leeuwen J, Wichers H J. Tyrosinase activity and isoform composition in *Sepa* rate tissues during development of *Agaricus bisporus* fruit bodies[J]. Mycol Res, 1999, 103:413-418.
- [17] Castle A J, Horgen P A, Anderson J B. Crosses among homo karyons from commercial and wild-collected strains of the mushroom *Agaricus brunnescens*[J]. Appl Environ Microbiol, 1988, 54:1643-1648.