

α -半乳糖苷酶对肉鸡生产性能和养分代谢率的影响

马慧慧^{1,2}, 高树华¹, 李绍钰^{2*}, 魏凤仙², 王琳焱², 徐彬², 焦玉萍², 孙全友²

(1. 河南农业大学 牧医工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南省农业科学院 畜牧兽医研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 为研究在玉米-豆粕型基础日粮中添加不同水平的 α -半乳糖苷酶制剂对AA肉鸡生产性能和养分代谢率的影响。饲养试验选用1日龄AA肉仔鸡360只, 随机分为5个处理, 在基础日粮中分别添加0、0.05、0.10、0.15、0.20 g/kg α -半乳糖苷酶制剂, 每个处理6个重复, 每个重复12只鸡, 试验期6周, 测定21 d和42 d的平均日增体质量、日采食量和料重比。结果表明: 0.10、0.15、0.20 g/kg α -半乳糖苷酶组显著提高21、42日龄日增体质量, 增幅为2.56%~4.54% ($P < 0.05$), 降低42日龄的料重比, 降幅为1.91%~4.59% ($P < 0.05$); 排空强饲代谢试验结果表明: 在玉米-豆粕型日粮中添加 α -半乳糖苷酶, 提高了表观代谢能及真代谢能值, 增幅为0.31~0.34 MJ/kg ($P < 0.05$), 改善了其他营养物质的利用率。综合分析, 以0.1~0.2 g/kg α -半乳糖苷酶添加水平效果较好。

关键词: α -半乳糖苷酶; 生长性能; 养分代谢率; 代谢能; 玉米-豆粕; AA肉鸡

中图分类号: S831 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)05-0145-05

Effects of α -galactosidase on the Growth Performance and Metabolic Rate of Nutrients of Broilers

MA Hui-hui^{1,2}, GAO Shu-hua¹, LI Shao-yu^{2*}, WEI Feng-xian², WANG Lin-yi²,
XU Bin², JIAO Yu-ping², SUN Quan-you²

(1. Engineering College of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Experiments were conducted to study the effects of α -galactosidase on the growth performance and metabolic rate of nutrients in broilers fed with corn-soybean meal basal diet. A total of 360 one-day old Arbor Acres (AA) broilers were divided into 5 treatment groups with 6 replicates of 12 chicks in each replicate. Five treatments were supplemented with 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 g/kg α -galactosidase in the basal diets, respectively. The result showed that supplemental α -galactosidase levels of 0.10, 0.15, 0.20 g/kg significantly influenced daily gain 2.56%~4.54% during 0-21 days and 22-42 days, and significantly reduced feed/gain 1.91%~4.59% during 22-42 days ($P < 0.05$). The result of metabolize experiment showed that the addition of α -galactosidase to the corn-soybean meal diet had improved metabolizable energy 0.31-0.34 MJ/kg and utilization of nutrients in diet. It was concluded that the optimal supplemental level of α -galactosidase was 0.10-0.20 g/kg.

Key words: α -galactosidase; growth performance; metabolic rate of nutrients; metabolizable energy; corn-soybean; broilers

收稿日期: 2012-02-06

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-42); 河南省科技攻关重大项目(092101110200)

作者简介: 马慧慧(1984-), 女, 河南商丘人, 在读硕士研究生, 研究方向: 动物营养与饲料科学。

E-mail: mahui13673665467@yahoo.cn

* 通讯作者: 李绍钰(1965-), 男, 湖北麻城人, 研究员, 博士, 主要从事动物营养与饲料方面的研究。

E-mail: lsy9617@yahoo.com.cn

高蛋白、高能量的玉米-豆粕型日粮是目前公认的“黄金日粮”类型,由于大豆中含有很高的 α -半乳糖苷,影响了营养物质的利用。大豆中的 α -半乳糖苷主要是棉籽糖和水苏糖,其中大豆中的棉籽糖和水苏糖分别为 1.4% 和 5.2%^[1]。在鸡肠道内缺乏分解 α -半乳糖苷中 α -1,6 糖苷键的酶,肠道内测不到 α -半乳糖苷酶的活性,一般而言, α -半乳糖苷类物质在鸡肠道内不能被利用^[2]。而动物对营养物质采食量和营养物质消化率是间接反映动物生产性能高低的重要指标。因此,为了充分发挥高蛋白豆粕的营养价值,各领域做了大量的试验研究,结果表明在日粮中添加适量的 α -半乳糖苷酶制剂能有效改善日粮类型的营养价值,提高肉鸡的日增体质量和饲料转化效率^[3-5]。但也有不一致的报道,Angel 等^[6]的研究结果表明, α -半乳糖苷酶并没有显著提高豆粕的营养价值。本试验以玉米-豆粕为基础日粮添加 α -半乳糖苷酶制剂,旨在研究 α -半乳糖苷酶制剂对肉鸡生长性能及能量和养分代谢率的影响。

1 材料和方法

1.1 试验材料及来源

将 α -半乳糖苷酶剂添加到玉米-豆粕型日粮中,进行饲养试验及代谢试验。 α -半乳糖苷酶由上海欧耐施有限公司提供(α -半乳糖苷酶实际测定酶活力为 500 U/g。酶活力定义:在 37 °C, pH 值为 5.0 的条件下,每分钟从 1.5 mg/mL 的对硝基苯酚- α -D-吡喃半

乳糖苷溶液中降解释放 1 μ mol 对硝基苯酚所需要的酶量为 1 个酶活力单位(U)。

1.2 试验动物、分组及饲养管理

试验选取健康、体质量均匀的 1 日龄 AA 肉鸡 360 只,随机分成 5 个处理,每个处理 6 个重复,每个重复 12 只鸡。饲养试验在河南省农业科学院畜牧兽医研究所肉鸡试验基地进行,试验期为 42 d,分前期(1~21 d)和后期(22~42 d) 2 个阶段。采用常规笼养,分上、中、下 3 层。饲养过程中采用自由采食和饮水,鸡舍通风良好;人工光照、温度、湿度和免疫程序按 AA 肉鸡饲养管理操作章程进行;每天观察记录试验鸡生长健康状况、死亡数量及耗料量。

1.3 试验设计

采用单因子完全随机设计,共 5 个处理,各处理酶制剂添加水平见表 1。

1.4 试验日粮组成及营养水平

供试鸡日粮以玉米-豆粕型日粮为基础日粮,参照中华人民共和国农业行业标准肉鸡饲养标准(NY/T33-2004)营养需要配制。配方及营养成分见表 2。

表 1 试验日粮设计

组别	日粮
处理 I(基础对照组)	基础日粮(玉米-豆粕)+0 g/kg α -半乳糖苷酶
处理 II	基础日粮+0.05 g/kg α -半乳糖苷酶
处理 III	基础日粮+0.10 g/kg α -半乳糖苷酶
处理 IV	基础日粮+0.15 g/kg α -半乳糖苷酶
处理 V	基础日粮+0.20 g/kg α -半乳糖苷酶

表 2 日粮组成及营养水平(风干基础)

日粮组成	基础日粮/%		营养水平	基础日粮/%	
	1~21 d	22~42 d		1~21 d	22~42 d
玉米	60.00	62.00	代谢能/(MJ/kg)	12.54	12.96
大豆粕	34.30	30.05	粗蛋白/%	21.50	20.00
大豆油	2.00	4.00	钙/%	1.00	0.90
石粉	1.45	1.40	总磷/%	0.68	0.65
磷酸氢钙	1.33	1.28	有效磷/%	0.45	0.40
DL-蛋氨酸	0.25	0.15	蛋氨酸/%	0.50	0.40
食盐	0.35	0.35			
维生素预混剂	0.02	0.02			
矿物质预混剂	0.20	0.20			
胆碱	0.10	0.10			

注:每千克维生素预混剂含:维生素 A 3.5 \times 10⁷ IU;维生素 D₃ 1 \times 10⁷ IU;维生素 E 7.5 \times 10⁴ IU;维生素 K₃ 1 \times 10⁴ mg;维生素 B₁₁ 10⁴ mg;维生素 B₂ 2.5 \times 10⁷ mg;维生素 B₆ 1.5 \times 10⁷ mg;维生素 B₁₂ 100 mg;烟酰胺(或烟酸)1 \times 10⁵ mg;D-泛酸钙 5 \times 10⁴ mg;叶酸 5 000 mg;生物素 400 mg;抗氧化剂 200 mg。每千克矿物质预混剂含:铁(Fe) 9 \times 10⁴ mg;铜(Cu) 6 000 mg;锌(Zn) 5 \times 10⁴ mg;锰(Mn) 1 \times 10⁵ mg;硒(Se) 250 mg;碘(I) 600 mg。

1.5 测定指标及测定方法

1.5.1 生产性能测定 试验鸡进鸡舍时,测定试验鸡初始体质量,在 21、42 日龄进行空腹称量各重复鸡体质量和各重复饲料消耗量;方法:称量前一天 20:00 断料,空腹 12 h,第 2 天 8:00 称量各重复鸡

体质量。同时,详细记录各组给料量、剩余料量,记录鸡只死亡数量,计算平均日增体质量(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。

1.5.2 能量及养分表观、真代谢率和能量表观、真代谢能的测定 选择体重均匀,采食正常,强饲后无

异常反应的健康公鸡 30 只为试验鸡,称每只试验鸡体质量,随机分为 5 个处理,每个处理 6 只鸡,其中 5 组为不同水平的 α -半乳糖苷酶组,另外 1 组为空白内源代谢能组,添加酶制剂水平及日粮配方同饲养试验。

在非强饲期,试验鸡单笼饲养,光照、通风、饮水、采食同饲养试验;期间将集粪袋瓶盖缝合在试验鸡泄殖腔口的外围处。禁食排空 48 h,禁食期间自由饮水,禁食结束后,每只鸡准确强饲 50 g 试验料,并准确记录单只鸡强饲时间,拧上集粪袋,之后禁食,自由饮水。收集强饲后 48 h 的排泄物,收集次数具体情况而定。往收集好的排泄物中加 10% 的盐酸,随后将排泄物放入 4 °C 冰箱中保存。待正试期 48 h 的排泄物全部集后,先称取排泄物总量,以重复组为单位铺平放入 65~70 °C 的烘箱中烘干至恒定质量,至室内回潮 24 h,称质量,记录,粉碎,过 0.45 mm 孔径筛,充分混匀后装入样品瓶供分析用。

分别测定各重复组粪样、饲料中的总能、粗蛋白质、粗脂肪、干物质、钙和磷的含量,计算各组能量表观代谢率、真代谢率和能量表观代谢能、真代谢能;计算粗蛋白质、粗脂肪、干物质、钙和磷的表观、真代谢率。粪便和饲料样本在 105 °C 恒温条件下干燥,称干物质重,凯氏定氮法测粗蛋白质(CP)含量,索

氏法测定粗脂肪的含量,高锰酸钾法测钙(Ca)含量,钼黄比色法测定磷(P)的含量,使用数显氧弹式热量计(国产)测定总能^[7]。

1.6 数据统计及处理

数据经 Excel 处理后,采用 SPSS 11.5 统计分析软件 one-way ANOVA 程序进行方差分析和 Duncan 多重比较,试验数据均用平均值±标准差表示,以 $P<0.05$ 为显著水平。

2 结果与分析

2.1 α -半乳糖苷酶对肉鸡生长性能的影响

α -半乳糖苷酶制剂对肉鸡生长性能的影响见表 3。由表 3 可见,各处理试验组与基础对照组(处理 I)相比,21、42 d 平均日采食量、21 d 料重比差异不显著($P>0.05$);处理 III、IV、V 的 21、42 d 日增体质量以及 42 d 料重比与处理 I 相比差异显著($P<0.05$);其中 21 d 日增体质量比对照组增加高达 4.34%($P<0.05$);42 d 日增体质量比对照组最高增加 4.54%($P<0.05$);42 d 料重比降低最明显的是处理 IV,降低了 4.59%($P<0.05$);III、IV、V 试验末体重以处理 III、IV、V 较好,其中处理 III、V 达到显著水平($P<0.05$)。由此看出,酶制剂的添加使得鸡日增体质量有不同程度的改善,降低了料重比,从而使试验末体质量增加。

表 3 α -半乳糖苷酶对肉鸡生长性能的影响

项目	平均日采食量/(g/d)		平均日增体质量/(g/d)		料重比		试验末体质量/kg
	1-21 d	22-42 d	1-21 d	22-42 d	1-21 d	22-42 d	0-42d
处理 I	48.62±2.03	148.13±1.55	30.88±0.45 ^a	75.55±1.00 ^a	1.57±0.06	1.96±0.04 ^a	2.28±0.01 ^a
处理 II	48.74±1.28	148.70±1.95	31.60±0.65 ^{ab}	76.69±1.08 ^{ab}	1.54±0.07	1.94±0.03 ^{ab}	2.31±0.03 ^{ab}
处理 III	48.81±0.77	148.27±2.98	32.22±0.46 ^b	78.83±2.06 ^b	1.51±0.03	1.88±0.05 ^b	2.37±0.09 ^b
处理 IV	48.65±0.48	148.25±3.64	31.70±0.47 ^b	78.98±0.72 ^b	1.53±0.02	1.87±0.06 ^b	2.34±0.05 ^{ab}
处理 V	48.84±1.94	148.56±1.10	31.67±0.73 ^b	78.98±0.82 ^b	1.54±0.08	1.88±0.01 ^b	2.38±0.05 ^b

注:同列数据肩注小写字母不同者表示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.2 α -半乳糖苷酶对肉鸡能量和养分代谢率的影响

α -半乳糖苷酶对肉鸡能量和养分代谢率的影响见表 4。粗蛋白表观代谢率、真代谢率,处理 III、IV、V 组与处理 I 组相比差异显著($P<0.05$),其中粗蛋白表观代谢率分别比对照组提高 5.26%、5.06%、5.40%,粗蛋白的真代谢率分别比对照组提

高 3.66%、3.68%、3.90%;钙、磷和粗脂肪表观代谢率、真代谢率,各处理试验组与基础对照组比差异不显著($P>0.05$);干物质表观、真代谢率,各处理试验组与基础对照组比差异显著($P<0.05$);处理 III、IV、V 的能量表观代谢率、真代谢率和表观代谢能、真代谢能与处理 I 相比差异显著($P<0.05$),其中真代谢能值提高 74.09~81.26 kcal/kg。

表 4 α -半乳糖苷酶对肉鸡能量和养分代谢率的影响(绝干基础)

项目	处理 I	处理 II	处理 III	处理 IV	处理 V
粗蛋白表观代谢率/%	50.56±0.32 ^a	52.01±0.35 ^{ab}	53.22±0.05 ^b	53.12±0.37 ^b	53.29±0.65 ^b
粗蛋白真代谢率/%	80.98±0.11 ^a	82.52±0.15 ^{ab}	83.94±0.13 ^b	83.96±0.64 ^b	84.14±0.86 ^b
钙表观代谢率/%	70.37±0.91	71.44±0.08	71.33±1.71	71.38±1.63	71.39±0.42
钙真代谢率/%	90.16±0.40	90.36±0.07	90.48±1.05	90.44±1.84	90.61±0.02

续表 4 α -半乳糖苷酶对肉鸡能量和养分代谢率的影响(绝干基础)

项目	处理 I	处理 II	处理 III	处理 IV	处理 V
磷表观代谢率/%	39.25±0.61	39.56±1.56	41.06±0.40	41.11±1.25	41.19±0.30
磷真代谢率/%	95.85±0.02	96.46±1.08	96.67±1.54	97.47±2.13	98.34±1.04
粗脂肪表观代谢率/%	87.20±0.41	87.49±0.57	87.87±0.19	87.91±0.55	87.85±0.07
粗脂肪真代谢率/%	103.57±0.07	103.86±0.45	104.03±0.45	104.29±0.26	104.61±0.19
干物质表观代谢率/%	82.96±0.02 ^a	83.31±0.01 ^b	83.36±0.06 ^b	83.32±0.04 ^b	83.38±0.10 ^b
干物质真代谢率/%	85.67±0.41 ^a	86.86±0.51 ^b	87.18±0.30 ^b	87.83±0.60 ^b	87.90±0.02 ^b
能量表观代谢率/%	87.16±0.18 ^a	87.54±0.49 ^{ab}	87.69±0.24 ^b	87.71±0.13 ^b	87.74±0.11 ^b
能量真代谢率/%	88.75±0.17 ^a	89.13±0.49 ^{ab}	89.24±0.25 ^b	89.27±0.11 ^b	89.31±0.11 ^b
表观代谢能/(MJ/kg)	13.71±0.08 ^a	14.09±0.08 ^{ab}	14.23±0.08 ^b	14.22±0.23 ^b	14.24±0.04 ^b
真代谢能/(MJ/kg)	14.16±0.08 ^a	14.35±0.09 ^{ab}	14.49±0.08 ^b	14.47±0.23 ^b	14.50±0.04 ^b

注:同行数据肩注小写字母不同者表示处理间差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 α -半乳糖苷酶对肉鸡生长性能的影响

动物日粮中添加 α -半乳糖苷酶制剂能够使日粮中的 α -半乳糖苷类物质中的 α -1,6-半乳糖苷键断裂,转变成可被动物机体吸收的果糖、葡萄糖等物质,从而使得饲料的利用率大大提高,有助于促进动物机体的生长。本试验发现,在玉米-豆粕型日粮中添加 α -半乳糖苷酶制剂,处理 III、IV、V 显著影响 21、42 d 日增体质量和 42 d 料重比($P<0.05$),各处理间差异不显著($P>0.05$),与戴求仲等^[8]报道的显著降低试验鸡后期料重比及 BUN 等^[5]研究认为在玉米-豆粕型日粮中添加 α -半乳糖苷酶有利于提高肉仔鸡生长性能的结果一致。试验末体质量以处理 III、IV、V 较好,其中处理 III、V 组达到显著水平($P<0.05$),与张继东^[9]的试验结果接近。综合来看,处理 III、IV、V 组较好。综合分析,把 α -半乳糖苷酶制剂添加到玉米-豆粕型日粮中可有效水解、降低 α -半乳糖苷成分,缓解或消除畜禽消化紊乱,释放出动物机体易吸收的物质,从而提高营养物质的消化、吸收和利用,有利于生长性能的提高。这正是目前研究领域关注的焦点。

3.2 α -半乳糖苷酶对肉鸡能量和养分代谢率的影响

日粮中补充适量的 α -半乳糖苷酶制剂,既可使日粮中常规营养成分分解为小分子物质,又有益于胃肠道的消化和吸收,还可降低日粮中的抗营养因子成分,有助于日粮中植物性蛋白质的消化率提高,从而弥补鸡消化道短、营养物质通过肠道速度快的生理缺陷,改善鸡对营养物质的消化吸收。此外,植物细胞壁被破解以后,蛋白质、淀粉和脂肪等营养物

质释放出来,与肉鸡消化道中的各种内源消化酶协同作用,促使饲料养分消化率提高。王春林^[10]的试验结果显示,在玉米-豆粕型日粮中添加 α -半乳糖苷酶制剂,提高了能量和其他营养物质的消化率。Bun 等^[5]研究认为,添加 α -半乳糖苷酶后真代谢能提高 4.69%。本试验结果表明:处理 III、IV、V 组显著提高肉鸡能量表观代谢率、真代谢率、表观代谢能、真代谢能;其中真代谢能分别提高 2.26%(0.33 MJ/kg,即 76.48 kcal/kg)、2.19%(0.31 MJ/kg,即 74.09 kcal/kg)、2.40%(0.34 MJ/kg,即 81.26 kcal/kg)。各处理试验组粗蛋白的表观代谢率、真代谢率均有不同程度地提高,其中处理 III、IV、V 组达到显著水平($P<0.05$);各处理试验组的钙、磷和粗脂肪表观代谢率、真代谢率与基础对照组差别不大($P>0.05$);各处理试验组的干物质表观代谢率、真代谢率比基础对照组有显著提高($P<0.05$)。以上所述试验结果处理间均没有表现出显著性差异($P>0.05$)。添加 α -半乳糖苷酶制剂,可能降低了 α -半乳糖苷类物质的干扰,使得饲料利用率提高,从而有助于提高动物的生长性能。

本试验测定结果表明,在玉米-豆粕型日粮中添加 α -半乳糖苷酶制剂能够提高能量代谢率、表观代谢能、真代谢能,改善其他营养物质的利用效率,有利于提高肉仔鸡生长性能,添加剂量以 0.1~0.2 g/kg 较好。

参考文献:

- [1] Kuo T M, Van Middlesworth J F, Wolf W J. Content of raffinose oligo saccharides and sucrose in various plant seeds[J]. Argic Food Chem, 1988, 36: 32-36.

- [2] Pluske J R, Lindemann M D. Maximizing the response in Pigs and poultry diets containing begetable proteins by enayme supplementation[C]// Sym P, Lyons T P, Jacques K A. Biotechnology in the Feed Industry. Nottingham, U K: Nottingham University Press, 1998, 375-379.
- [3] Igbasan F A, W Guenter, B A Slominski. The effect of pectinase alpha-galactosidase supplementation on the nutritive value of peas for broilers chickens[J]. Can J Anim Sci, 1997, 77: 537-539.
- [4] Ghazi S, Rooke J A, Galbraith H, et al. Effect of adding protease and alpha galactosidase enzymes to soybean meal on nitrogen retention and true metabolizable energy in broilers[J]. Bri Poult Sci, 1997, 38(1): S28.
- [5] Bun Sidooun, 冯于明, 张炳坤, 等. 在豆粕和棉粕日粮中添加 α -半乳糖苷酶对肉仔鸡生长性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 49(15): 25-28.
- [6] Angel C R, Sell Y L, Zimmerman D R. Autolysis of α -galactosides of defatted soy flakes[J]. Food Chem, 1988, 36: 542-546.
- [7] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 2002.
- [8] 戴求仲, 张民. 日粮中添加 α -半乳糖苷酶对黄羽肉鸡生产性能的影响及相关机理研究[J]. 饲料工业, 2010, 31(6): 19-25.
- [9] 张继东. 不同类型日粮中添加 α -半乳糖苷酶对肉仔鸡作用效果的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2007.
- [10] 王春林. α -半乳糖苷酶固态发酵中试技术参数的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.

(上接第 102 页)

寄主和分布: 君子兰(*Clivia miniata* Reg.), 银川; 白苏(苏子)(*Perillae ocimoides* L. Britt.), 中宁、永宁。

引起的病害: 君子兰炭疽病、白苏(苏子)炭疽病。

3 结论与讨论

从以上结果可以看出, 炭疽菌属真菌在宁夏全区都有分布, 几乎每个采集地区都能获得标本, 其分布并没有明显的地域特征, 它们都是植物病原菌, 能引起各种寄主植物的病害。研究还发现, 虽然宁夏较为干旱, 属于干旱半干旱气候, 但炭疽菌的分布却很广泛, 资源较为丰富, 这可能与该属真菌寄生能力较强相关。由于目前还未见对宁夏炭疽菌属真菌进行系统研究的报道, 本次发现的 13 种炭疽菌属真菌多为宁夏新纪录种。

参考文献:

- [1] 陆家云. 植物病原真菌学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 449-459.
- [2] Kirk P M, Cannon P F, David J C, et al. Anisworth & Bisby's dictionary of the fungi[M]. 9th ed. Cambridge: CAB International, 2001.
- [3] 方中达. 植物病理研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 50.
- [4] Arx J A V. Die Arten der gattung *Colletotrichum*[J]. Phytopathology Z Bd, 1957, 29: 413-468.
- [5] 王晓鸣, 李建义. 陕西省炭疽菌的研究[J]. 真菌学报, 1987, 6(4): 211-218.
- [6] 刘晓云, 景耀. 陕西省木本植物炭疽菌分类研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(3): 29-38.
- [7] Dodd J C. The effect of climatic factor on *Colletotrichum gloeosporioides* causal agent of anthraconose in Phyllippines[J]. Plant Pathology, 1991, 40: 568-575.
- [8] Sutton B C. The Coelomycetes [M]. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1980: 523-537.
- [9] Arx J A V. A revision of fungi classified as *Gloeosporium*[J]. J Cramer Lehre, 1970, 3: 112-138.
- [10] 喻璋, 任国兰, 田尧甫, 等. 几个炭疽菌株的分类鉴定[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(2): 149-153.
- [11] 张中义, 刘云龙, 刘媛, 等. 中国炭疽菌属 *Colletotrichum* 分类研究 I [J]. 石河子大学学报, 2004, 22(增刊): 178-181.
- [12] 张荣, 王素芳, 崔静秋, 等. 陕、豫两省苹果炭疽病病原鉴定[J]. 中国农业科学, 2009, 42(9): 3224-3229.