

## 扁豆中黄酮的积累规律研究

卢欣欣<sup>1</sup>, 王杰<sup>2</sup>, 王彪<sup>1</sup>, 赵大云<sup>1</sup>, 武天龙<sup>1\*</sup>

(1. 上海交通大学, 上海 200240; 2. 上海市种子管理总站, 上海 201103)

**摘要** [目的]探讨扁豆中黄酮的积累规律。[方法]测定了23个扁豆资源不同发育时期[结荚鼓粒初期(I)、结荚鼓粒中期(II)、结荚鼓粒末期(III)]扁豆豆粒、荚皮、豆荚3个部位黄酮含量。[结果]扁豆不同部位黄酮含量在各时期均差异显著,不同时期在豆粒、荚皮、豆荚中黄酮平均含量从高到低依次为I、II、III。各期都以幼嫩豆荚中黄酮含量最高;黄酮含量以13号扁豆资源的表现最优。[结论]研究结果可为扁豆的选种育种提供理论依据。

**关键词** 扁豆;黄酮;积累规律

**中图分类号** S643.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)20-0010-04

### Research on the Accumulation Law of Flavonoids in Lentils

LU Xin-xin<sup>1</sup>, WANG Jie<sup>2</sup>, WANG Biao<sup>1</sup>, WU Tian-long<sup>1\*</sup> et al (1. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240; 2. Seed Management Station of Shanghai, Shanghai 201103)

**Abstract** [Objective] To discuss the accumulation law of flavonoids in lentils. [Method] The content of flavonoids in pea, pod and pod wall of 23 lentil resources in three developmental stages, including early podding stage (I), middle podding stage (II) and late podding stage (III) were determined. [Result] The content of flavonoids in different parts of lentil had significant differences among three development stages. The average content order of flavonoids in pea, pod wall, pod in three development stages was I > II > III. The content of flavonoids in tender pod in each development stage was the highest. The content of flavonoids in lentil resource No. 13 was the highest. [Conclusion] The research results can provide theoretical basis for the selection and breeding of lentils.

**Key words** Lentils; Flavonoids; Accumulation law

黄酮类化合物在植物中广泛存在,黄酮在药用植物中种类最全,结构最为复杂,含量也最高<sup>[1-4]</sup>。据统计,目前已分离出的黄酮类化合物的种类已超过4 000种,位居天然酚类化合物之首<sup>[5]</sup>,但对扁豆黄酮缺乏系统研究。

很多植物黄酮具有抗肿瘤功能,如大豆异黄酮可抑制乳腺癌、前列腺癌等癌细胞的生长<sup>[6-7]</sup>;染料木素具有抑制皮肤癌、淋巴瘤的作用<sup>[8]</sup>;红三叶草异黄酮对苯并芘代谢有较强的抑制作用<sup>[9]</sup>;黄芩苷可抑制艾氏腹水瘤细胞的生长,对肝细胞瘤有抗性<sup>[10]</sup>等。从植物中提取黄酮并将其应用在食药等领域中,是目前黄酮研究的热点之一。扁豆是上海市浦东新区优势、特色蔬菜之一,已有多年的种植历史,种植面积达1 600 hm<sup>2</sup>,随着人们对健康和养生越来越重视,其市场的开发前景不容小觑。作物的营养物质和功能成分的积累规律是一项基础性的研究,扁豆在此方面的研究还不深入,也缺乏深加工的产品。笔者探讨了扁豆中黄酮的积累规律,旨在为扁豆选食及育种提供理论依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验地点** 试验在上海交通大学实训基地七宝试验田进行。

**1.2 试验材料及取样** 23个扁豆资源分别为1、3、5、7、11、13、15、16、17、21、23、24、25、26、27、4072、4011、4061、4054、4134、B25、4063、1008号。在扁豆生长3个时期进行取样。

①结荚初期(I),即开花8 d,表现为豆粒瘪、豆粒颜色呈绿白色;②结荚鼓粒中期(II),开花15 d,表现为豆粒不饱满、豆粒颜色呈绿色;③结荚鼓粒末期(III),开花21 d,表现为豆粒饱

满、豆粒颜色呈红色或白绿色。分别测定各时期的豆粒、荚皮、豆荚(豆粒+荚皮)黄酮含量。

**1.3 仪器与试剂** 电子天平(型号YP30002,为上海越平科学仪器有限公司产品)、分光光度计(BioMATE 3S ThermoFisher Scientific公司)、台式高速离心机(型号5180R,为德国Eppendorf公司产品);试验所用试剂均购自SIGMA公司。

**1.4 黄酮含量的测定方法** 取新鲜扁豆5 g,液氮研磨成粉末,放入到50 mL甲醇中浸提1 h,然后8 000 r/min离心10 min,取上清液0.5 mL,加入甲醇1.5 mL、0.1 mL的10% AlCl<sub>3</sub>、0.1 mL的1 mol/L KAC和2 mL ddH<sub>2</sub>O。室温下振荡30 min后,在波长415 nm处测定混合物的吸光值。空白对照为用0.1 mL的去离子水代替氯化铝。重复测定3次。

**1.5 数据统计与分析** 采用Excel和STST数据分析软件对试验数据进行统计分析,采用LSD最小显著差数法和新复极差比较法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

**2.1 扁豆豆粒黄酮含量的积累规律** 从图1可以看出,23个扁豆资源豆粒黄酮含量存在显著差异。各时期豆粒黄酮含量为5.4~17.4 mg/g,其中结荚鼓粒初期(I)各扁豆资源黄酮含量为9.5~17.4 mg/g,结荚鼓粒中期(II)各扁豆资源黄酮含量为7.9~15.1 mg/g,结荚鼓粒末期(III)各扁豆资源的黄酮含量为5.4~14.9 mg/g。

23个扁豆资源中,有20个资源在豆粒的结荚鼓粒初期(I)达到峰值,其中11个扁豆资源在结荚鼓粒过程中黄酮含量逐步降低,9个扁豆资源在结荚鼓粒中期(II)黄酮含量有所降低,但结荚鼓粒末期(III)花青素迅速积累,含量显著提高;23个扁豆资源中有2个资源(23号、4011号)豆粒的黄酮含量在结荚鼓粒末期(III)达到峰值。B25号扁豆豆粒中黄酮含量在结荚鼓粒中期(II)达到峰值(图1)。

**基金项目** 上海市科委项目(14391900100)。

**作者简介** 卢欣欣(1990—),女,黑龙江安达人,硕士研究生,研究方向:食品科学。\*通讯作者,教授,博士生导师,从事植物营养研究。

**收稿日期** 2017-04-22

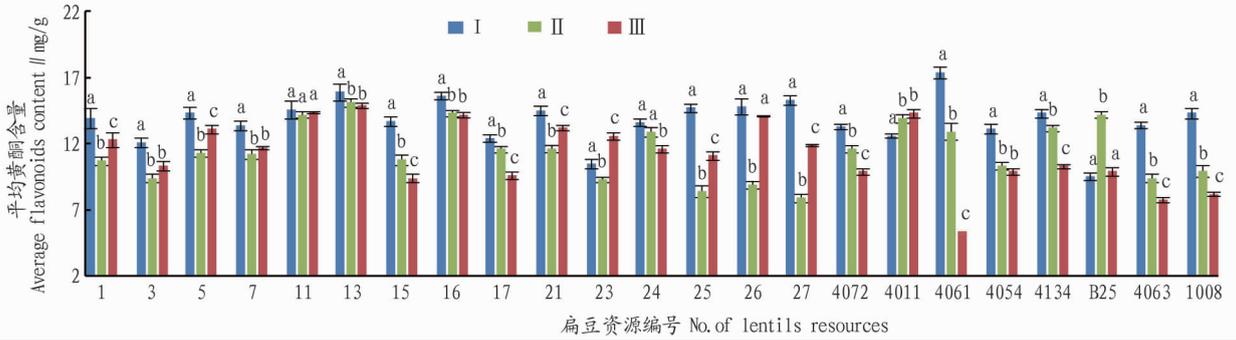


图1 不同扁豆资源豆粒中平均黄酮含量的比较

Fig.1 The comparison of average flavonoids content in the pea of different varieties of lentils

对 23 个扁豆资源豆粒黄酮积累量分析发现,结荚鼓粒初期(I)总黄酮含量为 317.2 mg/g,平均黄酮含量为 13.8 mg/g;结荚鼓粒中期(II)总黄酮含量为 263.0 mg/g,平均黄酮含量为 11.4 mg/g;结荚鼓粒末期(III)总黄酮含量为 260.1 mg/g,平均黄酮含量为 11.3 mg/g;扁豆豆粒黄酮的含量在结荚鼓粒初期(I)最高,此后逐渐降低,但中期和末期差异不大(图 2)。

由图 3 可知,不同扁豆资源豆粒在结荚鼓粒 3 个时期的平均黄酮含量存在显著差异。23 个资源豆粒平均黄酮含量为 10.2 ~ 15.3 mg/g。其中,13 号扁豆豆粒平均黄酮含量最高,达 15.3 mg/g;4063 号扁豆豆粒平均黄酮含量最低,为 10.2 mg/g。各扁豆资源豆粒平均黄酮含量以 13 号扁豆最高。

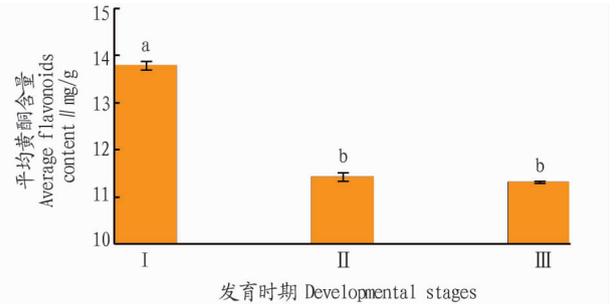


图2 扁豆豆粒 3 个时期的平均黄酮含量比较

Fig.2 The comparison of average flavonoids content in the pea of lentils among three stages

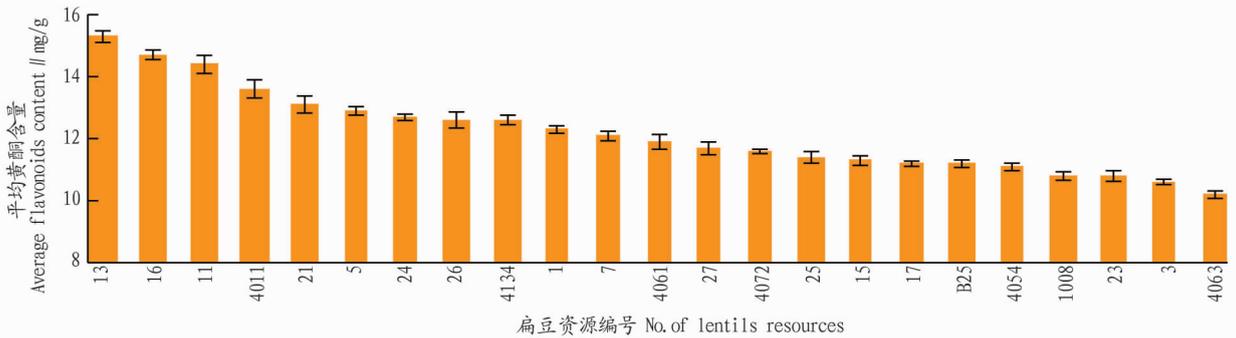


图3 扁豆各资源豆粒中平均黄酮含量的比较

Fig.3 The comparison of average flavonoids content in the pea of different lentil resources

**2.2 扁豆荚皮黄酮含量的积累规律** 从图 4 可以看出,23 个扁豆资源的荚皮黄酮含量在结荚鼓粒 3 个时期存在显著差异。各时期豆粒黄酮含量为 6.3 ~ 14.4 mg/g,其中结荚鼓

粒初期(I)各扁豆资源黄酮含量为 8.9 ~ 13.8 mg/g,结荚鼓粒中期(II)各扁豆资源黄酮含量为 8.6 ~ 12.4 mg/g,结荚鼓粒末期(III)各扁豆资源黄酮含量为 6.3 ~ 14.4 mg/g。

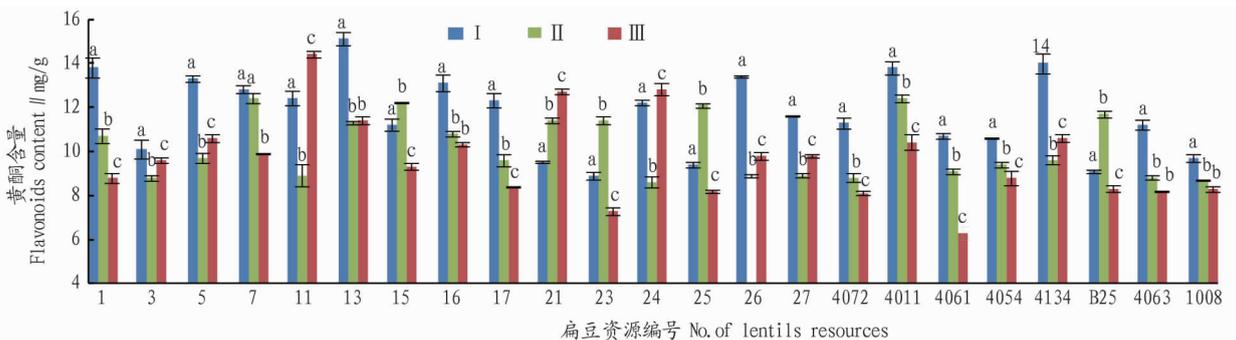


图4 扁豆不同资源荚皮中黄酮含量的比较

Fig.4 The comparison of flavonoids content in pod wall of different varieties of lentils

23个扁豆资源中有16个在豆粒的结荚鼓粒初期(I)达到峰值,其中10个在结荚鼓粒过程中黄酮含量逐步降低;6个在结荚鼓粒中期(II)黄酮含量有所降低,但结荚鼓粒末期(III)花青素迅速积累,含量显著提高;23个扁豆资源中有3个(11号、21号、23号)豆粒的黄酮含量在结荚鼓粒末期(III)达到峰值。4个扁豆资源(15号、23号、25号、B25)豆粒的黄酮含量在结荚鼓粒中期(II)达到峰值(图4)。

对23个扁豆资源荚皮平均黄酮含量(图5)分析发现,结荚鼓粒初期(I)总黄酮含量为269.5 mg/g,平均黄酮含量为11.7 mg/g;结荚鼓粒中期(II)总黄酮含量为234.2 mg/g,平均黄酮含量为10.2 mg/g;结荚鼓粒末期(III)总黄酮含量为222.3 mg/g,平均黄酮含量为9.7 mg/g。扁豆荚皮平均黄酮含量在结荚鼓粒初期(I)最高,此后逐渐降低,但结荚鼓粒中期和末期差异不大,这与扁豆豆粒的黄酮积累规律相似。

由图6可知,不同扁豆资源荚皮在结荚鼓粒3个时期的平均黄酮含量存在显著差异。23个资源荚皮黄酮含量为

8.7~12.6 mg/g。其中,13号扁豆荚皮平均黄酮含量最高,达12.6 mg/g;4061号扁豆荚皮平均黄酮含量最低,为8.7 mg/g。各扁豆资源荚皮平均黄酮含量以13号扁豆最高。

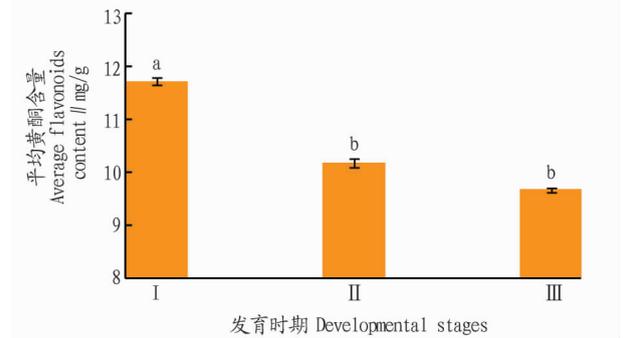


图5 扁豆荚皮3个时期平均黄酮含量的比较

Fig. 5 The comparison of average flavonoids content in pod wall of lentils among three stages

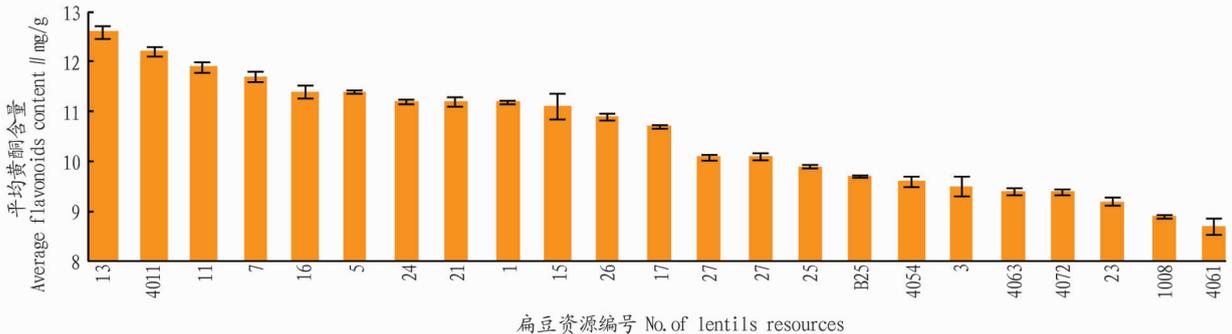


图6 各扁豆资源的荚皮平均黄酮含量的比较

Fig. 6 The comparison of average flavonoids content in pod wall of different lentil resources

**2.3 扁豆豆荚黄酮含量的积累规律** 从图7可以看出,23个扁豆资源的豆荚黄酮含量在结荚鼓粒3个时期存在显著差异。各时期豆粒黄酮含量为5.9~15.5 mg/g,其中结荚鼓粒初期(I)各资源黄酮含量为9.3~15.5 mg/g,结荚鼓粒中期(II)各资源黄酮含量在8.4~13.2 mg/g,结荚鼓粒末期(III)各资源黄酮含量为5.9~14.4 mg/g。

到峰值,其中14个在结荚鼓粒过程中黄酮含量逐步降低,5个在结荚鼓粒中期(II)黄酮积累有所降低,但结荚鼓粒末期(III)花青素迅速积累,含量显著提高;23个扁豆资源中有2个(11号、21号)豆粒的黄酮含量在结荚鼓粒末期(III)达到峰值。有2个扁豆资源(23号、B25号)豆粒的黄酮含量在结荚鼓粒中期(II)达到峰值(图7)。

23个扁豆资源中有19个在豆荚的结荚鼓粒初期(I)达

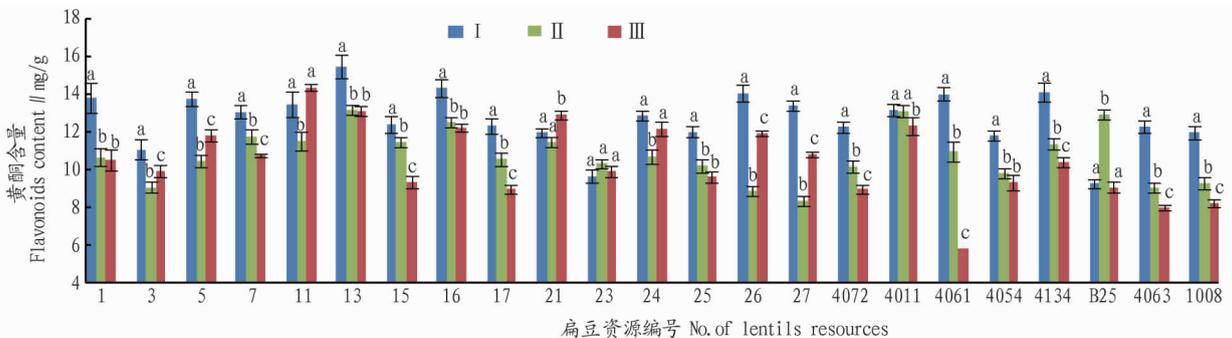


图7 扁豆不同资源豆荚黄酮含量的比较

Fig. 7 The comparison of average flavonoids content in pod of different varieties of lentils

对23个扁豆资源豆荚黄酮含量(图8)分析发现,结荚鼓粒初期(I)黄酮含量为293.4 mg/g,平均黄酮含量为12.8 mg/g;结荚鼓粒中期(II)黄酮含量为248.6 mg/g,平均

黄酮含量为10.8 mg/g;结荚鼓粒末期(III)黄酮含量为241.2 mg/g,平均黄酮含量为10.5 mg/g,3个时期黄酮含量差异显著。扁豆豆荚黄酮积累规律与扁豆豆粒、荚皮黄酮的

积累规律相似。

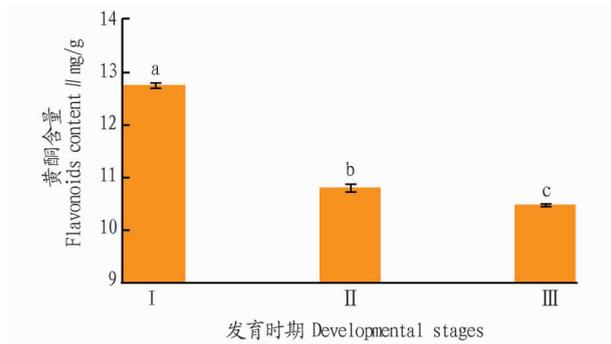


图8 扁豆豆荚3个时期的黄酮含量比较

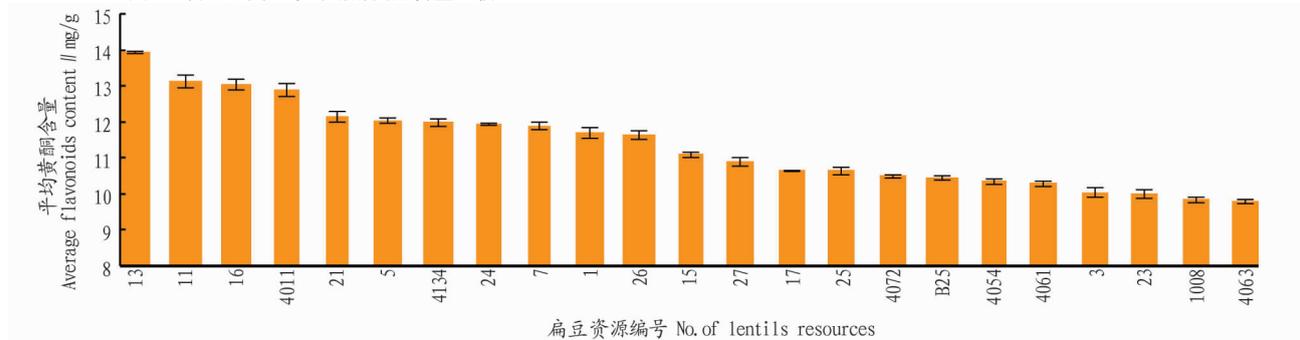


图9 扁豆各资源的豆荚平均黄酮含量比较

Fig 9 The comparison of average flavonoids content in the pod of different lentil resources

扁豆豆粒、荚皮、豆荚中的黄酮含量积累均以结荚鼓粒初期含量最高,这为扁豆商品性提供了更高的标准,鲜食扁豆需要适时采收才能保证扁豆具有较高的黄酮含量,扁豆嫩荚上市适口性好,且营养成分和功能成分最高。

### 参考文献

- [1] 裴凌鹏,惠伯棣,金宗濂,等. 黄酮类化合物的生理活性及其制备技术研究进展[J]. 食品科学,2004,25(2):203-207.
- [2] 张来,杨碧昌,何绍红,等. 植物黄酮类化合物的基础研究及应用[J]. 安顺学院学报,2011,13(3):132-136.
- [3] 傅丰永,刘永灏,尚天民,等. 黄酮类化合物在植物界的分布、其药用价值和新药寻找[J]. 植物学报,1980,22(1):77-92.
- [4] 张鞍灵,高锦明,王姝清. 黄酮类化合物的分布及开发利用[J]. 西北林

由图9可知,不同扁豆资源豆荚在结荚鼓粒3个时期的平均黄酮含量存在显著差异。23个资源豆粒平均黄酮含量为9.8~14.0 mg/g。其中,13号扁豆豆粒平均黄酮含量最高,达14.0 mg/g;4063号扁豆豆粒平均黄酮含量最低,为9.8 mg/g。各扁豆资源豆荚黄酮积累以13号资源最高。

### 3 结论

试验结果表明,不同扁豆资源豆粒、荚皮、豆荚中黄酮含量存在显著差异,其原因还有待研究。13号扁豆资源豆粒、荚皮、豆荚中黄酮含量均最高,为23个扁豆资源中的最优资源。扁豆新资源选育应该注重扁豆资源的鉴定,明确亲本资源的品质,在实际育种中才能达到优质的育种目标。

学院学报2000,15(1):69-74.

- [5] 杨红. 中药化学实用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [6] 周荣汉. 中药资源学[M]. 北京:中国医药科技出版社,1993:48-52,109-111.
- [7] ZHOU J R, MUKHERJEE P, GUGGER E T, et al. Inhibition of murine bladder tumorigenesis by soy isoflavones via alterations in the cell cycle, apoptosis and angiogenesis[J]. Cancer Res,1998,58(22):5231-5238.
- [8] 黄文哲,赵小辰,王峰涛,等. 异黄酮类化合物抗肿瘤细胞增殖作用[J]. 现代中药研究与实践,2003,17(1):50-51.
- [9] 冯国宣. 抗癌植物资源与天然产物研究[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版),2001,19(3):27-32.
- [10] MOTOO Y, SAWABU N. Antitumor effects of saikosaponins, baicalin and baicalein on human hepatoma cell lines[J]. Cancer letters,1994,86(1):91-95.
- [11] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(20)[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [12] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(21)[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [13] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(22)[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [14] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(28)[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [15] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(31)[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [16] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(32)[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [17] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(33)[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [18] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(50)[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [19] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(54)[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [20] 周尧. 中国蝶类志(上、下册)[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1994.
- [21] 华立中,奈良一,塞缪尔森 G A,等. 中国天牛彩色图鉴[M]. 广州:中山大学出版社,2009.

(上接第9页)

- [4] 中国科学院动物研究所. 中国蛾类图鉴(III)[M]. 北京:科学出版社,1983.
- [5] 中国科学院动物研究所. 中国蛾类图鉴(IV)[M]. 北京:科学出版社,1983.
- [6] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(7)[M]. 北京:科学出版社,1963.
- [7] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(8)[M]. 北京:科学出版社,1964.
- [8] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(10)[M]. 北京:科学出版社,1966.
- [9] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(11)[M]. 北京:科学出版社,1977.
- [10] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(12)[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [11] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(16)[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [12] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(18)[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [13] 中国科学院动物研究所. 中国经济昆虫志(19)[M]. 北京:科学出版社,1980.