

# 一种从杜仲翅果中快速提取杜仲橡胶的方法

杨洪<sup>1</sup>, 候岚菲<sup>1</sup>, 林奕冬<sup>1</sup>, 陈露露<sup>1,2</sup>, 代龙军<sup>1</sup>, 王笛菲<sup>1</sup>, 向贤<sup>1,2</sup>, 邓治<sup>1</sup>, 杜红岩<sup>3</sup>, 李德军<sup>1\*</sup>

(1. 农业农村部橡胶树生物学与遗传资源利用重点实验室, 省部共建国家重点实验室培育基地-海南省热带作物栽培生理学重点实验室, 海南省热带作物栽培生理学重点实验室, 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南儋州 571737; 2. 海南大学热带农林学院, 海南海口 570228; 3. 国家林业局泡桐研究开发中心, 中国林业科学研究院经济林研究开发中心, 河南郑州 450003)

**摘要** [目的]建立一种从杜仲翅果中快速提取杜仲精胶的实验室方法。[方法]将杜仲树翅果的果皮粉碎后在碱液中水解, 得到杜仲粗胶。再分别以石油醚、环己烷、苯和四氯化碳为萃取溶剂, 采用常温浸提从杜仲橡胶粗胶中快速提取杜仲精胶。通过比较提取得率、纯度及效率 3 个指标确定杜仲橡胶常温浸提的最佳萃取溶剂。[结果]4 种有机溶剂均能从杜仲粗胶中萃取得到杜仲精胶, 以石油醚为萃取溶剂提取的得率、纯度和效率均优于其他 3 种有机溶剂, 其他依次是环己烷、苯和四氯化碳。[结论]建立以石油醚为萃取溶剂在室温下快速从杜仲翅果中快速提取杜仲橡胶的方法, 与传统索式抽提法相比, 该方法简单易行, 有机溶剂使用少, 具有提取周期短、成本低、对环境污染小的特点, 可以用于实验室从杜仲橡胶翅果中快速提取杜仲精胶。

**关键词** 杜仲橡胶提取; 有机溶剂浸提; 索式提取

**中图分类号** R 284.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)30-0005-03

## A Rapid Extraction Method of *Eucommia ulmoides* Rubber from *Eucommia ulmoides* Key-fruit

**YANG Hong, HOU Lan-fei, LIN Yi-dong et al** (Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Rubber Tree, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China, State Key Laboratory Incubation Base for Cultivation & Physiology of Tropical Crops, Hainan Provincial Key Laboratory of Tropical Crops Cultivation and Physiology, Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737)

**Abstract** [Objective] This study aimed to establish a rapid method to extract *Eucommia ulmoides* Rubber (EUR) from *Eucommia ulmoides* key-fruits in laboratory. [Method] Crude EUR was obtained from *E. ulmoides* key-fruits by alkali leaching, and then four different organic solvents including petroleum ether, cyclohexane, benzene, carbon tetrachloride were used to extract high-quality EUR from crude EUR. The optimum solvent for high-quality EUR extraction was determined by comparing purity, yield, and extraction efficiency. [Result] High-quality EUR can be extracted with all four kinds of organic solvents from crude EUR. The extraction yield, purity, and extraction efficiency of petroleum ether were the best among four solvents, followed by cyclohexane, benzene, and carbon tetrachloride. [Conclusion] A method was established to extract EUR from *E. ulmoides* key-fruits with petroleum ether as the extraction solvent at room temperature. This method can be used to quickly extract EUR in laboratory, and it has advantages including simplicity and feasibility, less organic solvent consumption, shorter extraction time, low cost, and environmental friendliness compared with the traditional Soxhlet extraction method.

**Key words** *Eucommia ulmoides* rubber extraction; Organic solvent extraction; Soxhlet extraction

杜仲(*Eucommia ulmoides*)为杜仲科植物,是我国特有的名贵药材和木本油料植物。杜仲浑身都是宝,皮、花、果、叶等具有很高的食用和药用价值。杜仲富含绿原酸、京尼平苷酸、松脂醇二葡萄糖甙、氨基酸、环烯醚萜、黄酮及微量元素等活性成分,具有抗氧化、降血压、降血脂、抗菌消炎、安胎、利尿、免疫调节等作用<sup>[1-3]</sup>。目前,杜仲籽油和杜仲雄花作为新资源食品原料获得国家批准,杜仲叶也通过药食同源专家评审。此外,以杜仲叶为原料的功能饲料能增加畜禽体内胶原蛋白含量,减少中性脂肪和胆固醇含量,提高畜禽免疫力<sup>[4-5]</sup>。

杜仲是仅次于巴西橡胶树的优质胶源树种。杜仲适生区域分布在全国 27 个省(区、市),而我国巴西橡胶树的种植区域主要分布在海南、云南、广东等地,在地理分布上与巴西橡胶树相比具有明显优势。杜仲根、茎、叶、果皮等部位均含有杜仲橡胶,其中果皮的含胶量最高达 15%~18%<sup>[6]</sup>。杜仲橡胶(*E. ulmoides* rubber, EUR)与天然橡胶(产自巴西橡胶树)均为聚异戊二烯,但是天然橡胶为顺式-聚异戊二烯,常

温下为柔软的弹性体,而杜仲橡胶为反式-聚异戊二烯,常温下易结晶。将杜仲橡胶和天然橡胶按一定比例共混能够提升复合材料的理化特性,可以满足仿生医学、工程机械等高端领域的应用需求<sup>[7]</sup>。

杜仲橡胶以丝状固态存在于含胶细胞中,因此不能像天然橡胶那样通过割胶收集而需要通过多步提取工艺获取。杜仲橡胶的提取可以分为三大步骤:细胞壁破除、杜仲橡胶提取、杜仲橡胶的分离纯化。目前,杜仲橡胶的提取主要有化学溶剂法、微生物发酵法和生物酶解法<sup>[8-13]</sup>。然而,这些提取方法都存在溶剂消耗多、成本高、步骤繁琐、耗时长等问题。该研究以杜仲翅果为原料,通过碱液水解获得杜仲粗胶,再以 4 种有机溶剂为萃取溶剂常温下浸提,可在实验室少量快速提取杜仲橡胶,以满足研究用胶需求。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

**1.1.1 原料。**杜仲翅果由中国林业科学研究院经济林研究开发中心提供。

**1.1.2 仪器。**电子天平 BSA224S(德国赛多利斯);台式离心机(Thermo Scientific);ZNCL-GS 油浴锅(河南爱博特科技发展有限公司);索氏提取器(规格为 500 mL);其他常用玻璃仪器均为天津市天科玻璃仪器制造有限公司产品。

**1.1.3 试剂。**石油醚(沸程 60~90 ℃)、苯、甲醇、四氯化碳、

**基金项目** 国家重点研发计划子课题(2017YFD060130203)。

**作者简介** 杨洪(1988—),男,江西丰城人,助理研究员,硕士,从事热带植物生物学研究。\*通讯作者,研究员,从事产胶植物生物学研究。

**收稿日期** 2018-08-22

环己烷、溴水、氢氧化钠等为广州化学试剂厂生产的分析纯试剂。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 碱浸法提取杜仲粗胶<sup>[14]</sup>**。取 100 g 杜仲翅果, 碾压、脱壳去除果仁后用 5% 氢氧化钠水溶液 90 °C 浸提 3 h, 充分分解纤维素、木质素等非胶物质。所得的溶液过滤后, 用去离子水将滤渣冲洗至中性后烘干即为杜仲粗胶。

**1.2.2 杜仲精胶快速提取**。分别以石油醚、环己烷、苯、四氯化碳 4 种有机溶剂为萃取溶剂, 采用室温浸提法从杜仲粗胶中快速提取杜仲精胶。称取约 2 g 杜仲粗胶, 在洁净三角瓶中用 40 mL 有机溶剂萃取 1~3 次, 5 000 r/min 离心 5 min 分离有机相, 得到含胶溶液; 向含胶溶液中加入 40% (V/V) 体积的甲醇析胶, 得到的杜仲橡胶用不锈钢筛过滤, 烘干后称重。

**1.2.3 索式抽提杜仲橡胶<sup>[14-15]</sup>**。称取约 2 g 杜仲粗胶, 分别加入石油醚和环己烷回流抽提, 85 °C (石油醚) 和 125 °C (环己烷) 抽提 36 h, 所得含胶溶液用 40% (V/V) 体积的甲醇析出杜仲橡胶, 沉淀用不锈钢筛过滤, 干燥后得到杜仲精胶。

**1.2.4 杜仲橡胶提取得率计算**。杜仲橡胶得率计算方法如下:

$$X = M_1 / M_0 \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $X$  为杜仲橡胶提取得率 (%);  $M_1$  为提取精制后的杜仲橡胶质量 (g);  $M_0$  为杜仲粗胶的质量 (g)。

**1.2.5 杜仲橡胶的鉴别**。杜仲橡胶采用韦氏法<sup>[16]</sup>进行鉴别。精确称取约 0.100 0 g 待测杜仲胶块, 剪碎后放入带盖坩锅中, 向坩锅中滴加数滴四氯化碳后静置使其充分溶胀, 滴加 4~6 滴溴水, 再用 2 g 苯酚覆盖试样。然后将坩锅置于沸水浴加热 5 min, 以加快反应速度, 并使四氯化碳完全挥发。若产物呈现蓝色或蓝紫色, 则表明该试样是杜仲橡胶。应用该方法鉴定杜仲橡胶, 反应现象明显, 反应迅速, 灵敏度高。

**1.2.6 杜仲橡胶纯度测定**。杜仲橡胶纯度采用天然生胶杂质含量测定国家标准 (GB/T 8086—2008) 进行测定。将试样剪成宽 5 mm 的细条状, 放入干燥洁净的 250 mL 三角瓶中, 加入含 150 mL 橡胶溶剂 (0.25% 2-硫醇基苯并噻唑), 125~130 °C 油浴加热使之充分溶解。然后趁热用已称重的孔径为 45 μm 的洁净不锈钢筛过滤。用预热的橡胶溶剂反复冲洗不锈钢筛 3~5 次, 以保证无胶残留在钢筛上。含有杂质的钢筛在石油醚中浸泡 15~20 min 后取出沥干, 于烘箱中烘至恒重。杜仲胶纯度计算方法为:

$$A = 1 - (W_2 - W_1) / W_0 \times 100\% \quad (2)$$

式中,  $A$  为纯度 (%),  $W_0$  为测试样品重量 (g),  $W_1$  为不锈钢筛重量 (g),  $W_2$  为杂质和不锈钢筛重量 (g)。

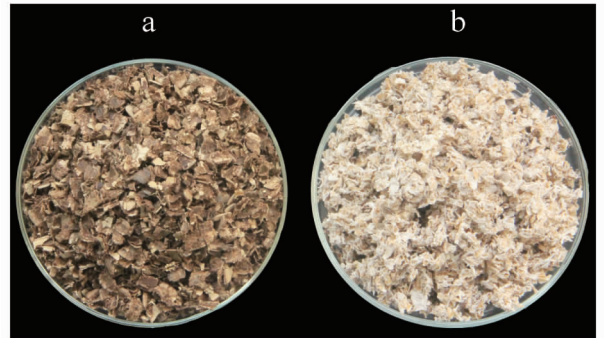
**1.2.7 提取效率计算**。索式抽提法是实验室提取杜仲橡胶的经典方法, 因此以索式抽提法为参照计算不同萃取溶剂常温快速提取杜仲橡胶的提取效率。提取效率计算方法如下:

$$\eta = (A_1 \times X_1 / A_2 \times X_2) \times 100\% \quad (3)$$

式中,  $\eta$  为提取效率,  $A_1$  和  $X_1$  分别为某种萃取溶剂三次提取所得杜仲橡胶的纯度和得率的平均值,  $A_2$  和  $X_2$  分别为索式抽提法使用该种溶剂 3 次提取所得杜仲橡胶的纯度和提取得率的平均值。

## 2 结果与分析

**2.1 杜仲粗胶的制备** 将杜仲翅果进行碾压、脱壳, 除去不含胶的果仁。此时, 杜仲翅果被碾压成片状但杜仲胶没有暴露 (图 1a)。为使杜仲翅果中的杜仲胶充分暴露, 采用碱浸法提取杜仲粗胶。经 5% 氢氧化钠溶液 90 °C 浸提 3 h, 所得溶液过滤后将滤渣用去离子水冲洗至中性, 55 °C 烘干得到白色絮状的杜仲粗胶 (图 1b)。



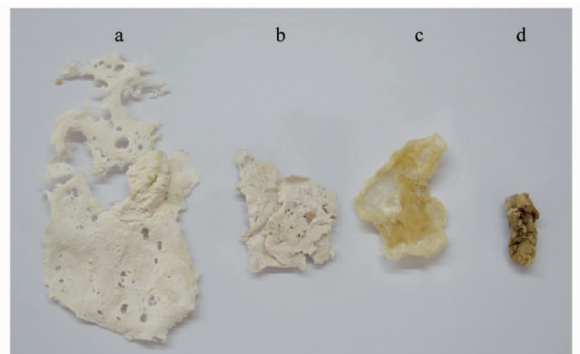
注: a. 杜仲翅果; b. 杜仲粗胶

Note: a. *E. ulmoides* key-fruits; b. Crude EUR

图 1 杜仲翅果和杜仲粗胶

Fig.1 *E. ulmoides* key-fruits and crude EUR

**2.2 杜仲精胶快速提取** 分别以苯、环己烷、石油醚、四氯化碳为萃取溶剂, 采用室温浸提法从杜仲粗胶中萃取杜仲胶, 通过短时低速离心可将含胶有机相和杂质分离, 得到杜仲精胶。利用韦氏鉴别法, 4 种萃取溶剂提取到的杜仲橡胶反应后均呈蓝色, 说明 4 种有机溶剂都能从杜仲橡胶粗胶样品中萃取杜仲橡胶, 均可作为杜仲粗胶室温浸提法的萃取溶剂。以苯和石油醚为萃取溶剂提取的杜仲橡胶晾干后呈薄片状, 略带有灰色杂质 (图 2a 和 2b)。环己烷为萃取溶剂提取到的杜仲橡胶呈薄膜状, 带有黄色色素污染 (图 2c)。四氯化碳为萃取溶剂提取到的杜仲橡胶呈较深的棕色 (图 2d)。经得率和纯度测定, 4 种萃取溶剂所得的杜仲橡胶得率和纯度从高到低依次为石油醚、环己烷、苯和四氯化碳 (图 3 和表 1)。



注: a. 苯提取到的杜仲精胶; b. 石油醚提取到的杜仲精胶; c. 环己烷提取到的杜仲精胶; d. 四氯化碳提取到的杜仲橡胶

Note: a. High-quality EUR extracted with benzene; b. High-quality EUR extracted with petroleum ether; c. High-quality EUR extracted with cyclohexane; d. EUR extracted with carbon tetrachloride

图 2 4 种不同萃取溶剂提取到的杜仲精胶

Fig.2 High-quality EUR extracted with four different organic solvents

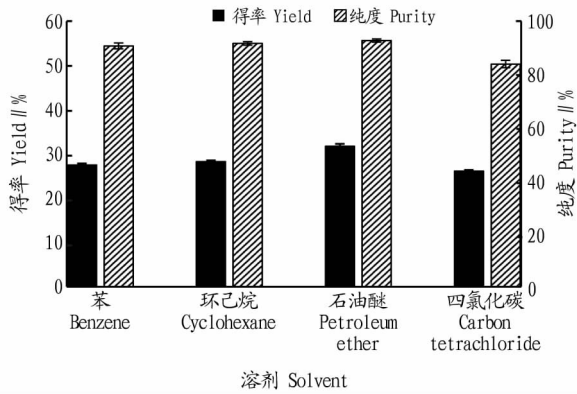


图3 4种有机萃取溶剂提取的杜仲橡胶得率和纯度

Fig.3 The purity and yield of the EUR extracted with four different organic solvents

表1 不同萃取溶剂对杜仲橡胶提取的影响

Table 1 Effect of different solvents on EUR extraction

萃取溶剂 Organic solvents	样品 Sample g	胶重 Weights of EUR g	得率 Yield %	纯度 Purity %
苯 Benzene	2.009 7	0.552 8	27.51	90.67
环己烷 Cyclohexane	2.017 2	0.570 4	28.28	91.59
石油醚 Petroleum ether	2.024 2	0.642 3	31.73	92.69
四氯化碳 Carbon tetra- chloride	2.013 5	0.526 2	26.13	83.83

注:所列数据为3次测定的平均值

Note: The values listed represent the average of three replicates

**2.3 索式抽提法提取杜仲精胶** 为比较4种不同有机萃取溶剂从杜仲粗胶中萃取杜仲橡胶精胶的效率,选择得率和所得杜仲橡胶纯度较高的石油醚和环己烷为回流溶剂进行索式回流抽提。称取2g左右杜仲粗胶,加入石油醚或环己烷分别进行回流抽提。分别在85℃(石油醚)和125℃(环己烷)下回流抽提36h。以石油醚为回流溶剂抽提得到的杜仲橡胶呈白色(图4a),而以环己烷为回流溶剂抽提得到的杜仲橡胶略带黄色(图4b)。从表2和图5可以看出,用石油醚回流抽提得率和纯度均高于环己烷抽提。因此,该研究提取效率的计算以石油醚为回流溶剂的索式抽提法作为参照。



注:a.石油醚提取杜仲精胶;b.环己烷提取杜仲精胶

Note:a.EUR extracted with petroleum ether;b.EUR extracted with cyclohexane

图4 索式抽提法提取到的杜仲精胶

Fig.4 The EUR extracted with Soxhlet apparatus

**2.4 抽提效率对比** 从图6可以看出,室温浸提法4种不同萃取溶剂中石油醚浸提效率最高,是石油醚回流索式抽提的

62.46%;其次是环己烷和苯,效率分别为55.14%和52.97%;四氯化碳浸提效率最低,仅为47.08%。

表2 不同回流溶剂对索式抽提法提取杜仲精胶的影响

Table 2 The effect of different solvents on extraction of EUR with Soxhlet apparatus

回流溶剂 Refluxing solvent	样品重 Weight of sample g	胶重 Weight of of EUR g	得率 Yield %	胶纯度 Purity %
石油醚 Petroleum ether	2.028	0.990	48.81	96.48
环己烷 Cyclohexane	2.046	0.754	36.86	95.07

注:所列数据为3次测定的平均值

Note: The values listed represent the average of three replicates

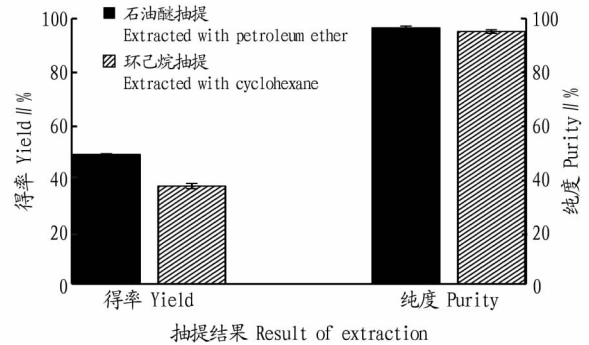


图5 不同回流溶剂索式抽提的得率和胶纯度

Fig.5 The purity and yield of the EUR extracted by different solvents with Soxhlet apparatus

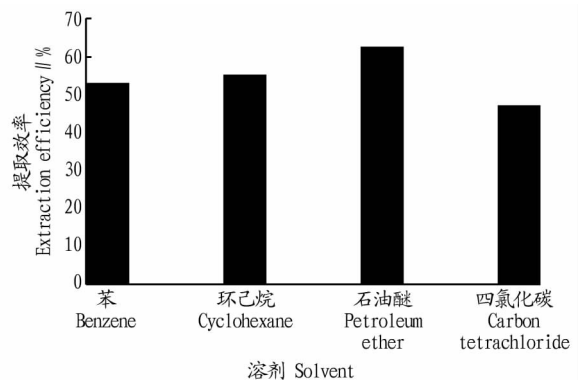


图6 4种萃取溶剂的杜仲橡胶提取效率

Fig.6 The EUR extraction efficiency of the four extraction solvents

### 3 结论

以杜仲果为原料,用碱浸法使纤维素、木质素等非胶物质分解,再经过滤、冲洗、烘干得到杜仲粗胶。以4种有机溶剂作为萃取溶剂,采用室温浸提法对杜仲粗胶进行精提取,结果表明4种有机溶剂均能从杜仲粗胶中萃取出杜仲精胶。对得率和提取到的杜仲精胶纯度分析表明,以石油醚为萃取溶剂提取效果最佳,其次是环己烷。以石油醚回流索式抽提法为参照,4种有机溶剂快速提取杜仲精胶的效率从高到低依次为石油醚、环己烷、苯和四氯化碳。综合考虑得率、纯度和提取效率3个因素,石油醚为杜仲精胶室温浸提的最佳萃

(下转第20页)

同工艺的包膜技术,开发棉花专用控释肥料;②研发出生态环保、易降解且控释性能好的包膜材料,降低包膜材料的成本;③形成含大量、中量和微量等多种营养成分的控释肥料,并根据棉花无限生长特性,添加适量生长调节剂。因此,充分发挥控释肥对棉花的增产潜力,减少棉花的种植用工,是保证棉花种植面积、增加棉农植棉兴趣、实现栽培轻简化的重要措施;开发新型环保、高效的控释肥料,不仅具有重要的经济意义,对生态环境的保护也具有重要价值。

## 参考文献

- [1] 沈华民.全球化时代化肥工业的发展创新[J].化肥工业,2017,44(1):4-8.
- [2] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [3] 武志杰,周健民.开发缓释控释肥料 提高化肥利用率[J].中国科学院院刊,1999,14(5):356-360.
- [4] 张民,史衍玺,杨守祥,等.控释和缓释肥料的研究现状与进展[J].化肥工业,2001,28(5):27-30.
- [5] HANAFI M, ELTAIB S M, AHMAD M B. Physical and chemical characteristics of controlled release compound fertilizer [J]. European polymer journal, 2000, 36: 2081-2088.
- [6] 耿计彪,张民,马强,等.控释氮肥对棉花叶片生理特性和产量的影响[J].水土保持学报,2015,29(4):267-271.
- [7] 耿计彪,张民,李成亮,等.控释氮肥对盆栽棉花产量及土壤养分状况的影响[J].棉花学报,2015,27(5):401-407.
- [8] 张民,杨越超,宋付朋,等.包膜控释肥料研究与产业开发[J].化肥工业,2004,32(2):7-13.
- [9] 粟晓万,杜建军,贾振宇,等.缓/控释肥的研究应用现状[J].中国农学通报,2007,23(12):234-238.
- [10] GENG J B, MA Q, ZHANG M, et al. Synchronized relationships between nitrogen release of controlled release nitrogen fertilizers and nitrogen requirements of cotton [J]. Field crops research, 2015, 184: 9-16.
- [11] 张淑英,鲍明运,张凌.施用控释肥对棉田氮素移动规律影响的初步研究[J].安徽农业科学,2008,36(3):1137-1139.
- [12] 邵蕾,张民,王丽霞.不同控释肥类型及施肥方式对肥料利用率和氮素平衡的影响[J].水土保持学报,2006,20(6):115-119.
- [13] YANG X Y, GENG J B, LI C L, et al. Cumulative release characteristics of controlled-release nitrogen and potassium fertilizers and their effects on soil fertility, and cotton growth [J]. Sci Rep, 2016, 6: 1-11.
- [14] GENG J B, MA Q, CHEN J Q, et al. Effects of polymer coated urea and sulfur fertilization on yield, nitrogen use efficiency and leaf senescence of cotton [J]. Field crops research, 2016, 187: 87-95.
- [15] 耿毓清,张民,段路路,等.控释肥残膜对土壤物理性质及油菜生长效应的影响[J].水土保持学报,2006,20(4):94-97.
- [16] 易妍睿,刘光文,胡启明,等.棉花追施包膜尿素试验初探[J].湖北农

- 业科学,2006,45(1):49-51.
- [17] 李伶俐,马宗斌,谭金芳,等.控释氮肥对棉花产量的影响及光合特性的研究[J].棉花学报,2005,17(5):275-279.
- [16] 郑磊,张民,杨越超,等.控释肥及硫膜对土壤性质和水稻生长发育的影响[J].水土保持学报,2009,23(2):193-197.
- [17] ZAREABYANEH H, BAYATVARKESHI M. Effects of slow-release fertilizers on nitrate leaching, its distribution in soil profile, N-use efficiency, and yield in potato crop [J]. Environmental earth sciences, 2015, 74(4): 3385-3393.
- [18] CHALK P M, CRASWELL E T, POLIDORO J C, et al. Fate and efficiency of <sup>15</sup>N-labelled slow- and controlled-release fertilizers [J]. Nutrient cycling in agroecosystems, 2015, 102(2): 167-178.
- [19] TIAN X F, GUO Y L, LI C L, et al. Controlled-release urea decreased ammonia volatilization and increased nitrogen use efficiency of cotton [J]. Journal of plant nutrition and soil science, 2017, 180(6): 667-675.
- [20] 郑圣先,刘德林,聂军,等.控释氮肥在淹水稻田土壤上的去向及利用率[J].植物营养与肥料学报,2004,10(2):137-142.
- [21] 徐道青,郑耀峰,王维,等.棉花专用缓释控释肥对产量及环境因子的影响[C]//土壤水资源高效利用与农业面源污染防治技术研讨会论文集.合肥:安徽省科学技术协会学会部,2011:77-79.
- [22] 李伶俐,马宗斌,林同保,等.控释氮肥对棉花的增产效应研究[J].中国生态农业学报,2007,15(3):45-47.
- [23] 梁喜,何生丽.包膜型缓释复合肥对黑麦草生长及提高肥料利用率的研究[J].新疆农业大学学报,2002,25(2):38-41.
- [24] 陈宏坤,李博.掺混型控释肥对棉花产量及氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2012,28(3):213-217.
- [25] 黄齐奎,江文凤,王四芳.湖北汉川棉花上应用缓释控释肥的效果[J].江西棉花,2011,33(1):104-106.
- [26] 胡伟,张炎,胡国智,等.控释氮肥对棉花植株 N 素吸收、土壤硝态氮累积及产量的影响[J].棉花学报,2011,23(3):253-258.
- [27] 宋世佳,张永江,刘连涛,等.不同施肥模式对棉田肥料利用率及产量的影响[J].河北农业大学学报,2011,34(4):10-15.
- [28] 胡伟,张炎,胡国智,等.控释尿素与普通尿素对棉花生长、养分吸收和产量的影响[J].新疆农业科学,2010,47(7):1402-1405.
- [29] 孙强生,张民,苏秋红,等.控释肥在盆栽棉花上的肥效研究[J].水土保持学报,2006,20(6):133-136.
- [30] 余策金,李北京,郭在斌,等.赣北瑞昌棉花施用缓释控释肥对比试验[J].棉花科学,2013,34(2):26-28.
- [31] 李学刚,孙学振,宋亮亮,等.控释氮肥对棉花生长发育及产量的影响[J].山东农业科学,2009(6):79-81,98.
- [32] 魏建林,崔崇宗,杨果,等.控释氮肥在棉花上的施用效果研究[J].中国棉花,2011,38(12):26-28.
- [33] 李学刚,宋亮亮,孙学振,等.控释氮肥对棉花纤维品质、产量及氮肥利用效率的影响[J].作物学报,2011,37(10):1910-1915.
- [34] 李学刚,孙学振,宋亮亮,等.控释氮肥对不同部位棉铃素质及纤维品质的影响[J].棉花学报,2013,25(4):316-322.
- [35] YANG X Y, GENG J B, LI C L, et al. Combined application of polymer coated potassium chloride and urea improved fertilizer use efficiencies, yield and leaf photosynthesis of cotton on saline soil [J]. Field crops research, 2016, 197: 63-73.

(上接第7页)

取溶剂。该方法简单易行,无需复杂的玻璃仪器。溶剂消耗少,且可以回收循环使用,具有提取周期短、对环境污染小的优点,可以用于实验室从杜仲橡胶翅果中快速提取杜仲精胶。

## 参考文献

- [1] 杜红岩.杜仲活性成分与药理研究的新进展[J].经济林研究,2003,21(2):58-61.
- [2] 夏树林,朴晶.杜仲叶中多糖的提取及其抗疲劳作用的研究[J].安徽农业科学,2010,38(33):18747-18748.
- [3] 栾辉,郑红星,杜林杉,等.杜仲叶中活性成分积累变化规律[J].安徽农业科学,2016,44(1):182-183.
- [4] 李世传.杜仲的活性成分及其在猪饲料中的应用[J].中国饲料,2014(13):25-27.
- [5] 陈静,刘昌勇,杜红岩,等.杜仲叶饲料添加剂对鸡肉及鸡皮中胶原蛋白含量的影响[J].河南大学学报(医学版),2011,30(1):17-19.
- [6] 付文,刘安华,王丽.杜仲胶的提取与应用研究进展[J].弹性体,2014,24

- (5):76-80.
- [7] 孙霞容,彭亚岚,焦冬生,等.杜仲胶对天然橡胶性能影响的研究[J].特种橡胶制品,2015(2):20-21.
- [8] 张学俊,王庆辉,宋磊,等.不同温度条件下溶剂循环溶解-析出提取杜仲胶[J].天然产物研究与开发,2007,19(6):1062-1066.
- [9] 王聪,毛波,王旭,等.高温蒸煮结合溶剂提取法提取杜仲胶的工艺研究[J].化学与生物工程,2012,29(2):77-79.
- [10] 李学锋,王刚,彭少贤.杜仲胶的溶剂-沉淀法提取[J].湖北化工,1997(1):35-37.
- [11] 丁奋霞,苏印泉,杜双田,等.生物法提取杜仲胶菌株筛选及发酵条件优化[J].西北林学院学报,2012,27(2):149-154.
- [12] 刘贵华,张永康,肖美凤,等.纤维素酶解预处理法提取杜仲胶的工艺研究[J].林产化学与工业,2010,30(2):77-82.
- [13] 何国菊.杜仲翅果籽油和杜仲胶提取工艺优化[J].安徽农业科学,2011,39(18):10846-10848.
- [14] 欧阳辉,余信,李继华,等.从杜仲翅果中提取杜仲胶的工艺研究[J].西北林学院学报,2009,24(4):160-162.
- [15] 游东宏,吴媛媛.杜仲翅果壳中杜仲胶的提取工艺探讨[J].宁德师范学院学报(自然科学版),2014,24(3):273-275.
- [16] 张向宇.实用化学手册[M].2版.北京:国防工业出版社,2011:943-944.