

荔枝柔性疏花器设计与试验研究

李 君, 陆华忠, 杨 洲, 郑顺源

(华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642)

摘要:为实现荔枝机械疏花的高效作业,设计了1种机械柔性疏花器.通过开展不同处理方式的试验研究,发现胶条转速和胶条间距对疏花时间、疏花率有显著影响,而对坐果数、单果质量以及果实大小没有影响.胶条转速越大、胶条间距越小,疏花时间越短,疏花率越高.不同机械疏花处理后的单果质量、果实大小均比对照显著增加,果实大小、果形指数比较一致,而对照的果实大小差异较大.平均果质量与单穗坐果数之间呈负相关.

关键词:荔枝; 柔性疏花器; 疏花率; 疏花时间; 单果质量

中图分类号:S237

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2013)03-0431-05

Design and Experimental Study of Litchi Flexible Thinning Mechanism

LI Jun, LU Huazhong, YANG Zhou, ZHENG Shunyuan

(College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: To achieve effective operation of litchi mechanized bloom thinning, a novel flexible thinning mechanism was developed. By implementing the experimental studies on different treatment methods, it was concluded that the speed and spacing of plastic string both had a significant influence on the thinning time and the rate of thinning flower. No significant differences were found in terms of the fruit-set quantity, fruit mass and fruit size. The thinning time was inversely and positive proportional to the rotational speed of plastic string and space separately, while the flower thinning rate was positive and inversely proportional to the rotational speed of plastic string and space separately. With different mechanical thinning treatments, the fruit mass and fruit size significantly increased along with fruit size and fruit shape index were relatively consistent compared to the control, which the fruit size difference was large. The mean fruit mass and fruit set quantity per cluster had a negative correlation.

Key words: Litchi; flexible thinning mechanism; flower thinning rate; thinning time; fruit mass

果树疏花处理通过减少花量使营养相对集中供应剩余花穗,以保证花质和形成大果,有利于提高果实整齐度和果实品质^[1-3].目前,疏花的主要方法有人工疏花、化学疏花和机械短截疏花^[4-7].荔枝人工疏花通常采用“一抹二疏三短截”的处理方式,通过减少花穗的数量来提高区域花蕾质量,是优质稳产的稳妥疏花作业方法,但劳动强度大,不利于大规模

集约化生产^[8-9].化学疏花采用“喷施化学药剂减少花蕾批次”的处理方式,虽然效率高且成本低,但是食品安全和环境友好性是迫切需要解决的问题^[10-11].机械短截疏花采用“旋转刀片短截花穗”的处理方式,在一定程度上可保证疏花效果,提高花穗的坐果率和产量.

柔性疏花是一种新型的机械疏花方式,不同于机

收稿日期:2012-11-14 网络出版时间:2013-06-13

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130613.1347.012.html>

作者简介:李 君(1978—),男,博士,副教授;通信作者:陆华忠(1963—),男,教授,博士,E-mail:huazlu@scau.edu.cn

基金项目:国家荔枝龙眼产业技术体系(CARS-33);广东省现代农业产业技术体系(粤财教[2009]356号)

械短截疏花的横向切割花穗方法,其采用多胶条同轴旋转以纵向甩击抹除的方式来减少花穗花量,便于实现区域化疏花^[12-13]. 本文通过对手持式机械柔性疏花机进行结构设计,并比较了机械柔性疏花、机械短截疏花和人工疏花 3 种不同处理方式的作业效率,选取胶条间距、胶条转速为试验因素研究其对疏花率、坐果数以及果实大小的影响,为机械疏花技术在荔枝以及其他果树的应用提供理论依据.

1 结构与原理

手持式机械柔性疏花器由电机控制器、测速模块、伸缩杆、电动机、工作架、旋转轴、遮盘、疏花胶条组、蓄电池等组成,如图 1 所示. 工作架为一侧开口的框形结构,电动机固定连接在工作架上,与电机输出轴连接的旋转轴上安装等间距排列的柔性胶条以构成疏花胶条组.

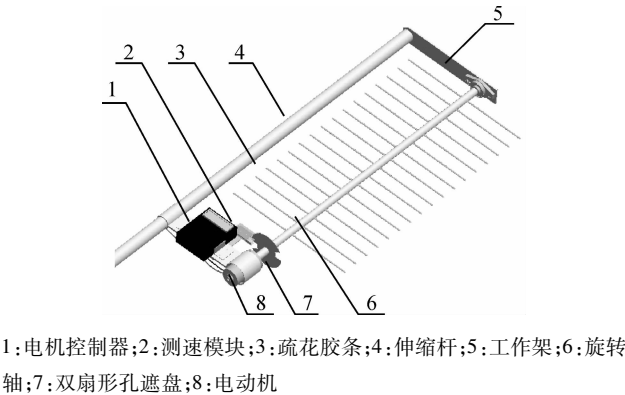


图 1 机械柔性疏花器结构

Fig. 1 Structure of flexible thinning device mechanism

电机控制器采用 STC89C52 单片机进行控制,外接转速设定电路、测速电路、液晶显示电路、光耦隔离电路以及 LM298 的电机驱动控制电路. 转速设定通过 AD0804 组成 A/D 转换电路来实现(图 2). 测速模块设计简单,包含 1 对红外发射与接收管(图 3). 旋转轴转动时带动双扇形孔的遮盘旋转,测速模块产生的脉冲信号送给单片机进行转速估计和闭环控制,实时转速通过液晶模块显示. 作业时,调节伸缩杆长度,接近目标疏花区域并与果树冠形近似保持平行,旋转调速旋钮起动机,设定好工作转速使单片机根据接收到的 A/D 信号改变电动机转速,电动机通过旋转轴带动疏花胶条组转动并纵向甩击果树花穗,从而实现疏花作业.

根据果树的栽培特性与作业要求,通过更改胶条间距和电动机转速,可实现对不同果树的疏花作业,操作简单方便.

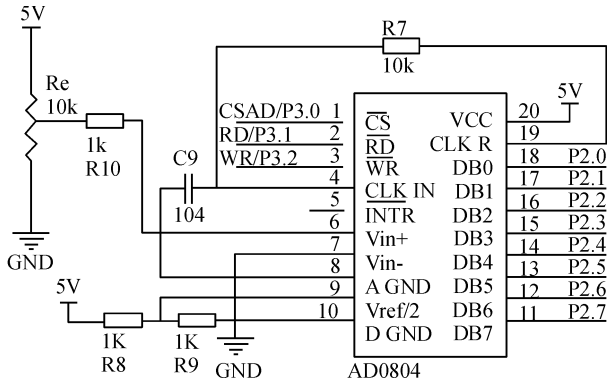


图 2 转速设定电路

Fig. 2 Speed setting circuit

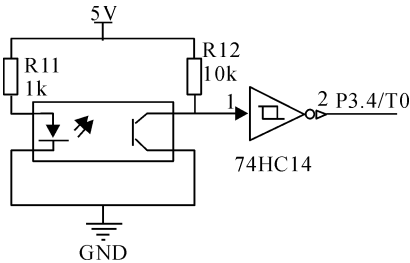


图 3 测速电路

Fig. 3 Speed detect circuit

2 材料与方法

2.1 材料

试验于 2012 年 4—6 月在华南农业大学园艺学院试验果园进行. 该果园面积 0.9 hm², 海拔 56 m, 北纬 23°10', 东经 113°21', 年平均气温为 22.3 ℃. 供试品种为状元红荔枝, 树龄 10 a, 测量冠幅 3.5 m, 树高 2.5 m, 南北行向, 株行距为 5.3 m × 6.4 m. 盛花前期选择长势相近、花量相当的单株为试验树.

试制的机械柔性疏花的胶条组总跨度(占旋转轴长度)为 36 cm, 胶条直径 2 mm. 为减轻整体质量, 伸缩杆、工作架以及旋转轴均采用铝合金材料. 手持式机械短截疏花机的刀片旋转切幅为 16 cm. 2 种机具均选用 Y80 型 12 V 直流电动机, 额定功率 80 W, 额定转速 2 300 r/min, 额定扭矩 2.5 kg · cm.

2.2 方法

试验设不作任何疏花, 任其自然生长为对照; 人工疏花(T1); 机械短截疏花(T2); 9 个胶条转速和间距不同的机械柔性疏花处理(T3 ~ T11). T3: 800 r/min、2 cm, T4: 1 100 r/min、2 cm, T5: 1 400 r/min、2 cm, T6: 800 r/min、3 cm, T7: 1 100 r/min、3 cm, T8: 1 400 r/min、3 cm, T9: 800 r/min、4 cm, T10: 1 100 r/min、4 cm, T11: 1 400 r/min、4 cm. 人工疏花处理除剪去花穗上部侧穗外, 还要根据花穗形态剪除过密侧穗. 按照疏花时间对比和疏花、坐果率对比 2 种方

式进行试验. 数据处理采用 SAS 软件进行方差与回归分析,Excel 软件绘图.

疏花时间对比试验(方式1):选择6株长势相近的植株,每单株按花量4等分区域,每处理2区域,随机区组设计.按照疏花率基本一致的试验方法,统计每个区域疏花作业时间;疏花率、坐果数对比试验(方式2):选择3株长势相近的植株,每单株按花量4等分区域,每处理1区域,随机区组设计. T3~T11保持相同的机具移动速度,T1和T2则根据经验以较优的疏花效果作业,每个区域随机选5个花穗,观察、统计疏花率、坐果数和果实大小等.

3 结果与分析

3.1 不同处理疏花时间分析

由表1可知,在疏花率基本一致的情况下,不同机械疏花方式所用疏花时间均比人工疏花显著降低,最节省时间的处理为T9(97.3%),说明采用机械疏花有利于提高疏花工效.机械短截疏花的作业时间约为人工疏花的10.9%,效率提高了近10倍.与机械短截疏花相比,机械柔性疏花的时间显著降低,效率进一步提高,但各不同处理之间的差异并不显著.对T3~T11数据进行方差分析.结果表明胶条转速($P=0.002, P_r > F$)和胶条间距($P=0.012$)均对机械柔性疏花的疏花时间有显著影响,前者影响更显著.胶条转速越大、胶条间距越小,疏花时间越短.

表1 不同处理疏花时间对比(方式1)
Tab.1 Comparison of flower thinning time for different treatments (Method 1)

处理	疏花时间 ¹⁾		节省 时间/%
	均值/s	变异系数/%	
T1	722.7 ± 88.6a	12.3	—
T2	78.8 ± 7.9b	10.0	89.1
T3	25.5 ± 2.7c	10.5	96.5
T4	30.9 ± 3.1c	10.1	95.7
T5	29.9 ± 2.4c	8.2	95.9
T6	24.9 ± 2.5c	10.2	96.6
T7	28.1 ± 2.4c	8.5	96.1
T8	29.2 ± 2.8c	9.5	96.0
T9	19.5 ± 2.2c	11.3	97.3
T10	21.4 ± 2.5c	11.6	97.0
T11	23.5 ± 2.7c	11.7	96.7

1)以1个区域计,数据为平均值±SD,同列数据后凡具有一个相同英文字母者表示在 $P=0.05$ 水平上差异不显著(LSD法).

3.2 不同处理的疏花率与坐果数分析

如表2所示,不同疏花处理后的坐果数均比对

照显著减少,而机械柔性疏花与机械短截疏花处理后坐果数之间差异并不显著.疏花率与坐果数的单因素方差分析结果表明,疏花率对坐果数没有影响.

表2 不同处理疏花率与坐果数对比(方式2)¹⁾
Tab.2 Comparison of flower removal and fruit set for different treatments (Method 2)

处理	剩余花量/ (朵·穗 ⁻¹)	疏花率/ %	坐果数/ 个
CK	2 604.9 ± 316.5a	—	12.62 ± 2.55a
T1	1 466.2 ± 133.0c	43.7 ± 5.1c	8.12 ± 1.69b
T2	1 775.6 ± 132.7b	31.8 ± 5.1b	8.28 ± 1.10b
T3	1 610.0 ± 179.0bc	38.2 ± 6.9bc	9.33 ± 1.19b
T4	1 697.2 ± 156.4bc	34.8 ± 6.0bc	9.62 ± 1.60b
T5	1 703.4 ± 113.4bc	34.6 ± 4.4bc	8.23 ± 1.15b
T6	1 541.6 ± 127.5c	40.8 ± 4.9c	9.23 ± 1.26b
T7	1 563.4 ± 168.9c	40.0 ± 6.5c	9.41 ± 1.13b
T8	1 586.7 ± 118.6bc	39.1 ± 4.6bc	9.03 ± 1.34b
T9	1 431.9 ± 114.4c	45.0 ± 4.4c	8.22 ± 1.59b
T10	1 446.7 ± 125.1c	44.5 ± 4.8c	8.53 ± 1.26b
T11	1 516.7 ± 230.1c	41.8 ± 8.8c	8.88 ± 1.08b

1)表示数据为平均值±SD,同列数据后凡具有一个相同英文字母者表示在 $P=0.05$ 水平上差异不显著(LSD法).

对T3~T11数据进行疏花率方差分析,结果表明机械柔性疏花的疏花率受胶条转速的影响非常显著($P=0.001$),而胶条间距对疏花率也有显著影响($P=0.050$).胶条转速越大、胶条间距越小,疏花率越高;对T3~T11数据进行坐果数方差分析,结果表明胶条转速($P=0.332$)和胶条间距($P=0.567$)对坐果数没有影响.

经对不同间距下疏花率与胶条转速、不同转速下疏花率与胶条间距进行一元线性回归分析,得到回归方程与相关系数 R^2 值(图4、图5),方程拟合精确度较高.可知疏花率与胶条转速、胶条间距分别呈正相关和负相关关系.

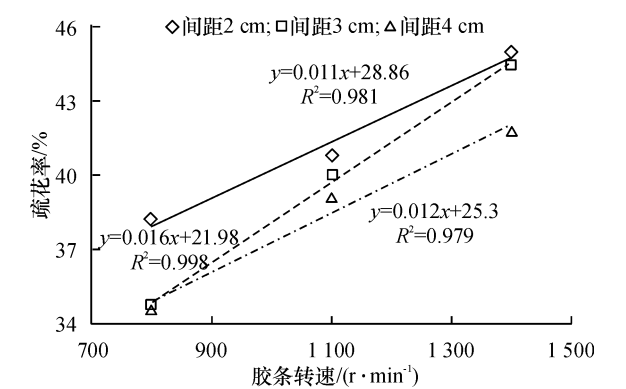


图4 不同间距下疏花率与胶条转速线性回归曲线
Fig.4 Regression analysis of the relationship between flower removal and rotational speed

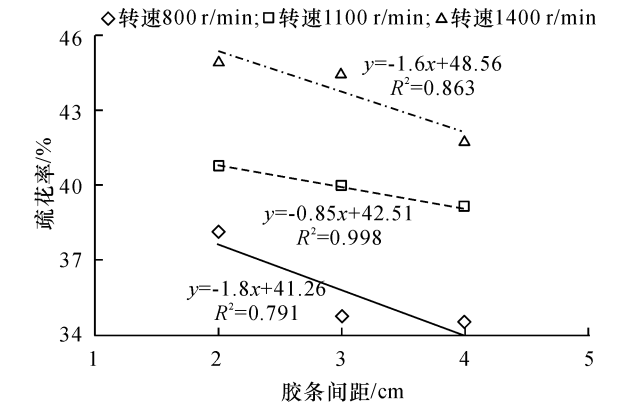


图 5 不同转速下疏花率与胶条间距线性回归曲线
Fig. 5 Regression analysis of the relationship between flower removal and spacing size

3.3 不同处理对果实质量与果实大小的影响

从表 3 可知,不同疏花处理后的单果质量、果实大小均比对照显著增加. 对照的标准差大于各处理的,说明不疏花处理的果实大小差异较大,疏花处理后的果实大小、果形指数比较一致.

表 3 不同处理果实质量与果实大小对比¹⁾ (方法 2)
Tab. 3 Comparison of fruit mass and fruit size for different treatment (Method 2)

处理	单果质量/g	纵径/mm	横径/mm	侧径/mm
CK	17.5 ± 6.0	30.8 ± 3.2	33.3 ± 3.3	30.9 ± 3.5
T1	21.1 ± 2.2	34.3 ± 1.5	34.6 ± 1.7	33.2 ± 1.5
T2	21.0 ± 2.7	32.6 ± 2.1	35.3 ± 2.3	32.5 ± 2.4
T3	20.3 ± 2.5	34.2 ± 1.0	35.0 ± 1.4	32.2 ± 1.7
T4	20.0 ± 2.4	33.9 ± 0.8	33.8 ± 2.5	32.1 ± 1.4
T5	22.8 ± 2.4	34.0 ± 2.0	35.9 ± 1.5	33.7 ± 1.6
T6	20.5 ± 2.6	32.8 ± 1.9	34.7 ± 2.7	32.5 ± 2.2
T7	20.1 ± 2.8	32.5 ± 1.7	34.8 ± 2.4	32.4 ± 2.5
T8	22.1 ± 2.9	34.4 ± 1.0	35.7 ± 1.5	33.5 ± 2.0
T9	23.2 ± 2.2	33.6 ± 2.1	36.4 ± 2.6	33.2 ± 2.3
T10	22.4 ± 3.0	34.6 ± 2.9	36.0 ± 2.5	33.8 ± 2.2
T11	22.4 ± 2.1	34.1 ± 2.2	36.0 ± 2.3	33.9 ± 2.7

1) 表中数据为平均值 ± SD.

对 T3 ~ T11 数据进行单果质量方差分析,结果表明胶条转速 ($P = 0.152$) 和胶条间距 ($P = 0.599$) 对单果质量没有影响. 对 T3 ~ T11 数据进行果实纵径、横径以及侧径方差分析,结果表明胶条转速和胶条间距对果实大小没有影响.

图 6 给出了不同处理的平均果质量与坐果数线性回归曲线,可知坐果数的增加一定程度上反而会导致平均果质量的减小.

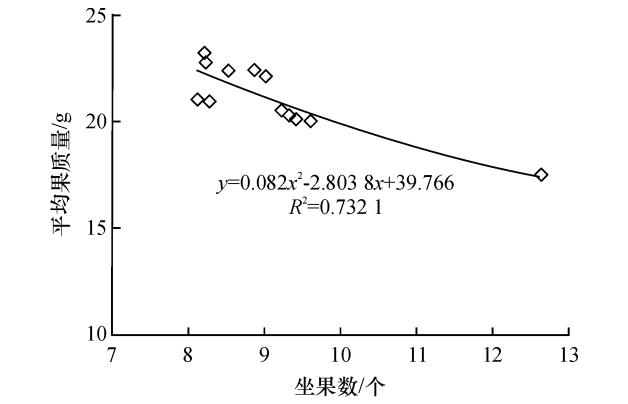


图 6 平均果质量与坐果数线性回归曲线
Fig. 6 Regression analysis of the relationship between mean fruit mass and fruit set quantity

4 结论

(1) 荔枝果树的疏花期通常较短,相比人工疏花作业,机械疏花具有效率高、成本低的优势,适宜大面积推广应用. 本研究证明机械短截疏花的作业时间约为人工疏花的 10.9%,机械柔性疏花相比机械短截疏花可节省 50% 以上的时间.

(2) 机械短截和机械柔性疏花在坐果数、单果质量、果实大小方面没有显著差异. 试验发现,通过增加胶条组总跨度,能进一步提高机械柔性疏花的工作效率. 为此,有必要设计适用更大胶条组总跨度的大型机械柔性疏花器,采用拖拉机悬挂的方式进行高效作业.

(3) 机械柔性疏花方式下,胶条转速和胶条间距均对疏花时间、疏花率有显著影响. 胶条转速越大、胶条间距越小,疏花时间越短,疏花率越高. 胶条转速和胶条间距对坐果数、单果质量以及果实大小没有影响.

(4) 不同机械疏花处理后的单果质量、果实大小均比对照显著增加,果实大小、果形指数比较一致,而对照的果实大小差异较大. 试验得出状元红品种荔枝平均果质量与单穗坐果数的一元二次回归方程为 $y = 0.082x^2 - 2.8038x + 39.766$.

参考文献:

[1] DENNIS F G J. The history of fruit thinning[J]. Plant Growth Regul, 2000, 31(1/2): 1-16.
[2] SEEHUBER C, DAMEROW L, BILANKE M, et al. Regulation of source: Sink relationship, fruit set, fruit growth and fruit quality in European plum (*Prunus domestica* L.): Using thinning for crop load management[J]. Plant Growth Regul, 2011, 65(2): 335-341.
[3] 苏俊,薛淑昆,王鹏林,等. 不同疏花留果方式对‘红梨

- 32号'果实品质影响的研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(20):255-258.
- [4] 王艳丽,赵政阳,宋传奎,等. 蚁酸钙对嘎拉苹果的疏花效果研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2011, 39(9):129-137.
- [5] 冯建灿,郑先波,李继东,等. 果树化学疏花疏果的研究现状与展望[J]. 经济林研究, 2011, 29(4):116-121.
- [6] MILLER S S, SCHUPP J R, BAUGHER T A, et al. Performance of mechanical thinners for bloom or green fruit thinning[J]. Hortscience, 2011, 46(1): 43-51.
- [7] SCHUPP J R, BAUGHER T A. Peach blossom string thinner performance improved with selective pruning[J]. Hortscience, 2011, 46(11): 1486-1492.
- [8] 李冬波,朱建华,彭宏祥,等. 花穗修剪与多效唑处理对妃子笑荔枝产量与效益的影响[J]. 南方农业学报, 2011, 42(2):182-184.
- [9] 王祥和,胡福初,范鸿雁,等. 不同花穗处理对妃子笑荔枝开花坐果的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 24(1):206-210.
- [10] MARTIN B, TORREGROSA A, BRUNTON J G. Feasibility of peach bloom thinning with hand-held mechanical devices[J]. Scientia-amsterdam, 2011, 129(1): 91-97.
- [11] MARTIN B, TORREGROSA A, BRUNTON J G. Post-bloom thinning of peaches for canning with hand-held mechanical devices [J]. Scientia-amsterdam, 2010, 125(4): 658-665.
- [12] 陆华忠,李君,杨洲,等. 一种超声波对靶电动疏花疏果机:中国,ZL201110103322.5[P]. 2012-08-22.
- [13] 杨洲,李君,陆华忠,等. 便于手调作业高度与角度的电动疏花疏果机及其使用方法:中国,ZL201110103734.9[P]. 2012-11-7.

【责任编辑 霍 欢】

(上接第430页)

- [2] 李大和. 试论豉香型白酒独特风格的成因[J]. 酿酒科技, 2004(1):24-27.
- [3] 余乾伟. 传统白酒酿造技术[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2010.
- [4] 高丽琼,舒文娟,高缘. D-最优混料设计优化阿莫罗芬自乳化基质乳膏及乳膏流变学研究[J]. 中南药学, 2010, 8(7):481-486.
- [5] HOLM R, JENSEN I H, SONNEREGGARD J. Optimization of self-microemulsifying drug delivery systems (SMEDDS) using a D-optimal design and the desirability function[J]. Drug Dev Ind Pharm, 2006, 32(9):1025-1032.
- [6] PETROVIC A, CVETKOVIAE N, TRAJKOVIC S, et al. Mixture design evaluation of drug release from matrix tablets containing carbomer and HPMC[J]. J Controlled Release, 2006, 116(2):104-106.
- [7] CHOPRA S, PATIL G V, MOTWANI S K. Release modulating hydrophilic matrix systems of losartan potassium: Optimization of formulation using statistical experimental design[J]. Eur J Pharm Biopharm, 2007, 66(1):73-82.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 10345—2007 白酒分析方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2007.
- [9] 郭累,陈宇. 响应面法优化微波辅助提取浒苔多糖的工艺[J]. 食品科学, 2010, 31(14):53-57.
- [10] 姚东瑞,郭累,王淑军,等. 樱桃籽中抗氧化物质的超声提取工艺及其抗氧化活性[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(7):733-740.
- [11] 吴少辉,叶伟娟,黄雪莲,等. 南五味子抑菌物质的优化提取及抑菌活性研究[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(7):719-726.
- [12] 董家武. 安琪牌耐高温活性干酵母和生香活性干酵母在清香型大曲酒生产中的应用[J]. 酿酒, 2003, 30(3):68-69.
- [13] 郭本跃. 生香 ADY/TH-AADY、己酸菌液和糖化酶混合使用提高浓香型曲酒的质量[J]. 酿酒科技, 2002, 113(5):87-89.
- [14] 范彩霞,梁文权. 神经网络多目标同步优化 HPMC 缓释片处方[J]. 中国药学杂志, 2004, 39(10):768-771.
- [15] HUANG Y B, TSAI Y B, WU P C, et al. Once-daily propranolol extended-release tablet dosage form: Formulation design and in vitro/in vivo investigation[J]. Eur J Pharm Biopharm, 2004, 58(3):607-614.
- [16] 王万能,王东,娄国平,等. 多粮小曲清香型调味酒配方优化[J]. 重庆理工大学学报:自然科学, 2011, 21(9):20-24.
- [17] 张东平. 多粮型续米查清香型白酒生产技术初探[J]. 酿酒, 2012, 31(1):68-70.
- [18] 刘清飞,罗国安,王义明. 混料均匀设计法在灯盏花素骨架片处方配比中的应用研究[J]. 中成药, 2006, 28(5):632-635.
- [19] 袁军,曾鹰,向建敏,等. 均匀设计法优化固体酒精的制备工艺[J]. 计算机与应用化学, 2006, 23(4):359-361.
- [20] 陈翔,滕抗,胡海洋,等. 白酒酿造原料对酒体风味影响的试验及讨论[J]. 酿酒, 2008, 35(1):19-22.
- [21] 朱小乔,刘通讯. 小麦麸皮的功能组分及其在食品中的开发应用[J]. 粮油食品科技, 2000, 8(6):18-21.

【责任编辑 霍 欢】