

刘宝莲, 郭俊霞, 吴萍, 等. 稻草覆盖量对川芎生长发育、干物质积累及产量和品质的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2020, 41(3): 38-46.  
LIU Baolian, GUO Junxia, WU Ping, et al. Effects of straw cover amount on growth and development, dry matter accumulation, yield and quality of *Ligusticum chuanxiong*[J]. Journal of South China Agricultural University, 2020, 41(3): 38-46.

# 稻草覆盖量对川芎生长发育、干物质积累及产量和品质的影响

刘宝莲<sup>1,2</sup>, 郭俊霞<sup>2</sup>, 吴萍<sup>2</sup>, 王晓宇<sup>2</sup>, 张松林<sup>2</sup>,  
杨小倩<sup>2,3</sup>, 卢常芳<sup>1</sup>, 李青苗<sup>2</sup>

(1 四川农业大学 理学院, 四川 雅安 625014; 2 四川省中医药科学院 中药材品质及创新中药研究  
四川省重点实验室, 四川 成都 610041; 3 四川农业大学 农学院, 四川 成都 611130)

**摘要:**【目的】研究稻草覆盖量对川芎 *Ligusticum chuanxiong* 生长发育、干物质积累及产量和品质的影响, 为农业可持续发展及川芎生态种植提供理论依据和实践指导。【方法】采取单因素随机区组设计, 设置 3 个处理: 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面, 测定并分析川芎的出苗率、形态指标、干物质积累、折干率、产量及化学成分含量, 进行经济效益评价。【结果】覆盖全厢面处理出苗率最高, 达 97.66%, 与不覆盖稻草 (94.05%) 差异显著; 覆盖苓子出苗率为 96.68%, 与不覆盖稻草和覆盖全厢面差异均不显著。稻草覆盖在多个生育期尤其是生长前期显著影响川芎株高, 生长后期显著影响茎数、叶片数和根茎宽, 对根茎长和根茎厚的影响未达显著水平; 除倒苗期外, 覆盖苓子和覆盖全厢面各生育期地上部干质量、地下部干质量和地下部折干率均高于不覆盖稻草。覆盖全厢面产量比覆盖苓子和不覆盖稻草分别高 16.6% 和 41.6%, 净收益分别高 24.4% 和 68.3%。稻草覆盖处理提高了川芎阿魏酸、洋川芎内酯 A、藁本内酯和总苯酞含量。【结论】川芎种植厢面覆盖稻草促进了川芎的生长发育和干物质积累, 提高了产量、品质 and 经济效益, 覆盖全厢面处理效果优于仅覆盖苓子的传统方法。

关键词: 川芎; 稻草覆盖; 生长; 干物质积累; 产量; 品质

中图分类号: S567.79

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2020)03-0038-09

## Effects of straw cover amount on growth and development, dry matter accumulation, yield and quality of *Ligusticum chuanxiong*

LIU Baolian<sup>1,2</sup>, GUO Junxia<sup>2</sup>, WU Ping<sup>2</sup>, WANG Xiaoyu<sup>2</sup>, ZHANG Songlin<sup>2</sup>,  
YANG Xiaoqian<sup>2,3</sup>, LU Changfang<sup>1</sup>, LI Qingmiao<sup>2</sup>

(1 College of Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 2 Sichuan Provincial Key Laboratory of Quality and Innovation Research of Chinese Materia Medica, Sichuan Academy of Chinese Medicine Sciences, Chengdu 610041, China; 3 College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** 【Objective】To study the effects of straw cover amount on growth and development, dry matter accumulation, yield and quality of *Ligusticum chuanxiong*, and provide theoretical basis and practical guidance for sustainable agricultural development and ecological planting of *L. chuanxiong*. 【Method】Single-factor randomized block design was adopted, and three treatments including no straw cover, covering Lingzi,

收稿日期: 2019-09-24 网络首发时间: 2020-04-22 11:00:15

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20200421.1055.008.html>

作者简介: 刘宝莲 (1994—), 女, 硕士研究生, E-mail: [1191818452@qq.com](mailto:1191818452@qq.com); 通信作者: 卢常芳 (1973—), 女, 副教授, 博士, E-mail: [lucf@sicau.edu.cn](mailto:lucf@sicau.edu.cn); 李青苗 (1976—), 女, 研究员, 博士, E-mail: [qingmiaoli@sina.com](mailto:qingmiaoli@sina.com)

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFC1701800, 2017YFC700705); 四川省科技计划 (2019NZZJ0046); 名贵中药资源可持续利用能力建设项目 (2060302)

covering whole ridge were setted. The emergence rate, morphological indexes, dry matter accumulation, drying rate, yield and chemical components of *L. Chuanxiong* were determined and analyzed. Finally, the economic benefit was evaluated. 【Result】 Covering whole ridge treatment had the highest emergence rate reaching 97.66%, which was significantly higher than no straw cover treatment (94.05%). The emergence rate of covering Lingzi was 96.68%, which was not significantly different from other two treatments. Straw cover treatment had significant effects on plant height during multiple growth stages especially early growth stage, had significant effects on stem number, leaf number and rhizome width at late growth stage and no significant effect on rhizome length and rhizome thickness. Except for senescence period, the aboveground part dry weight, underground part dry weight and aboveground part drying rate of covering Lingzi and covering whole ridge were higher than those of no straw cover treatment at each growth stage. The yield of covering whole ridge was 16.6% and 41.6% higher than those of covering Lingzi and no straw cover respectively, and the net income was 24.4% and 68.3% higher than those of other two treatments respectively. Straw cover treatment increased the contents of ferulic acid, senkyunolide A, ligustilide, and total phthalides in the rhizome of *L.chuanxiong*. 【Conclusion】 Straw cover treatment of *L. chuanxiong* during planting period is conducive to promoting growth and development and dry matter accumulation of *L. chuanxiong*, and improving its yield, quality and economic benefits. The effect of covering whole ridge is superior to the traditional half-cover of covering Lingzi solely.

**Key words:** *Ligusticum chuanxiong*; straw cover; growth; dry matter accumulation; yield; quality

川芎, 又名芎藭, 为伞形科植物川芎 *Ligusticum chuanxiong* Hort. 的干燥根茎, 始载于《神农本草经》, 列为上品, 为活血化瘀常用中药, 具有活血行气、祛风止痛之功效, 主治胸痹心痛、胸胁刺痛、跌扑肿痛、月经不调、经闭痛经、头痛、风湿痹通等<sup>[1-3]</sup>。现代药理学研究发现, 川芎所含的挥发油、阿魏酸及川芎嗪等成分具有改善微循环、抗氧化、抗肿瘤等功效, 还可作用于尿路结石、糖尿病等<sup>[4-6]</sup>。目前, 栽培川芎已逐步成为商品川芎的主要来源, 但也存在病虫害严重、产量和质量参差不齐等问题<sup>[7]</sup>。研究发现, 不同的耕作方式<sup>[8]</sup>、肥料用量及种类<sup>[9-11]</sup>、栽种期和采收期<sup>[12]</sup>等均会不同程度地影响川芎的生长发育、产量及品质。

稻草覆盖是稻草还田的一种常见方式, 能够有效地改善土壤结构、增加土壤有机质、促进土壤微生物活动、增强土壤保肥供肥性能, 从而提高作物产量及品质、降低生产成本、增加农民收入。四川省稻草秸秆资源极其丰富, 合理回收利用稻草秸秆能减少秸秆焚烧和废弃所造成的环境污染, 是农业可持续发展的有效措施。蓝天琼<sup>[13]</sup>研究表明, 免耕稻草覆盖可以提高土壤肥力、部分酶活力及微生物数量, 从而提高川芎产量及部分品质指标。范巧佳等<sup>[8]</sup>也指出稻草覆盖有助于提高川芎的阿魏酸和总生物碱含量。在实际生产中, 通常只在种植川芎苓子时用少量稻草覆盖厢面苓子部位, 保持苓子部位土壤水分、延缓干旱速度。但是将川芎种植厢面全部进行稻草

覆盖是否更利于川芎生长发育鲜见报道。

目前有关川芎种植厢面的稻草覆盖量对川芎生长影响的报道较少, 且有待研究。本研究采用单因素随机区组设计, 设置不覆盖、覆盖苓子、覆盖全厢面 3 种稻草覆盖方式, 对川芎出苗率、生长发育、干物质积累、产量、品质及经济效益进行研究分析, 以期为农业可持续发展及川芎生态种植提供相关理论依据和实践指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

选用大小一致(节盘直径 $\geq 1.4$  cm)、无损伤、无病害的川芎苓子, 在彭州市敖平镇试验基地进行试验。试验田前茬作物为大豆, 土壤理化性质: 全氮 2.23 g/kg、全磷 0.87 g/kg、全钾 13.11 g/kg、速效氮 196.00 mg/kg、速效磷 58.53 mg/kg、速效钾 238.08 mg/kg、有机质 21.49 g/kg、有机碳 12.46 g/kg、pH 5.66。种植川芎前对土壤进行翻耕处理。

### 1.2 试验设计

本试验采用单因素随机区组试验设计。设 3 个处理: 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面。每个处理 3 次重复, 共 9 个小区, 每个小区面积 8.4 m<sup>2</sup>(1.2 m $\times$  7 m)。稻草的覆盖厚度为 2~3 cm, 施肥等田间管理措施按当地高产栽培要求进行, 各小区间保持一致。栽种后 30 d, 调查川芎出苗情况; 于茎叶发生期(2018 年 11 月 19 日)、倒苗期(2019 年 1 月

3 日)、二次茎叶发生期(2019 年 2 月 19 日)、抽茎期(2019 年 4 月 1 日)、收获期(2019 年 5 月 19 日),每小区选取长势均匀的代表性植株 10 株,测定株高、茎数、叶片数、根茎长、根茎宽、根茎厚、鲜质量、干质量和化学成分含量。

### 1.3 测定指标

**1.3.1 形态指标** 将川芎地上部分与地下部分的分割面朝上,平行于分割面为横截面,垂直于分割面为纵截面。根茎长为川芎根茎最大横截面的最长轴,根茎厚为川芎根茎最大横截面的最短轴,根茎宽为最大纵截面的最长轴。川芎根茎长、宽、厚用数显游标卡尺测定,精确到 0.01 mm;株高用卷尺测定,精确到 0.1 cm;质量用电子天平测定,精确到 0.1 g。

**1.3.2 干物质积累** 把测定株高的川芎植株按地上部分(茎叶)、地下部分(须根和根茎)分开称鲜质量。地上部分在 105 °C 下杀青 1 h,60 °C 下烘干至恒质量,称其干质量即为地上部干质量;地下部分直接在 60 °C 下烘干至恒质量,称其干质量即为地下部干质量。

**1.3.3 折干率** 折干率=干质量/鲜质量×100%。

**1.3.4 品质指标** 阿魏酸含量测定参考 2015 年版中国药典<sup>[1]</sup>川芎项下的含量测定方法,藁本内酯和洋川芎内酯 A 含量测定参照杨艳等<sup>[4]</sup>的测定方法。

### 1.4 统计分析

使用 Excel 2016 对数据进行整理分类,使用 SPSS 20.0 对数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),采用 Origin 8.0 作图。

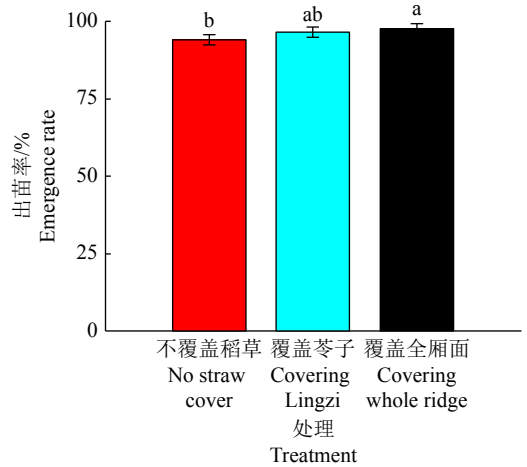
## 2 结果与分析

### 2.1 稻草覆盖量对栽种后 30 d 川芎出苗率的影响

稻草覆盖量对栽种后 30 d 川芎出苗率的影响如图 1 所示,覆盖全厢面处理出苗率最高,达到 97.66%,与不覆盖稻草(94.05%)差异显著。覆盖苓子出苗率为 96.68%,与不覆盖稻草和覆盖全厢面差异均不显著。以上结果表明,对川芎种植厢面进行稻草覆盖可以有效提高出苗率。

### 2.2 稻草覆盖量对川芎各生育期形态指标的影响

稻草覆盖量对川芎各生育期株高、茎数、叶片数、根茎长、根茎宽和根茎厚均有影响,其中多个生育期尤其是生长前期对株高影响最明显,生长后期对茎数、叶片数和根茎宽的影响较大,对根茎长和根茎厚影响不大。茎叶发生期不覆盖稻草处理株高最低,为 35.93 cm,比覆盖全厢面低 5.9%,两者差异显著;茎叶发生期至倒苗期川芎生长迅速,各组株高不断增加,倒苗期后各组株高均呈现先降低后增



柱子上不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ , Duncan's 法)  
Different lowercase letters on the columns indicate significant differences among different treatments ( $P < 0.05$ , Duncan's method)

图 1 稻草覆盖量对栽种后 30 d 川芎出苗率的影响

Fig. 1 Effect of straw cover amount on emergence rate of *Ligusticum chuanxiong* after planting for 30 days

加的趋势;倒苗期和二次茎叶发生期不覆盖稻草处理株高依旧最低,与覆盖苓子、覆盖全厢面差异显著;收获期各组株高不再增加,差异不显著。各组茎数在抽茎期前缓慢增加,且无显著差异;抽茎期各组茎数迅速增加至最大值,此时不覆盖稻草茎数仅 16.07,覆盖苓子 19.20,覆盖全厢面 21.73,覆盖全厢面比不覆盖稻草高 35.2%,差异显著;收获期各组茎数不再增多,差异不显著。抽茎期前各组叶片数变化不明显;抽茎期叶片数迅速增加,达到最大值,覆盖全厢面处理叶片数最多,达到 60.93,比不覆盖稻草高 47.4%,两者差异显著;收获期叶片数不再增加,各组差异不显著。根茎长、根茎宽和根茎厚在生长前期不断增加,在抽茎期达到最大值;各时期根茎长和根茎厚差异均不显著;收获期不覆盖稻草处理的根茎宽最小,仅 38.98 mm,与覆盖苓子和覆盖全厢面均差异显著(表 1)。

### 2.3 稻草覆盖量对川芎各生育期干物质积累的影响

茎叶发生期、倒苗期和二次茎叶发生期各组地上部干质量无显著差异;抽茎期至收获期茎叶快速生长,地上部干物质积累快;抽茎期和收获期覆盖全厢面处理地上部干质量均高于不覆盖稻草和覆盖苓子,且与不覆盖稻草差异显著,收获期与覆盖苓子差异显著;抽茎期覆盖全厢面处理地上部干质量为 8.77 g,分别比不覆盖稻草、覆盖苓子高 86.9%、33.5%;收获期覆盖全厢面处理地上部干质量为 24.41 g,分别比不覆盖稻草和覆盖苓子高 69.1% 和 35.3%。倒苗期前根茎干质量迅速增加,

表1 稻草覆盖量对各生育期川芎形态指标的影响<sup>1)</sup>

Table 1 Effects of straw cover amount on morphological indexes of *Ligusticum chuanxiong* in different growth periods

形态指标 Morphological index	生育期 Growth period	不覆盖稻草 No straw cover	覆盖苓子 Covering Lingzi	覆盖全厢面 Covering whole ridge
株高/cm Plant height	茎叶发生 Stem emergence and growth	35.93±0.72b	37.80±0.77ab	38.20±0.66a
	倒苗 Senescence	37.83±0.65b	40.32±0.60a	41.45±0.85a
茎数 Stem number	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	32.29±1.06b	40.22±1.28a	37.03±1.08a
	抽茎 Tillering	20.53±0.57b	27.01±1.55a	23.58±1.13b
	收获 Harvest	33.57±2.07a	33.34±2.06a	36.61±1.76a
	茎叶发生 Stem emergence and growth	6.07±0.20a	5.33±0.36a	5.87±0.39a
叶片数 Leaf number	倒苗 Senescence	5.61±0.41a	5.11±0.43a	5.56±0.29a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	7.07±0.71a	7.47±0.81a	7.13±0.89a
	抽茎 Tillering	16.07±1.65b	19.20±1.46ab	21.73±1.71a
	收获 Harvest	12.00±1.13a	13.90±1.47a	17.25±2.23a
根茎长/mm Rhizome length	茎叶发生 Stem emergence and growth	26.36±0.91a	25.13±1.84a	28.33±1.86a
	倒苗 Senescence	28.72±1.90a	25.83±2.03a	27.67±1.22a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	26.13±2.78a	24.60±4.06a	26.20±3.57a
	抽茎 Tillering	41.33±3.51b	53.07±4.19a	60.93±3.70a
根茎宽/mm Rhizome width	收获 Harvest	43.00±4.93a	49.30±4.59a	57.00±7.49a
	茎叶发生 Stem emergence and growth	44.31±1.69a	41.38±1.51a	45.65±1.90a
	倒苗 Senescence	55.92±2.10a	54.94±2.00a	55.73±1.22a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	57.76±3.77a	58.01±2.58a	61.15±3.92a
根茎厚/mm Rhizome thickness	抽茎 Tillering	61.87±3.06a	69.17±2.57a	67.22±2.58a
	收获 Harvest	52.66±4.13a	65.33±3.13a	59.66±6.54a
	茎叶发生 Stem emergence and growth	34.91±1.21a	39.09±1.81a	36.63±1.88a
	倒苗 Senescence	45.25±2.77a	49.05±1.84a	49.09±1.88a
倒苗 Senescence	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	47.02±2.64a	50.59±2.40a	49.16±2.23a
	抽茎 Tillering	50.92±2.85a	56.02±3.89a	58.74±3.41a
	收获 Harvest	38.98±3.87b	51.05±3.28a	55.78±3.55a
	茎叶发生 Stem emergence and growth	27.96±0.93a	28.77±0.99a	30.05±1.19a
倒苗 Senescence	倒苗 Senescence	34.22±1.53a	32.76±0.96a	34.16±0.86a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	37.01±2.15a	40.16±1.72a	41.42±2.36a
	抽茎 Tillering	38.24±2.95a	39.36±2.11a	40.25±2.07a
	收获 Harvest	36.13±2.54a	38.24±1.68a	38.68±1.91a

1) 相同指标相同生育期后不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ , Duncan's法)

1) Different lowercase letters in the same morphological index and growth stage indicate significant differences among different treatments ( $P < 0.05$ , Duncan's method)

倒苗期后到二次茎叶发生期增加缓慢;之后由于二次茎叶发育需要消耗根茎营养,根茎干质量先降低后增加,到收获期达最大值;收获期之前覆盖全厢面处理根茎干质量高于覆盖苓子和不覆盖稻草,但差异不显著;收获期覆盖全厢面处理根茎干质量达25.45 g,不覆盖稻草仅17.97 g,两者差异显著,覆盖全厢面高出覆盖苓子16.6%,两者差异不显著。须根干质量在川芎生长过程中先增加后减少,生长

前期由于需要须根进行营养作用,所以须根数量多,占地下部干质量比例大,茎叶发生期须根干质量占地下部干质量的比例达15.3%~17.1%;随着川芎生长,营养物质更多地运输到根茎,须根所占地下部干质量比例越来越低,至收获期最低,仅6.9%~8.7%;整个生长期间各组须根干质量差异不显著。地下部干质量中根茎干质量占比最大,变化趋势与根茎干质量基本一致(表2)。



表 2 稻草覆盖量对川芎各生育期干物质积累的影响<sup>1)</sup>Table 2 Effect of straw cover amount on dry matter accumulation of *Ligusticum chuansiong* in different growth periods

指标 Index	生育期 Growth period	不覆盖稻草 No straw cover	覆盖苓子 Covering Lingzi	覆盖全厢面 Covering whole ridge
地上部干质量/g Dry weight of aboveground part	茎叶发生 Stem emergence and growth	9.35±0.95a	9.37±0.83a	9.52±0.08a
	倒苗 Senescence	12.63±1.31a	11.18±1.17a	12.05±1.91a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	7.87±1.00a	8.59±0.67a	9.06±0.54a
	抽茎 Tillering	4.69±0.07b	6.57±1.17ab	8.77±0.09a
	收获 Harvest	14.43±0.49b	18.04±2.04b	24.41±0.17a
根茎干质量/g Dry weight of rhizome	茎叶发生 Stem emergence and growth	5.76±0.37a	6.53±0.96a	7.07±0.56a
	倒苗 Senescence	16.39±1.59a	14.88±0.73a	18.84±3.00a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	19.43±1.28a	24.70±1.75a	25.23±2.25a
	抽茎 Tillering	15.25±2.93a	21.36±0.14a	21.82±0.62a
	收获 Harvest	17.97±0.01b	21.83±1.41ab	25.45±2.00a
须根干质量/g Dry weight of fibrous root	茎叶发生 Stem emergence and growth	1.19±0.13a	1.21±0.15a	1.28±0.07a
	倒苗 Senescence	2.09±0.26a	1.83±0.17a	1.62±0.41a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	2.02±0.30a	2.15±0.22a	2.90±0.24a
	抽茎 Tillering	2.67±0.25a	2.41±0.35a	2.25±0.19a
	收获 Harvest	1.61±0.29a	1.64±0.10a	2.45±0.27a
地下部干质量/g Dry weight of underground part	茎叶发生 Stem emergence and growth	6.95±0.49a	7.75±1.09a	8.35±0.51a
	倒苗 Senescence	18.48±1.84a	16.72±0.87a	20.46±3.34a
	二次茎叶发生 Secondary stem emergence	21.45±1.43a	26.85±1.62a	28.13±2.42a
	抽茎 Tillering	17.92±3.18a	23.77±0.49a	24.07±0.43a
	收获 Harvest	19.58±0.28b	23.47±1.51ab	27.90±1.72a

1) 相同指标相同生育期后不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ , Duncan's 法)

1) Different lowercase letters in the same index and growth stage indicate significant differences among different treatments ( $P < 0.05$ , Duncan's method)

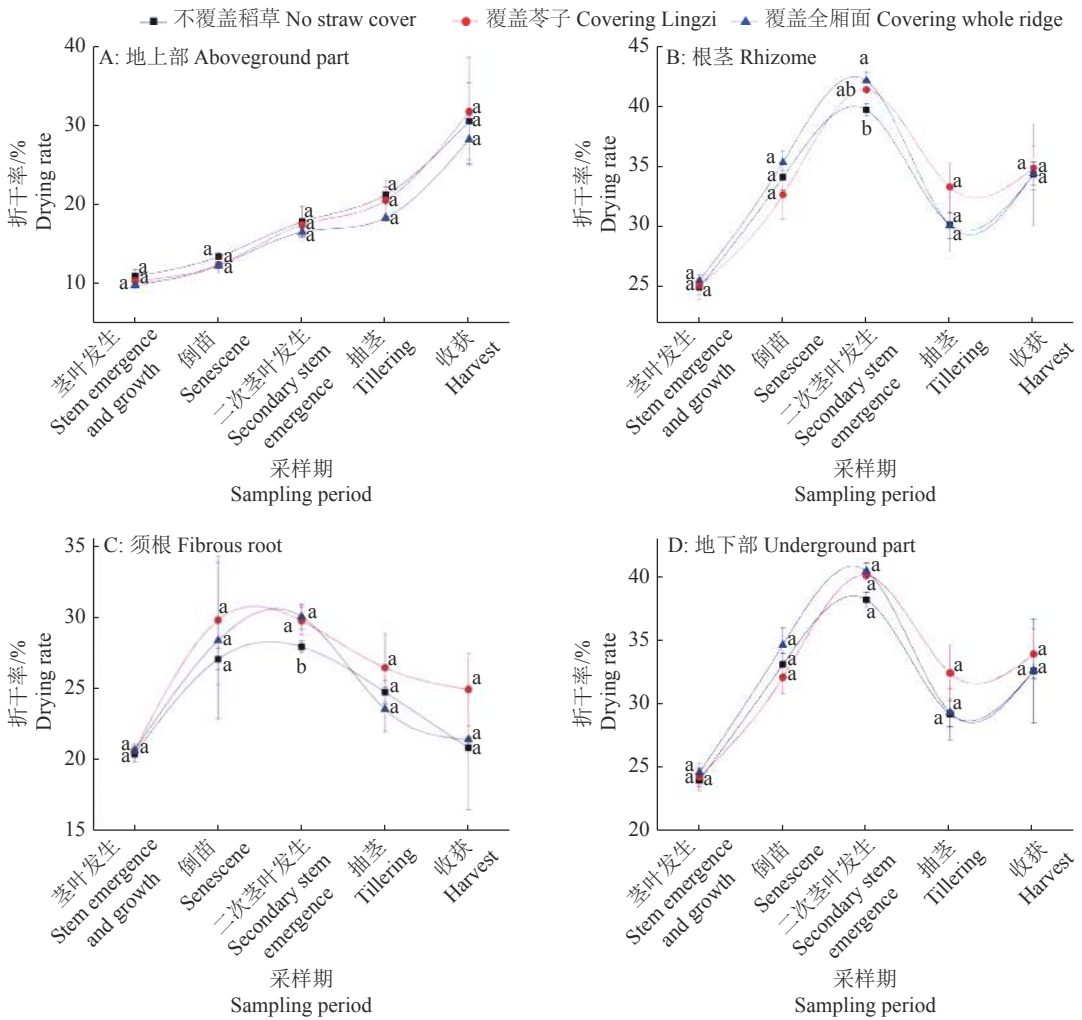
## 2.4 稻草覆盖量对川芎各生育期折干率的影响

2.4.1 地上部折干率 茎叶发生期地上部折干率最低, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面处理分别为 11.06%、10.45%、9.92%; 地上部折干率随川芎生长不断增加, 至收获期达最大值, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面处理分别为 30.62%、31.79%、28.28%, 各处理组变化趋势相同; 整体看来, 覆盖全厢面处理川芎地上部折干率低于覆盖苓子和不覆盖稻草, 但差异不显著 (图 2A)。

2.4.2 根茎折干率 茎叶发生期根茎折干率最低, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面处理分别为 25.04%、25.20%、25.61%; 二次茎叶发生期前川芎根茎折干率基本呈线性增加, 覆盖全厢面处理高于覆盖苓子和不覆盖稻草, 但差异未达显著水平; 二次茎叶发生期根茎折干率达最大值, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面分别为 39.76%、41.44%、42.18%, 不覆盖稻草显著低于覆盖苓子和覆盖全厢

面; 二次茎叶发生期到收获期根茎折干率先降低后增加, 抽茎期覆盖全厢面处理低于覆盖苓子和不覆盖稻草, 差异不显著; 收获期根茎折干率达到一个中间值, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面分别为 34.41%、34.95%、34.48%, 各处理间差异不显著 (图 2B)。

2.4.3 须根折干率 须根折干率在茎叶发生期最低, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面分别为 20.44%、20.65%、20.67%; 整体呈先上升后下降趋势, 期间各处理组须根折干率均无显著差异; 二次茎叶发生期前须根折干率快速增加, 不覆盖稻草和覆盖全厢面处理在二次茎叶发生期达最大值, 分别为 27.93% 和 30.04%, 覆盖苓子在倒苗期达最大值, 为 29.80%; 茎叶发生期和二次茎叶发生期覆盖全厢面处理须根折干率高于不覆盖稻草和覆盖苓子; 二次茎叶发生期到收获期须根折干率不断降低, 抽茎期覆盖全厢面低于覆盖苓子和不覆盖稻草; 收获期各处理须根折干率接近于茎叶发生期,



各小图中相同生育期不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ , Duncan's 法)

Different lowercase letters at the same growth stage indicate significant differences among different treatments ( $P < 0.05$ , Duncan's method)

图2 稻草覆盖量对川芎各生育期折干率的影响

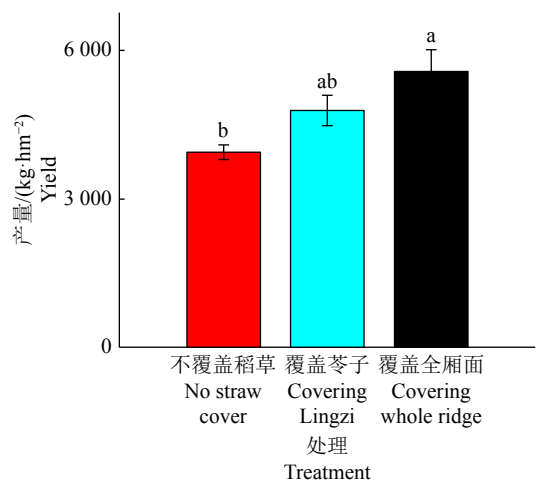
Fig. 2 Effect of straw cover amount on drying rate of *Ligusticum chuanxiong* during different growth periods

不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面分别为 20.87%、24.94%、21.45%，覆盖全厢面高于不覆盖稻草，低于覆盖苓子 (图 2C)。

2.4.4 地下部折干率 茎叶发生期地下部折干率最低，不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面处理分别为 24.09%、24.36%、24.70%；二次茎叶发生期地下部折干率达最大值，不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面处理分别为 38.24%、40.16%、40.48%，覆盖全厢面和覆盖苓子显著高于不覆盖稻草；二次茎叶发生期至收获期地下部折干率先降低后增加；收获期地下部折干率不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面处理分别为 32.67%、33.09%、32.70%，差异不显著 (图 2D)。

### 2.5 稻草覆盖量对川芎产量的影响

覆盖全厢面产量最高，达 5 576.40 kg/hm<sup>2</sup>，分别比覆盖苓子和不覆盖稻草高 16.6% 和 41.6%，覆盖全厢面产量与不覆盖稻草差异显著，表明覆盖稻草可有效提高川芎产量 (图 3)。



柱子上不同小写字母不同表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ , Duncan's 法)  
Different lowercase letters in the columns indicate significant differences among different treatments ( $P < 0.05$ , Duncan's method)

图3 稻草覆盖量对川芎产量的影响

Fig. 3 Effect of straw cover amount on *Ligusticum chuanxiong* yield

## 2.6 稻草覆盖量对川芎各生育期品质指标的影响

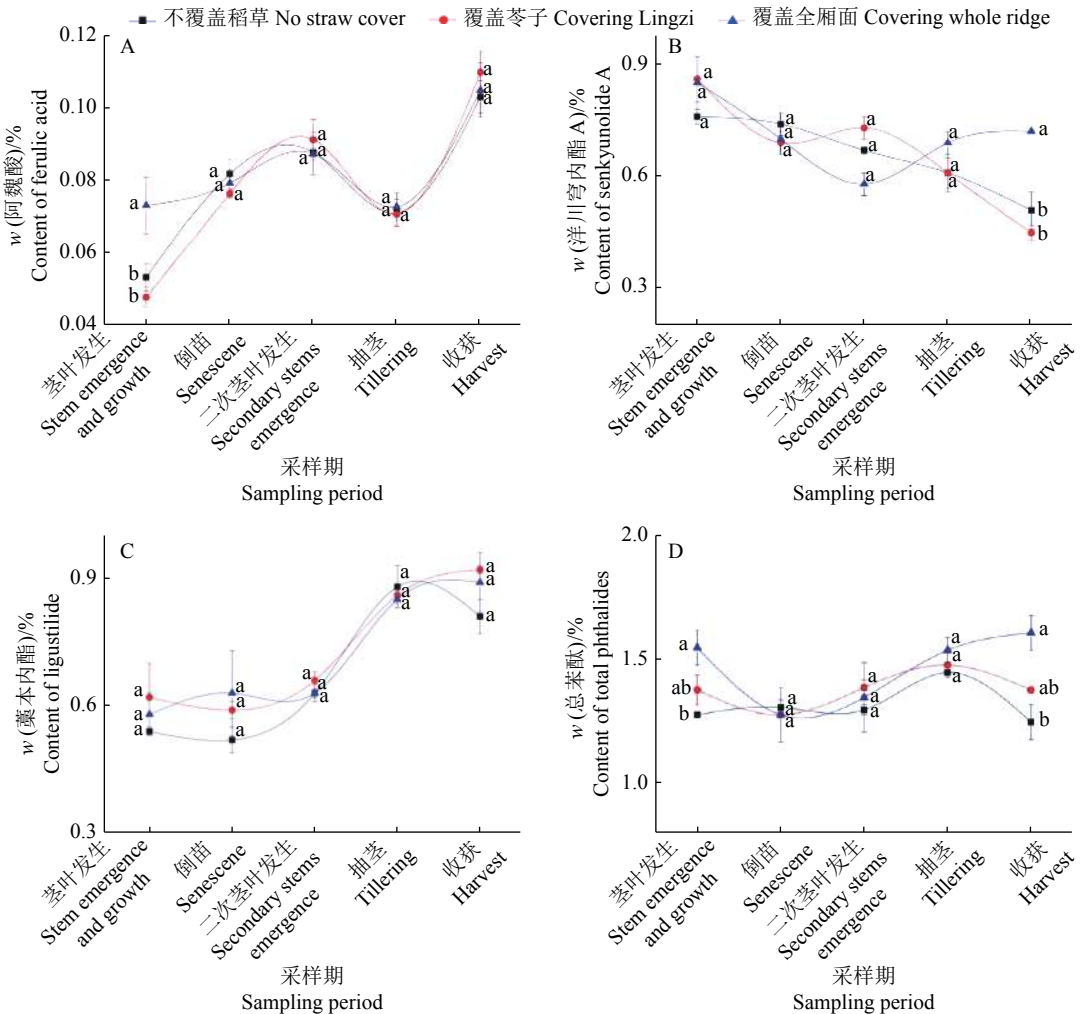
**2.6.1 阿魏酸含量** 阿魏酸含量 ( $w$ ) 在茎叶发生期最低, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面处理分别为 0.054%、0.048%、0.073%, 覆盖全厢面显著高于不覆盖稻草和覆盖苓子; 从茎叶发生期到二次茎叶发生期阿魏酸含量 ( $w$ ) 呈线性增加, 二次茎叶发生期后开始下降, 抽茎期到收获期再次增加, 倒苗期、二次茎叶发生期和抽茎期各处理间差异均不显著; 收获期阿魏酸含量 ( $w$ ) 达到顶峰, 不覆盖稻草、覆盖苓子、覆盖全厢面分别为 0.103%、0.110%、0.105%, 各处理间差异不显著 (图 4A)。

**2.6.2 洋川芎内酯 A 含量** 各时期不覆盖稻草和覆盖苓子洋川芎内酯 A 含量 ( $w$ ) 整体呈下降趋势; 茎叶发生期最高, 不覆盖稻草和覆盖苓子分别为 0.76% 和 0.86%, 两组间差异不显著; 收获期最低, 不覆盖稻草和覆盖苓子分别为 0.51% 和 0.45%, 两组间差异不显著 (图 4B)。覆盖全厢面处理的洋川

芎内酯 A 含量 ( $w$ ) 整体先下降后上升, 茎叶发生期最高, 达 0.85%, 与不覆盖稻草和覆盖苓子差异不显著; 二次茎叶发生期最低, 仅 0.58%; 收获期为 0.72%, 与不覆盖稻草和覆盖苓子均差异显著 (图 4B)。

**2.6.3 藁本内酯含量** 3 个处理组藁本内酯含量 ( $w$ ) 整体呈上升趋势。不覆盖稻草处理在倒苗期最低 (0.52%), 抽茎期最高 (0.88%); 覆盖苓子的藁本内酯含量 ( $w$ ) 在倒苗期最低 (0.59%), 收获期最高 (0.92%); 覆盖全厢面处理藁本内酯含量 ( $w$ ) 在茎叶发生期最低 (0.58%), 收获期最高 (0.89%)。所有时期各组间藁本内酯含量 ( $w$ ) 差异均不显著 (图 4C)。

**2.6.4 总苯酐含量** 本文将洋川芎内酯 A 和藁本内酯含量之和称为总苯酐含量。不覆盖稻草处理总苯酐含量 ( $w$ ) 在收获期最低 (1.25%), 抽茎期最高 (1.45%); 覆盖苓子的总苯酐含量 ( $w$ ) 在倒苗期最低 (1.28%), 抽茎期最高 (1.48%); 覆盖全厢面的总苯酐



各小图中相同生育期不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ , Duncan's  $t$  法)

Different lowercase letters in the same growth stage indicate significant differences among different treatments ( $P < 0.05$ , Duncan's method)

图 4 稻草覆盖量对川芎各生育期品质指标的影响

Fig. 4 Effect of straw cover amount on quality of *Ligusticum chuanyong* during different growth periods

含量 ( $w$ ) 在倒苗期最低 (1.28%), 收获期最高 (1.61%)。各组总苯酚含量 ( $w$ ) 在倒苗期、二次茎叶发生期和抽茎期差异均不显著; 茎叶发生期和收获期覆盖全厢面总苯酚含量 ( $w$ ) 最高, 不覆盖稻草最低, 覆盖全厢面与不覆盖稻草差异显著, 与覆盖苓子差异不显著 (图 4D)。

由以上结果可知, 对川芎种植厢面进行稻草覆盖处理可以提高植株阿魏酸、洋川芎内酯 A、藁本内酯和总苯酚含量 ( $w$ ), 从而提高其药用价值和药材品质, 覆盖全厢面处理效果优于覆盖苓子。

## 2.7 稻草覆盖量对川芎经济效益的影响

表 3 为稻草覆盖量对川芎经济效益的影响。随着稻草覆盖量的增加, 稻草和人工盖草的投资增加; 覆盖稻草后田间杂草生长减少, 除杂的投资减少, 因此总投资成本较接近。进行稻草覆盖处理后, 川芎产量增加, 销售收入随之上升, 覆盖全厢面和覆盖苓子净收益分别比不覆盖稻草高 68.3% 和 35.3%。总体来说, 对川芎进行稻草覆盖处理可带来更大的经济效益, 覆盖全厢面处理收益更高。

表 3 稻草覆盖量对川芎经济效益的影响<sup>1)</sup>

Table 3 Effect of straw cover amount on economic benefit of *Ligusticum chuansiong*

处理 Treatment	投资项目/(元·hm <sup>-2</sup> ) Investment project						
	稻草 Straw	苓子 Lingzi	肥料 Fertilizer	耕地 Tillage	盖草 Covering straw	施肥 Fertilization	除杂 Weeding
不覆盖稻草 No straw cover	0	3 450	4 500	1 500	0	1 350	13 500
覆盖苓子 Covering Lingzi	900	3 450	4 500	1 500	2 250	1 350	10 500
覆盖全厢面 Covering whole ridge	1 800	3 450	4 500	1 500	4 500	1 350	7 500

处理 Treatment	投资成本/ (元·hm <sup>-2</sup> ) Cost of investment	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> ) Yield	售价/ (元·kg <sup>-1</sup> ) Selling price	销售收入/ (元·hm <sup>-2</sup> ) Sale revenue	净收益/ (元·hm <sup>-2</sup> ) Net income
不覆盖稻草 No straw cover	24 300	3 938.25	15.50	61 042.88	36 742.88
覆盖苓子 Covering Lingzi	24 450	4 784.25	15.50	74 155.88	49 705.88
覆盖全厢面 Covering whole ridge	24 600	5 576.40	15.50	86 434.20	61 834.20

1) 稻草 0.35 元·kg<sup>-1</sup>, 覆盖苓子用草约 2 580 kg·hm<sup>-2</sup>, 覆盖全厢面用草约 5 160 kg·hm<sup>-2</sup>; 除杂费用每人每天 100.00 元; 2018 年 8 月苓子 10.00 元·kg<sup>-1</sup>, 需 345 kg·hm<sup>-2</sup>; 2019 年 8 月川芎售价 15.50 元·kg<sup>-1</sup>

1) Straw was about 0.35 yuan·kg<sup>-1</sup>, covering Lingzi needed about 2 580 kg·hm<sup>-2</sup> straw, covering whole ridge needed about 5 160 kg·hm<sup>-2</sup> straw; The cost of cleaning weeds was 100.00 yuan per person per day; In August 2018, the price of Lingzi was about 10.00 yuan·kg<sup>-1</sup>, and the experiment needed 345 kg·hm<sup>-2</sup> Lingzi; In August 2019, Chuanxiong was sold for 15.50 yuan·kg<sup>-1</sup>

## 3 讨论与结论

覆盖稻草提高了川芎的出苗率, 可能是由于稻草覆盖厢面处理有利于土壤水分和温度的保持<sup>[15]</sup>, 使土壤干湿均匀, 降低气温变化对出苗的影响, 更有利于川芎出苗。同时覆盖稻草对川芎各生育期的生长状况、干物质积累和折干率也有一定影响。除倒苗期外各生育期稻草覆盖处理地上部干质量均高于不覆盖稻草, 除收获期外地上部折干率均低于不覆盖稻草, 地下部干质量和折干率多高于不覆盖稻草, 表明覆盖稻草有利于川芎的生长和干物质积累。覆盖稻草提高了川芎产量和经济效益, 覆盖全厢面处理产量比覆盖苓子和不覆盖稻草分别高 16.6% 和 41.6%, 经济效益分别高 24.4% 和 68.3%, 表明全覆盖处理效果优于传统半覆盖处理。覆盖全

厢面效果更为明显的原因可能是全覆盖处理所需的稻草还田量比半覆盖约多一倍, 稻草还田量大, 腐解后生成的有机质更多<sup>[8]</sup>, 土壤有机质含量增加, 补偿土壤肥力消耗; 覆盖全厢面可以更多地抑制田间杂草生长, 有利于川芎的生长和干物质积累。研究发现稻草覆盖显著影响水稻的株高<sup>[16]</sup>, 水稻秸秆适量还田有效促进油菜植株的生长发育<sup>[17]</sup>, 有效促进小麦干物质积累和提高产量<sup>[18]</sup>。本研究与其结果一致。

覆盖稻草处理也提高了川芎阿魏酸、洋川芎内酯 A、藁本内酯和总苯酚含量。本研究发现川芎生长发育期间洋川芎内酯 A 和藁本内酯的积累呈相反趋势, 有文献指出洋川芎内酯 A 是藁本内酯的降解产物<sup>[19]</sup>, 这可能是洋川芎内酯 A 含量高的时期藁本内酯含量反而低的原因。银玲等<sup>[20]</sup> 研究指出有



机质和速效钾是影响川芎有效成分的主要土壤因素,因此可能是覆盖全厢面处理稻草还田量大,降解后生成更多有机质,使土壤有机质含量增加,从而影响川芎阿魏酸、洋川芎内酯 A、藁本内酯和总苯酞含量,但具体作用机制还需进一步研究。

对川芎种植厢面进行稻草覆盖处理有利于促进川芎生长发育、干物质积累,提高产量、品质和经济效益,覆盖全厢面处理效果优于仅覆盖苓子的传统处理方法。该方法在实际生产过程中具有容易推广、方便操作等优点,可以合理回收利用稻草秸秆,减少秸秆焚烧和废弃所造成的环境污染,是农业可持续发展的有效措施,对川芎实际生产具有一定的指导意义。

#### 参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- [2] 高兵. 川芎鉴定及临床应用价值分析[J]. 中国实用医药, 2017, 12(31): 131-132.
- [3] 张登柱. 神农本草经[M]. 北京: 新世界出版社, 2009.
- [4] CHEN Z, ZHANG C, GAO F, et al. A systematic review on the rhizome of *Ligusticum chuanxiong* Hort. (Chuanxiong)[J]. *Food Chem Toxicol*, 2018, 119: 309-325.
- [5] 刘珮, 王辉, 王静, 等. 川芎功用古今考究[J]. *亚太传统医药*, 2017, 13(10): 55-58.
- [6] 李霞. 川芎及其提取物的临床应用[J]. *甘肃医药*, 2017, 36(5): 344-346.
- [7] 张训, 李维双, 魏正东, 等. 什邡市隐峰镇万亩川芎基地川芎栽培技术[J]. *南方农业*, 2016, 10(15): 18-19.
- [8] 范巧佳, 蓝天琼, 郑顺林, 等. 免耕稻草覆盖对土壤肥力及川芎产量和品质的影响[J]. *西南农业学报*, 2013, 26(3): 1066-1070.
- [9] 陈春霞. 配方肥用量与种植密度对川芎生长发育和产量的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2012.
- [10] 张毅, 范巧佳, 郑顺林, 等. 春季追肥对川芎产量、阿魏酸和总生物碱含量的影响[J]. *中国中药杂志*, 2008(16): 1944-1947.
- [11] 梁琴, 陈兴福, 李瑶, 等. 化肥与有机肥配施对川芎产量的影响[J]. *中药材*, 2015, 38(10): 2015-2020.
- [12] 刘金亮, 范巧佳, 郑顺林, 等. 栽种期和采收期对川芎产量及品质的影响[J]. *中药材*, 2015, 38(8): 1576-1581.
- [13] 蓝天琼. 免耕稻草覆盖对土壤微生物、酶活性及川芎生长的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2010.
- [14] 杨艳, 刘云华, 黄志芳, 等. 一测多评法测定川芎、当归中洋川芎内酯 A 和藁本内酯的含量[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2015, 21(3): 58-62.
- [15] 赵银春, 陈尚洪. 稻草还田与耕作方式对小麦产量及土壤水分利用的影响[J]. *四川农业科技*, 2016(10): 31-34.
- [16] 何斌. 稻草覆盖对免耕直播晚稻生长发育及产量的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
- [17] 刘芳. 基于水稻秸秆覆盖还田的免耕直播油菜栽培模式研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [18] 李朝苏, 汤永禄, 吴春, 等. 稻草还田方式及还田量对稻茬小麦播种立苗质量和产量建成的影响[J]. *西南农业学报*, 2014, 27(3): 996-1002.
- [19] 钱怡云. 采收加工贮藏方法对当归药材质量的影响及其定量分析模式研究[D]. 兰州: 甘肃中医学院, 2014.
- [20] 银玲, 彭月, 陈鸿平, 等. 川芎有效成分与土壤营养值相关性研究[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19(24): 121-125.

【责任编辑 李庆玲】