

DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201702030

两种百脉根在云南省迪庆州高寒地区的适应性和生产性能评价^{*}

马向丽¹, 任健¹, 赵雁², 唐敏², 毕玉芬^{1**}, 许文花¹, 陈兴国¹

(1. 云南农业大学 动物科学技术学院, 云南昆明 650201; 2. 云南农业大学 园林园艺学院, 云南昆明 650201)

摘要:【目的】选育和推广适宜云南省高寒地区种植的百脉根品种。【方法】选取野生中甸百脉根和帝国百脉根为材料, 对其在云南省迪庆州高寒地区的植株形态特征、生物量和生理指标进行了测定分析。【结果】帝国百脉根自然高度、拉直高度、叶长、叶宽、地上部分以及地下部分的鲜重干重均显著高于中甸 ($P<0.05$), 而茎叶比显著低于中甸 ($P<0.05$)。生理分析表明: 帝国百脉根根部丙二醛、脯氨酸含量显著低于中甸 ($P<0.05$), 而根部可溶性糖含量、超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性显著高于中甸 ($P<0.05$)。二者叶片中可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸含量以及相对电导率差异并不显著 ($P>0.05$)。【结论】综合分析认为帝国百脉根植株更高大, 茎叶比小, 牧用经济性高, 适应性更强。在迪庆州香格里拉县试验基地或者在与其相似的地域和气候环境中种植, 帝国百脉根的产量和适应性优于中甸百脉根。

关键词: 中甸百脉根; 帝国百脉根; 生物量; 酶活性; 适应性

中图分类号: S 541.6 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X (2018) 01-0127-05

Adaptability and Productive Performance Evaluation of Two Varieties of *Lotus corniculatus* in Alpine Area of Diqing in Yunnan Province

MA Xiangli¹, REN Jian¹, ZHAO Yan², TANG Min²,
BI Yufen¹, XU Wenhua¹, CHEN Xingguo¹

(1. College of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. College of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: [Purpose] Our aim was to extend the suitable variety in the alpine region of Diqing.

[Method] *Lotus corniculatus* L. cv. Zhongdian and Empire were studied as the experimental materials and their performances were evaluated by morphological characteristics, biomass and physiological indexes. [Result] The natural height, straighten height, leaf length, leaf width, fresh and dry weight of above-ground and below-ground of Empire were all significantly higher than those of Zhongdian ($P<0.05$), while the stem-leaf ratio of the Empire were remarkably lower than that of Zhongdian ($P<0.05$). Physiological analysis showed that the malondialdehyde and proline contents in root of Empire were significant lower than those of Zhongdian ($P<0.05$), whereas the content of soluble sugar and the activities of superoxide dismutase and peroxidase in root of Empire were signific-

收稿日期: 2017-02-20 修回日期: 2017-03-27 网络出版时间: 2018-03-06

*基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目子课题 (2011BAD17B02); 国家自然科学基金项目 (31601997)。

作者简介: 马向丽 (1980—), 女, 湖北襄樊人, 博士, 副教授, 主要从事牧草遗传育种研究。

E-mail: xfmaxiangli@126.com

**通信作者 Corresponding author: 毕玉芬 (1960—), 女, 内蒙古通辽人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事牧草资源及遗传育种研究。E-mail: biyufenynnd@sina.com

网络出版地址: [http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201702030](http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201702030)

ant higher than those of Zhongdian ($P<0.05$). In addition, no significant difference in the content of soluble sugar, soluble protein, proline and relative electrical conductivity were observed between two studied *L. corniculatus* ($P>0.05$). [Conclusion] Comprehensive analysis showed that Empire had the higher economic performances and the better adaptability than Zhongdian due to its higher stem, lower stem-leaf ratio. Planted in the test base of Shangri-La County in Diqing or the areas with similar geographical and climatic environment, the yield and adaptability of *L. corniculatus* L. cv. Empire were better than those of *L. corniculatus* L. cv. Zhongdian.

Keywords: *Lotus corniculatus* L. cv. Zhongdian; *Lotus corniculatus* L. cv. Empire; biomass; enzymatic activity; adaptability

百脉根 (*Lotus corniculatus* L.) 是豆科百脉根属多年生牧草，又名牛角花、五叶草，是一种与紫花苜蓿相似的豆科牧草，有人称之为“瘠地苜蓿”^[1]。百脉根原产欧亚大陆温带地区，北美、大洋洲、非洲北部也有分布。其粗蛋白含量高于其他豆科牧草，而粗纤维含量相对较低，是一种具有较高营养价值和栽培价值的优良牧草^[2-3]，且叶量丰富，产量高，再生力强，用途广，世界各国都进行了引种栽培，多年来形成了很多地区品种^[4-6]。云南省草地动物科学研究院于1983年从国外引种栽培了8个品种，但由于气候、环境的差异，都未在生产中大面积推广应用^[7-8]。百脉根在云南省是一个广布种，云南省野生百脉根资源丰富。但目前，针对云南野生百脉根种质资源的评价、筛选研究较少^[9]，因此，加大对野生百脉根种质资源的评价和筛选可以有效推进百脉根新品种的选育工作。

本研究对云南野生资源中甸百脉根和引进品种——帝国百脉根在云南迪庆州高寒地区的区域适应性和品种生产潜力进行评价，以期为百脉根的品种选育和生产种植提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试野生百脉根种子于2009年10月采于云南迪庆州香格里拉县小中甸，帝国百脉根种子购于云南绿盛美地草业有限公司。

1.2 试验地概况

试验地设在迪庆州香格里拉县小中甸，位于东经 $99^{\circ}50'$ ，北纬 $27^{\circ}90'$ ，海拔为 $3\,200\sim3\,220\text{ m}$ ，年平均气温 $5.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，年均降雨量 849.8 mm ，无霜期120 d。土壤为褐土，有机质含量4.5%，pH 7.3。

试验材料于2010年4月栽种，试验小区采

用随机区组设计，小区面积均为 $5\text{ m}\times3\text{ m}$ ，组间距为1 m，区间距为50 cm，条播，播种量一般为 $11.25\text{ kg}/\text{hm}^2$ ，播种深度0.5 cm，行距30 cm，并在试验地四周设置保护行。2013年11月在试验地进行株高、叶长、叶宽的测定，用 $0.5\text{ m}\times0.5\text{ m}$ 样方选取3个重复，齐地面刈割，测定每个品种的鲜草产量。随后全部置于烘箱于 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下烘24 h，回潮恒重测定鲜草水分含量、茎叶比。并采集材料带回实验室进行生理指标的测定。形态指标重复10次，生理指标重复3次。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 形态

测定供试材料的自然植株高度、拉直植株高度、叶长和叶宽，重复10次。

1.3.2 生物量

取 1 m^2 样区材料，测定地上部分、地下部分生物量及茎叶比，重复5次。

1.3.3 生理指标

测定供试材料叶片相对电导率、丙二醛、可溶性蛋白含量以及超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性；测定叶片和根中可溶性糖、脯氨酸含量^[10-11]。

1.4 数据分析

采用SPSS 16.0和Excel 2003对数据进行统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 中甸百脉根和帝国百脉根形态特征对比分析

中甸百脉根和帝国百脉根植株自然高度分别为 14.4 、 20.3 cm ，拉直高度为 27.8 、 36.2 cm ，叶长分别为 1.65 、 2.22 cm ，叶宽分别为 0.84 、 1.36 cm 。从图1可见：帝国株高、叶长、叶宽显著高于中甸($P<0.05$)。总体来看，中甸百脉根植株个体较矮小，叶片狭小。

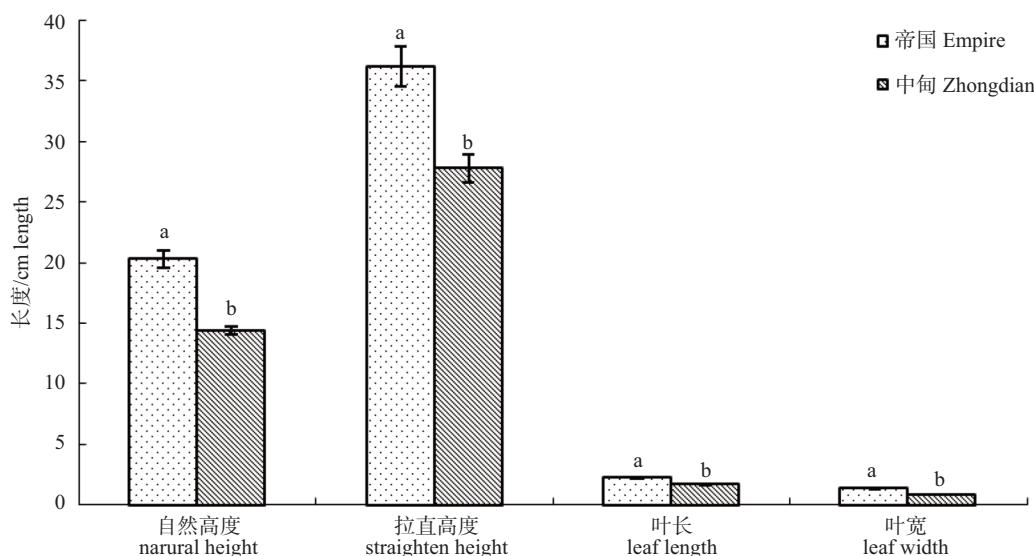
2.2 中甸百脉根和帝国百脉根生物量对比分析

从图2可见: 中甸百脉根和帝国百脉根地下部分的鲜重分别为13.2、69.7 g, 干重为3.0、20.1 g; 地上部分的鲜重分别为46.7、86.6 g, 干重为10.4、16.4 g, 帝国百脉根单位面积生物量显著高于中甸百脉根($P<0.05$)。同时, 帝国百脉根茎叶比(1.22)显著低于中甸百脉根(2.43)($P<0.05$), 可利用营养价值更高。总体上看帝国百脉根生产

性能和产量价值更高。

2.3 中甸百脉根和帝国百脉根抗寒性生理指标的对比分析

从图3可见: 帝国百脉根叶片相对电导率、可溶性蛋白含量略高于中甸百脉根, 但差异不显著($P>0.05$)。而供试帝国和中甸叶片丙二醛含量分别为5.37、12.33 $\mu\text{mol/g}$, 帝国显著低于中甸($P<0.05$)。



注: 小写字母表示两个地区之间存在显著差异($P<0.05$); 下同。

Note: Different letters mean significant difference between two areas($P<0.05$); the same as below.

图1 帝国与中甸百脉根的形态特征对比分析

Fig. 1 Comparison of morphological characteristics between Empire and Zhongdian

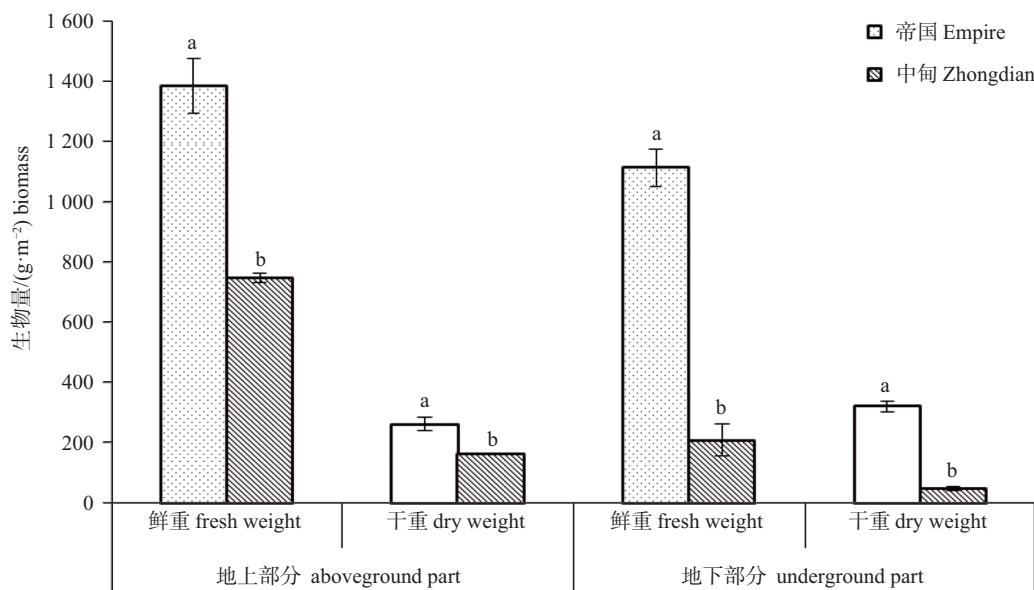


图2 帝国与中甸百脉根生物量对比分析

Fig. 2 Comparison of biomass between Empire and Zhongdian

从图4可见：供试材料叶片可溶性糖含量差异不显著($P>0.05$)，而根中可溶性糖含量中甸显著高于帝国($P<0.05$)。帝国百脉根叶片脯氨酸含量略高于中甸百脉根，但差异不显著($P>0.05$)。而根中脯氨酸含量中甸(36.89 $\mu\text{g/g}$)显著高于帝国(30.80 $\mu\text{g/g}$)($P<0.05$)。综合分析认为：帝国百脉根可通过降低叶片膜脂过氧化产物丙二醛含

量、提高根中可溶性糖含量增强其在高寒地区的抗寒性。

2.4 中甸百脉根和帝国百脉根保护酶活性的对比分析

由图5可知：帝国和中甸叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性分别为993.6、1403.4 U/(g·h)，过氧化物酶(POD)活性分别为85.0、119.0 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})$ ，帝国均显著高于中甸($P<0.05$)。

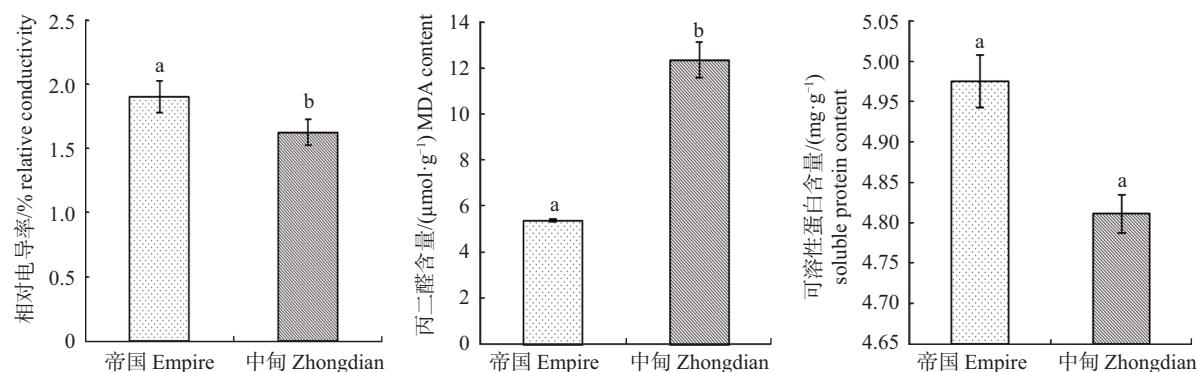


图3 帝国与中甸百脉根相对电导率、丙二醛、可溶性蛋白含量对比分析

Fig. 3 Comparison of relative conductivity, MDA and soluble protein content between Empire and Zhongdian

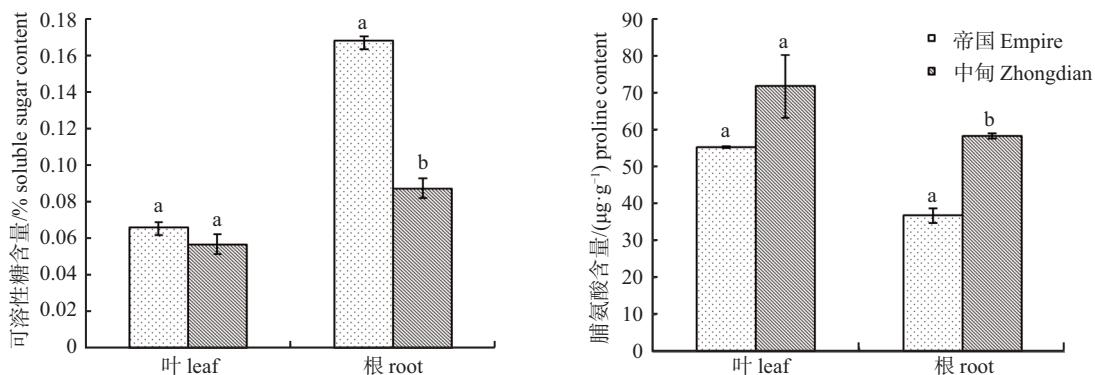


图4 帝国与中甸百脉根叶片和根中可溶性糖与脯氨酸含量对比分析

Fig. 4 Comparison of soluble sugar and proline content in leaves and root content between Empire and Zhongdian

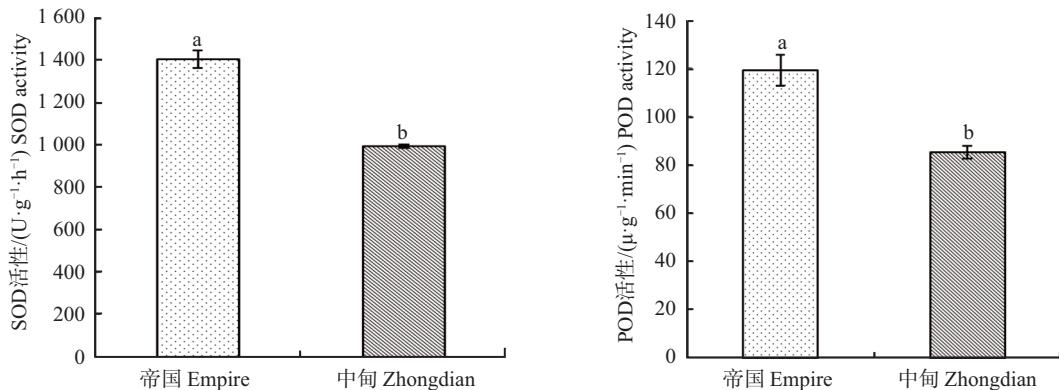


图5 帝国与中甸百脉根 SOD、POD 活性对比分析

Fig. 5 Comparison of SOD and POD activities between Empire and Zhongdian

3 讨论

株高不仅反映了品种的种群高度, 而且在一定程度上反映了牧草生长能力的强弱, 是衡量牧草高产的一个重要指标。崔亚飞等^[12]研究表明: 百脉根的自然高度影响百脉根的单株产量并且在提高单株草产量的育种工作中首先要考虑到自然高度这一影响因素。本研究结果表明: 帝国百脉根在植株的自然高度、拉直高度都显著高于中甸百脉根, 且其叶长和叶宽也显著大于中甸百脉根, 表明帝国百脉根的生长能力和经济性状要优于中甸野生百脉根。同时, 产量的测定也表明: 帝国百脉根的地上部分的干重湿重、地下部分的干重湿重都显著高于中甸百脉根。所以在迪庆州香格里拉县格咱乡试验基地或者在与其相似的地域和气候环境中选择种植帝国百脉根其产量和经济性能都优于中甸百脉根。

当植物在逆境条件下时往往会发生膜脂过氧化作用, 丙二醛作为膜脂过氧化产量之一, 其含量往往能反应植物细胞膜的受伤害程度。从试验结果来看中甸百脉根中丙二醛含量显著高于帝国, 暗示中甸百脉根在受到相同低温胁迫的时候细胞膜受伤害程度更大。植物体内, 可溶性糖可以提高细胞液浓度, 降低水势, 从而使冰点下降, 提高植物抗寒能力^[13]。本研究中帝国百脉根根中的可溶性糖含量显著高于中甸百脉根中的含量, 表明帝国百脉根可通过提高其根部内含物的寒冷增强其的抗寒性。植物受到逆境胁迫时体内的脯氨酸含量会显著增加。中甸百脉根的根中的脯氨酸含量显著高于帝国, 表明中甸百脉根对寒冷反应更加敏感。植物内源保护酶系超氧化物歧化酶(SOD) 和过氧化物酶(POD) 是植物细胞抵御活性氧伤害的重要保护酶^[14]。从本研究的结果可以看出: 帝国百脉根超氧化物歧化酶(SOD) 和过氧化物酶(POD) 的活性都显著高于中甸百脉根。表明帝国百脉根可通过提高保护酶活性来加强对活性氧伤害的抵御能力。同时, 两种百脉根中相对电导率差异、可溶性蛋白含量差异不显著, 说明百脉根作为冷季型牧草, 对寒冷都有一定的抵御能力。

4 结论

本研究表明: 帝国百脉根植株更高大, 牧用经

济性能更高。在迪庆州香格里拉县小中甸试验基地或者在与其相似的地域和气候环境中种植百脉根则帝国百脉根的产量和经济价值优于中甸百脉根。

对供试材料的相对电导率、丙二醛、可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸以及超氧化物歧化酶(SOD) 和过氧化物歧化酶(POD) 活性分析表明, 帝国百脉根的抗寒性优于中甸百脉根。帝国百脉根能适应中甸地区高寒生境, 且在相对寒冷的地区选择种植帝国百脉根比选择中甸百脉根更好。

总之, 在迪庆州香格里拉县小中甸试验基地或在与其相似的地域和气候环境中或者更寒冷的地区帝国百脉根的区域适应性优于中甸百脉根。

[参考文献]

- [1] 刘法涛, 杨忠志. 里奥百脉根的优点与利用评价[J]. 中国草地, 1998(6): 30, 42. DOI: [10.3321/j.issn:1673-5021.1998.06.007](https://doi.org/10.3321/j.issn:1673-5021.1998.06.007).
- [2] 宋淑明, 聂朝相. Mirabel(迈瑞伯)百脉根引种及生产性能的动态研究[J]. 草业科学, 1995, 12(3): 66.
- [3] 丁玉川, 俞小秋. 百脉根的综合利用[J]. 植物杂志, 1998(2): 6.
- [4] 多立安, 赵树兰. 几种豆科牧草混播初期生长互作效应的研究[J]. 草业学报, 2001, 10(4): 72.
- [5] 崔亚飞. 百脉根早熟品种特征特性的研究及再生体系建立[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [6] 杨忠志, 刘法涛, 张清斌, 等. 百脉根栽培技术及开发前景[J]. 草食家畜, 2000(1): 41.
- [7] 奎嘉祥, 钟声, 匡崇义. 云南牧草品种与资源[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003.
- [8] 张鹤关, 匡崇义, 陈功. 云南引进帝国百脉根的研究[J]. 四川草原, 2004(12): 9. DOI: [10.3969/j.issn.1673-8403.2004.12.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-8403.2004.12.004).
- [9] 徐桂芬, 崔茂盛, 匡崇义, 等. 云南野生优良豆科牧草百脉根的开发利用[J]. 牧草与饲料, 2012, 6(1): 10.
- [10] 王学奎. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [11] 孙群, 胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006.
- [12] 崔亚飞, 曹致中, 马乐元. 百脉根单株产量主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44(4): 103. DOI: [10.3109/00016489.2011.581695](https://doi.org/10.3109/00016489.2011.581695).
- [13] 朱政, 蒋家月, 江昌俊, 等. 低温胁迫对茶树叶片SOD、可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(1): 24.
- [14] 宋丽梅, 代微然, 任健, 等. 干旱胁迫及复水处理对百脉根叶片丙二醛含量及抗氧化酶活性的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2014, 29(1): 37. DOI: [10.3969/j.issn.1004-390X\(n\).2014.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-390X(n).2014.01.008).