

湖南坡耕地皇竹草 + 黑麦草周年供青模式研究

邢虎成^{1,2}, 张跃乾¹, 揭雨成^{1,2*}, 张英¹

(1. 湖南农业大学芷麻研究所, 湖南长沙 410128; 2. 湖南省种质资源创新与资源利用重点实验室, 湖南长沙 410128)

摘要 [目的]以红壤坡耕地为研究对象,探讨玉米/皇竹草+黑麦草周年供青模式。[方法]分别测定皇竹草+黑麦草、玉米+黑麦草2种周年供青方式的草产量及其营养成分,并对皇竹草的青贮技术及越冬留种技术进行了探讨。[结果]皇竹草+黑麦草的周年供青方式能更好满足6~11月的青饲料和早春部分黑麦草饲料的供应,结合青贮试验,其营养品质和供青时期都优于传统的玉米+黑麦草的周年供青方式。因此,对于坡耕地养殖户而言,种植产量高、易管理、品种好、多年生的皇竹草,套种黑麦草可能是更好的选择。皇竹草采用塑料袋青贮法,技术简单且易于操作适合普通农户少量青贮牧草。皇竹草地膜覆盖法留种较其他留种方法更经济可行,皇竹草的种苑覆盖黄土越冬与其他方法相比更简单易行。[结论]该研究结果可为湖南坡耕地牧草周年高效供青生产模式的建立提供依据。

关键词 南方坡耕地;皇竹草;黑麦草;周年供应;留种

中图分类号 S54 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)24-098-04

Research on the Annual Forage Supply of *Pennisetum sinense* and *Lolium perenne* Interplanting in Hunan Slope Farmland

XING Hu-cheng^{1,2}, ZHANG Yue-qian¹, JIE Yu-cheng^{1,2*} et al (1. Institute of Ramie, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 2. Hunan Provincial Key Laboratory of Crop Germplasm Innovation and Utilization, Changsha, Hunan 410128)

Abstract [Objective] The aim was to discuss maize/*Pennisetum sinense* + *Lolium perenne* annual forage supply mode with red soil slope farmland as study object. [Method] The grass yield and nutrient components of two annual forage supply modes *P. sinense* + *L. perenne* and maize + *L. perenne* were determined respectively, silage technology of *P. sinense* and overwintering seed propagation technology was explored. [Result] The results showed that the mode of year round forage supply of *P. sinense* + *L. perenne* is better than the traditional mode of year round forage supply of corn + ryegrass. *P. sinense* + *L. perenne* interplanting mode could produce better green forage from Jun. to Nov. and early spring. *P. sinense* adopted plastic bag silage, which is simple and easy to operate, and it suits for common farmers to silage a few forage. The seed propagation of *P. sinense* control method with plastics film covering is more economic and feasible than other methods. Seed root of *P. sinense* covered loess to overwintering is more simple than other methods. [Conclusion] The study provides basis for establishment of high efficient annual forage supply mode in Hunan slope farmland.

Key words Southern slope farmland; *Pennisetum sinense* Roxb; *Lolium perenne* L.; Annual forage supply; Seed propagation

南方地区有全国约50%的坡耕地,面积约0.107亿hm²,是南方水土流失最严重的地类^[1-2]。植物覆盖可以有效减少水土流失,但是目前尚未形成统一的种植标准。在目前我国粮饲结构调整中,明确提出:“加快发展草牧业,支持青贮玉米和苜蓿等饲草料种植,开展粮改饲和种养结合模式试点,促进粮食、经济作物、饲草料三元种植结构协调发展。”因此,探索南方坡耕地牧草周年供应对坡地水土保持及农业结构调整都具有重要意义。

南方牧草周年供应对于解决南方夏季牧草过剩、冬季牧草缺乏,满足草食家畜在南方饲养量的不断扩大的需求,减轻天然草场的压力,节省土地资源具有重要作用^[3-4]。近年来,已有部分科研人员对南方农区牧草周年供应进行了研究。李雄等^[5]通过对湖南农区牧草单种、间种、套种7种栽培模式的比较,发现桂牧一号+红薯/黑麦草(泰德)为湖南农区最合适的栽培模式。周佳清等^[6]研究表明在贵州毕节地区坡耕地种植多年生的鸭茅、黑麦草,既为畜牧业生产提供丰富优质的饲草饲料资源,实现种植业与畜牧业的有机结合,又涵养水分,防止水土流失。笔者以湖南省桃源县一字

山的红壤坡耕地为研究对象,以玉米或皇竹草+黑麦草为周年供青模式,并对皇竹草进行初步的青贮和留种研究,以期作为湖南坡耕地牧草周年高效供青生产模式的建立提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地点在湖南省桃源县一字山,位于28°24'30"~29°24'13" N,110°50'36"~111°36'32" E,海拔40~1064.2 m,年平均气温为16.5℃,年降水量1447.9 mm。土壤为红壤,试验地为15°以上的坡地,受东南季风的影响,该区高温多雨,矿物风化和土壤淋溶作用强烈,土壤大多呈酸性反应,阳离子交换量低,肥力供肥性能差,土壤自然肥力不高。此外,由于长期不合理的开发利用,水土流失严重,特别是农业生态系统中养分循环与平衡的失调,加剧了土壤尤其是旱地的养分贫瘠化及肥力衰减过程^[7]。

1.2 试验材料 试验材料为玉米(临奥1号)、皇竹草、一年生黑麦草。

1.3 试验设计 试验设计玉米+黑麦草与皇竹草+黑麦草2种牧草种植模式。第1年6月中下旬种植皇竹草和玉米,皇竹草在8月中旬刈割第1茬,9月下旬刈割第2茬;玉米于8月中旬盛花期取样,测定生物量最大时的产量,9月下旬测定秸秆产量并对玉米测产。当年10月分别在玉米地、皇竹草地种植冷季型草种黑麦草“百盛”,次年3月中旬开始刈割直到6月中旬,形成周年供青模式。试验采用单因素随机区组设计,小区面积4.00 m²(2.0 m×2.0 m),3次重复。黑麦草每次刈割后施尿素225 kg/hm²。测定株高、茎叶比、分蘖数、叶片数、茎节数、产量、鲜草含水量以及吸附水、粗蛋白、

基金项目 国家科技支撑计划项目(2012BAD20B05-04);国家农作物种质资源平台饲草与饲纤维用种质资源子平台项目(2012-070)。

作者简介 邢虎成(1978-),男,内蒙古包头人,副教授,博士,从事草类植物种质资源与遗传育种研究。*通讯作者,教授,博士,博士生导师,从事草类植物种质资源与遗传育种、逆境生物学和农业灾害防控。

收稿日期 2016-06-30

粗纤维、粗脂肪、粗灰分、无氮浸出物(NFE)的含量。

同时,对皇竹草进行青贮试验,采用塑料袋青贮法和青贮池青贮法2种方法。在11月中旬进行青贮,12月中旬进行测定。3次重复。测定pH、颜色和气味。

此外,对皇竹草种茎、种茛的越冬方法进行研究。对种茛设黄土覆盖处理、黄土覆盖种茛并以750 kg/hm²复合肥(氮:磷:钾为1:1:1)的施肥标准对小区进行施肥、覆盖黄土并覆盖地膜3个处理,以不做任何处理的小区为对照,每小区面积8 m²,3次重复。对皇竹草种苗设田间地膜覆盖处理(将整株草种成捆成行直接放置田间,浇灌适量的水,先用稻草覆盖后,再用农膜将草种植株一起覆盖好)、室内地膜覆盖处理(将整株草种成捆成行放置于室内,浇灌适量的水,先用稻草覆盖后,再用农膜将草种植株一起覆盖好)、田间黄土盖住皇竹草的种茎3个处理,以不做任何处理为对照,每小区面积8 m²,3次重复。统计皇竹草不同留种方法的成活率。

2 结果与分析

2.1 农艺性状 玉米和皇竹草都选在6月中下旬种植,8月中旬对皇竹草和玉米进行第1次刈割。由表1可知,8月16日第1次刈割时,玉米的茎叶比(2.18)显著大于皇竹草的茎叶比(0.96),说明皇竹草的叶量大于其茎秆量。9月22日第

2次刈割时,玉米的茎叶比(2.53)显著大于皇竹草再生草的茎叶比(0.71)。从茎叶比来看,皇竹草的茎叶比显著小于玉米,因此皇竹草属于大叶量型牧草。从小区平均叶片数来看,皇竹草的小区平均叶片数远远大于玉米,达到691~707片,而玉米的小区平均叶片数只有109~210片。皇竹草生长速度较快,从播种到第1次刈割(8月16日),株高可达197 cm,显著大于玉米的株高。第1次刈割后,其再生草能力也较强,分蘖株数显著增加,生长36 d后的株高可达89 cm,且皇竹草的茎节数也显著低于玉米。玉米的生长速度低于皇竹草,且玉米刈割后很难再形成再生草。因此,对皇竹草应该适时刈割,可以大大提高产量,避免资源浪费;与玉米相比,皇竹草更适于牧草栽培。10月,在玉米和皇竹草的小区撒播黑麦草,次年3月中旬开始刈割,当玉米小区的黑麦草株高为48 cm时,皇竹草小区的黑麦草株高为66.8 cm,显著高于玉米小区的黑麦草。但是,皇竹草小区黑麦草的盖度极显著低于玉米小区,说明在皇竹草小区的黑麦草生长稀疏,分蘖和叶片数也少于玉米小区。皇竹草小区黑麦草的茎叶比显著大于玉米小区,黑麦草在种植一年玉米的小区生长得较好。

表1 玉米和皇竹草套种黑麦草的农艺性状分析

Table 1 Analysis on the agronomic traits of corn and *P. sinense* interplanting ryegrass

处理 Treatment	刈割时间 Cutting time	玉米/皇竹草 Maize/ <i>P. sinense</i>					黑麦草 <i>L. perenne</i>		
		茎叶比 Stem-leaf ratio	株高 Plant height cm	分蘖数 Tiller number 株	小区叶片数 Plot leaf number//片	茎节数 Stem nodes 个	株高 Plant height cm	盖度 Cover degree %	茎叶比 Stem-leaf ratio
玉米+黑麦草 Maize + <i>L. perenne</i>	08-16	2.18aA	156bB	—	210bB	9abAB	48.3	60**	2.33
皇竹草+黑麦草 <i>P. sinense</i> + <i>L. perenne</i>	08-16	0.96bB	197aA	9	691aA	5bB	66.8*	32	2.78*
	09-22	0.71bB	89cC	23**	707aA	4bB			

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$);*表示与玉米+黑麦草处理存在显著差异($P < 0.05$),**表示与玉米+黑麦草处理存在极显著差异($P < 0.01$)。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference ($P < 0.05$), different capital letters stand for extremely significant difference ($P < 0.01$). * stands for significant difference with maize + ryegrass ($P < 0.05$), ** stands for extremely significant difference with maize + ryegrass ($P < 0.01$).

2.2 产量 由表2可知,坡耕地当年新栽皇竹草的年产量为7453.05 kg/hm²,而玉米在8月16日(开花期)刈割后整株用作饲草,秸秆产量为4290 kg/hm²,在9月22日(成熟期)刈割,秸秆与籽粒总产量为5883.45 kg/hm²。方差分析

表明,皇竹草的产量极显著高于玉米产量。套种黑麦草后,玉米小区黑麦草的理论鲜重达到43215 kg/hm²,极显著高于皇竹草小区黑麦草的理论鲜重(21120 kg/hm²)。

表2 玉米和皇竹草套种黑麦草的产量分析

Table 2 Analysis on the yields of corn and *P. sinense* interplanting ryegrass

处理 Treatment	刈割时间 Cutting time	玉米秸秆/皇竹草 Maize straw / <i>P. sinense</i>				玉米籽粒	玉米/皇竹	黑麦草的理
		小区鲜重 Plot fresh weight//kg	小区干重 Plot dry weight //kg	理论鲜重 Theoretical fresh weight kg/hm ²	理论干重 Theoretical dry weight kg/hm ²	理论产量 Theoretical yield of maize grain//kg/hm ²	草的理论产量 Theoretical yield of maize or <i>P. sinense</i> //kg/hm ²	论鲜重 Theoretical fresh weight of <i>L. perenne</i> //kg/hm ²
玉米+黑麦草 Maize + <i>L. perenne</i>	08-16	5.39bB	1.71bA	13500.0bB	4290.0bB	—	4290.00cC	43215
皇竹草+黑麦草 <i>P. sinense</i> + <i>L. perenne</i>	08-16	12.07aA	2.29aA	39294.6aA	7453.1aA	—	7453.05aA	21120
	09-22	3.64bcB	0.69cB					

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$);*表示与玉米+黑麦草处理存在显著差异($P < 0.05$),**表示与玉米+黑麦草处理存在极显著差异($P < 0.01$)。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference ($P < 0.05$), different capital letters stand for extremely significant difference ($P < 0.01$). * stands for significant difference with maize + ryegrass ($P < 0.05$), ** stands for extremely significant difference with maize + ryegrass ($P < 0.01$).

2.3 营养成分 由表3可知,不同时期刈割的皇竹草鲜草含水量并无明显差异,均在81%左右,而玉米随着时间的推移,鲜草含水量显著降低。皇竹草的蛋白质、粗灰分和粗脂肪含量都高于玉米秸秆。不同批次刈割的皇竹草蛋白质含量存在差异,但显著高于玉米秸秆。因此,皇竹草比玉米秸秆更适合作为家畜饲养的粗饲料。

2.4 皇竹草的青贮品质 青贮窖青贮法对青贮窖的要求较

高且需要定期观测,室外青贮窖需要注意排水,保证封闭良好,操作比较麻烦,成功率相对较低。塑料袋青贮法操作简便,成功率高,且成本较低。由表4可知,塑料袋青贮的效果好于青贮窖,无论是青贮后的颜色、气味还是pH都好于青贮窖法。皇竹草青贮可以满足冬春季饲养青饲料的供应,满足周年供青的需求。

表3 玉米和皇竹草的营养成分分析

Table 3 Analysis on the nutrient components of corn and *P. sinense*

处理 Treatment	刈割时间 Cutting time	鲜草含水量 Fresh grass water content %	玉米秸秆/皇竹草 Maize straw / <i>P. sinense</i>					
			蛋白质 Protein content %	粗纤维 Crude fiber %	粗脂肪 Crude fat %	粗灰分 Crude ash %	吸附水 Adsorption water // %	无氮浸出物 Nitrogen free extract // %
玉米(+黑麦草)	08-16	80.89aA	8.30cC	37.30abA	3.71bB	7.11bB	9.50bB	34.08aA
Maize(+ <i>L. perenne</i>)	09-22	46.49bB	5.87dD	35.50abA	3.62bB	5.11cC	11.67aA	5.87dC
皇竹草(+黑麦草)	08-16	81.53aA	11.51aA	39.59aA	4.11bAB	7.41bB	9.52bB	27.86cB
<i>P. sinense</i> (+ <i>L. perenne</i>)	09-22	81.10aA	10.21bB	31.61bA	5.29aA	9.53aA	11.50aA	31.86bA

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference ($P < 0.05$), different capital letters stand for extremely significant difference ($P < 0.01$).

表4 皇竹草青贮品质的比较

Table 4 Comparison on quality of *P. sinense* by different silage methods

青贮方法 Silage method	颜色(评分) Color(scoring)	气味(评分) Smell(scoring)	pH(评分) pH(scoring)	总分 Total score	等级 Grade
塑料袋法 Plastic bag method	黄绿(2)	水果弱酸味(3)	4.6(2)	7	1
青贮窖法 Silo method	暗褐(1)	有刺鼻酸味(1)	5.3(1)	3	3

2.5 皇竹草留种成活率 皇竹草在湖南生长良好,但是其种莖越冬和种莖保存一直制约其推广。对皇竹草种莖和种莖进行了不同保护方法试验,以期找到合适的越冬保护措施和种莖保护方式。由表5可知,对于田间种莖,采用覆盖黄土+覆盖地膜的处理越冬成活率可以达到94%,覆盖黄土并施肥处理的越冬成活率达到86%,仅覆盖黄土处理的越冬成活率也达到82%,而对照的越冬成活率仅仅只有6%。考虑

到经济成本和投入,仅覆盖黄土处理的投入少,效果好,是湖南坡耕地皇竹草种莖田间越冬处理的最优办法。对种莖也进行了越冬覆盖处理,结果发现在田间直接将整株草种成捆成行直接放置,浇灌适量的水,先用稻草覆盖后,再用农膜将草种植株一起覆盖的成活率最高(42%),其他处理和对照。田间直接覆膜法操作简单,种莖成活率相对较高,适宜进一步推广。

表5 皇竹草不同留种方法的越冬成活率调查

Table 5 Investigation on overwintering survival rate of different methods of seed propagation in *P. sinense*

留种方法 Seed propagation method	处理 Treatment	成活数 Survival number 莖	总莖数 Total number // 莖	成活率 Survival rate // %
种莖 Seed root	覆盖黄土	41	50	82bB
	覆盖黄土+施肥	43	50	86bAB
	覆盖黄土+覆盖地膜	47	50	94aA
	对照(CK)	3	50	6cC
种莖 Seed stem	田间直接覆盖黄土法	6	50	12cC
	田间直接覆盖地膜法	21	50	42aA
	室内覆盖地膜法	10	50	20bB
	对照(CK)	0	50	0dD

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference ($P < 0.05$), different capital letters stand for extremely significant difference ($P < 0.01$).

3 讨论

皇竹草由美洲狼尾草和象草杂交育成,叶片宽大,叶多莖少,植株高大,鲜草产量高,根系发达,抗逆性强。因其产量高、品质优、消化率高而被列饲用牧草之首^[8]。詹宽文等^[9]利用皇竹草青贮料作为能繁母牛、育肥牛的主要青粗饲

料,发现皇竹草和抽穗期玉米秸秆青贮料饲养能繁母牛对其受胎率无明显影响,对育肥肉牛生长速度无明显影响。将传统种植玉米供青与种植皇竹草的方式进行比较发现,发现皇竹草的鲜草产量远远高于玉米的鲜草产出量,且皇竹草是多年生牧草,一年可以多次刈割,如果皇竹草能安全越冬,则次

年6~11月都可以进行刈割。孙麇等^[8]2010~2011年对南方3种暖季型牧草品种的比较发现皇竹草在4月中旬种植,6月中旬开始刈割,11月中旬停止刈割,年刈割6次,年产量也达到158 100 kg/hm²,远高于该试验中皇竹草的产量。这是因为该试验种植期推迟2个月,又没有及时刈割,仅刈割2次,造成产量偏低。如果按照正常皇竹草的管理方式,其供青次数和鲜草产量都是远大于玉米的。因此,皇竹草用于坡耕地供青更合理,能够更好地满足南方养殖业6~11月对鲜草的需求。同时,皇竹草易于加工和青贮,种茺经过适当保护可以越冬,是山区解决肉牛产业发展中青粗饲料来源的有效途径,适宜在坡耕地推广应用。

皇竹草田套种黑麦草的效果较差。本试验中玉米收获后种植黑麦草出苗整齐,生长情况良好,而皇竹草田种植黑麦草后出苗率低,盖度低,因此产量也远低于玉米田套种的黑麦草。此外,如果皇竹草选择在田间保茺越冬,种茺需要覆盖,黑麦草也仅能在皇竹草陇间种植,则产量就更低。因此,若要满足早春供青,最好在玉米田里套种黑麦草。

综上所述,皇竹草-黑麦草套种模式可以更好地满足6~11月的青饲料和早春部分黑麦草饲料的供应。对于坡耕地养殖户而言,种植产量高、易管理、多年生的皇竹草可能是更好的选择。

该试验结果表明,皇竹草种茺和种茎在不做任何处理的情况下,成活率很低。种茺采用田间黄土直接覆盖法,操作简便,成本低,且成活率达到80%以上,可以满足人们留种的需要,适合推广。种茎在不经任何保护措施的情况下难以成功越冬,在田间刈割去叶后直接在田间用地膜覆盖操作简

单,成活率相对较高,达到42%,能满足一般留种需要,相对田间直接覆盖黄土法、室内覆盖地膜法操作简单成本适中,成活率高,更适合利用推广。

4 结论

该试验结果表明皇竹草+黑麦草的周年供青方式能更好满足6~11月的青饲料和早春部分黑麦草饲料的供应,结合青贮,其营养品质和供青时期都优于传统的玉米+黑麦草的周年供青方式。因此,对于坡耕地养殖户而言,种植产量高、易管理、品种好、多年生的皇竹草,套种黑麦草可能是更好的选择。皇竹草采用塑料袋青贮法,技术简单且易于操作,适合普通农户少量青贮牧草。皇竹草地膜覆盖法留种较其他几种方法留种更经济可行,皇竹草的种茺覆盖黄土越冬相比其他方法更简单易行。

参考文献

- [1] 胡建忠,李蓉,夏静芳,等. 振兴苕麻产业:加快南方坡耕地水土流失治理步伐[J]. 中国水土保持科学,2008,6(6):67-69.
- [2] 梁音,张斌. 南方红壤区水土流失动态演变趋势分析[J]. 土壤,2009,41(4):534-539.
- [3] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [4] 任继周,林惠龙. 发展草地农业确保中国粮食安全[J]. 中国畜牧业通讯,2004,40(3):614-621.
- [5] 李雄,李科云. 湖南农区牧草周年高效供青生产模式的研究[J]. 湖南畜牧兽医,2007(4):33.
- [6] 周佳清,钟米霞. 贵州毕节地区农区坡耕地推行旱地土坎种草养畜的思考[J]. 四川畜牧兽医,2007(9):13,15.
- [7] 孙波,张桃林. 南方红壤丘陵区土壤养分贫瘠化的综合评价[J]. 土壤,1995(3):119-128.
- [8] 孙麇,邓荟芬,李彩军,等. 南方三种暖季型牧草品种的比较研究[J]. 家畜生态学报,2013,34(2):58-60.
- [9] 詹宽文,唐书辉,汪庆松,等. 皇竹草与玉米秸秆青贮料喂肉牛的对比较试验[J]. 贵州畜牧兽医,2014,38(5):9-11.

(上接第65页)

有害气体对环境造成污染。利用废茶叶提取的茶多酚作

为一种重金属沉淀剂处理铜离子,剩下的重金属离子再利用活性炭吸附,可能会大大降低重金属对环境的污染。

表4 活性炭对铜离子的吸附能力

Table 4 Adsorption of activated carbon to copper ion

序号 Code	铜离子原始浓度 Original concentration of copper ion × 10 ⁻⁶ g/mL	吸光度 Absorbance	空白 Blank	扣除空白 Excluding blank	剩余铜离子浓度 Concentration of residual copper ion × 10 ⁻⁶ g/mL	被吸附的铜离子浓度 Precipitated copper ion concentration × 10 ⁻⁶ g/mL
II-1-1	8	0.395	0.078	0.317	3.81	4.19
II-1-2	8	0.390	0.078	0.312	3.75	4.25
II-1-3	8	0.396	0.078	0.318	3.82	4.18

参考文献

- [1] 杨荣芳,赵先进. 贵州省水资源综合规划回顾与思考[J]. 人民长江,2011,42(18):22-25.
- [2] 黄法苏. 贵州省水资源现状、问题及对策[J]. 贵州水利发电,2007(6):5.
- [3] 葛俊森,梁渠. 水中重金属危害现状及处理方法[J]. 广州化工,2007,35(5):69-70.
- [4] 张永航,杜莹,付海,等. 贵州织金县煤矿区土壤重金属污染及评价[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2011,29(1):21-23.
- [5] 向华,于晓英. 铜污染对水体水生植物的毒害效应研究进展[J]. 湖南农业科学,2011(11):54-56.

- [6] 于明革,陈英旭. 茶废弃物对溶液中重金属的生物吸附研究进展[J]. 应用生态学报,2010,21(2):505-513.
- [7] 杨中民,杨春芬,王光灿,等. 市售绿茶自水溶液中对Au(III)的吸附和解吸附[J]. 离子交换与吸附,1998,14(5):440-444.
- [8] 陈龙武,成俊杰,甘礼华,等. 茶多酚锌盐热分解法制取氧化锌纳米粉[J]. 同济大学学报(自然科学版),2002,30(3):375-378.
- [9] 赵保路. 茶多酚的抗氧化作用[J]. 科学通报,2002,47(16):1206-1210.
- [10] 林智. 茶叶的保健作用及其机理[J]. 中国食物与营养,2003(4):49-52.
- [11] 胡波,郭胡洋,张艳丽,等. 茶叶功能性成分研究现状及应用[J]. 食品科学,2015(22):286-288.