

海南山栏稻稻米品质分析及优异资源筛选

杨国峰¹, 黄春燕², 王波², 钟兆飞³, 严小微⁴, 唐清杰⁴

(¹海南师范大学生命科学学院, 海口 571158; ²海南省琼中县农业技术推广服务中心, 琼中 572900;

³海南省种子站, 海口 571100; ⁴海南省农业科学院粮食作物研究所, 海口 571100)

摘要:海南山栏稻是一类地方特有旱稻, 是海南中部山区少数民族赖以生存的粮食作物, 已深深植根于黎苗文化之中。本研究检测了 17 个海南山栏稻品种的稻米品质, 并对品质性状进行了差异性和相关性分析, 对供测品种进行了聚类分析。结果表明, 大部分山栏稻米的糊化温度较低, 属于中、软胶稠度和低直链淀粉含量稻米, 蒸煮和食味品质较好。17 个海南山栏稻品种被初步分成 2 类, 其中 2 个品种被鉴定为优质糯米, 而且发现了独特的黑尾山栏稻, 其稻米加工品质、外观品质和食味品质较好。本研究为海南山栏稻品种改良和育种利用提供了参考。

关键词:海南; 山栏稻; 品质性状; 分析; 筛选

Quality Analysis and Resource Screening of Shanlan Upland Rice in Hainan

YANG Guo-feng¹, HUANG Chun-yan², WANG Bo², ZHONG Zhao-fei³, YAN Xiao-wei⁴, TANG Qing-jie⁴

(¹School of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158; ²Agricultural Technology Extension and Service Center of

Qiongzong County, Qiongzong 572900; ³Seed Station of Hainan Province, Haikou 571100;

⁴Cereal Crops Institute, Hainan Academy of Agricultural Sciences, Haikou 571100)

Abstract: As a class of endemic upland rice and the favorable food crop of Li and Miao minority people, the upland rice in Hainan was important with economic, social and ecological values. Rice quality traits of 17 Shanlan rice varieties were detected, and difference analysis and correlation analysis and cluster analysis were carried out. The results showed that gelatinization temperature and amylose content of most Shanlan rice varieties were low, which belong to medium gel consistency. The quality of cooking and taste were good. 17 Shanlan rice varieties were divided into 2 categories initially, thereinto 2 varieties were identified as high-quality glutinous rice. Preferable rice quality was found in one unique variety of black grain husk. The results provided reference for variety improvement and breeding utilization of Shanlan upland rice.

Key words: Hainan province; Shanlan rice; rice quality; analysis; screening

海南山栏稻是黎族和苗族先民在长期的农业实践中筛选出来的适宜海南干旱地区种植的特有稻种资源^[1-3], 多种植在海南岛中部山区的坡地上, 抗旱性较强^[4-6]。山栏稻以其原始的耕种方式“刀耕火种”著称, 因“砍山栏”而得名^[7], 是海南中部山区少

数民族长期赖以生存的粮食作物, 山栏饭色美味香, 山栏酒芬芳醇厚, 深受当地群众喜爱^[8-9]。

近年来, 海南山栏米和山栏酒的销售量逐年提高, 山栏稻农事活动、山栏饭和山栏酒等也已植根于黎苗少数民族文化之中, 已经成为当地发展乡村民

收稿日期: 2016-03-22 修回日期: 2016-05-16 网络出版日期: 2016-12-14

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20161214.0859.002.html>

基金项目: 海南省应用技术研发与示范推广专项(ZDXM2015037); 海南省省属科研院所技术开发研究专项(KYYS-2015-11); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-01-73)

第一作者主要从事热带作物遗传育种研究。E-mail: 435017606@qq.com

通信作者: 唐清杰, 主要从事热带禾谷类作物资源研究与应用。E-mail: flyingfoxtqj@163.com

俗旅游的重要支柱和农民脱贫致富的重要收入来源^[10-12]。但是,关于山栏稻稻米品质的研究却鲜见报道。本研究拟通过对 17 个海南山栏稻品种的稻米品质进行较全面的测定和分析,探讨各品质性状的差异性和遗传相关性,并对这些品种进行聚类分析,以期为优良山栏稻品种的进一步选育提供依据,促进山栏稻种植和推广。

1 材料与方法

1.1 材料

以海南省 2014-2015 年种植的 17 个山栏稻品种稻谷和稻米为材料进行品质性状分析。供试的 17 个山栏稻品种来自于海南省中部 4 个县(市)7 个乡镇,品种来源及主要特征见表 1。

表 1 海南山栏稻来源及特征

Table 1 Source and Phenotypic trait of Shanlan upland rice in Hainan

编号 Number	品种名称 Variety names	特性 Phenotypic trait	来源地 Source
1	黑芒	偏籼	琼中县上安乡
2	乌丝	偏籼	琼中县上安乡
3	黄壳红	粳稻	琼中县什运乡
4	黑尾	偏籼	琼中县上安乡
5	排香	粳稻	琼中县上安乡
6	红芒	偏籼	琼中县什运乡
7	无芒乌丝	偏籼	琼中县上安乡
8	蜂仔	粳稻	琼中县营根镇
9	红尾	粳稻	琼中县营根镇
10	白芒	粳稻	琼中县湾岭镇
11	红芒	粳稻	琼中县湾岭镇
12	香米	粳稻	五指山市水满乡
13	黑毛	粳稻	白沙县青松乡
14	红米	偏籼	白沙县青松乡
15	黑壳红	粳稻	白沙县青松乡
16	山栏糯	粳稻	乐东县抱由镇
17	山栏陆	粳稻	乐东县抱由镇

1.2 方法

收获后,将稻谷晒干,在阴凉干燥处放置 3 个月后再进行品质性状检测。

1.2.1 品质性状检测方法 委托农业部食品质量监督检验测试中心(武汉)进行品质性状检测。

糙米率、精米率、透明度和碱消值 4 个品质性状的检测方法依据为 NY/T 83 - 1988,整精米率的检测方法依据为 GB/T 21719 - 2008,粒长、粒型(长宽比)、垩白粒率、垩白度、胶稠度、色泽气味和等级 7 个品质性状的检测方法依据为 GB/T 17891 - 1999,直链淀粉(干基)含量的检测方法依据为 GB/T 15683 - 2008,粗蛋白质含量的检测方法依据为 GB 5009.5 - 2010,含水量的检测方法依据为 GB/T 5497 - 1985。

1.2.2 检测数据的统计与分析方法 利用 IBM SPSS Statistics 19.0 软件对品质性状进行差异性和相关性分析,对供测品种进行聚类分析。聚类方法为组间联接法(between-groups linkage),以平方欧式距离(squared Euclidean distance)为类间距离度量标准。

2 结果与分析

2.1 品质性状的差异性分析

在供测的 17 个山栏稻品种中,来自琼中县的排香、蜂仔、白芒、红芒(琼中湾岭),来自五指山市的香米以及来自乐东县的山栏糯和山栏陆等 7 个品种为糯稻,其中白芒和红芒(琼中湾岭)2 个品种被鉴定为优质糯稻(直链淀粉(干基) < 2.0%)。通过色泽、气味检测,所有供测品种的色泽均为正常,其中来自白沙县的黑毛被鉴定为香米(食味品质 > 70 分)。各供测品种的品质性状检测结果见表 2。

2.1.1 糙米率、精米率和整精米率差异性分析 由于目前海南山栏稻资源较为稀少,试验开展时只收集到 14 个品种的稻谷,其他 3 个品种为米,14 个品种分别为来自琼中县的黑芒、乌丝、黄壳红、黑尾、排香、红芒(琼中什运)、白芒、红芒(琼中湾岭),五指山市的香米,白沙县的黑毛、红米、黑壳红,乐东县的山栏糯、山栏陆,其糙米率、精米率、整精米率差异性分析结果见表 3。糙米率和精米率的变异系数较小,均值分别为 81.00% 和 71.74%,除红芒(琼中湾岭)和黑毛 2 个品种外,其他品种的糙米率均高于一级籼稻谷的指标数值($\geq 79.0\%$)。整精米率的均值为 54.30%,变异系数大,品种间差异明显。其中,黑芒、香米、黑毛、山栏糯和山栏陆 5 个品种的整精米率分别为 53.0%、44.9%、44.3%、11.0% 和 22.0%。其他 9 个品种为 59.3% ~ 71.2%,均高于一级籼稻谷的指标数值($\geq 56.0\%$)。除少数品种外,大部分供测山栏稻稻谷的碾磨品质较好,可食用部分较大,经济价值较高。

表 2 17 个山栏稻品种的米质检测

Table 2 Rice quality detection of 17 Shanlan rice varieties

编号 Number	品种名称 (来源地) Name (Source)	糙米率 (%) Brown rice rate	精米率 (%) Milled rice rate	整精米率 (%) Head rice rate	粒长 (mm) Grain length	粒型 (长宽比) Length-width ratio	垩白粒率 (%) Chalkiness rate	垩白度 (%) Chalkiness ratio	透明度 (级) Transparency	碱消值 (级) Digestion value	胶稠度 (mm) Gel consistency	直链淀粉含量 (干基, %) Amylose content	粗蛋白含量 (%) Grain crude protein	含水量 (%) Moisture content	色泽、气味 Color and odour	等级 Level
1	黑芒	79.8	70.5	53.0	6.8	2.7	76	11.0	2	6.3	58	16.1	5.66	13.0	正常	
2	乌丝	83.0	74.0	71.2	6.8	2.7	69	11.5	2	6.2	68	15.4	5.59	13.7	正常	
3	黄壳红	81.0	70.8	63.5	6.2	2.2	95	22.5	3	6.5	50	13.8	8.10	13.7	正常	
4	黑尾	81.9	73.5	68.2	6.3	2.6	11	2.1	1	6.7	92	12.6	7.36	13.4	正常	
5	排香	81.9	74.3	59.3	5.8	2.3	—	—	—	6.2	100	1.4	6.89	12.9	正常	
6	红芒(琼中什运)	84.1	74.6	61.8	6.6	2.6	85	18.8	3	6.2	48	14.2	8.11	11.9	正常	
7	无芒乌丝	—	—	—	6.7	2.9	47	11.3	1	6.0	50	16.2	7.43	12.7	正常	
8	蜂仔	—	—	—	6.0	2.4	—	—	—	6.3	100	1.6	6.22	13.0	正常	
9	红尾	—	—	—	6.3	2.3	80	20.0	3	6.2	40	13.6	6.97	13.5	正常	优质糯米
10	白芒	81.3	74.6	61.4	6.0	2.3	—	—	—	6.0	100	1.4	7.09	13.1	正常	优质糯米
11	红芒(琼中湾岭)	77.8	69.9	67.4	5.8	2.4	—	—	—	6.2	100	1.4	5.57	13.1	正常	
12	香米	79.1	70.8	44.9	4.7	1.7	—	—	—	6.0	100	1.4	7.24	13.2	正常	
13	黑毛	77.8	73.6	44.3	6.4	2.4	94	23.8	3	6.5	60	14.2	7.04	12.6	正常、香米	
14	红米	82.2	74.0	68.8	6.2	2.1	97	36.8	3	6.2	45	14.2	5.69	13.1	正常	
15	黑壳红	80.4	71.5	63.4	6.2	2.1	99	41.1	4	5.0	40	17.0	6.56	12.5	正常	
16	山栏糯	82.2	66.8	11.0	5.8	2.3	—	—	—	6.2	100	1.4	—	12.6	正常	
17	山栏陆	81.5	65.4	22.0	6.1	2.2	—	—	—	6.0	100	1.6	—	13.5	正常	

表 3 糙米率、精米率和整精米率差异性分析

Table 3 The difference analysis of rown rice rate and milled rice rate

性状 Trait	极小值 Min.	极大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 Variable coefficient
糙米率(%) Brown rice rate	77.80	84.10	81.00	1.86	0.023
精米率(%) Milled rice rate	65.40	74.60	71.74	2.94	0.041
整精米率(%) Head rice rate	11.00	71.20	54.30	18.14	0.334

2.1.2 粒长、粒型、粗蛋白质含量和含水量差异性分析 供测 17 个山栏稻品种的粒长、粒型、粗蛋白质含量、含水量等 4 个品质性状差异性分析结果见表 4。粒长和含水量 2 个性状的变异系数较小,均值

分别为 6.16 mm 和 13.03%。粒型和粗蛋白质含量 2 个性状的变异系数较大,品种间差异较大。除无芒乌丝的粒型测量值为 2.9 外,其他品种的粒型测量值为 1.70~2.70,均低于优质稻谷的指标数值(≥ 2.8)。

表 4 粒长等 4 个品质性状的差异性分析

Table 4 Results of the difference analysis of 4 quality characters

性状 Trait	极小值 Min.	极大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 Variable coefficient
粒长(mm) Grain length	4.70	6.80	6.16	0.50	0.081
粒型(长宽比) Length-width ratio	1.70	2.90	2.365	0.28	0.118
粗蛋白质含量(%) Grain crude protein	5.57	8.11	6.768	0.86	0.127
含水量(%) Moisture content	11.90	13.70	13.03	0.47	0.036

2.1.3 碱消值、胶稠度和直链淀粉含量差异性分析 供测 7 个糯稻品种的碱消值为 6.0~6.3 级(低糊化温度),胶稠度均为 100(属于软胶稠度),直链淀粉含量为 1.4%~1.6%(极低, $< 2\%$),与其他糯稻相似。10 个非糯稻品种的碱消值、胶稠度和直链淀粉含量等 3 个品质性状差异性分析结果见表 5。碱消值和直链淀粉含量 2 个性状的变异系数较小,均值分别为 6.18 和 14.73%。除黑壳红的碱消值为 5.0 级(中糊化温度)外,其他品种的碱消值为 6.0~6.7 级(低糊化温度),糊化温度都在 70 °C 以下,表明非

糯稻山栏米蒸煮时需要的水较少,蒸煮的时间较短。直链淀粉含量为 12.6%~17.0%,均在 10%~20% 范围内,属于低直链淀粉稻米,表明非糯稻山栏米胀性较小,米饭较粘,水多饭软,易于消化。胶稠度性状的变异系数较大,品种间差异较大。黑尾和乌丝 2 个品种的胶稠度测量值分别为 92 和 68(属于软胶稠度),红尾和黑壳红 2 个品种的胶稠度测量值为 40(属于硬胶稠度),剩余品种的胶稠度为 45~60 mm(属于中胶稠度),表明多数非糯稻山栏米的食味较好。

表 5 非糯稻品种的碱消值等 3 个品质性状的差异性分析

Table 5 Results of the difference analysis of 3 quality characters for non-glutinous rice varieties

性状 Trait	极小值 Min.	极大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 Variable coefficient
碱消值(级) Digestion value	5.0	6.7	6.18	0.46	0.075
胶稠度(mm) Gel consistency	40.0	92.0	55.10	15.70	0.285
直链淀粉(干基)含量(%) Amylose content	12.6	17.0	14.73	1.38	0.094

2.1.4 垩白粒率、垩白度和透明度差异性分析 非糯稻品种的垩白粒率、垩白度、透明度差异性分析结果见表 6。3 个品质性状的变异系数均较大,品种间差异明显。其中,黑尾品种的垩白粒率和垩白度分

别为 11.00% 和 2.10%,属于二级优质籼稻谷(指标数值垩白粒率 $\leq 20\%$,垩白度 $\leq 3.0\%$)。而其他品种的垩白粒率和垩白度分别为 47%~99% 和 11.0%~41.1%。黑尾和无芒乌丝 2 个品种的透明

度为1级,黑芒和乌丝2个品种为2级,其他品种为3~4级。结果表明,除个别品种外,绝大部分山栏米的外观品质较差。

2.2 品质性状的相关性分析

10个非糯稻品种的粒长、粒型、碱消值、胶稠

度、直链淀粉含量等5个品质性状的相关性分析结果见表7。粒长与粒型极显著正相关,相关系数为0.872。碱消值与直链淀粉含量显著负相关,相关系数为-0.765,表明直链淀粉含量较低的非糯稻山栏米碱消值较大,糊化温度较低。

表6 垩白粒率、垩白度和透明度差异性分析

Table 6 The difference analysis of chalky grain rate, chalkiness and transparency

性状 Trait	极小值 Min.	极大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 Variable coefficient
垩白粒率(%) Chalkiness rate	11.00	99.00	75.30	27.64	0.367
垩白度(%) Chalkiness ratio	2.10	41.10	19.89	12.01	0.604
透明度(级) Transparency	1.00	4.00	2.50	0.97	0.389

表7 粒长等5个品质性状的相关性分析

Table 7 Results of the correlation analysis of 5 quality characters for non-glutinous rice varieties

性状 Trait	粒长(mm) Grain length	粒型(长宽比) Length-width ratio	碱消值(级) Digestion value	胶稠度(mm) Gel consistency
粒型(长宽比) Length-width ratio	0.872**			
碱消值(级) Digestion value	0.115	0.294		
胶稠度(mm) Gel consistency	0.205	0.461	0.580	
直链淀粉含量(干基,%) Amylose content	0.422	0.170	-0.765*	-0.407

** 在0.01水平(双侧)上显著相关; * 在0.05水平(双侧)上显著相关

** showed significant correlation at 0.01 level(double side), * showed significant correlation at 0.05 level(double side)

2.3 山栏稻品种的聚类分析

根据供测品种的粒长、粒型、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量等5种品种性状表现,利用IBM SPSS Statistics 19.0软件对上述17个山栏稻品种进行聚类分析(图1)。在平方欧式距离为15时,可将17个品种分成2大类;第I类包含排香、山栏糯、红芒(琼中湾岭)、蜂仔、白芒、山栏陆、香米、黑尾8个品种,特征是糊化温度较低,属于软胶稠度,直链淀粉含量多数极低。其中,黑尾品种是此类群中的唯一偏粳品种(其他都为糯稻),其糊化温度低于糯稻,胶稠度接近糯稻,直链淀粉含量较低但明显高于糯稻,且垩白粒率和垩白度较低,透明度较高;第II类包括乌丝、黑毛、黑芒、红芒(琼中什运)、黄壳红、红尾、红米、无芒乌丝、黑壳红9个品种,特征为糊化温度中等或较低,胶稠度变异较大,直链淀粉含量较低。其中,黑壳红品种是此类群中的唯一糊化温度中等品种,属于硬胶稠度,直链淀粉含量是此类群中的最高值,且垩白粒率和垩白度较高,透明度低。

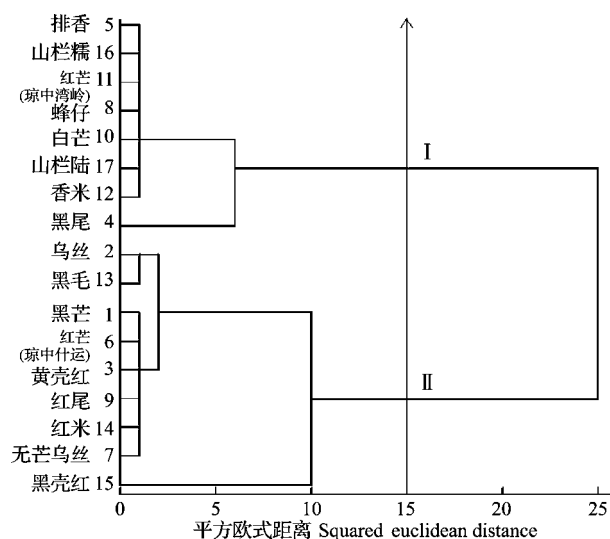


图1 17个山栏稻品种的聚类分析

Fig. 1 The cluster analysis of 17 Shanlan rice varieties

3 讨论

随着生活水平的不断提高,人们对稻米品质的要求也越来越高,特优大米的需求量迅速增加^[13-14]。在

本研究中,大部分供测山栏稻品种的糊化温度较低,属于中、软胶稠度和低直连淀粉稻米,蒸煮和食味品质较好。在供测品种中,白芒和红芒(琼中湾岭)2个品种被鉴定为优质糯米,黑毛被鉴定为香米,说明海南山栏稻众多品种中确有品质优良的种质,可以按酿酒品种和蒸煮食用品种等分别开展进一步深入研究和利用。

垩白粒率、垩白度等外观品质是稻米的重要指标,不仅关系到外观是否美观,还对碾磨品质和食味品质有重要影响^[15]。稻米的垩白粒率和垩白度由遗传基因调控,并受环境条件的影响^[16-18]。在供测的山栏稻品种中,只有黑尾品种的垩白粒率和垩白度达到了2级优质籼稻谷的指标,其他品种的垩白粒率和垩白度均显著高于优质稻谷的指标。在聚类分析中,黑尾品种与第I类的糯稻品种差异明显,稻米品质较为突出,糙米率为81.9%,整精米率为68.2%,垩白粒率为11%,垩白度为2.1%,直链淀粉含量为12.6,胶稠度为92 mm,水分含量为13.4%。据推测,黑尾品种可能是海南山栏稻众多品种中的独特类型,具有较高的推广价值。今后,应充分利用黑尾品种等特异种质资源并辅以现代栽培措施降低海南山栏稻米的垩白粒率和垩白度,提高其外观品质。

参考文献

[1] 孟卫东,王效宁.海南稻种资源的研究与保护[J].热带农业科学,2004,24(4):49-52

- [2] 袁楠楠,魏鑫,薛达元,等.海南黎族聚居区山栏稻的起源演化研究[J].植物遗传资源学报,2013,14(2):202-207
- [3] 叶凡,杨小波,党金玲,等.中国山栏稻的研究进展[J].作物杂志,2008(2):12-15
- [4] 刘维俊,徐立新,何美丹,等.干旱胁迫下山栏稻与栽培水稻品种苗期表型性状及生理差异[J].热带生物学报,2014,5(3):260-264
- [5] 刘欣欣,徐立新,袁潜华.海南山栏稻 HKT2 基因片段的克隆与序列生物信息学分析[J].广东农业科学,2013(9):128-132
- [6] 郑成木,陈辉,黄东益.海南山栏稻农艺特征与抗旱生理特性研究[J].热带作物学报,1997,18(2):85-91
- [7] 李露露.海南黎族的“砍山栏”[J].古今农业,1998(1):1-9
- [8] 麦全法,黄昭奋,陈海坚,等.海南中南部山区农业生物多样性的现状分析及保护对策[J].海南大学学报:自然科学版,2006,24(1):47-54
- [9] 周月光.海南农业生物多样性保护成果获专家好评[N].海南日报,2009-11-9(A01)
- [10] 郭彬,王伟,仝霞,等.海南省品牌农业发展探讨[J].现代农业科技,2014(18):277-278
- [11] 况昌勋,陈志强.白沙打造品牌农业促增收[N].海南日报,2013-1-3(A02)
- [12] 梁红蕾,梁锦红,徐云升.论国际旅游岛背景下的黎族饮食文化开发[J].琼州学院学报,2014,21(3):32-35
- [13] 周华,杨毅,郭向荣,等.海南水稻种业市场特点及水稻育种发展方向[J].杂交水稻,2015,30(2):1-5
- [14] 卜瑞,杨君,马凤华,等.水稻优质米生产的现状与对策[C]//吉林省第八届科学技术学术年会论文集.长春:吉林大学出版社,2014:314-316
- [15] 唐为民.食用稻米的品质及其指标[J].粮食科技与经济,2004(2):43-45
- [16] 杨仁崔,梁康迁,陈青华.稻米垩白直感遗传和杂交稻垩白米遗传分析[J].福建农学院学报,1986,15(1):51-54
- [17] 董明辉,桑大志,王朋,等.水稻穗上不同部位籽粒垩白性状的差异[J].作物学报,2006,32(1):103-111
- [18] Zhong X H, Huang N R. Rice grain chalkiness is negatively correlated with root activity during grain filling[J]. RiceSci, 2005, 2(3):192-196

(上接第39页)

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].一部.北京:中国医药科技出版社,2015:301
- [2] 张根荣.不同产地黄芩中黄芩苷的含量分析[J].中国中医药咨讯,2010,35(2):32-34
- [3] 肖蓉,袁志芳,王春英,等.不同产地黄芩药材 HPLC 指纹图谱的研究[J].中草药,2005,36(5):744-747
- [4] 崔璐,路俊仙,林慧彬,等.我国黄芩资源及生产现状调查研究[J].时珍国医国药,2009,20(9):2279-2280
- [5] 李滨,都晓伟,孙慧峰,等.黄芩栽培质量的动态研究[J].中医药学报,1999(1):45
- [6] 林红梅,王立平,张永刚,等.不同种质黄芩生长动态及药材质量研究[J].吉林农业大学学报,2013,35(5):558-562
- [7] 李树军,陈廷珠,徐国平,等.山西省黄芩蜜源植物分布特点及开花流蜜规律[J].中国蜂业,2014,65(10):30-32
- [8] 付琳,郝建平,刘晓伶,等.10种晋产野生黄芩根中黄芩苷、黄芩素与汉黄芩素含量比较[J].天然产物研究与开发,2015,27(12):2064-2068

- [9] 刘晓伶,郝建平,付琳,等.山西野生黄芩种质资源的 RAPD 分析[J].时珍国医国药,2016,27(1):204-206
- [10] 王雁,闫世明,孙鸿娉,等.20世纪后半叶山西气温和降水变化分析[J].山西气象,2004(4):16-18
- [11] 郝建平,王峰,宋强,等.山西省野葛种质资源分布与植物学性状研究[J].植物遗传资源学报,2016,17(1):39-44
- [12] 李洪雯,刘建军,何健.四川及其周边地区野生草莓资源调查、收集与评价[J].植物遗传资源学报,2012,13(6):946-951
- [13] 刘天魁,岳建英,凌元洁,等.山西植物志[M].四卷.北京:中国科学技术出版社,2004:26-33
- [14] 丁汉凤,王栋,张晓冬.山东省沿海地区农作物种质资源调查与分析[J].植物遗传资源学报,2013,14(3):367-372
- [15] 吴志刚,杨兆春,袁媛,等.不同来源黄芩种子抗旱特征比较[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(18):126-129
- [16] 何春年,彭勇,肖伟,等.黄芩茶的应用历史和研究现状[J].中国现代中药,2011,13(6):3-7
- [17] 刘润堂.山西黄芩种植存在的问题及对策[J].山西农业科学,2012,40(6):642-644