

# 不同生态区对不同品种甜荞和苦荞农艺性状 和品质性状的影响

吴朝昕<sup>1</sup>, 陈庆富<sup>1\*</sup>, 黄娟<sup>1</sup>, 章洁琼<sup>2</sup>, 夏忠敏<sup>3</sup>

(1. 贵州师范大学荞麦产业技术研究中心, 贵阳 550001; 2. 贵州省农作物技术推广总站, 贵阳 550001;  
3. 贵州省土壤肥料工作总站, 贵阳 550001)

**摘要:** 以 11 个甜荞品种和 12 个苦荞品种为材料, 在云南、西藏、山西、内蒙、宁夏、青海 6 个生态区进行种植, 研究了生态因子对甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的影响。结果表明, 甜荞和苦荞平均产量分别为 98.11 和 138.35 kg·亩<sup>-1</sup>, 可溶性蛋白质平均含量分别为 13.49% 和 10.21%, 黄酮平均含量分别为 0.03% 和 2.45%。甜荞和苦荞品种不同栽培地点的单株粒重和产量的变异系数较大。栽培地点对甜荞和苦荞农艺性状与品质性状的影响比基因型的影响大。除了甜荞籽粒黄酮含量, 甜荞和苦荞各性状在不同栽培地点均存在显著差异。生态因子与农艺性状和品质性状的相关性分析显示, 甜荞产量与海拔呈正相关, 可溶性蛋白质含量与海拔呈极显著正相关; 苦荞产量和黄酮含量均与海拔呈正相关, 表明海拔是影响甜荞和苦荞产量和品质性状的主要生态因素。本研究发现甜荞和苦荞对环境敏感性都存在着品种差异。

**关键词:** 甜荞; 苦荞; 产量; 蛋白质含量; 黄酮含量; 变异; 多点试验

中图分类号: S517

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2020)04-0618-09

## Effects of different ecological regions on agronomic and quality characters of different varieties of common buckwheat and tartary buckwheat

WU Chaixin<sup>1</sup>, CHEN Qingfu<sup>1</sup>, HUANG Juan<sup>1</sup>, ZHANG Jieqiong<sup>2</sup>, XIA Zhongming<sup>3</sup>

(1. Research Center of Buckwheat Industry Technology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001;

2. General Station of Crop Technology Extension in Guizhou Province, Guiyang 550001;

3. Guizhou General Station for Soil and Fertilizer Work, Guiyang 550001)

**Abstract:** Eleven common buckwheat and 12 tartary buckwheat were planted in six ecological regions of Yunnan, Tibet, Shanxi, Inner Mongolia, Ningxia and Qinghai. Effects of ecological factors on agronomic and quality traits of common buckwheat and tartary buckwheat. The results showed that, the average yield of common buckwheat and tartary buckwheat were 98.11 kg·mu<sup>-1</sup> and 138.35 kg·mu<sup>-1</sup> respectively, the average content of soluble protein was 13.49% and 10.21% respectively, the average content of flavonoids was 0.03% and 2.45% respectively. The widest variation was observed for grain weight per plant and grain yield cultivated in different locations of common buckwheat and tartary buckwheat. The effect of cultivation locations on the agronomic and quality traits of common buckwheat and tartary buckwheat was greater than that of genotype. In addition to the content of flavonoids in common buckwheat seeds, there were significant differences in the characters of common buckwheat and tartary buckwheat in different cultivation locations. Correlation analysis showed that the yield of common buckwheat was positively correlated with altitude, and the content of soluble protein was positively correlated with altitude, the yield and flavone content of tartary buckwheat were positively correlated with altitude, which indicated that altitude was

收稿日期: 2019-09-19

基金项目: 贵州省农业科技支撑计划(黔科合支撑[2017]2505, 黔科合支撑[2018]2320), 国家燕麦荞麦现代农业产业技术体系专项资金(CARS-07-A5), 国家自然科学基金(31860408), 贵州省高层次创新型人才培养对象十百千计划(2014GZ97588), 贵州省特色杂粮体系, 贵州省科技计划项目(黔科合成果[2019]4334号)和国家重点研发计划项目(2019YFD1001304)共同资助。

作者简介: 吴朝昕, 硕士研究生。E-mail: 1183143492@qq.com

\* 通信作者: 陈庆富, 教授, 博士生导师。E-mail: cqf1966@163.com

the main ecological factor affecting the yield and quality of common buckwheat and tartary buckwheat. In this study, we found that both common buckwheat and tartary buckwheat have different varieties of environmental sensitivity.

**Key words:** common buckwheat; tartary buckwheat; yield; protein content; flavone content; variation; multi-place experiment

荞麦(buckwheat)属于蓼科(*Polygonaceae*)荞麦属(*Fagopyrum Mill*)药食同源植物,广泛种植于中国、日本、韩国、俄罗斯、印度等多个国家,其中甜荞(*F.esculentum*)和苦荞(*F.tataricum*)是被广泛种植的两个栽培种,在我国甜荞主要种植在内蒙古、陕西、甘肃和宁夏等地,苦荞主要种植在四川、贵州、云南等地。甜荞和苦荞中富含黄酮类化合物具有降血压、降血脂、降胆固醇、防治心血管、糖尿病以及抗氧化等保健作用<sup>[1-3]</sup>。甜荞和苦荞品种(系)间蛋白质含量和黄酮含量存在着丰富的变异,甜籽粒芦丁含量一般在 0.020%~0.798%;苦籽粒芦丁含量一般在 1.08%~6.60%;甜籽粒总蛋白质含量平均为 12.94%,变幅为 8.81%~18.71%;苦籽粒总蛋白质含量平均为 12.17%,变幅为 7.82%~18.94%<sup>[4-5]</sup>。《晏子春秋》中有言“橘生淮南则为橘,生于淮北则为枳”,可见环境条件不同会引发不同的变异。同样,作物的产量高低和品质好坏除受自身遗传因素的影响外,还与种植环境的生态因子息息相关。前人通过对甜荞和苦荞的农艺性状研究得出主茎分枝数、单株粒重、单株粒数及主茎节数是影

响甜荞和苦荞产量的重要因素<sup>[6-14]</sup>,并通过生态因子对甜荞农艺性状和品质性状的研究得出,海拔是影响甜荞产量的重要因素,纬度和生育期均温是影响甜荞蛋白质含量和黄酮含量的重要因素<sup>[14]</sup>,但研究生态因子对不同品种的甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的影响的研究和的较少。本研究对 11 个甜荞品种,12 个苦荞品种在全国 6 个地区进行栽培,调查了生育期、主茎分枝、主茎节数、株高、单粒粒重、千粒重和产量等农艺性状,以及可溶蛋白质含量和黄酮含量,比较了不同地点和不同品种的甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的变异,分析了生态因子和各性状的相关性,以期探究生态因子对甜荞和苦荞产量性状、蛋白质含量和黄酮含量的影响,筛选出参试的甜荞和苦荞中的环境不敏感品种,为甜荞和苦荞育种和栽培提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本研究材料为 2016 年全国荞麦展示试验品种。供品种名、编号、栽培地点等信息见表 1 和表 2。

表 1 供试品种及供种单位  
Table 1 Varieties used in this study and its origin

编号 No.	名称 Cultivar	种类 Species	供种单位 Supplier	编号 No.	名称 Cultivar	种类 Species	供种单位 Supplier
E1	赤甜 1 号	甜荞	内蒙古赤峰市农牧科学研究院	T1	川荞 3 号	苦荞	西昌农科院
E2	定甜 3 号	甜荞	甘肃定西旱农中心	T2	格务	苦荞	云南迪庆州农科所
E3	定甜 2 号	甜荞	甘肃定西旱农中心	T3	晋苦 2 号	苦荞	山西农科院作物所
E4	蒙 0208	甜荞	内蒙古农牧业科学院作物育种与栽培研究所	T4	晋苦 6 号	苦荞	山西省农业科学院高寒区作物研究所
E5	蒙 0530	甜荞	内蒙古农牧业科学院作物育种与栽培研究所	T5	六苦 4 号	苦荞	六盘水职业技术学院
E6	宁荞 1 号	甜荞	宁夏固原市农业科学研究所	T6	黔苦 5 号	苦荞	威宁县谊朋永兴荞制品专业合作社
E7	荞杂-1	甜荞	陕西榆林农校	T7	黔苦 6 号	苦荞	威宁县谊朋永兴荞制品专业合作社
E8	荞杂-2	甜荞	陕西榆林农校	T8	西荞 5 号	苦荞	西昌学院
E9	通荞 1 号	甜荞	内蒙古乌兰察布试验站	T9	羊坪早熟荞	苦荞	云南迪庆州农科所
E10	信农 1 号	甜荞	宁夏固原市农业科学研究所	T10	酉苦 1 号	苦荞	酉阳县农业技术推广总站
E11	综甜 2 号	甜荞	贵州师范大学	T11	云荞 1 号	苦荞	云南省农科院生物技术与种质资源研究所
				T12	云荞 2 号	苦荞	云南省农科院生物技术与种质资源研究所

表 2 栽培地点及生态因子  
Table 2 Planting places and ecological factors

编号 No.	栽培地点 Cultivation places	生育期平均温度/°C Mean temperature in the growth period	纬度 Latitude	海拔/m Altitude
1	内蒙古呼和浩特市园艺科技试验中心	25.8	40°8'	1 050
2	青海湟中县鲁沙尔镇	20.0	36°5'	2 620
3	宁夏固原市原州区头营镇徐河村	17.8	36°0'	1 755
4	山西省晋中市东阳	24.3	37°7'	804
5	西藏区农科院资环 4 号试验地	22.0	29°36'	3 500
6	云南省安宁市	25.4	24°93'	1 800

## 1.2 方法

**1.2.1 材料种植及性状考察** 全国各栽培点按照统一的试验方案,各试点各品种在相似条件下栽培面积 100m<sup>2</sup>,记录农艺性状及产量。性状测量方法参考 2016 年国家现代农业产业体系荞麦品种展示试验记载标准。

**1.2.2 种子处理** 成熟期考种完成后,将种子干燥后寄送至贵州师范大学荞麦中心,放至 -20℃ 冰箱保存。随后选取成熟饱满的种子用镊子剥去壳,磨粉备用。最后统一进行蛋白质含量和黄酮含量检测。

**1.2.3 籽粒品质测定方法** 黄酮含量测定参考吕丹等<sup>[15]</sup>方法稍作修改,用紫外分光光度计在波长 415 nm 处检测吸光值。籽粒可溶性蛋白测定参照李娟等<sup>[16]</sup>、梁成刚等<sup>[17]</sup>,用紫外分光光度计在波长 595 nm 处检测吸光值。

**1.2.4 数据处理与分析** 采用 Excel 2010 分析各性状的平均值、标准差和变异系数等。采用 SPSS 21.0 软件进行各性状方差分析、多重比较(S-N-K)和相关性分析(Pearson)。

## 2 结果与分析

### 2.1 农艺性状和品质性状的变异分析

由表 3 看出,甜荞品种间各性状变异系数最大的是黄酮含量(30.00%),其次是单株粒重(15.75%),生育期最小(1.63%)。苦荞品种间各性状变异系数最大的是主茎分枝数(14.94%),其次是黄酮含量(13.06%),株高最小(5.91%)。甜荞不同地点间各性状的变异系数的范围为 7.96%~42.05%,苦荞不同地点间各性状的变异系数范围为 6.13%~58.64%。甜荞和苦荞不同栽培地点的单株粒重、产量和主茎分枝的变异系数较大,分别为 42.05%和 58.64%,40.52%和 58.60%,37.19%和 55.55%,蛋白质、黄酮和株高含量次之,分别为 30.96%和 28.05%、30.91%和 22.74%,26.55%和 21.02%,说明这 6 个性状受环境影响很大;主茎节数、生育期和千粒重的变异系数较小,分别为 15.25%和 15.67%、14.61%和 10.23%,7.96%和 6.13%(表 4),说明这 3 个性状受环境影响较小。

表 3 甜荞和苦荞不同品种农艺性状和品质性状表型变异

Table 3 Variation of agronomic and quality characters among different varieties of common buckwheat and tartary buckwheat

种类 Species	项目 Item	GP	BN	NN	PH	GW	TGW	GY	PC	FC
甜荞 Common buckwheat	最大值	81.17	5.81	11.93	98.75	5.54	36.75	112.74	16.06	0.46
	最小值	76.67	4.89	9.79	83.69	3.46	26.46	75.21	12.04	0.15
	平均值	79.18	5.32	10.79	91.13	4.56	32.21	98.11	13.49	0.30
	标准差	1.29	0.24	0.58	5.43	0.72	3.04	10.21	1.08	0.09
	变异系数/%	1.63	4.51	5.38	5.96	15.75	9.44	10.41	8.01	30.00
苦荞 Tartary buckwheat	最大值	106.17	9.22	20.02	146.76	10.24	21.02	156.40	11.65	2.97
	最小值	86.00	5.16	13.98	123.29	6.68	17.06	102.77	8.24	1.86
	平均值	94.60	6.96	17.33	135.57	7.65	19.66	138.35	10.21	2.45
	标准差	5.95	1.04	1.57	8.04	0.94	1.31	13.79	0.93	0.32
	变异系数/%	6.28	14.94	9.05	5.91	12.38	6.72	9.98	9.10	13.06

注: GP: 生育期(d), BN: 主茎分枝数, NN: 主茎节数, PH: 株高(cm), GW: 单株粒重(g), TGW: 千粒重(g), GY: 产量(kg·亩<sup>-1</sup>), FC: 黄酮含量(%), PC: 蛋白质含量(%), 下同

Note: BN: Branch number of main stem, NN: Node number of main stem, PH: Plant height, GP: Growth period, GW: Grain weight per plant, TGW: 1000-grain weight, GY: Grain yield, FC: Flavonoids content, PC: Protein content, The same below

表 4 甜荞和苦荞不同栽培地点农艺性状和品质性状表型变异

Table 4 Variation of agronomic and quality characters among common buckwheat and tartary buckwheat cultivated in different locations

种类 Species	项目 Item	GP	BN	NN	PH	GW	TGW	GY	PC	FC
甜荞 Common buckwheat	最大值	95.00	8.27	13.54	131.42	7.72	36.87	155.56	22.61	0.48
	最小值	57.00	2.92	8.99	50.58	3.10	29.10	49.84	10.37	0.20
	平均值	79.18	5.32	10.79	91.13	4.56	32.21	98.11	13.49	0.30
	标准差	12.08	1.98	1.58	24.20	1.92	2.56	39.75	4.17	0.09
	变异系数/%	15.25	37.19	14.61	26.55	42.05	7.96	40.52	30.96	30.91
苦荞 Tartary buckwheat	最大值	109.67	12.51	22.68	192.00	14.70	20.68	260.64	14.05	3.43
	最小值	76.56	1.78	14.76	62.47	3.04	16.92	34.37	8.24	1.76
	平均值	94.60	6.96	17.33	135.57	7.65	19.66	138.35	10.21	2.45
	标准差	9.63	3.94	2.73	38.16	4.31	1.18	80.02	2.21	0.56
	变异系数/%	10.23	55.55	15.67	28.05	58.64	6.13	58.60	21.02	22.74

表 5 不同地点不同品种甜荞和苦荞农艺性状和品质的双因素方差分析

Table 5 Two-factor variance analysis of agronomic and quality characters of different varieties of common buckwheat and tartary buckwheat cultivated in different locations

种类 Species	因素 Factor	GP	BN	NN	PH	GW	TGW	GY	PC	FC
甜荞 Common buckwheat	品种	2.37*	0.84	1.92	1.59	4.16***	4.02***	2.74**	0.97	0.82
	地点	414.75***	108.79***	28.30***	62.95***	58.82***	5.71***	83.05***	28.88***	1.59
苦荞 Tartary buckwheat	品种	3.15**	1.79	5.52***	2.02	0.89	5.41***	1.28	0.86	0.82
	地点	20.07***	55.79***	41.87***	107.17***	48.99***	7.89***	95.45***	8.52***	4.53**

\*\*\* $P < 0.001$ , \*\* $P < 0.01$ , \* $P < 0.05$ 

表 6 不同品种甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的多重比较

Table 6 Multiple comparisons of agronomic and quality characters among different varieties of common buckwheat and tartary buckwheat

甜荞 Common buckwheat					苦荞 Tartary buckwheat			
品种	GP	GW	TGW	GY	品种	GP	NN	TGW
E1	78.67 <sup>ab</sup>	3.90 <sup>ab</sup>	33.28 <sup>ab</sup>	101.03 <sup>ab</sup>	T1	92.17 <sup>abc</sup>	17.20 <sup>abc</sup>	21.66 <sup>a</sup>
E2	79.83 <sup>ab</sup>	4.71 <sup>ab</sup>	31.41 <sup>ab</sup>	107.40 <sup>a</sup>	T2	98.33 <sup>abc</sup>	17.19 <sup>abc</sup>	19.82 <sup>abc</sup>
E3	79.83 <sup>ab</sup>	3.87 <sup>ab</sup>	32.49 <sup>ab</sup>	99.04 <sup>ab</sup>	T3	97.33 <sup>abc</sup>	16.74 <sup>bc</sup>	21.02 <sup>ab</sup>
E4	78.67 <sup>ab</sup>	3.46 <sup>b</sup>	31.01 <sup>ab</sup>	75.21 <sup>b</sup>	T4	86.00 <sup>c</sup>	17.40 <sup>abc</sup>	19.50 <sup>abcd</sup>
E5	76.67 <sup>b</sup>	3.48 <sup>b</sup>	28.39 <sup>b</sup>	84.09 <sup>ab</sup>	T5	88.50 <sup>bc</sup>	16.19 <sup>c</sup>	19.52 <sup>abcd</sup>
E6	80.00 <sup>ab</sup>	4.64 <sup>ab</sup>	26.46 <sup>b</sup>	103.15 <sup>ab</sup>	T6	97.33 <sup>abc</sup>	18.23 <sup>abc</sup>	17.06 <sup>d</sup>
E7	79.33 <sup>ab</sup>	5.35 <sup>a</sup>	36.42 <sup>a</sup>	112.74 <sup>a</sup>	T7	92.17 <sup>abc</sup>	13.98 <sup>d</sup>	20.72 <sup>ab</sup>
E8	80.17 <sup>ab</sup>	5.54 <sup>a</sup>	35.51 <sup>a</sup>	107.03 <sup>a</sup>	T8	103.00 <sup>ab</sup>	20.02 <sup>a</sup>	20.90 <sup>ab</sup>
E9	77.00 <sup>b</sup>	5.03 <sup>ab</sup>	31.23 <sup>ab</sup>	97.60 <sup>ab</sup>	T9	106.17 <sup>a</sup>	19.67 <sup>ab</sup>	18.22 <sup>bcd</sup>
E10	79.67 <sup>ab</sup>	5.18 <sup>a</sup>	31.39 <sup>ab</sup>	95.32 <sup>ab</sup>	T10	93.33 <sup>abc</sup>	16.51 <sup>c</sup>	17.93 <sup>cd</sup>
E11	81.17 <sup>a</sup>	5.06 <sup>ab</sup>	36.75 <sup>a</sup>	96.61 <sup>ab</sup>	T11	89.33 <sup>bc</sup>	17.44 <sup>abc</sup>	18.63 <sup>bcd</sup>
					T12	91.50 <sup>abc</sup>	17.50 <sup>abc</sup>	21.02 <sup>a</sup>

注: 同列数据后不同小写字母和大写字母表示在 0.05 水平差异显著, 下同

Note: Different lowercase letters and uppercase letter after data in the same column indicate significant differences at the 0.05 level. The same below

## 2.2 不同栽培地点对不同甜荞和苦荞品种农艺性状和品质性状的影响

### 2.2.1 甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的品种差异 方差分析(表 5)显示, 不同品种甜荞的亩产、

单株粒重和千粒重存在极显著差异, 生育期存在显著差异。品种间各性状的多重比较(表 6)显示, 定甜 3 号(E2)、荞杂-1(E7)和荞杂-2(E8)的产量显著高于蒙 0208(E4)。荞杂-1(E7)和

荞杂-2 (E8) 和信农 1 号 (E10) 的单株粒重显著高于蒙 0208 (E4) 和蒙 0530 (E5)。荞杂-1 (E7)、荞杂-2 (E8) 和综甜 2 号 (E11) 的千粒重显著高于蒙 0530 (E5) 和宁荞 1 号 (E6)。综甜 2 号 (E11) 的生育期显著高于蒙 0530 (E5) 和通荞 1 号 (E9)。

不同品种苦荞的生育期、主茎节数和千粒重存在极显著差异 (表 5)。品种间各性状的多重比较 (表 6) 显示, 羊坪早熟荞 (T9) 的生育期显著高于晋苦 6 号 (T4)、六苦 4 号 (T5) 和云荞 1 号 (T11); 西荞 5 号 (T8) 的生育期显著高于六苦 4 号 (T5)。西荞 5 号 (T8) 的主茎节数显著高于晋苦 2 号 (T3); 西荞 5 号 (T8) 和羊坪早熟荞 (T9) 的主茎节数显著高于六苦 4 号

(T5)、黔苦 6 号 (T7) 和酉苦 1 号 (T10)。川荞 3 号 (T1) 和云荞 2 号 (T12) 的千粒重显著高于黔苦 5 号 (T6)、羊坪早熟荞 (T9)、酉苦 1 号 (T10) 和云荞 1 号 (T11); 晋荞 2 号 (T3)、黔苦 6 号 (T7) 和西荞 5 号 (T8) 的千粒重显著高于黔苦 5 号 (T6)、酉苦 1 号 (T10)。

**2.2.2 不同栽培地点的甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的比较** 不同栽培地点对甜荞和苦荞生育期、主茎分枝、主茎节数、株高、单株粒重、千粒重、亩产及蛋白质等性状的影响达到了极其显著水平 ( $P < 0.001$ ), 对苦荞黄酮含量的影响达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ), 但对甜荞黄酮含量的影响未达显著水平 (表 5)。

表 7 不同地点甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的多重比较

Table 7 Multiple comparisons of agronomic and quality characters among common and tartary buckwheat cultivated in different locations

种类 Species	地区 Region	GP	BN	NN	PH	GW	TGW	GY	PC	FC
甜荞 Common buckwheat	内蒙	95.00 <sup>a</sup>	4.09 <sup>d</sup>	12.13 <sup>b</sup>	131.42 <sup>a</sup>	3.15 <sup>b</sup>	29.10 <sup>b</sup>	76.98 <sup>d</sup>	11.23 <sup>b</sup>	
	青海	85.00 <sup>b</sup>	7.63 <sup>b</sup>	9.41 <sup>cd</sup>	78.02 <sup>c</sup>	3.10 <sup>b</sup>	29.60 <sup>b</sup>	155.56 <sup>a</sup>	11.62 <sup>b</sup>	
	宁夏	85.91 <sup>b</sup>	8.27 <sup>a</sup>	10.34 <sup>c</sup>	50.58 <sup>d</sup>	3.13 <sup>b</sup>	33.32 <sup>b</sup>	55.58 <sup>e</sup>	11.74 <sup>b</sup>	
	山西	71.91 <sup>d</sup>	5.15 <sup>c</sup>	13.54 <sup>a</sup>	98.53 <sup>b</sup>	6.76 <sup>a</sup>	36.87 <sup>a</sup>	49.85 <sup>e</sup>	13.34 <sup>b</sup>	
	西藏	80.27 <sup>c</sup>	2.92 <sup>e</sup>	10.34 <sup>c</sup>	93.48 <sup>b</sup>	3.53 <sup>b</sup>	32.33 <sup>b</sup>	132.85 <sup>b</sup>	22.61 <sup>a</sup>	
苦荞 Tartary buckwheat	内蒙	93.42 <sup>b</sup>	4.04 <sup>c</sup>	14.77 <sup>c</sup>	139.29 <sup>b</sup>	3.27 <sup>d</sup>	17.32 <sup>b</sup>	64.95 <sup>d</sup>	8.36 <sup>b</sup>	1.81 <sup>c</sup>
	青海	97.08 <sup>b</sup>	11.98 <sup>a</sup>	14.86 <sup>c</sup>	132.85 <sup>b</sup>	3.03 <sup>d</sup>	19.78 <sup>a</sup>	262.13 <sup>a</sup>	8.65 <sup>b</sup>	2.70 <sup>abc</sup>
	宁夏	109.33 <sup>a</sup>	11.82 <sup>a</sup>	15.63 <sup>c</sup>	60.20 <sup>c</sup>	4.46 <sup>d</sup>	19.99 <sup>a</sup>	42.89 <sup>d</sup>	8.52 <sup>b</sup>	2.02 <sup>bc</sup>
	山西	97.50 <sup>b</sup>	5.86 <sup>b</sup>	22.82 <sup>a</sup>	144.25 <sup>b</sup>	15.82 <sup>a</sup>	19.96 <sup>a</sup>	123.93 <sup>c</sup>	12.78 <sup>a</sup>	2.87 <sup>ab</sup>
	西藏	94.08 <sup>b</sup>	1.92 <sup>d</sup>	17.58 <sup>b</sup>	190.17 <sup>a</sup>	8.47 <sup>c</sup>	21.06 <sup>a</sup>	211.16 <sup>b</sup>	12.73 <sup>a</sup>	3.17 <sup>a</sup>
	云南	76.17 <sup>c</sup>	6.17 <sup>b</sup>	18.37 <sup>b</sup>	146.67 <sup>b</sup>	10.89 <sup>b</sup>	19.89 <sup>a</sup>	125.06 <sup>c</sup>	10.24 <sup>b</sup>	2.13 <sup>bc</sup>

表 8 生态因子与甜荞和苦荞的农艺性状、品质性状的简单相关系数

Table 8 Correlation coefficient among agronomic characters, quality and ecological factors on common buckwheat and tartary buckwheat

种类 Species		GP	BN	NN	PH	GW	TGW	GY	PC	FC
甜荞 Common buckwheat	Ele	0.03	-0.11	-0.53 <sup>**</sup>	-0.29 <sup>*</sup>	-0.33 <sup>**</sup>	-0.15	0.72 <sup>**</sup>	0.58 <sup>**</sup>	0.00
	Lat	0.77 <sup>**</sup>	0.40 <sup>**</sup>	0.54 <sup>**</sup>	0.17	-0.45 <sup>**</sup>	-0.04	-0.43 <sup>**</sup>	-0.24	-0.19
	MT	-0.34 <sup>**</sup>	-0.74 <sup>**</sup>	0.29 <sup>*</sup>	0.81 <sup>**</sup>	0.51 <sup>**</sup>	-0.01	-0.08	-0.10	0.13
苦荞 Tartary buckwheat	Ele	-0.02	-0.06	-0.27 <sup>*</sup>	0.37 <sup>**</sup>	-0.25 <sup>*</sup>	0.32 <sup>**</sup>	0.66 <sup>**</sup>	0.12	0.29 <sup>*</sup>
	Lat	0.48 <sup>**</sup>	0.21	-0.15	-0.34 <sup>**</sup>	-0.31 <sup>*</sup>	-0.31 <sup>**</sup>	-0.25 <sup>*</sup>	-0.23	-0.11
	MT	-0.54 <sup>**</sup>	-0.63 <sup>**</sup>	0.30 <sup>**</sup>	0.55 <sup>**</sup>	0.39 <sup>**</sup>	-0.23	-0.14	0.17	-0.07

注: \*\* 在 1% 水平 (双侧) 上显著相关, \* 在 5% 水平 (双侧) 上显著相关。MT: 生育期平均温度, Ele: 海拔, Lat: 纬度, 下同

Note: \*\* means correlation is significant at the 1% level (2-tailed), \* means correlation is significant at the 5% level (2-tailed). MT: Mean temperature in the growth period, Ele: Elevation, Lat: Latitude, The same below

不同栽培地点甜荞各性状的多重比较显示, 栽培在内蒙的甜荞生育期和株高显著高于其他地

点; 栽培在青海的甜荞产量显著高于其他地点; 栽培在宁夏的甜荞主茎分枝数显著高于其他地

点; 栽培在山西的甜荞主茎节数和千粒重显著高于其他地点, 单株粒重显著高于内蒙、青海、宁夏和西藏等 4 栽培地点; 栽培在西藏的甜荞可溶

性蛋白质含量显著高于其他地点, 栽培在云南的甜荞单株粒重显著高于除山西以外的其余 4 个地点(表 7)。

表 9 不同品种甜荞农艺性状、品质性状与生态因子相关性分析

Table 9 Correlation analysis of agronomic characters, quality characters and ecological factors of different varieties of common buckwheat

项目	Item	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
GP	海拔	0.00	0.10	0.03	-0.03	-0.02	-0.08	0.04	0.04	0.03	-0.02	0.17
	纬度	0.76	0.75	0.79	0.79	0.76	0.865*	0.73	0.77	0.75	0.822*	0.73
	均温	-0.34	-0.41	-0.37	-0.35	-0.20	-0.35	-0.31	-0.33	-0.24	-0.38	-0.43
BN	海拔	-0.23	-0.15	0.09	-0.30	-0.07	-0.26	-0.17	-0.03	-0.01	-0.07	-0.08
	纬度	0.61	0.28	0.25	0.53	0.29	0.64	0.47	0.35	0.32	0.39	0.41
	均温	-0.72	-0.73	-0.881*	-0.54	-0.70	-0.67	-0.77	-0.78	-0.81	-0.77	-0.848*
NN	海拔	-0.72	-0.55	-0.59	-0.60	-0.60	-0.66	-0.65	-0.65	-0.66	-0.27	-0.22
	纬度	0.62	0.52	0.50	0.66	0.74	0.78	0.67	0.863*	0.65	0.20	-0.12
	均温	0.27	0.36	0.17	0.54	0.38	0.38	0.33	0.36	0.35	0.09	-0.02
PH	海拔	-0.15	-0.28	-0.34	-0.32	-0.44	-0.45	-0.41	-0.34	-0.40	-0.25	0.22
	纬度	0.18	0.22	0.08	0.11	0.07	0.30	0.26	0.24	0.28	-0.13	0.10
	均温	0.75	0.858*	0.949**	0.928**	0.963**	0.854*	0.875*	0.840*	0.850*	0.938**	0.47
GW	海拔	-0.19	-0.31	-0.62	-0.10	-0.16	-0.34	-0.27	-0.45	-0.37	-0.42	-0.68
	纬度	-0.74	-0.38	-0.31	-0.67	-0.63	-0.53	-0.53	-0.49	-0.46	-0.50	-0.26
	均温	0.50	0.55	0.53	0.60	0.62	0.51	0.47	0.64	0.57	0.60	0.52
TGW	海拔	-0.17	-0.66	-0.59	0.18	0.19	0.41	-0.70	-0.66	-0.73	-0.24	-0.829*
	纬度	0.38	0.35	0.29	-0.25	-0.75	-0.51	0.20	0.06	0.14	-0.20	0.32
	均温	-0.22	0.26	0.27	-0.13	-0.29	-0.49	0.25	0.29	0.24	0.57	0.21
GY	海拔	0.65	0.890*	0.79	0.61	0.859*	0.859*	0.906*	0.38	0.73	0.81	0.68
	纬度	-0.40	-0.35	-0.56	-0.38	-0.46	-0.46	-0.45	-0.22	-0.38	-0.57	-0.71
	均温	0.03	-0.19	-0.21	-0.07	-0.08	-0.26	-0.13	0.36	-0.07	-0.16	-0.02
PC	海拔	0.51	0.68	0.18	0.62	0.32	0.77	0.74	0.822*	0.48	0.77	0.76
	纬度	-0.08	-0.43	-0.04	-0.41	-0.01	-0.25	0.05	-0.49	-0.26	-0.30	-0.42
	均温	-0.06	0.08	-0.01	0.02	-0.27	-0.09	-0.14	-0.03	-0.17	-0.29	-0.18
FC	海拔	0.00	-0.35	0.09	-0.11	-0.06	-0.47	0.04	0.26	0.31	0.15	-0.39
	纬度	-0.78	0.35	-0.03	-0.78	0.50	0.936**	-0.74	0.14	-0.939**	-0.24	0.52
	均温	0.40	0.22	-0.06	0.37	0.40	-0.22	0.52	-0.35	0.33	-0.57	0.50

不同栽培地点苦荞各性状的多重比较结果显示, 栽培在内蒙的苦荞千粒重均显著低于其他 5 个地点; 栽培在青海的苦荞产量显著高于其他点, 而主茎分枝数显著高于内蒙、山西、西藏和云南, 栽培在宁夏苦荞的生育期显著高于其他地点, 而主茎分枝数显著高于除青海外的其余 4 个点; 栽培在山西的苦荞主茎节数、单株粒重显著高于其他地点, 而蛋白质含量则高于除西藏以外的地点; 栽培在西藏的苦荞株高和黄酮含量显著高于其他点, 蛋白质含量显著高于除山西以外地点(表 7)。

### 2.3 生态因子与甜荞和苦荞农艺性状、品质性状的相关性分析

生态因子与甜荞农艺性状和品质性状的相关系数表明, 海拔与甜荞产量、可溶性蛋白质含量呈极显著正相关, 与主茎节数、单株粒重呈极显

著负相关, 与株高呈显著负相关; 纬度与甜荞产量、单株粒重呈极显著负相关, 与生育期、主茎分枝数和主茎节数呈极显著正相关; 生育期均温与单株粒重和株高呈极显著正相关, 与主茎节数呈显著正相关; 与生育期和主茎分枝数呈极显著负相关(表 8)。

生态因子与苦荞农艺性状和品质性状的相关系数表明, 海拔与苦荞产量、千粒重和株高呈极显著正相关, 与黄酮含量呈显著正相关, 与主茎节数、单株粒重呈显著负相关。纬度与苦荞生育期呈极显著正相关, 与株高、千粒重呈极显著负相关, 与单株粒重和产量呈显著负相关。生育期均温与单株粒重、株高和单株节数呈极显著正相关, 与生育期和主茎分枝数呈极显著负相关(表 8)。

表 10 不同品种苦荞农艺性状与生态因子相关性分析

Table 10 Correlation analysis agronomic characters and ecological factors of different varieties of tartary buckwheat

项目	Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
GP	海拔	-0.15	0.03	-0.24	-0.24	-0.16	-0.03	0.01	0.37	-0.07	0.12	-0.19	0.04
	纬度	0.55	0.64	0.67	0.72	0.60	0.62	0.58	0.19	0.45	0.64	0.54	0.55
	均温	-0.67	-0.34	-0.61	-0.18	-0.52	-0.73	-0.68	-0.79	-0.77	-0.78	-0.50	-0.67
BN	海拔	0.03	0.03	-0.01	0.01	0.04	-0.28	0.05	-0.12	0.01	-0.25	-0.11	-0.18
	纬度	0.15	-0.10	-0.18	0.26	0.35	0.38	0.16	0.33	0.19	0.35	0.23	0.44
	均温	-0.61	-0.63	-0.53	-0.81	-0.66	-0.70	-0.62	-0.78	-0.826*	-0.57	-0.62	-0.43
NN	海拔	-0.32	-0.60	-0.30	-0.28	-0.24	-0.28	0.12	-0.14	-0.19	-0.36	-0.62	-0.34
	纬度	-0.08	-0.02	-0.21	-0.16	-0.14	-0.18	-0.67	-0.23	-0.17	-0.13	0.06	-0.19
	均温	0.39	0.45	0.48	0.18	0.25	0.14	0.38	-0.22	0.05	0.58	0.847*	0.36
PH	海拔	0.36	0.34	0.26	0.41	0.45	0.55	0.45	0.29	0.43	0.28	0.23	0.55
	纬度	-0.41	-0.31	-0.21	-0.44	-0.31	-0.41	-0.55	-0.29	-0.37	-0.31	-0.25	-0.41
	均温	0.49	0.64	0.69	0.42	0.49	0.42	0.57	0.67	0.52	0.71	0.71	0.33
GW	海拔	-0.19	-0.14	-0.39	-0.31	0.01	-0.36	-0.23	-0.11	-0.14	-0.56	-0.16	-0.37
	纬度	-0.33	-0.43	-0.11	-0.34	-0.36	-0.13	-0.63	-0.37	-0.40	-0.38	-0.51	-0.19
	均温	0.41	0.26	0.41	0.59	0.43	0.43	0.57	0.02	0.45	0.54	0.44	0.37
TGW	海拔	0.31	0.17	0.47	0.18	0.52	0.24	0.903*	0.27	0.28	0.76	0.53	0.52
	纬度	-0.02	0.03	-0.40	-0.32	-0.57	-0.63	-0.54	-0.35	-0.29	-0.848*	-0.78	-0.51
	均温	-0.940**	-0.35	-0.63	0.57	0.29	-0.16	-0.37	-0.51	-0.26	-0.40	-0.35	-0.56
GY	海拔	0.53	0.904*	0.66	0.48	0.63	0.72	0.73	0.63	0.835*	0.55	0.79	0.67
	纬度	-0.13	-0.28	-0.02	-0.12	-0.35	-0.20	-0.39	-0.47	-0.16	-0.17	-0.42	-0.22
	均温	-0.01	-0.47	-0.22	-0.04	0.12	-0.19	-0.08	0.05	-0.62	-0.13	-0.08	-0.18
PC	海拔	0.38	0.53	0.05	0.45	0.09	0.887*	-0.13	-0.67	-0.08	0.09	-0.09	0.16
	纬度	-0.37	-0.983**	-0.64	-0.12	0.02	-0.16	-0.18	0.60	-0.09	-0.06	-0.70	-0.31
	均温	-0.07	0.20	-0.13	-0.06	0.10	-0.32	0.42	0.22	0.52	0.25	0.61	0.07
FC	海拔	0.23	0.11	0.28	0.853*	0.57	0.77	-0.19	-0.15	-0.07	0.40	0.50	0.40
	纬度	0.13	-0.23	0.36	-0.41	0.08	-0.25	0.46	-0.04	-0.25	0.21	-0.826*	-0.49
	均温	-0.68	0.34	-0.02	-0.23	-0.72	-0.852*	0.49	0.66	0.70	-0.33	-0.02	-0.37

#### 2.4 不同品种甜荞苦荞农艺性状和品质性状与生态因子的相关性比较

不同品种甜荞的农艺性状和品质性状与生态因子的相关性分析结果(表 9)显示,宁荞 1 号(E6)和信农 1 号(E10)的生育期与纬度呈显著正相关;定甜 2 号(E3)和综甜 2 号(E11)的主茎分枝与均温呈显著负相关;荞杂-2(E8)的主茎节数与纬度呈显著正相关;定甜 2 号(E3)、蒙 0208(E4)、蒙 0530(E5)和信农 1 号(E10)的株高与均温呈极显著正相关,定甜 2 号(E2)、宁荞 1 号(E6)、荞杂-1(E7)、荞杂-2(E8)和通荞 1 号(E9)的株高与均温呈显著正相关;综甜 2 号(E11)的千粒重与海拔呈显著负相关;定甜 3 号(E2)、蒙 0530(E5)、宁荞 1 号(E6)和荞杂-1(E7)的产量与海拔呈显著正相关;荞杂-2(E8)的蛋白质含量与海拔呈显著正相关;宁荞 1 号(E6)的黄酮含量与纬度呈极显著正相关,通荞 1 号(E9)的黄酮含量

与纬度呈极显著负相关。11 个甜荞品种中赤甜 1 号(E1)各性状与各生态因子相关性均未达显著水平。

由不同品种苦荞各性状与生态因子的相关性分析结果(表 10)表明,羊坪早熟荞(T9)的主茎分枝数与均温呈显著负相关;云荞 1 号(T11)的主茎节数与均温呈显著正相关;川荞 3 号(T1)的千粒重与均温呈极显著负相关,黔苦 6 号(T7)的千粒重与海拔呈显著正相关,西苦 1 号(T10)的千粒重与纬度呈显著负相关;格务(T2)和羊坪早熟荞(T9)的产量与海拔呈显著正相关;黔苦 5 号(T6)的蛋白质含量与海拔呈显著正相关;格务(T2)的蛋白质含量与纬度呈极显著负相关;晋苦 6 号(T4)的黄酮含量与海拔呈显著正相关,黔苦 5 号(T6)的黄酮含量与生育期均温呈显著负相关,云荞 1 号(T11)的黄酮含量与纬度呈显著负相关。12 个苦荞品种中晋荞 2 号(T3)、六苦 4 号(T5)、西荞

5号(T8)和云荞2号(T12)的各性状与生态因子相关性未达显著水平。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的变异

本试验在全国6个地点栽培的11个甜荞品种产量的变异范围为 $155.56\sim 49.84\text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$  ( $2\ 333.4\sim 747.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ), 这介于刘迎春等<sup>[6]</sup>、汪灿等<sup>[7]</sup>报道的甜荞产量范围。而高于尹桂芳等<sup>[8]</sup>报道的种植于云南8个甜荞品种的产量变异范围 $1\ 227.75\sim 744.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 可能由于栽培环境对甜荞产量影响极显著, 本研究栽培地点多, 所以产量的变异范围更广泛。本研究甜荞黄酮含量变异范围为 $0.15\%\sim 0.46\%$ , 这介于李月等<sup>[9]</sup>报道的种植于全国19个地区的8个甜荞品种黄酮含量的变异范围( $0.03\%\sim 0.92\%$ )。本研究甜荞可溶性蛋白质含量变异范围为 $12.04\%\sim 16.06\%$ , 这于李月等<sup>[9]</sup>报道的全国19个地区的8个甜荞品种蛋白质含量的变异范围 $4.57\%\sim 13.67\%$ 不同, 这主要与栽培地点的数量和蛋白质测定方法不同有关, 本研究用的考马斯染色法测蛋白质含量较李月等<sup>[9]</sup>使用的紫外吸收法测蛋白质含量更准确<sup>[18]</sup>。此外本试验结果表明, 不同地点不同品种甜荞的单株粒重和产量变异系数较大, 这与刘迎春等<sup>[6]</sup>、汪灿等<sup>[7]</sup>、尹桂芳等<sup>[8]</sup>研究结果基本相符。因此在品种选育时注重单株粒重同时搭配千粒重、主茎分枝等性状选择, 而株高过高易倒伏, 所以株高要适中。

本研究栽培在全国6个地区12个苦荞品种产量的变异范围为 $260.64\sim 34.37\text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$  ( $3\ 909.6\sim 515.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ), 这与李月等<sup>[10]</sup>报道的栽培于全国18个地区的8个苦荞品种产量( $3\ 857.4\sim 720.9\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )的变异范围大致相符, 变异范围高于与赵鑫等<sup>[11]</sup>报道栽培于山西的14个苦荞品种产量( $2\ 176.9\sim 1\ 252.1\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ), 说明不同栽培地点的生态因子对苦荞产量影响极显著。本研究苦荞可溶性蛋白质含量变异范围为 $8.24\%\sim 11.65\%$ , 与时政等<sup>[12]</sup>报道的栽培在贵州6个地点4个苦荞可溶性蛋白质含量( $9.51\%\sim 18.43\%$ )的变异范围基本相符。本试验苦荞黄酮含量变异范围为 $1.86\%\sim 2.97\%$ , 高于赵鑫等<sup>[11]</sup>报道的栽培在山西和母养秀等<sup>[13]</sup>报道的栽培在宁夏的苦荞黄酮含量的变异范围(分别为 $1.71\%\sim 2.46\%$ 和 $2.11\%\sim 2.45\%$ ), 由于栽培地点对苦荞黄酮含量影响极显著, 本试验栽培地点较多而导致黄酮变异范围较大。此外本研究结果显示, 不同地点不同品种苦荞的单株粒重、产量和主茎分

枝数的变异系数均较大, 这与李月等<sup>[10]</sup>和赵鑫等<sup>[11]</sup>、杨玉霞等<sup>[14]</sup>研究结果基本相同, 因此在苦荞选育时关注单株粒重, 主茎分枝等性状较易获得优良品种。

#### 3.2 甜荞和苦荞产量性状和品质性状与生态因子相关性

李月等<sup>[9]</sup>通过对栽培在全国19个地区的8个甜荞品种进行相关性分析表明, 甜荞产量与海拔、纬度和生育期温度的相关系数均未达显著水平, 生育期均温是影响黄酮含量的重要因素, 纬度是影响蛋白质含量的主要因素。本研究对栽培在全国6个地区的11个品种甜荞相关性分析显示, 海拔和纬度是影响甜荞产量的重要因素, 海拔是影响蛋白质含量的重要因素, 这与上述结果不同的原因可能是本试验栽培地点较少, 用于分析的样本量少以致结论不同。本研究还表明, 不同品种甜荞对生态因子敏感性不同, 11个品种甜荞中仅赤甜荞1号(E1)为不敏感品种, 而定甜3号(E2)、蒙0530(E5)、宁荞1号(E6)和荞杂-1(E7)的产量受海拔影响, 荞杂-2(E8)的蛋白质含量受海拔影响, 宁荞1号(E6)和通荞1号(E9)的黄酮含量则受纬度影响。甜荞蛋白质含量最高的地区是西藏, 而产量较高的地点为青海和西藏, 而西藏、青海均处于高海拔低纬度地区。因此, 在高海拔、低纬度地区种植的甜荞产量高、品质优, 而在不满足高海拔低纬的地区可以推广种植一些对环境敏感性低的品种。

时政等<sup>[12]</sup>认为种植在贵州不同地区甜荞和苦荞的蛋白质含量和黄酮含量的差异可能由各地海拔、温度、光照等因素差异所造成的。而李月等<sup>[10]</sup>则认为品种自身遗传因素是影响苦荞蛋白含量和黄酮含量差异首要因素, 其次是不同的生态环境条件。本研究结果显示, 苦荞的产量主要受海拔影响, 其次是纬度, 而海拔是影响黄酮含量的重要因素, 可得出苦荞的产量和黄酮含量变化受到海拔影响, 这与时政等<sup>[12]</sup>研究结论相符。此外, 不同品种苦荞的环境敏感性不同, 12个品种的苦荞中晋荞2号(T3)、六苦4号(T5)、西荞5号(T8)和云荞2号(T12)为对海拔、纬度和生育期均温变化不敏感品种。而格务(T2)、羊坪早熟荞(T9)的产量、黔苦5号(T6)的蛋白质含量和晋苦6号(T4)的黄酮含量随海拔升高而有增加的趋势; 格务(T2)的蛋白质含量和云荞1号(T11)的黄酮含量有随纬度增加而降低的趋势; 黔苦5号(T6)的黄酮含量有随生育期温度升高而降低的趋势, 因此这5个对海拔、纬度和生育期均温的敏感品种应选择适宜地种植。

苦荞蛋白和黄酮含量最高的地区为西藏,产量较高的地区为青海和西藏,因此种植在高海拔、低纬度地区的苦荞更易高产,品质更好,在其他地区可以推广种植环境敏感性低的品种。

### 参考文献:

- [1] 张以忠,陈庆富. 荞麦研究的现状与展望[J]. 种子, 2004,23(3): 39-42.
- [2] 陈庆富. 荞麦生产状况及新类型栽培荞麦育种研究的最新进展[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2018, 36(3): 1-7.
- [3] 黄凯丰,李振宙,王炎,等. 我国荞麦高产栽培生理研究进展[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2019, 37(1): 115-120.
- [4] GUO Y Z, CHEN Q F, YANG L Y, et al. Analyses of the seed protein contents on the cultivated and wild buckwheat *Fagopyrum esculentum* resources[J]. Genet Resour Crop Evol, 2007, 54(7): 1465-1472.
- [5] 林汝法. 中国荞麦[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 229.
- [6] 刘迎春,丁素荣,魏云山,等. 甜荞主要农艺性状分析[J]. 种子, 2014, 33(10): 97-99.
- [7] 汪灿,阮仁武,袁晓辉,等. 甜荞农艺性状与产量关系的多重分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(12): 234-238.
- [8] 尹桂芳,王艳青,李春花,等. 荞麦新品种(系)农艺性状的主成分分析和聚类分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(34): 20-25.
- [9] 李月,宋志新,石桃雄,等. 甜荞品质与生态因子和农艺性状的相关性研究初报[J]. 广西植物, 2013, 33(4): 468-474.
- [10] 李月,石桃雄,黄凯丰,等. 苦荞生态因子及农艺性状与产量的相关分析[J]. 西南农业学报, 2013, 26(1): 35-41.
- [11] 赵鑫,陈少锋,王慧,等. 晋北地区不同苦荞品种产量和品质研究[J]. 作物杂志, 2018(5): 27-32.
- [12] 时政,黄凯丰,王莹,等. 贵州省不同生态区荞麦蛋白质、黄酮含量变异研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 70-72.
- [13] 母养秀,杜燕萍,陈彩锦,等. 不同苦荞品种营养品质与农艺性状及产量的相关性[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(6): 139-142.
- [14] 杨玉霞,吴卫,郑有良,等. 苦荞主要农艺性状与单株籽粒产量的相关和通径分析[J]. 安徽农业科学, 2008(16): 6719-6721.
- [15] 吕丹,黎瑞源,郑冉,等. 苦荞种质资源籽粒黄酮含量及籽粒性状的变异分析[J/OL]. 分子植物育种: 1-15. [2019-11-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20190813.0824.002.html>.
- [16] 李娟,张耀庭,曾伟,等. 应用考马斯亮蓝法测定总蛋白含量[J]. 中国生物制品学杂志, 2000, 13(2): 118-120.
- [17] 梁成刚,汪燕,喻武鹃,等. 荞麦远缘杂交种质(*Fagopyrum tataricum*-*cymosum*)的再生特性与品质分析[J/OL]. 广西植物: 1-10 [2019-11-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1134.Q.20190531.1555.002.html>.
- [18] 郭颖娜,孙卫. 蛋白质含量测定方法的比较[J]. 河北化工, 2008, 31(4): 36-37.