

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.04.008

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

Li Y, Song ZX, Shi TX, et al. Preliminary study of relationship on common buckwheat quality with ecological factors and agronomic traits [J]. Guihaia, 2013, 33(4): 468-474

甜荞品质与生态因子和农艺性状的相关性研究初报

李 月, 宋志新, 石桃雄, 黄凯丰, 徐长江, 陈庆富*

(贵州师范大学 生命科学院 植物遗传育种研究所 荞麦产业技术研究中心, 贵阳 550001)

摘 要: 试验研究了 8 个甜荞品种在全国 19 个不同地点的籽粒品质(黄酮和蛋白质含量) 变化以及品质和产量与生态因子和农艺性状之间的相关性。结果表明: 不同品种间及同一品种不同地点间甜荞籽粒黄酮、蛋白质含量均存在显著变异。黄酮含量与海拔、生育期平均温度, 以及蛋白质含量与纬度, 甜荞产量与株高、单株粒数、单株粒重均呈显著相关, 相关系数分别为 0.271^{*}、0.588^{**}、0.495^{**}、0.270^{*}、-0.330^{**}、0.212^{*}。通径分析显示, 单株粒数是产量的主要因素, 单株粒数多有助于提高产量; 生育期均温是黄酮含量的主要因素, 荞麦生育期间均温适当偏低利于黄酮积累; 纬度是蛋白质含量的主要因素, 选择纬度较高地区有助提高蛋白质含量。研究还发现不同品种对生态因子的敏感性不同。

关键词: 甜荞; 产量; 黄酮含量; 蛋白质含量; 相关分析; 生态因子; 农艺性状

中图分类号: Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)04-0468-07

Preliminary study on relationship of common buckwheat quality with ecological factors and agronomic traits

LI Yue, SONG Zhi-Xin, SHI Tao-Xiong, HUANG Kai-Feng,

XU Chang-Jiang, CHEN Qing-Fu*

(Research Center of Buckwheat Industry Technology, Institute of Plant Genetics and Breeding,
School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Variations of buckwheat grain quality(flavonoid and protein contents) and the correlations of the quality and yield with ecological factors and agronomic traits were studied using 8 common buckwheat varieties in 19 different locations across the country. The results showed that there were significant variations of seed flavonoid content and protein content among different varieties and different locations of the same varieties. There were all significant relationships of yield with plant height, grain numbers of per plant, and grain weight of per plant, of the flavonoid content with the elevation and the average temperature of the growth period, of the protein content with latitude, and their correlation coefficient were 0.271^{*}, 0.588^{**}, 0.495^{**}, 0.270^{*}, -0.330^{**} and 0.212^{*}. The path analysis indicated that grain number per plant the key trait for yield, and the higher the grain number per plant, the higher the yield. The average temperature in the growth period was the key factor of the flavonoid content, and the suitable lower average temperature in buckwheat fertility period could increase the accumulation of seed flavonoid. Latitude was the key trait affecting the protein content,

收稿日期: 2012-11-07 修回日期: 2013-02-27

基金项目: 国家自然科学基金(31060207, 31171609); 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-08-A4); 贵州省农业攻关项目(黔科合 NY 字 [2010] 3094); 贵州省动植物育种专项(黔农育专字 [2010] 023 号); 贵州省科技创新团队(黔科合人才团队 [2011] 4007)

作者简介: 李月(1987-), 女, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事植物遗传育种研究, (E-mail) ly19871212@126.com。

* 通讯作者: 陈庆富, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事植物遗传育种研究, (E-mail) cqf1966@163.com。

and higher latitude would help to increase the protein content. This study also showed that different varieties had different sensitivities to ecological factors.

Key words: common buckwheat; yield; flavonoid content; protein content; correlation analysis; ecological factors; agronomic trait

荞麦是蓼科荞麦属(*Fagopyrum*)植物,有甜荞(*F. esculentum*)和苦荞(*F. tataricum*)两个栽培种(陈庆富,2012)。种植荞麦是药食同源植物,因具有较高的营养价值和药用价值,被誉为21世纪最流行的绿色食品(Piao *et al.*,2001;张以忠等,2004)。荞麦已被作为一种集营养、保健、医药、饲料、蜜源等为一体的多用途作物而受到国际广泛重视。

荞麦的产量、黄酮及蛋白质含量均为数量性状,受多对微效基因支配和多种环境因素的影响,且性状间相互联系和制约。对不同荞麦品种的黄酮、蛋白质含量变异,温度对荞麦的影响,农艺性状对荞麦产量的相关和通径分析研究报道较多(时政等,2011;赵建东,2002;任树华,1992;于万利等,1992;杨克理,1990;吴渝生,1995,1996;唐国顺等,1996;李秀莲等,1997;肖彦德等,1998;罗燕等,2012)。研究大多集中在农艺性状、产量构成因素对产量的相关分析,所涉及的试点和品种较少,而且缺乏较系统的甜荞生态因子、农艺性状、产量构成因素与产量、黄酮、蛋白质含量相关性分析研究,相关报道较少。

本研究以2011年全国荞麦品种展示中的8个甜荞麦品种及其所获试验结果为基础,分析了它们在全国19个地点的籽粒黄酮和蛋白质含量变化及其与甜荞产量、生态因子(海拔、纬度、生育期均温)、农艺性状(主茎分枝数、主茎节数、株高)、产量构成因素(单株粒数、单株粒重、千粒重)之间的相关性,以期甜荞育种和品种种植区划提供参考。

1 材料与方法

参试8个品种的编号及其来源见表1。

大田试验: 试验于2011年在全国19个试点种植,栽培地点信息见表2。全国荞麦品种展示试验点按照统一的试验设计方案,在当地最佳播种时期选择中等肥力土壤进行试验。小区面积为2 m×5 m,行距33 cm,每小区留苗约1 200株。随机区组设计,重复3次,常规田间管理。考察记载农艺性状(主茎分枝数、主茎节数、株高)、产量构成因素(单株粒数、单株粒重、千粒重)、产量等信息。成熟期考种收获,种子干燥后,快递送贵州师范大学植物遗

传育种研究所保存于-20℃冰柜中。

表1 甜荞品种及其来源

Table 1 Common buckwheat varieties and their sources

品种 Cultivar	编号 Code	来源 Source
丰甜1号	TQ-1	贵州师范大学
信农1号	TQ-2	宁夏固原市农业科学研究所
赤甜1号	TQ-3	内蒙赤峰农科所
定甜2号	TQ-4	甘肃定西市旱作农业科研推广中心
宁荞1号	TQ-5	宁夏固原市农业科学研究所
北早生	TQ-6	内蒙古农科院
榆荞4号	TQ-7	陕西省榆林农业学校
威甜1号	TQ-8	贵州威宁县农科所

品质分析: 从冰柜取出材料于105℃烘箱中杀青15 min,恒温(60℃)烘干至恒重。用粉碎机粉碎10 s后过40目筛子,再粉碎20 s,放入干燥器中保存备用,测定前再于60℃烘箱中烘至恒重。黄酮含量测定采用芦丁标准品制作标准曲线,在420 nm波长下进行分光光度测定,具体参考凌永霞(2011)的方法;蛋白质含量采取将样品于280 nm和260 nm波长下分光光度测定,具体参考张志良等(2003)的方法。

统计分析方法: 采用Excel 2007软件进行数据处理,应用SPSS17.0对数据进行显著性检验、多重比较、估算相关系数及通径系数。

2 结果与分析

2.1 甜荞种子品质的变异

2.1.1 甜荞籽粒黄酮含量变异 黄酮含量及多重比较见表3。供试的8个甜荞品种在不同地点的黄酮含量存在变异,变异范围为0.03%~0.92%,品种之间黄酮含量差异达极显著水平。其中威甜1号、北早生、丰甜1号平均黄酮含量较高,定甜2号、宁荞1号、赤甜1号含量较低。根据黄酮含量的多重比较可将品种分为3组:威甜1号、北早生、丰甜1号>信农1号、榆荞4号>定甜2号、宁荞1号、赤甜1号。

地点之间黄酮含量差异达显著水平,西藏自治区日喀则、江苏省泰兴市、青海省西宁市互助县平均黄酮含量较高,新疆昌吉州奇台县、陕西省榆林市靖边县、甘肃兰州市的甜荞黄酮较低,根据黄酮含量变

表 2 栽培地点及其相关生态因子

Table 2 Cultivation places and their related ecological factors

编号 No.	地点 Place	承担单位 Unit	代号 Code	海拔 (m) Altitude	纬度 Latitude	生育期均温 (°C) Mean temperature in the growth period
1	山西大同市南郊	山西农科院高寒所	SXDT	1068	40°06'N	21. 78
2	山西朔州市右玉县	山西右玉农业试验站	SXYY	1348	39°59'N	18. 23
3	山西省晋中市	山西省农业科学院农作物品种资源所	SXTY	804	37°32'N	20. 26
4	内蒙古呼和浩特市武川县	内蒙古农牧业科学院作物所	NMHH	1595	41°05'N	20. 28
5	内蒙古乌兰察布市察哈尔右翼前旗	内蒙古乌兰察布市农科所	NMWL	1600	40° 57'N	—
6	内蒙古赤峰市	赤峰市农物科学研究所	NMCF	604	43° 21'N	20. 96
7	甘肃定西市	甘肃定西旱农中心	GSDX	1920	33°32'N	19. 11
8	甘肃兰州市	甘肃农业大学	GSLZ	1520	36°01'N	—
9	新疆塔城	新疆农科院粮种所塔城试验站	XJTC	415	46°21'N	21. 53
10	新疆昌吉州奇台县	新疆农业科学院粮食作物研究所	XJWL	830	44°13'N	18. 96
11	贵州毕节市威宁县	贵州毕节威宁县农业科学研究所	GZBJ	2300	26°31'N	16. 89
12	贵州六盘水市水城县	六盘水职业技术学院	GZLP	1910	26°49'N	—
13	江苏省泰兴市	泰州旱作所	JSTX	5	32°10'N	24. 96
14	青海省西宁市互助县	青海省畜牧兽医科学院	QHYN	2610	36°51'N	14. 04
15	西藏山南地区乃东县	西藏山南地区农科所	XZSN	3650	29°11'N	17. 86
16	西藏自治区日喀则	西藏自治区农牧科学院	XZZZ	3300	29°17'N	14. 03
17	陕西省榆林市靖边县	陕西榆林农校	SXYL	1400	37°37'N	20. 34
18	四川凉山州西昌市昭觉县	四川凉山州西昌农科所	SCLS	2100	28°02'N	21. 55
19	河北张家口市张北县	河北省高寒作物研究所	HBZJ	1450	41°09'N	18. 03

表 3 不同甜荞品种在不同地点栽培种子的黄酮含量 (%) 及其多重比较 (SSR_{0.05})

Table 3 Flovonoid contents (%) of the different common buckwheat varieties seeds in different cultivation places and the multiple comparisons (SSR_{0.05})

编号 No.	地点 Place	品种 Cultivar								平均数及多重比较 Mean and SSR _{0.05} comparison	变异范围 Range
		TQ-1	TQ-2	TQ-3	TQ-4	TQ-5	TQ-6	TQ-7	TQ-8		
1	SXDT	0. 338	0. 392	0. 112	0. 191	0. 174	0. 202	0. 259	0. 305	0. 247bcdefg	0. 112 ~ 0. 392
2	SXYY	0. 360	0. 286	0. 111	0. 207	0. 253	0. 519	0. 226	0. 276	0. 282abcdef	0. 111 ~ 0. 519
3	SXTY	0. 384	0. 279	0. 090	0. 145	0. 180	0. 126	0. 179	0. 158	0. 193 defg	0. 090 ~ 0. 384
4	NMHH	0. 405	0. 341	0. 165	0. 192	0. 212	0. 477	0. 181	0. 485	0. 308abcd	0. 165 ~ 0. 485
5	NMWL	0. 439	0. 382	0. 168	0. 193	0. 199	0. 505	0. 218	0. 454	0. 319abc	0. 168 ~ 0. 505
6	NMCF	0. 233	0. 319	0. 100	0. 194	0. 171	0. 203	0. 204	0. 210	0. 203cdefg	0. 100 ~ 0. 319
7	GSDX	0. 334	0. 277	0. 164	0. 193	0. 124	0. 334	0. 212	0. 295	0. 240bcdefg	0. 124 ~ 0. 334
8	GSLZ	0. 166	0. 237	0. 091	0. 108	0. 128	0. 117	0. 157	0. 161	0. 143g	0. 091 ~ 0. 237
9	XJTC	0. 305	0. 310	0. 155	0. 174	0. 208	0. 291	0. 187	0. 186	0. 228bcdefg	0. 155 ~ 0. 310
10	XJWL	0. 166	0. 217	0. 083	0. 141	0. 151	0. 246	0. 154	0. 195	0. 169efg	0. 083 ~ 0. 246
11	GZBJ	0. 243	0. 355	0. 094	0. 175	0. 123	0. 240	0. 236	0. 230	0. 213bcdefg	0. 094 ~ 0. 355
12	GZLP	0. 340	0. 215	0. 101	0. 170	0. 142	—	—	0. 198	0. 193 cdefg	0. 101 ~ 0. 340
13	JSTX	0. 176	0. 190	0. 026	0. 098	0. 143	0. 229	0. 124	0. 158	0. 330ab	0. 026 ~ 0. 229
14	QHYN	0. 271	0. 247	0. 097	0. 160	0. 148	0. 646	0. 152	0. 915	0. 330abc	0. 097 ~ 0. 915
15	XZSN	0. 250	0. 191	0. 114	0. 620	0. 140	0. 173	0. 177	0. 520	0. 274abcdef	0. 114 ~ 0. 620
16	XZZZ	0. 292	0. 127	0. 106	0. 137	—	0. 728	0. 709	0. 587	0. 386a	0. 106 ~ 0. 728
17	SXYL	0. 217	0. 189	0. 085	0. 108	0. 108	0. 210	0. 124	—	0. 155 fg	0. 085 ~ 0. 217
18	SCLS	0. 342	0. 336	0. 117	0. 082	0. 172	0. 265	—	0. 380	0. 242bcdefg	0. 082 ~ 0. 380
19	HBZJ	0. 432	0. 333	0. 161	—	0. 233	0. 385	0. 232	—	0. 295 abcde	0. 161 ~ 0. 432
平均数及多重比较 Mean and SSR _{0.05} comparison		0. 304ab	0. 279bc	0. 117e	0. 186de	0. 171de	0. 349ab	0. 221cd	0. 382a		
变异范围 Range		0. 166 ~ 0. 439	0. 127 ~ 0. 392	0. 026 ~ 0. 168	0. 082 ~ 0. 620	0. 108 ~ 0. 253	0. 117 ~ 0. 728	0. 124 ~ 0. 709	0. 158 ~ 0. 915		

化的多重比较可将试点分为 7 组: 西藏自治区日喀则>江苏省泰兴市、青海省西宁市互助县、内蒙古乌兰察布市察哈尔右翼前旗>内蒙古呼和浩特市武川县>河北张家口市张北县、山西朔州市右玉县、西藏

山南地区乃东县>山西大同市南郊、四川凉山州西昌市昭觉县、甘肃定西市、新疆塔城、贵州毕节市威宁县>内蒙古赤峰市、贵州六盘水市水城县、山西省晋中市>新疆昌吉州奇台县、陕西省榆林市靖边县、甘肃兰州市。

2.1.2 甜荞籽粒蛋白质含量变异 蛋白质含量及多重比较见表4。供试的8个甜荞品种在不同地点的蛋白质含量存在变异,变异范围45.67~136.68 mg/g,品种之间蛋白质含量达极显著差异。其中,北早生平

均蛋白质含量较高,其值为110.17 mg/g;榆荞4号、丰甜1号、定甜2号蛋白质含量较低。根据蛋白质含量的多重比较可将品种分4组:北早生>信农1号、赤甜1号>宁荞1号、威甜1号>榆荞4号、丰甜1号、定甜2号。

地点之间蛋白质含量差异达极显著水平。陕西省榆林市靖边县、新疆昌吉州奇台县、内蒙古乌兰察布市察哈尔右翼前旗栽培下的甜荞平均蛋白质含量较高;西藏自治区日喀则、山南地区乃东县、山西朔

表4 不同甜荞品种在不同地点栽培种子的蛋白质含量(mg/g)及其多重比较(SSR_{0.05})

Table 4 Protein contents of the different common buckwheat varieties seeds in different cultivation places and the multiple comparisons (SSR_{0.05})

编号 No.	地点 Place	品种 Cultivar								平均数及多重比较 Mean and SSR _{0.05} comparison	变异范围 Range
		TQ-1	TQ-2	TQ-3	TQ-4	TQ-5	TQ-6	TQ-7	TQ-8		
1	SXDT	57.776	73.390	75.079	49.573	90.014	102.091	69.111	63.358	72.569 defg	49.573~102.091
2	SXYY	60.019	62.702	76.092	47.760	80.442	92.560	67.194	49.933	67.096fg	47.760~92.560
3	SXTY	56.106	104.916	81.167	61.899	77.352	92.803	62.281	62.920	74.930def	56.106~104.916
4	NMHH	50.558	74.477	85.957	68.637	91.021	115.889	71.091	79.337	79.621 cd	50.558~115.889
5	NMWL	84.573	89.517	106.561	80.052	84.516	112.595	79.942	87.171	90.587ab	79.942~112.595
6	NMCF	72.699	76.336	72.032	64.633	82.840	127.754	73.351	59.054	79.556cd	59.054~127.754
7	GSDX	68.546	70.885	110.262	72.795	79.329	119.894	78.223	101.145	87.639bc	68.546~119.894
8	GSLZ	62.436	87.233	67.726	65.130	53.333	131.269	64.258	74.898	75.793def	53.333~131.269
9	XJTC	64.927	80.865	92.949	63.729	72.085	125.420	71.410	63.075	79.285ede	63.075~125.42
10	XJWL	75.519	89.387	95.529	78.797	82.830	136.681	68.858	97.430	90.617ab	68.85~136.681
11	GZBJ	66.336	72.043	73.740	50.298	79.826	120.483	70.034	65.757	75.787def	50.298~120.483
12	GZLP	56.449	68.319	74.071	50.445	60.665	—	—	61.977	61.988g	50.445~74.071
13	JSTX	55.940	81.216	85.468	52.245	66.129	96.960	48.695	63.570	68.761 efg	48.695~96.960
14	QHXX	64.951	78.831	80.752	61.167	67.833	105.184	61.456	70.028	73.770 def	61.167~105.184
15	XZSN	53.543	86.250	73.568	45.674	65.807	74.385	58.593	84.407	67.778fg	45.674~86.250
16	XZZZ	58.997	98.500	79.893	46.313	—	78.410	56.310	57.563	67.569fg	46.313~98.500
17	SXYL	88.668	130.055	83.631	85.133	95.764	131.748	77.078	—	98.868a	77.078~131.748
18	SCLS	81.033	76.516	81.710	68.075	63.346	102.568	—	56.155	75.670def	56.155~102.568
19	HBZJ	71.204	97.274	69.276	—	73.726	108.344	66.541	—	81.066 bcd	66.54~108.344
平均数及多重比较 Mean and SSR _{0.05} comparison		65.809ef	84.143b	82.236bc	61.797 f	75.923 cd	110.170 a	67.319ef	70.905de		
变异范围 Range		50.558~88.668	62.702~130.055	67.726~110.262	45.674~85.133	53.333~95.764	74.385~136.681	48.685~79.942	49.933~101.145		

州市右玉县、贵州六盘水市水城县表现较低。根据蛋白质含量多重比较可将试点分7组:陕西省榆林市靖边县>新疆昌吉州奇台县、内蒙古乌兰察布市察哈尔右翼前旗>甘肃定西市>河北张家口市张北县、内蒙古呼和浩特市武川县、内蒙古赤峰市、新疆塔城>甘肃兰州市、贵州毕节威宁县、四川凉山州西昌市昭觉县、山西省晋中市、青海省西宁市互助县>山西大同市南郊、江苏省泰兴市、西藏山南地区乃东县、西藏自治区日喀则、山西朔州市右玉县>贵州六盘水市水城县。

2.2 甜荞产量和品质与生态因子和农艺性状的关系 据表5可知,产量与纬度、主茎节数、千粒重呈

不显著正相关,与海拔、主茎分枝数呈不显著负相关,而与单株粒数、单株粒重呈极显著正相关,相关系数分别为0.588^{**}、0.495^{**},与株高的相关达显著水平, $r=0.271^*$ 。在相关性显著的基础上经通径分析,结果显示:单株粒数对产量的直接通径效应达极显著水平,通径系数为 $P=1.479^{**}$;株高和单株粒重对产量直接通径效应为负。株高分别通过主茎节数($P=0.839$)、纬度($P=0.673$)、千粒重($P=0.612$)、海拔($P=0.288$)、主茎分枝数($P=0.172$)对也是影响黄酮含量的重要因素,在育种和栽培种需要加以适当考虑。

表5 各因素对产量、黄酮、蛋白质含量的相关系数及通径系数

Table 5 Correlation coefficient and path coefficient of the various factors corresponding to yield, flavonoid and protein contents

	与产量		与黄酮含量		与蛋白质含量		与三校标变量的间接通径系数								
	相关	直接通	相关	直接通	相关	直接通	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
	系数 CC	径系数 DPC	系数 CC	径系数 DPC	系数 CC	径系数 DPC									
x ₁	-0.018	0.447 ⁺	0.270 ⁺	-0.037	-0.084	-0.352		-0.994	-0.862	0.419	-0.272	0.262	0.022	-0.041	-0.623
x ₂	0.127	0.283	0.015	-0.004	0.212 ⁺	0.123	-0.518		-0.287	0.189	-0.197	0.319	0.012	-0.035	-0.393
x ₃	0.000	0.216	-0.330 ^{**}	-0.338	-0.067	-0.371	-0.578	-0.369		0.399	0.162	-0.204	0.038	-0.024	-0.282
x ₄	-0.001	0.098	0.123	0.175	0.046	0.180	0.127	0.109	0.180		0.133	0.047	-0.144	0.109	0.067
x ₅	0.196	-0.066	0.012	-0.070	-0.002	-0.430	-0.252	-0.350	0.224	0.408		0.708	0.015	0.008	-0.722
x ₆	0.271 ⁺	-0.090	0.138	0.239	0.064	0.053	0.288	0.673	-0.335	0.172	0.839		0.045	0.019	0.612
x ₇	0.588 ^{**}	1.479 ^{**}	-0.193	0.230	0.138	-0.047	0.055	0.057	0.145	-1.208	0.040	0.104		0.891	-0.739
x ₈	0.495 ^{**}	-0.852 ⁺	-0.205	-0.487	0.135	0.443	-0.116	-0.187	-0.101	1.015	0.023	0.049	0.989		1.097
x ₉	0.136	0.084	-0.132	-0.107	-0.136	-0.434 ^{**}	-0.207	-0.251	-0.140	0.073	-0.259	0.185	-0.097	0.129	

注: **表示在1%(双侧)水平上显著相关; *表示在5%(双侧)水平上显著相关。 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ 分别代表海拔、纬度、生育期均温、主茎分枝数、主茎节数、株高、单株粒数、单株粒重、千粒重; CC, DPC 分别代表相关系数和直接通径系数。

Note: ** means correlation is significant at the 1% level (2-tailed); * means correlation is significant at the 5% level (2-tailed). $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ represents elevation, latitude, mean temperature in the growth period, stem branch number, main stalk pitch number, plant height, grains per plant, grain weight per plant, 1000-grain weight, respectively; CC and DPC stands for correlation coefficient and direct path coefficient, respectively.

产量的正向间接通径作用造成株高和产量显著正相关。单株粒重分别通过千粒重($P=1.097$)、主茎分枝数($P=1.015$)、单株粒数($P=0.989$)对产量有正向间接通径作用造成单株粒重与产量极显著正相关。因此可以推论:单株粒数是增产的最重要因素,提高单株粒数是增产的最有效途径。单株粒重、株高对产量虽然直接作用为负,但有显著的正向间接作用并导致与产量正相关显著,也是影响产量的重要因素,在育种中也需要适当考虑。

黄酮含量与纬度、主茎分枝数、主茎节数及株高存在不显著正相关,与单株粒数、单株粒重及千粒重呈不显著负相关。黄酮含量与海拔呈显著正相关,相关系数分别为0.270*;与生育期均温的负相关达极显著水平,相关系数为-0.330**。在显著相关的基础上经通径分析发现:生育期均温对黄酮含量有显著负向直接效应,海拔对黄酮含量有负的直接效应,但主要分别通过主茎分枝数($P=0.419$)、株高($P=0.262$)对黄酮含量的间接正效应显著高于直接负效应导致与黄酮含量正相关显著。因此可以推论:生育期均温是影响黄酮含量的最重要因素,生育期间适当的低温有助于黄酮的积累。此外,海拔蛋白质含量与海拔、生育期均温、主茎节数、千粒重均呈现不显著负相关,与主茎分枝数、株高、单株粒数、单株粒重呈不显著正相关,而与纬度呈显著正相关, $r=0.212^*$ 。通径分析表明纬度的直接通径分析效应正向显著。显然,纬度是蛋白质含量的最主要因素,高纬度有利于蛋白质含量提高。

2.3 不同甜养品种对生态因子的敏感性分析

表6、7表明,海拔对大多数品种无显著影响,对

定甜2号和威甜1号的黄酮含量有正向显著影响,其相关系数和直接通径系数均为正,定甜2号($r=0.848^{**}, P=1.442$)、威甜1号($r=0.695^*, P=0.505$)。纬度对大多数品种无显著影响,但对定甜2号的蛋白质含量有正向显著影响,直接通径效应方向和相关系数效应方向一致,均为正向,相关系数和直接通径系数分别是 $r=0.672^{**}$ 和 $P=0.547$ 。生育期均温对大多数品种无显著影响,但对威甜1号的黄酮含量有负向显著影响,直接通径效应方向和相关系数效应方向一致,均为负向,相关系数和直接通径系数分别是 $r=-0.730^*$ 和 $P=-0.377$ 。因此,不同品种的品质对生态因子的敏感性不同,定甜2号和威甜1号对生态因子的敏感性较强。

表6、7显示,主茎分枝数、主茎节数、株高、千粒重对8个试验甜养品种都无显著影响。单株粒数对8个品种都有程度不同显著影响,其中单株粒数对丰甜1号、信农1号、定甜2号、榆养4号、威甜1号的产量有正向的显著影响,对北早生的黄酮含量有负向的显著影响,对宁养1号的蛋白质含量有正向显著影响。单株粒重对赤甜1号、定甜2号、威甜1号的产量有正向显著影响,对北早生的黄酮含量有负向的显著影响,对其它品种无显著影响。上述结果显示,不同品种的产量和品质主要农艺性状影响因素有一定的差异。

3 结论与讨论

关于荞麦种子中的黄酮含量,甜养种子黄酮含

量一般在 0.05% ~ 1.00% (陈庆富, 2008)。时政等 (2011) 对贵州省不同生态区甜荞麦蛋白质、黄酮含量变异研究, 表明 7 个被试甜荞品种的黄酮含量变异范围为 0.04% ~ 0.25%, 品种间以威甜 2 号含量

表 6 各因素与不同品种的产量、黄酮、蛋白质含量的相关系数

Table 6 Correlation coefficient of various factors on the yield, flavonoids and protein contents of different varieties

品种 Cultivar	指标类型 Index types	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
TQ-1	y ₁	-0.143	0.050	0.259	-0.080	0.271	0.143	0.589 ⁺	0.470	0.104
	y ₂	0.042	0.211	-0.162	-0.088	0.381	0.458	-0.325	-0.250	-0.035
	y ₃	-0.261	0.536	-0.132	0.237	0.138	0.372	0.422	0.351	-0.096
TQ-2	y ₁	-0.208	0.336	0.169	-0.136	0.143	0.300	0.624 ⁺	0.435	0.187
	y ₂	-0.370	0.395	0.256	0.061	0.479	0.500	0.191	-0.027	-0.021
	y ₃	0.164	-0.068	-0.236	0.154	0.381	0.273	0.302	0.467	-0.238
TQ-3	y ₁	-0.144	0.212	0.064	-0.004	0.432	0.441	0.596 ⁺	0.588 ⁺	0.246
	y ₂	0.227	0.446	-0.258	0.146	0.145	0.327	-0.140	-0.074	-0.261
	y ₃	-0.423	0.397	0.287	0.063	-0.249	-0.391	-0.021	0.089	-0.005
TQ-4	y ₁	0.141	0.065	-0.230	0.372	0.235	0.417	0.735 ⁺	0.729 ⁺	0.071
	y ₂	0.848 ^{**}	-0.393	-0.447	0.311	-0.288	0.101	-0.225	-0.220	-0.207
	y ₃	-0.445	0.672 ⁺	0.096	-0.102	0.215	0.307	0.268	0.185	-0.089
TQ-5	y ₁	0.029	0.242	-0.201	-0.162	0.074	0.153	0.405	0.327	-0.164
	y ₂	-0.244	0.563	-0.116	0.243	0.489	0.411	-0.181	-0.261	-0.064
	y ₃	-0.299	0.518	-0.217	-0.168	0.478	0.486	0.614 ⁺	0.486	-0.226
TQ-6	y ₁	0.225	0.112	-0.313	0.328	0.318	0.302	0.378	0.335	0.358
	y ₂	0.253	0.185	-0.541	-0.003	-0.250	-0.189	-0.677 ⁺	-0.662 ⁺	-0.371
	y ₃	-0.436	0.534	0.049	-0.108	0.161	0.121	0.367	0.317	-0.111
TQ-7	y ₁	-0.234	0.239	0.015	-0.163	-0.039	0.198	0.751 ⁺	0.624	0.561
	y ₂	0.286	0.059	-0.460	-0.186	0.258	0.405	-0.157	-0.037	-0.266
	y ₃	-0.017	0.533	-0.428	0.147	0.362	0.598	0.446	0.299	0.201
TQ-8	y ₁	0.497	-0.432	-0.139	0.007	0.216	0.359	0.742 ⁺	0.680 ⁺	-0.156
	y ₂	0.695 ⁺	-0.223	-0.730 ⁺	0.256	0.135	0.365	-0.451	-0.466	-0.156
	y ₃	0.304	-0.057	-0.227	0.030	-0.015	0.186	0.245	0.157	-0.517

注: y₁ 代表产量, y₂ 代表黄酮含量, y₃ 代表蛋白质含量; ** 表示在 1% (双侧) 水平上显著相关, * 表示在 5% (双侧) 水平上显著相关。

Note: y₁ stands for yield, y₂ stands for flavonoid content, y₃ stands for protein content; ** means correlation is significant at the 1% level (2-tailed), * means correlation is significant at the 5% level (2-tailed).

表 7 各因素对不同品种的产量、黄酮、蛋白质含量的直接通径系数

品种 Cultivar		指标类型 Index types	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
TQ-1	y ₁	0.772	0.360	0.439	0.337	0.869	-0.441	5.829	-5.746	0.720	0.975
TQ-2	y ₁	0.650	0.235	0.915	0.060	-0.986	0.859	1.620	-0.938	-0.085	0.793
TQ-3	y ₁	0.676	0.459	0.118	-0.348	0.982	-0.650	-0.009	0.381	0.375	0.458
TQ-4	y ₁	0.091	0.177	-0.210	0.372	-0.215	0.633	0.424	0.329	-0.127	0.932
	y ₂	1.442	0.325	0.538	0.398	-0.982	0.871	0.405	-0.563	-0.191	0.981
	y ₃	-0.350	0.547	-0.313	-0.348	-0.137	0.672	0.702	-0.668	-0.239	0.791
TQ-5	y ₃	-0.710	-0.083	-1.202	0.458	0.050	-0.804	3.685	-2.793	-0.144	0.926
TQ-6	y ₂	-0.314	0.508	-0.851	-0.321	0.481	-0.578	-4.285	3.798	-0.260	0.950
TQ-7	y ₁	-0.462	0.029	-0.332	0.139	-0.155	0.008	1.484	-0.884	0.182	0.760
TQ-8	y ₁	1.027	0.035	0.652	0.996	-0.563	0.351	6.444	-5.612	0.479	0.983
	y ₂	0.505	0.173	-0.377	0.565	-0.005	1.114	5.710	-6.711	0.844	0.985

注: y₁ 代表产量, y₂ 代表黄酮含量, y₃ 代表蛋白质含量。

Note: y₁ stands for yield, y₂ stands for flavonoid content, y₃ stands for protein content.

较高, 不同生态区以六盘水地区荞麦籽粒中黄酮含量较高; 甜荞蛋白质含量变异范围为 13.79%

~ 20.96%, 品种间以平荞 2 号含量较高, 不同生态区以威宁地区荞麦的蛋白质含量较高; 而本研究发

现 8 个甜荞品种在 19 地点黄酮含量变异范围为 0.03% ~ 0.92%, 这与陈庆富(2008) 结果相符, 品种间以威甜 1 号黄酮含量较高, 不同地点以西藏自治区日喀则荞麦黄酮含量较高。蛋白质含量变异范围 45.67 ~ 136.68 mg/g, 即 4.57% ~ 13.67%, 品种间以北早生蛋白质含量较高、不同地点以陕西省榆林市靖边县的荞麦蛋白质含量较高。造成差异的原因, 本研究选取的试验品种以及地点与时政等(2011) 研究不同, 不同品种自身遗传因素以及不同地点的环境因素都可能对黄酮、蛋白质含量有不同影响, 部分地点遭受灾害可能对结果产生影响。本研究选取 8 个优良甜荞品种进行全国范围的品质变异研究, 并分析了各地生态因子(海拔、纬度、生育期均温) 对甜荞品质影响, 可为品种种植区划和合理布局提供参考。

杨克理等(1990) 对普通荞麦研究表明分枝区长度、株高对小区产量的直接作用和净作用都比较大。唐国顺等(1996) 研究表明以始花期对单株产量直接效应值最大、其次是生育期、主茎节数居三, 育种应以始花晚、生长期长些、千粒重高的品种为选择目标, 同时兼顾一定水平的主茎节数。吴渝生(1996) 研究发现在荞麦育种中, 选择生育期长, 其中营养生长期较长, 千粒重较高, 而分枝数、株粒数和单株叶面积适当的材料, 容易获得高产品种。张春明等(2011) 研究表明甜荞产量与相关因素的灰色关联度大小依次为: 主茎分枝>株高>主茎节数>簇花数>千粒质量>生育期>单株粒质量>结实率>单株花簇数。肖彦德等(1998) 对 24 个普通荞麦运用相关及通径分析表明株粒数为影响荞麦产量的重要因素。张雄等(1997) 对 7 个甜荞品种主要数量性状的灰色关联分析发现, 关联度大小依次为单株粒数>株高>全生育期天数>主茎节数>单株分枝>千粒重, 单株粒数是产量的主要因素。孟第尧等(1998) 对 24 个甜荞品种产量的主成份分析发现株粒数、有效花序是产量形成的主要成分。本研究发现单株粒数是甜荞增产最重要因素, 提高单株粒数是增产的最有效途径, 适当兼顾单株粒重、株高, 与上述已有的报道基本一致。

另外, 生态因子、农艺性状、产量构成因素对产量、黄酮、蛋白质含量相关性和通径分析相关报道较少, 本研究表明: 生育期均温是影响黄酮含量的重要因素, 生育期间适当的低温有助于黄酮的积累; 纬度是蛋白质含量的主要因素, 高纬度利于蛋白质含量提高。

关于不同甜荞品种对生态因子的敏感性研究报道

很少。本文对各个品种与生态因子相关和通径分析, 进而对荞麦品种对生态因子的敏感性分析, 发现不同品种对海拔、纬度、生育期均温敏感性不同。对其中的敏感品种, 在栽培上可以考虑制定推广区域的方式以提高这些品种的产量和品质。而在育种上, 可以考虑培育对生态因子敏感性低、产量和品质稳定的品种, 以便有最广阔的栽培区试, 对农业生产有一定的意义。

致谢 感谢国家现代农业产业体系 2011 年全国荞麦品种展示各承担单位提供种子和相关资料。

参考文献:

- 任树华. 1992. 甜荞单株产量构成因素通径分析 [J]. 第五届国际荞麦会议论文集: 218-220
- 李秀莲, 林如法, 乔爱花. 1997. 苦荞主要性状的相关及通径分析 [J]. 国外农学-杂粮作物, (2): 25-27
- 杨克理, 陆大彪, 赵兴泉. 1990. 普通荞麦品种若干数量性状的相关和通径分析 [J]. 内蒙古农业科技, (1): 11-14
- 时政, 黄凯丰, 王莹, 等. 2011. 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, 39(4): 70-72
- 吴渝生. 1995. 苦荞主要农艺性状的遗传相关分析 [J]. 荞麦动态, (1): 5-9
- 陈庆富. 2012. 荞麦属植物科学 [M]. 北京: 科学出版社: 1-9
- 陈庆富. 2008. 荞麦生产 100 问 [M]. 贵州: 贵州民族出版社: 1-2
- 张以忠, 陈庆富. 2004. 荞麦研究的现状与展望 [J]. 种子, 23(3): 39-42
- 张志良, 瞿伟菁. 2003. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社: 160-161
- 张雄, 柴岩, 封山海, 等. 1997. 甜荞主要数量性状的灰色关联分析 [J]. 陕西农业科学, (6): 1-2
- 孟第尧, 张先炼. 1998. 普通甜荞产量的主成分分析 [J]. 上海师范大学学报, 27(4): 50-53
- 侯野敏子, 孙小军, 徐正进. 1992. 世界荞麦研究动向 [J]. 世界农业, (1): 25-26
- 唐国顺, 毛建昌. 1996. 大巴山区荞麦种质资源主要农艺性状与单株产量的通径分析 [J]. 陕西农业科学, (4): 10-11
- Li XL(李秀莲), Lin RF(林如法), Qiao AH(乔爱花). 1997. A study on heritability and genetic correlation of main characters in tartary buckwheat(苦荞主要性状遗传力和遗传相关研究) [J]. J Shanxi Agric Sci(山西农业科学), 25(4): 20-22
- Li Y(李月), Shi TX(石桃雄), Huang KF(黄凯丰), et al. 2013. The correlation analysis of tartary buckwheat seed yield with main ecological factors and agronomic traits(苦荞生态因子及农艺性状与产量的相关分析) [J]. Southwest Chin J Agric Sci(西南农业学报), 26(1): 35-41
- Ling YX(凌永霞), Huang KF(黄凯丰), Chen QF(陈庆富). 2011. Comparison of two methods for measuring flavonoid content of *Fagopyrum megaspartanum* leaves(2 种提取方法测定大野荞植物叶中的黄酮含量) [J]. J Anhui Agric Sci(安徽农业科学), 39(13): 7 768-7 770
- Luo Y(罗燕), Ao XC(敖学成). 2012. Correlation coefficient path analysis on the plant traits and seed generating amount of tartary buckwheat in autumn sowing(秋播苦荞麦单株性状与株产种量的相关通径分析) [J]. J Forage & Feed(牧草与饲料), 6(2): 31-34

(下转第 495 页 Continue on page 495)

- Chapin FS III, Matson PA, Mooney HA. 2002. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology [M]. New York: Springer-Verlag, Inc: 298
- Einsmann JC, Jones RH, Mou P, et al. 1999. Nutrient foraging traits in 10 co-occurring plant species of contrasting life forms [J]. *J Ecol*, 87(4): 609-619
- Eissenstat DM, Van Rees KCJ. 1994. The growth and function of pine roots [J]. *Ecol Bull*, 43: 76-91
- Hättenschwiler S, Tiunov AV, Scheu S. 2005. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems [J]. *Ann Rev Ecol Evol Syst*, 36: 191-218
- Idol TW, Pope PE, Ponder JF. 2000. Fine root dynamics across a chronosequence of upland temperate deciduous forests [J]. *For Ecol Manag*, 127(1-3): 153-167
- Law BE, Ryan MG, Anthoni PM. 1999. Seasonal and annual respiration of a ponderosa pine ecosystem [J]. *Glob Change Biol*, 5(2): 169-182
- Lin B(林波), Liu Q(刘庆), Wu Y(吴彦), et al. 2003. Effect of forest litters on soil physical and chemical properties in subalpine coniferous forests of western Sichuan(川西亚高山针叶林凋落物对土壤理化性质的影响) [J]. *Chin J Appl Environ Biol(应用与环境生物学报)*, 9(4): 346-351
- Usman S, Singh SP, Rawat YS, et al. 2000. Fine root decomposition and nitrogen mineralisation patterns in *Quercus leucotrichophora* and *Pinus roxburghii* forests in central Himalaya [J]. *For Ecol Manag*, 131(1-3): 191-199
- Vogt KA, Vogt DJ, Palmiotto PA, et al. 1996. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species [J]. *Plant & Soil*, 187(2): 159-219
- Wang H, Liu SR, Mo JM, et al. 2010. Soil organic carbon stock and chemical composition in four plantations of indigenous tree species in subtropical China [J]. *Ecol Res*, 25(6): 1 071-1 079
- Wang SL(汪思龙), Chen CY(陈楚莹). 1992. Buffering of forest litter to soil acidification and its effect on root growth(凋落物对土壤酸化的缓冲及其对根系生长的影响) [J]. *Chin J Ecol(生态学杂志)*, 11(4): 11-17
- Xu QF(徐秋芳), Qian XB(钱新标), Gui ZY(桂祖云). 1998. Effects of litter decomposition of different stands on soil properties(不同林木凋落物分解对土壤理化性质的影响) [J]. *J Zhejiang For Coll(浙江林学院学报)*, 15(1): 27-31
- Yan ER(阎恩荣), Wang XH(王希华), Zhou W(周武). 2008. Characteristics of litterfall in relation to soil nutrients in mature and degraded evergreen broad-leaved forests of Tiantong, east China(天童常绿阔叶林不同退化群落的凋落物特征及与土壤养分动态的关系) [J]. *J Plant Ecol(植物生态学报)*, 32(1): 1-12
- Yin XQ(殷秀琴), Song B(宋博), Qiu LL(邱丽丽). 2007. Dynamic characteristics of N, P, K in the litter-soil fauna-soil system of mixed *Pinus koraiensis* and broad-leaved forest(红松阔叶混交林凋落物-土壤动物-土壤系统中 N、P、K 的动态特征) [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 27(1): 128-134
- Zak DR, Holmes WE, White DC, et al. 2003. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links? [J]. *Ecology*, 84(8): 2 042-2 050
- Zhang PJ(张平究), Pan GX(潘根兴). 2012. Characteristics of soil nutrients and biochemical properties under different vegetation communities in karst area(不同植被群落下喀斯特土壤养分及生物化学性质特征) [J]. *J Soil & Water Cons(水土保持学报)*, 26(1): 77-80
- Zhang XP(张小朋), Yin Y(殷有), Yu LZ(于立忠), et al. 2010. Influence of water and soil nutrients on biomass and productivity of fine tree roots: a review(土壤水分与养分对树木细根生物量及生产力的影响) [J]. *J Zhejiang For Coll(浙江林学院学报)*, 27(4): 606-613
- Zhang XQ(张小全). 2001. Fine-root biomass, production and turnover of trees in relations to environmental conditions(环境因子对树木细根生物量、生产与周转的影响) [J]. *For Res(林业科学研究)*, 14(5): 566-573

(上接第 474 页 Continue from page 474)

- Piao SL, Li LH. 2001. The actuality of produce and exploitation of *Fagopyrum* in China [J]. *Adv Buckwh Res*, 8: 571-576
- Shi Z(时政), Huang KF(黄凯丰), Chen QF(陈庆富). 2011. Preliminarily analysis on the yields of tartary buckwheat of different ecological regions in Guizhou Province(贵州不同生态区苦荞产量性状形成的初步分析) [J]. *J Sichuan Univ(四川大学学报)*, 48(5): 1 221-1 226
- Wu YS(吴渝生). 1996. Genetic correlation of main agronomic character on buckwheat(荞麦主要农艺性状的遗传相关分析) [J]. *J Yunnan Agric Univ(云南农业大学学报)*, 11(4): 258-262
- Xiao YD(肖彦德), Zhang YW(张艳伟), Gao JX(高景秀), et al. 1998. The path analysis of seven traits of buckwheat output(荞麦性状对产量影响的通径分析) [J]. *J Zhelimu Anim Husb Coll(哲里木畜牧学院学报)*, 8(3): 28-31
- Yu WL(于万利), Wang SY(王思远), Li DS(李殿申), et al. 1992. Analysis to correlativity of setting properties on buckwheat(甜荞产量性状相关性分析) [J]. *J Jilin Agric Univ(吉林农业大学学报)*, 14(3): 20-24
- Zhao JD(赵建东). 2002. A study on ecological characters to temperature of sweet buckwheat varieties(甜荞品种温度生态特性的研究) [J]. *Rain Fed Crops(杂粮作物)*, 22(4): 208-209
- Zhang CM(张春明), Zhang YW(张耀文), Zhao XY(赵雪英), et al. 2011. Yield relating factors analysis of common buckwheat lines(甜荞品系的产量相关因素分析) [J]. *J Shanxi Agric Sci(山西农业科学)*, 39(2): 109-112