

饶庆琳,陈其皎,陈庆富. 薄壳苦荞品系籽粒总黄酮含量变异及与主要产量构成要素间的相关性[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):333-336.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.097

# 薄壳苦荞品系籽粒总黄酮含量变异及与主要产量构成要素间的相关性

饶庆琳, 陈其皎, 陈庆富

(贵州师范大学荞麦产业技术研究中心, 贵州贵阳 550001)

**摘要:**以 100 份薄壳苦荞高代稳定品系为试验材料,测定其在同一栽培条件下籽粒的总黄酮含量,并分析其与主要产量构成要素之间的相关关系。结果表明:薄壳苦荞品系总黄酮变异范围为 11.5 ~ 29.11 mg/g,平均值是 20.78 mg/g;百粒质量的变异范围为 1.00 ~ 1.56 g,平均值是 1.31 g;10.00 g 种子的米粒质量的变异范围为 7.8 ~ 8.84 g,平均值是 8.36 g;果壳质量的变异范围为 1.09 ~ 1.90 g,平均值是 1.46 g;果壳率的变异范围为 0.11% ~ 0.19%,平均值是 0.15%;百粒米质量的变异范围为 0.83 ~ 1.32 g,平均值是 1.12 g。性状相关分析表明,籽粒总黄酮含量与米粒质量呈极显著正相关, $r=0.289^{**}$ ,与果壳质量( $r=-0.211^{*}$ )和果壳率( $r=-0.209^{*}$ )呈显著负相关;薄壳苦荞品系的果壳率与米粒质量呈显著负相关, $r=-0.871^{**}$ ,与果壳质量呈显著正相关, $r=0.978^{**}$ ;百粒米质量和百粒质量、米粒质量呈显著正相关, $r=0.972^{**}$ 和  $0.328^{**}$ ,和果壳质量、果壳率呈显著负相关, $r=-0.260^{**}$ 和  $-0.261^{**}$ 。上述结果对薄壳苦荞高代稳定品系和高黄酮育种具有重要的参考价值。

**关键词:**薄壳苦荞;总黄酮含量;产量因素;相关分析;通径分析

**中图分类号:** S517.03      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0333-04

荞麦起源于我国,在世界上广泛分布,属于蓼科(Polygonaceae)荞麦属(*Fagopyrum* Mill)双子叶植物。荞麦属有 2 个栽培种:甜荞(*F. esculentum* Moench)和苦荞[*F. tataricum* (L.) Gaertn],鞑靼荞麦是苦荞的汉语译名<sup>[1]</sup>。由于苦荞富含黄酮(芸香苷)、蛋白质、淀粉等营养成分,便赋予了它显著的降血压、降血脂、降血清胆固醇等功效<sup>[2]</sup>。黄酮含量的多少是衡量荞麦品质优劣的重要参数之一<sup>[3]</sup>。苦荞籽粒

的黄酮含量是甜荞籽粒黄酮含量的 5~10 倍,在保健上被认为具有较大的潜力。目前生产上的苦荞品种大都是难脱壳的厚壳型,只有少数品种具有薄壳特性,成为薄壳苦荞类型。薄壳苦荞品种分布面积小的主要原因是迟熟、适应性差、小粒、低产等。

陈庆富等通过薄壳苦荞与常规苦荞品种之间的有性杂交,培育出了大量的遗传稳定的薄壳苦荞新品系,并研究发现苦荞的薄壳与厚壳是相对性状,薄壳性状是由 1 对隐性基因控制的。薄壳型苦荞同时具有小粒特征,其平均单株产量比厚壳类型低 26%~40%,但是其变异幅度的最大值超过苦荞平均水平的 2 倍<sup>[4]</sup>,暗示薄壳苦荞的产量潜力,通过育种可以达到常规苦荞水平。通常情况下,苦荞的果壳率为 30% 左右,并且壳厚坚韧,很难脱壳形成整苦荞米<sup>[5]</sup>,而薄壳苦荞的果壳率仅为 15% 左右,且壳薄易脱去形成生苦荞米,对苦荞厚壳特性进行了改良,使之便于加工,不仅解决了苦荞难脱壳的问题,而且大幅降低脱壳成本,可显著提高经济效益。特别

收稿日期:2016-04-02

基金项目:国家自然科学基金(编号:31471562,31171609);国家现代农业产业技术体系专项资金(编号:CARS-08-A4);贵州省高层次人才培养计划(编号:黔科合人才[2015]4020号);贵州省荞麦工程技术研究中心(编号:黔科合农 G 字[2015]4003号)。

作者简介:饶庆琳(1989—),女,贵州开阳人,硕士研究生,研究方向为荞麦遗传育种。E-mail:raoqinglin89@163.com。

通信作者:陈庆富,教授,研究方向为荞麦遗传育种。E-mail:cqf1966@163.com。

[S]. 2014.

[2]何瑞琪,郭善广,符小燕,等. 乳酸和醋酸钠对冰鲜鸡保鲜效果的影响[J]. 食品与机械,2010,26(1):141-144.

[3]徐幸莲. 改善传统活禽售卖方式,实行定点屠宰,发展冰鲜禽生产[J]. 中国禽业导刊,2004,21(14):16.

[4]柳一书. 冷鲜鸡:放心、安全、口感营养俱佳——上海旺园家禽养殖专业合作社理事长陈印权专访[J]. 商业企业,2015(1):34-37.

[5]曹志超. 不同冷却方式对鸭肉品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2010.

[6]宋爽,刘宇,许峰,等. 二氧化氯消毒剂对食用菌细菌性褐斑病原菌的防治效果[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):114-115.

[7]范京辉,张永华. 冷鲜鸡的质量要求及其影响因素[J]. 杭州农

业科技,2014(3):23-25.

[8]GB/T 4789.2—2010 食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 2010.

[9]GB/T 4789.3—2010 食品微生物学检验 大肠菌群计数[S]. 2010.

[10]GB/T 4789.15—2010 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数[S]. 2010.

[11]Gill C O. Extending the storage life of raw chilled meats[J]. Meat Science,1996,43(1):99-100.

[12]Owens C M, Hirschler E M, McKee S R, et al. The characterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant[J]. Poultry Science,2000,79(4):553-558.

是增加米粒黄酮含量可进一步提升薄壳苦荞的品质,增加其保健功能,对苦荞品质育种有重要意义。

薄壳苦荞果壳薄,易开裂,具有良好的加工属性,近年来有关该类型材料的研究正逐步深入。陈庆富等研究发现厚壳苦荞的果壳率 $>20\%$ ,薄壳苦荞的果壳率 $<20\%$ <sup>[4]</sup>。王安虎等研究发现苦荞种壳厚、不易脱壳,限制了苦荞产品的精加工和深加工,而米荞 1 号是一个薄壳苦荞品种,其出粉率高达 $80.3\%$ <sup>[6]</sup>,比推广的苦荞品种川荞 1 号 ( $62.31\%$ ) 高 $28.59\%$ ,比西荞 1 号 ( $65.19\%$ ) 高 $22.92\%$ ,比原种旱苦荞 ( $66.45\%$ ) 高 $20.59\%$ <sup>[7]</sup>。目前,关于薄壳苦荞总黄酮含量的研究甚少,王安虎经过测定,米荞 1 号成株期茎秆、叶片、花、种子在不同生态环境中平均总黄酮含量依次为 $1.38\%$ 、 $3.608\%$ 、 $4.47\%$ 、 $1.913\%$ <sup>[8]</sup>,而国家种质资源库中普通栽培苦荞核心种质的芦丁含量范围是 $1.4948\% \sim 1.6244\%$ 。在苦荞生物类黄酮中,芦丁占 $70\% \sim 85\%$ <sup>[9]</sup>。目前,关于薄壳苦荞的相关研究大多数仅涉及单一的薄壳苦荞品种,在材料数量及研究方向上显得不够系统。本试验拟对 100 个薄壳苦荞品系籽粒总黄酮含量变异及其与产量要素间的相关性进行研究,以便对薄壳苦荞遗传育种提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本试验所用的 100 份薄壳苦荞高代品系均由贵州师范大学荞麦产业技术研究中心提供,为小米荞/晋荞 2 号杂交后代( $F_6$ )中的性状稳定的薄壳苦荞型品系,相关信息见表 1。供试材料于 2015 年 3 月栽培于贵州师范大学荞麦产业技术研究中心百宜基地,每个品系按行距 30 cm 种植,小区行宽 2 m,常规田间管理。同年 7 月于成熟期收获种子,经常温(夏季)风干后保存备用。

### 1.2 方法

1.2.1 籽粒制粉 将统一收获的种子风干保存,每个品系各取 10 g,人工去壳,荞米和果壳分别装入种子袋,并对荞米经 100 目筛进行制粉。

1.2.2 总黄酮及其他产量性状测定 将称质量后的米荞粉密封,由西安国联质量检测技术有限公司利用分光光度法测定总黄酮含量,测定采用 3 次重复。取 10 g 种子  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘干至恒质量,粉碎后过 100 目筛,准确称取 0.3 g 干粉,溶于体积分数为 60% 的乙醇中,固液比  $1\text{ g}:20\text{ mL}$ ;温度  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,每次 20 min,提取 3 次,超声波功率 178.5 W,超声提取前静置 5 min,提取液 2 000 r/min 离心 3 min;合并提取液,准确吸取提取液 0.5 mL,加入 5% 的  $\text{NaNO}_2$  0.3 mL,摇匀,放置 6 min;再加入 10% 的  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  0.3 mL,摇匀,放置 6 min,然后加入 1.0 mol/L 的 NaOH 4.0 mL,最后用 60% 乙醇定容至刻度,摇匀,静置 20 min,510 nm 下测定吸光度,利用标准曲线求得黄酮含量。

挑选一致的种子,称取百粒质量,手工去壳,称取米粒质量、果壳质量。均从同一材料取 3 份样品进行重复测定。百粒质量统计方法为:从收回的种子中挑选饱满并大小一致的 100 粒种子称质量;米粒质量和果壳质量的统计方法为:精确称取 10 g 种子,人工去壳,再分别称取米粒和果壳的质量;荞麦果壳率按公式(1)计算<sup>[1]</sup>。以上所有数据均精确到 2 位小数。

$$\text{荞麦果壳率} = \frac{\text{百粒荞麦籽粒果壳质量}}{\text{百粒荞麦籽粒质量}} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.3 数据分析 采用 WPS office 软件进行数据处理,利用 SPSS 17.0 对数据进行描述性统计分析、Pearson 相关性分析、通径分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 薄壳苦荞品系黄酮含量及主要产量相关因素的变异

100 份薄壳苦荞品系的黄酮含量及产量组分的考察数据见表 1、表 2 和图 1。结果显示,总黄酮、百粒质量、米粒质量、果壳质量、果壳率、百粒米质量均符合正态分布。参试 100 份薄壳苦荞总黄酮变异范围为  $11.5 \sim 29.11\text{ mg/g}$ ,平均值是  $20.78\text{ mg/g}$ ,1503 米-21 含量最高,1503 米-95 含量最低;百粒质量的变异范围为  $1 \sim 1.56\text{ g}$ ,平均值是  $1.31\text{ g}$ ,1053 米-42 含量最高,1503 米-56 含量最低;米粒质量的变异范围为  $7.8 \sim 8.84\text{ g}$ ,平均值是  $8.36\text{ g}$ ,1503 米-4 含量最高,1503 米-81 含量最低;果壳质量的变异范围为  $1.09 \sim 1.9\text{ g}$ ,平均值是  $1.46\text{ g}$ ,1503 米-72 含量最高,1503 米-8 含量最低;果壳率的变异范围是  $0.11 \sim 0.19$ ,平均值是  $0.15$ ,1503 米-72/97/143 含量最高,1503 米-27 含量最低;百粒米质量的变异范围为  $0.83 \sim 1.32\text{ g}$ ,平均值是  $1.12\text{ g}$ ,1503 米-5 含量最高,1503 米-56 含量最低。

### 2.2 薄壳苦荞品系种子黄酮含量及主要产量性状的变异

根据表 1 中的数据向量,可计算各指标之间的相关系数,结果见表 3。由表 3 可知,总黄酮与米粒质量的相关系数  $r = 0.289^{**}$ ,差异极显著,即两者存在极显著的线性正相关关系,但是与果壳质量( $r = -0.211^{*}$ )和果壳率( $r = -0.209^{*}$ )为显著的负相关关系,与其他参数不显著相关;果壳质量与果壳率存在极显著正相关, $r = 0.978^{**}$ ,与米粒质量存在极显著负相关, $r = -0.821^{**}$ ;果壳率与米粒质量存在极显著负相关, $r = -0.871^{**}$ ;百粒米质量与百粒质量( $r = 0.972^{**}$ )、米粒质量( $r = 0.328^{**}$ )为极显著的线性正相关关系,而与果壳质量( $r = -0.260^{**}$ )、果壳率( $r = -0.261^{**}$ )为极显著负相关关系。

### 2.3 产量性状与籽粒总黄酮间的通径分析

以黄酮含量为  $y$ ,以百粒质量为  $x_1$ ,米粒质量为  $x_2$ ,果壳质量为  $x_3$ ,果壳率为  $x_4$ ,百粒米质量为  $x_5$ ,剔除不显著变量后,所得回归方程为: $y = -18.809 + 4.739x_2$ ,标准误差为 1.585。通径分析显示,自变量  $x_2$  与  $y$  之间的相关系数为 0.289。

## 3 讨论

已有研究表明,荞麦是禾谷类及拟禾谷类作物中黄酮含量最高的粮食作物,其中,甜荞籽粒中的总黄酮含量最高为 $0.562\%$ <sup>[10]</sup>,一般都低于 $0.5\%$ ;苦荞籽粒总黄酮含量显著高于甜荞,多数为 $1\% \sim 2\%$ ,如威苦 02-286 黄酮含量为 $1.463\%$ ,六苦 4 号为 $1.879\%$ ,凉苦-4 为 $1.642\%$ <sup>[11]</sup>。本研究采用的薄壳苦荞品系总黄酮平均含量为 $11.5\text{ mg/g}$ ( $1.15\%$ ),最高可达 $29.11\text{ mg/g}$ ( $2.911\%$ )。研究结果为我国高黄酮荞麦品种的选育提供了重要的骨干材料,同时,也为荞麦高黄酮形成相关候选基因的发掘与利用提供了重要参

表 1 薄壳苦荞的黄酮含量和产量组分

| 编号        | 百粒质量(g) | 米粒质量(g) | 果壳质量(g) | 果壳率(%) | 百粒米质量(g) | 总黄酮(mg/g) |
|-----------|---------|---------|---------|--------|----------|-----------|
| 1503 米-2  | 1.37    | 8.62    | 1.35    | 13.54  | 1.18     | 19.36     |
| 1503 米-4  | 1.14    | 8.84    | 1.25    | 12.39  | 1.00     | 24.18     |
| 1503 米-5  | 1.52    | 8.69    | 1.35    | 13.45  | 1.32     | 22.38     |
| 1503 米-6  | 1.34    | 8.66    | 1.37    | 13.66  | 1.16     | 26.56     |
| 1503 米-8  | 1.21    | 8.83    | 1.09    | 10.99  | 1.08     | 21.33     |
| 1503 米-9  | 1.28    | 8.77    | 1.19    | 11.95  | 1.13     | 27.61     |
| 1503 米-10 | 1.39    | 8.35    | 1.4     | 14.36  | 1.19     | 25.03     |
| 1503 米-12 | 1.35    | 8.57    | 1.47    | 14.64  | 1.15     | 22.75     |
| 1503 米-13 | 1.42    | 8.54    | 1.53    | 15.19  | 1.20     | 23.05     |
| 1503 米-14 | 1.44    | 8.63    | 1.41    | 14.04  | 1.24     | 22.15     |
| 1503 米-16 | 1.41    | 8.60    | 1.41    | 14.09  | 1.21     | 25.89     |
| 1503 米-17 | 1.39    | 8.49    | 1.52    | 15.18  | 1.18     | 24.05     |
| 1503 米-18 | 1.36    | 8.59    | 1.45    | 14.44  | 1.16     | 25.18     |
| 1503 米-20 | 1.30    | 8.46    | 1.50    | 15.06  | 1.10     | 21.73     |
| 1503 米-21 | 1.40    | 8.56    | 1.36    | 13.71  | 1.21     | 29.11     |
| 1503 米-23 | 1.38    | 8.47    | 1.44    | 14.53  | 1.18     | 17.76     |
| 1503 米-26 | 1.37    | 8.37    | 1.63    | 16.30  | 1.15     | 28.06     |
| 1503 米-27 | 1.33    | 8.79    | 1.14    | 11.48  | 1.18     | 20.70     |
| 1503 米-29 | 1.36    | 8.24    | 1.71    | 17.19  | 1.13     | 15.39     |
| 1503 米-30 | 1.28    | 8.32    | 1.58    | 15.96  | 1.08     | 18.33     |
| 1503 米-31 | 1.34    | 8.52    | 1.33    | 13.50  | 1.16     | 21.43     |
| 1503 米-34 | 1.46    | 8.23    | 1.65    | 16.70  | 1.22     | 28.15     |
| 1503 米-35 | 1.41    | 8.34    | 1.5     | 15.24  | 1.20     | 19.31     |
| 1503 米-36 | 1.51    | 8.55    | 1.34    | 13.55  | 1.31     | 22.97     |
| 1503 米-37 | 1.28    | 8.45    | 1.50    | 15.08  | 1.09     | 16.88     |
| 1503 米-39 | 1.32    | 8.26    | 1.75    | 17.48  | 1.09     | 16.38     |
| 1503 米-40 | 1.12    | 8.23    | 1.63    | 16.53  | 0.93     | 22.75     |
| 1503 米-41 | 1.42    | 8.22    | 1.64    | 16.63  | 1.18     | 20.04     |
| 1503 米-42 | 1.56    | 8.30    | 1.60    | 16.16  | 1.31     | 18.75     |
| 1503 米-43 | 1.36    | 8.68    | 1.22    | 12.32  | 1.19     | 17.38     |
| 1503 米-44 | 1.20    | 8.61    | 1.28    | 12.94  | 1.04     | 24.06     |
| 1503 米-45 | 1.27    | 8.26    | 1.63    | 16.48  | 1.06     | 19.79     |
| 1503 米-46 | 1.33    | 8.33    | 1.45    | 14.83  | 1.13     | 18.96     |
| 1503 米-49 | 1.29    | 8.08    | 1.71    | 17.47  | 1.06     | 15.02     |
| 1503 米-50 | 1.24    | 8.35    | 1.48    | 15.06  | 1.05     | 24.36     |
| 1503 米-51 | 1.25    | 8.38    | 1.44    | 14.66  | 1.07     | 18.58     |
| 1503 米-54 | 1.21    | 8.46    | 1.43    | 14.46  | 1.04     | 20.04     |
| 1503 米-56 | 1.00    | 8.12    | 1.72    | 17.48  | 0.83     | 15.78     |
| 1503 米-59 | 1.29    | 8.48    | 1.30    | 13.29  | 1.12     | 23.17     |
| 1503 米-60 | 1.45    | 8.33    | 1.56    | 15.77  | 1.22     | 16.04     |
| 1503 米-61 | 1.48    | 8.36    | 1.51    | 15.30  | 1.25     | 21.89     |
| 1503 米-62 | 1.36    | 8.52    | 1.36    | 13.77  | 1.17     | 18.25     |
| 1503 米-63 | 1.19    | 8.68    | 1.20    | 12.15  | 1.05     | 19.41     |
| 1503 米-64 | 1.39    | 8.37    | 1.47    | 14.94  | 1.18     | 17.18     |
| 1503 米-65 | 1.35    | 8.43    | 1.56    | 15.62  | 1.14     | 15.33     |
| 1503 米-66 | 1.34    | 8.04    | 1.72    | 17.62  | 1.10     | 16.76     |
| 1503 米-68 | 1.24    | 8.50    | 1.31    | 13.35  | 1.07     | 19.17     |
| 1503 米-69 | 1.44    | 8.37    | 1.45    | 14.77  | 1.23     | 20.98     |
| 1503 米-70 | 1.25    | 8.45    | 1.36    | 13.86  | 1.08     | 21.66     |
| 1503 米-71 | 1.16    | 8.40    | 1.43    | 14.55  | 0.99     | 25.12     |
| 1503 米-72 | 1.35    | 7.89    | 1.90    | 19.41  | 1.09     | 23.25     |
| 1503 米-75 | 1.04    | 7.98    | 1.83    | 18.65  | 0.85     | 27.16     |
| 1503 米-76 | 1.16    | 8.38    | 1.34    | 13.79  | 1.00     | 25.12     |

续表 1

| 编号         | 百粒质量(g) | 米粒质量(g) | 果壳质量(g) | 果壳率(%) | 百粒米质量(g) | 总黄酮(mg/g) |
|------------|---------|---------|---------|--------|----------|-----------|
| 1503 米-79  | 1.27    | 8.01    | 1.73    | 17.76  | 1.04     | 17.16     |
| 1503 米-80  | 1.36    | 8.30    | 1.40    | 14.43  | 1.16     | 18.10     |
| 1503 米-81  | 1.31    | 7.80    | 1.46    | 15.77  | 1.10     | 16.98     |
| 1503 米-82  | 1.13    | 8.04    | 1.63    | 16.86  | 0.94     | 13.25     |
| 1503 米-83  | 1.48    | 8.15    | 1.51    | 15.63  | 1.25     | 24.75     |
| 1503 米-85  | 1.16    | 8.47    | 1.27    | 13.04  | 1.01     | 25.06     |
| 1503 米-87  | 1.22    | 8.15    | 1.55    | 15.98  | 1.03     | 21.07     |
| 1503 米-88  | 1.38    | 8.38    | 1.37    | 14.05  | 1.19     | 21.55     |
| 1503 米-89  | 1.25    | 8.31    | 1.41    | 14.51  | 1.07     | 22.39     |
| 1503 米-90  | 1.16    | 8.15    | 1.59    | 16.32  | 0.97     | 22.84     |
| 1503 米-91  | 1.05    | 8.37    | 1.30    | 13.44  | 0.91     | 27.87     |
| 1503 米-92  | 1.31    | 8.22    | 1.44    | 14.91  | 1.11     | 18.38     |
| 1503 米-93  | 1.25    | 8.57    | 1.28    | 12.99  | 1.09     | 17.06     |
| 1503 米-94  | 1.51    | 8.06    | 1.64    | 16.91  | 1.25     | 16.35     |
| 1503 米-95  | 1.39    | 8.03    | 1.70    | 17.47  | 1.15     | 11.50     |
| 1503 米-97  | 1.14    | 7.83    | 1.84    | 19.03  | 0.92     | 17.40     |
| 1503 米-98  | 1.36    | 8.28    | 1.44    | 14.81  | 1.16     | 24.17     |
| 1503 米-99  | 1.36    | 7.98    | 1.72    | 17.73  | 1.12     | 23.98     |
| 1503 米-100 | 1.40    | 8.42    | 1.33    | 13.64  | 1.21     | 20.18     |
| 1503 米-101 | 1.24    | 8.18    | 1.48    | 15.32  | 1.05     | 20.98     |
| 1503 米-102 | 1.13    | 8.19    | 1.58    | 16.17  | 0.95     | 19.02     |
| 1503 米-103 | 1.24    | 8.48    | 1.28    | 13.11  | 1.08     | 21.05     |
| 1503 米-106 | 1.21    | 8.31    | 1.51    | 15.38  | 1.02     | 20.83     |
| 1503 米-107 | 1.45    | 8.37    | 1.38    | 14.15  | 1.24     | 25.97     |
| 1503 米-108 | 1.21    | 8.60    | 1.17    | 11.98  | 1.07     | 22.19     |
| 1503 米-109 | 1.39    | 8.46    | 1.33    | 13.59  | 1.20     | 23.76     |
| 1503 米-110 | 1.20    | 8.38    | 1.33    | 13.70  | 1.04     | 22.86     |
| 1503 米-115 | 1.33    | 8.14    | 1.55    | 16.00  | 1.12     | 19.93     |
| 1503 米-118 | 1.43    | 8.23    | 1.53    | 15.68  | 1.21     | 22.76     |
| 1503 米-120 | 1.36    | 8.37    | 1.34    | 13.80  | 1.17     | 19.41     |
| 1503 米-121 | 1.37    | 8.29    | 1.43    | 14.71  | 1.17     | 17.38     |
| 1503 米-122 | 1.31    | 8.33    | 1.38    | 14.21  | 1.12     | 18.27     |
| 1503 米-124 | 1.35    | 8.34    | 1.40    | 14.37  | 1.16     | 17.01     |
| 1503 米-125 | 1.37    | 8.51    | 1.18    | 12.18  | 1.20     | 19.39     |
| 1503 米-126 | 1.36    | 8.57    | 1.16    | 11.92  | 1.20     | 16.36     |
| 1503 米-127 | 1.20    | 8.48    | 1.30    | 13.29  | 1.04     | 24.43     |
| 1503 米-128 | 1.22    | 8.36    | 1.34    | 13.81  | 1.05     | 21.59     |
| 1503 米-130 | 1.28    | 8.60    | 1.17    | 11.98  | 1.13     | 17.55     |
| 1503 米-131 | 1.41    | 8.18    | 1.56    | 16.02  | 1.18     | 19.02     |
| 1503 米-134 | 1.35    | 8.48    | 1.31    | 13.38  | 1.17     | 17.38     |
| 1503 米-135 | 1.31    | 8.25    | 1.46    | 15.04  | 1.11     | 16.53     |
| 1503 米-137 | 1.44    | 8.36    | 1.36    | 13.99  | 1.24     | 21.03     |
| 1503 米-139 | 1.46    | 8.30    | 1.40    | 14.43  | 1.25     | 20.11     |
| 1503 米-141 | 1.4     | 8.24    | 1.50    | 15.40  | 1.18     | 19.78     |
| 1503 米-142 | 1.27    | 8.14    | 1.58    | 16.26  | 1.06     | 19.36     |
| 1503 米-143 | 1.19    | 7.81    | 1.89    | 19.48  | 0.96     | 17.58     |
| 1503 米-146 | 1.10    | 8.12    | 1.56    | 16.12  | 0.92     | 25.09     |

考。薄壳苦荞是一类特殊的苦荞资源,其果壳受机械摩擦即可脱落获得生苦荞米,制米性能良好,因此,薄壳苦荞既省去了传统苦荞米加工中的蒸煮环节,有效降低加工成本,同时也避免了黄酮类保健成分在传统蒸煮过程的损失。

关于薄壳苦荞米粒黄酮含量与产量组分的相关性方面尚

表 2 薄壳苦荞品种种子黄酮含量及主要产量性状的变异

| 参数              | 均值    | 标准差   | 变异系数   | 分布范围         |
|-----------------|-------|-------|--------|--------------|
| 总黄酮 $y$ (mg/g)  | 20.78 | 3.593 | 17.29% | 11.5 ~ 29.11 |
| 百粒质量 $x_1$ (g)  | 1.31  | 0.113 | 8.63%  | 1.00 ~ 1.56  |
| 米粒质量 $x_2$ (g)  | 8.36  | 0.219 | 2.62%  | 7.80 ~ 8.84  |
| 果壳质量 $x_3$ (g)  | 1.46  | 0.171 | 11.71% | 1.09 ~ 1.90  |
| 果壳率 $x_4$ (%)   | 0.15  | 0.018 | 12.00% | 0.11 ~ 0.19  |
| 百粒米质量 $x_5$ (g) | 1.12  | 0.099 | 8.84%  | 0.83 ~ 1.32  |

未见报道。本研究相关性分析表明,薄壳苦荞籽粒总黄酮含量与米粒质量呈极显著正相关,而与果壳质量和果壳率呈显著负相关。通径分析发现,薄壳苦荞品种米粒质量对总黄酮含量的贡献最大。因此,要改善薄壳苦荞籽粒黄酮含量,可以通过减少果壳质量降低果壳率、提高米粒质量以达到改善的目的。上述研究结果对薄壳苦荞高黄酮育种有一定的参考意义。

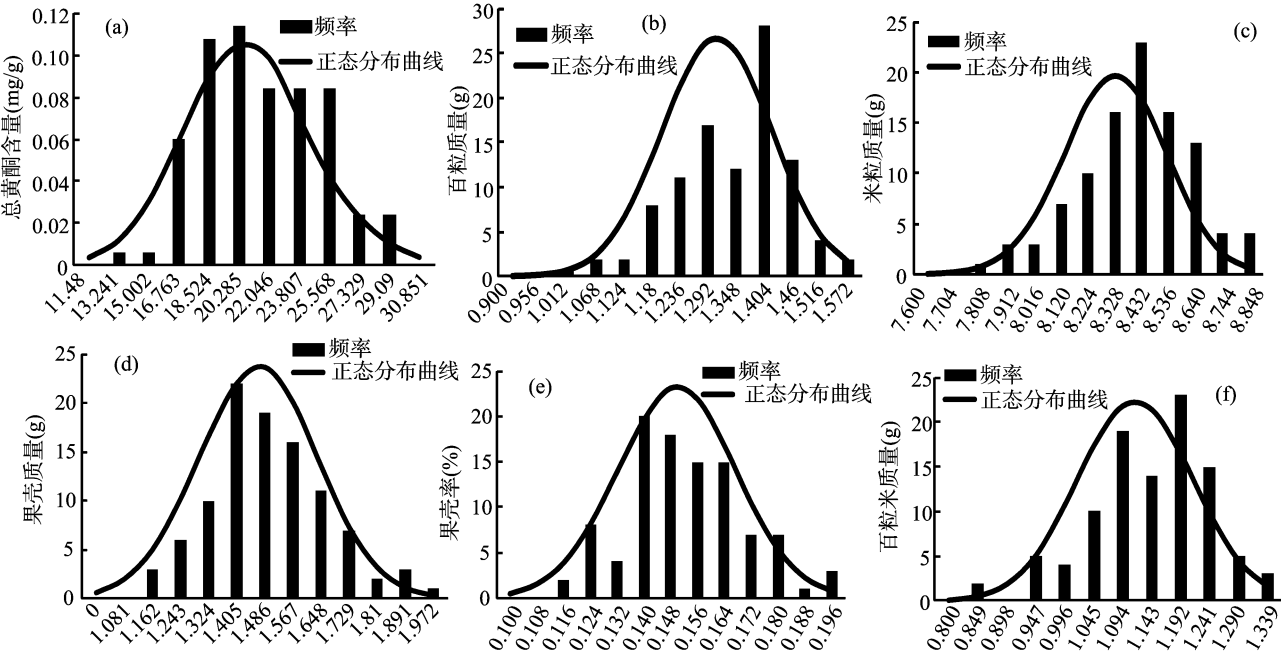


图1 薄壳苦荞籽粒总黄酮(a)、百粒质量(b)、米粒质量(c)、果壳质量(d)、果壳率(e)、百粒米质量(f)的柱状分布

表 3 薄壳苦荞各参数之间的相关系数

| 项目          | 百粒质量<br>$x_1$ | 米粒质量<br>$x_2$ | 果壳质量<br>$x_3$ | 果壳率<br>$x_4$ | 百粒米质量<br>$x_5$ | 总黄酮<br>$y$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------|------------|
| 百粒质量 $x_1$  | 1             | 0.129         | -0.032        | -0.035       | 0.972 **       | -0.061     |
| 米粒质量 $x_2$  |               | 1             | -0.821 **     | -0.871 **    | 0.328 **       | 0.289 **   |
| 果壳质量 $x_3$  |               |               | 1             | 0.978 **     | -0.260 **      | -0.211 *   |
| 果壳率 $x_4$   |               |               |               | 1            | -0.261 **      | -0.209 *   |
| 百粒米质量 $x_5$ |               |               |               |              | 1              | 0.004      |
| 总黄酮 $y$     |               |               |               |              |                | 1          |

注:“\*”“\*\*”分别表示在 0.05 和 0.01 水平上有显著性差异。

参考文献:

[1]林汝法. 苦荞举要[M]. 北京:中国农业科学出版社,2013.  
[2]尹礼国,钟耕,闵燕萍,等. 苦荞保健茶开发研究[J]. 粮食与油脂,2003(7):6-8.  
[3]陈庆富. 荞麦生产 100 问[M]. 贵州:贵州民族出版社,2008.  
[4]陈庆富,陈其皎,石桃雄,等. 苦荞厚果壳形状的遗传及其与产量因素的相关性研究[J]. 作物杂志,2015(2):27-31.  
[5]陈庆富. 荞麦属植物科学[M]. 北京:科学出版社,2012.  
[6]王安虎,蔡光泽,赵刚,等. 制米苦荞品种米荞一号及其栽培技术[J]. 种子,2010,29(2):104-106.  
[7]王安虎,夏明忠,蔡光泽,等. 高产优质苦荞新品种西荞 2 号[J]. 种子,2009,28(10):110-122.  
[8]王安虎. 苦荞米荞一号在不同生态环境的性状表型研究[J]. 西南农业学报,2012,25(3):834-837.  
[9]张瑞,杨楠,王英平,等. 苦荞核心种质芦丁含量测定及成因分析[J]. 中国农学通报,2008,24(4):157-161.  
[10]杨芳,刘美艳,陈锦玉,等. 超声提取云南甜荞籽粒总黄酮工艺研究[J]. 中国食品添加剂,2013(6):129-132.  
[11]黄元射,何绍红,张启堂. 高黄酮苦荞品系的筛选[J]. 广州农业科学,2012(18):20-22.