

# 西藏日喀则青稞品种主要农艺性状相关性及其主成分分析

田朋佳

(西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850032)

**摘要:**为了给青稞品种的综合评价和育种筛选性状时提供理论依据,采用 EXCEL 和 SPSS21.0 数据分析软件,对西藏日喀则市 114 个青稞品种的 7 个主要农艺性状进行相关性和主成分分析。结果表明,有效分蘖和单株穗数存在着丰富的遗传变异,有效分蘖和单株穗数呈现极显著正相关关系(0.998\*\*),二者之间的相关系数最大,因而,有效分蘖和单株穗数相关性最强。前 3 个主成分的累积贡献率达 82.805%,有效分蘖、单株穗数和分蘖数是第一主成分的主要贡献率,达 44.037%,穗重、穗粒数和穗长是第二主成分的主要贡献率,达 24.292%,穗长和株高是第三主成分的主要贡献率,达 14.476%。

**关键词:**青稞;农艺性状;相关性;主成分分析  
**中图分类号:**S512.3      **文献标识码:**A

## Correlation of Main Agronomic Traits and Principal Component Analysis of Highland Barley Varieties in Shigatse, Tibet

TIAN Peng-jia

(Institute of Agriculture, Tibetan Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China)

**Abstract:**To comprehensively evaluate the barley variety and provide theoretical basis for breeding selection traits, using Excel and SPSS21.0 data analysis software, 7 agronomic characters of 114 highland barley varieties from Xigaze of Tibet were conducted correlation and principal component analysis. The results showed that the effective tillering panicle number per plant had abundant genetic variation, the effective tillering and panicle number per presents had significant positive correlation (0.998\*\*) and their the correlation coefficient was the largest, therefore, the effective tillering and panicle number per plant were relevant. The cumulative contribution rate of the first three principal components was 82.805% and effective tiller, number of panicle per plant and number of tiller per plant were the main contribution rate of the first principal component, up to 44.037%. The panicle weight, number of panicle grains and panicle length were the main contribution rate of the second principal component, up to 24.292%. The panicle length and plant height were the main contribution rate of the third principal component, up to 14.476%.

**Key words:**Highland barley; Agronomic character; Correlation; Principal component analysis

青稞又称裸大麦,在西藏栽培历史悠久,种植面积大,是海拔 4500 m 以上唯一可以正常成熟的粮食作物<sup>[1]</sup>。青稞含有丰富的营养价值,一般是酿青稞酒和磨糌粑食用,是藏民族日常生活中不可缺少的食物。为了追求高产、优质的品种,为了研究藏民族文化,国内外专家学者对青稞展开了广泛而深入的研究,从农艺性状的观察到实验仪器的化验,从日常

饮食到宗教祭祀。本论文通过对 114 份日喀则青稞品种农艺性状的分析,研究农艺性状之间的相关性及其主成分的贡献率,以期为青稞育种筛选性状时提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

试验材料来源于西藏自治区农牧科学院农业研究所保存的 114 份种质资源材料,全部是从日喀则市各个村收集到的农家品种,供试材料名称和编号见表 1<sup>[2]</sup>。

收稿日期:2019-09-23  
基金项目:国家农作物种质资源共享服务平台“西藏农作物种质资源平台”(NICGR-2019-28)  
作者简介:田朋佳(1987-),女,研究实习员,硕士研究生,主要从事农作物种质资源的收集与鉴定, E-mail: 569350657@qq.com。

表 1 114 份青稞种质资源材料  
Table 1 114 barley germplasm resource materials

| 编号<br>Serial number | 品种名称<br>Breed name | 原产地<br>Country of origin | 保存单位<br>Save the unit |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1                   | 蓝青稞                | 西藏南木林                    | 西藏农科所                 |
| 2                   | 蓝青稞                | 西藏萨嘎                     | 西藏农科所                 |
| 3                   | 蓝青稞                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 4                   | 蓝青稞                | 西藏萨迦                     | 西藏农科所                 |
| 5                   | 蓝青稞                | 西藏聂拉木                    | 西藏农科所                 |
| 6                   | 蓝青稞                | 西藏亚东                     | 西藏农科所                 |
| 7                   | 矮秆青稞               | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 8                   | 数初                 | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 9                   | 摸贤                 | 西藏昂仁                     | 西藏农科所                 |
| 10                  | 嘎东温都               | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 11                  | 嘎母                 | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 12                  | 嘎母                 | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 13                  | 嘎母                 | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 14                  | 嘎母                 | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 15                  | 嘎母                 | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 16                  | 嘎母                 | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 17                  | 嘎母                 | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 18                  | 嘎母                 | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 19                  | 嘎母                 | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 20                  | 嘎母                 | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 21                  | 嘎母                 | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 22                  | 嘎穷                 | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 23                  | 嘎孜                 | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 24                  | 嘎母                 | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 25                  | 嘎母                 | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 26                  | 嘎母                 | 西藏拉孜                     | 西藏农科所                 |
| 27                  | 嘎夏                 | 西藏谢通门                    | 西藏农科所                 |
| 28                  | 嘎夏                 | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 29                  | 嘎夏                 | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 30                  | 嘎夏                 | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 31                  | 嘎夏                 | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 32                  | 嘎藏青稞               | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 33                  | 熊嘎母                | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 34                  | 德龙嘎                | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 35                  | 擦旺青稞               | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 36                  | 藏嘎达仁               | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 37                  | 二棱青稞               | 西藏拉孜                     | 西藏农科所                 |
| 38                  | 八十天青               | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 39                  | 乃那                 | 西藏谢通门                    | 西藏农科所                 |
| 40                  | 乃夏红                | 西藏吉隆                     | 西藏农科所                 |
| 41                  | 工巴娄紫               | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 42                  | 工巴娄蓝               | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 43                  | 下康布青               | 西藏亚东                     | 西藏农科所                 |

续表 1 Continued table 1

| 编号<br>Serial number | 品种名称<br>Breed name | 原产地<br>Country of origin | 保存单位<br>Save the unit |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| 44                  | 上康布青               | 西藏亚东                     | 西藏农科所                 |
| 45                  | 山巴青稞               | 西藏南木林                    | 西藏农科所                 |
| 46                  | 门布直头               | 西藏聂拉木                    | 西藏农科所                 |
| 47                  | 门布钩芒               | 西藏聂拉木                    | 西藏农科所                 |
| 48                  | 门布紫                | 西藏聂拉木                    | 西藏农科所                 |
| 49                  | 门布蓝                | 西藏聂拉木                    | 西藏农科所                 |
| 50                  | 马甫青                | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 51                  | 扎西则青               | 西藏定结                     | 西藏农科所                 |
| 52                  | 扎西宗黄               | 西藏定结                     | 西藏农科所                 |
| 53                  | 扎西宗黄               | 西藏定结                     | 西藏农科所                 |
| 54                  | 扎西宗黄               | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 55                  | 扎西宗紫               | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 56                  | 扎西宗紫               | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 57                  | 扎西宗蓝               | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 58                  | 扎松嘎姆               | 西藏仁布                     | 西藏农科所                 |
| 59                  | 尤西                 | 西藏昂仁                     | 西藏农科所                 |
| 60                  | 尤帕黄                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 61                  | 尤帕黄                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 62                  | 尤帕紫                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 63                  | 尤帕矮                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 64                  | 互助白 1 号            | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 65                  | 互助白 2 号            | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 66                  | 互助白 3 号            | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 67                  | 少岗索珠               | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 68                  | 少岗索珠               | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 69                  | 日古爬顺               | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 70                  | 牛古茨玛               | 西藏谢通门                    | 西藏农科所                 |
| 71                  | 长所紫                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 72                  | 长所蓝                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 73                  | 长所蓝                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 74                  | 什伯赤热               | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 75                  | 仓木其紫               | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 76                  | 乌郁黄                | 西藏南木林                    | 西藏农科所                 |
| 77                  | 六十天青稞              | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 78                  | 六十天青稞              | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 79                  | 六棱曲芒               | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 80                  | 六棱红青稞              | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 81                  | 六棱青                | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 82                  | 六棱钩芒               | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 83                  | 巴达摸布               | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 84                  | 巴金白                | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 85                  | 孙措紫                | 西藏聂拉木                    | 西藏农科所                 |
| 86                  | 孙措蓝                | 西藏聂拉木                    | 西藏农科所                 |
| 87                  | 古堆紫                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |

续表 1 Continued table 1

| 编号<br>Serial number | 品种名称<br>Breed name | 原产地<br>Country of origin | 保存单位<br>Save the unit |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| 88                  | 古堆蓝                | 西藏定日                     | 西藏农科所                 |
| 89                  | 龙日摸布               | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 90                  | 龙日嘎母               | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 91                  | 龙中黄                | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 92                  | 龙中黄                | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 93                  | 龙中紫                | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 94                  | 龙中蓝                | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 95                  | 龙中蓝                | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 96                  | 龙中蓝                | 西藏岗巴                     | 西藏农科所                 |
| 97                  | 切玛青                | 西藏亚东                     | 西藏农科所                 |
| 98                  | 切松                 | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 99                  | 东风青                | 西藏亚东                     | 西藏农科所                 |
| 100                 | 卡热白                | 西藏南木林                    | 西藏农科所                 |
| 101                 | 卡热蓝                | 西藏南木林                    | 西藏农科所                 |
| 102                 | 卡嘎青                | 西藏昂仁                     | 西藏农科所                 |
| 103                 | 古热嘎姆               | 西藏昂仁                     | 西藏农科所                 |
| 104                 | 旦嘎紫                | 西藏萨嘎                     | 西藏农科所                 |
| 105                 | 旦嘎蓝                | 西藏萨嘎                     | 西藏农科所                 |
| 106                 | 申克则青棵              | 西藏萨迦                     | 西藏农科所                 |
| 107                 | 四棱青棵               | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 108                 | 仙白                 | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 109                 | 白光头                | 西藏康马                     | 西藏农科所                 |
| 110                 | 白光头                | 西藏江孜                     | 西藏农科所                 |
| 111                 | 白掌青                | 西藏白朗                     | 西藏农科所                 |
| 112                 | 尼日欧豆               | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 113                 | 尼日嘎庆               | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |
| 114                 | 尼日嘎穷               | 西藏日喀则                    | 西藏农科所                 |

1.2 试验方法和性状调查

试验于 2018 年 4 月至 8 月在西藏自治区农牧科学院农业研究所试验地进行<sup>[3]</sup>。2 m 行长, 0. 25 m 行距, 随机区组设计, 3 次重复。试验田常规施肥, 肥力中等, 田间管理同大田。从 4 月 10 日青稞播种开始, 根据《大麦种质资源数据质量控制规范》

对大田数据进行记载, 记载主要的生育期以及穗型、芒型, 在收获前, 各小区取样 10 株进行考种, 考种性状为株高、分蘖数、有效分蘖、单株穗数、穗粒数、穗长、穗粒重。114 份试验材料主要农艺性状的平均值作为原始数据进行分析。

表 2 114 份青稞品种农艺性状描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of agronomic traits of 114 highland barley varieties

| 性状<br>Character | 平均值<br>Average | 标准差<br>Standard deviation | 方差<br>Variance | 变异系数(%)<br>Coefficient of variation |
|-----------------|----------------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 株高              | 99. 52         | 12. 29                    | 150. 93        | 12. 35                              |
| 分蘖数             | 4. 86          | 1. 40                     | 1. 95          | 28. 81                              |
| 有效分蘖            | 3. 68          | 1. 69                     | 2. 85          | 45. 92                              |
| 单株穗数            | 3. 66          | 1. 67                     | 2. 80          | 45. 63                              |
| 穗粒数             | 49. 02         | 12. 48                    | 155. 81        | 25. 46                              |
| 穗长              | 6. 33          | 0. 97                     | 0. 94          | 15. 32                              |
| 穗粒重             | 2. 03          | 0. 68                     | 0. 47          | 33. 50                              |

表 3 青稞品种 7 个农艺性状间的相关性

Table 3 Correlation between 7 agronomic traits of highland barley varieties

| 性状<br>Character | 株高<br>Plant height | 分蘖数<br>Tiller number | 有效分蘖<br>Effective tiller | 单株穗数<br>Panicle number<br>per plant | 穗粒数<br>Spike grain<br>number | 穗长<br>Panicle<br>length | 穗粒重<br>Spike grain<br>weight |
|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 株高              | 1.000              |                      |                          |                                     |                              |                         |                              |
| 分蘖数             | -0.041             | 1.000                |                          |                                     |                              |                         |                              |
| 有效分蘖            | -0.057             | 0.876 **             | 1.000                    |                                     |                              |                         |                              |
| 单株穗数            | -0.050             | 0.877 **             | 0.998 **                 | 1.000                               |                              |                         |                              |
| 穗粒数             | 0.116              | 0.179                | 0.233 *                  | 0.241 **                            | 1.000                        |                         |                              |
| 穗长              | 0.146              | 0.033                | -0.004                   | 0.003                               | 0.291 **                     | 1.000                   |                              |
| 穗粒重             | -0.038             | 0.146                | 0.282 **                 | 0.288 **                            | 0.665 **                     | 0.323 **                | 1.000                        |

注：“\*”“\*\*”分别表示在 0.05、0.01 水平（双侧）上显著相关。  
Note: ‘\*’, ‘\*\*’ respectively indicate significant correlation at the levels of 0.05 and 0.01 (bilateral).

1.3 数据处理

采用 EXCEL 对数据做初步的整理,再通过 SPSS21.0 软件对数据进行标准化处理和分析<sup>[4]</sup>。

2 结果与分析

2.1 主要农艺性状的变异分析

变异系数是衡量品种遗传多样性的主要指标,也是农艺性状改良潜力的判断标准。由表 2 看出,农艺性状变异系数从大到小排列为:有效分蘖 > 单株穗数 > 穗粒重 > 分蘖数 > 穗粒数 > 穗长 > 株高<sup>[5]</sup>,变异系数比较大的是有效分蘖(45.92)和单株穗数(45.63),是遗传变异相对丰富的性状;穗粒重(33.5)、穗粒数(25.46)和分蘖数(28.81)变异系数中等,在育种筛选过程中,可以考虑从变异系数中等及较大中进行选择;变异系数比较小的是穗长(15.32)和株高(12.35),表明这 2 个性状波动较小,遗传性较稳定。

2.2 主要农艺性状的相关性分析

通过对 114 个青稞品种的 7 个农艺性状的双因

素相关性分析(表 3)可知,除株高外,其余农艺性状至少与 1 个其它农艺性状呈显著或极显著相关<sup>[6]</sup>。其中,有效分蘖与分蘖数(0.876 \*\*)极显著正相关;单株穗数与分蘖数(0.877 \*\*)、有效分蘖(0.998 \*\*)极显著正相关;穗粒数与单株穗数(0.241 \*\*)极显著正相关,与有效分蘖(0.233 \*)显著相关;穗长与穗粒数(0.291 \*\*)极显著正相关;穗粒重与有效分蘖(0.282 \*\*)、单株穗数(0.288 \*\*)、穗粒数(0.665 \*\*)、穗长(0.323 \*\*)极显著正相关<sup>[7]</sup>。通过以上分析表明,分蘖数和有效分蘖密切相关,有效分蘖是影响单株穗数的主要因素,穗粒数是影响穗长的主要因素,穗粒数是影响穗粒重的最主要因素,说明单株要想获得较多的穗数,最重要的是有效分蘖要多;穗粒数增多,穗粒重会增大。

2.3 主要农艺性状的主成分分析

由表 4 可知,通过对 114 个青稞品种 7 个主要农艺性状的计算,提取特征根大于 1 的前 3 个主成分,累积方差贡献率达到 82.805 %。第一个主成分特征根为 3.083,代表携带的信息量相当于 3.083

表 4 青稞品种 7 个农艺性状主成分分析

Table 4 principal component analysis of 7 agronomic traits of highland barley varieties

| 成分<br>Composition | 初始特征值<br>Initial eigenvalue |                        |  | 提取平方和载入<br>Extract sum of squares and load |                        |  |
|-------------------|-----------------------------|------------------------|--|--|------------------------|--|
|                   | 特征根<br>Eigenvalue           | 贡献率(%)<br>Contribution | 累积贡献率(%)<br>Cumulative contribution rate | 特征根<br>Eigenvalue                          | 贡献率(%)<br>Contribution | 累积贡献率(%)<br>Cumulative contribution rate |
| 1                 | 3.083                       | 44.037                 | 44.037                                   | 3.083                                      | 44.037                 | 44.037                                   |
| 2                 | 1.700                       | 24.292                 | 68.329                                   | 1.700                                      | 24.292                 | 68.329                                   |
| 3                 | 1.013                       | 14.476                 | 82.805                                   | 1.013                                      | 14.476                 | 82.805                                   |
| 4                 | 0.737                       | 10.533                 | 93.337                                   |  |                        |  |
| 5                 | 0.326                       | 4.664                  | 98.001                                   |  |                        |  |
| 6                 | 0.138                       | 1.975                  | 99.976                                   |  |                        |  |
| 7                 | 0.002                       | 0.024                  | 100.000                                  |  |                        |  |

表 5 青稞品种性状旋转主成分矩阵

Table 5 Highland barley traits rotation principal component matrix

| 性状<br>Character | 第一主成分<br>First principal component | 第二主成分<br>Secondary principal component | 第三主成分<br>Third principal component |
|-----------------|------------------------------------|--|------------------------------------|
| 有效分蘖            | 0.979                              |  |                                    |
| 单株穗数            | 0.978                              |  |                                    |
| 分蘖数             | 0.941                              |  |                                    |
| 穗重              |                                    | 0.871                                  |                                    |
| 穗粒数             |                                    | 0.844                                  |                                    |
| 穗长              |                                    | 0.613                                  | 0.317                              |
| 株高              |                                    |  | 0.961                              |

个原始变量,代表了信息浓缩的结果,方差贡献率为 44.037 %;第二个主成分特征根为 1.700,代表携带的信息量相当于 1.7 个原始变量,方差贡献率为 24.292 %;第三个主成分特征根为 1.013,代表携带的信息量相当于 1.013 个原始变量,方差贡献率为 14.476 %<sup>[8]</sup>。

进行方差最大旋转后,使每个公因子的差异尽量大,旋转后的因子载荷矩阵图如表 5 所示,表格按照系数大小进行排序,而且把小于 0.3 的绝对值的系数抑制输出,保证只显示大的系数。由表 5 可以看出,第一个公因子在  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  有较大的载荷,主要从有效分蘖、单株穗数和分蘖数反应青稞产量情况,可以命名为分蘖因子;第二公因子在  $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$  有较大的载荷,主要从穗重、穗粒数、穗长方面反应穗部性状情况,可以命名为穗部因子;第三公因子在  $X_6$ 、 $X_7$  上有较大载荷,并且在株高方面占有较大的比重,因此命名为株高因子。

3 结论与讨论

通过对日喀则市 114 个青稞地方品种的 7 个农艺性状进行相关性和主成分分析,本论文结果表明:有效分蘖和单株穗数存在着丰富的遗传变异,性状的变异系数主要集中在 15.32 % ~ 33.50 %,有效分蘖变异系数最大(45.92 %),株高变异系数最小(12.35 %)。有效分蘖和单株穗数呈现极显著正相关关系(0.998\*\*),二者之间的相关系数最大<sup>[9]</sup>。因而,有效分蘖和单株穗数相关性最强。其次是分

蘖数和单株穗数(0.877\*\*)、有效分蘖(0.876\*\*)相关性较密切。有效分蘖、单株穗数和分蘖数是第一主成分的主要贡献率,穗重、穗粒数和穗长是第二主成分的主要贡献率,穗长和株高是第三主成分的主要贡献率<sup>[10]</sup>,在育种筛选过程中,首先考虑分蘖因子,其次是穗部因子,最后是株高因子。

参考文献:

[1] 吕远平,熊荣君,贾利蓉,等. 青稞特性及在食品中的应用[J]. 食品科学,2005(7):266-270.  
[2] 邵千顺,关耀兵,程炳文,等. 鹰嘴豆种质资源多样性评价[J]. 西北农业学报,2017,26(12):1803-1812.  
[3] 裴磊,刘莉,刘新月,等. 播期和播量对晋麦 91 号农艺性状及产量的影响[J]. 山西农业科学,2017,45(4):567-571.  
[4] 马晓蓓. 新疆棱叶蒜种质资源遗传多样性分析[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.  
[5] 李卓夫. 春小麦性状变异非线性特殊征育种作用的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2001.  
[6] 陈燕华,罗瑞鸿,吴子恺,等. 木豆种质资源农艺与品质性状的相关性及遗传参数分析[J]. 广西农业科学,2009,40(11):1397-1402.  
[7] 夏腾飞,王蕾,徐金青,等. 267 份青藏高原青稞种质材料的表型多样性分析[J]. 西北农业学报,2018,27(2):182-193.  
[8] 赵晓梅,张谦,过利敏,等. 新疆主栽杏品种经济性状主成分分析及优良品种的选择[J]. 新疆农业科学,2010,47(12):2426-2430.  
[9] 陆峰. 大麦耐盐性的基因型差异及其与发育时期的关系研究[D]. 扬州:扬州大学,2008.  
[10] 赵双玲,陈林,胡成成,等. 膜下滴灌栽培水稻品种农艺性状相关性主成分分析[J]. 大麦与谷类科学,2017,34(3):15-18.

# GC-FID 法测定白酒中甲醇的含量

潘 虎<sup>1,2</sup>, 蒲继锋<sup>1</sup>, 代艳娜<sup>1</sup>, 张一帆<sup>1</sup>, 白军平<sup>1</sup>, 杨晓凤<sup>3</sup>, 田 云<sup>2</sup>

(1. 西藏自治区农牧科学院农业质量标准与检测研究所, 西藏 拉萨 850032; 2. 湖南农业大学生物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 3. 四川省农业科学院分析测试中心, 四川 成都 610066)

**摘 要:**建立 GC-FID 法测定白酒中甲醇含量的分析方法。待测样品混匀后采用 DB-WAX 毛细管色谱柱程序升温分离, 选择氢火焰离子化检测器(FID)测定。在本试验条件下, 甲醇分离效果良好, 其保留时间为 8.116 min, 线性方程为  $Y = 0.2931X - 3.0734$ , 相关系数  $r$  值为 0.9998, 回收率为 100.9 % ~ 104.3 %,  $RSD$  值为 1.3 % ~ 2.6 %, 方法检出限为 7.5 mg/L。该方法快速、准确, 适合白酒中甲醇含量的精确定量分析要求。

**关键词:** 甲醇; 气相色谱法; 白酒

**中图分类号:** TS262.3; O657.7

**文献标识码:** A

## Determination of Methanol in Alcohol by GC-FID Method

PAN Hu<sup>1,2</sup>, PU Ji-feng<sup>1</sup>, DAI Yan-na<sup>1</sup>, ZHANG Yi-fan<sup>1</sup>, BAI Jun-ping<sup>1</sup>, YANG Xiao-feng<sup>3</sup>, TIAN Yun<sup>2</sup>

(1. Institute of Agricultural Product Quality Standard and Testing Research, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China; 2. College of Bioscience and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Hunan Changsha 410128, China; 3. Testing Center of Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Sichuan Chengdu 610066, China )

**Abstract:** A method based on GC-FID was established to detect methanol in alcohol. After mixing sample, the methanol was separated on a DB-WAX column with temperature programming, and detected by hydrogen flame ionization detector. Methanol could be completely separated under this condition of GC-FID, its retention time was 8.116 min, the linear equation was  $Y = 0.2931X - 3.0734$ , the correlation coefficient  $r$  value was 0.9998, the recovery of the method were 100.9 % ~ 104.3 %, the relative standard deviations were 1.3 % ~ 2.6 %, and the detection limits of this method were 7.5 mg/L. This method was rapid, accurate and it can be applied to detection of methanol in alcohol.

**Key words:** Methanol; Gas chromatography method; Alcohol

白酒在发酵过程中会产生微量甲醇等有害物质, 甲醇毒性极强, 具有明显的麻醉作用<sup>[1]</sup>。甲醇在人体内可被氧化为甲醛、甲酸等高毒物质, 特别是对视神经造成较大损伤, 误饮过量的甲醇会引起失明和中毒死亡<sup>[2]</sup>。摄取 5 g 甲醇就会使人体严重中毒, 饮用量超过 12.5 g 就可导致人体死亡<sup>[3]</sup>, 市场上各种劣质白酒中含有大量的甲醇, 由饮酒而造成的人员甲醇中毒事件屡见不鲜<sup>[4-5]</sup>, 故建立快速、有效的酒精中微量甲醇的测定方法十分必要。本文建立了 GC-FID 法快速测定白酒中甲醇残留量的外

标分析方法, 以期对白酒中甲醇残留量的测定及白酒品质的判定提供可靠的研究方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

气相色谱仪: 安捷伦 7890B; 色谱柱: DB-WAX 毛细管色谱柱 (60 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 甲醇标准品购置于上海安谱实验科技股份有限公司, 规格: 10 000 mg/L; 乙醇为成都市科龙化工试剂厂提供色谱纯 (纯度 ≥ 99.8 %); 去离子水由本实验室制备。

### 1.2 标准溶液的配制

乙醇溶液 (40 %, 体积分数): 量取 40 mL 乙醇, 用去离子水定容至 100 mL, 混匀备用。甲醇标准储备溶液 (5000 mg/L): 量取 12.5 mL 甲醇标准品用乙醇溶液定容至 25 mL, -20 °C 储藏备用。甲醇系列标准工作溶液: 分别吸取 0.5、1.0、2.0、4.0、5.0

收稿日期: 2019-06-12

基金项目: 西藏自治区自然科学基金 [XZ2019ZRG-79 (Z)]; 西藏自治区财政专项 (XZNKY-2019-C-029); 西藏自治区科技厅重点研发与转化项目 (XZ201801NB07); 湖南农业大学“双一流”建设项目 (SYL201802002)

作者简介: 潘 虎 (1986-), 男, 在读博士生, 助理研究员, 主要从事农产品质量安全研究工作, E-mail: ph2032007@126.com。

表 1 甲醇的回收率和相对偏差 (n = 3)

Table 1 The recoveries and RSD of methanol (n = 3)

| 药物名称 | 添加水平 1 (200 mg/L) |         | 添加水平 2 (400 mg/L) |         | 添加水平 3 (800 mg/L) |         |
|------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
|      | 平均回收率 (%)         | RSD (%) | 平均回收率 (%)         | RSD (%) | 平均回收率 (%)         | RSD (%) |
| 甲醇   | 100.9             | 1.3     | 104.3             | 2.6     | 100.3             | 1.6     |

mL 甲醇标准储备溶液用乙醇溶液定容至 25 mL,依次配置成甲醇含量为 100, 200, 400, 800, 1000 mg/L 的甲醇系列标准工作液。

1.3 白酒样品预处理<sup>[6]</sup>

分别吸取试样 10.0 mL 待测样品或甲醇系列标准工作液于试管中,摇匀装入进样小瓶上机检测。以甲醇色谱峰面积为纵坐标,以甲醇系列标准工作液的浓度为横坐标,绘制标准曲线。

1.4 气相色谱条件

色谱柱为 DB-WAX 毛细管色谱柱 (60 m × 0.25 mm × 0.25 μm);载气为氮气 (纯度为 99.999 %),流速为 1.0 mL/min;氢气 (纯度为 99.999 %) 流速为 30 mL/min;空气流速为 300 mL/min;分流模式 (分流比为 20:1);进样量 1 μL;进样口温度为 250 ℃;升温程序如下:初始柱温为 40 ℃、保持 1 min,以 4.0 ℃/min 的速率升至 130 ℃,再以 20 ℃/min 的速率升至 200 ℃、保持 5 min;检测器温度为 250 ℃;检测器为氢火焰离子化检测器 (FID)。

2 结果与分析

2.1 标准色谱图

在选择的 GC-FID 条件下,甲醇和乙醇分离效果良好,未出现杂质干扰峰,表明本检测方法的气相色谱条件合理可行,甲醇的保留时间为 8.116 min,乙醇的保留时间为 9.305 min (图 1)。

2.2 方法的线性范围、相关系数及检出限

分别配制质量浓度为 100、200、400、800、1000 mg/L 的甲醇标准工作液进行 FID 测定,以甲醇的质量浓度 C (mg/L) 为横坐标 (X 轴),峰面积 A 为纵坐标 (Y 轴) 得到线性方程 (图 2)。由图 2 可以看出,标准曲线在 100 ~ 1000 mg/L 范围内呈现良好的

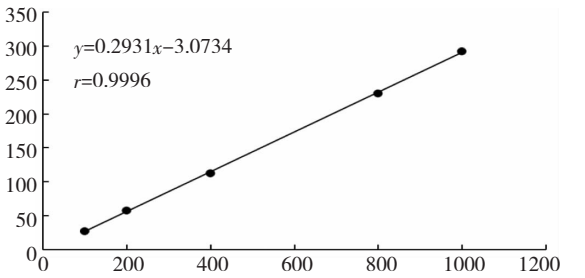


图 2 甲醇的线性方程

Fig. 2 The linear equations of methanol

线性关系,线性方程为  $Y = 0.2931X - 3.0734$ ,相关系数  $r$  值为 0.9998,满足仪器分析相关系数要求,按照 3 倍信噪比计算本方法的检测限为 7.5 mg/kg。

2.3 方法的精密度和准确度

在白酒样品中添加 200、400 和 800 mg/L 的甲醇标准工作液进行回收率试验 ( $n = 3$ ),得到平均加标回收率和相对标准偏差 (RSD)。结果表明甲醇的回收率分别为 100.9 %、104.3 % 和 100.3 %,RSD 值分别为 1.3 %、2.6 % 和 1.6 % (表 1),本方法适用于白酒中甲醇的残留分析要求。

3 结 论

本文利用 GC-FID 法测定白酒样品中甲醇含量,采用外标法对甲醇含量进行精确定量<sup>[7]</sup>,该方法的相关系数、精密度和准确度均符合甲醇残留分析要求,较 GB5009.266-2016 采用的叔戊醇内标法更简便、快速,本方法可用于白酒样品中甲醇残留的快速分析检测。

参考文献:

[1] 陈发河,吴光斌. 毛细管气相色谱法测定白酒中的甲醇、乙酸乙酯[J]. 食品科学,2007,28(1):232-233.  
[2] 王 宇. 气相色谱 (内标) 法测定酒中甲醇、杂醇油含量[J]. 现代预防医学,2010,37(1):90-91.  
[3] 李志颀,彭清涛,胡文祥. 毛细管柱气相色谱法测定酒中甲醇的含量[J]. 现代仪器,2003(2):34-33.  
[4] 冉霞霞,李 莹,林佳如,等. 急性甲醇中毒临床特征分析[J]. 中国医药,2019,14(9):1361-1365.  
[5] Gallagher N, Edwards F J. The Diagnosis and Management of Toxic Alcohol Poisoning in the Emergency Department; a Review Article. [J]. Advanced Journal of Emergency Medicine,2019,3(3). e28.  
[6] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. GB 5009.266-2016 食品安全国家标准 食品中甲醇的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2016.  
[7] 罗玥,陈祥贵,艾海波,等. 气相色谱内标法及外标法测定酒中甲醇方法的比较[J]. 食品安全质量检测学报,2018,9(16):4308-4313.

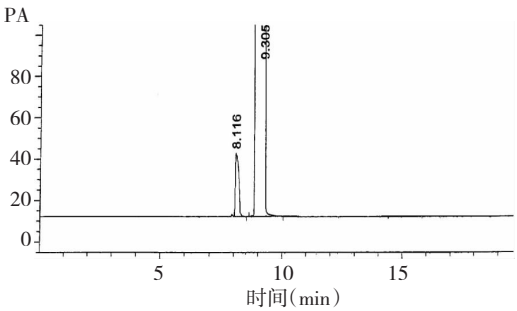


图 1 甲醇标准色谱图 (800 mg/L)

Fig. 1 Standard chromatography of methanol at 800 mg/L