

利用近红外谷物分析仪快速检测青稞粗蛋白质含量研究

张华瑜, 潘永东, 柳小宁, 包奇军

(甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 青稞粗蛋白含量的检测通常采用凯氏定氮分析法, 费时、费力、成本高。利用定标的大麦模型预测青稞的粗蛋白含量, 相关分析表明, 近红外谷物分析仪与凯氏定氮仪的测定值间存在极显著的相关性, 皮尔森相关系数达到 0.976 9, 回归分析建立的两者的线性回归方程是 $y=1.023 7x-2.515 7(R^2=0.954 2)$ 。利用近红外光谱分析技术检测青稞粗蛋白含量快速、准确、成本低, 准确度和精密度均好。

关键词: 青稞; 粗蛋白含量; 近红外光谱分析技术; 快速检定; 方法

中图分类号: S512.3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1463(2020)01-0033-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.01.008)

Study on Content of Crude Protein of Highland Barley by Near Infrared Grain Analyzer

ZHANG Huayu, PAN Yongdong, LIU Xiaoning, BAO Qijun

(Institute of Economic Crops and Beer Materials, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The method of kjeldahl nitrogen analysis is usually used to detect the content of crude protein in highland barley, which is time-consuming, laborious and costly. The calibrated barley model was used to predict the crude protein content of the barley. The correlation analysis showed that there was a very significant correlation between the measured values of the near-infrared grain analyzer and the kjeldahl nitrogen analyzer, and the pearson correlation coefficient was 0.976 9. The linear regression equation established by the regression analysis was $y=1.023 7x-2.5157 (R^2=0.954 2)$. Nir spectroscopy is used to detect the content of barley crude protein quickly, accurately, with low cost and good accuracy and precision.

Key words: Highland barley; Crude protein; Near Infrared spectrum analysis technique; Rapid detection; Method

青稞属禾本科大麦属, 在植物学上属于离, 籽粒裸露, 故称裸大麦^[1]。其耐寒性栽培大麦的变种, 因其籽粒内外稃与颖果分离, 适应性广, 高产早熟, 是小宗粮中的大

收稿日期: 2019-09-29

基金项目: 国家大麦青稞产业体系遗传改良研究室种子扩繁与生产技术 (CARS-05); 国家自然科学基金项目“垄作沟灌栽培模式对啤酒大麦品质影响及调控机制”(31760358)。

作者简介: 张华瑜(1967—), 女, 湖南安仁人, 高级实验师, 主要从事大麦育种、大麦及麦芽品质分析研究工作。Email: zhanghuayu67@163.com。

通信作者: 潘永东(1962—), 男, 甘肃武威人, 研究员, 主要从事啤酒大麦遗传育种及栽培技术研究工作。Email: panyongdong1010@163.com。

作物^[2],在我国主要分布在西藏、青海、云南及四川的甘孜州和阿坝州、甘肃的甘南等高寒地区^[3]。青稞是我国青藏高原地区主要的粮食、饲料和酿造作物,在农业生产中占有重要地位^[4]。青稞中蛋白质含量高,在谷物中仅低于小麦和燕麦,而且氨基酸配比合理,人体必需氨基酸较为齐全^[5],因此,作为一种优质的蛋白质来源将会受到越来越多的关注。早在 20 世纪 70 年代后期,美国和加拿大谷物委员会就把近红外光谱分析技术检测粗蛋白质含量作为法定方法。我国对近红外光谱分析技术也进行了大量的研究工作^[6]。实验室对青稞蛋白质的检测通常采用的是常规化学方法,需要一系列的预处理过程,操作繁琐,更遗憾的是要将样品破坏,被测定的样品往往已不能被利用,严重影响育种效率的提高。当代近红外光谱分析技术具有无损、快速、高效等分析特点,可以克服上述缺点,非常适合于在作物育种中的应用。但由于不同型号的近红外仪的性能、参数和定标软件及拟分析对象不同,难以直接引用前人的定标研究结果^[7-9]。

我们利用 FOSS 1241 近红外谷物分析仪对青稞粗蛋白质含量进行测定,依据已经定标的大麦应用模型来检测青稞粗蛋白质含量,同时用凯氏定氮法对已获得的青稞样品进行蛋白质的化学定量分析,将近红外谷物分析仪测得的该样品的蛋白质含量与凯氏定氮分析法检测的结果进行相关分析研究,得出相关系数,建立回归方程,并进行外部内部验证,以初步探索利用近红外定标的大麦模标快速地检测出青稞的粗蛋白质含量。

1 材料与方法

1.1 材料

供试青稞样品共 198 份,其中 117 份由西藏自治区农牧科学院提供,81 份由甘

南州农业科学研究所提供,均生产于 2016 年。

1.2 仪器

FOSS INFRATECTM 1241 ANALYZER 近红外谷物分析仪(瑞典生产),FOSS 8400 全自动送样凯氏定氮仪(瑞典生产),电热鼓风干燥箱(控温精度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)(上海一恒科学仪器厂制造)。

1.3 实验方法

凯氏定氮分析数据为化学值,近红外分析数据为预测值。

1.3.1 青稞样品粗蛋白含量预测值检测 利用已有的近红外谷物分析仪大麦定标 BA922126 STM 应用模型扫描所有青稞样品。样品去杂去尘,每次装样量相同,每个样品重复检测 2 次,并按照精确度要求,对 2 次检测结果的差与平均值的比值小于 2% 的样品求平均值,否则对样品重新检测,再计算平均值,便得到青稞粗蛋白质含量的预测值(绝干)。

1.3.2 凯氏定氮分析法检测青稞粗蛋白含量 按照国家标准(GB 5009.5—2016)中凯氏法进行^[10]。利用 FOSS 全自动送样凯氏定氮仪检测青稞粗蛋白含量。将粉碎好的样品均匀地称取 2 份放入凯氏管中,同时称取 2 份作水分平行试验。凯氏管经消化—蒸馏—滴定,求出 2 次重复测定结果的平均值。

1.3.3 水分的检测 水分的检测依据 GB 5009.3—2016 直接干燥法标准要求进行^[11]。同时作平行试验,取平均值。

1.3.4 青稞绝干粗蛋白质的计算 近红外分析数据为绝干值,而凯氏定氮仪检测的数据为湿值,用凯氏定氮分析法检测青稞粗蛋白质的同时也检测样品的水分含量。依下式计算绝干粗蛋白质含量。

青稞粗蛋白质(绝干)含量=[凯氏定氮仪检测的蛋白质值/(1-水分值)]

1.4 数据统计分析

采用 SPSS 13.0 进行数据分析，采用 Excel 2007 作图。

2 结果与分析

通过常规化学方法—凯氏定氮分析法测得的供试青稞样的粗蛋白质绝干值为 87 ~ 175 g/kg，而利用近红外谷物分析仪测得的粗蛋白质含量为 87 ~ 176 g/kg。西藏自治区农牧科学院提供的材料中有 3 份在进行近红外谷物分析仪扫描时未获得有效光谱而无结果。在进行统计分析时，剔除了部分用 2 种方法检测的结果相差较大的样品。

2.1 近红外谷物分析仪与凯氏定氮仪检测青稞粗蛋白质含量结果的相关分析

利用 SPSS 13.0 对供试青稞样品粗蛋白质含量近红外谷物分析仪与凯氏定氮仪检测结果进行相关分析，结果 2 种检测方法在 0.01 水平上极显著相关，皮尔森相关系数 $r=0.9769$ 。

2.2 近红外谷物分析仪与凯氏定氮仪检测青稞粗蛋白质含量结果的回归分析

利用 SPSS 13.0 对青稞样品粗蛋白质含量的近红外谷物分析仪测定值 x 与凯氏定氮仪测定值 y 进行线性回归分析($y=kx+b$)，得到的线性回归方程 $y=1.0237x-2.5157$ ， $R^2=0.9542$ ，回归曲线见图 1。对回归模型的方差分析(表2)表明， $P<0.001$ ，表明该回归方程可准确反映近红外谷物分析仪测定值与凯氏定氮仪测定值间的线性关系。

2.3 准确性验证

另外取 24 份青稞样品(盲样)，分别用近红外谷物分析仪和凯氏定氮仪检测粗蛋白

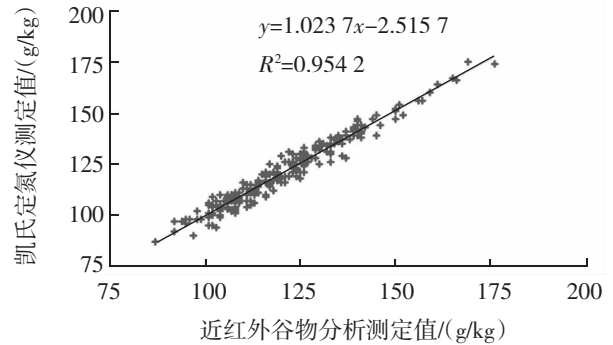


图 1 青稞粗蛋白质含量的近红外谷物分析仪与凯氏定氮仪测定值间的回归曲线

表 2 近红外谷物分析仪测定青稞粗蛋白含量的准确性验证

| 样品名称 | 近红外谷物分析仪测定值/(g/kg) | 凯氏定氮仪测定值/(g/kg) | 拟合值/(g/kg) |
|----------|--------------------|-----------------|------------|
| ZDM0687 | 101 | 95 | 100.9 |
| ZDM0646 | 113 | 106 | 113.2 |
| ZDM0179 | 108 | 102 | 108.0 |
| 藏青3179 | 109 | 107 | 109.1 |
| ZDM0396 | 97 | 90 | 96.8 |
| OK-02-04 | 119 | 120 | 119.3 |
| ZDM0162 | 114 | 116 | 114.2 |
| ZDM0561 | 122 | 131 | 122.4 |
| 藏青80 | 152 | 149 | 153.1 |
| 针芒黑青稞 | 102 | 100 | 101.9 |
| 甘垦6号 | 127 | 129 | 127.5 |
| 昆仑1号 | 113 | 110 | 113.2 |
| 北青4号 | 112 | 112 | 112.1 |
| QB13 | 103 | 107 | 102.9 |
| 黄青1号 | 123 | 126 | 123.4 |
| 北青2号 | 125 | 121 | 125.4 |
| 康青3号 | 139 | 141 | 139.8 |
| 肚里黄 | 126 | 129 | 126.5 |
| 北青8号 | 104 | 104 | 103.9 |
| 鉴I0562 | 129 | 134 | 129.5 |
| 品比538 | 122 | 126 | 122.4 |
| 州区0349 | 117 | 125 | 117.3 |
| 品比0452 | 119 | 121 | 119.3 |
| 品比0325 | 109 | 111 | 109.1 |

表 1 青稞粗蛋白质含量的近红外谷物分析仪与凯氏定氮仪测定值间回归模型方差分析

| 模型 | 平方和 | f | 均方和 | F | P |
|----|------------|-----|------------|-----------|--------|
| 回归 | 61 866.982 | 1 | 61 866.982 | 4 980.306 | <0.001 |
| 残差 | 2 956.513 | 238 | 12.422 | | |
| 总体 | 64 823.496 | 239 | | | |

含量,并将近红外谷物分析仪测定值代入回归方程求出粗蛋白含量拟合值,见表2。采用SPSS 13.0将粗蛋白含量拟合值与凯氏定氮仪测定值进行配对样本 t 检验(自由度 $f=23$),显著性水平 $\alpha=0.05$ 。 t 检验结果显示, $t=0.03761$, $P=0.9703>0.05$,青稞样粗蛋白含量拟合值与凯氏定氮仪测定值间无显著差异,表明近红外谷物分析仪测定值应用于回归模型,可以准确测定青稞样粗蛋白含量。

2.4 精密度分析

取1份不在上述试验范围内的青稞样品,用近红外谷物分析仪进行3次平行检测,得出的粗蛋白值含量分别为100.4、100.3、100.4 g/kg,代入回归方程 $y=1.0237x-2.5157$,计算出粗蛋白含量的实际值为100.3、100.2、100.3 g/kg,平均值为100.2 g/kg。符合相对误差不大于2%即为合格的要求,表明近红外谷物分析仪检测该批样品的粗蛋白含量精确度高。

3 结论与讨论

影响青稞产量的主要品质性状是粗蛋白含量^[12-15],育种工作者要选育目标品种,必须从早代材料开始选择,而近红外光谱法检测早代材料青稞粗蛋白方便快捷、省量、省时,节约成本,有利加快育种进程。有研究表明,利用常规化学方法检测和以定标好的大麦应用模型BA922126 STM预测粗蛋白含量,2种方法检测结果的相关性达到极显著水平。通过盲样检测,并进行配对样本 t 检验分析,表明2种检测方法差异不显著,即近红外光谱分析法与常规化学法检测青稞粗蛋白质含量相关性好,准确性高;同时,平行试验结果的精密度小于2%,即精密度高。表明利用FOSS 1241近红外谷物分析仪的大麦定标模型BA922126 STM对青稞粗蛋白含量进行预测是可行的。

参考文献:

[1] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京: 中国农业出

版社, 1996: 474.

- [2] 向文彬. 青稞新品种—“康青7号”栽培技术[J]. 西藏农业科技, 2009, 31(1): 22-24.
- [3] 臧靖巍, 阚建全, 陈宗道. 青稞的成分研究及应用状况[J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 43-46.
- [4] 刘三才. 我国青稞的质量与品质研究进展[J]. 作物杂志, 2014(4): 1-5.
- [5] 张文会. 青稞蛋白质理化特性研究[J]. 现代农业科技, 2014(9): 300-301.
- [6] 彭玉魁. 近红外光谱分析技术在裸大麦质量监测上的应用[J]. 中国饲料, 1997(24): 13-14.
- [7] 陈晓玲, 冯前进, 谢振文, 等. 水稻直链淀粉含量近红外模型的创建[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2009, 22(1): 5-8.
- [8] 吴建国. 作物种子品质研究中近红外光谱分析模型的创建和应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [9] 李勇. 近红外分析模型稳健性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准食品中水分的测定: GB 5009.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [12] 栾运芳, 赵慧芬, 大次卓嘎, 等. 西藏青稞品质和功能成份及生态性状的典范相关分析[J]. 大麦与谷类科学, 2009(1): 1-5.
- [13] 栾运芳, 何燕. 西藏青稞品质改良的趋势及对策[J]. 大麦科学, 2004(2): 1-4.
- [14] 徐冬丽, 刘梅金, 郭建炜, 等. 2012—2014年第四轮国家青稞品种区试合作的结果[J]. 甘肃农业科技, 2017(2): 27-29.
- [15] 胡再青, 刘梅金, 徐冬丽, 等. 甘南高寒阴湿区甘青6号青稞种植密度与肥料配比试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2018(11): 10-12.

(本文责编: 郑立龙)