

# 利用近红外光谱仪测定小麦品质指标曲线的准确性分析

刘宁涛

(黑龙江省农业科学院 克山分院,黑龙江 克山 161606)

**摘要:**对 Perten 公司和农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)提供测定小麦品质曲线的准确性进行了验证分析。结果显示:(1)应用 Perten 公司提供小麦曲线测试的小麦品质指标中粗蛋白和湿面筋预测值与化学法测定值相关性较高。(2)农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)提供的小麦曲线分析小麦品质性状中,粗蛋白、湿面筋及吸水率与化学法相关性较高。因此,利用近红外光谱仪分析小麦粗蛋白和湿面筋性状的结果,可以作为小麦品质育种的参考。

**关键词:**近红外光谱分析;小麦曲线;准确性

**中图分类号:**S512

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)01-0021-04

近红外光谱分析技术(NIRS)是 20 世纪 80 年代后期迅速发展起来的一项现代分析技术,现已成为欧美等国家谷物品质分析的重要手段<sup>[1-3]</sup>。应用近红外光谱法测定农作物中的蛋白质和脂肪等含量有快速、无损、无污染和同时检测多个组分等优点<sup>[4-6]</sup>,有助于提高品质分析工作效率,近红外定量分析技术因其快速准确,已经列入世界谷物科技协会标准(ICCN<sub>o</sub>. 159, ICCN<sub>o</sub>. 202)和美国谷物化学协会标准(AACCN<sub>o</sub>. 39-00),成为世界公认的标准<sup>[7]</sup>。围绕 NIRS 在小麦、大麦、玉米、高粱等作物品质方面都已进行了大量的研究,主要是对谷物中的蛋白质、脂肪、水分进行测试<sup>[8]</sup>。彭玉魁等<sup>[9-10]</sup>用 NIRS 法测定小麦种子中水分、粗蛋白、赖氨酸和淀粉含量时指出,水分、粗蛋白、粗纤维和赖氨酸含量的常规法测定值与 NIRS 法估测值之间具有显著的强相关关系,可以应用 NIRS 分析小麦的蛋白质、脂肪、淀粉、氨基酸、水分、面筋、沉降值、硬度、灰分、色泽等多种指标<sup>[11-13]</sup>。与此同时, NIRS 属于一种绿色分析技术<sup>[14,15]</sup>,应用于农业育种中,可迅速掌握育种材料的品质性状,提高品质育种效率,避免育种的盲目性、节省大量的人力和物力<sup>[16]</sup>,具有速度快、操作方便、精度高及非破坏、无损伤籽粒的特点,在农业辅助育种上应用前景十分广阔。但由于近红外分析结果准

确性的影响因素较多,往往使得实际操作过程中的测定数值准确性受到不同程度的影响。除此之外,定标模型确定的曲线直接影响到近红外光谱分析数据的准确性,准确性高的 NIRS 曲线是测试数据准确的基础。

该试验通过利用农业部谷物品质测试中心(哈尔滨)以及 Perten(北京)公司分别提供的小麦曲线,对各自测试小麦品质指标的准确性进行相关性分析,研究近红外曲线测试项目中准确性高可以直接应用于育种值得参考的品质指标,以便更加准确的应用近红外光谱辅助小麦品质育种实践,提高育种效率。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验用 23 份小麦材料均是黑龙江省农业科学院克山分院小麦研究所培育的小麦品系。

### 1.2 方法

近红外光谱仪为 Perten 公司的 DA7200 型。先分别用 2009 年农业部谷物品质测试中心(哈尔滨)和 Perten(北京)公司提供的小麦曲线对小麦样品籽粒进行分析,后将用近红外分析过的小麦样品送到农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)用化学法进行分析(见表 1,表 2)。

## 2 结果与分析

对 2 个小麦曲线测定数据与化学法测定结果的准确性进行验证, t 检验分析以及相关性检验、回归方程结果见表 3,表 4,具体方法参考焦仁海<sup>[17]</sup>。

收稿日期:2009-06-29

作者简介:刘宁涛(1982-),男,甘肃宁县人,学士,研究实习员,主要从事春小麦遗传育种研究。E-mail:liuntwheat@126.com。

表 1 Perten 公司提供曲线测试数据与化学法测试结果比较表

品系名称	容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		籽粒蛋白/ $\%$		湿面筋/ $\%$		吸水率/ $\%$		延伸性/cm	
	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
07—998	810	743.6	17.2	17.51	36.64	38.22	68	59.72	204	184
07—970	804	746.9	16.9	16.96	38.26	36.84	68	58.75	189	186
07—962	792	738.5	15.2	15.51	32.90	33.19	63	55.77	168	169
07—922	803	760.6	14.4	14.86	28.67	30.70	58	52.90	119	160
07—892	792	754.8	15.4	15.55	33.38	33.20	63	57.67	170	177
07—829	803	755.1	16.5	16.58	34.02	34.45	54	51.65	156	169
07—787	808	750.2	16.9	16.67	36.06	35.45	62	56.54	162	176
07—749	792	753.7	16.3	16.47	35.71	34.57	62	54.74	199	172
07—606	808	756.0	17.0	17.02	37.94	36.55	66	58.17	182	177
07—550	812	771.2	15.7	16.35	35.20	34.34	64	57.16	204	177
07—457	811	755.1	16.3	16.39	35.15	34.73	62	55.93	194	176
07—442	786	752.4	15.9	16.11	34.56	34.53	69	59.47	189	176
07—417	799	753.3	17.5	17.82	39.10	38.72	65	57.37	173	192
07—373	799	750.5	16.9	16.75	36.20	35.88	68	57.74	157	181
07—252	821	762.8	16.8	16.97	35.79	36.05	63	55.92	127	181
07—222	812	753.5	16.7	16.72	36.06	36.16	64	59.86	140	169
07—1370	804	760.9	16.9	17.66	35.47	37.72	64	57.94	191	194
07—1253	818	754.1	15.6	15.76	32.80	33.81	64	57.31	159	179
07—1236	786	739.7	15.8	15.95	35.50	33.60	64	56.49	193	169
07—1173	815	755.4	16.8	16.67	36.49	35.97	68	60.04	155	172
07—1082	806	776.0	17.9	18.32	39.55	39.15	64	57.63	180	190
07—1039	822	750.7	14.3	14.75	30.04	31.25	56	54.97	135	160
07—1034	814	746.2	16.3	16.00	35.08	34.23	63	56.71	184	176

注:C表示化学法测定结果,N表示运用近红外分析结果。

表 2 农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)提供曲线数据与化学法测试结果比较

品系名称	粗蛋白/ $\%$		湿面筋/ $\%$		吸水率/ $\%$		稳定时间/min		形成时间/min		容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		延伸性/cm	
	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
龙麦 26	17.4	17.17	36.87	42.16	63.5	57.2	8.5	8.2	6.8	5.1	790	747	184	246
07-998	17.2	17.48	36.64	43.12	68.0	59.4	2.6	8.8	4.2	3.6	810	746	204	240
07-970	16.9	16.63	38.26	40.75	68.3	58.8	3.5	8.5	4.4	4.4	804	754	189	234
07-962	15.2	15.08	32.90	36.84	62.5	54.7	4.7	6.4	4.7	3.2	792	744	168	225
07-922	14.4	14.67	28.67	25.81	58.0	52.5	4.1	5.5	2.2	2.8	803	740	119	228
07-829	16.5	16.57	34.02	34.64	54.0	53.2	6.1	6.0	4.2	3.5	803	733	156	241
07-787	16.9	16.31	36.06	40.06	62.2	56.0	2.6	7.2	3.4	4.3	808	740	162	227
07-749	16.3	16.25	35.71	40.29	61.9	55.7	2.0	7.2	3.0	3.2	792	737	199	237
07-703	16.7	16.92	37.35	41.90	62.9	57.0	2.1	8.1	3.4	3.6	782	729	176	251
07-606	17.0	16.37	37.94	40.43	66.1	59.8	3.7	9.3	4.2	5.4	808	751	182	230
07-550	15.7	16.29	35.20	40.33	63.8	58.4	5.0	7.6	4.7	3.3	812	765	204	237
07-457	16.3	16.48	35.15	40.59	62.4	56.5	3.6	6.9	4.3	3.7	811	753	194	236
07-442	15.9	15.77	34.56	38.90	68.9	67.7	4.1	7.6	4.0	3.4	786	751	189	227
07-417	17.5	17.89	39.10	44.50	64.6	60.2	3.0	8.9	3.7	6.1	799	762	173	245
07-388	17.1	17.00	39.21	42.31	64.4	58.2	5.1	7.0	4.7	5.0	798	763	177	234
07-373	16.9	16.41	36.20	40.33	68.1	67.7	2.8	7.6	3.7	4.1	799	751	157	231
07-252	16.8	16.91	35.79	41.99	62.5	57.0	4.0	6.9	4.2	3.8	821	758	127	235
07-222	16.7	16.85	36.06	41.86	63.6	59.6	3.4	8.4	3.9	3.8	812	752	140	228
07-1443	17.4	17.20	36.08	42.33	63.5	58.1	4.4	8.1	4.5	7.0	811	753	220	256
07-1379	16.9	17.16	35.65	33.15	70.9	70.0	3.4	10.0	4.5	6.8	804	730	174	254
07-1374	17.5	16.96	36.54	41.82	67.4	59.4	3.4	9.7	4.2	6.9	804	742	177	252
07-1370	16.9	16.96	35.47	41.23	63.9	56.9	16.0	7.7	7.7	3.1	804	756	191	240
07-1253	15.6	16.11	32.80	30.28	63.7	57.6	4.8	7.3	4.7	3.4	818	763	159	242
07-1236	15.8	15.75	35.50	38.37	63.6	54.9	4.7	7.0	4.3	3.7	786	729	193	231
07-1173	16.8	17.21	36.49	43.37	68.2	59.7	5.0	8.1	4.3	4.4	815	751	155	236
07-1039	14.3	14.65	30.04	36.45	55.6	54.4	2.5	6.0	2.4	2.8	822	745	135	222
07-1034	16.3	16.60	35.08	36.26	63.0	57.2	2.4	8.1	3.3	3.5	814	746	184	240
06-247	15.1	15.62	32.65	33.01	67.0	58.5	7.0	8.2	5.2	2.7	807	755	165	230

注:C表示化学法测定结果,N表示运用近红外分析结果。

表 3 Perten 公司提供曲线 t 检验、相关性分析以及回归方程

分析指标	t 检验			相关性分析		回归方程
	t	t <sub>0.05</sub>	γ	t	t <sub>0.01</sub>	
容重	4.539	2.074	0.315	1.519	2.831	y=520.638+0.377x
粗蛋白	1.298*	2.074	0.958	15.290**	2.831	y=0.022+0.988x
湿面筋	1.306*	2.074	0.907	9.874**	2.831	y=-2.55+1.074x
吸水率	2.958	2.074	0.875	8.298	2.831	y=-26.507+0.051x
延伸性	1.469*	2.074	0.467	2.421	2.831	y=-54.796+1.277x

注:y 为化学法测定值,x 为近红外分析值;\* 表示近红外分析结果与化学法无显著差异;\*\* 表示近红外分析结果与化学法相关系数 t<sub>0.01</sub> 测验达极显著相关。

2.1 Perten 公司提供曲线 t 检验、相关性分析以及回归方程。

表 3 中统计的数据显示, |t<sub>容重</sub>| = 4.539 > 2.074, |t<sub>吸水率</sub>| = 2.958 > 2.074, |t<sub>延伸性</sub>| = 1.469 < 2.074, |t<sub>粗蛋白</sub>| = 1.298 < 2.074, |t<sub>湿面筋</sub>| = 1.306 < 2.074, 表明利用近红外分析的容重和吸水率与化学法差异显著, 粗蛋白、湿面筋以及延伸性数据与化学法结果具有较好的一致性, 无显著差异。分析粗蛋白、湿面筋和延伸性各自相关系数并对其真实相关性进行检验, 计算出回归方程。相关系数分别为 γ<sub>粗蛋白</sub> = 0.958, γ<sub>湿面筋</sub> = 0.907, γ<sub>延伸性</sub> = 0.467, 相关性 t<sub>0.01</sub> 检验, 2 种方法测定的粗蛋白及湿面筋结果 t<sub>0.01</sub> 检验达到极显著水平, 回归方程分别是, y<sub>粗蛋白</sub> = 0.022 + 0.988x, y<sub>湿面筋</sub> = -2.55 + 1.074x (y 为化学法测定值, x 为近红外分析值)。从分析的结果可以看出, 利用 Perten 公司提供的曲线进行近红外分析粗蛋白和湿面筋与化学法结果可靠性强。

2.2 农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)提供曲线 t 检验、相关性分析以及回归方程

表 4 中统计的数据显示, |t<sub>容重</sub>| = 5.080 > 2.052, |t<sub>延伸性</sub>| = 2.936 > 2.052, |t<sub>稳定时间</sub>| =

1.696 < 2.052, |t<sub>形成时间</sub>| = 1.204 < 2.052, |t<sub>吸水率</sub>| = 1.872 < 2.052, |t<sub>粗蛋白</sub>| = 0.823 < 2.052, |t<sub>湿面筋</sub>| = 2.017 < 2.052, t 检验结果显示利用近红外分析粗蛋白、湿面筋、吸水率、形成时间以及稳定时间的数据与化学法结果无显著差异。分析粗蛋白、湿面筋、吸水率、形成时间以及稳定时间各自相关系数并对其真实相关性进行检验, 同时计算回归方程。γ<sub>粗蛋白</sub> = 0.921, γ<sub>湿面筋</sub> = 0.805, γ<sub>吸水率</sub> = 0.0786, γ<sub>形成时间</sub> = 0.123, γ<sub>稳定时间</sub> = -0.072, 对各自测定指标相关性进行 t<sub>0.01</sub> 检验, t<sub>形成时间</sub> = 0.634 < t<sub>0.01</sub> = 2.779, t<sub>稳定时间</sub> = -0.366 < t<sub>0.01</sub> = 2.779, t<sub>粗蛋白</sub> = 12.069 > t<sub>0.01</sub> = 2.779, t<sub>湿面筋</sub> = 6.927 > t<sub>0.01</sub> = 2.779, t<sub>吸水率</sub> = 6.492 > t<sub>0.01</sub> = 2.779, 两种方法测定的粗蛋白、湿面筋及吸水率结果 t<sub>0.01</sub> 检验达到极显著水平, 回归方程分别是:

y<sub>粗蛋白</sub> = -0.469 + 1.026x, y<sub>湿面筋</sub> = 18.217 + 0.441x, y<sub>吸水率</sub> = 21.124 + 0.734x (y 为化学法测定值, x 为近红外分析值)。从结果可以看出, 利用农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)提供曲线进行近红外分析粗蛋白、湿面筋以及吸水率得到的结果与化学法结果一致性、相关性强。

表 4 农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)提供曲线 t 检验、相关性分析以及回归方程

分析指标	t 检验			相关性分析		回归方程
	t <sub>0.01</sub>	t	t <sub>0.05</sub>	γ	t	
粗蛋白	0.823*	2.052	0.921	12.069**	2.779	y=-0.469+1.026x
湿面筋	2.017*	2.052	0.805	6.927**	2.779	y=18.217+0.441x
吸水率	1.872*	2.052	0.786	6.492**	2.779	y=21.124+0.734x
稳定时间	1.696	2.052	-0.072	-0.366	2.779	y=5.846-0.18x
形成时间	1.204	2.052	0.123	0.634	2.779	y=3.792+1.080x
容重	5.080	2.052	0.445	2.531	2.779	y=462.364+0.457x
延伸性	2.936	2.052	0.428	2.319	2.779	y=-96.355+1.137x

注:y 为化学法测定值,x 为近红外分析值;\* 表示近红外分析结果与化学法无显著差异;\*\* 表示近红外分析结果与化学法相关系数 t 测验达极显著相关。

3 结论与讨论

利用近红外分析仪分析小麦品质性状, 可以缩短优质小麦新品种选育的进程。但是近红外在分析

过程中受到的影响因素较多, 其中最直接的是定标曲线的准确性。因此, 建立稳定性强、适应性强的标准曲线是测试数据准确性的关键。近红外谷物分析

仪检测数值是通过扫描小麦样品吸收光谱与定标模型比对而预测的相对值<sup>[11]</sup>,在应用近红外分析时要处理好样品中的杂质,检测籽粒必须保证均匀一致。另外,近红外对温度敏感,10~20℃就可引起吸光度的变化,且温度影响不呈规律性<sup>[18]</sup>,在保证样品一致性与操作过程标准化的前提下,需满足环境温度和湿度的一致性,以减小误差,提高准确性。通过对2个曲线准确性分析可知:

3.1 利用 Perten 公司提供的小麦曲线进行 NIR 光谱分析小麦籽粒容重、粗蛋白、湿面筋、吸水率以及延伸性品质指标,其中粗蛋白和湿面筋与化学法结果一致性强,相关性达到显著水平,将 NIR 光谱分析结果代入回归方程计算化学值,NIR 光谱分析结果可以代替化学法。

3.2 农业部品质监督检验测试中心(哈尔滨)提供的小麦曲线进行 NIR 光谱分析小麦的籽粒容重、粗蛋白、湿面筋、形成时间、稳定时间、吸水率及延伸性指标,粗蛋白、湿面筋及吸水率相关性较高,可以应用于小麦品质育种。

#### 参考文献:

- [1] 吴瑾光.近代傅立叶变换红外光谱技术及应用(上卷)[M].北京:科学技术文献出版社,1994:251-281.
- [2] 易时来,邓烈,何绍兰,等.近红外光谱技术在农作物品质检测上的研究进展[J].湖南农业科学,2007(6):67-69.
- [3] Ciurzak E W. Use of near infrared spectroscopy in cereal products [J]. Food Testing and Analysis, 1995, 5: 35-39.
- [4] 严衍禄.近红外光谱分析基础与应用[M].北京:中国轻工业出版社,2005:190-260.
- [5] 段民孝,郭景伦,王元东,等.利用近红外透射分析仪快速测定玉米子粒品质的初步研究[J].华北农学报,2003,18(1):37-43.
- [6] 孟兆芳,赵龙莲,程奕,等.近红外光谱法测定玉米品质指标的研究[J].华北农学报,2003,18(1):37-43.
- [7] 殷贵华,于林平,朱京立,等.近红外谷物分析仪在小麦品质分析中的应用性研究[J].粮油仓储科技通讯,2007(2):47-48.
- [8] 梁高峰,贾宏汝,谷运红,等.近红外光谱分析技术及其在农业研究中的应用[J].安徽农业科学,2007,35(29):9113-9115.
- [9] 彭玉魁.近红外光谱分析技术及其在农业中的应用[J].陕西农业科学,2001(3):25-27.
- [10] 彭玉魁,李菊英,祁振英.近红外光谱分析技术在小麦营养成分鉴定上的应用[J].麦类作物,1997,17(2):33-35.
- [11] 杜召庆,刘丕营,杨洪进等. Infratec1241 近红外谷物分析仪在小麦质量检验中的应用[J].粮食储藏,2008,37(2):50-52.
- [12] 陈锋,何中虎,崔党群.利用近红外透射光谱技术测定小麦籽粒硬度的研究[J].作物学报,2004,30(5):455-459.
- [13] 任红波.近红外仪快速测定小麦蛋白及硬度[J].黑龙江农业科学,2003(3):17-18.
- [14] 严衍禄,赵龙莲.现代近红外光谱分析的信息处理技术[J].光谱学与光谱分析,2000,12(6):777-780.
- [15] 李军会,赵龙莲,劳彩莲,等.用近红外光谱构建现代农产品品质分析技术[J].现代科学仪器,2005(1):17-19.
- [16] 王仁杰,王思斌,赵其芝,等.近红外光谱分析仪在农作物品质育种上的应用[J].现代化农业,2006(7):39-40.
- [17] 焦仁海,孙发明,刘兴斌,等.近红外光谱仪分析玉米籽粒品质准确性的验证[J].农业与技术,2005,25(2):104-105.
- [18] 陈丽菊,刘巍.近红外光谱分析技术及其发展前景[J].现代物理知识,2007,18(2):10-11.

## Accuracy Analysis by Near-infrared Spectrometer on Indexes Curves of Wheat Quality

LIU Ning-tao

(Keshan Sub-academy of Heilongjiang Academy of Agriculture Science, Keshan, Heilongjiang 161606)

**Abstract:** The accuracy of wheat curves that provided by Perten Instruments and the Quality and Supervision Testing Center of China Agriculture Ministry (Harbin) was verified. The results showed that: (1) crude protein and wet gluten of Perten instruction's curves have a high relationship between predictive and chemical value. (2) crude protein, wet gluten and absorption of wheat curves which provided by the Quality and supervision Testing Center of China Agriculture Ministry (Harbin) also have a high relationship between predictive and chemical value. Crude protein and wet gluten should be used and Assistant by quality breeding of wheat.

**Key words:** NIRS; wheat curves; accuracy