

# 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

段民孝, 郭景伦, 王元东, 邢锦丰, 滕海涛, 赵久然

(北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100089)

**摘要:** 对 425 份玉米自交系和 1 125 份杂交组合的子粒品质进行测定, 并对粗脂肪、蛋白质、粗淀粉的杂交优势和亲本的相关性作了探讨。结果表明, 3 种成分在不同材料存在显著差异, 粗脂肪和蛋白质变幅和变异系数都较大, 粗淀粉含量变幅和变异系数都较小, 自交系中平均含量分别为 4.24%, 12.17% 和 71.10%, 杂交组合中平均含量分别为 4.86%, 9.93%, 72.56%。458 个杂交组合子粒的 3 种成分含量与亲本的相关性均较低, 粗脂肪的中亲优势和超亲优势均表现较大的正向, 蛋白质均表现为负向优势, 粗淀粉的杂交优势变异幅度较大, 平均正向杂交优势较小。

**关键词:** 玉米; 近红外; 透射; 品质

**中图分类号:** S513.02    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-7091(2003)01-0037-04

## Preliminary Study on Analyzing Maize Kernel Quality with NIT Analyzer

DUAN Min xiao, GUO Jing lun, WANG Yuan dong, XING Jin feng, TENG Hai tao, ZHAO Jiu ran

(Maize research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100089, China)

**Abstract:** The kernel quality of 425 maize inbreds and 1 125 cross combinations were analyzed in this paper by using near infrared spectroscopy transmission(NIT) analyzer made by FOSS Company. The heterosis of rough fat(oil), protein and rough starch and the relativity between hybrids and their parents were also discussed. The study showed that the variance range and the variance indexes of rough fat and protein content were large, and those of rough starch were minor. The average content was 4.24%, 12.17% and 71.10% respectively for the rough fat, protein and rough starch in inbreds, and 4.86%, 9.93% and 72.56% respectively in cross combinations. The relativity of the three components between hybrids and their parents was minor. The mid advantage and super advantage were positive for rough fat, and negative for protein. The cross advantage variance range was larger for rough starch, and the average value was minor. NIT is a new method for quality analyzer in crop breeding.

**Key words:** Maize; Near-infrared; Transmission; Quality

进行农作物品质育种, 需要对种质材料进行化学成分分析, 而常规的化学分析, 不仅需要一系列的预处理, 操作繁琐, 更遗憾的是将样品破坏, 被测定鉴定的好样品已经不能被利用。因此, 严重影响育种效率。同时, 针对不同的化学成分, 需要不同的分析方法和程序, 既费工费时, 花费又大。因此, 建立大批量样品品质性状的快速判别分析方法, 在育种

工作中有重要的意义<sup>[1]</sup>。核磁共振仪(NMR)的出现与使用, 加快了高油玉米的选育<sup>[2]</sup>, 但没有应用于对子粒其他成分的选择。近红外光谱(简称 NIRS)分析技术是 20 世纪 80 年代后期迅速发展起来的一项测试技术, 在欧、美等国, NIRS 已成为谷物品质分析的重要手段<sup>[3]</sup>。由于 NIRS 可以非破坏性的分析样品中的化学成分, 为当前作物育种研究领域的品质

收稿日期: 2002-05-01

基金项目: 北京市自然科学基金(6022008); 北京市科技新星计划(H020821440130)

作者简介: 段民孝(1972-), 男, 山西平顺人, 博士, 助理研究员, 从事玉米遗传育种研究。

育种提供了一个新的技术手段<sup>[4]</sup>。目前,美国 DuPont 公司利用近红外分析仪来提高玉米含油量, Dyer 指出,“利用近红外单粒分析,我们可以在育种周期中节省一个世代。”我国有在小麦<sup>[4]</sup> 菜豆<sup>[5]</sup>、稻米<sup>[6]</sup> 品质分析中应用 NIRS 的报道。顾晓红<sup>[7]</sup> 对国家种质库的玉米种质资源进行了研究分析,但他没有将不同类型的种质材料进行区分。我们利用近红外分析仪,对少量玉米子粒样品进行整粒非破坏性的品质测定,现将分析结果报道如下。

1 材料和方法

玉米试验材料包括两类:一类为自交系,多是有明确系谱来源,经过多代选育,性状稳定的遗传资源,2000 年 5 月在北京四季青乡的试验田种植,10 月份收获晾晒,保存在库房内;另一类为鉴定的杂交组合,包括自交系间组配以及一些选育的高代二环系或者回交改良自交系的测配组合,2001 年 5 月种植在本单位试验田,10 月份收获晾晒。所有材料测定日期在 2001 年 12 月。

进行品质测定仪器是 FOSS 公司 INFRATEC 1255 型近红外分析仪。该仪器为近红外透射光谱仪,波长范围 800~ 1 100 nm。该仪器的旋转样品台装备一个具有套环接收器型样品杯 5 个,因而可以与不同高度的圆筒形套环相接。测定玉米使用最大高度 30 mm。另外,还配备有一个单粒测定装置,为圆形转盘,共 23 个单粒样品槽,可以进行单粒测定。分析时,取样品 160~ 230 粒(50~ 60 g)装满 5 个样

品杯即可,分析结果为平均值。如果样品量少于 5 个时,可以减少样品杯数,保证样品杯装满样品。使用的软件为 WinScan2. 71,标准模型曲线为 CN98011 (由 FOSS 公司提供),测定指标包括粗脂肪、蛋白质、粗淀粉、水分。所有结果以干基为基础。

2 结果与分析

2.1 自交系品质分析

分析测定 2000 年种植收获的自交系材料共 425 份,均为普通玉米(表 1)。普通玉米是相对于甜玉米、糯玉米、高油玉米等在子粒成分上具有明显差异而言的玉米类型。

表 1 玉米自交系品质测定结果					%
项 目	粗脂肪	蛋白质	粗淀粉	水 分	
变异幅度	2.36~ 6.11	8.40~ 16.20	65.80~ 74.10	9.60~ 16.50	
平 均	4.24	12.17	71.10	11.47	
变异系数	13.96	10.78	1.80	6.27	

由表 1 可以看出,普通玉米的粗脂肪和蛋白质变幅较大,粗脂肪最高含量为 6.11%,约为最低含量的 2.6 倍,蛋白质最高含量(16.2%)是最低含量(8.4%)的 2 倍,但仅局限于少数材料,二者变异系数较大。粗淀粉含量变幅和其变异系数较小,最高和最低相差不到 9 个百分点,因为玉米为高淀粉作物,平均含量为 71.10%。可见在现有玉米材料中子粒成分存在广泛差异。为此,统计不同含量范围的样品数,结果如表 2。

表 2 玉米自交系 3 种子粒成分的分布情况

粗脂肪		蛋白质		粗淀粉	
含量范围(%)	样品数(个)	含量范围(%)	样品数(个)	含量范围(%)	样品数(个)
$x \leq 3$	10	$x \leq 10$	19	$x \leq 70$	83
$3 < x \leq 4$	142	$10 < x \leq 12$	182	$70 < x \leq 72$	241
$4 < x \leq 5$	231	$12 < x \leq 14$	192	$72 < x \leq 74$	98
$5 < x \leq 6$	41	$14 < x \leq 16$	31	$74 < x \leq 75$	3
$x > 6$	1	$x > 16$	1	$x > 75$	0

由表 2 可以看出,玉米自交系粗脂肪含量多为 4%~ 5% (占样品数 54.35%),部分为 3%~ 4% (占样品数的 33.41%),5%~ 6% 的样品为 9.6%,有 1 个超过 6%。蛋白质含量范围主要在 10%~ 14% 之间,其中在 10%~ 12% 之间的样品数(占总样品数 42.8%)和 12%~ 14% 之间的样品数(占 45.2%)相近,高过 14% 的样品数很少(占 7.5%),有 1 个样品

的蛋白质含量超过 16%。粗淀粉含量主要分布在 70%~ 72% (占样品数的 56.7%) 之间,低于 70% 的占 19.5%,最低为 65.8%,有 23.1% 的样品分布在 72%~ 74% 之间,而 74%~ 75% 之间仅有 3 个,没有高于 75% 的样品。由此可见,虽然淀粉为玉米的主要成分,但含量不会太高,超过 75% 的很少。

2.2 杂交组合品质分析

本试验中测定了 1 125 个杂交组合的子粒品质, 结果列入表 3。

表 3 杂交组合子粒品质分析结果				%
项 目	粗脂肪	蛋白质	粗淀粉	水 分
变异幅度	3.57~ 9.01	8.1~ 12.8	66.8~ 74.9	9.6~ 17.6
平 均	4.86	9.93	72.56	13.44
变异系数	9.25	7.59	1.35	7.60

由表 3 看出, 测定的杂交组合中, 子粒粗脂肪变异幅度较大, 其中最高为 9.01% 的杂交组合的亲本中有高油玉米自交系。而淀粉最低为 66.8% 的组合, 正是因为其粗脂肪含量高的缘故。粗脂肪和蛋白质的变异系数均较大, 粗淀粉含量的变异系数较小, 最高和最低相差 8.1 个百分点。水分变异幅度和变异系数都较大, 是由于有个别组合子粒的含水

率较高引起的。

对 3 种成分的分布情况进行统计(表 4), 可以看出, 杂交组合子粒成分的分布范围不同于自交系。多数组合子粒的粗脂肪含量为 4% ~ 5% (占 67.2%), 有 30% 杂交组合的粗脂肪含量在 5% ~ 6% 之间, 超过 7% 的组合很少。这与多数研究结果<sup>[7]</sup>相吻合, 可能与高油自交系较少有关。蛋白质含量主要分布在 9% ~ 11% 之间(占 82.2%), 有 10.8% 的杂交组合蛋白质含量低于 9%, 超过 12% 的组合很少, 平均含量似乎比自交系偏低。粗淀粉含量变化与自交系不同, 有 41.9% 的杂交组合粗淀粉含量在 72% ~ 73% 之间, 低于 70% 的组合较少(占 1.5%), 分布在 70% ~ 72% 之间的杂交组合数与 73% ~ 74% 之间的组合数相近(占 25.6%), 超过 74% 的组合数达到 5.2%, 但没有大于 75% 的组合。

表 4 杂交组合 3 种子粒成分的分布情况

粗脂肪		蛋白质		粗淀粉	
含量范围( % )	样品数( 个 )	含量范围( % )	样品数( 个 )	含量范围( % )	样品数( 个 )
$x \leq 3$	0	$x \leq 8$	0	$x \leq 68$	2
$3 < x \leq 4$	14	$8 < x \leq 9$	121	$68 < x \leq 69$	4
$4 < x \leq 5$	756	$9 < x \leq 10$	535	$69 < x \leq 70$	11
$5 < x \leq 6$	337	$10 < x \leq 11$	390	$70 < x \leq 72$	288
$6 < x \leq 7$	12	$11 < x \leq 12$	72	$72 < x \leq 73$	471
$7 < x \leq 8$	4	$12 < x \leq 13$	7	$73 < x \leq 74$	290
$8 < x \leq 9$	1	$x > 13$	0	$74 < x \leq 75$	59
$9 < x \leq 10$	1	—	—	$x > 75$	0

表 5 玉米子粒 3 种成分杂交优势分析结果

成分	中亲优势				超高亲优势				超低亲优势			
	平均 ( % )	变幅 ( % )	负向优势 组合数( 个 )	变异 系数	平均 ( % )	变幅 ( % )	负向优势 组合数( 个 )	变异 系数	平均 ( % )	变幅 ( % )	负向优势 组合数( 个 )	变异 系数
粗脂肪	14.17	- 0.16 ~ 65.90	40	78.13	7.55	- 19.27 ~ 65.29	100	143.87	22.30	- 15.80 ~ 100.39	17	65.95
蛋白质	- 19.25	- 35.56 ~ 2.02	455	- 33.78	- 23.52	- 42.57 ~ - 2.80	458	- 29.70	- 14.13	- 35.07 ~ 13.48	21	- 55.33
粗淀粉	2.19	- 3.14 ~ 7.10	33	73.67	1.22	- 4.28 ~ 6.41	108	140.53	3.19	- 2.26 ~ 8.53	18	57.63

2.3 玉米子粒品质杂交优势分析

经过统计, 各种数据齐全的有 458 个杂交组合。对杂交 F<sub>1</sub> 和亲本的相关性作了分析, 结果表明, 3 种子粒成分相关程度较低, F<sub>1</sub> 子粒的粗脂肪与母本的相关系数为 R= 0.26, 与父本的相关系数为 R=

0.13, 蛋白质与母本的相关系数为 R= 0.31, 与父本的相关系数为 R= 0.16, 粗淀粉与母本的相关系数为 R= 0.16, 与父本的相关系数为 R= 0.16。

利用杂种优势的表示方法<sup>[8]</sup>, 分析 3 种成分的杂交优势, 结果列入表 5。从表 5 可以看出, 无论是

中亲优势、超高亲优势和超低亲优势,玉米子粒粗脂肪的杂交优势都平均表现正向优势,但有负向优势组合,变异幅度和变异系数也较大,说明杂交优势随不同的亲本组合而有显著的差异。其中含高油玉米亲本的组合不出现超高亲优势。玉米子粒蛋白质的3种杂交优势均表现负向杂交优势,但变异系数较小。粗淀粉3种杂交优势的变幅不大,平均表现正向杂交优势,但变异系数较大,因此杂交优势均较小。

### 3 讨论

近红外光谱分析技术最早应用在农产品方面<sup>[9]</sup>,目前应用范围得到拓宽<sup>[10]</sup>。在作物育种中,常常利用单个子粒的差异来进行相关性状的选择。本研究利用近红外分析仪对大量玉米种质材料进行测定,花费时间短,操作简单,结果可靠,同时利用近红外光谱分析仪可以实现对整粒进行非破坏性测定,对于达到要求的样品还可以应用于育种实践中。

种质资源是育种的基础,因此研究我国目前玉米种质资源品质情况十分重要。中国农科院作物育种栽培研究所1978年对128份玉米样品进行分析,结果表明玉米全子粒平均淀粉含量为72.02%,而美国为71.50%<sup>[11]</sup>。赵克明<sup>[12]</sup>对11个省市、自治区所选育并推广的88个杂交种的品质进行了分析,结果普通玉米粗淀粉含量平均为68.15%,其中大于70%的占64.62%,最高可以达到76.60%。但顾晓红<sup>[7]</sup>对我国国家资源库长期保存的7609份玉米种质资源进行分析,玉米品种间粗蛋白、粗脂肪、直链淀粉含量差异较大,其变异系数在10%以上,他认为我国玉米资源总淀粉含量比美国偏低2~3个百分点,但从他研究结果中看出,将甜玉米等特用类型玉米资源包括在内进行平均是不合理的。本研究选用的自交系均为普通玉米,杂交组合中出现粗脂肪高的组合,是因为亲本中有高油玉米。研究结果和前人相似之处,也有区别,可能是不同材料所致。因此在种质资源的品质分析中,应注意区分不同类型遗传材料。

目前我国玉米生产主要推广杂交种,因此子粒品质性状的杂交优势也是主要研究内容。据研究<sup>[8]</sup>,玉米脂肪含量的组合间优势表现变异最大,其

次为淀粉含量,而蛋白质含量的组合间优势表现变异较少;蛋白质含量的平均中亲和超亲优势均较大负值,仅有一个组合表现正向超亲优势,2个组合具有正向中亲,其余组合均表现为负向中亲和超亲优势;脂肪含量的中亲和超亲优势均为正值,分别有6和8个组合表现负向中亲和超亲优势,淀粉含量的中亲和超亲优势在组合间存在极显著差异,仅一个组合表现负向超亲优势,其余组合的超亲优势及全部组合的中亲优势均为正值。这与本研究具有相似性,但本研究中粗脂肪和粗淀粉的3种杂交优势中负向优势组合数较多,是因为本研究选用杂交组合数远远超过以上研究。

### 参考文献:

- [1] 王成. 傅立叶变换近红外漫反射光谱法测定大麦粗蛋白含量[J]. 新疆农业科学, 2000, (2): 68-70.
- [2] 宋同明. 脉冲核磁共振仪(Plused NMR)对作物种子含油量的快速测定[J]. 作物学报, 1989, 15(2): 160-166.
- [3] Ciurczak E W. Use of near infrared spectroscopy in cereal products [J]. Food Testing and Analysis, 1995, (5): 35-39.
- [4] 李庆青, 王文真, 张玉良. 近红外漫反射光谱分析法(NIRDRSA)在作物品质育种中的应用[J]. 作物学报, 1992, 18(3): 235-240.
- [5] 吴秀琴, 梁东升, 吴燕凤, 等. 应用NIRS测定菜豆嫩荚的粗蛋白和纤维含量[J]. 作物品种资源, 1993, (1): 28-29.
- [6] 舒庆尧, 吴殿星, 夏英武, 等. 用近红外反射光谱测定精米粉样品表现直链淀粉含量的研究[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(3): 189-192.
- [7] 顾晓红. 中国玉米种质资源品质性状的分析与评价[J]. 玉米科学, 1998, 6(1): 14-16.
- [8] 陈彦惠. 玉米遗传育种学[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1996.
- [9] 刘建学, 吴守一, 方如明. 近红外光谱分析在农产品方面的应用与展望[J]. 江苏理工大学学报, 1998, 19(3): 1-5.
- [10] Daniel J Dyer. 任鹏编译. 近红外光谱技术研究进展[J]. 国外畜牧科技, 1998, 25(4): 19-22.
- [11] 石德权, 郭庆法, 汪黎明, 等. 我国玉米品质现状、问题及发展优质食用玉米对策[J]. 玉米科学, 2001, (2): 3-7.
- [12] 赵克明. 改善玉米品质推广优质玉米[J]. 玉米科学, 2000, 8(1): 8-9.