

文章编号: 1005-0906(2003)02-0099-03

# 中国玉米杂交种蛋白质、赖氨酸、脂肪含量及其相互关系的研究

李凌雨, 阎彩清, 邢亚静, 董民堂, 王学雄

(山西省农业科学院作物遗传研究所, 太原 030031)

**摘要:** 根据对我国 229 份玉米杂交种的分析资料, 研究了蛋白质、赖氨酸、脂肪含量的品种间差异和地区间差异; 同时对三者之间的关系进行了分析; 并对它们与植株主要农艺性状的关系进行了探讨。

**关键词:** 中国; 玉米杂交种; 蛋白质; 赖氨酸; 脂肪

**中图分类号:** S513.033

**文献标识码:** A

## A Study on Protein, Lysine and Fat Contents and Their Interrelation in Various Maize Hybrids in China

LI Ling-yu, YAN Cai-qing, XING Ya-jing, DONG Min-tang, WANG Xue-xiong

(Crop Genetics Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

**Abstract:** The differences among hybrids and among areas for the protein, lysine and fat contents of maize hybrids were studied on the basis of the quality analysis for 229 maize hybrids. At the same time, the relations among protein; lysine and fat were analysed. The relations among these three quality characters and main agronomic characters were researched.

**Key words:** China; Maize hybrids; Protein; Lysine; Fat

玉米在我国国民经济中占有重要地位, 它不仅是我国的主要粮食作物之一, 而且作为饲料原料的主要来源, 同时也是重要的医药和轻工业原料。近年来, 随着人们生活水平的提高和膳食结构的改变, 玉米的用途发生了重大变化, 对玉米品种的要求由单纯追求高产型转向追求品质营养型, 因此, 玉米品质育种越来越受到育种家们的关注。为了加速品质育种研究, 深入开展玉米品质育种, 本文对我国部分玉米杂交种的蛋白质、赖氨酸及脂肪含量变异以及它们与主要农艺性状的关系进行了探讨, 以期能为品质育种研究提供有益的启示。

## 1 杂交种间蛋白质、赖氨酸及脂肪含量的差异

### 1.1 杂交种间蛋白质含量差异

我国地形复杂, 气候多样, 玉米品种间蛋白质含量的差异较大。根据对 229 份玉米杂交种的统计结果, 蛋白质含量最低的为 6.55% (丹玉 15 号), 最高的为 13.4% (内单 1 号), 平均蛋白质含量为 10.05%

±1.14%。由表 1 看出, 我国玉米杂交种蛋白质含量的分布近似正态分布, 但高峰偏左。大多数杂交种的蛋白质含量居 9.00% ~ 10.99% 之间, 共 154 份, 占分析材料总数的 67.24%。蛋白质含量最高的除内单 1 号外, 还有垦玉 6 号 (12.9%)、中原单 32 (12.765%)、嫩单 3 号 (12.73%)、宁单 4 号 (12.5%)、白黄单交 (12.5%)、九单 10 (12.48%)、庆单 41 (12.35%)、内单 3 号 (12.3%)、锦单 9 号 (12.2%)、喀单 2 号 (12.2%)、丹玉 9 号 (12.1%)、吉单 104 (12.1%) 及绥玉 5 号 (12.08%) 13 个杂交种。

来源于不同地区的杂交种, 其蛋白质含量差异较大, 其中以东北地区为最高, 平均为 10.47% ± 1.17%, 较样本平均含量高出 0.42 个百分点; 其次是西北地区, 平均含量为 10.30% ± 1.01%; 再次是华北地区, 平均蛋白质含量为 9.88% ± 1.15%; 西南地区及华中、中南地区杂交种的蛋白质含量分别为 9.67% ± 1.09% 和 9.57% ± 0.78%; 华东地区的平均蛋白质含量最低, 仅为 9.52% ± 0.66%。研究发现, 蛋白质含量高于 12.0% 的 14 个杂交种均属于“三北”地区, 其中东北地区 9 个, 西北地区 2 个, 华北地区 3 个, 分别占 64.29%、14.29% 和 21.42%。

由表 1 可知, 蛋白质含量在 9.00% ~ 9.99% 和

收稿日期: 2002-10-18

作者简介: 李凌雨 (1960-), 男, 山西永济市人, 副研究员, 主要从事玉米遗传育种研究工作。

10.00%~10.99%两个组段的分布频率相同,均为 77 个杂交种,但各地区杂交种在其中所占份额差异较大,东北、西北两区杂交种在 10.00%~10.99%组段中所占份额大致相同,分别为 37.68%、37.93%,且均高于在 9.00%~9.99%组段中所占份额。华北地区杂交种在上述两个组段中的分布频率分别为 34.52%和 33.33%。华东、西南及华中、中南 3 区杂交种在上述前一组段的分布频率分别为 53.85%、38.46%、62.35%,明显高于后一组段。此外,各区杂交种在其它组段的分布频率间也存在着较大差异。由上可知,东北、西北两区杂交种的平均蛋白质含量高,且高蛋白含量杂交种占大多数,近 40%的杂交种的蛋白质含量处于较高组段,因此,笔者认为在上述两地特别是在东北地区开展高蛋白育种有着较为优越的遗传基础。

表 1 中国玉米杂交种蛋白质含量统计

| 蛋白质含量(%)      | 品种数 | 占样本(%) |
|---------------|-----|--------|
| 7.99 以下       | 6   | 2.62   |
| 8.00 ~ 8.99   | 27  | 11.79  |
| 9.00 ~ 9.99   | 77  | 33.62  |
| 10.00 ~ 10.99 | 77  | 33.62  |
| 11.00 ~ 11.99 | 28  | 12.23  |
| 12.00 ~ 12.99 | 13  | 5.68   |
| 13 以上         | 1   | 0.44   |
| 合计            | 229 | 100.00 |

## 1.2 杂交种间赖氨酸含量差异

研究表明,229 份玉米杂交种中赖氨酸的最高含量为 0.47%(中单 206),最低含量为 0.17%(成单 16),平均含量为  $0.297\% \pm 0.051\%$ 。其中有 73.35%的杂交种赖氨酸含量在 0.240%~0.359%之间,含量在 0.40%以上的杂交种有 7 个,占 3.06%(见表 2)。这些高赖氨酸杂交种除了中单 206 之外,还有龙高 1 号(0.457%)、210(0.44%)、陕单 931(0.43%)、渝糯 7 号(0.43%)、高油 115(0.42%)和湘玉 11(0.41%)。

不同地区杂交种的赖氨酸含量以西北地区最高,平均为  $0.318\% \pm 0.046\%$ ;其次是华北地区,为  $0.301\% \pm 0.048\%$ ;东北地区的平均赖氨酸含量为  $0.295\% \pm 0.051\%$ ;华东、华中及中南地区的赖氨酸含量分别为  $0.292\% \pm 0.031\%$ 、 $0.274\% \pm 0.060\%$ ;西南地区杂交种的赖氨酸含量最低,仅为  $0.272\% \pm 0.063\%$ 。

研究还发现,各地区杂交种在各组段的频率分布存在着差异,其中西北、华北两区的赖氨酸含量在 0.280%以上组段的分布频率高于东北地区,而在其以下组段多低于东北地区。西北地区杂交种在 0.280%~0.319%、0.320%~0.359%、0.360%~0.399%及 0.40%以上各组段的分布频率分别为 44.83%、31.03%、13.79%及 3.45%;华北地区的相应

值为 38.10%、22.62%、13.10%及 2.38%;而东北地区在上述各组段的分布频率分别为 28.99%、21.74%、7.24%及 2.90%。以上资料证明,西北、华北两区的高赖氨酸杂交种占多数。此外,西南地区杂交种的赖氨酸含量分布频率与东北地区大致相同。

表 2 中国玉米杂交种赖氨酸含量统计

| 赖氨酸含量(%)      | 品种数 | 占样本(%) |
|---------------|-----|--------|
| 0.199 以下      | 4   | 1.75   |
| 0.200 ~ 0.239 | 28  | 12.23  |
| 0.240 ~ 0.279 | 41  | 17.90  |
| 0.280 ~ 0.319 | 77  | 33.62  |
| 0.320 ~ 0.359 | 50  | 21.83  |
| 0.360 ~ 0.399 | 22  | 9.61   |
| 0.40 以上       | 7   | 3.06   |
| 合计            | 229 | 100.00 |

## 1.3 杂交种间脂肪含量差异

脂肪含量是玉米营养品质的重要指标之一。研究得知,脂肪含量最高的是高油 115,为 8.30%,其次是成单 1 号,为 7.07%,最低的是陕单 902,其含量仅为 2.25%,平均脂肪含量为  $4.57\% \pm 0.75\%$ ,脂肪含量较高的杂交种还有晋单 3 号(6.87%)、昌单 1 号(6.64%)、沪单 3 号(6.25%)、八一 4(6.17%)、辽单 24(6.11%)及晋单 8 号(6.02%)。由表 3 看出,有 62.44%的杂交种脂肪含量在 4.01%~5.00%之间,3.49%的杂交种的脂肪含量在 6.00%以上,玉米杂交种的脂肪含量呈正态分布。

表 3 中国玉米杂交种脂肪含量统计

| 脂肪含量(%)     | 品种数 | 占样本(%) |
|-------------|-----|--------|
| 3.00 以下     | 5   | 2.18   |
| 3.01 ~ 3.50 | 10  | 4.38   |
| 3.51 ~ 4.00 | 24  | 10.48  |
| 4.01 ~ 4.50 | 72  | 31.44  |
| 4.51 ~ 5.00 | 71  | 31.00  |
| 5.01 ~ 5.50 | 28  | 12.23  |
| 5.51 ~ 6.00 | 11  | 4.80   |
| 6.00 以上     | 8   | 3.49   |
| 合计          | 229 | 100.00 |

源于不同地区的杂交种,其脂肪含量也不尽相同。其中,以西南地区的含量最高,为  $4.85\% \pm 0.88\%$ ,含油量在 5.01%以上的杂交种占本区杂交种的 46.20%,占全国相同组段的 25.53%;其次是华北地区,平均含量为  $4.59\% \pm 0.73\%$ ;西北地区的脂肪含量最低,为  $4.33\% \pm 0.88\%$ ,其他地区玉米杂交种的脂肪含量低于全国平均值。

## 2 蛋白质、赖氨酸及脂肪含量间的相互关系

将蛋白质、赖氨酸、脂肪含量间的多重相关分析结果列入表 4。表内资料证明:玉米杂交种的蛋白质

与赖氨酸含量呈显著正相关，而与脂肪含量呈极显著负相关，相关系数分别为 0.134 4\*、-0.180 9\*\*。赖氨酸与脂肪相关不显著，而与其占蛋白质的百分含量呈极显著正相关，相关系数为 0.757 3\*\*。脂肪与赖氨酸占蛋白质的百分含量呈极显著正相关，相关系数为 0.194 6\*\*。上述相关分析结果与笔者先前的研究结果<sup>[1]</sup>相符，同时，蛋白质与赖氨酸及赖氨酸与脂肪的相互关系与石德权<sup>[2]</sup>的研究结果基本一致，而蛋白质与脂肪的关系，脂肪含量与赖氨酸占蛋白质的百分含量间关系与宋同明<sup>[3]</sup>、庄铁成等<sup>[4]</sup>的结论不尽相同。

与此同时，我们还看到蛋白质与赖氨酸占蛋白质百分含量之间是极显著的负相关， $r=-0.396\ 1^{**}$ ，如蛋白质含量最高的内单1号，其赖氨酸占蛋白质的百分含量仅1.57%，在所分析样本中最低；而蛋白含

量最低的丹玉15，其相应值却高达5.04%，居供试材料之首。蛋白质含量高于12%的中原单32、嫩单3号、黄白单交及九单10的赖氨酸占蛋白质的百分含量分别为2.15%、2.20%、2.48%及2.56%，分别较样本平均值（3.00%）低0.85、0.80、0.52及0.44个百分点；而蛋白含量低于9.00%的中单206（8.96%）、八一4（8.7%）的相应值高达5.25%、4.25%，高出样本平均值2.25、1.25个百分点。从不同地区的杂交种分析，蛋白质含量最高的东北地区，赖氨酸占蛋白质的百分含量较低，为2.87%，而蛋白质含量最低的华东地区则为3.10%，因此，我们认为在一个品种内既要求蛋白质质量较高，同时又要求赖氨酸占蛋白质的百分含量也较高是难以实现的，在品质育种中确定该项指标时应主要考虑赖氨酸占子粒干重的百分含量，而不宜以其占蛋白质的百分含量来衡量。

表 4 蛋白质、赖氨酸、脂肪含量间的相关系数(r)

| 项 目       | 蛋白质        | 赖氨酸       | 脂肪        | 赖氨酸占蛋白质的% |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 赖氨酸       | 0.134 4*   |           |           |           |
| 脂 肪       | -0.180 9** | 0.114 9   |           |           |
| 赖氨酸占蛋白质的% | -0.396 1** | 0.757 3** | 0.194 6** |           |

3 蛋白质、赖氨酸、脂肪与主要农艺性状的关系

在营养品质与农艺性状的关系中，主要研究了蛋白质、赖氨酸、脂肪含量与生育期、积温、株高、茎粗、叶片数、穗位、穗长、穗粗、行粒数、穗粒数、穗粒重、千粒重、出籽率 13 个性状间的关系。

研究表明：玉米杂交种的蛋白质含量与其生育期所需积温呈显著负相关，而与穗长成显著正相关，相关系数分别为-0.326 6\*、0.190 6\*，与其它 11 个性状相关不显著。脂肪含量只与千粒重呈极显著负相关，相关系数为-0.23\*\*，而与其它性状呈不显著的负相关或正相关。赖氨酸与株高、穗位均表现显著正相关关系，相关系数分别为 0.145 7\*、0.190 5\*，与穗粒重、千粒重及茎粗均呈极显著的正相关，相关系数分别为 0.536 2\*\*、0.236 1\*\* 及 0.382 4\*\*，与其余性状均表现不显著的正相关。另外，就蛋白质和赖氨酸两个品质性状而言，虽然它们与产量性状的相关程度不同，但相关方向是一致的，且二者之间呈显著正相关，所以选育蛋白质和赖氨酸含量均较高的玉米品种是可能的。

4 小结与讨论

对我国 229 份玉米杂交种品质营养含量研究表明，其蛋白质含量多在 9.00% ~ 10.99%之间，平均含

量为 10.05%±1.14%；大多数杂交种的赖氨酸含量居 0.240% ~ 0.359% 之间，平均含量为 0.297% ± 0.051%；脂肪含量多在 4.01% ~ 5.00%之间，平均脂肪含量为 4.57%±0.75%。东北地区杂交种的蛋白含量最高，平均为 10.47%±1.17%；西北地区杂交种的赖氨酸含量最高，平均为 0.318%±0.046%；西南地区的杂交种脂肪含量居首，平均为 4.85%±0.88%。总的讲，东北、西北两地杂交种的品质营养含量较高。玉米杂交种的蛋白质、赖氨酸、脂肪含量三者之间关系密切，高蛋白、高赖氨酸可能结合于一体，但集高蛋白、高脂肪基因于一体比较困难。在确定优质蛋白玉米育种目标时，应以赖氨酸占子粒干重的百分含量作为衡量指标。蛋白质与所研究的 13 个农艺性状多呈正相关，赖氨酸与所有研究农艺性状间呈正相关，且与主要产量性状关系密切，而脂肪则与农艺性状间多呈负相关。

与此同时，我们注意到，蛋白质与生育期（天数）、积温均表现负相关，但与前者相关不显著，而与后者呈极显著负相关，这表明，用活动积温来表示玉米生育期的长短更为准确可靠。

根据宋同明的研究结果，脂肪含量对蛋白质和赖氨酸含量都呈显著正相关，而与单位蛋白质中的赖氨酸含量没有相关<sup>[3]</sup>。庄铁成等认为，子粒含油量和蛋白质含量间并非负相关，而是相关不显著<sup>[4]</sup>。而我们的研究得出，脂肪与蛋白质间呈极显著负相关，

与赖氨酸含量间呈不显著正相关；脂肪与赖氨酸占蛋白质百分含量间表现极显著正相关。我们认为造成上述结果差异或相反的原因可能与选材有关，我们的试材均为生育期较长的单交种，而宋同明的试材是来自美国的品种和综合种，且供试种子均经过了多个不同含油量选择周期，庄铁成的试材除单交种外，多为自交系，三交种，且试材数量偏少。玉米脂肪含量的遗传背景十分复杂，在遗传上受数目众多的微效基因所控制<sup>[3]</sup>，研究取材的不同可能会导致

其结果相异。不同试材脂肪与蛋白质含量间的关系尚待进一步研究。

参考文献：

- [1] 李凌雨, 等. 中国农家玉米品种子粒品质分析研究综述[J]. 华北农学报, 农作物育种与栽培论文集, 1997, 12 专刊: 87-93.
- [2] 石德权. 提高优质蛋白玉米含油量的研究[J]. 作物杂志, 1994(5): 13.
- [3] 宋同明, 等. 含油量的选择与玉米子粒的品质改良[M]. 高油玉米, 北京: 北京农业大学出版社, 1992, 37-53.
- [4] 庄铁成. 玉米子粒含油量遗传规律的研究[M]. 高油玉米, 北京: 北京农业大学出版社, 1992, 51-52.

联系电话: 0351-7128002(O), 0351-7131935(H)