

矿质营养对玉米籽粒营养品质的影响

李金洪 李伯航

(河北农业大学, 保定 071001)

Effects of mineral nutrition on quality of maize grain

Li Jinhong Li Bohang

(Hebei Agricultural University, Baoding 071001)

Abstract: The quality of maize (*Zea mays* L.) grain was obviously affected by N, P, K, Zn, Mn, Cu, Se and rare-earth elements. The contents of grain protein, oil, and amino acids increased significantly when fertilizers were used properly. But the nutrition value of grain protein was degraded if N was used only. The effects of mixed nutrition of N, P, K on grain quality improvement were better than that of any single element. Different responses to mineral nutrition were found between normal and opaque-2 maize.

Key words: Maize; Grain quality; Mineral nutrition

摘要 本文介绍了氮、磷、钾、锌、锰、铜、硒及稀土对普通玉米、高赖玉米和甜玉米籽粒营养品质的影响, 适量施肥可明显提高籽粒蛋白质、脂肪、氨基酸等成分的含量。单独施氮肥虽然能显著提高蛋白质含量, 却降低了蛋白质的营养价值。氮、磷、钾配合使籽粒品质明显改善。普通玉米和高赖玉米籽粒品质对矿质养分的反应有差别。

关键词 玉米 籽粒品质 矿质营养

评价玉米籽粒营养品质, 主要是考虑籽粒中蛋白质、氨基酸、脂肪、淀粉、维生素和矿质元素等营养成分的含量和质量。国内外的研究结果证明, 施肥对玉米籽粒的营养品质有显著影响。

1 氮肥对籽粒品质的影响

施用氮肥能明显提高玉米籽粒中蛋白质含量(表1), 每公顷施氮量在0~180公斤范围内, 施氮量(N)与籽粒中蛋白质含量(%)的关系为: ①当施用有机态氮时, $y = 8.7 + 0.013N$ ($R^2 = 0.28^{**}$); ②当施用无机态氮时, $y = 7.4 + 0.021N$ ($R^2 = 0.41^{**}$), (Anderson 等, 1973)。值得注意的是, 氮肥对蛋白质的不同组分的含量影响程度不同。清蛋白和球蛋白含量不易受氮肥影响, 而玉米醇溶蛋白含量及其在粗蛋白中所占比重随着施

氮量的增加明显提高(表2)。当每公顷施氮量分别为0、60、120和180公斤时, 每100克玉米籽粒中醇溶蛋白含量分别为416、430、507和508毫克(Вербинская, ИМ., 1986)。

表1 氮肥用量对玉米产量和品质的影响

施氮量(kg/hm ²)	籽粒产量(kg/hm ²)	籽粒中蛋白质(%)
0	4070	6.92
45	5700	7.27
90	7450	7.86
112	8340	8.06
134	8860	8.45
179	9250	8.74
224	9270	9.30
269	9190	9.17

* 引自《作物营养与施肥》, 浙江农业大学主编, 农业出版社, 1990, P283.

表 2 氮肥用量对玉米籽粒蛋白质组分的影响 (Allan B. Prince, 1954)

施 N 量 (kg/hm ²)	粗蛋白 (%)	玉米醇溶蛋白 (%)	醇溶蛋白与 粗蛋白比值	100 克蛋白质含氨基酸(克)		
				色氨酸	亮氨酸	异亮氨酸
16.8	7.81	1.84	0.236	0.58	21.1	7.6
61.7	9.37	2.45	0.261	0.61	20.0	4.3
106.6	8.97	2.52	0.281	0.57	27.8	4.0
151.5	9.53	2.93	0.307	0.52	28.0	5.5

Mitchell(1952)指出,如果玉米籽粒蛋白质含量达 14%以上,每增加 1%的蛋白质含量,则玉米醇溶蛋白增加的比例平均高达 5.2%。但是,醇溶蛋白含赖氨酸和色氨酸的量很少。因而可以认为,施氮肥虽然提高了籽粒蛋白质含量,却降低了蛋白质的品质和营养价值(Kniep 等,1991)。玉米籽粒蛋白质中醇溶蛋白所占比例的提高主要发生在籽粒灌浆后期(表 3)。推迟施氮肥时间,提高了醇溶蛋白含量,减少了蛋白质中赖氨酸、苏氨酸和半胱氨酸所占比例,因而也降低了蛋白质的营养价值(Keeney,1970)。

高赖氨酸玉米籽粒的贮藏蛋白主要是谷蛋白,而不是醇溶蛋白。施氮肥使谷蛋白含量增加,而并非提高醇溶蛋白的比例(Decan 和 Pollacsek,1970)Sonntag 和 Michell,1973)。每公顷施氮量从 0 增至 300 公斤时,普通玉米籽粒蛋白质中醇溶蛋白含量从 28%增至 43%,而高赖氨酸玉米醇溶蛋白占籽粒蛋白的比例总维持在 15%左右。所以,随籽粒蛋白质含量的提高,其营养价值也提高(Cromwell 等,1983)。另据 Вербиная,Н. М. (1985)报道,如果高赖氨酸玉米施氮量超过每公顷 135 公斤,其籽粒蛋白质含量会降低。施用氮在提高玉米籽粒蛋白质含量的同时降低了淀粉含量(贺竞桢等,1988),因为有较多的碳水化合物转化成了蛋白质和脂类物质。若减少籽粒灌浆期的氮素供应,则更多的光合产物用于合成淀粉。

表 3 普通玉米栽培品种籽粒成熟过程中蛋白质比例(占籽粒总 N 量的%)的变化 (Sonntag 和 Michael,1973)

开花后天数	16	24	28	42	70
清蛋白+球蛋白	31	32	26	18	18
醇溶蛋白	3	20	34	43	43
谷蛋白	12	13	13	16	19
水溶性 N	49	28	23	15	12
残余 N	5	6	4	5	8

氮肥对玉米籽粒中必需氨基酸含量有明显影响。增施氮肥显著降低了色氨酸、赖氨酸和苏氨酸的含量,同时提高了苯丙氨酸、亮氨酸的含量,但对缬氨酸、蛋氨酸和异亮氨酸的影响不大(表 4)。氮肥显著降低甘氨酸和精氨酸含量,却显著提高丙氨酸、酪氨酸和谷氨酸的含量(Rending 等,1979;Keeney,1970)。有机氮和无机氮相配合施用,使夏玉米籽粒氨基酸含量比对照提高 41.92%(姚源喜等,1991)。

表 4 施氮量对玉米籽粒中必需氨基酸含量的影响

氨基酸	施 N 量 (kg/hm ²)				显著水平
	0	90	180	360	
	(氨基酸含 N mg/100mg 蛋白 N)				
色氨酸	3.16	2.74	1.49	1.47	*
赖氨酸	4.94	4.34	3.73	3.57	*
苏氨酸	3.61	3.38	3.37	3.34	*
缬氨酸	3.88	4.03	3.75	3.98	
蛋氨酸	1.48	1.67	1.60	1.42	
异亮氨酸	2.27	2.45	2.33	2.61	
苯丙氨酸	2.46	2.83	2.90	3.00	*
亮氨酸	7.83	8.79	10.09	10.21	*

据 Rending, V. V., Broadbent, F. E. (1979)资料整理

施氮肥能提高玉米籽粒含油量。Lang 等(1956)用 9 个玉米品种和 3 个氮肥用量试验的结果证明,籽粒含油量随施氮量的增加而提高。刘毅志等(1985)报道,每亩施氮 30 公斤时,籽粒含油量比不施氮者高 14.7%。Welch(1969)在严重缺氮、缺磷的土壤上每公顷施氮 67 公斤,玉米籽粒含油量提高了 9%。另外,氮肥还可以增大普通玉米籽粒容重,降低籽粒的易碎性,使之在诸如播种、收获、烘干、运输等生产环节中减少碎粒数,提高玉米的商品品质。但氮肥使高赖氨酸玉米(Opaque-2)籽粒容重降低(Kniep 等,1989)。

2. 磷肥对籽粒品质的影响

磷肥能明显改善玉米籽粒的品质。随着施磷量增大,籽粒中蛋白质、淀粉和糖含量明

显提高,全氮和全磷量也增加(表 5)。据 Orabi 等(1982)报道,施磷肥明显提高赖氨酸和色氨酸含量,并增大了蛋白质与碳水化合物的比值(表 6)。与不施磷肥相比,每公顷施五氧化二磷 75~187.5 公斤时,每 100 克籽粒中蛋白质所含赖氨酸和色氨酸的量分别提高 40.6%和 33.3%。张裕生(1989)报道,施磷使玉米籽粒粗蛋白含量提高了 6.7%~15.0%。也有研究结果认为,磷肥对籽粒蛋白质影响不大(Genter 等,1956;张志诚等,1990)。

施磷肥还可以提高玉米籽粒含油率(蒋忠怀等,1990;刘毅志等,1985)。在缺磷条件下,每公顷施磷 20 公斤,籽粒含油量比对照提高了 30%。另据张裕生(1989)报道,施磷肥使籽粒含油率提高了 1.9~11.8%。

表 5 磷肥对玉米籽粒品质的影响(%) (B. M. 瓦沙克马德捷,1967~1969 平均)

处 理(kg/hm ²)	干物质	灰 分	糖 分	淀 粉	蛋白质	纤维素	全 氮	全 磷
未 施 肥	88.04	1.33	2.69	68.08	8.47	2.32	1.93	0.626
基本环境(N60+K60)	88.86	1.32	2.33	66.05	9.36	2.03	2.13	0.623
基本环境+P60	88.97	1.38	2.82	70.02	9.52	2.16	2.31	0.685
基本环境+P120	89.42	1.43	3.22	71.08	9.63	2.21	2.55	0.736
基本环境+P240	88.71	1.47	3.93	74.55	9.70	2.34	2.70	0.747

表 6 施磷对玉米籽粒品质的影响

营养物质含量	P ₂ O ₅ 施用量(kg/hm ²)			
	0	75	112.5	187.5
蛋白质与碳水化合物的比值	0.126	0.176	0.140	0.148
赖氨酸(g/100g 蛋白质)	1.87	2.66	2.63	2.61
色氨酸(g/100g 蛋白质)	0.48	0.65	0.64	0.63

据 Orabi, A. A. 和 Abdel-Aziz(1982)资料整理。

3 钾肥对籽粒品质的影响

钾肥能显著提高玉米籽粒蛋白质含量。据梁德印等研究结果,施钾肥使籽粒蛋白质含量增加 0.91%。湖南省土壤肥料研究所的试验结果表明,每亩施氧化钾 7.5 公斤和 15 公斤时,籽粒蛋白质含量比不施钾者分别提

高了 0.71%和 0.65%,同时,蛋白质中亮氨酸、胱氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、苏氨酸、赖氨酸、蛋氨酸和异亮氨酸含量均明显增多。

适量增施钾肥能显著增加甜玉米籽粒中多种营养物质的含量。在提高产量的同时,提高了籽粒中糖、赖氨酸、脂肪和蛋白质含量,减少淀粉含量,提高了营养价值,改善了加工品质、商品品质和适口性(史振声等,1994)。但过量施用钾肥对甜玉米籽粒蛋白质、脂肪和赖氨酸的形成和积累有抑制作用。甜玉米施钾肥的最佳用量为每亩 15 公斤硫酸钾。Suwanarit 等(1989)报道,甜玉米抽雄至抽雄后 10 天内的任何时间,叶面喷施 2.5%硝

酸钾液,能大幅度提高幼粒含糖量。

4 氮、磷、钾肥配合对籽粒品质的影响

氮、磷、钾肥按适当比例配合施用比单独施用能更有效地改善玉米籽粒品质,并能避免单独施用氮肥对蛋白质品质的不利效应。氮、磷、钾肥配合施用可明显提高籽粒蛋白质含量(贺竞斌,1988;Вербиная, N. M, 1986)和氨基酸总量及必需氨基酸含量(刘毅志等,1985),并能大幅度提高含油量(蒋忠怀等,1990;刘毅志等,1985)。在施用氮肥量较大的情况下,配合施用适量的磷、钾肥,可在获高产的同时获得较好的籽粒营养品质。氮、磷、钾肥的具体用量和比例需按不同的品种类型和栽培条件确定。

5 微量元素肥料对籽粒品质的影响

玉米对缺锌敏感。在缺锌土壤上施用锌肥不仅能显著提高籽粒产量,而且能明显改善籽粒品质。锌能大幅度提高籽粒中赖氨酸、色氨酸含量以及蛋白质与碳水化合物比值(表7)。在土壤有效锌(DTPA法)含量为0.75mg/kg时,每公顷施硫酸锌25和50公斤,使籽粒蛋白质的赖氨酸含量分别提高了19.3%和57.8%,使色氨酸含量分别提高了16.7%和47.9%(Orabi等,1982)。并能提高籽粒中粗蛋白含量(董玉波等,1990)。磷酸中添加锌,可提高玉米籽粒中赖氨酸含量和含油量(Салманов, A. B.等,1988)。

表7 锌对玉米籽粒品质的影响

籽粒营养物质	锌肥用量(kg ZnSO ₄ /hm ²)			
	0	25	50	100
蛋白质与碳水化合物总量的比值	0.126	0.143	0.124	0.137
赖氨酸(g/100g蛋白质)	1.87	2.23	2.95	2.51
色氨酸(g/100g蛋白质)	0.48	0.56	0.71	0.61

据 Orabi, A. A. 和 Abdel-Aziz(1982)资料整理。

施锰肥使玉米籽粒中粗淀粉、粗蛋白和总糖含量分别提高5.14%、1.49%和0.65%(唐雪群,1991)。锰能够明显提高籽粒含油量

(Салманов, A. B.等,1988)。

稀土元素使玉米籽粒中蛋白质含量增加37.2%,粗脂肪含量增加5.5%,但无氮浸出物减少了14.7%(吴瑛,1988)。玉米叶面喷施硫酸亚硒每亩2.5~4.0克,籽粒赖氨酸含量提高了25.27~24.33%(王兴周,1987)。另据报道,在缺铜土壤上每公斤玉米种子用含铜300毫克的硫酸铜粉末拌种,可以提高籽粒蛋白质和淀粉含量。

由国内外研究结果可见,玉米籽粒的营养品质不仅受遗传控制,也在相当大的程度上受到植株营养条件的影响。据此,在玉米生产上通过合理施肥,在获得高产的同时,实现优质高效。

参 考 文 献

- [1]王兴国,叶面喷硒提高玉米籽实多种氨基酸含量的研究初报,《黑龙江农业科学》,1987,(5):33—34
- [2]史振声等,钾肥对甜玉米籽粒品质和茎秆含糖量的影响,《玉米科学》,1994,(2):31
- [3]刘毅志等,氮磷钾化肥对高产夏玉米籽粒品质的影响,《山东农业科学》,1985,(2):31
- [4]农业部科技司,《中国南方农业中的钾》,农业出版社,1991,38—39
- [5]张志诚等,春玉米优化栽培初探,《耕作与栽培》,1990,(4):32—34
- [6]张裕生,陕西省磷肥分配与后效(定位)试验初报,《土壤肥料》,1989,(3):30—31
- [7]吴瑛,施用稀土元素对墨西哥玉米和俄勒岗黑麦草产量及品质的影响,《浙江农业科学》,1988,(4):188—191
- [8]赵可夫,《玉米生理》,山东科学技术出版社,1982,123—126
- [9]贺竞斌,施肥对不同玉米品质的影响,《陕西农业科学》,1988,(1):8—11
- [10]姚源喜等,施肥对冬小麦和夏玉米氨基酸和蛋白质含量的影响,《莱阳农学院学报》,1991,8(1):6—10
- [11]唐雪群,锰肥对作物籽实品质影响的研究初报,《辽宁农业科学》,1991,(4):29—31
- [12]董玉波等,石灰性土壤磷钾肥对玉米产量和品质的影响,《土壤》,1990,22(6):328—329
- [13]蒋忠怀等,营养元素对高油一号玉米生长发育及籽粒品质影响的研究,《中国农业科学》,1990,23(3):37—42
- [14]K. 蒙格尔、EA 克尔克贝,《植物营养原理》,张宜春等译,农业出版社,1987,279—287

- [15] Anderson, F. N. , Peterson, G. A. , 1973. Effects of continuous corn, manuring, and nitrogen fertilization on yield and protein content of the grain and on the soil nitrogen content, *Agronomy Journal*, 65: 697 — 709
- [16] Cromwell, G. L. et al. , 1983. Effects of soil nitrogen fertility on the protein and lysine content and nutritional value of normal and opaque-2 corn, *Journal of Animal Sciences*, 57: 1345—1351
- [17] Genter, C. F. et al. , 1956. Effects of location, hybrid, fertilizer and rate of planting on the oil and protein contents of corn grain, *Agronomy Journal*, 48: 63—67
- [18] Kniep, K. R. , Mason, S. C. , 1989. Kernel breakage and density of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen, *Crop Science*, 29: 158 — 163
- [19] Kniep, K. R. , Mason, S. C. , 1991. Lysine and protein content of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen, *Crop Science*, 31: 177 — 181
- [20] Lang, A. L. et al. , 1956. Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids, *Agronomy Journal*, 48(6): 284 — 289
- [21] Qrabi, A. A. , Abdel-Aziz, 1982. Zinc-phosphorous relationship and effect on some biocomponents of corn (*Zea mays* L.) grown on a calcareous soil, *Plant and Soil*, 69: 437—444
- [22] Prince, Allan B, 1954, Effects of nitrogen fertilization, plant spacing, and variety on the protein composition of corn, *Agronomy Journal*, 46: 185—186
- [23] Rending, V. V. , et al. , 1979. Proteins and amino acids in grain of maize grown with various levels of applied nitrogen, *Agronomy Journal*, 71: 509—512
- [24] Suwanarit, A. et al. , 1989. Stimulating effects of foliar K-fertilizer applied at the appropriate stage of development of maize: A new way to increase yield and improve quality, *Plant and Soil*, 120(1): 111—124