



氮肥用量对高淀粉玉米和普通玉米吸氮特性 及品质和产量的影响

何萍¹, 金继运¹, 王秀芳², 王立春², 谢佳贵², 张国刚²

1 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081;

2 吉林省农业科学院土壤肥料研究所, 公主岭 136100

Effect of N Application Rate on N Uptake, Quality and Yield of High-starch Corn and Traditional Corn

He Ping¹, Jin Jiyun¹, Wang Xiufang², Wang Lichun², Xie Jiagui² and Zhang Guogang²

(1 Soil and Fertilizer Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100081, 2 Soil and Fertilizer Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling, 136100)

ABSTRACT: Field experiments were conducted to study the effect of N application rate on N uptake, grain yield and quality of high-starch corn and traditional corn. Results showed that high-starch corn (Zhengdan No. 21) had a greater maximum N uptake rate and appeared earlier in high-starch corn than traditional corn. In the maturity stage the total N uptake of Zhengdan No. 21 variety was significantly more than Simi No.25 variety. More N uptake of Zhengdan No. 21 variety came from root uptake in late stage but less from N transformation in early vegetation. For high-starch corn, Zhengdan No. 21 variety had higher starch content and protein content, but it had lower fat content. The content of starch, crude protein and fat increased with increase of N application rate but excess N application led to their decrease.

Keywords: High-starch corn, traditional corn, N uptake characteristic, quality, yield

摘要: 采用田间试验研究氮肥用量对高淀粉玉米和普通玉米吸氮特性及籽粒品质产量的影响。结果显示,与普通玉米相比,高淀粉玉米郑单 21 氮素最大吸收速率比较大,最大速率出现日期早。成熟期郑单 21 的吸氮总量明显高于四密 25,但其籽粒产量却低于四密 25。郑单 21 籽粒中的氮素更多依赖于后期的根系吸收,而较少来源于前期营养体的氮素转移;

高淀粉玉米郑单 21 含有较高的淀粉含量、粗蛋白含量,但脂肪酸含量却较低。淀粉、粗蛋白和脂肪酸含量随施氮量的增加而增加,过量施氮则其含量下降。

关键词:高淀粉玉米,普通玉米,吸氮特性,品质,产量

玉米是世界上最重要的粮食、饲料和经济兼用作物,目前,人均占有玉米的数量被认为是衡量一个国家畜牧业发展和人民生活水平的重要标志之一。从市场需求和发展前景看,我国玉米总量中 75%以上将用于饲料,15%用于口粮或食品加工,10%用于玉米工业,这就要求在不断提高玉米产量的基础上,根据不同用途通过不同途径来改善玉米品质。高淀粉玉米是指籽粒淀粉含量达 74%以上的专用型玉米,而普通玉米淀粉含量只有 65%~70%。近年来,高淀粉玉米的育种工作取得突破进展,部分杂交种已在生产上应用。而有关高淀粉玉米氮素吸收特性及氮肥施用对高淀粉玉米品质的影响研究还未见报道。为此,本研究选用高淀粉玉米和普通玉米为试材,探讨高淀粉玉米吸氮特性及施氮对其籽粒品质和产量的影响,为高淀粉玉米氮素养分管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验于 2003 年在吉林省公主岭市刘房子镇刘房子村的黑土上进行。应用土壤养分状况系统研究法,对供试土壤的养分状况进行了分析。土壤 pH 5.3,有机质 1.25%,铵态氮为 29.7 毫克/升,速效 P、K、Mn、Zn、Ca、Mg、Cu、Fe、B 和 S 分别为 4.4、72.0、2.0、2.0、3057.0、449.3、2.7、82.6、1.1 和 363.5 毫克/升。

1.2 试验材料

供试高淀粉玉米品种为郑单 21,以普通玉米四密 25 作对照。试验设 5 个不同氮肥用量,其施N量分别为 0 (N_0)、10 (N_{10})、13 (N_{13})、16 (N_{16}) 和 19 (N_{19}) 公斤/亩,各处理均施 P_2O_5 5 公斤/亩和 K_2O 6 公斤/亩。田间小区面积 20 m^2 ,随机排列,三次重复。郑单 21 和四密 25 田间种植密度分别为 3000 和 3333 株/亩。试验所用氮、磷和钾化肥分别采用尿素(含N 46%)、重过磷酸钙(含 P_2O_5 46%)和氯化钾(含 K_2O 60%)。氮、磷和钾化肥施用方法为 1/4 的氮肥和全部磷、钾肥作底肥开沟深施,3/4 的氮肥于 6 月下旬作追肥穴施。4 月 23 日人工拉线播种,马犁覆土。药剂除草治虫,三铲三趟。玉米成熟后于 9 月 29 日收获,籽粒经风干后进行脱粒。在玉米不同生育期,即苗期(6 月 2 日)、拔节期(6 月 28 日)、大喇叭口期(7 月 14 日)、抽雄期(8 月 1 日)、灌浆期(8 月 25 日)和成熟期(9 月 25 日),即出苗后的 26, 42, 58, 76, 100 和 131 天采取各小区有代表性的玉米 5 株(苗期 30 株),在 80 下鼓风烘干,记录营养体和籽粒样品干重,并测定营养体和籽粒样品氮素含量和籽粒样

品蛋白质、淀粉、油分含量。

2 结果与分析

2.1 玉米氮素吸收与转运

2.1.1 玉米植株氮素积累特征

回归分析发现,玉米生育期内植株氮素吸收总量可用 Logistic 方程加以表达。由该方程的二阶导数可求得其氮素最大吸收速率及其出现日期。

表 1 玉米氮素积累的 Logistic 方程回归分析

品种	处理	氮素最大吸收速率 (克/株·天)	最大速率 出现天数	吸 N 总量 (克/株)
郑单 21	N ₀	0.061	81.0	3.9
	N ₁₀	0.086	69.6	4.7
	N ₁₃	0.086	71.8	5.1
	N ₁₆	0.082	70.1	5.7
	N ₁₉	0.085	72.7	4.9
四密 25	N ₀	0.051	86.2	3.4
	N ₁₀	0.052	75.4	3.9
	N ₁₃	0.061	76.3	4.4
	N ₁₆	0.055	69.7	3.9
	N ₁₉	0.054	67.1	3.8

结果显示,高淀粉玉米郑单 21 和普通玉米四密 25 其 N₀处理的最大增长速率明显低于其它四个施氮处理,且其最大值出现日期较晚,表明氮素供应不足严重限制了玉米对氮素的吸收,因而吸 N 总量最低。各施氮处理两品种的氮素最大吸收速率出现在 67.1~76.3 天,此期正值玉米抽雄期,是玉米植株从营养生长向生殖生长过渡的关键时期,充足的氮素养分也为后期籽粒的充实打下了良好的物质基础。两品种玉米均以 N₁₃处理获得了最大的氮素最大吸收速率,其氮素最大吸收速率出现时间也相对较早,因而其氮素积累总量也比较高。过量施氮并不能进一步提高氮素最大吸收速率,因而氮素积累总量也表现出下降的趋势。高淀粉玉米郑单 21 的氮素最大吸收速率明显高于普通玉米四密 25,其最大速率出现日期也比较早,因而氮素吸收总量也比较高。

2.1.2 氮素向籽粒的转移

玉米粒重形成过程中,籽粒积累了大量的氮。这些氮一方面来源于抽雄前茎、叶中积累的氮素的再转移,另一方面直接源于根系的氮素供应。营养体氮积累最高的抽雄期(或灌浆期)与成熟期营养体氮素积累量差值用来估测营养体氮向籽粒的表观转移量(简称营养体转移量),将籽粒氮积累总量减去氮转移量作为根系所提供的表观氮量(简称根系吸收量)。结果表明,高淀粉玉米郑单 21 籽粒的氮素有 25.0%~40.4%来源于前期营养体的氮素转移,而 59.6%~75.0%来源于后期根系的氮素吸收;普通玉米四密 25 籽粒 36.2%~46.5%的氮素来源于前期营养体的氮素转移,而 53.5%~63.8%的氮素来源于后期根系的氮素吸收。表明玉米籽粒形成所需的氮素郑单 21 比四密 25 更多的依赖于后期根系的氮素供应,而较少来源于前期营养体的氮素转移。两品种 N_{13} 处理营养体的氮素转移量和转移率均较低,而相应的根系氮素吸收量和吸收率则较高,而其他处理则营养体氮素转移量和转移率均较高,或相应的根系氮素吸收量和吸收率则较低。

表 2 玉米籽粒氮素来源

品种	处理	籽粒吸氮	营养体转移	营养体转移	根系吸收	根系吸收
		量 (克/株)	量 (克/株)	率 %	量(克/株)	率 %
郑单 21	N_0	2.4	0.9	36.9	1.5	63.1
	N_{10}	2.9	1.2	40.4	1.8	59.6
	N_{13}	3.5	0.9	25.0	2.6	75.0
	N_{16}	3.4	1.0	27.9	2.6	72.1
	N_{19}	3.1	1.2	38.2	1.9	61.8
四密 25	N_0	2.3	0.9	39.9	1.4	60.1
	N_{10}	2.8	1.2	41.0	1.7	59.0
	N_{13}	3.0	1.1	36.2	1.9	63.8
	N_{16}	2.7	1.2	46.5	1.4	53.5
	N_{19}	2.7	1.1	40.9	1.6	59.1

2.2 施氮对玉米品质的影响

与普通玉米四密 25 比较,高淀粉玉米郑单 21 淀粉含量较高,其 N_0 、 N_{10} 、 N_{13} 、 N_{16} 和

N₁₉处理淀粉含量比四密 25 的相应处理分别高 17.6%、17.3%、12.9%、8.6%和 10.8%。与不施氮处理比较，两品种均以N₁₀处理淀粉含量最高，其淀粉含量郑单 21 和四密 25 分别为 88.9%和 75.8%，过量施氮则淀粉含量下降，其中郑单 21 的N₁₃、N₁₆和N₁₉处理其淀粉含量比不施氮处理分别下降 2.1%、6.0%和 4.3%（表 3）。

郑单 21 的粗蛋白总量高于四密 25，施氮提高玉米蛋白质含量。与不施氮处理相比，各施氮处理郑单 21 和四密 25 粗蛋白含量分别增加 1.8%~9.0%和 1.3%~4.6%，其中N₁₆处理粗蛋白含量最高，继续增加氮肥用量则粗蛋白含量降低（表 3）。

郑单 21 的脂肪酸总量明显低于四密 25，其N₀、N₁₀、N₁₃、N₁₆和N₁₉处理脂肪酸总量分别比四密 25 的相应处理低 15.0%、17.8%、15.3%、15.9%和 25.3%。与不施氮处理相比，各施氮处理郑单 21 和四密 25 脂肪酸含量分别增加 8.1%~18.9%和 6.8%~15.9%，氮肥用量为每亩 16 公斤时达到最高值，继续增加氮肥用量脂肪酸下降（表 3）。

表 3 氮肥用量对玉米淀粉、粗蛋白和脂肪酸含量的影响

品种	处理	淀粉		粗蛋白		脂肪酸	
		含量 (%)	施氮增加淀粉百分比 (%)	含量 (%)	施氮增加粗蛋白 (%)	含量 (%)	施氮增加脂肪酸 (%)
郑单 21	N ₀	82.3	-	8.1	-	3.7	-
	N ₁₀	88.9	8.0	8.2	1.8	4.0	8.1
	N ₁₃	80.6	-2.1	8.3	2.5	4.1	10.8
	N ₁₆	77.4	-6.0	8.8	9.0	4.4	18.9
	N ₁₉	78.8	-4.3	8.5	5.8	3.8	2.7
四密 25	N ₀	70.0	-	8.1	-	4.4	-
	N ₁₀	75.8	8.3	8.2	1.3	4.7	6.8
	N ₁₃	71.4	2.0	8.3	2.0	4.8	9.1
	N ₁₆	71.3	1.9	8.5	4.6	5.1	15.9
	N ₁₉	71.1	1.6	8.3	3.2	4.7	6.8

2.3 施氮对玉米产量的影响

两品种玉米籽粒产量均随施氮量的增加呈二次抛物线趋势，开始随施氮量的增加而增

加,在每亩施氮量为13公斤时产量最高,此后产量则随施氮量的增加而降低。普通玉米四密25增产效应明显高于高淀粉玉米郑单21,郑单21各施氮处理依次增产2.9%、12.1%、5.3%和1.1%,而四密25则依次增产10.4%、13.1%、12.8%和7.2%。相同施氮处理下四密25比郑单21表现出明显的增产趋势(图1)。

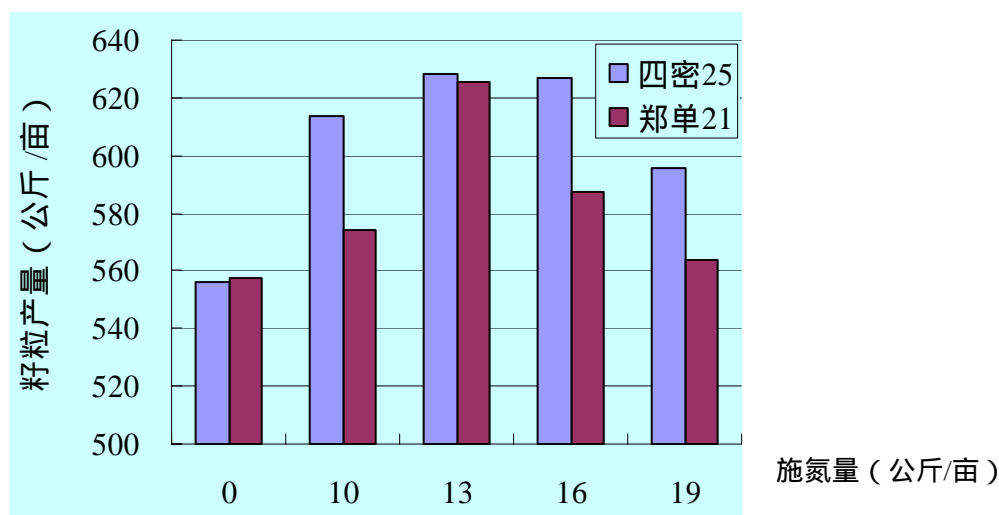


图1 施氮对玉米籽粒产量的影响

3 小结

与普通玉米相比,高淀粉玉米郑单21氮素最大吸收速率比较大,最大速率出现日期早,表明在营养生长阶段高淀粉玉米能够以较快的速度积累氮素,这就为以后的生殖生长打下了良好的基础。成熟期郑单21的吸氮总量也显著高于四密25,但郑单21籽粒产量却低于四密25。适宜的施氮量(N_{13})不仅能提高植株的氮素积累量,而且可以获得较高的养分吸收速率,提前最大速率出现的时间。郑单21籽粒中的氮素更多依赖于后期的根系吸收,而较少来源于前期营养体的氮素转移。所以追施抽穗肥对高淀粉玉米郑单21籽粒氮素积累显得更加重要。

高淀粉玉米郑单21表现出高淀粉、高蛋白质、低油分 and 低产量的总趋势。施氮影响玉米品质。本研究显示,玉米淀粉、粗蛋白和脂肪酸总量随施氮量的增加而增加,过量施氮则其含量下降。施氮10公斤/亩,淀粉含量达最大值;施氮16公斤/亩,脂肪和蛋白质含量达最大值;而产量则在13公斤/亩的氮肥水平下获得最高值。表明玉米产量、品质的最大值并不在同一时间出现,生产上应根据不同需求目标进行施氮。