

吐丝期施氮对夏玉米粒重和籽粒粗蛋白的影响

王启现¹ 王璞^{1*} 王伟东¹ 鲁来清²

(1 中国农业大学作物学院,北京 100094)

(2 中国农业大学吴桥实验站,河北 061800)

摘要 以中晚熟高产玉米品种农大 108 为供试材料,分别研究了在前轻中重(基肥 N 90 kg·hm⁻²+♀小花肥 N 180 kg·hm⁻²)和前重中轻(基肥 N 180 kg·hm⁻²+♀小花肥 N 90 kg·hm⁻²)共 2 种氮肥运筹基础上均于吐丝期增施 N 75 kg·hm⁻²对籽粒灌浆和籽粒 N 积累的影响。结果表明:1)吐丝期增施氮肥后籽粒千粒重明显增加(4.81%)且接近显著水平,其中在前轻中重基础上吐丝期施氮后烘干千粒重比原来(257.7 g)提高 5.89%;2)吐丝期增施氮肥显著地提高了籽粒粗蛋白含量,如在前重中轻基础上籽粒粗蛋白含量由原来的 7.63%增加到 8.23%(增幅达 7.95%);3)吐丝期增施氮能使籽粒产量增加 5.38%,尤其是在前轻中重基础上增施氮后产量比原来(9 615 kg·hm⁻²)增加 7.61%且达显著水平。本文认为吐丝施氮显著提高了籽粒第二灌浆峰值,使得籽粒可溶性糖含量在灌浆前期得到明显提高并在灌浆中后期维持在一定水平,明显地促进了灌浆中后期籽粒氮的积累,使得籽粒含氮量在灌浆中后期一直维持在较高水平,这可能是玉米获得较高籽粒产量和籽粒品质的生理基础。

关键词 夏玉米;吐丝期和氮肥;粒重;籽粒粗蛋白

中图分类号 S513.06;S143.1;S311

Effect of Additional N Supplied at Silking on 1 000-Grain Weight and Grain Crude Protein Content of Summer Corn

Wang Qixian¹ Wang Pu¹ Wang Weidong¹ Lu Laiqing²

(1 College of Crop Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

(2 Experimental Station of China Agricultural University, Hebei 061800, China)

Abstract To study the effect of additional N supplied at silking (ANSS) on grain filling and grain N accumulation, field experiment with four treatments and one mid-late maturity hybrid Nongda108 was carried out at Wuqiao experimental station of CAU in 2000. Based on two N application strategy consisting of 12(1/3 of N 270 kg·hm⁻² at basal and the rest at ♀ floret) and 21(2/3 of N 270 kg·hm⁻² at basal and the other at ♀ floret), additional N 75 kg·hm⁻² at silking (i. e. 12+and 21+, respectively) and none additional N at silking (i. e. 120 and 210, respectively) comprise these four treatments. Field trial's results showed that: 1) In comparison with none N supplied at silking (NNSS), ANSS dramatically elevated the 2nd filling climax value and increased 1 000-grain weight, and e. g. the 1 000-grain wt. of 12+ was higher than that of 120 by 5.89%; 2) Grain N accumulation during mid-late phase of filling was promoted by ANSS. Grain crude protein concentration of 21+at maturity was more than that of 210 by 7.95%; and 3) The grain yield of ANSS was higher than that of NNSS by 7.61%. It has been suggested that the higher concentration of water soluble sugar during early-phase of filling but lower during late-phase of filling than total N would be beneficial to grain carbohydrate accumulation and protein synthesis.

Key words summer corn; N supplication strategy; 1 000-grain weight; grain crude proiten

无论国外还是国内,玉米的主要用途都是作饲料。当前的玉米生产也正在由过去片面追求

收稿日期:2001-07-05

国家“九五”攻关课题资助项目(96-004-01-04)

*王璞,教授,研究方向为作物高产栽培与资源高效利用。联系作者。

产量向优质、高产、高效方面转化。所以,近年来如何在高产的前提下实现优质已经引起育种者和栽培者的重视。从栽培角度看,氮素调控是协调高产和优质的重要手段^[1,2]。

索全义等认为氮肥能够影响春玉米的籽粒建成以及品质形成^[3]。Oikeh对5个品种和4种施氮量进行的研究发现,施氮促进了玉米籽粒产量、粒重和籽粒粗蛋白的增加^[4]。但Mouhova通过研究3个施氮量对玉米生产力和品质的影响,发现施氮能够促进籽粒产量的提高,而籽粒粗蛋白产量并不最高^[5]。通过优化矿质营养,特别是N素营养,玉米籽粒蛋白质含量能增加1%~2%^[6]。邱菊研究了施肥期对夏播高油玉米产量和品质的影响,认为施用底肥籽粒含油量最高、而穗肥则能获得最高的籽粒产量,二者的结合施用是获得优质高产的重要途径^[7]。

总的来看,有关氮肥影响玉米籽粒品质形成方面的研究报道不多,而氮肥对小麦^[1,2,6]等其它作物产量和品质形成的影响已有大量文献报道。为此,本试验通过对玉米籽粒形成过程中的碳水化合物积累和含氮有机物合成的测定与分析,探讨了施氮尤其是吐丝期增施氮肥对千粒重和籽粒粗蛋白的调控作用。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况

试验选用玉米品种农大108为材料,于2000年在中国农业大学吴桥实验站进行。

试验地土质为轻壤,0~30 cm耕层有机质含量1.05%,pH 8.02。土层元素含量(mg·kg⁻¹):0~15 cm土层全N 920、碱解N 47.2、有效磷12.4、速效钾93.5;15~30 cm土层全N 660、碱解N 37.8、有效磷11.3、速效钾78.4。

06-10播种、06-18出苗、10-06收获,植株密度为6.6株·m⁻²。夏玉米生长季降雨量415.4 mm,其中7—8月份降雨322.5 mm。

1.2 试验处理与设计

试验设2个施氮量,共在2种氮肥施用量下设置了4个处理(表1),单因素随机设计,4次重复,小区面积50 m²(12.5 m×4.0 m)。

表1 试验处理及其代码

试 验 处 理	代 码
施 N 量 1. N 270 kg·hm ⁻²	N270
前轻中重(基肥:♀小花肥+吐丝肥=1:2+0)	120
前重中轻(基肥:♀小花肥+吐丝肥=2:1+0)	210
施 N 量 2. 在施 N 量 1 基础上于吐丝增施 N 75 kg·hm ⁻²	N270+75
前轻中重后补(基肥:♀小花肥+吐丝肥=1:2+N 75 kg·hm ⁻²)	12+
前重中轻后补(基肥:♀小花肥+吐丝肥=2:1+N 75 kg·hm ⁻²)	21+

1.3 考查内容与测定方法

籽粒灌浆速率:选长势一致的植株第一果穗,套袋并进行人工授粉,从授粉后第7天开始至收获,每7 d取样一次,每处理取6个穗行数一致的果穗,取果穗中部6行共100粒用量筒排水法测体积、电子天平称烘干重。

测产与考种:实收每小区中间3行进行测产,据重量均值法选取样穗考种。

全氮与可溶性糖含量:全氮含量测定用半微量凯氏定氮法^[9],可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[10]。

2 结果与分析

2.1 吐丝期增施氮肥对产量和粒重的影响

在 N,P,K 三元素中,氮是夏玉米增产的首要因素^[11,12]。从表 2 可以看出,吐丝期增施氮肥的产量显著高于该期不施氮的处理,其产量增幅为 5.38%。其中,前轻中重后补处理(12+)的产量比前轻中重处理(120)的增加 7.61%。

表 2 吐丝期增施氮肥对玉米产量和产量构成因素的影响

处 理	代 码	穗密度/ (个·hm ⁻²)	穗粒数/ (个·穗 ⁻¹)	千粒重 (烘干)/g	产量(含水 14%) /(kg·hm ⁻²)
(N) 270 kg·hm ⁻²	(N270)	65 553.0	479.6 a	260.9 a	9 549.0 a
(N) 270+75 kg·hm ⁻²	(N270+75)	65 404.5	484.6 a	273.5 a	10 063.5 b
前轻中重	(120)	65 604.0	489.2 a	257.7 a	9 615.0 a
前轻中重后补	(12+)	65 503.5	497.8 a	272.9 b	10 347.0 b
前重中轻	(210)	65 502.0	470.1 a	264.1 abc	9 481.5 aC
前重中轻后补	(21+)	65 304.0	471.4 a	274 bc	9 780.0 ac

注:小写字母在 0.05 水平上差异,大写字母在 0.01 水平显著。

进一步分析产量构成可知,在穗密度基本一致的情况下,吐丝期增施氮肥减少了籽粒发育过程中败育籽粒数,从而穗粒数增加;与穗粒数相比,吐丝期增施氮对千粒重的促进更显著。吐丝期增施氮肥与不增施氮肥相比,千粒重增加且已接近显著水平,二者相比烘干千粒重增加约 4.81%。在玉米吐丝期增施氮肥的 2 个处理中,处理 12+ 的千粒重比处理 120 高 5.89%。

2.2 吐丝期增施氮肥对籽粒灌浆的促进作用

籽粒千粒重的高低主要是由灌浆速率和灌浆持续期共同决定的。由表 3 知,不同处理之间的籽粒灌浆趋势是一致的,均在授粉后 15~21 d 和 28~35 d 出现 2 个灌浆高峰,且第二次灌浆高峰低于第一次高峰。在玉米吐丝期增施氮肥后,显著地提高了籽粒第二次灌浆高峰值;在灌浆阶段的中后期,灌浆速率仍维持在较高水平;另外,吐丝期增施氮肥还明显提高了籽粒发育后期的灌浆速率。由此可见,吐丝期增施氮肥能够明显地提高籽粒千粒重。其中,前轻中重后补处理(12+)的灌浆速率在授粉后 28~35 d 内比前轻中重处理(120)的高达 1.34 mg/(粒·日),二者千粒重出现显著差异。

表 3 吐丝期增施氮肥对籽粒灌浆速率的影响

mg/(粒·日)

处 理	代 码	授粉后天数/d						
		1~7	8~14	15~21	22~27	28~35	36~42	43~49
(N)270 kg·hm ⁻²	(N270)	2.01	4.61	12.34	3.84	9.48 a	2.82	3.37
(N)270+75 kg·hm ⁻²	(N270+75)	1.90	4.39	12.44	4.38	10.65 b	4.52	6.11
前轻中重	(120)	1.95	4.73	12.04	4.62	9.08 a	3.62	4.72
前轻中重后补	(12+)	1.95	4.55	11.82	3.89	10.42 b	3.99	5.62
前重中轻	(210)	2.07	4.49	12.63	3.05	9.88 abc	2.01	2.02
前重中轻后补	(21+)	1.85	4.22	13.06	4.87	10.88 bd	5.05	6.60

此外,与前轻中重处理(120)相比,前轻中重后补处理(12+)在授粉后1~28 d内灌浆速率较低,这可能是由于吐丝期施氮对籽粒胚乳细胞的分化和发育非常有利,能够形成较大的籽粒体积,并为提高粒重奠定基础^[13]。

2.3 吐丝期增施氮肥与成熟期籽粒粗蛋白含量

籽粒蛋白质含量主要是由遗传因素决定的^[14,15],但也受种植地点、氮肥等环境因素和栽培措施的影响。从图1可知,吐丝期增施氮肥与不施氮相比,籽粒粗蛋白含量明显提高。其中,前重中轻后补处理(21+)的籽粒粗蛋白含量比前重中轻处理(210)的增加7.95%,而前轻中重后补处理(12+)的籽粒粗蛋白含量仅比前轻中重处理(120)增加3.74%。

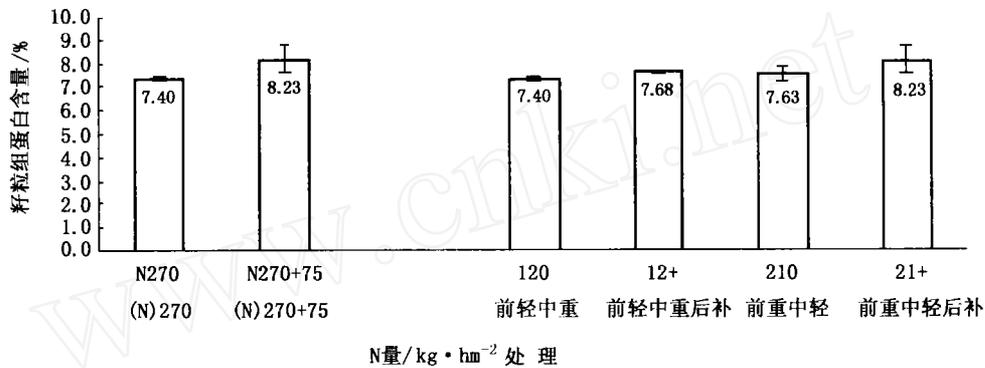


图1 吐丝期施氮对成熟期籽粒粗蛋白含量的影响

可见,在玉米生育后期施用适量氮肥,籽粒的粗蛋白含量在一定范围内是能够提高的。增加吐丝前营养器官中的氮素积累及后期适量施氮,是增加籽粒蛋白质积累量、提高籽粒蛋白质含量的重要途径^[16]。

2.4 籽粒N的积累动态

籽粒开始形成后,氮素就开始在籽粒中积累,进而合成一些含氮化合物。与不增施氮肥相比,吐丝期增施氮肥对灌浆阶段籽粒N的积累情况是:灌浆初期籽粒N积累较慢、灌浆中期籽粒氮积累速率差异不明显、灌浆后期籽粒N积累明显加快(表4)。吐丝期增施氮肥,提高了灌浆中后期籽粒氮素的积累速率,籽粒N积累总量也有显著提高,所以籽粒粗蛋白含量有明显提高。从本试验的2个处理看,前重中轻后补处理(21+)从授粉后14 d(08-27)、前轻中重后补

表4 灌浆阶段单粒N的积累动态

(N)mg/(粒·日)

处 理	代 码	授粉后天数/d						
		1~7	8~14	15~21	22~27	28~35	36~42	43~49
(N)270 kg·hm ⁻²	(N270)	0.37	0.68	1.63	1.89	2.69	3.24	3.45
(N)270+75 kg·hm ⁻²	(N270+75)	0.22	0.61	1.72	2.04	2.79	3.53	3.96
前轻中重	(120)	0.36	0.75	1.58	1.89	2.69	3.12	3.45
前轻中重后补	(12+)	0.22	0.60	1.75	1.95	2.73	3.70	4.14
前重中轻	(210)	0.38	0.60	1.67	1.88	2.69	3.35	3.45
前重中轻后补	(21+)	0.21	0.62	1.69	2.12	2.84	3.36	3.78

处理(12+)从授粉后 21 d(09-03)籽粒 N 的积累明显开始加快。二者籽粒氮积累加速的起始有先有后,可能是前重中轻后补处理(21+)的籽粒粗蛋白增幅比前轻中重后补处理(12+)高的一个重要原因。

2.5 籽粒可溶性糖和全氮含量变化与粒重形成及蛋白质积累的关系

在灌浆阶段,籽粒内部进行着旺盛的物质输入与合成,其生理代谢强弱对粒重和籽粒品质都产生重要影响。吐丝期增施氮肥,对籽粒碳、氮物质代谢有明显影响(图 2)。在籽粒灌浆早期,前轻中重后补处理(12+)和前重中轻后补处理(21+)籽粒中的碳素代谢明显比吐丝期不施氮的处理旺盛,而氮素代谢较弱;在灌浆中后期,籽粒内部的碳、氮代谢情况刚好相反。

籽粒可溶性糖含量在灌浆前期较高并在灌浆中后期维持在一定水平,有利于籽粒中碳水化合物的贮存与合成,可能对粒重的形成有利。

在籽粒可溶性糖含量维持在一定水平的基础上,籽粒全氮含量除灌浆早期较低外能够在灌浆的其它阶段一直维持在较高水平,对于加快籽粒中氮素的积累和蛋白质的合成、提高籽粒品质十分有利。这种碳水化合物由快到慢和氮素由慢到快的积累动态,能够协调淀粉和蛋白质合成过程中的矛盾,可能是同时获得高产和优质的生理基础。

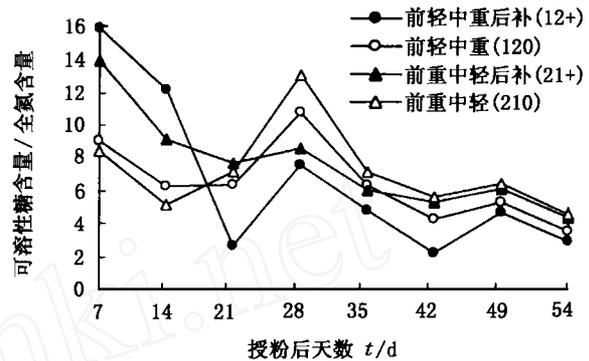


图 2 籽粒可溶性糖和全氮含量变化与粒重形成及蛋白质积累的关系

3 讨论与结论

本试验用农大 108 品种进行的研究表明:在玉米吐丝期增施氮肥,能够在增加千粒重的同时显著提高籽粒粗蛋白含量。吐丝期增施氮肥主要是提高了籽粒第二灌浆高峰的峰值,并在灌浆中后期保持较高的灌浆强度,从而提高了粒重;吐丝期增施氮肥的处理,籽粒 N 积累表现为在灌浆前期积累较慢、灌浆后期明显加快,这可能对获得较高的籽粒蛋白产量非常有利。Pollmer 等也认为,氮吸收速度快、吸收持续期长、氮转移量大是高产高蛋白玉米的生理基础。所以,在一定公顷粒数的基础上,吐丝期增施氮肥能够较好的协调玉米高产和优质的矛盾。

本研究中发现吐丝期增施氮肥显著提高了粒重,这对于华北地区作物的高产稳产栽培具有重要价值,因为粒重不稳是黄淮海地区夏玉米产量出现年际间大幅度波动的主要原因。崔俊明^[17]等也认为在高产栽培条件下,粒重是影响玉米产量的主要矛盾,对产量的再提高起主导作用,所以应把提高粒重是玉米超高产研究的主攻方向。本研究从氮肥角度做了有益的尝试,其他元素对粒重的影响,尤其是 N、P、K 三元素交互作用对玉米粒重的促进效应,尚待进行大力研究。

目前生产上对优质玉米的概念比较笼统,衡量籽粒品质的指标很多;鉴于玉米主要用途是作饲料,籽粒蛋白质含量受到人们的普遍关注。本文认为吐丝期增施氮肥,在提高粒重的同时促进了籽粒粗蛋白的积累。近年来,国内外研究了施氮量对玉米籽粒产量和籽粒蛋白的影响,结果均发现施氮一般能够提高籽粒蛋白质含量和籽粒产量^[3~5,13,18]。可见合理进行氮运筹,能

够在一定程度上较好地协调优质与高产的矛盾。2年度氮肥试验结果表明,籽粒粗蛋白含量存在年际间的明显差异(未发表)。Thomison等用高油 TC Blends R 品系进行试验也表明,籽粒产量和油分含量还存在着年际间的显著差异^[19]。氮肥对籽粒品质的影响可能因年份的不同而出现差异,本文仅为一年试验结果,有必要对新选育出的和在生产中大力推广的优质玉米品种进行多年度的研究。另外,Oikeh在对施氮量和品种的研究中发现籽粒蛋白产量在品种间差异显著^[4]。这表明玉米高产优质问题需要从品种选育和栽培措施2个方面进行大量的深入研究。

参 考 文 献

- 1 杜金哲,李文雄,等. 春小麦籽粒蛋白质积累与产量形成规律及施氮的调节作用. 东北农业大学学报, 1999, 30(1):1~9
- 2 杨根海. 用¹⁵N示踪研究冬小麦品质:后期施氮对冬小麦产量和蛋白质含量的影响. 北京农业大学学报, 1986, (1):39~45
- 3 索全义,赵利梅,迟玉亭,等. 氮肥对春玉米籽粒建成及品质形成的影响. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2000, 21(1):26~29
- 4 Oikeh S O, Kling J G, Okoruwa A E. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the West African moist savanna. *Crop Science*, 1998, 38 (4): 1056~1061
- 5 Mouhova R. Productivity and quality of maize in different patterns of companion cropping and rates of nitrogen fertilization. *Pochvoznanie Agrokhimiya-y-Ekologiya*, 1997, 32(6):53~54
- 6 Kramarev S M, Skripnik L N, et al. Increasing the protein content in maize grain by optimizing the nitrogen nutrition of plants. *Kukuruza i Sorgo*, 2000, (1):13~16
- 7 邱菊. 施肥期对夏播高油玉米产量和品质的影响: [学位论文]. 北京:中国农业大学, 1997
- 8 王立秋,靳占忠,曹敬山. 氮肥不同追肥比例和时期对春小麦籽粒产量和品质的影响. 国外农学——麦类作物, 1996, (6):45~47
- 9 湖南农学院主编. 作物栽培学实验指导. 北京:农业出版社, 1988. 243~246
- 10 张宪政主编. 作物生理研究法. 北京:农业出版社, 1990. 150~152
- 11 郑丕尧主编. 作物生理学导论. 北京:北京农业大学出版社, 1992. 57~62
- 12 尹崇仁主编. 作物营养化学. 北京:北京农业大学出版社, 1993. 23~39
- 13 张智猛,董立峰,于玉桥,等. 玉米籽粒生长特性及其与粒重关系的研究. 华北农学报, 1998, 13(论文集): 28~33
- 14 Barmeix A J, Arnozis P A, Guitman M R. The regulation of nitrogen accumulation in the grain of wheat plants (*Triticum aestivum L.*). *Physiol Plant*, 1992, (86):609~615
- 15 Mattsson M, Lundborg T, Larsson C M. Nitrogen utilization in N-limited barley during vegetative and generative growth V. Translocation and remobilization of nitrogen *J Exp Bot*, 1993, 44(260):537~546
- 16 郭秉晨,梁振兴,黄敬芳. 冬小麦氮素代谢对籽粒蛋白质积累的影响. 见:梁振兴,刘兴海主编,小麦产量水成的栽培技术原理. 北京:北京农业大学出版社, 1994. 111~117
- 17 崔俊明,王海龙. 玉米籽粒发育的生理特性研究. 河南农业大学学报, 1995, 29(2):116~120
- 18 Pernollet J C, Huet J C, et al. Relationship between photosynthesis and protein synthesis in maize. II: Interconversions of the photoassimilated carbon in the ear leaf and in the intermediary organs to synthesize the seed storage proteins and starch. *Plant Physiology*, 1986, 80(1):216~222
- 19 Thomison P R, Geyer A B. Evaluation of TC Blends R used in high oil maize production. *Plant Varieties and Seeds*, 1999, 12(2):99~112