

文章编号: 1003-8701(2015)03-0050-04

氮肥失衡对玉米灌浆速率及产量的影响

彭涛涛¹, 边少锋^{2*}, 赵洪祥^{2*}, 张丽华², 孙 宁², 闫伟平²

(吉林大学植物科学学院, 长春 130062; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘 要: 本试验采用随机区组设计, 研究氮肥失衡对玉米灌浆速率及产量的影响, 结果表明, 与常量氮肥处理相比, 无氮肥处理的干物重受氮肥影响很大, 吐丝后 15 d, 干物重比其低 37.8%, 后期相差更大; 除穗行数外, 其他因素及产量的差异达到极显著水平, 产量比其低 68.3%, 子粒氮素累积量比其低 76.5%, 灌浆速率和平均灌浆速率减小, 最大灌浆速率出现的时间提前, 活跃灌浆期缩短 13 d 左右; 而与常量氮肥处理相比, 高量氮肥处理的干物重受氮肥影响较小, 可增加的干物重有限, 产量仅比其高 4.2%, 子粒氮素累积量比其高 19.5%, 最大灌浆速率和平均灌浆速率有所提高, 最大灌浆速率出现的时间提前, 活跃灌浆期缩短。

关键词: 玉米; 氮肥; 产量; 灌浆速率

中图分类号: S513.061

文献标识码: A

DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2015.03.013

Effect of Unbalanced Nitrogen on Grain Filling Rate and Yield of Maize

PENG Tao-tao¹, BIAN Shao-feng^{2*}, ZHAO Hong-xiang^{2*},ZHANG Li-hua², SUN Ning², YAN Wei-ping²

(1. College of Plant Science of Jilin University, Changchun 130062;

2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Adopting random block design, effect of unbalanced nitrogen fertilizer application on yield and grain filling rate of maize was studied. The results showed that compared with normal nitrogen fertilizer application, dry matter accumulation of the treatment which was no nitrogen fertilizer application was greatly affected. 15 days after silking stage, dry matter accumulation of the no nitrogen fertilizer application treatment decreased by 37.8% of the control. Later, the difference of both enlarged. Except for rows per ear, the difference of other factors of yield and yield of no nitrogen fertilizer application compared with normal nitrogen fertilizer application was very significant level. Yield decreased 68.3%, N accumulation of grain decreased 76.5%. The maximum grain filling and mean grain filling rate decreased. The time of maximum grain filling appeared earlier. Active grain filling period shortened approximately 13 days. Compared with normal nitrogen fertilizer application, dry matter accumulation of the high nitrogen treatment was affected a little, which increased a little. Yield increased 4.2%, N accumulation of grain increased 19.5%. The maximum grain filling and mean grain filling rate increased a little. The time of maximum grain filling appeared earlier. Active grain filling period shortened.

Key words: Maize; Nitrogen fertilizer; Yield; Grain filling rate

氮素是作物生长发育的主要营养元素之一。

土壤缺乏氮素, 不仅影响作物生长发育, 而且影响作物产量; 过量施用氮素, 不仅增加生产成本, 而且易造成土壤硝态氮的积累及淋失, 对自然环境造成污染^[1-5]。研究多集中在氮肥对土壤氮素和玉米生理的影响^[6-13], 而氮肥失衡对玉米的影响研究较少, 本文通过氮肥失衡对玉米地上部的干物重、氮素累积量和灌浆速率等影响, 为玉米栽培提供参考。

收稿日期: 2014-11-16

基金项目: “863 计划”课题(2011AA100504); 粮食丰产科技工程项目(2012BAD04B02)

作者简介: 彭涛涛(1987-), 男, 在读硕士, 主要从事玉米旱作节水方向研究。

通讯作者: 边少锋, 男, 研究员, E-mail: bsf8257888@sina.com

赵洪祥, 男, 副研究员, E-mail: zhaohongxiang1973@163.com

1 材料与方 法

1.1 试验材料与 设计

试验于2012年,在吉林省农业科学院公主岭院区试验田进行,选取先玉335为试验材料,设置0 kg/hm²、180 kg/hm²和360 kg/hm²(标记N0、N1、N2)3个氮肥水平。正常施肥量为N 180 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²和K₂O 90 kg/hm²,磷、钾播种时施入,氮肥播种时施入总量的1/3,大喇叭口期追施氮总量的2/3。行长6 m,行距0.6 m,8行区,3次重复,随机区组。试验地为黑钙土,播前0~30 cm耕层有机质含量为3.05%,水解性氮含量为128.74 mg/kg,有效磷含量为36.23 mg/kg,速效钾含量为114.0 mg/kg,pH值为6.18,0~30 cm、30~60 cm和60~90 cm土壤中硝态氮含量,分别为24.57 mg/kg、18.99 mg/kg和12.36 mg/kg。玉米全生育期按照高产田水平管理。

1.2 调查指标及方法

1.2.1 干物质重及全氮的测定

取植株地上部分,分解后在105℃杀青,80℃烘干至恒重,称重后粉碎,采用凯氏定氮法测定全氮含量。氮素积累量(kg·hm⁻²)=收获期地上部干物质重×含氮率;对子粒籽粒贡献率=(抽雄期营养体氮积累量-成熟期营养体氮积累量)/收获期子粒粒氮积累量。

1.2.2 子粒灌浆速率的测定

吐丝后选取生长一致的植株统一标记,自吐丝15 d开始,每10 d每小区选取3个样穗,105℃杀青2 h,80℃烘干至恒重,取上中部子粒200粒,称干重。使用Logistic方程 $y=A/(1+Be^{-ct})$ 对玉米灌浆速率特性进行模拟,参数d=1,根据公式计算灌浆速率^[14-16]:

灌浆速率最大时的日期 $T_{max}=(\ln b-\ln d)/c$;灌浆速率最大时的生长量 $W_{max}=a(d+1)^{-1/d}$;

最大灌浆速率 $G_{max}=(cW_{max}/d)[1-(W_{max}/a)^d]$;积累起始势 $R_0=c/d$;灌浆活跃期(完成总积累量的

90%) $D=2(d+2)/c$;平均灌浆速率(g/1000粒/d)=(收获期取样千粒重-首次取样千粒重)/灌浆天数。

1.2.3 测产及考种

于子粒完熟期,调查株数、穗数、空秆数等指标,并进行测产。每个小区选取均匀10穗,风干后考种。调查玉米有效穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、百粒重,用谷物水分测定仪测定子粒含水量,计算含水量为14%的公顷产量。

1.2.4 数据分析

采用EXCEL2003、SPSS等软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 氮肥失衡对玉米的干物重的影响

干物质的积累是子粒产量形成的基础,干物质累积多,生物量高,才能保证经济产量^[17]。从图1看出,干物质积累逐渐增加,无氮肥处理后期干物质重的下降与植株衰老等原因造成的损失有关。吐丝后15 d,与施常量氮肥处理相比,无氮肥处理的干物质重比其低37.8%,后期与其相差更大,表明无氮肥处理的干物重受氮素的影响很大;与其相比,高量氮肥处理的干物重受氮素的影响较小。

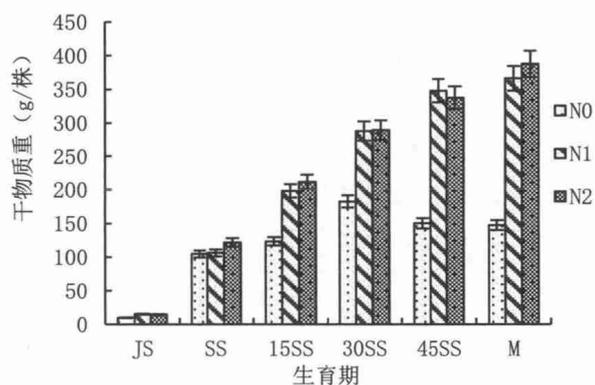


图1 氮肥失衡条件下干物重的比较

注:JS:拔节期,SS:吐丝期,15DSS:吐丝后15 d,30DSS:吐丝后30 d,45DSS:吐丝后45 d,M:成熟期,下同

2.2 氮肥失衡对产量及产量构成的影响

表1 氮肥失衡条件下产量及产量构成因素的比较

处理	有效穗长(cm)	穗粗(cm)	穗行数	行粒数	秃尖数(cm)	百粒重(g)	产量(kg·hm ⁻²)
N0	9.9cB	4.11bB	15.13aA	19.8cB	3.2aA	26.05bB	4048.57bB
N1	16.83bA	4.87aA	15.66aA	36.7bA	1.9bB	34.99aA	12796.1aA
N2	17.62aA	4.92aA	15.73aA	38.53aA	1.67bB	36.44aA	13338.96aA

注:表中大、小写字母分别表示1%和5%水平差异显著,下同

从表1中看出,与施常量氮肥相比,除穗行数外,无氮肥处理的其他因素及产量差异都达到极

显著水平,表明施氮肥对产量及产量构成因素(除穗行数外)的影响极显著;与其相比,除有效

穗长和行粒数达到显著水平外,施高量氮肥处理的其他因素及产量差异不显著。结果表明,提高玉米产量需要施用氮肥,而过量施用氮肥对提高玉米产量的效果不显著。与常量氮肥处理相比,无氮肥的产量比其低 68.3%,而高量氮肥处理的产量仅比其高 4.2%。

2.3 氮肥失衡对子粒贡献率及子粒氮素累积量的影响

从图 2 中看出,无氮肥处理的茎、叶对子粒的贡献率明显高于常量氮肥和高量氮肥处理,表明无氮肥处理的茎叶氮素转移到子粒中的氮素量比例较大。常量氮肥和高量氮肥处理的子粒氮素累积量随生育期的推进而变大,无氮肥处理氮素累积量的趋势先逐渐增大后平稳;与常量氮肥处理相比,成熟期,无氮肥处理的子粒氮素累积量比其低

76.5%;而与其相比,高氮肥处理比其高 19.5%。

2.4 氮肥失衡对玉米灌浆特性的影响

从表 2 中看出,起始势 R_0 强弱依次是:无氮肥处理>高量氮肥处理>常量氮肥处理,最大灌浆速率时间出现先后依次是:无氮肥处理、高量氮肥处理、常量氮肥处理,活跃灌浆期 D 依次是:常量氮肥处理>高量氮肥处理>无氮肥处理,最大灌浆速率 G_{max} 依次是:高量氮肥处理>常量氮肥处理>无氮肥处理,平均灌浆速率 G_{mean} 依次是:高量氮肥处理>常量氮肥处理>无氮肥处理。与常量氮肥处理相比,除起始势外,施常量氮肥可以增大灌浆速率和平均灌浆速率,推迟最大灌浆速率出现时间,延长活跃灌浆期 13 d 左右;与其相比,高量氮肥处理的最大灌浆速率和平均灌浆速率有所提高,而最大灌浆速率时间提前,活跃灌浆期缩短。

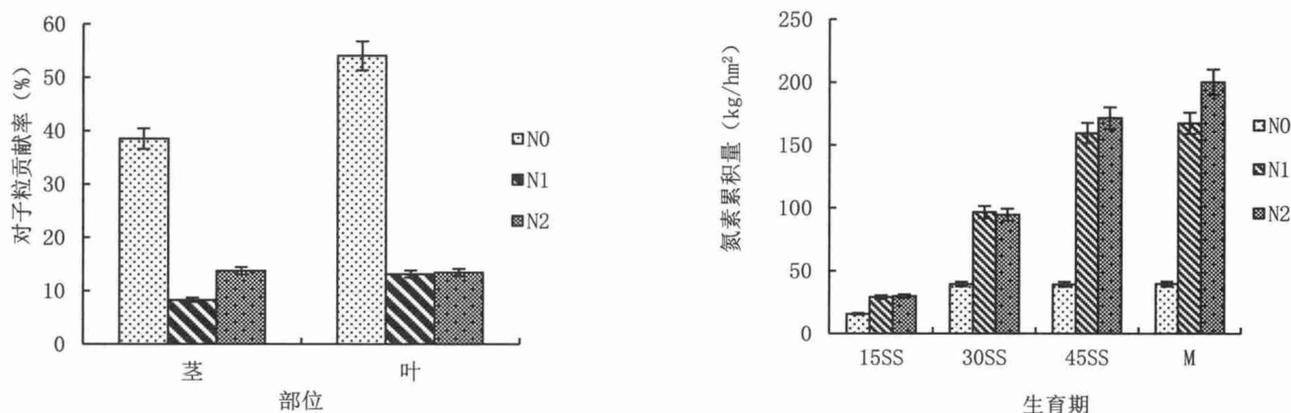


图 2 氮肥失衡条件下茎、叶对子粒贡献率及子粒氮素累积量的比较

表 2 氮肥失衡条件下玉米灌浆参数

处理	灌浆曲线	起始势 R_0	最大灌浆速率时间	活跃灌浆期	最大灌浆速率	平均灌浆速率
N0	$y=229.1111/(1+49.4716e^{-0.1617x})$	0.162	24.132	37.113	9.261	4.007
N1	$y=349.7763/(1+30.7286e^{-0.1180x})$	0.118	29.033	50.858	10.316	5.758
N2	$y=348.5582/(1+37.4649e^{-0.1272x})$	0.127	28.487	47.172	11.083	5.871

3 讨论

氮肥失衡对玉米产量及灌浆速率的影响,表现不同。与常量氮肥处理相比,无氮肥处理的干物重受氮肥影响很大,吐丝 15 d,干物重比其低 37.8%,后期相差更大;除穗行数外,其他因素及产量的差异达到极显著水平,产量比其低 68.3%,子粒氮素累积量比其低 76.5%,灌浆速率和平均灌浆速率降低,最大灌浆速率出现的时间提前,活跃灌浆期缩短 13 d 左右;而与其相比,高量氮肥处理的干物重受氮肥影响较小,可增加的干物重有限,产量仅比其高 4.2%,子粒氮素累积量比

其高 19.5%,最大灌浆速率和平均灌浆速率有所提高,最大灌浆速率出现的时间提前,活跃灌浆期缩短。

扶艳艳等的研究表明,施氮肥比不施氮肥干物质累积量增加 36.2%^[18],本试验的结果与其相近。王晓巍等的研究表明,施氮使玉米产量提高,与不施氮处理差异达到极显著水平,施氮使玉米植株的氮素累积量增加^[19],本试验结果与其结论一致。大量研究表明,施氮可以提高作物产量、改善产量因子,施氮肥均比不施氮肥有显著的增产效果,过量施氮没有表现出增产效果,反而施用过量的氮肥会影响产量^[20-22],与本试

验结果基本一致。施氮使夏玉米氮素累积量增大,并促进叶、茎鞘氮素向子粒转运^[23];氮肥对玉米产量的影响主要体现在对穗粒数、穗粒重的影响上^[24]。施氮可提高子粒中的氮素累积量^[25],植株干物质和养分吸收量,随生育期延长而持续增加^[26]。玉米子粒灌浆速率高值持续期的长短对粒重起决定性作用。延长灌浆过程持续天数,对增加粒重有重要意义^[17]。

综上所述,缺乏氮素,易造成干物质重降低,除穗行数外,有效穗长、穗粗、行粒数、百粒重和产量都会显著降低,秃尖数显著增加,子粒氮素累积量降低,降低灌浆速率和平均灌浆速率,最大灌浆速率出现的时间提前,缩短了活跃灌浆期天数;而氮素过多,干物重受氮肥影响较小,可增加的干物重有限,产量略有提高,子粒氮素累积量有所提高,最大灌浆速率和平均灌浆速率有所提高,最大灌浆速率的时间提前,活跃灌浆期缩短。

参考文献:

- [1] Elia A, Santamaria P, Serio F. Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach[J]. *J. Sci. Food Agric*,1998(76): 341-346 .
- [2] Ferguson R B, Hergert G W, Schepers J S, et al . Site-specific nitrogen management of irrigated maize: Yield and soil residual nitrite effects[J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2002(66): 544-553 .
- [3] Samonte S O P B, Wilson L T, Medley J C, et al. Nitrogen utilization efficiency: Relationships with grain yield, grain protein, and yield-related traits in rice[J]. *Agron. J.*, 2006(98): 168-176 .
- [4] Matron P A, Naylor R, Monasterio I O. Integration of environmental, agronomic, and economic aspects of fertilizer management[J]. *Sci*, 1998(280): 112-115 .
- [5] Vyn T J, Janovicek K J, Miller M H, et al. Soil nitrate and crop response to preceding small grain fertilization and cocer crops [J]. *Agron. J.*, 1999(91): 17-24 .
- [6] Cassman K G, Dobermann A, Walters D T. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management[J]. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2002, 31(2): 132-140 .
- [7] Ju X T, Xing G X, Chen X P, et al. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(9): 3041-3046 .
- [8] 赵宏伟,邹德堂,迟凤琴. 氮肥施用量对春玉米籽粒淀粉含量及淀粉合成关键酶活性的影响[J]. *农业现代化研究*, 2007(3):361-363 .
- [9] 张国印,孙世友,王丽英,等. 氮肥施用量对土壤硝态氮含量和分布的影响[J]. *河北农业科学*,2003(4):7-12 .
- [10] 杨学云,张树兰,袁新民,等. 长期施肥对壤土硝态氮分布、累积和移动的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2001(2):134-138,188 .
- [11] 郭建华,赵春江,王 秀,等. 旱作玉米施用氮肥对土壤氮素淋溶和移动的影响[A]. 第二届全国农业环境科学学术研讨会论文集[C]. 昆明:2007:161-164 .
- [12] 韩宝文,李春杰,刘忠宽,等. 氮肥施用量对夏玉米土壤NO₃-N含量的影响[J]. *河北农业科学*,2006(1):29-32 .
- [13] 赵宏伟,邹德堂,付春艳. 氮肥施用量对春玉米光合作用关键酶活性和光合速率的影响[J]. *玉米科学*, 2006(3): 161-164 .
- [14] 王育红,张 园,王向阳,等. 不同生态型夏玉米灌浆参数的模糊聚类分析[J]. *玉米科学*,2010(1):77-81 .
- [15] 刘 明,齐 华,张卫健,等. 深松与施氮方式对春玉米子粒灌浆及产量和品质的影响[J]. *玉米科学*,2013(3):115-119,130 .
- [16] 朱庆森,曹显祖,骆亦其. 水稻籽粒灌浆的生长分析[J]. *作物学报*,1988,9(3):182-192 .
- [17] 吴春胜. 超高产玉米灌浆速率与干物质积累特性研究[J]. *吉林农业大学学报*,2008(4):382-385,400 .
- [18] 扶艳艳,苗艳芳,徐晓峰,等. 氮肥形态对冬小麦干物质积累与产量的影响[J]. *河南科技大学学报(自然科学版)*, 2013(5):74-77 .
- [19] 王晓巍,马 欣,周连仁,等. 施氮对玉米产量和氮素积累及相关生理指标的影响[J]. *玉米科学*,2012(5):121-125 .
- [20] 王云奇,陶洪斌,黄收兵,等. 施氮模式对夏玉米氮肥利用和产量效益的影响[J]. *核农学报*,2013(2):219-224 .
- [21] 王西娜,王朝辉,李生秀. 施氮量对夏季玉米产量及土壤水氮动态的影响[J]. *生态学报*,2007(1):197-204 .
- [22] 孙 宁,边少锋,孟祥盟,等. 氮肥施用量对超高产玉米光合性能及产量的影响[J]. *玉米科学*,2011(2):67-69,72 .
- [23] 赵 营,同延安,赵护兵,等. 不同施氮量对夏玉米产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. *土壤肥料*,2006(2):30-33 .
- [24] 申丽霞,王 璞,兰林旺,等. 施氮对夏玉米碳氮代谢及穗粒形成的影响[J]. *植物营养与肥料学报*,2007(6):1074-1079 .
- [25] 赵 营,同延安,赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*,2006(5):622-627 .
- [26] 宋海星,李生秀. 玉米生长量、养分吸收量及氮肥利用率的动态变化[J]. *中国农业科学*,2003(1):71-76 .