

文章编号 :1003-8701(2011)02-0036-04

氮素对玉米生长及生理特性的影响

于雷¹,邱菊²,赵丽影³,刘淑华⁴,张善彬⁶,
杨洪亮²,李文⁵,张磊¹,曹铁华^{1*}

(1. 吉林省农业科学院,长春 130033 ;2. 吉林省大安市农业技术推广中心,吉林 大安 131300 ;3. 吉林省公主岭市农业机械化技术推广总站,吉林 公主岭 136100 ;4. 吉林省扶余县增盛镇农机站,吉林 扶余 131200 ;5. 吉林省敦化市官地镇农业技术推广站,吉林 敦化 133722 ;6. 吉林省集安市重点项目办公室,吉林 集安 134200)

摘要 :综述了氮素对玉米生长及生理特性的影响,阐明了氮素在玉米产量形成中的重要性,为玉米高产研究提供理论参考。

关键词 :氮素 ;玉米 ;生理特性

中图分类号 :S513.062

文献标识码 :A

Effects of Nitrogen on Growth and Physiological Characteristics of Maize

YU Lei¹, QIU Ju², ZHAO Li-ying³, LIU Shu-hua⁴, ZHANG Shan-bin⁶,
YANG Hong-liang², LI Wen⁵, ZHANG Lei¹, CAO Tie-hua^{1*}

(1. *Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Changchun 130033*; 2. *Agricultural Technology Extension Center of Da'an City, Da'an 131300*; 3. *Agricultural Mechanization Technology Extension Station of Gongzhuling, Gongzhuling 136100*; 4. *Farm Machine Station of Zengsheng Town, Fuyu County, Fuyu 131200*; 5. *Agricultural Technology Extension Station of Guandi Town, Dunhua City, Dunhua 133722*; 6. *Office of Key Project of Ji'an City Jilin Province, Ji'an 134200, China*)

Abstract: The effects of nitrogen on growth and physiological characteristics of maize were reviewed in the paper. The importance of nitrogen application to yield formation was described. It can provide reference for high-yielding research of maize.

Keywords: Nitrogen; Maize; Physiological Characteristics

玉米是我国的重要粮食、饲料加工和工业原料作物,在国民经济发展和人民生活中占有重要的地位。在耕地面积减小,资源约束加大,生态环境恶化的情况下,要发展粮食生产,保障国家粮食安全,就必须依靠科技的力量,提高单产是满足未来玉米需求的根本途径。氮是植物生长发育中最重要的元素,以施肥的方式补充土壤氮是实现作物高产优质的有效措施之一。为此,本文就氮肥对

玉米生长及生理特性的影响进行综述,以期为大面积提升玉米的产量及持续高产提供理论参考与技术支撑。

1 氮素对玉米农艺性状的影响

玉米在生长周期中易感氮不足,被称为氮指示植物,玉米农艺性状受氮肥影响明显。如果缺氮,将表现植株细弱,叶色黄绿,底部叶片逐渐向上变黄干枯,雄穗发育延迟或雌穗不能发育,成穗少,粒少,产量明显下降。当氮肥供应充足时,植株枝叶繁茂,躯体高大。当然,过量施氮肥也会对植物生长发育造成负面影响,如植株徒长、根冠比小、营养生长过剩而影响生殖生长等。

收稿日期 :2010-11-07

作者简介 :于雷(1965-)女,助理研究员,主要从事植物营养研究。

通讯作者 :曹铁华,男,副研究员,E-mail:caotiehua2002@163.

com

周晓舟和唐创业研究了氮磷钾对秋玉米农艺性状和植株养分的影响,认为施氮极显著增加了秋玉米的株高、穗位高、茎粗、全氮量和全磷量。宋朝玉等研究也认为,氮肥对增加株高、茎粗、穗长、行粒数、穗粒数、千粒重有显著的作用。

根系形态对氮的吸收显得尤为重要。已有研究表明,增加氮的供应对根系生长的影响可能表现为促进、抑制作用。当氮素缺乏时,相对较多的光合产物被根系利用,形成较大的根系,以便吸收更多的氮素,在高氮供应条件下,根系的生长量降低,从而降低其对深层养分、水分利用的能力。对氮利用效率具有显著差异的两份玉米自交系进行研究,比较它们在不同氮水平下根系形态的动态变化以及对氮的反应。结果表明,在氮素胁迫下,苗期根系形态直接与氮效率相关,它对氮素的高效吸收具有重要作用。陈范骏等研究表明,西玉3号在低氮条件下,在苗期即建立了强大的根系,有利于增强全生育期氮素的吸收,因而表现出高效特性;而高光效1号的情况相反,在高氮条件下具有强大的根系,全生育期大量地吸收氮素,因而表现出高产特性。

勾玲等认为,倒伏是玉米增加群体密度的主要限制因素,并且茎秆抗倒力学性状与农艺性状密切相关。大多数关于茎秆抗倒力学性状的研究主要从茎秆抗压碎强度、外皮穿刺强度和抗拉弯强度等指标进行考察,并认为玉米茎秆压碎强度与茎倒伏呈显著负相关。袁志华等由茎秆系数的表达式推出,若茎秆高度增加一倍,同时茎粗增加到 $\sqrt{2}$ 倍,而茎秆系数值不变,即茎秆抗倒伏能力不变;同时,她还认为,对于同一玉米品种,肥力不同,其秆长、穗位、截面尺寸等茎秆性状不同,茎秆系数不同,抗倒伏能力也就不同。但在玉米群体中,高密度种植和高氮肥施用均易造成倒伏,倒伏率每增加1%,大约减产108 kg/hm²。

2 氮素与玉米光合生产的关系

氮肥与光合作用的关系表现在光合叶面积的大小、光合持续时间长短和叶片衰老等方面。增施氮肥可增加LAI和叶面积持续期,进而增加群体光合和子粒产量。施用氮肥可增加玉米叶绿素含量,但Costa等认为,施氮对叶绿素的影响仅能维持20 d,其主要通过增加叶面积来提高产量。Greef等指出,在叶片含氮量0.2~1 mgN/cm²范围内,叶绿素含量及CO₂通量与叶片含氮量呈正相关,PEP羧化酶和RuBP羧化酶活性随施氮量

增加而增加。Osaki等指出,成熟期施氮并不影响叶片RuBP羧化酶活性和叶绿素含量,但增加了PEP羧化酶活性。适宜氮肥用量下,RuBP羧化酶和PEP羧化酶活性较强。由于氮是碳同化关键酶RuBP羧化酶和PEP羧化酶及叶绿素的重要组成部分,因而营养体过量的氮素转移将导致叶片早衰及光合能力下降。何萍等认为,氮肥用量不足或过量,均加速了生长后期叶面积系数及穗位叶绿素含量的下降过程,使叶片衰老提早。韩晓日等研究了不同施肥处理对玉米穗位叶光合指标的影响,认为适宜的施肥量可保持穗位叶光合指标的适宜状态,并能保持较长的高光合持续期。玉米一生中穗位叶对子粒碳水化合物的供应最重要,其叶绿素含量以抽雄期最高,其次为灌浆期,成熟期最低,与抽雄期相比适宜氮肥处理叶绿素含量灌浆期与之较为接近,而施氮不足及过量施氮的处理在灌浆期则显著减少。氮素施用对光合速率具有较大影响。田纪春等研究指出,氮素后移处理光合速率达到最大值的时间一般向后推迟1~5 d,光合速率高效持续期则一般延长1~2 d。子粒形成的碳、氮可通过玉米后期的碳同化、根系氮吸收及营养体的碳、氮向子粒转移而实现。Osaki发现,玉米体内RuBP羧化酶的更新及蛋白质合成,减少不必要的过剩的氮代谢消耗,从而促进光合产物向子粒转运。

叶片含氮量对光合能力的影响很大,主要是通过羧化作用有关酶的含量而起作用。黄高宝等发现,适量供氮能提高叶片净Pn和NR活性,提高干物质积累和子粒产量。郑强等认为,叶绿素含量与整株含氮率呈极显著线性关系。氮素能促进叶绿素、蛋白质及酶的合成,并使光合产物及时被利用,以免积累过多而抑制光合作用,所以氮素供应充足时,光合增强。Osaki等认为,营养体过量的氮素转移将导致叶片早衰及光合能力下降,而氮肥用量的增加确减少了玉米叶片碳水化合物的积累,但若供氮过少,使叶片C/N值过低,叶片氮代谢旺盛,光合产物的输出率降低,造成光合产物对光合器官的反馈抑制。John也发现,叶片含氮量的增加,同化速率增加,但是叶片含氮量增加到一定程度时,同化速率不再增加。开花时植株生物量和含氮量与子粒产量呈正相关。金继运等研究磷钾营养与玉米后期碳氮关系发现,在维持叶片较高含氮量从而维持较高光合活性的同时,保证有足够根系氮素和营养体氮素向子粒转移,是玉米高产再高产的关键。

3 氮素在玉米氮代谢中的调节作用

玉米产量对氮素化肥的反应随着施氮量和氮素形态而发生变化,氮肥对提高产量和品质以及生产效率是极其重要的。Lafitte 等证明,子粒产量与利用效率呈显著正相关,施氮和不施氮时的相关系数分别为 0.72 和 0.85。

陈国平认为,玉米对氮的吸收曲线基本上与干物质的积累曲线一致。Arnon 认为,抽雄前 10 d 至抽雄后 25~30 d 是玉米吸收养分最多的时期,这 35~40 d 中的吸氮量占总吸氮量的 70%~75%。通常玉米的产量随着施氮量的提高而提高,金继运等研究指出,适宜的氮钾配比以及施肥技术可以促进玉米生育前期总生物量的积累以及后期干物质向子粒的转移,从而获得较高的子粒产量。在接着的研究中发现,在适宜氮钾用量的情况下,玉米叶片可溶蛋白含量较高,RuBP 羧化酶和 PEP 羧化酶活性较强,收获指数与氮收获指数较高,适宜的氮钾用量可促进玉米营养体碳氮向子粒运输,同时提高生长后期叶片的光合能力和根系对氮素的吸收。氮肥用量对硝酸还原酶活性有很大影响,同时过量施氮可能导致子粒充实期氮素代谢过旺。

玉米对氮素的吸收、氮素在植株体内的运输分配以及最后在子粒中的累积,构成了玉米氮代谢的基本环节。硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶(GS)、谷氨酸合成酶(GOGAT)、谷氨酸脱氢酶(GDH)是植物氮素代谢中的关键酶,其活性高低与土壤的供肥能力密切相关。植物吸收的铵态氮被同化为氨基酸或酰胺,大部分向地上运输。旱生作物的主要氮源是 NO_3^- 。 NO_3^- 能在细胞的液泡内大量积累而无害,土壤 NO_3^- 进入细胞,在细胞质中 NR 的作用下形成 NO_2^- , NO_2^- 再进入细胞质体中经亚硝酸还原酶(NiR)的催化还原成 NH_4^+ ,生成的 NH_4^+ 经 GS 进一步转化为谷氨酰胺,再经 GOGAT 催化形成谷氨酸,谷氨酸是植株体内许多其他氨基酸生物合成的主要氨基供体。 NH_4^+ 最后合成各种蛋白质或核酸等。GDH 催化 α -酮戊二酸和氨合成谷氨酸,此反应在植物体内将氨同化和转化成有机氮化合物,直接或间接地影响产量的形成。叶片氮代谢有关酶活性直接受到土壤供肥水平的影响,从而直接影响作物产量的形成。硝酸还原酶(NR)与作物吸收、利用氮肥有关,从而进一步影响作物的产量和品质。大多数植物的根部和叶片都还原硝态氮。还原的比例与诸多的因子

有关,包括供氮水平、植物种类、植物年龄等。通常情况下,当外界供氮水平较低时,根部还原的所占比例就比较大,当增加硝态氮的供给,根部还原硝态氮的能力就成为限制因子,向地上部输送的以硝态氮为形式的总氮增加。Santoro 等研究表明,NR 活性高低与叶龄有关。NR 活性最高时,正是叶片扩张生长最大时,随着叶面积增大,叶龄的增加,NR 活性降低,且硝态氮都相应的较高。外源氮量的供给直接影响着植物的 NR 活性。研究表明,玉米根中 NR 活性受氨和氨基酸的调节,施入氨基酸混合物可部分抑制根系 NR 的诱导,抑制效果在成熟部位更加明显。

4 玉米叶片活性氧代谢及氮素对其影响

关于叶片活性氧代谢研究较多的就是超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性和丙二醛(MDA)含量。SOD 是一种金属酶,其底物是一种寿命很短的氧自由基 O_2^- ,当作物遇到逆境发生脱水时, O_2^- 大量产生,从而对植物细胞产生伤害。而 SOD 是植物体内消除 O_2^- 伤害的保护酶。POD 作为生物体内的一种保护酶,对于清除逆境下产生的有害自由基有一定的作用。CAT 与 SOD 一样是植物体内的保护酶系,在清除生物自由基上担负有重要功能。MDA 是质膜过氧化的主要产物,其含量高低反映着质膜过氧化程度。

叶片功能的正常发挥和子粒的正常发育需要有完整膜系统的支持。细胞内保护酶的活性与酶学特性和激素调控叶片的衰老有密切的关系。SOD、CAT、POD 活性以及 MDA 含量与植株的抗逆性有着重要的关系。MDA 膜系统的破坏势必导致代谢的紊乱,出现生长停滞。维持正常的膜系统,防止膜脂过氧化需要高效的保护酶系统的参与。SOD、CAT 活性降低,膜脂过氧化的加剧使得次生物质 MDA 含量明显增加。SOD、CAT 活性的增强,有利于清除在生长发育过程中产生的对生物膜具破坏作用的自由基,并有利于抗性的提高。较高的 POD 活性会影响 IAA 的代谢,同时对一些生长关键酶活性可能有抑制作用。

作物体内的保护酶活性,明显受到氮素水平的影响。孙群等研究表明,玉米苗期施用适量的氮素肥料,可以有效地提高细胞保护酶活性,尤其是 SOD 活性比低氮对照有明显提高,这对于保持细胞膜结构的稳定性、防止膜脂过氧化有重要作用。

杨晴等认为,施氮能有效减少细胞中对生物体有害的活性氧的产生及积累,提高活性氧的清除能力,由此在一定程度上延缓了叶片的衰老和光合功能的衰退,使子粒产量提高。李贵平等通过不同施肥处理对春玉米生育后期叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用的影响进行了研究,认为氮、磷、钾均有一定适宜量,可以有效地延缓玉米生育后期叶片的衰老,从而促进高产的形成,而氮、磷、钾缺乏或过量均会使叶片膜脂过氧化程度加剧,较早地进入衰老状态,不利于高产。周晓琳等^[28]研究了长期定位施肥对夏玉米保护酶活性和脂膜过氧化作用的影响,认为单施氮肥处理在灌浆初期能够有效维持玉米穗位叶 SOD、CAT、POD 活性,降低 MDA 含量,随生育进程推进,酶活性迅速下降,MDA 含量迅速增加。施用有机肥特别是有机肥与一定量的氮肥配合施用能显著抑制玉米后期的膜脂过氧化作用,使玉米 SOD 活性提高,MDA 含量下降,从而延缓了玉米的衰老,使玉米生长后期仍能维持较高的生理活性。

参考文献:

- [1] 周晓舟,唐创业. 氮磷钾对秋玉米农艺性状和植株养分的影响[J]. 河南农业科学, 2008(9): 26- 29.
- [2] 宋朝玉,张继余,刘洪明,等. 氮磷钾、秸秆还田和密度对玉米产量及农业性状的影响[J]. 山东农业科学, 2009(2): 37- 40.
- [3] Brinkman M A, Rho Y D. Response of three oat cultivars to N fertilizer[J]. Crop Science, 1984(24): 973- 977.
- [4] 陈范骏,米国华,曹敏建,等. 碳水化合物在玉米杂交种耐低氮中的作用[J]. 玉米科学, 2002, 10(4): 81- 84.
- [5] 勾玲,黄建军,张宾,等. 群体密度对玉米茎秆抗倒力学和农艺性状的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(10): 1688- 1695.
- [6] Zuber M S, Grogan C O. A new technique for measuring stalk strength in corn[J]. Crop Science, 1961(1): 378- 380.
- [7] Zuber M S, Kang M S. Corn lodging slowed by sturdier stalk [J]. Crop Science, 1978(30): 13- 15.
- [8] 袁志华,全林斯,赵祥雄,等. 玉米茎秆抗倒伏的综合评价[J]. 河南科学, 2002, 20(5): 495- 497.
- [9] Stamp P, Kiel C. Root morphology of maize and its relationship to root lodging[J]. Journal of Agronomy and crop science, 1992, 168(2): 23- 24.
- [10] Costa C, Dwyer L. M., Dutilleul P. Inter- relationship of applied

nitrogen, spad, and yield of leafy and non- leafy maize genotypes [J]. Journal of Plant Nutrition, 2001, 24(8): 1173- 1194.

- [11] Greef J M, Ott H, Wulfes R. Growth analysis of dry matter accumulation and N uptake of forage maize cultivars affected by N supply[J]. Journal of Agricultural Science, 1999, 132: 31- 43.
- [12] Osaki M, Makoto L, Toshiaki T. Ontogenetic changes in the contents of ribulose- 1,5- bisphosphate carboxylase/oxygenase, phosphoenolpyruvate carboxylase, and chlorophyll in individual leaves of maize[J]. Soil science & plant nutrition, 1995, 41(2): 285- 293.
- [13] 何萍,金继运. 氮钾互作对春玉米养分吸收动态及模式的影响[J]. 玉米科学, 1999, 7(3): 68- 72.
- [14] 韩晓日,姜琳琳,王帅,等. 不同施肥处理对春玉米穗位叶光合指标的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2009, 40(4): 444- 448.
- [15] 田纪春,陈健省,王延训,等. 氮素追肥后移对小麦籽粒产量和旗叶光合特性的影响[J]. 中国农业科学, 2001, 34(1): 1- 4.
- [16] 黄高宝,张恩和,胡恒觉. 不同玉米品种氮素营养效率的生态生理机制[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(3): 293- 297.
- [17] 郑强,王志敏,蔡永旺,等. 夏玉米叶片叶绿素含量的时空动态及其与植株含氮率关系的研究 [J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 75- 78.
- [18] John R E. Nitrogen and photosynthesis in flag leaves of wheat[J]. Plant Physiology, 1983(72): 297- 302.
- [19] 金继运,何萍. 氮钾营养对春玉米后期碳氮代谢与粒重形成的影响[J]. 中国农业科学, 1999, 32(4): 55- 62.
- [20] Lafitte H R, Edmeades G O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize selection criteria [J]. Field Crop Research, 1994(39): 1- 14.
- [21] 陈国平. 玉米的矿质营养和施肥技术[J]. 玉米科学, 1992(4): 59- 66.
- [22] Arnon. Mineral nutrition of maize [J]. Crop Science, 1974: 356- 361.
- [23] Santoro L G. Changes in nitrate reductase activity during development of soybean leaf[J]. Z. Pflanzenphysiol, 1983: 112- 121.
- [24] 孙群,梁宗锁,王渭玲,等. 氮对水分亏缺下玉米幼苗膜脂过氧化及光合速率的影响[J]. 西北农业学报, 2001, 10(1): 7- 10.
- [25] 杨晴,李雁鸣,肖凯,等. 不同施氮量对小麦旗叶衰老特性和产量性状的影响[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(4): 20- 24.
- [26] 李贵平,刘志成,彭安龙. 不同施肥处理对玉米生育后期叶片保护酶活性及脂膜过氧化作用的影响[J]. 黑龙江科技信息, 2008(11): 55.
- [27] 周晓琳,薛登峰,刘树堂,等. 长期定位施肥对夏玉米酶活性的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(3): 116- 119, 123.