

氮对冬玉米干物质生产及生理特性的影响

张石宝¹, 李树云¹, 胡虹^{1*}, 尹树华², 普琼芬³

(1. 中国科学院昆明植物研究所, 云南昆明 650204; 2. 蒙自县农业技术推广中心, 云南蒙自 661100; 3. 蒙自县草坝农业技术推广站, 云南蒙自 661102)

摘要: 通过对不同施氮水平下冬玉米的干物质生产及其生理特性的研究表明:(1)随着施氮量的提高,叶面积指数增大,叶片衰老延缓,花后保持有更大的叶面积持续期和光合势,有利于干物质的生产;(2)施氮量的增加促进了花丝期前后植株各部分氮和干物质的累积,产量显著提高,但是营养体干物质和氮的转移率降低,尤其高氮条件下尚有大量干物质不能转移,库/源比不协调,氮的生产力随之降低。

关键词: 冬玉米; 氮肥; 干物质生产; 氮生产力

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)06-0543-04

Effects of fertilizer-N on dry matter production and physiological characteristics of winter maize (*Zea mays* L.)

ZHANG Shi-bao¹, LI Shu-yun¹, HU Hong^{1*},
YIN Shu-hua², PU Qiong-fen³

(1. *Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Science, Kunming 650204, China*; 2. *Mengzi County Agricultural Technique Popularization Center, Mengzi 661100, China*; 3. *Caoba Town Agricultural Technique Popularization Station, Mengzi 661102, China*)

Abstract: This paper investigates dry matter production and physiological characteristics for southern subtropical maize (*Zea mays* L.) sowing in winter under different levels of N application. The results are as follows: (1) With the increase of N application amount, LAI is higher and the leaf senescence is slowed down. Winter corn after silk in high N rate treatment has more higher LAD and photosynthetic potential than that of in low N rate treatment, which is propitious to dry matter production; (2) The increase of N application rate promotes the accumulation of N and dry matter in each plant part of presilk and postsilk, the yield of winter corn is obviously advanced, but dry matter and N in vegetative organs can't be transferred completely in high N application amount, transfer rate is decreased, sink/source ratio is not harmony, which results in decrease of N productivity.

Key words: winter maize; fertilizer-N; dry matter production; N productivity

氮肥是决定作物产量的关键因素之一^[1,2], 通常玉米的产量随着施氮量有规律地提高^[3], N素往往是通过改变玉米的某些生理特性来影响产量^[4],

氮肥不足或过量均加速玉米生长后期叶面积指数及穗位下部叶叶绿素的下降进程, 加快叶片的衰老^[5], 同时随着氮肥水平的提高, 植株和收获器官

收稿日期: 2001-06-11

作者简介: 张石宝(1970-), 男, 云南曲靖人, 汉族, 硕士生, 助研, 主要从事植物生态生理学研究。*为通讯作者
基金项目: 中科院-云南省科技合作项目; 云南省“九五”科技攻关项目(95A7-2)。

的含 N 量增加,但 N 的吸收率、利用率和收获指数降低^[1],氮素的吸收利用因光温条件的不同而有很大差异^[6],因而不同播种期的玉米对氮的需求和反应必将不同,过去这类研究着重是针对夏玉米和春玉米进行的。冬玉米生产是南亚热带气候类型地区冬季农业开发的重要内容之一,云南省 1998 年就种植冬玉米 5.33 万 hm^2 ,目前种植面积仍在扩大。国外曾有人在印度对热带冬玉米的产量进行过研究^[7],但产量较低,目前尚未见有关南亚热带气候类型地区冬玉米氮素营养的研究报道。本文旨在对云南省南亚热带地区氮肥用量对冬玉米生理特性及干物质生产的影响进行研究,为类似地区冬玉米生

产的合理施 N 提供理论依据。

1 材料与与方法

试验地设在云南省蒙自县草坝镇,位于北回归线附近,属南亚热带气候类型地区,土壤为沼泽土,肥力上等,pH 值 7.0,有机质含量 4.44%,N:0.289%,水解 N:189.3 mg/kg,P:0.220%,速效 P (P_2O_5):6.7 mg/kg,K:0.9%,速效 K (K_2O):267.0 mg/kg。

供试玉米品种为京杂 6 号,1998 年 12 月 5 日播种,1999 年 1 月 21 日破膜引苗,大喇叭口期为 3

表 1 不同施氮水平下冬玉米叶面积指数和持续时间变化

Table 1 Variation of LAI and LAD of winter maize in different levels of application N

处理 Treatment	叶面积指数 LAI			叶面积持续时间 LAD	
	花丝期 Silking	收获期 Harvest	LAI 减低 % Decrease rate of LAI	花丝期 Silking	全生育期 Total
0N	2.939	1.430	51.3	91.8	158.7
90 N	3.454	2.185	36.7	118.4	186.5
180 N	3.556	2.900	18.4	135.6	192.0
270 N	3.897	3.190	18.1	148.8	210.4

月 2 日,花丝期是 3 月 23 日,5 月 4 日收获。采用分畦覆膜栽培,畦面宽 1.4 m,沟宽 0.6 m,每畦 3 行,行距 0.5 m,株距 0.2 m,每小区 20 m^2 ,折合 7.5 株/ m^2 ,试验设 0 kg N/ hm^2 、90 kg N/ hm^2 、180 kg N/ hm^2 和 270 kg N/ hm^2 四种处理,N 肥分三次施入,其中底肥占 1/4,破膜引苗时追肥占 1/2,大喇叭口期追肥占 1/4。P 肥 114 kg P_2O_5 / hm^2 (600 kg 普钙/ hm^2)和 K 肥 120 kg/ hm^2 K_2O 作底肥一次施用。

分两次采样,开花吐丝期和收获期,每个处理每次采 5 株,采后分叶片、叶鞘、茎、雄花、苞叶、穗轴、籽粒(收获期)和枯死 8 部分,分别烘干(85 $^{\circ}\text{C}$,48 h)称重,并测定 N 含量,用 H_2SO_4 - H_2O_2 消化蒸馏法,委托云南省土肥中心测定。同时测定叶面积,即长 \times 宽 \times 0.75,取 10 株的平均值。

2 结果与分析

2.1 冬玉米叶面积指数和持续期

从表 1 可看出,随着施氮量的增加,冬玉米花丝期和收获期的 LAI 明显提高,大大降低了开花后叶面积的减低比例(0 N 区为 51.3%,而 270 N 为 18.1%),显著增大了花丝期一收获期的叶面积持续

期($r=0.987$),为玉米的干物质生产奠定了良好的基础^[8,9],尤其是花丝期后的干物质生产与同期的 LAD 呈现极显著的正相关($r=0.995$)(表 3)。

表 2 不同施氮条件下冬玉米的光合势
(干物重 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 叶 $\cdot \text{d}^{-1}$)

Table 2 Photosynthetic potential of winter corn in different N application rates(DM kg m^{-2} leaf d^{-1})

处理 Treatment	开花前 Presilk	开花后 Postsilk	全生育期 Total
0 N	3.78	6.17	4.65
90 N	3.48	7.16	4.91
180 N	3.51	8.47	5.56
270 N	3.36	8.70	5.58

2.2 冬玉米的光合势

从表 2 的资料看,氮肥用量对冬玉米的光合势有一定的影响,开花后的光合势随着施氮量的增加而显著提高($r=0.971$),因为叶片中较高的叶绿素含量和叶片衰老减缓有利于开花后的干物质生产,也促进营养体氮素向籽粒的运输^[10],因而单位叶面积上单位时间内生产的干物质也就多。但是氮肥用量对冬玉米整个生育期的光合势影响不显著($r=0.948$),主要是开花期前用氮量增加反而使光合势降低($r=-0.896$),进而影响到整个生育期的光合势,这是因为试验地本身地力较肥,前期的温度也较

低,播种后较长时间(48 d)处于膜下,叶片在膜下卷曲折叠,叶片虽大但不能发挥作用,生产出的干物质并不多,因而氮肥多开花前的光合势反而低。

2.3 干物质生产和氮的累积

从表 3 中可以看出,花丝期和收获期冬玉米植株各部分的干物重和含氮量均随施氮量的增加而增加,而且花丝期和收获期的总干物重($r=0.990$ 和 r

$=0.992$)和总氮累积量($r=0.990$ 和 0.999)均呈极显著的正相关,表明施氮可显著提高冬玉米的干物质生产和氮累积。施氮量、氮累积量和叶片含氮量与开花后干物质的增值比率亦表现出极显著的相关(分别为 $r=0.965$ 、 $r=0.975$ 和 $r=0.976$),这与 N 增大叶面积指数和延缓叶片衰老有关(表 1),说明在一定范围内增施氮肥有利于干物质生产和转运。

表 3 不同氮肥用量下冬玉米地上部分干物质生产和氮累积($g \cdot m^{-2}$)
Table 3 Amount of N accumulation and dry matter production above-ground parts of winter corn under different N application rate

处理 Treatment	项目 Items	叶+鞘 Leaf+Sheath	茎 Stem	雄花 Tassel	苞叶+穗轴 Hull+Cob	籽粒 Grain	总量 Total	开花后增量 Increment after silk	增值比 %
花丝期 Silking									
0 N	DM	282.0	192.0	58.5	67.5	—	600.0	—	—
	N	2.48	0.92	0.89	0.71	—	5.00	—	—
90 N	DM	303.0	195.0	67.5	84.0	—	649.5	—	—
	N	4.44	1.09	1.14	1.05	—	7.72	—	—
180 N	DM	337.5	186.0	60.0	90.0	—	673.5	—	—
	N	5.82	1.32	1.03	1.24	—	9.41	—	—
270 N	DM	346.5	187.5	63.0	111.0	—	708.0	—	—
	N	6.73	1.60	1.30	1.60	—	11.23	—	—
收获期 Harvest									
0 N	DM	240.0	165.0	22.5	222.0	516.7	1166.2	566.2	48.6
	N	1.40	0.41	0.10	0.56	4.96	7.43	2.43	32.7
90 N	DM	277.5	172.5	33.0	285.0	729.3	1497.3	847.8	56.6
	N	2.56	0.63	0.21	0.83	8.03	12.26	4.52	37.0
180 N	DM	330.0	210.0	34.5	345.0	903.0	1822.5	1149.0	63.0
	N	4.04	0.80	0.22	1.42	10.40	16.88	7.47	44.2
270 N	DM	352.5	240.0	37.5	375.0	998.1	2 003.1	1 295.1	64.7
	N	4.98	0.95	0.26	1.71	13.83	21.73	10.5	48.3

2.4 营养体干物质和氮的表观转移以及库/源比例

从表 4 中看出,施氮量与营养体干物质和 N 的表观转移率以及库/源比例均表现出极显著的负相关(分别为 $r=-0.987$ 、 $r=-0.976$ 和 $r=-0.959$),而且干物质在全部处理中都表现出负转移,说明尚有大量的干物质留在了营养体中,这是由冬玉米所处的光温环境决定的^[11],而且施氮量越多留在营养体中的干物质越多,氮的转移量和转移率在所有处理中都表现为正值,表明低 N(0 N 和 90 N)条件下,开花后的穗发育需大量地从营养体中转运前期累积的干物质和 N 素,高氮(180 N 和 270 N)条件下由于开花后大的叶面积和叶面积持续期以及良好的光照条件,生产出的干物质较多,穗发育对营养体干物质和 N 的依赖更小,而库的大小有限,营养体中的干物质不但未能很好转移,且有所积累。库/源比随氮量提高而减小,主要是因为增施氮肥对叶面积的促进超过了穗粒数的提高,N 的转移率与库/源比呈极

显著的正相关($r=0.957$),说明营养体 N 的转移或者说营养体 N 对穗氮的供应对冬玉米提高库/源比有重要的作用。

2.5 冬玉米的氮肥生产力

从表 5 中可看出,氮肥的吸收率并未随施氮量的增加而增加,而氮肥和吸收氮的生产力均随氮肥用量的增加而降低,其中施氮量与氮肥的生产力呈极显著的负相关(与籽粒 $r=-0.995$,与总干物重 $r=-0.974$),表明增加施氮量在肥力高的土地上并不能提高对肥料氮的吸收利用,而且氮肥虽然提高单位土地面积上的生产力,但单位氮量的生产力却明显降低,主要是因为虽然生产的干物质多,但受库容的影响。

3 小结与讨论

本实验研究表明,增施氮肥可以促进叶片的生

长,延缓叶片的衰老,并增大 LAD,从而生产出的干物质更多,尤其是开花后。冬玉米产量随着施氮量的增加而显著提高。但是营养体干物质和 N 的转移、氮肥的生产力随施氮量的提高而下降,以干物

质生产来看,270 N 区生产的干物质比 180 N 区仍显著增加,但 180 N、270 N 处理已有大量的干物质未能转运到籽粒中去,说明此时限制产量提高的主要问题不是增加干物质的生产,而是如何扩大库容,

表 4 氮肥用量对营养体干物质和氮的表观转移及库/源比的影响

Table 4 The effect of N application amount on apparent translocation of dry matter(DM)and N from vegetation, sink/source ratio of winter maize

处理 Treatment	干物质转移量 ¹⁾ Transfer amount of DM(g/m ²)	干物质转移率 ²⁾ Transfer rate of DM (%)	氮转移量 Transfer amount of N(g/m ²)	氮转移率 Transfer rate of N (%)	库/源比例 Sink/Source ratio (grains m ⁻² L)
0 N	-49.9	-0.08	2.53	50.6	1 323.8
90 N	-118.5	-18.2	3.49	45.2	1 291.5
180 N	-246.0	-36.5	2.93	31.1	1 084.5
270 N	-297.0	-41.9	3.33	29.7	1023.5

¹⁾ 转移量=花丝期营养体的干物量(或氮量)-收获期营养体的干物量(或氮量); ²⁾ 转移率=转移量/花丝期营养体的干物量(或氮量); 库/源比=每 M² 叶面积承载的籽粒数。

表 5 不同施氮条件下冬玉米的氮吸收和生产力

Table 5 Uptake and productivity of winter corn for N in different N application rates

处理 Treatment	氮肥的吸收率(%) Uptake ratio of fertilizer-N	氮肥的生产力 Productivity of fertilizer-N(DMg/Ng)		吸收氮的生产力 Productivity of absorbed N(DMg/Ng)	
		籽粒 Grain	总重 Total	籽粒 Grain	总重 Total
0 N	—	—	—	69.5	157.0
90 N	53.67	23.6	36.8	59.5	122.1
180 N	52.50	21.5	36.5	53.5	108.0
270 N	52.96	17.8	31.0	45.9	92.2

使库/源比协调。

Reed 等人的研究表明,开花期还原 N 对穗的供应不是决定籽粒数的限制因子^[12]。本实验中,营养体 N 的转移量与库/源比不存在明显的相关性,但 N 转移率与库/源比的关系却极为显著,说明促进营养体中 N 的转移对提高库/源比是有益的,这是因为大量的 N 从营养体中转移导致叶中含氮量的降低,也相应减少叶面积的扩大,库/源比自然提高。

从上述分析看,在本实验的施氮范围内,270 N 区产量比 180 N 仍有显著增加,但氮肥的效益(生产力)已明显降低,因此在肥地上种植冬玉米,以每 1 hm² 施纯氮 180~270 kg 较为适宜。

本文在李存信研究员的指导下完成,表示感谢!

参考文献:

- [1] Tanaka A, Yamaguchi J, Miura S. Comparison of fertilizer nitrogen efficiency among field crops[J]. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1984, **30**(2): 199-208.
[2] 张效朴,李伟波,詹其后.吉林黑土地上肥料用量对

玉米产量及肥料利用率的影响[J]. *玉米科学*, 2000, **8**(2): 70-74.

- [3] 陈国平,尉德铭.夏玉米的高产生育模式及其控制技术[J]. *中国农业科学*, 1986, **19**(1): 33-40.
[4] 曹翠玲,李生秀.氮素对植物某些生理生化过程影响的研究进展[J]. *西北农业大学学报*, 1999, **27**(4): 96-101.
[5] 何萍,金继运,林葆.氮肥用量对春玉米叶片衰老的影响及其机理研究[J]. *中国农业科学*, 1998, **31**(3): 66-71.
[6] 吴绍驩,韩锦峰,石敬之.玉米栽培生理[M].上海:上海科学技术出版社,1980. 173-213.
[7] Bangrawe A S, Kairon M S, Singh A K. Effect of plant density, and level and proportion of nitrogen on growth, yield and yield components of winter maize (*Zea mays*) [J]. *Indian Journal of Agricultural*, 1988, **58**(11): 854-856.
[8] Osaki M. Comparison of productivity between tropical and temperate maize I: Leaf senescence and productivity in relation to nitrogen nutrition[J]. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1995, **41**(3): 439-450.
(下转第 552 页 Continue on page 552)

- [40] Blankenship SM, Unrath CR. Ethylene inhibitor, 1-MCP, delays apple softening[J]. *HortSci.*, 1998, **33**: 508(abstract only).
- [41] Song J, Tian MS, Dilley DR, *et al.* Effects of 1-MCP on apple fruit ripening and volatile production [J]. *HortSci.*, 1997, **32**: 536(abstract only).
- [42] Abdi N, McGlasson WB, Holford P, *et al.* Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene[J]. *Postharvest Biol. Technol.*, 1998, **14**: 29-39.
- [43] Jeong J, Huber DJ, Sargent SA. The potential benefits of 1-MCP for regulating the ripening and extending the storage life of avocados [J]. *HortSci.*, 1999, **34**: 538(abstract only).
- [44] Mir NA, Khan N, Beaudry RM. 1-Methylcyclopropene extends shelf life of tomato at all stages maturity[J]. *HortSci.*, 1999, **34**: 538(abstract only).
- [45] Jiang YM, Joyce DC, Macnish AJ. Response of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene [J]. *Plant Growth Regul.*, 1999, **28**: 77-82.
- [46] Porat R, Weiss B, Cohen L, *et al.* Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamouti' oranges[J]. *Postharvest Biol. Technol.*, 1999, **15**: 156-163.
- [47] Ku VVV, Wills RBH. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli[J]. *Postharvest Biol. Technol.*, 1999, **17**: 127-132.
- [48] Fan XT, Argenta L, Mattheis J. Response of 'd' Anjou and Bartlett pear fruit to postharvest 1-MCP treatment[J]. *HortSci.*, 1999, **34**: 507(abstract only).
- [49] Rupasinghe HPV, Murr DP, Paliyath G. 1-MCP-mediated ripening change in McIntosh apples [J]. *HortSci.*, 1999, **34**: 508(abstract only).
- [50] Ku VVV, Wills RBH, Ben-Yehoshua S. 1-Methylcyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene[J]. *HortSci.*, 1999, **24**: 119-120.

~~~~~  
 ( 上接第 546 页 Continue from page 546 )

- [9] 张石宝, 李树云, 李存信. 云南南亚热带地区冬玉米种植的生态生理学基础[J]. 云南植物研究, 2001, **23**(1): 109-114.
- [10] 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.
- [11] 张石宝, 李树云, 胡丽华, 等. 播种季节对玉米生长发育及干物质生产和分配的影响[J]. 云南植物研究, 2001, **23**(2): 243-250.
- [12] Reed A J, Singietary G W, Schussler J R, *et al.* Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number, and yield of maize[J]. *Crop Science*, 1988, **28**: 819-825.