

土壤水分与氮肥对玉米根系生长的影响*

李秧秧 刘文兆

(中国科学院水土保持研究所 杨陵 712100)
水利部

摘 要 利用田间小区试验研究了不同土壤水分条件下N肥对根系生长(根长、根重和根冠比)的影响。结果表明,玉米拔节期和开花期无论水分条件如何,施N肥可增加其总根长、表层根长和根重并使根冠比下降;灌浆期施N肥可增加总根长和表层根长,但正常水分条件下N肥使根重和根冠比下降,而干旱条件下N肥对根重和根冠比则无影响。不同处理根冠比大小与N吸收和分配有很大关系。

关键词 土壤水分 N肥 根系生长 玉米

Effects of soil moisture and nitrogen fertilizer on root growth of corn. LI Yang-Yang, LIU Wen-Zhao (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *CJEA*, 2001, 9(1): 13~15

Abstract The effects of soil moisture and nitrogen fertilizer on root growth (root length, weight and root/shoot ratio) of corn are studied with simulated field plot experiment. Results indicate that the application of nitrogen fertilizer makes total root length, surface (0~20cm) root length, root weight increase and root/shoot ratio decrease at the stage of shooting and flowering under both soil moistures. Although nitrogen fertilizer could increase total and surface root length under both soil moistures at the stage of grain-filling, but it decreases root weight and root/shoot ratio under watered soil, while it has no effect on root weight and root/shoot ratio under dry soil. Root/shoot ratio is closely related with N uptake and distribution.

Key words Soil moisture, Nitrogen fertilizer, Root growth, Corn

根系是作物重要吸收、合成、固定和支持器官,土壤中水分和养分主要通过作物根系被吸收,根系发育状况直接影响着作物对水分和养分的利用;另一方面由于根系生长具有“趋水性”和“趋肥性”,土壤水分和养分对根系生长又具有“可塑性”,了解土壤水分、养分和根系生长的这种互馈关系对高效利用水肥资源有十分重要的意义。关于N肥对玉米根系生长的影响已有一些报道,早期液培的分根实验和后来的一些砂培实验^[2]表明,单独施N肥并不能促进根系生长,但N与P肥混施时可促进细毛根的产生。之后一些研究表明,使用N肥可促进施肥部位根系生长,但根冠比不变^[3]。Maizlish N. A. 等^[4]进行的田间试验表明,玉米根长随施N肥量增加而增加,而Nanagara T. 等^[5]则认为玉米根长并不受施N肥量的影响。由于实验方法的差异和各种其他因素的影响,关于N肥和玉米根系生长之间的关系并无一致结论。土壤水分是影响根系对N肥反应的重要因素之一,不同土壤水分条件下N肥对根系生长的影响尚少见报道。为此,采用田间小区试验研究了玉米不同生育期土壤水分和N肥对根系生长的影响,为作物水肥管理提供科学的理论依据。

1 试验材料与方法

供试玉米品种为“陕单9号”,试验小区面积为6m²,上有遮雨棚以防止雨水落入。土壤为娄土,土壤有机质为1.44%,全N 0.17%,碱解氮86.57mg/kg, Olsen-P 10.74mg/kg,田间持水量21.95%。

试验为2因素(水分和N肥)完全设计,N肥按低N 0kg/hm²(N₀)、中N 750kg/hm²(N₁)和高N 1500kg/hm²(N₂)尿素3个水平施入表层土壤,同时均按600kg/hm²施入三料磷肥;水分处理设正常水分处理(W)和水分胁迫处理(D)2个水平。每隔10d左右打钻,测定0~60cm土壤含水量,根据土壤含水量的变化补充水分。正常水分处理每次灌水至田间持水量的80%;水分胁迫处理从出苗后开始控水,每次仅补充到田间持水量的55%。试验共6个组合处理,即正常水分条件下低N、中N和高N 3个组合处理(WN₀、WN₁、

* 国家自然科学基金重大基金和“九五”中国科学院重大项目(KZ951-A1-301)与特别支持项目(KZ95T-04-01)共同资助

收稿日期:2000-08-03 改回日期:2000-08-24

WN₂)、水分胁迫条件下低N、中N和高N3个组合处理(DN₀、DN₁、DN₂),每处理3次重复。玉米按45 kg/hm²的播量穴播,行距50cm、株距30cm,三叶期定苗。分别在播种后50d、80d和100d(相当于玉米拔节期、开花期和灌浆期)打钻取根样,钻头直径为7.6cm,每小区打2钻,打钻位置分别在玉米行中生长点和2行正中间,每隔20cm取样进行根系生长测定。测定项目包括根长、根重、根冠比及根与地上部含N量。将所取土柱样品在水中浸泡1夜后用流水冲洗,检出碎石屑等杂质并过1mm筛,用改进的网格法测其根长^[6],然后置65℃下烘干至恒重测其根重,根与地上部干物质之比即根冠比。用H₂SO₄-H₂O₂消煮,蒸馏法^[1]测定根或地上部含N量。

2 结果与分析

2.1 根长

根长是描述根系吸收水分和养分能力的重要参数之一,土壤干旱使玉米不同生育期总根长和0~20cm表土层根长明显降低,但对20~80cm土层根长影响不大(见图1),说明表土层比深土层根系生长对土壤干旱更敏感,土壤干旱明显增加了深土层根长所占比例。正常水分或干旱条件下施N肥均可显著增加总根长,由图1可知,不同处理20~80cm土层根长差异不大,0~20cm土层根长变化是造成总根长差异的主要原因,说明N肥促进表土层根的生长。Granato T. C. 等^[7]在水培玉米研究中发现N肥可促进施肥区域的根长增加,但施N肥并未影响总根长,表明施N肥增加施肥区域内根长主要是以牺牲深土层根长为代价的,而本研究并未发现施N肥引起深土层根长的减少。根系生长受多因素影响,除培养方法的差异外,还可能受其他因素的影响造成不同试验中根长对N肥反应的差异。

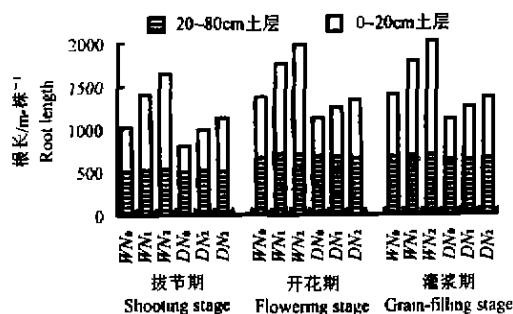


图1 土壤水分与N肥对玉米不同生育期根长的影响

Fig. 1 Effect of soil moisture and nitrogen fertilizer on corn root length

2.2 根重

土壤干旱使玉米不同生育期根重明显降低(见图2),正常水分条件下灌浆期和开花期根重相差不大,干旱使灌浆期根重明显下降,这可能与干旱导致的根死亡及灌浆期生长中心转移到地上部有关。玉米拔节期和开花期施N肥可明显增加根重,而灌浆期根重对N肥的反应与土壤水分条件有关。正常水分条件下N肥使灌浆期根重下降;而土壤干旱条件下N肥对灌浆期根重影响不大。2种施肥水平相比,促进根重增加的效应N₁大于N₂。

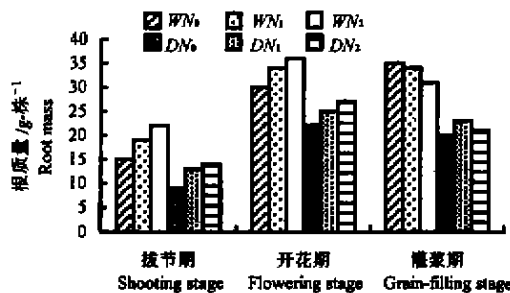


图2 土壤水分与N肥对玉米不同生育期根重的影响

Fig. 2 Effect of soil moisture and nitrogen fertilizer on corn root weight

2.3 根冠比

玉米拔节期~开花期~灌浆期根冠比逐渐下降(见图3),随生长中心向穗的转移,越来越多的干物质被转运到地上部。土壤干旱导致不同生育期的根冠比明显增加,表明干旱时用于根系生长的干物质增多,这是作物对干旱的一种适应机

制。拔节期和开花期施N肥导致根冠比明显降低,表明N肥改变了干物质在天上部和地下部的分配,使更多的光合产物用于地上部生长。灌浆期正常水分条件下N肥的效应与拔节期和开花期相同;但土壤干旱条件下N肥对根冠比影响不大。根冠比的变化与作物对N的吸收和分配有很大关系,不同处理根冠比和根冠含N量之比呈显著正相关($r = 0.8012^{**}$, $n = 18$),表明N在根和地上部之间的分配比例决定着根冠比。由表1可知玉米全生育期内无论水分条件如何,施N肥处理的根与冠含N量之比始终维持在相对稳定水平上,而不施N肥处理的则明显下降,表明施N肥处理吸收的多

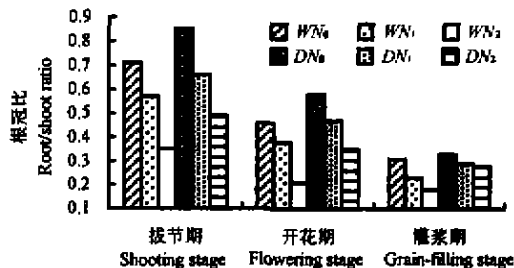


图3 土壤水分与N肥对玉米不同生育期根冠比的影响

Fig. 3 Effect of soil moisture and nitrogen fertilizer on root/shoot ratio

余 N 主要用于地上部生长,而不施 N 肥处理随生长中心向穗部转移,其地上部必将从根部夺取 N 以满足自身发育的需要,从而导致根与冠含 N 量之比下降;在拔节期和开花期施 N 肥均使根与冠含 N 量之比下降。灌浆期正常水分条件下 N 肥也有相似反应,说明施 N 肥促进了 N 向地上部的分配。灌浆期干旱条件下 N 肥对根与冠含 N 量之比影响不大,Wiesler F. 等^[8]发现营养生长期玉米对 N 的吸收主要在表层,而开花后则在亚表层。干旱造成的亚表层根系死亡或吸收能力下降可能导致根系对 N 肥反应不敏感,此外干旱可能影响灌浆期内 N 在地下部和根部的分配,土壤干旱并未造成过多的 N 分配在地下部。

表 1 土壤水分与 N 肥对不同生育期玉米苗和根含 N 量的影响

Tab. 1 Effect of soil moisture and nitrogen fertilizer on N content of corn root and seedling

处 理 Treatments	玉米根含 N 量/g·株 ⁻¹ Root N content			玉米苗含 N 量/g·株 ⁻¹ Seedling N content			玉米根含 N 量/玉米苗含 N 量 Root N/seedling N ratio		
	拔节期 Shooting	开花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling	拔节期 Shooting	开花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling	拔节期 Shooting	开花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling
WN ₀	0.34	0.52	0.65	0.48	0.85	1.24	0.71	0.61	0.52
WN ₁	0.42	0.58	0.64	1.12	1.47	1.79	0.38	0.39	0.36
WN ₂	0.53	0.63	0.82	1.73	2.25	2.84	0.31	0.28	0.29
DN ₀	0.31	0.44	0.35	0.37	0.63	0.91	0.84	0.70	0.38
DN ₁	0.40	0.47	0.48	0.85	1.15	1.34	0.47	0.41	0.36
DN ₂	0.41	0.54	0.77	1.13	1.63	1.97	0.36	0.33	0.39

3 小 结

玉米拔节期和开花期无论水分条件如何,施 N 肥可增加总根长、表层根长、根重并使根冠比下降;灌浆期正常水分和土壤干旱条件下 N 肥可增加总根长和表层根长,但正常水分条件下 N 肥使根重和根冠比下降;而干旱条件下 N 肥对根重和根冠比无影响;不同处理根冠比的大小与 N 的吸收和分配有很大关系,土壤水分和 N 肥对根与冠含 N 量之比的影响相同于对根冠比的影响,根与冠含 N 量之比决定着根冠比大小。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- 2 Duncan W. G., Ohlrogge A. J. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. I. Root development in the band. *Agron. J.*, 1958, 50: 605~608
- 3 Jager A. de. Effects of localized supply of H₂PO₄, NO₃, SO₄, Ca and K on the production and distribution of dry matter in young maize plants. *Neth. J. Agric. Sci.*, 1982, 30: 193~203
- 4 Maizlish N. A., Fritton D. D., Kendall W. A. Root morphology and early development of maize at varying levels of nitrogen. *Agron. J.*, 1980, 72: 25~31
- 5 NaNagara T., Phillips R. E., Leggett J. E. Diffusion and mass flow of nitrate-nitrogen into corn roots grown under field conditions. *Agron. J.*, 1976, 68: 67~72
- 6 Tennant D. A test of a modified line intersect method of estimation root length. *J. Ecology*, 1975, 63: 995~1001
- 7 Granato T. C., Raper C. D. Proliferation of maize roots in response to localized supply of nitrate. *J. Exp. Bot.*, 1989, 40: 263~275
- 8 Wiesler F., Horst W. J. Differences among maize cultivars in the utilization of soil nitrate and the related losses of nitrate through leaching. *Plant Soil*, 1993, 151: 193~203