植物营养与肥料学报 2000,6(4):476～480
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同供氮水平对根际微生物量氮及微生物活度的影响

庞　欣，张福锁，王敬国
(中国农业大学植物营养系,北京 100094)

Effect of different nitrogen levels on SMB-N and microbial activity

PANG Xin, ZHANG Fu-fuo, WANG Jing-guo
(*Department of Plant Nutrition, CAU, Beijing* 100094)

中图分类号:S143.1;S154.3　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2000)04-0476-05

微生物是生物圈的三大成员之一,也是土壤圈、水圈的活跃成员。微生物在有机质的矿化、腐殖质的形成和分解、植物营养的转化等诸多过程中起着不可替代的作用。尽管微生物本身仅占土壤有机质的很小部分,但它是活着的有机体和物质转化的作用者[1],并且它的转化周期比一般有机质短得多。自从 Jenkinson 提出氯仿熏蒸浸提测定微生物量氮的方法后,关于这方面的研究工作日渐增多,但定量准确测定不同氮水平对根际微生物量氮的影响工作还少见报道。微生物活度总量是土壤-植物体系中有机质转化的较好指标,因为有机质转化所需能量的 95%以上来自微生物的分解作用[2];土壤中氮的转化与微生物活度的关系尤为密切[3]。本试验采用自制根箱、氯仿熏蒸浸提测定法和改进的 FDA 法研究了夏玉米根际土壤的微生物量氮及微生物活度,并探讨它们与土壤供氮水平的关系。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验采用根箱培养方法进行。由于氮的移动性较大,因此选用聚氯乙烯材料制成具有两个隔层的较大根箱(高 30cm、宽 15cm,两隔层宽分别 4cm 和 6cm)。隔层尼龙网膜为 30μm,可允许水分和养分自由通过,但阻止根系穿过。土壤采自中国农业大学昌平试验站,经风干后过 1mm 筛。土壤基本理化性状为:有机质 0.96%;全 N 0.064%;速效 P 4.20mg/kg;速效 K 45.4mg/kg;pH($CaCl_2$)7.23。供试夏玉米品种为中原单 32 号。

试验设:1)缺氮处理(－N):不施氮肥;其它营养元素的施肥水平(mg/kg)为 P(KH_2PO_4)150、K(KCl＋KH_2PO_4)100、Mg($MgSO_4$)50、Fe(EDTA-Fe)5、Zn($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)5、Cu($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)5; 2)正常供氮处理

收稿日期:1999-06-24
基金项目:北京市自然科学基金资助项目(6951001)
作者简介:庞欣(1970—),女,山西临汾人,博士,现在中国科学院生态环境中心博士后流动站,主要从事稀土元素环境效应评价研究。

(N):施 $Ca(NO_3)_2$, N 150mg/kg;其它营养元素同 1); 3)高氮处理(+N):施 $Ca(NO_3)_2$, N 450mg/kg;其它营养元素同 1)。每一处理 9 次重复,在第 3 周、5 周和 6 周分 3 次采样。

将拌好肥料的土壤分别装入根箱,其中一室装土 1kg,另一室装土 2kg,土壤容重为 1.2kg/cm^3,要求装填平整均匀。装土后浇水至田间持水量的 70%,保持水分,培养 3 周后播种。将经饱和 $CaSO_4$ 催芽的夏玉米种子种在较小的一室内,并覆以塑料薄膜,以减少水分的蒸发。在整个生长期内,人为控制水分的供应量,保证土壤适宜含水量。根箱置于中国农业大学植物营养系的网室中,近似自然条件。

1.2　样品采集和测定

取样时,将外室土壤(不种植物的一室)倒入相应尺寸的木框内,保持土壤原形不变,切取 0～2、15～25 及 25～40mm 的土样;然后打开内室网膜,挑出内室根系和残余根,这部分土壤称之为根室土壤,每个根箱取 4 个土样。

微生物生物量氮(SMB-N)采用氯仿熏蒸浸提测定法[4];微生物活度采用改进 FAD 法[5]测定。

2　结果与分析

2.1　不同供氮水平土壤微生物量氮的动态

从图 1 可看出,-N 处理夏玉米生长的前 5 周,根室,0～2、15～25 及 25～40mm 各层土壤的微生物量氮均呈递增的趋势,说明此时表现为土壤微生物量氮的累积效应,也就是说这时微生物对氮的固持作用大于矿化。然而随着作物的生长,对土壤中氮的需求逐渐加大,土壤中原有的有效态氮已被作物大量消耗,处理 5 周后,土壤微生物量氮开始有所下降;而且根室及根际土壤的耗竭更加显著,但 15～25 以及 25～40mm 土层中的微生物量氮基本持平。N 及 +N 处理与 -N 处理的表现完全不同,在夏玉米的整个生长期中二者的土壤微生物量氮均表现为持续增加的趋势,而且根室及根际土壤增加的幅度大于非根际土壤。这是由于在这两处理的情况下,土壤可向植物提供足够的氮营养,同时随着植物的生长,根系分泌物逐渐增多,向微生物提供了较多的碳源,使微生物对氮的固持大于矿化所导致的结果。

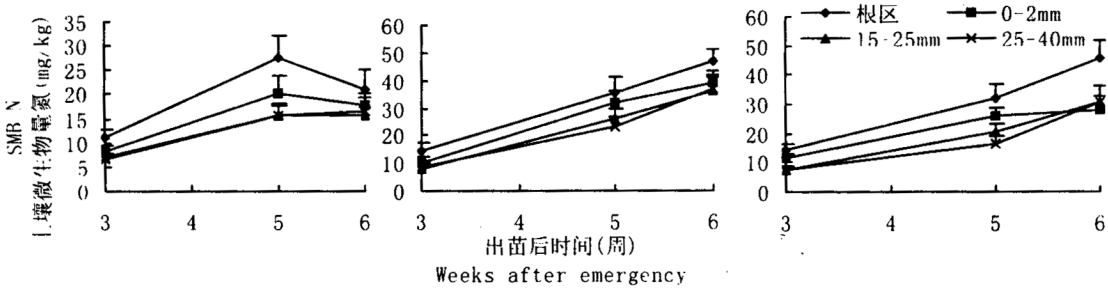

图 1　不同供氮水平各层土壤微生物量氮的动态变化

Fig.1　Changes of the dynamics of SMB-N in every soil layer on different N levels

图 1 还表明,土壤微生物量氮与土壤的供氮水平密切相关。无论是根室、根际,还是非根际土壤,在各次采样时,均表现为正常氮处理土壤微生物量氮最高,高氮处理次之,缺氮处理最低。这说明土壤含氮量高可加大微生物对氮的固持,但并非土壤中氮含量越高微生物量氮也越高。

由于植物根系分泌物可向土壤微生物提供很多的有机物质,以保证微生物完成其生活

史,因此根室及根际土壤的微生物量氮远远高于非根际土壤,15～25mm 与 25～40mm 土层土壤微生物量氮差异不显著。根际与非根际土壤间微生物量氮的差异随土壤供氮水平的增高有加大的趋势。

2.2 不同供氮水平对各层土壤微生物活度的影响

根际是受根系直接影响的土壤范围。微生物活度是由代谢物总量和其可利用的碳决定的,这些物质绝大部分是植物生长过程中产生的。在植物的整个生长期间,根系进行着活跃的代谢作用,向根外不断分泌有机物质,这些分泌物是根际微生物的重要营养和能量来源。已有报道表明,根表和根际微生物的活度和数量远远高于非根际土壤[6],本试验结果证明了这一点。由于距根越远,植物的根分泌物就越少,供给微生物的能源物质也就越少,因此微生物活度从根区向土体土壤呈明显的递减趋势(表 1)。

从表 1 还看出,土壤微生物活度与土壤微生物量氮的动态变化的趋势完全一致。根际与非根际土壤的微生物活度有着较为相似的变化规律,不论是根室、根际还是非根际土壤,N 处理的微生物活度均为最高,而且随夏玉米的生长呈逐渐上升的趋势;+N 处理土壤微生物活度比 N 处理略低,但随夏玉米生长时间的延长仍呈递增趋势;-N 处理土壤微生物活度最低,在夏玉米长到第 5 周时达到最大值,之后不断下降。因此可以说,土壤供氮水平不同,微生物活度亦不同。在有机碳源充足的情况下,供氮水平高的土壤,土壤微生物活度也高,但当碳源不足时,供氮水平高的土壤,土壤微生物活度反而有所降低。

表 1 不同供氮水平对各层土壤微生物活度的动态影响

Table 1 Effect the dynamics of microbial activity in every layer soil on different N levels

距离(mm) Distance	出苗后 3 周 3 weeks after emergency			出苗后 5 周 5 weeks after emergency			出苗后 6 周 6 weeks after emergency		
	-N	N	+N	-N	N	+N	-N	N	+N
根区	0.194A	0.395A	0.153A	0.475A	0.234A	0.238A	0.139A	0.293A	0.185A
0～2	0.175A	0.245B	0.107B	0.298B	0.190B	0.185B	0.147B	0.080B	0.072B
15～25	0.101C	0.176C	0.086C	0.214BC	0.147C	0.153C	0.039BC	0.071BC	0.058BC
25～40	0.093CD	0.147CD	0.066D	0.178D	0.138CD	0.135CD	0.029BCD	0.049CD	0.035D

注:不同字母表示达到 1% 水平。Different letter means significant at 1% levels.

3 讨论

3.1 微生物量氮在植物营养中的作用

许多研究已经证明微生物量是土壤中有机质养分的一种短暂而最有效的贮存形式,是土壤养分的源和库[7]。土壤微生物量作为土壤肥力水平的活指标,已日渐受到土壤科学工作者的关注[8],研究土壤微生物生物量对了解土壤养分转化及循环具有重要意义。土壤微生物量氮占土壤全氮的百分比与土壤微生物量碳占土壤全碳的百分比相似。在不施肥的土壤中连续栽种小麦,通过微生物量提供的氮量估计为 38kg/hm^2,相当于小麦子粒和秸秆移走的氮量,它们所含的营养对作物的生长作出了很大的贡献[9]。本研究取得了与之一致的结果,即缺氮土壤根际微生物量氮在第 5 周后呈明显下降趋势(图 1),说明在氮素亏缺条件

下,微生物的生长受到抑制,微生物被分解后释放的氮可很快被植物吸收利用。

不少文献指出,随着土壤氮素水平的提高,土壤中微生物量氮也会有所增加。在高氮土壤上,微生物总量随作物生长时间的延长而增加,但在低氮土壤上,微生物总量在作物长到一定时间后,会有所下降[10]。本研究也表明,缺氮土壤夏玉米生长的前 5 周,土体中的根际微生物量氮发生富集(图 1),而后期有所下降。这说明在植物生长的前期,土壤中的有效氮可以满足植物生长的需要,一部分无机氮通过微生物作用,固定为微生物量氮;而在植物生长后期,当土壤供氮不足时,该部分微生物量氮可再矿化为无机氮供植物吸收,所以土壤中的微生物量氮含量有所下降。这一结果支持了 Ladd 等人[11]提出的微生物量氮是土壤氮素的一个重要的暂时贮存库的观点。对于根际微生物的生长来说,与氮相比,碳是更重要的限制因子[12],土壤微生物量氮的高低主要取决于土壤 C/N 比,因为土壤 C/N 比直接影响了土壤中微生物的活度。

根际微生物量氮富集效应显著,这与微生物活度的研究结果一致(图 1)。根际微生物通过吸收土壤中的大量养分,形成近根缓效供应的养分库,而且根际微生物固持氮导致根际土壤蛋白酶和酰胺酶活性高于非根际土壤;土壤酶活性的提高,又进一步促进了根际微生物量的转化速度,使根际微生物量氮的富集更加明显。

3.2　根际土壤微生物活度的强度和动态变化

根际土壤中的微生物不仅比非根际土壤中微生物的数量多,而且在种类方面也有质的差异。这是因为在一般土壤中,可利用的碳源供应不足,多数微生物处于不活跃状态,一旦有有机底物进入土壤,它们即能积极活动并大量增殖[13]。在植物的整个生长期间,根系进行着活跃的代谢作用,向根外不断分泌无机和有机物质,这些分泌物也是根际微生物重要的营养和能量来源。本研究结果也表明,由于距根越远,植物的根分泌物就越少,供给微生物的能量物质就越少。夏玉米生长 3 周时,由于根系较小,根际效应不明显,故根际与非根际土壤微生物活度差异不显著;生长 5 周后,根际效应引起的微生物活度变化则很明显(表 1)。

土壤微生物活度的动态变化表明,作物在其生育期内一方面从土壤中吸取养分,另一方面通过根分泌物和脱落物来调节微生物活性,使土壤中的变化同根系的生育期相适应。土壤微生物活性的变化是随着作物的不同生长时期的转变而发生变化的,并在作物生长旺盛时期出现微生物活性的高峰(表 1)。可以认为这是作物通过其根系的代谢作用来调节土壤微生物活性,为自身生活创造有利的土壤环境。

参 考 文 献:

[1] Stevenson F J. Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients[M]. John Willey & Sons, New York, 1986.

[2] Heal O W, Madean S F. Comparative productivity in ecosystem-secondary productivity[A]. *In*: van Dobben W H and Melonnell P H L(eds.). Unifying concepts in ecology[M]. The Hague Holland, 1975.89-108.

[3] Liljeroth E, Schelling G C, van Veen J A. Influence of difference application rates of nitrogen to soil on rhizosphere bacteria[J]. Netherlands J. Agri. Sci., 1990, 38:255-264.

[4] Brookes P C, Powlson D S, Jenkinson D S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. Soil Biol. Biochem., 1985, 17:837-842.

[5] Schnurer J, Rosswall T. Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter[J]. Ap-

plied and Envir. Microbiol., 1982, 43:1256-1261.

[6] Whipps J M, Lynch J M. The influence of the rhizosphere on crop productivity[J]. Adv. Microbial Ecol., 1986, 9:187-244.

[7] Ritz K, Wheatley R E. Effects of water amendment on basal and substrate induced respiration rates of mineral soils[J]. Biol. Fertil. Soils, 1989, 8:242-246.

[8] Dalal R C, Henderson P A, Glasby J M. Organic matter and microbial biomass in a vertisol after 20yr of zero tillage[J]. Soil Biol. Biochem., 1991, 23:435-441.

[9] Smith J L. Cycling of nitrogen through microbial activity[M]. CRC Boca Raton, 1994. 91-120.

[10] Breland T A, Bakken L R. Microbial growth and nitrogen immobilization in the root zone of barley, Italian ryegrass and white clover[J]. Biol. Fert. Soils, 1991, 12:154-160.

[11] Ladd J N, Amato M, Zhou L K, Schultz J E. Differential effects of rotation, plant residue and nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in an Australian Alfso[J]. Soil Biol. Biochem., 1994, 26:821-831.

[12] Bottner P, Sallih Z, Billes G. Root activity and carbon metabolism in soils[J]. Biol. Fertil. Soils, 1988, 7:71-78.

[13] Dick R P. A review: Long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. Agric. Ecosyst. Environ., 1992, 40:25-36.