

玉米根际与非根际土壤中4种原生动物分布特征

孙焱鑫¹, 林启美², 赵小蓉², 邢礼军¹, 王幼珊¹

(¹北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100089; ²中国农业大学土壤和水科学系, 北京 100094)

摘要: 原生动物在土壤中是一类极其重要的生物。通过调查玉米根际和非根际土壤中4种原生动物的动态分布发现: 仅在玉米抽雄时期, 根际土壤中4种原生动物总数是非根际土壤(R/S)中的1.6倍, 而在其它生育时期没有显著的根际效应。不同的原生动物的根际效应差异很大, 肾形虫在抽雄期R/S比接近90; 变形虫在吐丝时期表现出一定的根际效应; 波豆虫在大喇叭口时期表现出比较强烈的根际效应, 但在抽雄期则表现出十分强烈的负根际效应, 根际土壤中波豆虫数量不到非根际土壤的10%; 尾滴虫在玉米整个生育时期都表现出微弱的根际效应。笔者还讨论了根际土壤原生动物分布动态变化的内在和外原因。

关键词: 原生动物; 根际; 玉米

S513 A

Distribution of Four Protozoan Genera in Rhizosphere and Non-rhizosphere Soil of Corn

SUN Yan-xin¹, LIN Qi-mei², ZHAO Xiao-rong², XING Li-jun¹, WANG You-shan¹

(¹Institute of Plant Nutrition and Resource, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100089;

²Department of Soil and Water Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract: Protozoa is one group of important organisms in soil. This study focused on the distribution features of four protozoa in corn rhizosphere and nonrhizosphere soils. The total number of the four protozoa in rhizosphere soil was about 1.6 times of that in nonrhizosphere soil at 52 days after sowing. However, there is no significant rhizosphere effect at other growing periods of corn. The four protozoa had different changing patterns in rhizosphere and nonrhizosphere soil. About 90 times more *Colpoda* were determined in rhizosphere than in nonrhizosphere at 52 days after sowing. There were more *Amoeba* in rhizosphere than in nonrhizosphere at 74 days after sowing. Much more *Bodo* were found in rhizosphere at 32 days after corn sowing. However, the number of the *Bodo* in rhizosphere soil was only 10% of that in the nonrhizosphere soil at 52 days after sowing. Rhizosphere always contains more *Cercomonas* than nonrhizosphere within the whole growing season of corn. The essentiality and influencing factors of protozoa distribution in rhizosphere soil were also discussed in this paper.

Key words: Protozoa; Rhizosphere; Corn

根际是植物根系生长发育和吸收水分及养分的区域, 由于经常不断地接受根系脱落物和分泌物, 在物理学、化学、生物学特性与非根际土壤存在着很大的差异。根际土壤重要的特征之一就是富有大量的生物, 其微生物和原生动物的数量比非根际土壤要多得多^[1,2]。根际土壤生物学特性在很大程度上取

决于植物根系分泌物的性质, 一些研究结果表明: 根际土壤微生物活性及其群落结构随植物生长发育而变化, 对根系生长发育、营养产生很大的影响^[3,4]。原生动物作为土壤生态系统中比微生物更高一级的食物链环节, 在一定程度上调节控制微生物的活性^[5], 加速有机物质的循环和转化, 同时对微生物的

收稿日期: 2002-04-05

基金项目: 北京市自然科学基金重点资助项目(6971003)

作者简介: 孙焱鑫(1970-), 男, 宁夏石嘴山人, 博士, 主要从事微生物生态、资源与环境信息技术研究。Tel: 010-51503503; E-mail: sunyanxin@sohu.com

com

群落结构也起一定的调节作用^[6]。

土壤中的原生动物主要有鞭毛虫、纤毛虫和变形虫。宁应之和沈韞芬^[7]发现中国典型地带性土壤中,常见的原生动物有波豆虫、金滴虫、无色眼虫、裸变形虫、肾形虫等。根际土壤原生动物的区系也可能随着植物生长发育而改变,但是,现今这方面的研究很少。笔者通过监测波豆虫、尾滴虫、变形虫和肾形虫 4 种主要原生动物在玉米根际土壤分布的动态变化,以期为进一步研究原生动物在根际土壤物质和能量循环转化中的作用提供数据。

1 材料与方 法

1.1 土壤

在中国农业大学 268 科学园试验田,分别于常规种植的夏玉米(农大 108)在大喇叭口、抽雄、吐丝和成熟期(播种后 32、52、74、90 d),采取根际、非根际土壤。采样时将整个植株连根一起挖出,轻轻抖动,粘附在根系上的土壤作为根际土,其余为非根际土。土样为随机采取 3 株玉米混合得到。

1.2 培养基

1.2.1 牛肉膏培养基 牛肉膏 3 g,蛋白胨 10 g, NaCl 5 g,水 1 000ml,琼脂 18 g,pH 7.0~7.2。常规灭菌后,滴加玉米根际土壤悬浮液 1 滴,28℃下培养 24 h。

1.2.2 盐水培养基 NaCl 5 g,琼脂 13 g,水 1 000 ml,pH 6.0~7.0。灭菌后在每个培养皿里放入 5 个玻璃环(内径 20 mm,高 10 mm),再将培养好的细菌涂抹在玻璃环内的琼脂表层。

1.3 原生动物计数

采用 3 级 10 倍环式稀释法^[8]。称取根际和非根际土壤 10 g,加入 90 ml 无菌水和 5 个玻璃珠,充分振荡(150~170 r/min,30 min),按照 10 倍稀释法,依次制备 10^{-2} 、 10^{-3} 和 10^{-4} 土壤悬液。分别吸取 1 ml 于盐水培养基的玻璃环中,黑暗条件下培养 4 d (26~28℃),在显微镜下观察并计数($\times 300$),共 4 个重复,原生动物数量用单位烘干土壤质量来表示。

肾形虫(Colpoda):肾形,长 50~100 μm ,宽 30~60 μm ,周身有短纤毛,游动速度快,有许多食物泡。
变形虫(Amoeba):圆筒状,无明显伪足,长 20~50 μm ,宽 10~30 μm ,在表面不定位置爆破式涌出一部分外质向前推进,有时会在身体的多个部位涌出外质,行动缓慢。
波豆虫(Bodo):卵圆型,长 5~10 μm ,宽 5~10 μm ,前端较圆,速度较慢。
尾滴虫(Cercomonas):长卵圆形或纺锤形,长 10~15 μm ,宽

7~10 μm ,运动慢。

2 结果与分析

根际土壤中的肾形虫在抽雄时期最多(图 1a),达到 80 100 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土,其他生育时期比较少,尤其是大喇叭口时期数量最少,只有 1 947 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土;而非根际土壤在玉米吐丝时肾形虫最多,为 53 469 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土,抽雄期最少,只有 897 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土。只有在玉米的抽雄时期,根际土壤肾形虫的数量是非根际土壤近 90 倍,其它时期几乎都比非根际土壤要少,特别是在吐丝时期非根际土壤肾形虫的数量比根际高 6.7 倍。

根际土壤的变形虫数量随玉米生长发育而增加(图 1b),吐丝期达到最高,为 53 469 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土,比大喇叭口时期增加了近 10 倍,但到收获时期又下降至 1 000 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土左右;非根际土壤中的变形虫数量也有相同的变化趋势,在吐丝期达到最高,达到 20 839 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土。只发现在吐丝期根际土壤变形虫的数量是非根际土壤约 2.5 倍,其它生育时期没有发现明显的根际效应。

波豆虫的数量在玉米大喇叭口时期,根际土壤达到 12 080 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土,是非根际土壤的 13.7 倍(图 1c),但在抽雄时期,根际土壤的波豆虫数量比非根际土壤要低得多,前者只有 5 073 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 土,不到后者的 10%。在吐丝和收获时期,根际与非根际土壤中原生动物的数量十分接近。

根际和非根际土壤中尾滴虫的数量都是在玉米成熟时期最多(图 1d),但根际土壤总是比非根际土壤要多,最大差异接近 4 倍。

根际与非根际相比,4 种原生动物的数量在玉米各生育时期的总数变化是不同的。在根际土中,它们的数量在玉米抽雄期最大,而在非根际土中则是在吐丝期达到最高峰。在大喇叭口时期,非根际原生动物比根际多,而在抽雄期,根际远远大于非根际,表现出较强的根际效应。而随着生育期的推移,玉米由营养生长转向生殖生长,营养成分转移主要供给地上部分,根际总数逐步下降,而非根际的数量则上升,但其总数并未超出根际许多。到了玉米成熟期后,两者都在下降,总数基本趋向一致。笔者在研究中发现,从 4 种原生动物总和来看(图 2),只有在玉米抽雄期,根际土壤是非根际土壤的 1.6 倍,而其它生育时期,根际土壤中的原生动物数量比非根际土壤要少。

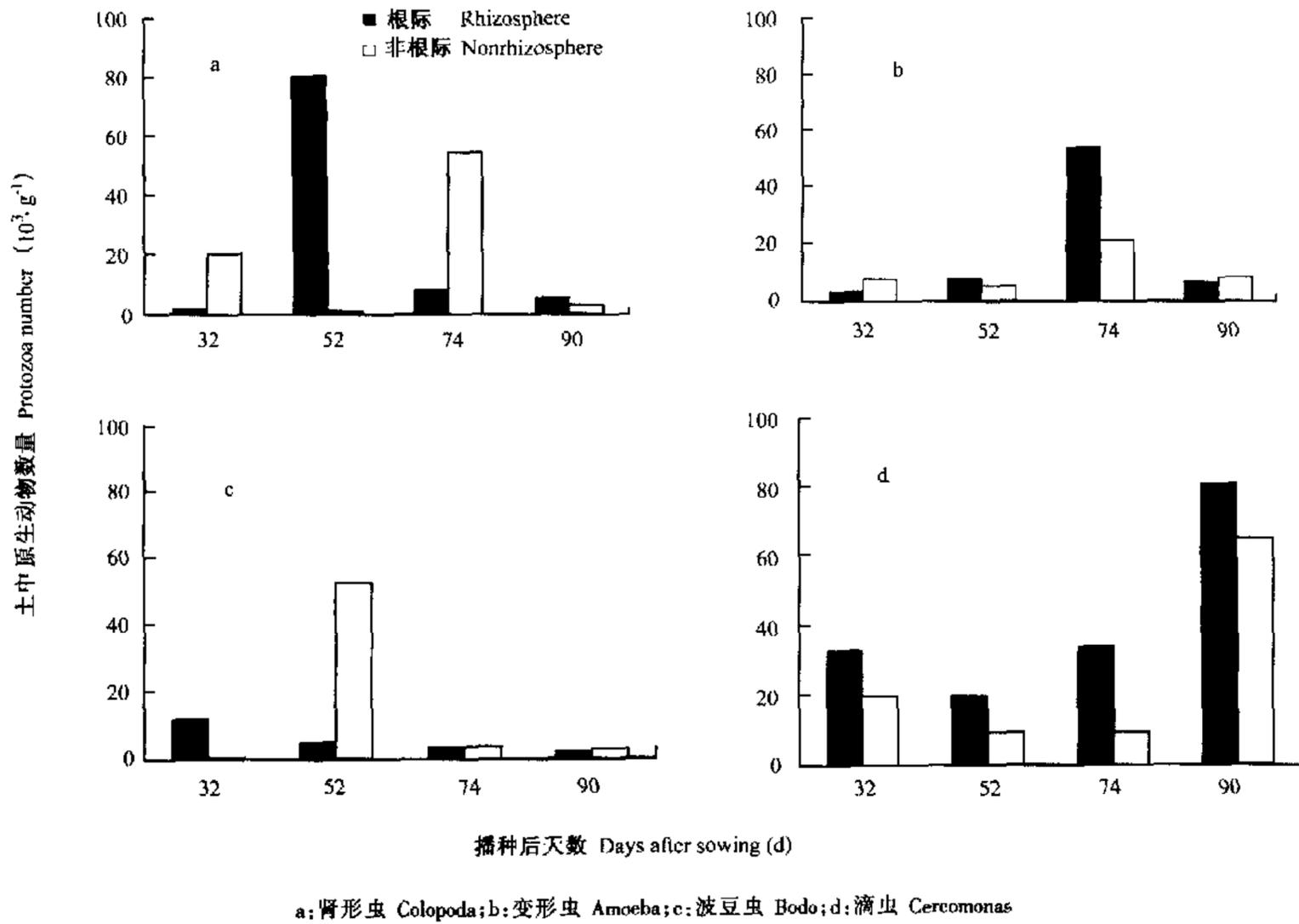


图 1 4 种原生动物在玉米不同生育时期根际与非根际的分布变化
Fig.1 The distribution of four protozoa in corn rhizosphere and nonrhizosphere soils

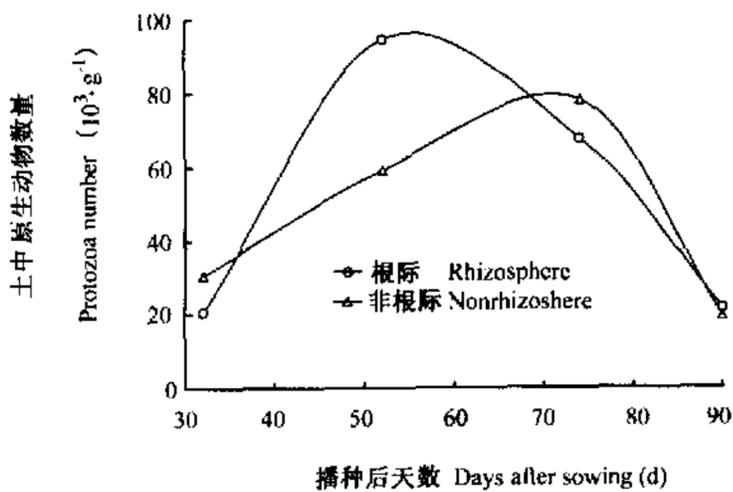


图 2 玉米根际与非根际土壤 4 个原生动物总数的变化
Fig.2 The change of total protozoa number in rhizosphere and nonrhizosphere soils during corn growth

3 讨论

原生动物是土壤中一类重要的生物,包括鞭毛虫、阿米巴虫和纤毛虫,一般耕地土壤中总数约为 $10^3 \sim 10^5$ 个 $\cdot g^{-1}$ 土^[9]。根据其取食方式可分为 3 类:自养型:含有叶绿体,少数鞭毛虫如眼虫属;腐生

型:主要是鞭毛虫;捕食型:小的藻类、酵母、菌丝、鞭毛虫和阿米巴虫都能被这类原生动物吞食,但细菌是其主要的食物来源。尽管原生动物的生物量只有细菌或真菌的 1%,但每年所捕食的细菌数量约为土壤细菌总数 80 倍^[5],原生动物的数量与细菌的数量存在一定的消长关系^[9]。

根际有丰富的碳源物质,植物地上部的光合产物约有 4% ~ 70% 进入根际^[10],这些物质是微生物良好的培养基,所以根际土壤微生物比非根际的微生物数量要多^[4]。Griffiths^[2] 发现原生动物的数量并不总表现出明显的根际效应,随植物种类和耕作措施而变化,并且不同的原生动物其根际效应差异很大,鞭毛虫为 0.9 ~ 4.8,阿米巴虫为 1.1 ~ 26.5,纤毛虫为 2.4 ~ 29.1。笔者研究发现,原生动物的根际效应随玉米生育时期和原生动物种类而变化,仅在抽雄期根际土壤 4 种原生动物的总数比非根际要高 1.6 倍,而其它生育时期根际土壤中原生动物的数量比非根际土壤要少。但是,肾形虫在抽雄期表现出非常强烈的根际效应,裸变形虫在玉米吐丝时期表现出一定的根际效应,波豆虫在大喇叭口时

期表现出比较强烈的正根际效应,但在抽雄期则表现出十分强烈的负根际效应,尾滴虫在玉米整个生育时期都表现出微弱的根际效应。肾形虫和变形虫主要捕食微生物,特别是某些假单胞细菌。波豆虫与尾滴虫为鞭毛虫,主要以植物根系的脱落物和分泌物等有机物质为食。根系分泌物可能有利于某些微生物生长繁殖。由于根系分泌物的数量和种类随植物生育时期而变化,所以,根际土壤中微生物的数量及其群落结构也将随之而变化^[11]。根际土壤肾形虫和变形虫数量的变化,可能主要与根际土壤某些细菌数量随玉米生长发育时期而变化有关,而波豆虫和尾滴虫,尤其是尾滴虫的数量,可能取决于根际土壤中有机物质的含量,确切的原因有待进一步研究。

植物根系一般仅接触不到 1% 的土体,根际土壤环境对植物吸收水分和养分显得尤为重要。不仅地上部光合作用产物很大一部分进入根际土壤,而且根系所吸收的养分也有可观的部分随之进入根际土壤。因此,加快根际土壤中物质和能量的循环转化,将有利于提高土壤养分的利用效率。许多研究结果表明:原生动物能够促进有机物质分解,加快微生物量氮和微生物量磷的周转,改善植物氮磷营养^[12,13]。但是,根际土壤原生动物种群结构的动态变化,对根际有机物质矿化和微生物量周转产生的影响,目前仍然不清楚。另外,原生动物是可运动的,尤其在土壤湿度比较高的时候,原生动物更容易迁移。原生动物的这种特性与其在根际分布的动态变化是否有关,目前还没有任何报道,值得展开深入的研究。

References

- [1] 赵小蓉,林启美,孙焱鑫,姚 军,张有山,张美庆. 小麦根际与非根际解磷菌的分布,华北农学报,2001, 16(1):111 - 115.
Zhao X R, Lin Q M, Sun Y X, Yao J, Zhang Y S, Zhang M Q. Phosphobacteria distribution in rhizosphere and nonrhizosphere soil of winter wheat. *Acta Huabei Agriculturae Boreali-Sinica*, 2001, 16 (1): 111 - 115. (in Chinese)
- [2] Griffiths B S. A comparison of microbial-feeding nematodes and protozoa in the rhizosphere of different plants. *Biology and Fertility of Soils*, 1990, 9: 83 - 88.
- [3] Paul F A, Clark F E. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego: Academic Press, Calif, 1989.
- [4] Zhao X R, Lin Q M, Li B G. Diversity of phosphate-dissolving microorganisms in corn rhizosphere. *Agricultural Sciences in China*, 2003, 2(2): 222 - 228.
- [5] 腊赛尔 E. W. 著. 谭世文译, 土壤条件与植物生长, 北京: 科学出版社, 1979.
Rushell E W. *Soil Conditions and Plant Growth*, Translated by Tang S W, Beijing: Science Press, 1979. (in Chinese)
- [6] Heikki S. Influence of body size fauna on litter decomposition and 15n uptake by poplar in a pot trial. *Soil Biology & Biochemistry*, 1996, 128(12): 1 661 - 1 675.
- [7] 宁应之, 沈银芬. 中国典型地带土壤原生动物: I. 区系特征和物种分布. 动物学报, 1998, 44(1): 5 - 10.
Ning Y Z, Shen Y F. Protozoa in the typical soils of China I. Community character and biodiversity. *Acta Animal of China*, 1998, 44 (1): 5 - 10. (in Chinese)
- [8] 尹文英. 中国亚热带土壤动物. 北京: 科学出版社, 1992, 83 - 87.
Yin W Y. *Subtropical Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 1992: 83 - 87.
- [9] Ingham E R, Trofymow J A, Ames R N, Hunt H W, Morley C R, Morre J C, Coleman D C. Trophic interactions and nitrogen cycling in a semi-arid grassland soil, I seasonal dynamics of the natural populations, their interactions and effects on nitrogen cycling. *Journal of Applied Ecology*, 1986, 23: 597 - 614.
- [10] Liljeroth E, Van Veen J A, Miller H J. Carbon translocation to the rhizosphere of maize and wheat and influence on the turnover of native soil organic matter at different soil nitrogen levels. *Plant and Soil*, 1994, 161: 233 - 240.
- [11] Paul N B, Sundara Rao W V B. Phosphate-dissolving bacteria in the rhizosphere of some cultivated legumes. *Plant and Soil*, 1971, 35: 127 - 132.
- [12] Ritz K, Griffiths B S. Effects of carbon and nitrate additions to soil upon leaching of nitrate, microbial predators and nitrogen uptake by plants. *Plant and Soil*, 1987, 102: 229 - 237.
- [13] Darbyshire J F, Davidson M S, Chapman S J, Ritchie S. Excretion of nitrogen and phosphorus by the soil ciliate *Colpoda steinii* when fed the soil bacterium *Arthrobacter* sp. *Soil Biology & Biochemistry*, 1994, 26(9): 1 193 - 1 199.

(责任编辑 王红艳)