

麦棉套作 Bt 棉花根系分泌物对土壤速效养分及微生物的影响

孙 磊, 陈兵林, 周治国*

(南京农业大学 农业部作物生长调控重点开放试验室, 江苏南京 210095)

摘 要:在砂培条件下,设置改良 3:1 式麦棉套作试验,采用 1/2 Hoagland-Aron 营养液培养棉苗,溶液法收集根系分泌物。以中性去离子水为对照,将收集到的棉花根系分泌物与不同粒径的土壤混合培养 15 d 后,测定棉花根系分泌物对不同粒径土壤速效养分(速效氮、速效钾、速效磷)含量和土壤酶活性的影响。同时在大田条件下,研究改良 3:1 式麦棉套作系统中套种行土壤养分、微生物数量和土壤酶活性的变化。结果表明:棉花根系分泌物促进了土壤中磷、钾向有效态的转化,土壤速效氮(硝态氮、铵态氮)含量下降,速效磷、钾的含量分别比对照提高了 19.2% 和 34.0%,土壤酶活性比对照提高了 12.2%。细菌和真菌的数量比对照高 49.8% 和 52.9%,土壤蔗糖酶活性升高。

关键词:麦棉套作系统;棉花;根系分泌物;土壤养分;微生物数量

文章编号:S562.048 **中图分类号:**A

文献标识码:1002-7807(2007)01-0018-05

Effects of Root Exudates on Available Soil Nutrition, Micro-organism Quantity of Bt Cotton in Wheat-cotton Intercropping System

SUN Lei, CHEN Bing-lin, ZHOU Zhi-guo

(Nanjing Agricultural university, Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to determine effect of cotton root exudates on soil active-action nutrition and microbe, an experiment which comprised of several similar parts was carried out in Key Laboratory of Crop Growth Regulation. Under sand culture condition, cotton and wheat seedlings were planted in the form of the improved 3:1 wheat-cotton intercropping system. Two weeks later, after root was washed carefully by DI (de-ions), twenty cotton seedlings was transplanted in plastic box (1 L) contained 400mL DI (pH = 7), then transferred to outdoor from am 10:00 to pm 3:00 under sunshine for 3 days. The solution in plastic box was collected and filtrated, concentrated under vacuum at 35°C considered as root exudates. The collected cotton root exudates with different particle radialis soil and cultured 15 days in a phytotron (temperature 25°C). Using neutral DI (de-ions) water as CK, effects of cotton root exudates on soil quick-acting nutrients contents (quick-acting nitrogen, phosphorus and potassium) and soil enzyme activity was studied. At the same time, under field condition, changes of soil nutrition, microbe quantity and soil enzyme activity in the improved 3:1 wheat-cotton intercropping system was studied, too. The results showed that: 1) Cotton root exudates promoted soil phosphorus and potassium to the conversion of quick-acting. The contents of quick-acting nitrogen (NH_4^+ -N, NO_3^- -N) indicated descent, however, quick-acting phosphorus and potassium ascent, with putting cotton root exudates in soil. Soil enzyme activity increased in cotton root exudates soil. 2) The con-

收稿日期:200602-12 **作者简介:**孙 磊(1981-),男,在读研究生 *通讯作者 giscott@njau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30170545 和 30370831)

tents of quick-acting phosphorus and potassium, microorganism quantity and soil invertase activity ascended with cotton root exudates.

Key words: wheat-cotton intercropping system, cotton, root exudates, soil nutrition, microbe quantity

植物根系具有旺盛的代谢活动,并不断的向根际土壤分泌大量的有机物质(即根系分泌物)^[1],其组成复杂,主要包括粘胶、有机酸、糖、酚、外酶及多种氨基酸。根系分泌物通过改变植物根际的 pH 值、氧化还原状况,或者通过螯合和还原作用将土壤中难溶的矿质转化为可被植物吸收利用的状态,间接或直接地影响土壤养分的有效性^[2-4,17-19]。

据前人对小麦及豆科植物的研究发现,其根系分泌的有机酸类如柠檬酸、草酸、苹果酸和酒石酸等能活化土壤中矿质态磷^[5],对钾具有相似的活化能力^[6],从而促进土壤中磷、钾的有效化。根系分泌物中所包含的碳水化合及生长调节物质刺激根际微生物的活性进而影响根际养分^[7]。就棉花根系分泌物主要集中在对枯、黄萎病影响的研究,鲜有对土壤养分影响的报道。

本研究通过在砂培条件下设置麦棉改良 3:1 式套作试验,收集麦棉共生期棉花的根系分泌物,人工气候箱中模拟棉田状况,研究棉花根系分泌物对土壤中速效养分含量和土壤酶活性的影响,旨在为采用调控措施改善麦棉套作共生期棉花根际微生态效应,促进棉花生长提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试小麦品种为豫麦 34,棉花品种美棉 33B,种子播前均冲洗后在 3% 的 H₂O₂ 浸泡灭菌。按照麦棉改良 3:1 式种植方式将小麦播种于粒径 0.1~0.2 mm 的石英砂中,小麦 7 叶期时播种棉花,用 1/2 Hoagland-Aron 营养液培养,调节 pH 至 6.5,每 5 天更换一次培养液。

1.2 试验方法

1.2.1 棉花根系分泌物的收集。当棉花长到 3 叶 1 心时,取生长一致棉花移栽于塑料水培箱(规格:长 35 cm×宽 20 cm×高 10 cm),放置于 PQX 人工气候箱中培养(昼长 13 h,昼温 26℃,光照 22000 lx,相对湿度 75%;夜长 11 h,夜温 20℃,相对湿度 60%),水培溶液采用 pH 6.5 的 1/2 Hoagland-Aron 营养液,每天通气 6 h。5 d 后取 20 株棉花,将根系用去离子水冲洗干净,置于 1 L

的塑料烧杯中,每杯加入 pH 7.0 的去离子水 400 mL,对根系进行遮光,每天 Am10:00-Pm3:00 对棉花进行照光(自然光),照光结束后迅速过滤收集物并于低温下保存。将棉花放回原水培箱,间隔 1 d 后继续收集,连续 3 次。

将多次的收集液混合,减压条件下 35℃ 浓缩至原体积的 1/25,-20℃ 下保存。原收集液每 20 mL 含有 1 株棉花 5 h 水培条件下的根系分泌量,浓缩后 0.8 mL 收集液即为单株 5 h 的根系分泌量。雷磁 Phsj-4a 测定浓缩后根系分泌物的 pH=6.5。

1.2.2 棉花根系分泌物处理。试验一。取田间土壤研磨后过 80 目筛,混匀后作为供试土样置于 φ6 cm 的铝盒中,每盒装土 50 g。以中性去离子水为对照(12 mL,用 CK 表示),用等量的棉花根系分泌物处理土壤(用 CL 表示),在 RQZ-3000 型人工气候箱中 25℃ 培养。加入棉花根系分泌物前使用超声波清洗器将收集物混合均匀,将上述溶液均匀点滴入铝盒中。各处理重复 6 次。每天对处理和对照称重,并用中性去离子水补足水分缺失,培养 15 d 后取土壤供测定用。

试验二。取田间土壤研磨后过 16 目筛,混匀后作为供试土样,以中性去离子水为对照(12 mL,用 CK 表示),设置 2 个棉花根系分泌物处理:12 mL 根系分泌物(用 CL1 表示);6 mL pH 6.5 去离子水+6 mL 根系分泌物(用 CL2 表示)。使用超声波清洗器将收集物混合均匀,重复 6 次, RQZ-3000 型人工气候箱中 25℃ 培养。每天对处理和对照称重,用中性去离子水补足水分缺失,培养 15 d 后取土壤供测定用。

试验三。试验采用池栽方法,4 带区,麦棉两熟种植方式为改良 3:1 式,以单作麦为对照,各处理重复 3 次,随机区组排列。棉花供试材料为美棉 33B,在麦棉共生末期采集套种行土壤供测定用。

1.3 测定内容及方法

蒸馏法测定土壤氨态氮含量,紫外分光光度法测定硝态氮含量,两者之和为速效氮的含量^[8]。中性乙酸铵浸提,火焰光度法测定速效 K 含量,0.5 mol·L⁻¹ 碳酸氢钠浸提,钼锑抗比色法测定速效磷含量^[9],比色法测定土壤中蔗糖酶的活性^[10]。平

板计数法测定真菌、细菌和放线菌数量^[11]。

2 结果与分析

2.1 棉花根系分泌物对土壤养分含量的影响

2.1.1 速效氮(氨态氮、硝态氮)含量。从图1看出,在麦棉套作条件下,棉花根系分泌物对土壤中速效氮的影响在试验一和试验二中表现出相同的趋势,在土壤中加入棉花根系分泌物培养15 d后,

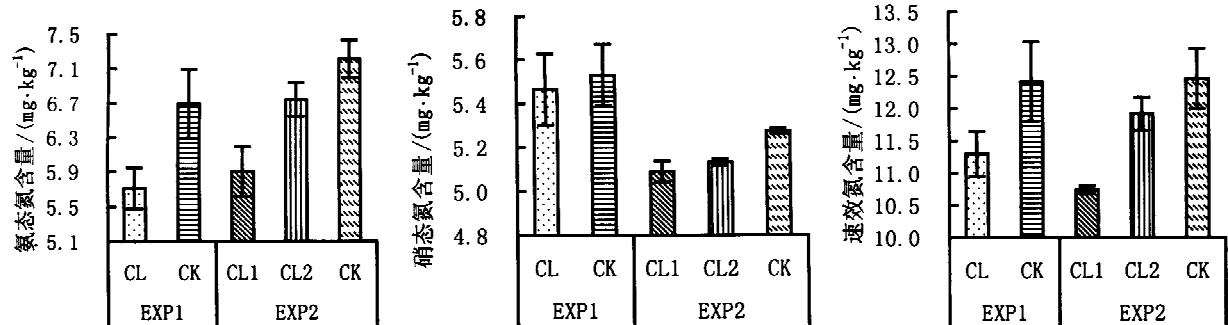


图1 棉花根系分泌物对土壤氨态氮、硝态氮和速效氮含量的影响(EXP1,EXP2)

Fig. 1 Effect of cotton root exudates on $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and available nitrogen content of soil(EXP1,EXP2)

2.1.2 速效磷、速效钾含量。从图2看出,棉花根系分泌物对土壤速效磷、速效钾的影响在试验一和试验二中表现出同样的趋势,速效钾和速效磷含量均随棉花根系分泌物处理浓度的增大而升高。在试验一中,CL处理的土壤速效磷、速效钾含量较CK分别增加19.2%、34.0%。在试验二

土壤速效氮含量低于CK;随着根系分泌物浓度的升高,土壤中速效氮的含量呈下降的趋势。CL处理的土壤氨态氮含量较CK降低14.7%,硝态氮含量与CK差异较小,速效氮含量较CK下降8.9%。CL1、CL2处理的土壤氨态氮含量分别较CK降低18.1%、6.5%,硝态氮含量均稍低于CK,速效氮含量分别较CK降低11.8%、5.5%。

中,CL1、CL2处理的土壤速效磷含量与CK差异较小,速效钾含量CL1较CK增加9.5%,CL2与CK差异较小。利用棉花根系分泌物处理土壤后,土壤速效钾的增加量并没有与加入根系分泌物的量成比例关系。

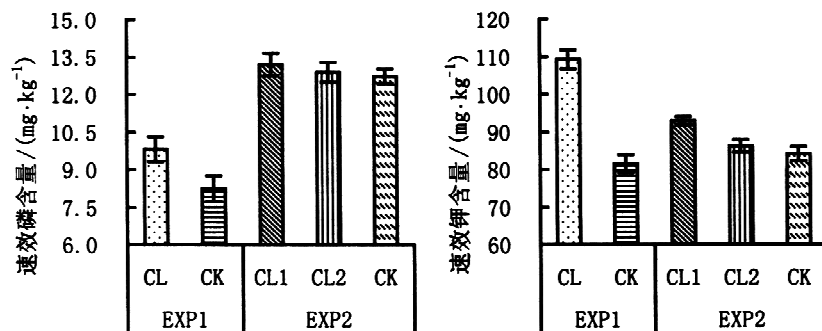


图2 棉花根系分泌物对土壤速效磷和速效钾含量的影响(EXP1,EXP2)

Fig. 2 Effect of cotton root exudates on available phosphorus and potassium content of soil(EXP1,EXP2)

2.2 棉花根系分泌物对土壤蔗糖酶活性的影响

从图3看出,棉花根系分泌物对土壤蔗糖酶活性的影响在试验一和试验二中表现出同样的趋势,棉花根系分泌物处理土壤的蔗糖酶活性均高于CK,而且土壤蔗糖酶活性随棉花根系分泌物处理浓度的升高而增加。在试验一中,CL处理的土壤蔗糖酶活性较CK略高。在试验二中,CL1、CL2处理的土壤蔗糖酶活性分别较CK增加12.2%、9.6%,虽然CL1的处理浓度为CL2的2

倍,但CL1处理的土壤蔗糖酶活性仅稍高于CL2。

2.3 大田条件下棉花根系分泌物对土壤养分、土壤酶活性和土壤微生物数量的影响

从表1看出,套作棉套种行土壤的速效氮含量显著低于CK,速效磷含量与CK差异较小,速效钾含量显著高于CK。套作棉套种行土壤的蔗糖酶活性显著高于CK,土壤中细菌和真菌的数量也如此,分别较CK高49.8%和52.9%,放线菌数量则显著低于CK,但套作棉土壤中微生物

的总量高于 CK。

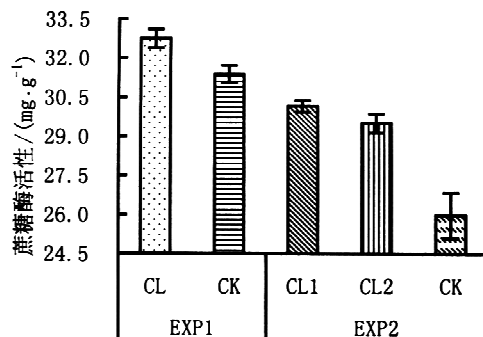


图 3 棉花根系分泌物对土壤蔗糖酶活性的影响(EXP1,EXP2)

Fig. 3 Effect of cotton root exudates on sucrase activity of soil(EXP1,EXP2)

表 1 棉花根系分泌物对土壤养分含量、蔗糖酶活性和土壤微生物数量的影响(EXP3)

Table 1 Effect of cotton root exudates on nutrition content, sucrase activity and microbe population of soil(EXP3)

处理	速效氮 /(mg · kg ⁻¹)	速效磷 /(mg · kg ⁻¹)	速效钾 /(mg · kg ⁻¹)	蔗糖酶活性 /(mg · kg ⁻¹)	细菌 (×10 ⁹)	微生物群体 真菌(×10 ⁵)	放线菌 (×10 ⁶)
套作棉	46.89aA	14.43aA	76.60aA	80.32aA	4.24aA	5.23aA	1.13aA
CK	65.22bB	14.26aA	68.77bB	60.18bB	2.83bB	3.42bB	3.44bB

3 结论与讨论

麦棉共生期棉花根系分泌物对不同粒径的土壤在速效磷、钾含量及蔗糖酶活性的影响表现出相同的趋势。棉花根系分泌物促进磷、钾向速效态转化,且随根系分泌物的浓度升高速效磷和速效钾的含量和蔗糖酶活性呈上升的趋势。蔗糖酶活性上升说明了棉花根系分泌物促进了土壤微生物的增殖,同时微生物代谢活动增加了对氮素的需求,因而降低了土壤中硝态氮、氨态氮的含量。大田条件下棉花根系分泌物提高了套种行土壤速效磷、速效钾的含量,增加了微生物总的数量,同时土壤蔗糖酶的活性上升。

据前人研究表明棉花对有效氮和有效磷吸收的影响范围分别为距根 10 mm 和 3 mm 左右^[12],这一区域是根系分泌和吸收活跃的区域,结合以上试验结果可以明确棉花根系分泌物改善了根际有效养分含量,对提高棉苗素质有着积极作用。棉花根系分泌物虽然提高了土壤速效磷、钾的含量,但幅度有限,因此在套作棉苗期的管理应加强磷、钾肥的施用或者选择磷、钾高效高潜品种应用于套作生产,同时合理使用氮肥避免微生物与植物竞争氮源。

本试验从整体上研究了棉花根系分泌物对土壤中氮、磷、钾元素速效态含量的综合作用,并评

价了棉花根系分泌物对土壤养分的影响,由于根系分泌物组成复杂,对棉花根系分泌物的主要组成、含量有待分析。应用 2% 铁氰化钾溶液与根系分泌物混合显浅蓝色,说明棉花分泌物中有酚类存在,根系分泌物中酚类具有刺激微生物生长的能力^[7],因此棉花分泌的酚类对微生物的影响是今后研究根系分泌物对土壤养分活化作用中的重要部分。棉花根系分泌物 pH 值较低说明可能存在有机酸类物质,据报道,有机酸对土壤磷、钾活化有促进作用,且不同种类有机酸对磷、钾的活化效果不同^[13-16],因此棉花分泌物中何种有机酸的含量高及其对土壤养分的活化能力尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] LYNCH J M, Whipps J M. Substrate flow in the rhizosphere[M]. Plant and Soil, 1990, 129:1-10.
- [2] NARDI S, Concheri G, Pizzeghello D, et al. Soil organic matter mobilization by root exudates[J]. Chemosphere, 2000, 41: 653-658.
- [3] NARDI S, Reniero F, Concheir G. Soil organic matter mobilization by root exudates of three maize hybrids[J]. Chemosphere, 1997, 35(10):2237-2244.
- [4] MARSCHENER H. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition[J]. Field Crops Research, 1998, 56:203-207.

- [5] 裴艳丽, 郑毅, 林克惠. 根分泌物对土壤中磷活化的影响[J]. 云南农业大学学报, 2002, 17(3): 281-286.
- [6] 李廷轩, 马国瑞, 王昌全, 等. 子粒苋根际土壤及根系分泌物对矿物态钾的活化作用[J]. 土壤通报, 2003, 34(1): 48-51.
- [7] JONES D. Organic acids in the rhizosphere—a critical review[J]. *Plant and Soil*, 1998, 205: 25-44.
- [8] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [9] 中国科学院土壤研究所. 土壤理化分析[M], 上海: 科技出版社, 1978.
- [10] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1983.
- [11] 赵斌, 何绍江. 微生物学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [12] 郭朝晖, 黄子蔚. 棉花氮磷营养的根际效应[J]. 土壤, 1999, 6: 309-311.
- [13] GEORGE T S, Gregory P J, Wood M. Phosphatase activity and organic acids in the rhizosphere of potential agroforestry species and maize[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, 34: 1487-1494.
- [14] GRAYSTON S J, Vaughan D, Jones D. Rhizosphere carbon flow in trees, in comparison with annual plants the importance of root exudation and its impact on microbial activity and availability[J]. *Applied Soil Ecology*, 1996, 5: 29-56.
- [15] CHEN Y L, Guo Y Q, Han S J, et al. Effect of root derived organic acids on the activation of nutrients in the rhizosphere soil[J]. *Journal of Forestry Research*, 2002, 13(2): 115-118.
- [16] 陆文龙, 王敬国, 曹一平, 等. 低分子量有机酸对土壤磷释放动力学的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(4): 493-501.
- [17] 雒珺瑜, 崔金杰, 李树红, 等. 不同棉花品种对土壤微生物的影响[J]. 中国棉花, 2005, 32(9): 10.
- [18] 曹享云, 刘武定. 硼对棉花不同品种根系吸收活力、根系分泌物和伤流液组分的影响. 棉花学报, 2001, 13(3): 142-145 12.
- [19] 孙磊, 陈兵林, 周治国. 春棉套作系统中小麦根区化感物质对棉苗生长的影响[J]. 棉花学报, 2006, 18(4): 213-217. ●