

不同栽培模式下玉米根系对土壤微生物区系的影响

林雁冰^a, 薛泉宏^b, 颜霞^a

(西北农林科技大学 a. 生命科学学院, b. 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**探索玉米根系代谢活动对土壤微生物生态的影响。**【方法】**2003和2004年,采用定位试验法,研究了西北干旱半干旱地区不同栽培模式(常规、补灌、覆膜、覆草、休闲地(对照))对玉米根区(R)和根外(B)土壤细菌、真菌及放线菌数量的影响。**【结果】**①覆盖处理能强化玉米根区、根外细菌及真菌的数量差异,提高玉米根区与根外土壤微生物数量比值(R/B)。细菌和真菌的平均R/B分别为常规处理的2.26和2.28倍,但覆盖处理对根区和根外放线菌数量影响不大;②玉米生长活动及根系代谢产物对土壤细菌、真菌和放线菌数量的增加有促进作用。种植玉米后,土壤细菌、真菌和放线菌数量均高于休闲地。③根系的代谢活动能够降低土壤中细菌与真菌、放线菌与真菌数量的比值,提高细菌与放线菌数量的比值,覆盖模式下降低或提高作用得到加强。但补灌处理与之相反。**【结论】**覆盖和根系均能大幅度增加根区细菌、真菌和放线菌的数量,强化玉米根区根外细菌和真菌数量的差异。玉米根系的活动能改变土壤中细菌、真菌和放线菌的组成比例。

【关键词】 栽培模式;土壤微生物区系;玉米;根系;旱作农业

【中图分类号】 S154.36

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)12-0101-07

Effects of the maize root on soil microbial flora under different cultivation patterns

LIN Yan-bing^a, XUE Quan-hong^b, YAN Xia^a

(a. College of Life Sciences, b. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The experiment studied the effect of maize root on soil microbial flora under different cultivation models. **【Method】** The effects of different cultivation patterns on the quantity of soil bacteria, fungi and actinomycetes of maize rhizosphere and bulk soil were studied by using the orientation mensuration method in the arid and semiarid area in the northwest. **【Result】** Results of orientation mensuration of two successive years showed that: ① The mulching enhanced the difference in the number bacteria and fungi in rhizosphere and bulk soil, and increased the R/B of number of edaphon in rhizosphere and bulk soil. The average R/B of bacteria and fungi respectively were 2.26 and 2.28 times of conventional. But the influence of mulching was not strong on the number of actinomycetes. ② The growth and metabolism of maize root increased the number of soil bacteria, fungi and actinomycetes. After culturing maize, the number of soil bacteria, fungi and actinomycetes were more than that in fallow field. ③ Ratios of the number of bacteria to fungi and the number of actinomycetes to fungi were reduced by maize root metabolizing. Mulching enhanced the effect of reducing and increasing. But it was contrary under the supplemental irrigation. **【Conclusion】** Mulching and maize root increased obviously the number of bacteria, fungi and actinomycetes in

* [收稿日期] 2008-01-09

[基金项目] 国家自然科学基金重点项目“西北旱地优质高产高效栽培的生理生态基础”(30230230)

[作者简介] 林雁冰(1976—),女,吉林白山人,讲师,博士,主要从事微生物生态与资源研究。

[通讯作者] 薛泉宏(1957—),男,陕西白水人,教授,博士生导师,主要从事微生物资源与应用研究。

E-mail: xueqhong@public.xa.sn.cn

maize rhizosphere and enhanced the difference in the number of bacteria and fungi in maize rhizosphere and bulk soil. The metabolizing of maize root changed the ratio of bacteria, fungi and actinomycetes.

Key words: cultivation model;soil microbial flora;maize;root;dry farming

作物根系密集分布区(本文简称“根区”,R)是植物、微生物和土壤相互影响最强烈的区域^[1]。覆盖措施在影响作物生长的同时,也影响根系生理活性和分泌物数量,并通过根区微生物影响土壤养分转化,进一步影响作物生长。玉米是我国北方两大主产作物之一,研究不同覆盖条件下玉米根系对微生物的影响,对阐明覆盖处理的生理生态效应有重要意义。大量研究证明,地膜、秸秆覆盖具有保水增温和增产作用^[2-5]。此外,对覆盖引起的土壤微生物数量变化也进行了大量研究^[6-13]。北方旱区普遍采用的覆盖地膜、覆草技术都有显著的保水作用,其中覆盖地膜兼有增温的作用;玉米生长高峰期补灌也是常用的措施。这些技术均能显著提高北方缺水地区玉米的产量^[14-16]。采用这些技术会改变玉米根区、根外(B)土壤水分、温度和通气性,必然会对土壤微生物的数量和种类产生直接影响^[7];此外,这些措施还可通过促进玉米生长、增加根系分泌物的数量及水分消耗,对土壤微生物产生间接影响^[8-9,13]。有关地膜覆盖、覆草及补灌对玉米的增产作用,已有大量研究,但有关这些措施对玉米根区、根外土壤微

生物数量及区系的影响研究还不多^[6,8,10-11]。有关西北黄土旱作农业区玉米覆盖处理产生的土壤微生物生态变化,及根系对土壤微生物生态影响的研究很少,难以对其产生的微生态效应做出评价,而这种评价对玉米持续高产技术体系的建立非常必要。本试验以常规栽培及补灌为对照,研究了覆盖地膜和覆草条件下,玉米根系对土壤微生物数量的影响,旨在探索西部旱作农业区不同覆盖条件下,玉米根系代谢活动对土壤微生物生态的影响。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 试验地概况 试验地位于陕西杨凌西北农林科技大学农作一站。该试验站位于黄土高原南部,海拔 520 m 左右,年均气温 12.9 ℃,年均降水量 632 mm 左右,降水主要集中在 7~9 月,年均蒸发量 1 400 mm,属半湿润易干旱地区。

1.1.2 供试土壤样品 土样,采自西北农林科技大学农作一站国家自然科学基金重点项目(30230230)定位实验田,土壤的养分性质见表 1。

表 1 供试玉米根区和根外土壤的养分性质

Table 1 Nutrient properties of the tested soil samples in the maize rhizosphere and bulk soil

年份 Year	处理 Treatment	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter		全氮/(g·kg ⁻¹) Total N		全磷/(g·kg ⁻¹) Total P		pH		土壤水分含量/ (mg·kg ⁻¹) Soil water content	
		根区 R	根外 B	根区 R	根外 B	根区 R	根外 B	根区 R	根外 B	根区 R	根外 B
2003	常规 Con	14.47	14.03	1.38	1.29	1.88	2.01	8.42	8.43	178.0	181.0
	补灌 SI	14.24	12.79	1.12	1.14	1.83	1.96	8.51	8.44	182.0	190.0
	覆膜 PFM	14.31	11.88	1.45	1.33	1.76	1.84	8.25	8.42	181.0	190.0
	覆草 SM	15.67	13.32	1.27	1.11	1.88	1.67	8.50	8.40	198.0	208.0
	休闲 Fallow	—	12.42	—	1.18	—	1.67	—	8.50	—	163.0
2004	常规 Con	15.34	15.83	1.42	1.22	1.99	2.01	8.31	8.30	159.0	159.0
	补灌 SI	15.34	15.83	1.08	1.06	2.33	2.07	8.31	8.30	157.0	160.0
	覆膜 PFM	14.34	17.00	1.26	1.37	1.55	1.67	8.38	8.24	162.0	175.0
	覆草 SM	14.03	15.87	1.19	1.08	1.59	1.53	8.39	8.26	171.0	163.0
	休闲 Fallow	—	14.02	—	1.09	—	1.52	—	8.16	—	157.0

1.1.3 培养基 细菌、真菌和放线菌的分离测数,分别用牛肉膏蛋白胨琼脂^[17]、PDA^[17]、高氏 1 号琼脂^[17]及腐殖酸钠琼脂培养基^[18]。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计与管理 试验设 4 个处理:常规(Conventional,Con). 裸地无灌溉,当地农民常用的方式;补灌(Supplemental irrigation,SI). 2003 和 2004 年 8 月中旬灌水 45 mm;覆草(Straw mulch,

SM). 出苗后行间覆盖麦秸,用量 300 kg/hm²;覆膜(Plastic file mulch,PFM). 出苗后玉米行间覆盖地膜。此外,设 1 个休闲对照处理(未种植玉米)。每处理 4 次重复。供试地种植玉米陕单 902,于 2003-06 和 2004-06 播种,采用穴播,每穴 4 粒,小区面积 18 m²,每区 8 行,每行 13 株玉米。

1.2.2 土样采集 试验土样分别于 2003 年和 2004 年 8 月下旬(玉米抽雄期)连续两年在定位小

区采集,采样时,先除去薄层表面土,取 0~20 cm 耕层土壤,每处理选 3 个有代表性的采样点。根区土(Rhizosphere soil,RS)为玉米根系上附着的土壤,受玉米根系生理活动和分泌物影响大;根外土(Bulk soil,BS)为玉米行间土壤,受玉米根系的直接影响小。利用鲜土测定土壤细菌及真菌数量,风干土样测定土样中放线菌数量及土样养分含量。

1.2.3 微生物数量的测定 采用稀释平板涂布法测定细菌、真菌及放线菌数量^[17]。

1.2.4 土壤养分含量的测定 土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法测定^[19];pHS-3CT 酸度计测定土壤 pH 值;土壤全氮含量测定采用凯氏定氮法^[19];全磷含量测定采用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法^[19]。

1.2.5 土壤水分含量的测定 采用烘干称重法^[19]测定。

2 结果与分析

2.1 不同栽培模式下玉米根系对土壤微生物数量的影响

2.1.1 细菌 R/B 表示根区与根外土壤微生物数量的比值。从表 2 可以看出,2004 年各处理细菌的值为 1.13~2.65,表明玉米根系对根区土壤细菌的促进效应随条件而异。其中常规处理的 R/B 为

表 2 不同栽培模式下玉米根区与根外的土壤细菌数量

Table 2 Number of soil bacteria in the maize rhizosphere and bulk soil under different cultivation models ×10⁶CFU · g⁻¹

年份 Year	位置 Size	常规 Con	补灌 SI	覆盖 Mulching			平均 Average	休闲 Fallow
				覆膜 PFM	覆草 SM	平均 Average		
2003	根区 R	4.95	6.84	13.35	8.34	10.85	8.37	12.59
	根外 B	5.15	9.36	13.81	10.45	12.13	9.69	
	R/B	0.96	0.73	0.97	0.80	0.89	0.86	
2004	根区 R	19.92	11.45	39.46	22.57	31.02	23.35	11.86
	根外 B	14.06	10.09	14.91	12.13	13.52	12.80	
	R/B	1.42	1.13	2.65	1.86	2.26	1.82	

2.1.2 真菌 土壤真菌主要指在土壤中生存的丝状真菌,包括多种霉菌,对植物残体的腐解有重要作用,其中有些真菌属于植物病原菌。土壤真菌数量和组成的变化,对土壤养分转化及作物生产有重要影响。

从表 3 可以看出,2004 年常规、补灌、覆膜和覆草 4 种处理的真菌 R/B 值相差较大,为 1.21~5.54,说明玉米根系对真菌的促生效应因条件而异。在常规处理中,R/B 值为 2.23,覆膜和覆草处理的 R/B 分别为 5.54,4.73,覆膜和覆草处理的 R/B 较常规处理分别提高 148.4%,112.1%,即在常规条

1.42,覆膜和覆草处理的 R/B 分别为 2.65,1.86,即在常规条件下,玉米根区土壤细菌数量为根外的 1.42 倍,覆膜、覆草后分别增加至 2.65 倍、1.86 倍,表明玉米根系的生理代谢活动能大幅度增加根区土壤中的细菌数量,覆膜和覆草均加强了根系的作用,其中覆膜处理 R/B 较常规处理提高了 87.9%,说明覆盖处理不仅能大幅度增加根区细菌数量,而且能增大玉米根区、根外细菌数量的差异,强化根区、根外细菌的数量差异。该效应能促进玉米生长期根区土壤养分的有效化。

玉米种植区土壤细菌数量与休闲地土壤的差异反映了植被的作用,其中根区土壤与休闲地的差异和根系关系较为密切。表 2 显示,2004 年,在常规、补灌、覆膜和覆草 4 种栽培模式下,玉米根区、根外土壤细菌数量的平均值分别为 23.35×10^6 , 12.80×10^6 CFU/g,而休闲地土壤细菌数量为 11.86×10^6 CFU/g,根区土壤细菌数量约为休闲土壤的 2 倍,根外土壤与休闲土壤基本相同,反映出玉米根系对细菌数量有明显影响。

2003 年为试验的第 1 年,该年常规、补灌、覆膜和覆草 4 种处理细菌的 R/B 均小于 1,反映出根系对细菌的促生效应不明显,也说明根系效应在不同年份之间存在一定的差异。

件下,根系的生理活动促使玉米根区土壤真菌数量为根外的 2.23 倍,覆膜和覆草可以强化根系的促生效应,使根区的土壤真菌数量分别达到根外的 5.54 倍、4.73 倍,表明覆盖措施加强了玉米根系对真菌的促生作用。根区真菌数量的大幅度提高,加快了土壤中植物残体的腐解矿化,促进了土壤养分的有效化,对当季作物有利,但也加快了土壤有机质的消耗速度,对土壤肥力的维持不利。

玉米种植区与休闲地土壤真菌数量的差异也反映出玉米根系的作用。表 3 显示,2004 年在玉米种植区,常规、补灌、覆膜和覆草 4 种处理玉米根区、根

外土壤真菌数量的平均值分别为 12.9×10^3 和 3.64×10^3 CFU/g, 而休闲地土壤真菌数量为 2.14×10^3 CFU/g, 玉米根区土壤真菌数量约为休闲土壤的 6 倍, 根外土壤约为休闲土壤的 2 倍, 这种差异来自玉米根系的作用。覆膜处理根区土壤真菌数量是休闲土壤的 12 倍, 说明覆膜对根系真菌的促生作用很大。其意义在于现在广泛采用的覆膜技术

将大幅度提高土壤中有机的矿化速度, 加快土壤耗竭的进程。覆草处理根区土壤真菌数量约为休闲土壤的 7 倍, 表明覆草条件下玉米根系对真菌的促生效应小于覆膜, 这与覆草处理的保水增温效应小于覆膜有关。2003 的年试验结果与 2004 年有类似的趋势。

表 3 不同栽培模式下玉米根区与根外土壤的真菌数量

Table 3 Number of soil fungi in maize rhizosphere and bulk soil under different cultivation models $\times 10^3$ CFU $\cdot$ g⁻¹

年份 Year	位置 Size	常规 Con	补灌 SI	覆盖 Mulching			平均 Average	休闲 Fallow
				覆膜 PFM	覆草 SM	平均 Average		
2003	根区 R	15.79	14.30	13.94	14.37	14.16	14.60	10.11
	根外 B	17.97	11.41	7.46	12.18	9.82	12.26	
	R/B	0.88	1.25	1.87	1.18	1.53	1.19	
2004	根区 R	7.80	3.35	25.78	14.65	20.22	12.90	2.14
	根外 B	3.79	2.78	4.65	3.35	4.0	3.64	
	R/B	2.23	1.21	5.54	4.73	5.09	3.54	

2.1.3 放线菌 放线菌是抗生素的主要产生菌。不同培养基上分离到的放线菌种类不同。高氏 1 号培养基(GA)上 分离到的放线菌种类较多, 且均能以淀粉为碳源、能源; 腐殖酸琼脂(SDSA)分离到的

放线菌均能以腐殖酸为碳源能源, 主要为链霉菌属^[10]。土壤中放线菌的数量、种类及其在微生物体系中的比例与土壤的抗土传病能力有关。

表 4 不同栽培模式下玉米根区与根外土壤的放线菌数量

Table 4 Number of soil actinomycetes in maize rhizosphere and bulk soil under different cultivation models $\times 10^5$ CFU $\cdot$ g⁻¹

年份 Year	培养基 Media	位置 Size	常规 Con	补灌 SI	覆盖 Mulching			平均 Average	休闲 Fallow
					覆膜 PFM	覆草 SM	平均 Average		
2003	GA	根区 R	15.1	18.1	12.1	12.9	12.5	14.6	11.1
		根外 B	18.5	21.3	28.9	18.4	23.7	21.8	
		R/B	0.82	0.85	0.42	0.70	0.53	0.67	
	SDSA	根区 R	16.4	18.3	20.2	14.9	17.55	17.5	23.4
		根外 B	17.9	19.5	42.3	18.5	30.4	24.6	
		R/B	0.92	0.94	0.48	0.81	0.58	0.71	
2004	GA	根区 R	24.0	34.9	25.2	25.4	25.3	27.4	14.5
		根外 B	19.2	20.0	19.9	22.9	21.4	20.5	
		R/B	1.25	1.75	1.27	1.11	1.18	1.34	
	SDSA	根区 R	27.7	33.3	25.3	24.9	25.2	27.8	20.2
		根外 B	21.0	23.8	22.5	30.0	26.3	24.3	
		R/B	1.32	1.40	1.12	0.83	0.96	1.14	

由 2004 年 GA 培养基上的分离结果(表 4)可知, 常规、补灌、覆膜和覆草 4 种处理的 R/B 为 1.11~1.75, 远小于真菌、细菌的 R/B, 表明玉米根系对放线菌的影响小于真菌和细菌。常规处理的 R/B 为 1.25, 覆膜及覆草的 R/B 分别为 1.27 及 1.11, 覆盖与常规处理之间无明显差异, 说明覆盖处理并未影响根系对放线菌的促生长效应。补灌改善了土壤的水分状况, 其 R/B 较常规处理略有增加。

玉米种植区土壤放线菌数量与休闲地土壤的差

异, 也反映出玉米根系的作用。表 4 中, 2004 年 GA 培养基上的分离结果显示, 常规、补灌、覆膜和覆草 4 种模式下, 玉米根区、根外土壤放线菌数量的平均值分别为 27.4×10^5 和 20.5×10^5 CFU/g, 而休闲地土壤放线菌数量为 14.5×10^5 CFU/g, 根区、根外土壤的放线菌数量分别约为休闲土壤的 1.9 倍、1.4 倍, 表明玉米根系对放线菌的促进作用较弱。常规处理下, 玉米根区土壤放线菌数约为休闲土壤的 1.65 倍, 而覆膜处理根区土壤的放线菌数量约为休

闲土壤的 1.7 倍,说明覆膜也可以强化玉米根系对放线菌的促生作用,但该作用较真菌弱。

在 SDSA 培养基上生长的主要是链霉菌。从表 4 可以看出,玉米根系对链霉菌的影响与其对放线菌的影响一致。2003 年试验结果与 2004 年有一定的差别,主要表现在根区、根外土壤放线菌数量差异较小,且根区土壤放线菌数量略低于根外,其原因尚待进一步研究。

总之,玉米根系对放线菌的影响小于细菌和真菌。放线菌生长的适宜 pH 为中性到微碱性。根系分泌物和根系呼吸放出的 CO₂,能降低根区土壤环境的 pH,加之根系分泌的有机酸类物质对放线菌的生长繁殖有一定影响,导致根系对放线菌的促生效果较差。

从上述分析可知,玉米根系对真菌的促生效果明显,根区土壤真菌数量远大于根外;玉米根系对细菌、放线菌的促生作用较小,导致根区土壤细菌、放线菌数量与根外差异较小;覆膜可以强化根系对细菌、真菌和放线菌的促生效应,但对真菌的促生效果优于细菌和放线菌。

2.2 不同栽培模式下玉米根系对土壤微生物组成的影响

土壤中细菌(Ba)、真菌(F)和放线菌(A)三大类群数量比值(*Ba/F*、*Ba/A*、*A/F*)反映微生物组成的特点,其中 *Ba/F* 是反映土壤质量的指标之一^{〔20-23〕}。*Ba/F* 下降是土壤质量下降的表现。覆盖和根系对土壤中 *Ba/F*、*Ba/A*、*A/F* 均有一定影响。

2.2.1 *Ba/F* 由表 5 可知,2004 年,常规处理根区、根外土壤的 *Ba/F* 分别为 2 550,3 710,根系作用导致 *Ba/F* 降低 31.2%;覆膜处理根区、根外土壤的 *Ba/F* 分别为 1 530 和 3 210,根系作用导致*Ba/F* 降低 52.3%;覆草处理中,玉米根系生理代谢活动使 *Ba/F* 降低 57.5%;在无覆盖的补灌处理中,根系作用导致 *Ba/F* 下降 5.8%。由此可知,玉米根系的代谢活动可以降低土壤中细菌与真菌的组成比例,且在覆膜、覆草条件下这种作用得到了强化。2003 年的试验结果与之类似。细菌和真菌的适宜 pH 分别为中性和微酸性,根系呼吸释放 CO₂ 并分泌一定数量的有机酸,引起根区土壤微环境 pH 下降,真菌数量增加,故出现 *Ba/F* 下降的现象。

表 5 玉米根系对土壤微生物组成的影响

Table 5 Effect of maize root on soil microorganisms population

年份 Year	处理 Treatment	根区 R			根外 B			Δ/%		
		<i>Ba/F</i>	<i>Ba/A</i>	<i>A/F</i>	<i>Ba/F</i>	<i>Ba/A</i>	<i>A/F</i>	<i>Ba/F</i>	<i>Ba/A</i>	<i>A/F</i>
2003	常规 Con	310	3.3	96	290	2.8	103	9.4	17.8	-7.1
	补灌 SI	480	3.8	127	820	4.4	187	-41.7	-14.0	-32.2
	覆膜 PFM	960	11.0	87	1 850	4.8	387	-48.3	130.9	-77.6
	覆草 SM	580	6.5	90	860	5.7	151	-32.4	13.8	-40.6
	平均 Average	600	6.2	100	100	4.4	210	-28.3	37.1	-39.4
2004	常规 Con	2 550	8.3	308	3 710	7.3	507	-31.2	13.3	-39.3
	补灌 SI	3 420	3.3	1 042	3 630	5.0	719	-5.8	-35.0	44.8
	覆膜 PFM	1 530	15.7	98	3 210	7.5	428	-52.3	109.0	-77.2
	覆草 SM	1 540	8.9	173	3 620	5.3	684	-57.5	67.8	-74.6
	平均 Average	2 300	9.1	410	3 500	6.3	580	-36.7	38.8	-36.6

注:Δ/%=[根区-根外)/根外]×100%。

Note:Δ/%=[(Rhizosphere soil-Bulk soil)/Bulk soil]×100%.

2.2.2 *Ba/A* 2004 年的结果(表 5)表明,常规处理根区与根外土壤的 *Ba/A* 分别为 8.3 和 7.3,表明根系对土壤 *Ba/A* 影响不大;覆膜处理根区与根外土壤的 *Ba/A* 分别为 15.7 和 7.5,根系活动导致土壤 *Ba/A* 提高了 109.0%;覆草处理中,根系则导致土壤 *Ba/A* 提高了 67.8%。由此可见,玉米根系的代谢活动,对常规条件下的 *Ba/A* 影响不大,但采取覆膜措施后,根系的作用得到了大幅度加强。2003 年的结果与之类似。

土壤放线菌是抗生素的主要生产者^{〔24〕},在覆膜和玉米根系的双重影响下,根区 *Ba/A* 值得到大幅

度提高,即与放线菌相比,细菌在微生物组成中的比例增大。这种变化的生态效应尚不清楚,还有待进一步研究。

2.2.3 *A/F* 2004 年的结果(表 5)显示,常规条件下,根区与根外土壤的 *A/F* 分别为 308 和 507,根区较根外降低了 39.3%;覆膜处理玉米根区和根外的 *A/F* 分别为 98,428,根系活动导致 *A/F* 降低了 77.2%;在覆草条件下,根系生理代谢活动可使*A/F* 降低 74.6%。由此可知,玉米根系的代谢活动可以降低土壤中的 *A/F*,且在覆膜、覆草条件下降低作用更大。2003 年的试验结果与之类似。在无覆盖

补灌处理中,根系的作用与覆膜、覆草处理相反,根系作用使根区土壤的 A/F 提高了44.8%。这与补灌改善了土壤的水分状况有关。

放线菌和真菌适宜的 pH 分别为中性至微碱及微酸性,根系呼吸释放 CO_2 并分泌一定数量的有机酸,引起根区土壤微环境 pH 下降,真菌数量增加,放线菌数量变化不大,最终表现为 A/F 下降。

比较 2003 年和 2004 年玉米根区与根外 A/F , 结果(表 5)显示,除 2004 年补灌栽培模式下 $\Delta\%$ 为正值(44.8%)外,其他处理均为负值。充分说明玉米根系代谢活动可以引起 A/F 值下降。这与根系对 Ba/F 的影响基本一致。

由此可见,玉米根系能够降低土壤的 Ba/F 、 A/F ,提高土壤 Ba/A ;且在覆膜、覆草条件下,根系对土壤中微生物组成比例的影响得到了强化。

3 讨 论

细菌、放线菌和真菌是土壤微生物的 3 大类群,是“植物—土壤—微生物”生态系统中数量最多的成员,其数量和组成比例对该系统的功能影响很大,进而影响作物的生长速度、产量和土壤的健康程度。当土壤中真菌数量及其组成比例大幅度提高时,土传病害发生的危险性增加;细菌和放线菌数量及其组成比例增加,土传病害发生概率下降^[25]。土壤中微生物数量及其组成比例的变化,将影响“植物—土壤—微生物”生态系统的性质与功能,土壤养分的转化,当季作物的生长、产量及土传病害发生的机率和危害程度;从长远角度考虑,还会影响土壤肥力的保持和土壤养分的耗竭速度。

根系是“植物—土壤—微生物”生态系统中生物量最大、对系统影响最强烈的因子,既控制着根区土壤微生物的数量、种类和各种微生物的组成比例,也影响土壤中有益微生物和有害微生物的比例,直接或间接地通过微生物影响土壤中的养分转化。土壤微生物的数量、种类和代谢产物,对植物根系生长有反馈调节作用,通过对根系生长的促进或抑制作用,影响作物产量及土壤的健康程度。

本研究结果表明,玉米根系分泌物及其生理代谢活动对细菌、真菌影响大,对放线菌的影响较小。玉米根系的活动使根区土壤微环境更适合真菌的生长,根区真菌数量显著增加。玉米根系活动对 Ba/F 、 A/F 有明显的降低作用,对 Ba/A 的影响较小,就是一个证据;覆膜、覆草处理强化了根系对土壤微生物组成比例的影响,使 Ba/F 、 A/F 的下降及

Ba/A 的增加幅度更大。微生物数量及组成比例改变对“植物—土壤—微生物”系统影响很大,进而影响作物产量和土壤的健康程度。

玉米生长活动及根系代谢产物,能增加土壤微生物的数量。本研究结果表明,无论覆盖与否,玉米根区土壤细菌、放线菌和真菌数量均显著高于休闲地。说明种植玉米有利于土壤中 3 大类微生物数量的增加。

有研究表明,玉米根际细菌总数高于非根际^[13,26];根系分泌物的种类和数量决定了根际微生物的种类和数量,并对微生物代谢及生长发育有一定的影响,某些特定的根系分泌物还能刺激真菌孢子的萌发及菌丝的生长,增加真菌的数量^[27-28]。而植物病原菌大多为真菌,这就有可能加剧土传病害的发生^[25]。因此,玉米根系引起土壤 Ba/F 、 A/F 的下降,以及覆盖产生的强化作用,可能会增加作物土传真菌病害发生的几率。

覆盖栽培措施改变了土壤的水分、热量和通气状况,对微生物和作物同时产生影响,并通过对作物生长的促进,增加了根系分泌物的数量,进而强化了根系对微生物的作用。覆盖加强了根系对微生物的影响,并使该过程更为复杂,对该过程的作用机理还需做深入研究。

4 结 论

1)玉米根系的生理代谢活动大幅度增加了土壤真菌数量,对细菌、放线菌数量的增加幅度小于真菌;种植玉米后,土壤细菌、真菌和放线菌数量均高于休闲地。

2)玉米根系代谢活动能明显降低土壤中细菌与真菌、放线菌与真菌数量的比值,但对细菌与放线菌数量比值的提高幅度较小;覆膜和覆草处理能强化玉米根系对土壤中三大类微生物组成比例的调节能力。

3)覆膜和覆草处理能大幅度增加根区细菌和真菌数量,对放线菌数量的增幅较小。

[参考文献]

- [1] Watt M, Silk W K, Passioura J B. Rates of root and organism growth, soil conditions, and temporal and spatial development of the rhizosphere [J]. Annals of Botany, 2006, 97: 839-855.
- [2] 付国占, 李潮海, 王俊忠, 等. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 52-56.
- Fu G Z, Li C H, Wang J Z, et al. Effects of stubble mulch and

- tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(1): 52-56. (in Chinese)
- [3] 王 琪, 马树庆, 郭建平, 等. 地膜覆盖下玉米田土壤水热生态效应试验研究 [J]. 中国农业气象, 2006, 27(3): 249-251.
Wang Q, Ma S Q, Guo J P, et al. Example study on soil water and thermal effect of corn plastic mulching [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2006, 27(3): 249-251. (in Chinese)
- [4] 杜 雄, 张立峰, 杨福存, 等. 冀西北高原地区饲用玉米地膜覆盖效应研究 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(10): 12-15.
Du X, Zhang L F, Yang F C, et al. The effect of plastic-film mulching on forage maize in the plateau of northern Hebei Province [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(10): 12-15. (in Chinese)
- [5] 洪晓强, 赵二龙, 宋宏伟. 秸秆覆盖对农田土壤水分及玉米生长的影响 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 177-179.
Hong X Q, Zhao E L, Song H W, et al. Effects of stubble mulching on the field on cropland soil moisture content and spring corn growth [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(8): 177-179. (in Chinese)
- [6] 郭树凡, 陈锡时, 汪景宽. 覆膜土壤微生物区系的研究 [J]. 土壤通报, 1995, 26(1): 36-39.
Guo S F, Chen X S, Wang J K. Study of soil microbial population on mulching cultivation [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1995, 26(1): 36-39. (in Chinese)
- [7] 王金凤, 康绍忠, 张富仓, 等. 控制性根系分区交替灌溉对玉米根区土壤微生物及作物生长的影响 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(10): 2056-2062.
Wang J F, Kang S Z, Zhang F C, et al. Effects of controlled alternate partial rootzone irrigation on soil microorganism and growth of maize [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(10): 2056-2062. (in Chinese)
- [8] 宋凤斌. 玉米地膜覆盖增产的土壤生态学基础 [J]. 吉林农业大学学报, 1991, 13(2): 4-7.
Song F B. Soil ecological basis for plastic-sheet-covered maize increasing yields [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 1991, 13(2): 4-7. (in Chinese)
- [9] 孙淑荣, 吴海燕, 刘春光, 等. 玉米连作对中部农区主要土壤微生物区系组成特征影响的研究 [J]. 玉米科学, 2004, 12(4): 67-69.
Sun S R, Wu H Y, Liu C G, et al. Effect of corn rotation on soil microbial population and characteristic in middle farming zone [J]. Journal of Maize Sciences, 2004, 12(4): 67-69. (in Chinese)
- [10] 陈锡时, 郭树凡, 汪景宽, 等. 地膜覆盖栽培对土壤微生物种群和生物活性的影响 [J]. 应用生态学报, 1998, 9(4): 435-439.
Chen X S, Guo S F, Wang J K, et al. Effect of mulching cultivation with plastic film on soil microbial population and biological activity [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(4): 435-439. (in Chinese)
- [11] 张成娥, 梁银丽, 贺秀斌. 地膜覆盖玉米对土壤微生物量的影响 [J]. 生态学报, 2002, 32(4): 508-512.
Zhang C E, Liang Y L, He X B. Effects of plastic cover cultivation on soil microbial biomass [J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 32(4): 508-512. (in Chinese)
- [12] Liu H M, Zhao X R, Li G T, et al. The importance of three protozoa in corn Straw decomposition and nutrient transformation [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(8): 66-69.
- [13] Zhao X R, Lin Q M, Li B G. Diversity of phosphate-dissolving microorganisms in corn rhizosphere [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(2): 108-114.
- [14] 郑联寿, 贾志森, 智建奇, 等. 4 种旱地耕作方法下不同覆盖形式对玉米产量的影响 [J]. 山西农业科学, 2005, 33(1): 32-34.
Zheng L S, Jia Z S, Zhi J Q, et al. Effect of mulching-modes based on four tillage managements of dry land on corn yield [J]. Journal of Shaanxi Agricultural Sciences, 2005, 33(1): 32-34. (in Chinese)
- [15] 卜玉山, 苗果园, 邵海林, 等. 对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育和产量的分析 [J]. 作物学报, 2006, 32(7): 1090-1093.
Bu Y S, Miao G Y, Shao H L, et al. Analysis of growth and development and yield of corn mulched with plastic film and straw [J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(7): 1090-1093. (in Chinese)
- [16] 徐福利, 梁银丽, 汪有科, 等. 秸秆覆盖保护耕作法土壤水分和温度变化及玉米产量效应 [J]. 土壤通报, 2006, 37(4): 648-650.
Xu F L, Liang Y L, Wang Y K, et al. Effect of stock mulch conservation method on soil moisture, soil temperature and corn yield [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2006, 37(4): 648-650. (in Chinese)
- [17] 程丽娟, 薛泉宏. 微生物学实验技术 [M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
Cheng L Q, Xue Q H. Experimental techniques of microbiology [M]. Xi'an: World Publishing Corporation, 2000. (in Chinese)
- [18] 司美茹, 薛泉宏, 来航线. 放线菌分离培养基筛选及杂菌抑制方法研究 [J]. 微生物学通报, 2004, 31(2): 61-65.
Si M R, Xue Q H, Lai H X. Studies on selection of the isolation medium for actinomycetes and inhabitation methods to miscellaneous microorganism [J]. Microbiology, 2004, 31(2): 61-65. (in Chinese)
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
Bao S D. Analysis of agricultural soil [M]. Beijing: China Agriculture Publishing Company, 1999. (in Chinese)
- [20] 鞠会艳, 韩丽梅, 王树起, 等. 连作大豆根分泌物对根腐病原菌的化感作用 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 723-727.
Ju H Y, Han L M, Wang S Q, et al. Allelopathic effect of root exudates on pathogenic fungi of root rot in continuous cropping soybean [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(6): 723-727. (in Chinese)