

覆盖模式及施氮量对小麦休闲期土壤微生物数量的影响

张红娟^{1,2}, 薛泉宏¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】探讨在冬小麦生长季进行的不同覆盖模式和施氮处理, 是否在休闲期间仍对土壤微生物的活动有显著影响, 为土壤施肥及栽培模式技术的完善提供参考。【方法】在小麦收获后夏季休闲季节, 采集不同覆盖栽培(常规不覆盖、秸秆覆盖、平地覆膜)和不同施氮量(N_0 (不施 N)、 N_{120} (施 N 120 kg/hm²)、 N_{240} (施 N 240 kg/hm²))处理小区中小麦残留根系的根区、根外土壤样品, 测定并分析土壤微生物数量的变化。【结果】①在冬小麦生长季进行的秸秆覆盖及平地覆膜处理, 可不同程度地增加休闲期间小麦残留根系根区、根外土壤固氮菌和硅酸盐细菌的数量。根区固氮菌平均数量($\times 10^5$ CFU/g)表现为覆草(17.18) > 覆膜(12.90) > 常规(6.58); 覆膜栽培处理下, 根区、根外土壤硅酸盐细菌平均数量($\times 10^4$ CFU/g)最高, 分别为常规栽培的 3.43 和 4.64 倍。②不同覆盖模式下, 休闲期间根区土壤细菌数量、根区和根外土壤的放线菌、真菌和硅酸盐细菌数量均在施氮量为 N_{240} 时最多, 但根区、根外固氮菌数量则在施氮量为 N_{240} 时最少。③小麦残留根系根区土壤微生物数量, 尤其是放线菌及硅酸盐细菌数量均明显高于根外土壤。【结论】于冬小麦生长季进行覆膜及覆草栽培, 能分别增加休闲期小麦残留根系根区土壤中的细菌、硅酸盐细菌和真菌、固氮菌数量, 改变休闲地土壤中的微生物组成, 有利于土壤肥力的恢复。施氮量的增加可调节小麦收获后残留根系周围的 C/N 比, 有利于残留根系的分解, 从而能明显增加休闲期间某些土壤微生物种群的数量。

【关键词】 覆盖模式; 施氮量; 小麦残留根系; 休闲地; 土壤微生物

【中图分类号】 S154.36

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)06-0220-07

Effects of different mulching models and nitrogen fertilization on the quantity of soil microorganisms during the fallow period of winter wheat

ZHANG Hong-juan^{1,2}, XUE Quan-hong¹

(1 College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Yangling Vocational & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The effects of mulching measures and nitrogen fertilization during the growth stage on the quantity of soil microorganisms during the fallow period were conducted. 【Method】The rotzoon and bulk Soil samples were collected on the 52nd day after the wheat harvest from the plots of different treatments under 3 mulching models (conventional, plastic film mulching, straw mulching) and 3 nitrogen fertilization rates (N_0 , N_{120} , N_{240}), and the quantity of different microflora were analyzed. 【Result】①In comparison with the conventional cultivation model, the plastic film mulching and straw mulching models significantly increased soil nitrogen-fixing bacteria and silicate bacteria in winter wheat fallow field.

* [收稿日期] 2010-01-06

[基金项目] 国家自然科学基金重点项目(30230230)

[作者简介] 张红娟(1977-), 女, 陕西眉县人, 讲师, 主要从事微生物生态与资源研究。

[通信作者] 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。

The average quantity ($\times 10^5$ CFU/g) of rootzone soil nitrogen-fixing bacteria was straw mulching (17.18) > plastic film mulching (12.90) > conventional (6.58); The rootzone and bulk Soil silicate bacteria under straw mulching cultivation model were 3.43 and 4.64 times higher than that in the conventional cultivation model. ② Contrary to the rootzone and bulk soil nitrogen-fixing bacteria, when the application of N fertilizer was N_{240} , the rootzone and bulk soil actinomycetes, fungi, silicate bacteria, the rootzone soil bacteria under different mulching models were the highest. ③ The wheat residual roots microorganisms (especially for soil actinomycetes and silicate bacteria) were remarkably more than that of bulk soil. 【Conclusion】 Compared with the conventional cultivation model, the plastic film mulching and straw mulching during the growth stage of the winter wheat can increase the quantity of the rootzone and bulk soil bacteria, fungi, nitrogen-fixing bacteria and silicate bacteria during the fallow period, change the ratio of soil microorganisms, and it's beneficial to restore the soil fertility. The increase of nitrogen fertilization can change the soil C/N ratio of the wheat residual roots, and it's beneficial to the decomposition of the residual roots, and affects the quantity of soil microorganisms.

Key words: mulching model; nitrogen; wheat residual root; fallow field; soil microorganism

微生物在土壤养分形态转化与腐殖质形成过程中起着十分重要的作用。在干旱半干旱地区,地表覆盖是减少水分无效蒸发、提高水分利用率的有效措施。地表覆盖及施用氮肥在影响作物生长的同时,也会通过影响根系生理活动,如向根际释放分泌物而对土壤微生物数量产生显著影响,揭示这种影响对于旱地养分高效利用和作物优质高产均具有重要意义。大量研究表明,地表覆盖会直接影响作物生长期不同种类土壤微生物数量的消长,尤其是可以促进细菌数量的增加^[1-12];此外,适量施用化肥同样能提高作物生育期内土壤微生物的数量^[13-15]。小麦田的休闲期正值夏秋季,土壤温度高,水分状况良好,微生物活性强,有机残体矿化作用强烈,土壤肥力恢复较快。关于小麦生长期不同覆盖模式及施氮水平对收获后休闲期土壤微生物数量影响的研究目前鲜有报道,因而难以就覆盖模式及施氮水平对小麦田土壤微生态的影响形成完整的评价体系,而此评价体系的建立对小麦优质高产高效栽培模式的选择具有重要意义。为此,本研究以常规栽培模式(不覆膜、不施氮)为对照,研究不同覆盖栽培模式和施氮量对小麦田休闲期土壤微生物数量的影响,以期小麦最优栽培模式体系的建立提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验的实施及土壤样品的采集

1.1.1 试验设计 试验于2002-10在西北农林科技大学农作一站开始进行,供试土壤为土垫旱耕人为土。在田间进行裂区设计,以地表覆盖为主处理,

设A、B、C 3个水平,其中A为常规对照(Control, CK),即地表无覆盖,代表传统栽培模式;B为小麦秸秆覆盖(Straw mulching, 缩写为SM),即播种小麦后覆盖麦秸,用量为4 500 kg/hm²;C为薄膜覆盖(Plastic film mulching, 缩写为PFM),简称“覆膜”。以施氮量为副处理,设3个用量水平,依次为0, 120和240 kg/hm²,分别用 N_0 、 N_{120} 、 N_{240} 表示;氮肥选用尿素(含N 46%)。在小麦生育期间每年均进行上述试验处理。本研究中冬小麦于2004-10-10播种,2005-06-07收获,土壤样品于2005-07-29(小麦收获后第52天)采自上述相应小区。

1.1.2 土样采集 取0~20 cm耕层土壤,每个处理随机选3个样点,分别采集根区土和根外土。本研究中,根区土定义为与小麦残留根系紧密接触的土壤,采样时用手拔出小麦残留根系,抖落掉根上所带浮土,仅取与小麦根系密切接触的那部分土壤;根外土界定为小麦行间土壤,用土钻取样。3个样点的根区土和根外土分别混匀后装入塑料袋带回实验室。根区土和根外土的新鲜土部分用于测定土壤细菌总数及真菌、好气性自生固氮菌和硅酸盐细菌数量,风干土部分用于测定土壤放线菌数量。

1.2 微生物数量的测定

采用稀释平板法^[16]分离、培养和计数微生物数量。细菌分离采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基;真菌分离采用马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA,使用前加体积分数0.3%灭菌乳酸);放线菌分离采用高氏1号琼脂培养基(加80 μ g/mL $K_2Cr_2O_7$);自生固氮菌分离采用阿须贝无氮琼脂培养基;硅酸盐细菌分离采用钾铝硅酸盐培养基。

采用稀释平板法分离土壤微生物时,每份土壤样品取 3 个稀释度,每个稀释度 3 次重复,结果根据平板菌落计数原则进行计数^[16],结果计算中土壤样品含水量采用烘干称质量法进行测定^[17]。

1.3 覆盖效应、施氮效应及根系效应的计算

本研究采用覆盖效应、施氮效应及根系效应分别表示由于覆盖(覆膜或覆草)、施氮和根系引起的微生物数量的增加率(%),其计算公式分别为:

$$\Delta m = [(覆盖 - 常规) / 常规] \times 100\%;$$

$$\Delta n = [(N_{120} \text{ 或 } N_{240} - N_0) / N_0] \times 100\%;$$

$$\Delta r = [(根区 - 根外) / 根外] \times 100\%。$$

式中:“覆盖”与“常规”分别表示覆盖和常规处理时的微生物数量; N_0 、 N_{120} 、 N_{240} 分别表示施氮量为 0, 120, 240 kg/hm² 时的微生物数量;“根区”、“根外”分别表示根区、根外的土壤微生物数量。

1.4 数据处理

所测微生物数量数据均进行方差分析,除根区、根外即根系影响采用随机区组设计二因素试验进行分析外,其余采用单因素试验进行分析。所有数据均利用 DPS 5.02 (Duncan 新复极差法) 进行统计

表 1 不同覆盖模式对小麦休闲地土壤微生物数量的影响

Table 1 Effect of different mulching models on the quantity of soil microorganisms during the wheat fallow period

CFU/g

覆盖模式 Mulch mode	指标 Index	细菌/10 ⁶ Bacterium		放线菌/10 ⁵ Actinomyce		真菌/10 ³ Fungus		固氮菌/10 ⁵ Nitrogen-fixing bacterium		硅酸盐细菌/10 ⁴ Silicate bacterium	
		根区	根外	根区	根外	根区	根外	根区	根外	根区	根外
		Rootzone	Bulk	Rootzone	Bulk	Rootzone	Bulk	Rootzone	Bulk	Rootzone	Bulk
常规对照 CK		10.85 ab	9.03 a	13.98 a	9.24 a	12.01 a	16.32 a	6.58 b	2.85 a	40.10 B	19.60 b
覆草 SM	菌数 Number	5.52 b	5.11 a	10.04 a	8.60 a	24.90 a	12.39 a	17.18 a	5.73 a	46.72 B	32.48 ab
	$\Delta m/\%$	-49.12	-43.41	-28.18	-6.93	107.33	-24.08	161.09	101.05	16.51	65.71
覆膜 PFM	菌数 Number	13.93 a	8.74 a	12.84 a	6.82 a	17.14 a	13.73 a	12.90 ab	5.88 a	137.64 A	90.90 a
	$\Delta m/\%$	28.39	-3.21	-8.15	-26.19	42.71	-15.87	96.05	106.32	243.24	363.78

注:同列数字后标不同小写字母者表示差异显著($P < 0.05$),标不同大写字母者表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: The numbers marked in different lowercase letters indicate remarkable difference ($P < 0.05$); Different capital letters indicate very remarkable difference ($P < 0.01$).

2.2 施氮量对小麦休闲地土壤微生物数量的影响

表 2 结果表明,小麦休闲地根区、根外土壤细菌、放线菌及真菌的平均数量大致随着施氮量的增加而增大,但不同处理间均无显著差异,这可能是由于施氮有利于小麦根系旺盛生长,从而使小麦休闲地内残留了大量新鲜的有机物质,有利于土壤微生物的生长。此外,小麦休闲地根区、根外土壤固氮菌的平均数量在 3 种施氮水平下差异均不显著,但均以施氮量为 N_{240} 最低,即小麦休闲地土壤自生固氮菌数量随施氮量的增加而减少,这与自生固氮菌的

分析。

2 结果与分析

2.1 覆盖模式对小麦休闲地土壤微生物数量的影响

由表 1 可知,在冬小麦生长期进行地表覆盖,平地覆膜与覆草对小麦收获后休闲期间根外土壤中的细菌、放线菌及真菌数量均未见显著性影响。与覆草相比,覆膜对根区细菌数量有显著影响($P < 0.05$);覆膜和覆草均可引起根区真菌数量增加,但二者之间及其与对照间均无显著差异。与对照相比,覆膜与覆草对根外细菌、真菌及根区和根外放线菌数量所产生的覆盖效应均表现为负向,即覆盖并未引起根外细菌、真菌及根区和根外放线菌数量的增加。自生固氮菌和硅酸盐细菌分别作为能进行生物固氮及解钾的细菌类群,二者的数量与土壤中氮素及钾素含量有一定的相关性。与常规栽培模式相比,冬小麦生长季进行地表覆盖能引起土壤固氮菌及硅酸盐细菌数量的增加,尤其是覆膜处理,会使根区土壤硅酸盐细菌数量极显著增加($P < 0.01$)。

特性相一致。小麦休闲地根外土壤硅酸盐细菌数量随前茬施氮量的增加而略呈增加趋势,但施氮量对小麦休闲地土壤硅酸盐细菌数量的影响并不显著。

2.3 小麦残留根系分解对休闲地土壤微生物数量的影响

与根外土壤相比,根区是残留根系在农田中的集中分布区域。由表 3 可知,小麦残留根系的分解对其根区和根外微生物数量产生了强烈影响,使得根区土壤微生物数量,尤其是放线菌及硅酸盐细菌数量均明显高于根外土壤,根区固氮菌数量则较根

外土壤极显著增加。

表 2 不同施氮水平对小麦休闲地土壤微生物数量的影响

Table 2 Effect of different nitrogen fertilization rate on the quantity of soil microorganisms during the fallow period

施氮水平 Nitrogen	指标 Index	CFU/g									
		细菌/ 10^6 Bacterium		放线菌/ 10^5 Actinomyce		真菌/ 10^3 Fungus		固氮菌/ 10^5 Nitrogen-fixing bacterium		硅酸盐细菌/ 10^4 Silicate bacterium	
		根区 Rootzone	根外 Bulk	根区 Rootzone	根外 Bulk	根区 Rootzone	根外 Bulk	根区 Rootzone	根外 Bulk	根区 Rootzone	根外 Bulk
N_0	菌数 Number	10.46 a	7.25 a	9.91 a	6.67 a	9.60 a	12.01 a	13.02 a	4.61 a	69.78 a	36.95 a
N_{120}		9.12 a	7.89 a	12.04 a	6.91 a	18.99 a	14.00 a	12.94 a	6.16 a	67.21 a	45.96 a
	$\Delta n/\%$	-12.81	8.83	21.49	3.60	97.81	16.57	-0.61	33.62	-3.68	24.38
N_{240}	菌数 Number	10.72 a	7.73 a	13.34 a	9.37 a	25.45 a	16.42 a	11.61 a	4.37 a	79.87 a	52.62 a
		$\Delta n/\%$	2.49	6.62	34.61	40.48	165.10	36.72	-10.83	-5.21	14.46

表 3 根系对小麦休闲地土壤微生物数量的影响

Table 3 Effect of residual roots on the quantity of soil microorganisms during the fallow period

根系 Root	细菌/ 10^6 Bacterium	真菌/ 10^3 Fungus	放线菌/ 10^5 Actinomyce	固氮菌/ 10^5 Nitrogen-fixing bacterium	硅酸盐细菌/ 10^4 Silicate bacterium
根区 Rootzone	10.10 a	18.02 a	12.29 a	12.22 A	74.82 a
根外 Bulk	7.63 a	14.14 a	8.22 b	4.82 B	47.66 b

2.4 覆盖模式、施氮量及小麦残留根系对休闲地微生物数量的综合影响

2.4.1 细菌、放线菌及真菌数量的比较 由表 4 可见,在不同处理条件下,小麦休闲地根区和根外土壤细菌平均数量均表现为覆草最低,其中根区细菌数量以覆膜最高,根外则以对照最高。根区土壤细菌数量在施氮量为 N_0 、 N_{120} 时,均表现为覆膜 > 对照 > 覆草,当施氮量为 N_{240} 时,则表现为对照 > 覆膜 > 覆草;根外土壤细菌数量在施氮量为 N_{120} 、 N_{240} 时,与根区表现一致;在不施氮时,则与根区有差异,

表现为对照 > 覆膜 > 覆草。总而言之,覆膜条件下小麦休闲地土壤细菌数量较高。小麦休闲地根区、根外土壤细菌平均数量在 3 种施氮量下差别不大,分别以 N_{120} 和 N_0 处理最低,说明在施氮量较高时,小麦休闲地土壤细菌数量较高。小麦休闲地根区土壤细菌数量在常规模式下以 N_{240} 处理最高,而在覆草和覆膜模式下分别以 N_0 和 N_{120} 处理最高;根外土壤细菌数量与根区表现一致。但施氮量对小麦休闲地土壤细菌数量的影响未达到统计学上的显著性水平。

表 4 不同覆盖模式和施氮量下小麦休闲期根区和根外土壤中微生物区系的数量

Table 4 Microflora in rootzone and bulk soils under different mulching models and nitrogen fertilization rates during the fallow period

处理 Treatment		细菌 Bacterium			放线菌 Actinomycete			真菌 Fungus		
		根区/ $(10^6$ CFU · g^{-1})	根外/ $(10^6$ CFU · g^{-1})	$\Delta r/\%$	根区/ $(10^5$ CFU · g^{-1})	根外/ $(10^5$ CFU · g^{-1})	$\Delta r/\%$	根区/ $(10^3$ CFU · g^{-1})	根外/ $(10^3$ CFU · g^{-1})	$\Delta r/\%$
		Rootzone	Bulk		Rootzone	Bulk		Rootzone	Bulk	
常规对照 CK	N_0	11.77	8.89	32.41	10.07	7.20	39.81	6.51	22.04	-70.45
	N_{120}	6.93	7.65	-9.42	15.87	4.53	249.93	14.67	13.94	5.22
	N_{240}	13.86	10.54	31.41	16.00	16.00	0.00	14.85	12.97	14.46
	\bar{x}	10.85	9.03	20.21	13.98	9.24	51.19	12.01	16.32	-26.40
覆草 SM	N_0	7.38	6.38	15.74	9.87	7.60	29.82	10.07	5.79	73.91
	N_{120}	3.28	5.36	-38.83	8.93	9.93	-10.07	22.69	14.83	52.95
	N_{240}	5.91	3.59	64.47	11.33	8.27	37.12	41.93	16.53	153.63
	\bar{x}	5.52	5.11	8.10	10.04	8.60	16.80	24.90	12.39	101.01
覆膜 PFM	N_0	12.22	6.49	88.34	9.80	5.20	88.46	12.22	8.21	48.92
	N_{120}	17.17	10.68	60.79	11.33	6.27	80.88	19.62	13.24	48.25
	N_{240}	12.40	9.05	37.08	17.40	9.00	93.33	19.59	19.74	-0.79
	\bar{x}	13.93	8.74	59.43	12.84	6.82	88.28	17.14	13.73	24.88
平均 Average	N_0	10.46	7.25	44.21	9.91	6.67	48.66	9.60	12.01	-20.07
	N_{120}	9.12	7.89	15.58	12.04	6.91	74.27	18.99	14.00	35.63
	N_{240}	10.72	7.73	38.75	13.34	9.37	42.36	25.45	16.42	55.07
	\bar{x}	10.10	7.63	32.48	11.76	7.65	53.80	18.02	14.14	27.38

小麦休闲地根区、根外土壤放线菌的平均数量,表现为 2 种覆盖模式下均略低于对照。当施氮量为 N_0 时,小麦休闲地根区土壤放线菌数量在 3 种覆盖模式下差别不大;而在 N_{120} 、 N_{240} 2 种施氮水平下,根区土壤放线菌数量分别以对照和覆膜处理最高,均以覆草处理最低。根外土壤放线菌数量在 N_0 、 N_{120} 施氮水平下,均以覆草处理最高;而在 N_{240} 施氮水平下,以对照最高。

小麦休闲地根区土壤真菌数量为 $6.51 \times 10^3 \sim 41.93 \times 10^3$ CFU/g,其中覆草栽培处理根区真菌的平均数量约为对照的 2 倍;根外土壤真菌平均数量则以对照最高,覆草最低。当施氮量为 N_0 时,小麦休闲地根区土壤真菌数量以覆膜最高;施氮量为 N_{120} 、 N_{240} 时,根区土壤真菌数量表现为覆草 > 覆膜 > 对照。根外土壤真菌平均数量无明显规律性,在施氮水平为 N_0 、 N_{120} 、 N_{240} 时,分别以对照、覆草、覆膜为最高。

表 5 不同覆盖模式和施氮量下小麦休闲期固氮菌和硅酸盐细菌的数量

Table 5 Quantity of soil nitrogen-fixing bacteria and silicate bacteria under different mulching models and nitrogen fertilization rates during the wheat fallow period

处 理 Treatment		固氮菌 Nitrogen-fixing bacteria			硅酸盐细菌 Silicate bacteria		
		根区 (10^5 CFU · g ⁻¹) Rootzone	根外 (10^5 CFU · g ⁻¹) Bulk	$\Delta r/\%$	根区 (10^4 CFU · g ⁻¹) Rootzone	根外 (10^4 CFU · g ⁻¹) Bulk	$\Delta r/\%$
常规对照 CK	N_0	8.13	2.61	211.18	40.67	33.48	21.48
	N_{120}	2.85	2.70	5.49	33.42	18.02	85.43
	N_{240}	8.74	3.24	169.48	46.20	7.30	532.76
	\bar{x}	6.58	2.85	130.40	40.10	19.60	104.56
覆草 SM	N_0	18.71	5.14	264.28	28.52	18.22	56.58
	N_{120}	20.50	7.58	170.39	52.94	41.21	28.45
	N_{240}	12.33	4.46	176.26	58.69	38.00	54.44
	\bar{x}	17.18	5.73	199.99	46.72	32.48	43.85
覆膜 PFM	N_0	12.22	6.08	101.01	140.15	59.16	136.92
	N_{120}	15.45	8.19	88.57	115.28	78.64	46.58
	N_{240}	11.02	3.37	226.58	157.49	134.91	16.74
	\bar{x}	12.90	5.88	119.23	137.64	90.90	51.41
平均 Average	N_0	13.02	4.61	182.47	69.78	36.95	88.85
	N_{120}	12.94	6.16	109.98	67.21	45.96	46.24
	N_{240}	11.61	4.37	165.64	79.87	52.62	51.78
	\bar{x}	12.52	5.05	148.12	72.29	45.18	60.01

小麦休闲地根区土壤硅酸盐细菌的平均数量为 $40.10 \times 10^4 \sim 137.64 \times 10^4$ CFU/g,其中覆膜处理的硅酸盐细菌数量最多,为对照的 3 倍多;根外土壤硅酸盐细菌平均数量以覆膜(90.90×10^4 CFU/g)最高,覆草(32.48×10^4 CFU/g)次之,对照(19.60×10^4 CFU/g)最低,覆膜、覆草处理分别是对照的 4.6 和 1.7 倍。小麦休闲地根区、根外土壤硅酸盐细菌平均数量在 3 种施氮量下差异不大,但均以 N_{240} 最高,即随着施氮量的增加,小麦休闲地土

壤硅酸盐细菌数量呈增加趋势;但由表 2 可知,施氮量对小麦休闲地土壤硅酸盐细菌数量的影响并不显著。

2.4.2 自生固氮菌和硅酸盐细菌数量的比较 由表 5 可见,在覆草和覆膜条件下,小麦休闲地根区土壤固氮菌平均数量分别为对照的 2.61 倍和 1.96 倍。根外土壤固氮菌平均数量在 N_0 、 N_{120} 条件下以覆膜最高,覆草次之,对照最低;在施氮量为 N_{240} 时,根区与根外土壤固氮菌的平均数量均表现为覆草最高,对照最低。由表 1 可知,覆草对根区土壤固氮菌数量的影响与对照相比达显著性水平($P < 0.05$)。在 2 种覆盖模式下,小麦休闲地根区土壤固氮菌数量均按照 $N_{120} > N_0 > N_{240}$ 的顺序排列,对照条件下则以 N_{240} 最高, N_{120} 最低。根外土壤固氮菌数量在 2 种覆盖模式下不同施氮量水平的排列顺序与根区相同。小麦休闲地根区、根外土壤固氮菌平均数量在 3 种施氮水平下差异均不显著,但均以 N_{240} 最低,即小麦休闲地土壤自生固氮菌的数量随施氮量的增加而减少。

壤硅酸盐细菌数量呈增加趋势;但由表 2 可知,施氮量对小麦休闲地土壤硅酸盐细菌数量的影响并不显著。

3 结论与讨论

土壤微生物是土壤中的活性物质,能够促进或直接参与土壤中一系列复杂的生理生化反应,是土壤生态系统中物质循环和能量转化的前提,是土壤生态系统发育成熟与否及系统资源能否高效持续利

用的重要标志^[18]。土壤微生物参数也可作为土壤品质变化的指标^[19-21],土壤微生物的组成及数量分布亦有其地带性分布特征,受到土壤及环境等综合因素的影响。

本研究测定了不同地表覆盖模式和施氮条件下定位试验第3年冬小麦收获后休闲地土壤微生物数量的变化,结果表明,冬小麦生长季进行不同地表覆盖处理对小麦休闲地微生物数量的影响因覆盖模式而异。覆膜可增加小麦休闲地根区土壤中细菌和根区、根外土壤中硅酸盐细菌数量;而覆草则可增加小麦休闲地根区土壤真菌、自生固氮菌数量。这是因为真菌属好气化能有机营养型,在小麦残留根系及覆盖秸秆腐解过程中,真菌能分泌纤维素酶,快速分解粗纤维,得到养分并加速其生长繁殖^[2];同时,土壤中好气性纤维素菌在小麦残留根系及覆盖的秸秆腐解过程中数量增加,能够提供给固氮菌的小分子碳水化合物也相应增加^[2],固氮菌将其作为能源进行固氮,最终导致固氮菌数量增加。另一方面,所测固氮菌属于土壤中的自生固氮菌,其特点是当土壤中氮素缺乏,尤其是C/N比较高时才能固氮,由于秸秆覆盖使土壤有机质C/N比增高,所以自生固氮菌数量亦随之增加^[12]。

本研究结果表明,施氮不仅改善了土壤对植物的氮素供应,同时也满足了微生物对氮素的需求,故对小麦休闲地土壤微生物数量影响明显。小麦休闲地土壤中的细菌、真菌、放线菌及硅酸盐细菌数量均随着施氮量的增加而增大。由于所测固氮菌属于土壤中的自生固氮菌,氮素对自生固氮菌有一定抑制作用,故自生固氮菌数量随着施氮量的增加而减少,但施氮量对其数量的影响均未达到显著水平。

本研究结果还表明,小麦休闲地残留根系对土壤微生物数量影响显著。小麦休闲地根区土壤中各种微生物数量均高于根外土壤,根区土壤中放线菌、硅酸盐细菌数量与根外土壤相比差异显著($P < 0.05$),自生固氮菌数量差异则达极显著水平($P < 0.01$),说明小麦残留根系在分解时能供给根区土壤较多的有机质,使微生物有较充足的能源而维持一定的菌数,而根外土壤由于受残留根系影响较小,所以微生物数量显著降低。

细菌生理类群中的自生固氮菌具有固氮作用,其数量及其固氮活性与土壤氮素含量有关,其数量多寡可作为评价土壤熟化度和肥力的一个指标。因此,目前对自生固氮菌的研究也相对较多,但大量研究都集中在生长期作物种类、耕作制度、覆盖条

件、施肥等因素对自生固氮菌数量的影响方面。如王小彬等^[10]在研究不同地膜覆盖材料对旱地小麦种植体系土壤微生物区系以及对作物产量的影响时发现,采用塑料地膜覆盖时,土壤固氮菌数量略有增高,但差异不明显;郑超等^[9]研究表明,地膜覆盖和蔗叶覆盖对甘蔗土壤固氮菌数量的影响分别为不覆盖的6倍和4.5倍;顾爱星等^[2]研究表明,土壤中固氮菌数量随秸秆覆盖量的增加而增大。

硅酸盐细菌具有一定的解钾作用,其含量与土壤钾素养分含量之间有一定的关系。目前对硅酸盐细菌的研究主要集中在其实际应用上,而对土壤中硅酸盐细菌数量及其影响因素的研究鲜有报道。

本试验对小麦收获后休闲地土壤不同类群微生物数量及其影响因素进行了较为系统的研究,为了解小麦地休闲期间的土壤微生物活动规律提供了新的科学依据,特别是对自生固氮菌和硅酸盐细菌的研究结果更具有创新性,为建立完整的小麦高产高效栽培模式提供了重要的理论依据。

[参考文献]

- [1] Alam S M K, Martin M A, Hossain M A, et al. Effect of different tillage systems on some physical and chemical properties of a silt loam soil in rice field [J]. *Biological Sciences*, 2002, 2(8): 524-527.
- [2] 顾爱星, 张艳, 石书兵, 等. 秸秆覆盖法对土壤微生物区系的影响 [J]. *新疆农业大学学报*, 2005, 28(4): 64-68.
Gu A X, Zhang Y, Shi S B, et al. Influence of straw mulch on soil microorganism flora [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2005, 28(4): 64-68. (in Chinese)
- [3] 刘建新, 王鑫, 杨建霞. 覆草对果园土壤腐殖质组成和生物学特性的影响 [J]. *水土保持学报*, 2005, 19(4): 93-95.
Liu J X, Wang X, Yang J X. Effects of covering straw in orchard on humus composition and biological characteristics [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(4): 93-95. (in Chinese)
- [4] 胡俊, 高翔, 郑红丽. 覆膜、灌水、氮肥对春小麦根部土壤微生物数量的影响 [J]. *内蒙古农业大学学报: 自然科学版*, 2000 (S1): 115-119.
Hu J, Gao X, Zheng H L. Studies on the effects of interactions among the irrigation, covered with film and nitrogen fertilizer on the quantity of microorganisms of spring maize roots [J]. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Science Edition*, 2000(S1): 115-119. (in Chinese)
- [5] 高云超, 朱文珊, 陈文新. 秸秆覆盖免耕对土壤细菌群落区系的影响 [J]. *生态科学*, 2000, 19(3): 27-32.
Gao Y C, Zhu W S, Chen W X. Bacterial community structure in straw mulch no-tillage soils [J]. *Ecological Science*, 2000, 19(3): 27-32. (in Chinese)
- [6] 廖敏, 谢小梅, 吴良欢. 水稻覆膜旱作对稻田土壤微生物生态

- 的影响 [J]. 中国水稻科学, 2002, 16(3): 243-246.
- Liao M, Xie X M, Wu L H. Effects of dry-cultivated and plastic film-mulched rice planting on microorganism ecological quality in a paddy field soil [J]. Chinese Journal of Rice Science, 2002, 16(3): 243-246. (in Chinese)
- [7] 郭树凡, 陈锡时, 汪景宽. 覆膜土壤微生物区系研究 [J]. 土壤通报, 1995, 21(6): 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, 21(6): 36-39. (in Chinese)
- [8] 巩杰, 黄高宝, 陈利项, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 69-73.
- Gong J, Huang G B, Chen L X, et al. Comprehensive ecological effect of straw mulch on spring wheat field in dryland area [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3): 69-73. (in Chinese)
- [9] 郑超, 谭中文, 刘可星, 等. 不同覆盖条件下甘蔗土壤微生物区系研究 [J]. 华南农业大学学报: 自然科学版, 2004, 25(2): 5-9.
- Zheng C, Tan Z W, Liu K X, et al. Study on soil microorganism community of sugarcane field under different mulch conditions [J]. Journal of South China Agricultural University: Natural Science Edition, 2004, 25(2): 5-9. (in Chinese)
- [10] 王小彬, 蔡典雄, 刘小秧, 等. 液膜覆盖对旱地小麦种植体系土壤微生物区系的影响 [J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 692-695.
- Wang X B, Cai D X, Liu X Y, et al. Effects of surface soil mulch of emulsified bituminous materials on soil microflora in the wheat cultivation systems [J]. Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(4): 692-695. (in Chinese)
- [11] 梁银丽, 张成娥, 郭东伟. 黄土高原区农田覆盖效应与前景分析 [J]. 中国生态农业研究, 2001, 9(1): 55-57.
- Liang Y L, Zhang C E, Guo D W. The benefit and prospect of farmland mulch on Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2001, 9(1): 55-57. (in Chinese)
- [12] 王丽学, 李宝筏, 刘洪禄. 农田覆盖技术及相关理论的发展现状与展望 [J]. 中国农村水利水电, 2002(1): 33-35.
- Wang L X, Li B F, Liu H L. Present situation and prospects of developing farmland mulching technique and related theories [J]. China Rural Water and Hydropower, 2002(1): 33-35. (in Chinese)
- [13] 庞新, 张福锁, 王敬国. 不同供氮水平对根际微生物量及微生物活度的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 476-480.
- Pang X, Zhang F S, Wang J G. Effects of different nitrogen on microbial biomass and microbial activity in rhizosphere soils [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2000, 6(4): 476-480. (in Chinese)
- [14] 樊军, 郝明德. 长期轮作与施肥对土壤主要微生物类群的影响 [J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 88-89.
- Fan J, Hao M D. Effects of long-term rotations and fertilizations on soil microflora [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2003, 10(1): 88-89. (in Chinese)
- [15] 罗明, 文启凯, 陈全家, 等. 不同用量的氮磷化肥对棉田土壤微生物区系及活性影响 [J]. 土壤通报, 2000, 31(2): 66-69.
- Luo M, Wen Q K, Chen Q J, et al. Influences of different nitrogen and phosphorus fertilizers on soil microflora and microbial activities in cottoned soil [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2000, 31(2): 66-69. (in Chinese)
- [16] 程丽娟, 薛泉宏, 来航线, 等. 微生物学实验技术 [M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- Cheng L J, Xue Q H, Lai H X. Experimental techniques of microbiology [M]. Xi'an: World Publishing Corporation, 2000. (in Chinese)
- [17] 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 Agricultural Publishing Company, 1999. (in Chinese)
- [18] 张宪武. 土壤微生物研究 [M]. 沈阳: 沈阳出版社, 1993.
- Zhang X W. Research of soil microorganism [M]. Shenyang: Shenyang Publishing Company, 1993. (in Chinese)
- [19] Hu S, Chapin F S, Firestone M K, et al. Nitrogen limitation of microbial decomposition in a grassland under elevated CO₂ [J]. Nature, 2001, 409: 188-191.
- [20] 黄健屏, 黄启敏, 范京南, 等. 八大公山原始次生林微生物类群的垂直分布 [J]. 中南林学院学报, 1998, 18(3): 51-56.
- Huang J P, Huang Q M, Fan J N, et al. The microbial three dimensional ecological distribution of Badagong Mountain national nature conservation region in Hunan province [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 1998, 18(3): 51-56. (in Chinese)
- [21] 陈仁华. 武夷山不同森林类型土壤微生物分布状况的研究 [J]. 福建林业科技, 2004, 31(4): 44-47.
- Chen R H. Studies of the distribution status of soil microorganisms of various forest types in Wuyishan [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2004, 31(4): 44-47. (in Chinese)