

水热条件和土壤类型对纤维素分解菌的影响^①

荣娟敏^{1,2,3}, 孙波^{1,2*}

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 国家红壤改良工程技术研究中心, 中国科学院红壤生态实验站, 江西鹰潭 335211; 3 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 试验选择中国东部 3 个气候带上的主要农田土壤: 寒温带黑龙江海伦的黏化湿润均腐土(黑土)、暖温带河南封丘的淡色潮润雏形土(潮土)和中亚热带江西鹰潭的黏化湿润富铁土(红壤), 在海伦、封丘和鹰潭 3 个生态试验站建立土壤置换试验, 研究玉米不同生育期水热条件和土壤类型对好氧性纤维素分解菌数量的影响。结果表明, 暖温带气候条件下土壤好氧性纤维素分解菌数量高于中温带和中亚热带气候条件; 土壤类型显著影响了土壤好氧性纤维素分解菌数量, 变化顺序为黑土>潮土>红壤; 在玉米不同生育期土壤纤维素分解菌数量的顺序均为抽雄期>收获后>种植前; 施用化肥提高了土壤中好氧性纤维素分解菌的数量。相关分析显示土壤好氧性纤维素分解菌数量与土壤有机质、全氮、全磷、全钾、含水量和 pH 值呈显著正相关, 土壤温度和含水量是影响土壤好氧性纤维素分解菌数量的重要环境因子。通径分析结果表明, 土壤养分是决定土壤好氧性纤维素分解菌数量的主要因子, 水热条件对其直接作用并不明显, 但水热、施肥、土壤类型对纤维素分解菌数量有显著的交互作用。

关键词: 水热条件; 土壤类型; 施肥; 玉米生育期; 纤维素分解菌

中图分类号: S154.2

我国每年产生农作物秸秆资源量超过 6 亿 t, 可以作为能源的秸秆达 3 亿 t 以上^[1]。秸秆还田可以提升土壤肥力, 减少焚烧秸秆的环境影响。纤维素是植物组织的主要成分, 分解纤维素的土壤微生物包括好氧性纤维素分解菌和厌氧性纤维素分解菌, 但主要由好氧性细菌纤维素的分解^[2]。

土壤性质、温度、含水量以及所处区域的气候因素等影响了分解纤维素的微生物数量与活性, 从而影响了土壤中纤维素的降解过程。须湘成和张继宏^[3]对有机物料在不同土壤中腐解残留率的研究发现, 玉米秸秆在棕黄土、冲击性草甸土上腐解一年后腐解率分别达到 65.7% 与 60.0%, 表明土壤类型影响了有机物料的降解速度。Mendelsohn 等^[4]研究了丹麦不同土壤盐分梯度下芦苇湿地中土壤纤维素降解速率的变化, 发现除了盐分最高区域纤维素降解速率最快, 其余处理均表现为随着土壤盐度的升高而降低。有研究表明不同海拔土壤纤维素酶活性变化规律并不明显^[5]; 而 Withington 和 Sanford^[6]发现不同海拔土壤中, 棉花枝条的降解速率随着海拔的升高而加快, 土壤湿度是影响纤维素降解的主控因子。Mathrani 等^[7]研究发

现性泉水和碱性泉水分别在 37℃、80℃ 培养下纤维素分解菌数量达到最高值, 说明土壤酸碱性和温度共同影响了纤维素分解菌数量。此外, 研究表明纤维素降解速度由气候、纤维素原料本身性质以及纤维素分解菌的数量和特性共同决定^[8]。但目前对于气候因子、土壤类型以及施肥对纤维素分解方面的综合影响仍然缺乏定量研究, 本文针对我国东部 3 种主要的农田土壤类型(东北黑土、华北平原潮土、南方红壤), 在中国科学院生态系统研究网络的农业生态试验站设置田间土壤互置试验, 研究玉米不同生育期水热条件、土壤类型以及施肥对土壤好氧性纤维素分解菌的综合影响及其交互作用, 为调控不同区域农田土壤中秸秆降解速率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤与试验设计

选择黄土母质发育的黑土、黄河冲击物发育的潮土和第四纪红黏土发育的红壤, 2005 年分别在代表寒温带大陆性季风气候的中国科学院海伦农业生态实验站、代表暖温带季风气候的中国科学院

①基金项目: 国家自然科学基金项目(40871123)和国家科技支撑计划项目(2011BAD41B01, 2009BAD6B003)资助。

* 通讯作者(bsun@issas.ac.cn)

作者简介: 荣娟敏(1986—), 女, 湖南岳阳人, 硕士研究生, 主要从事土壤生物化学研究。

封丘农业生态实验站、代表中亚热带季风气候条件的中国科学院鹰潭农业生态实验站设置土壤互置试验。黑土、潮土和红壤在中国土壤系统分类中分

别属于黏化湿润均腐土、淡色潮润锥形土和黏化湿润富铁土。试验站点地理位置与水热条件见表1。

表1 3个试验站点的气候条件

Table 1 Climate conditions of three experimental stations

试验站点	经纬度	气候类型	水热条件	
			年均温 (°C)	年降水量 (mm)
海伦	126°38' E, 47°26' N	寒温带大陆性季风气候	1.5	550
封丘	114°32' E, 35°01' N	暖温带半湿润季风气候	13.9	605
鹰潭	116°55' E, 28°15' N	中亚热带湿润季风气候	17.6	1 795

土壤置换试验小区为砖砌水泥覆盖, 小区隔离墙铺设防水层。试验小区规格为: 宽 1.2 m × 长 1.4 m × 深 1 m。2005 年 9—10 月, 在中国科学院海伦、封丘、鹰潭生态试验站按小区规格以 20 cm 为一层, 分层采集 1 m 深度的黑土、潮土和红壤剖面, 分别置换至海伦、封丘、鹰潭实验站, 分层填装到试验小区中。2006 年开始种植单季玉米, 品种为当地种植品种: 海伦为海育 6 号, 封丘为郑单 958, 鹰潭为澄海 11 号。试验设

施肥与不施肥两个处理, 3 次重复。施肥处理中肥料为尿素、磷酸氢二铵、氯化钾, 施肥量为 N 150 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²。种植期间采用雨养, 不灌溉。种植前条施底肥(1/2 氮肥、全部磷肥和钾肥), 玉米大喇叭口期追施尿素(1/2 氮肥)。小区建成后各个试验站均有 18 个小区(3 种土壤 × 2 种处理(施肥和不施肥处理) × 3 个重复)。玉米种植前土壤的基本性质见表 2。

表2 供试土壤的基本性状

Table 2 Basic chemical properties of studied soils

土壤	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	铵态氮 (mg/kg)	硝态氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH 值	碳/氮
黑土	52.03	2.29	0.98	14.98	21.55	15.44	26.72	158.16	5.39	22.82
潮土	8.84	0.70	0.74	12.99	16.30	14.75	10.88	64.76	7.72	13.93
红壤	8.51	0.73	0.27	7.15	20.62	11.45	33.62	198.57	3.99	13.07

1.2 土壤样品采集及分析

土壤样品采集于 2006 年玉米种植前、玉米抽雄期以及玉米收获后。海伦、封丘、鹰潭采样月份分别为: 5 月上旬、6 月上旬、4 月中旬(玉米种植前); 8 月上旬、7 月下旬、6 月上旬(玉米抽雄期); 10 月上旬、9 月中旬、8 月上旬(玉米收获后)。用混合法采集表层(0~20 cm)土壤样品, 采集的新鲜土样充分混匀过 2 mm 筛后, 一部分装入无菌塑料袋内, 贮存于 4°C 的冰箱中, 供测定好氧性纤维素分解菌计数用, 另一部分于室内自然风干、研磨、过筛后供土样基本理化性质测定。

土壤基本理化性质测定: 土壤有机质采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定; 全氮采用自动定氮仪测定; 铵态氮和硝态氮采用 2 mol/L KCl 浸提-连续流动分析仪测定; 全磷采用酸溶-钼锑抗比色法测定; 速效磷采用碳

酸氢钠提取-钼锑抗比色法测定; 全钾采用氢氧化钠熔融-火焰光度计法测定; 速效钾采用乙酸铵提取-火焰光度计法测定; pH 值采用电位法测定(其中黑土、潮土用 0.01 mol/L 的 CaCl₂ 浸提; 红壤用 1.0 mol/L 的 KCl 浸提, 水:土为 2.5:1); 含水量采用烘干法测定。具体方法参见《土壤农业化学分析方法》^[9]。

好氧性纤维素分解菌数量的测定: 用赫奇逊氏(Hutchinson)纤维素培养基培养-稀释法进行测定^[10]。数据的统计分析采用 SPSS16.0 完成。

2 结果与讨论

2.1 同种土壤在水热梯度带上的好氧性纤维素分解菌的变化

好氧性纤维素分解菌是分解纤维素的主要菌群, 水热等气候因子对好氧性纤维素分解菌数量有明显

的作用。在玉米不同生育期, 3 种土壤不论施肥或不施肥处理, 土壤好氧性纤维素分解菌数量在南北样带水热梯度带上差异明显, 变化范围为 $0.13 \times 10^3 \sim 40.1 \times 10^3$ cfu/g 干土, 但变化趋势依土壤、生育期的不同而呈现差异。图 1 显示在玉米种植前和收获后黑土和潮土在 3 个气候条件下呈现一致的规律, 即鹰潭 > 封丘 > 海伦; 而红壤则表现为封丘高于其他站点; 在玉米抽雄期黑土和潮土以及施肥处理的红壤好氧性纤维素分解菌数量均在暖温带气候条件下达到最高水平, 而红壤不施肥处理则在中亚热带气

候状况下高于其他气候区, 这种差异可能是由于好氧性纤维素分解菌数量的多少依赖于土壤性质本身所造成的。总体上, 3 种土壤在暖温带气候条件下好氧性纤维素分解菌数量较大, 在温带水热条件下达到最小值, 这可能与采样月均温和采样月降雨量有关。

在玉米生育期, 3 个站点月均温和月降雨量基本变化趋势为鹰潭最高, 封丘次之, 海伦最低。相关分析表明 3 种土壤好氧性纤维素分解菌数量均与月均温、月降雨量呈显著正相关(表 3)。

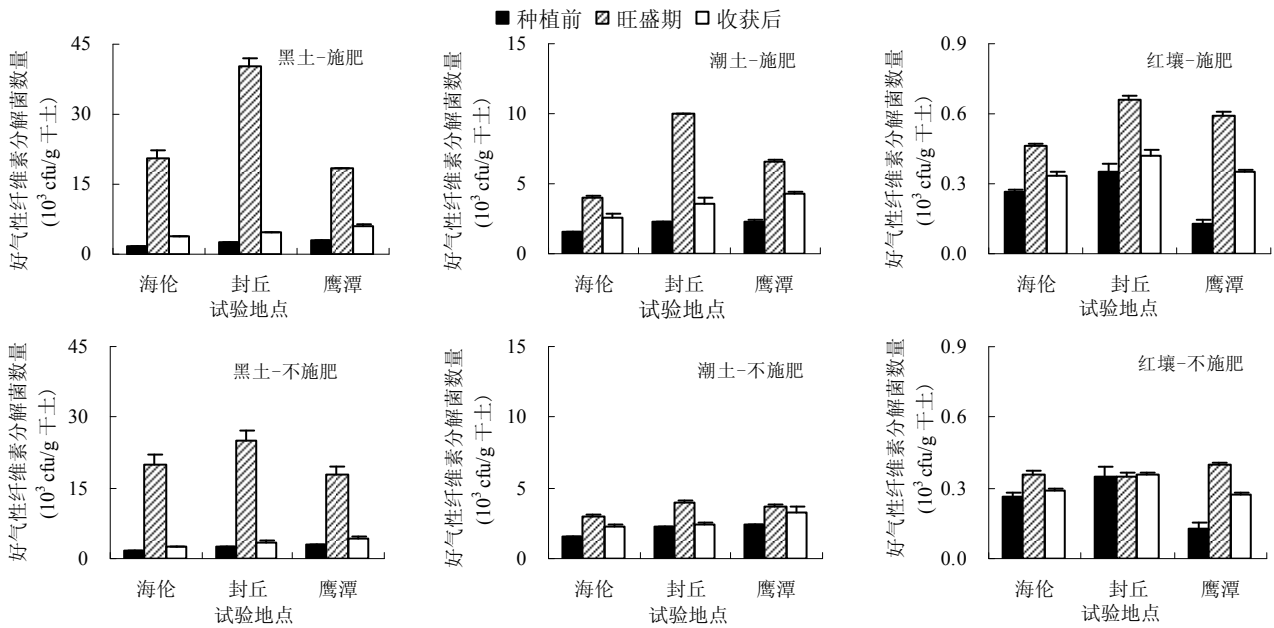


图 1 水热梯度带上 3 种土壤中好氧性纤维素分解菌数量在玉米不同生育期的变化

Fig. 1 Changes of soil aerobic cellulose degrading bacteria during the corn growth period in 3 soils along the climate gradient

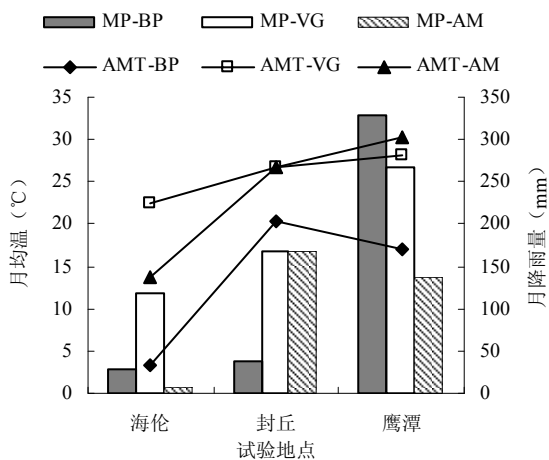
表 3 土壤好氧性纤维素分解菌数量影响因子的通径分析

Table 3 Path analysis of influencing factors for soil aerobic cellulose degrading bacteria

影响因子	相关系数	直接通径系数	间接通径系数							
			有机质	全氮	全磷	全钾	pH 值	含水量	月均温	月降雨量
有机质	0.499**	0.274		0.120	-0.216	0.320	0.010	0.050	-0.003	0.000
全氮	0.526**	0.124	0.265		-0.210	0.308	0.011	0.049	-0.002	0.000
全磷	0.408**	-0.283	0.209	0.092		0.415	-0.012	0.045	0.001	0.000
全钾	0.651**	0.618	0.142	0.062	-0.190		-0.033	0.044	0.010	-0.001
pH 值	0.172*	-0.053	-0.051	-0.026	-0.065	0.390		0.001	0.011	0.000
含水量	0.513**	0.097	0.142	0.063	-0.131	0.277	-0.001		0.006	-0.001
月均温	0.234**	0.076	-0.012	-0.003	-0.005	0.079	-0.007	0.008		-0.002
月降雨量	0.170*	-0.003	-0.014	-0.002	-0.029	0.117	-0.006	0.026	0.041	

注: * 表示在 $P < 0.05$ 水平显著相关, ** 表示在 $P < 0.01$ 水平显著相关。下同。

温度与降雨量通过影响土壤环境中氧气的溶解度、通气性等因素控制微生物生存与活性。李英年等^[11-12]发现纤维素分解过程除自身的季节变化规律外,与气象等环境因子有关,特别是与水热协调配合具有极显著线性正相关关系($P < 0.001$),并且纤维素分解强度与降水和气温的积温有很高的相关关系。Donnelly等^[13]研究了湿度、温度以及酸碱度对森林土壤纤维素与木质素降解的影响,结果发现当温度升高、湿度增加时,土壤纤维素与木质素的降解显著提高。本实验 3 个站点中,鹰潭的月均温与月降雨量均高于海伦与封丘(图 2),但鹰潭的纤维素分解菌数量并不是最高,原因可能是鹰潭降雨量频繁,暴雨大雨次数较多,对土壤扰动较大。已有研究表明土壤含水量变化较大,对微生物生存不利,导致微生物数量较少^[14]。在玉米整个生育期处于暖温带气候条件下的封丘地区温度与降雨量变化较平缓,为土壤微生物营造了一个相对稳定的生态系统,有利于好氧性纤维素分解菌的生长与繁殖,本实验中通径分析显示月均温对其产生正向影响,而月降雨量产生负向影响,但影响因子偏小(表 3)。



(采样月指含采样日的一句及其前两句; AMT, MP, BP, VG, AM 分别代表月均温、月降雨量、玉米种植前、玉米抽雄期以及玉米收获后)

图 2 2006 年玉米不同生育期 3 个站点采样月均温与月降雨量

Fig. 2 Monthly average temperature and monthly rainfall at three experimental sites during corn growth stages

2.2 不同土壤在同种水热条件下好氧性纤维素分解菌数量的比较

土壤类型不同,导致不同土壤在理化性状如土壤质地、pH 值、养分含量等方面存在差异,最终影响着土壤微生物的生长和活性^[15]。本实验结果表明在相同气候带上玉米不同生育期,不同土壤好氧性纤维素分

解菌数量的大小顺序均为黑土 ($2.46 \times 10^3 \sim 40.1 \times 10^3$ cfu/g 干土) > 潮土 ($1.51 \times 10^3 \sim 9.97 \times 10^3$ cfu/g 干土) > 红壤 ($0.13 \times 10^3 \sim 0.66 \times 10^3$ cfu/g 干土)。

不同类型的土壤由于其有机质含量、酸碱度、水分、母质不同,其中的微生物种类和数量也相应变化^[16]。土壤纤维素分解菌的活动及数量受土壤养分、有机质含量等因素影响明显。本试验的 3 种土壤中,黑土有机质和全氮含量分别是潮土和红壤的 5 倍和 2 倍。黑土养分容量和供应强度高,具有较高的土壤肥力,使黑土中纤维素分解菌的数量显著高于其他 2 种土壤。方差分析表明在同一水热条件下 3 种土壤间好氧性纤维素分解菌数量呈现出显著性差异;相关分析显示土壤好氧性纤维素分解菌数量与土壤有机质、氮磷钾全量达到极显著正相关水平,土壤全钾、有机质与好氧性纤维素分解菌数量的直接通径系数分别为 0.618、0.274,对好氧性纤维素分解菌数量的贡献居各影响因子前两位(表 3),说明土壤全钾和有机质在不同气候带上对土壤好氧性纤维素分解菌起到促进作用,且影响力最强。其他的一些研究也发现土壤纤维素分解菌数量随土壤养分含量的增加而增加。张崇邦等^[17]对浙江天台山不同林型土壤环境的微生物区系和细菌生理群的多样性研究表明影响好氧性纤维素分解菌分布的主要因素是土壤中的有机质含量 ($r = 0.7443$) 和全氮含量 ($r = 0.6305$);肖剑英等^[18]的研究表明纤维素分解菌的活跃程度与有机质的积累密切相关;章家恩等^[19]对 6 种土地利用方式下土壤微生物数量变化研究发现土壤微生物数量随土壤养分含量的增加而增加。施肥显著提高了土壤好氧性纤维素分解菌数量,这是因为施用化肥可以迅速提高土壤速效养分含量,能较快满足作物生长发育的营养要求,使归还土壤的根系分泌物、根系脱落物、枯枝落叶增多,增加了土壤中营养物质含量,为微生物创造良好的生存环境,加速了微生物的繁殖与活性。李秀英等^[22]研究了长期不同施肥制度对土壤微生物的影响及其与土壤肥力的关系,结果发现单施化肥处理中土壤纤维素分解菌数量要高于不施肥处理。

2.3 玉米不同生育期土壤纤维素分解菌的变化

土壤微生物是土壤营养物质循环的重要参与者,植物根系及其分泌物影响其生长与活性。本试验结果显示 3 个实验站点不论施肥与否,3 种土壤好氧性纤维素分解菌数量在玉米生育期内均表现出相同的变化规律,即玉米抽雄期 > 玉米收获后 > 玉米种植前,一般抽雄期是收获后的 3~4 倍,是种植前的 6~7 倍,表明植物覆盖以及玉米生长对土壤好氧性纤维素分解

菌数量的影响显著。

玉米生长的 3 个生育期, 海伦、封丘、鹰潭月均温均表现为玉米抽雄期最高, 玉米收获后次之, 玉米种植前最低, 这与土壤好氧性纤维素分解菌数量的变化趋势一致。相关分析表明月均温与好氧性纤维素分解菌数量有极显著的正相关关系($r = 0.234, P < 0.01$), 一般气温较高的环境更适合土壤微生物生长^[21]。同时土壤好氧性纤维素分解菌数量的高峰期正是玉米生育的旺盛时期, 该时期作物长势好, 根系分泌物多, 为微生物的活动提供了丰富的能源, 微生物活动较强, 数量增加, 在这一段时间内植被覆盖密度较高, 使土壤中的微生物种类更丰富, 群落多样性更高^[22]; 胡元森等^[23]通过对黄瓜不同生育期根际微生物区系的变化研究表明黄瓜根际微生物主要类群数量与黄瓜生长发育呈正相关关系, 根际微生物数量一般是由栽培时开始升高, 到花期或盛果期时达到最高峰。陈芝兰等^[24]研究表明土壤纤维素分解菌数量随着青稞生育期的推进而逐渐增加, 说明月均温、作物长势以及根系生长是导致土壤好氧性纤维素分解菌数量在不同生育期有差异的重要因素。

2.4 多因子交互作用对土壤好氧性纤维素分解菌数量的影响

水热、土壤类型以及施肥措施对玉米不同生育期土壤好氧性纤维素分解菌数量的影响是综合的。多重方差分析表明在玉米 3 个不同生育期水热×土壤、水热×施肥、土壤×施肥、水热×土壤×施肥等对土壤好氧性纤维素分解菌数量均有着显著的交互影响作用, 如表 4, 除了收获后施肥×水热以及施肥×水热×土壤类型, 其他因子的交互作用均达到了极显著水平。

表 4 影响因子对土壤好氧性纤维素分解菌数量的交互作用

Table 4 Interaction of influencing factors for soil aerobic cellulose degrading bacteria

影响因子	种植前 <i>F</i> 值	抽雄期 <i>F</i> 值	收获后 <i>F</i> 值
施肥		119.01**	202.14**
土壤类型	2 487.52**	2 642.94**	1 829.07**
水热	232.42**	166.33**	163.93**
施肥×土壤类型		31.52**	53.25**
施肥×水热		57.46**	4.93*
土壤类型×水热	77.62**	100.21**	48.36**
施肥×水热×土壤类型		27.48**	3.24*

温度、降雨、土壤类型、施肥耕作措施等因子是相互联系和相互制约的, 因此, 它们对土壤好氧性纤维素分解菌数量的影响并不是孤立而是共同作用的。

本实验研究结果表明在玉米生长的各个时期土壤类型、施肥、水热因素对好氧性纤维素分解菌数量的变化具有显著的交互作用。通径分析表明, 水热因素(月均温和月降雨量)对土壤好氧性纤维素分解菌数量的直接作用较小, 而土壤类型不同, 导致土壤肥力差异较大, 最终决定了土壤好氧性纤维素分解菌数量的分布。

3 结论

通过黑土、潮土、红壤在寒温带(黑龙江海伦)、暖温带(河南封丘)和中亚热带(江西鹰潭)的置换试验研究表明, 在玉米不同生育期, 3 种土壤的好氧性纤维素分解菌数量在水热梯度带上的变化规律并不一致, 其数量总体上在暖温带气候条件下高于中亚热带和中温带气候条件, 并且与采样月均温和月降雨量显著正相关。土壤类型显著影响了好氧性纤维素分解菌数量的变化, 其顺序总体上表现为: 黑土>潮土>红壤, 这种差异主要由土壤肥力条件不同决定, 影响因子包括有机质、全氮、全磷、全钾以及 pH 值, 其中有机质和全钾起主导作用, 最终决定了土壤好氧性纤维素分解菌数量的分布。在玉米的不同生育期, 3 个气候条件下土壤好氧性纤维素分解菌的数量均表现为: 抽雄期>成熟后>种植前, 表明月均温对土壤中好氧性纤维素分解菌数量有显著正向作用, 同时作物长势对土壤好氧性纤维素分解菌数量有较明显的促进作用。

参考文献:

- [1] 傅友红, 樊峰鸣, 傅玉清. 我国桔杆发电的影响因素及对策. 热电技术, 2008, 99(3): 1-6
- [2] 林先贵. 土壤微生物研究原理与方法. 北京: 高等教育出版社, 2008
- [3] 须湘成, 张继宏. 有机物料在不同土壤中腐解残留率的研究. 土壤通报, 1985, 16(1):21-26
- [4] Mendelssohn IA, Sorrell BK, Brix H, Schierup HH, Lorenzen B, Maltby E. Controls on soil cellulose decomposition along a salinity gradient in a Phragmites australis wetland in Denmark. Aquatic Botany, 1999, 4(3): 381-398
- [5] 赵超, 王兵, 戴伟, 吴永玲. 不同海拔毛竹土壤酶活性与土壤理化性质关系的研究. 河北果林研究. 2010, 25(1):1-6
- [6] Withington CL, Sanford RL. Decomposition rates of buried substrates increase with altitude in the forest-alpine tundra eco-tone. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39: 68-75
- [7] Mathrani I, Nielsen P, Hansen JS, Kristjansson J, Ahring B.

- Influence of pH and temperature on Enumeration of Cellulose and Hemi-cellulose Degrading thermophilic anaerobes in neutral and alkaline icelandic hot springs. *Applied and environmental microbiology*, 1993, 59(6):1 963-1 965
- [8] Couteaux MM, Bottner P, Berg B. Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends in Ecology and Evolution*, 1995, 10: 63-66
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [10] 许光辉. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986
- [11] 李英年, 姜文波. 亚高山草甸土纤维素分解过程及与环境因子的对应关系. *土壤通报*, 2000(3): 122-124
- [12] 姜文波, 王启兰, 杨涛. 高山草甸土纤维素分解的季节动态. *高寒草甸生态系统*, 1995(3): 183-187
- [13] Donnelly PK, Entry JA, Crawford DL, Cromack K. Cellulose and lignin degradation in forest soils: Response to moisture, temperature and acidity. *Microbial Ecology*, 1990, 20: 289-295
- [14] 姚拓, 龙瑞军. 天祝高寒草地不同扰动生境土壤三大类微生物数量动态研究. *草业学报*, 2006, 15(2): 93-99
- [15] Garbeva P, Van Veen JA, Van Elsas JD. Microbial diversity in soil: Selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*, 2004, 42: 243-270
- [16] 许光辉, 李振高. 微生物生态学. 南京: 东南大学出版社, 1991:104-111
- [17] 张崇邦, 金则新, 李均敏. 浙江天台山不同林型土壤环境的微生物区系和细菌生理群的多样性. *生物多样性*, 2001, 9(4):382-388
- [18] 肖剑英, 张磊, 谢德体, 魏朝富. 长期免耕稻田的土壤微生物与肥力关系研究. *西南农业大学学报*, 2002, 24(1): 82-85
- [19] 章家恩, 刘文高, 胡刚. 不同土地利用方式下土壤微生物数量与土壤肥力的关系. *土壤与环境*, 2002, 11(2):140-143
- [20] 夏北成. 植被对土壤微生物群落结构的影响. *应用生态学报*, 1998, 9(3): 296-300
- [21] 马丽萍, 张德罡, 姚拓. 高寒草地不同扰动生境纤维素分解菌数量动态研究. *草原与草坪*, 2005, 25(1): 29-33.
- [22] 李秀英, 赵秉强, 李絮花, 李燕婷, 孙瑞莲, 朱鲁生, 徐晶, 王丽霞, 李小平, 张夫道. 不同施肥制度对土壤微生物的影响及其与土壤肥力的关系. *中国农业科学*, 2005, 38(8):1 591-1 599
- [23] 胡元森, 吴坤, 刘娜, 陈红歌, 贾新成. 黄瓜不同生育期根际微生物区系变化研究. *中国农业科学*, 2004, 37(10): 1 521-1 526
- [24] 陈芝兰, 张涪平, 周小英. 不同作物根际土壤微生物的初步研究. *西藏科技*, 2004(7): 1-8

Effects of Climate Conditions and Soil Type on Aerobic Cellulose Degrading Bacteria

RONG Juan-min^{1,2,3}, SUN Bo^{1,2}

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;* 2 *National Engineering Research and Technology Center for Red Soil Improvement, Red Soil Ecological Experiment Station, Chinese Academy of Sciences, Yingtan, Jiangxi 335211, China;* 3 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: Effects and interactions of temperature-rainfall, soil type and fertilization on soil aerobic cellulose degrading bacteria (ACDB) number during the different growth periods of corn were studied by a soil reciprocal transplantation experiment installed in 3 experiment stations of Chinese Ecological Research Network, i.e. Hailun, Fenqiu and Yingtan Agro-ecological Experiment Station, which represented cold temperate, warm temperate and middle subtropical zone, respectively. Three types of cropland soils were selected, i.e. neutral black soil (Phaeozem), alkaline Chao soil (Cambisol) and acidic red soil (Acrisol). Then one-meter depth soil profiles for each soil were transplanted in 3 stations to build the field experiment. The results showed that the number of soil ACDB under warm temperate zone was higher than cold temperate and subtropical zones. Soil type controlled the change of ACDB, the total number of ACDB was highest in black soil, followed by chao soil and red soil. All treatments followed the same trend among the different corn growth periods with the highest number in corn vigorous growth period and least before corn planted. Fertilization could increase soil ACDB significantly. Statistical analysis revealed there was a significant positive correlation between the total number of soil ACDB and soil organic matter, total N, total P, total K, and soil pH ($P < 0.05$), soil temperature and water content were major environmental factors influencing the number of ACDB, but soil nutrient contents instead of climate conditions have critical effects on the activities of ACDB. There were significant interactions of climate, soil type and fertilization on the change of soil ACDB.

Key words: Climate condition, Soil type, Fertilization, Corn growth period, Aerobic cellulose degrading bacteria