

我国森林土壤中苏云金芽孢杆菌生态分布的研究

戴莲韵 王学聘 杨光澄 张万儒

(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091)

摘要 从我国8个森林立地带(寒温带、中温带、暖温带、北亚热带、中亚热带、南亚热带、高原亚热带、热带)所属的13个自然保护区,采集了0-5cm土层林下土壤样品384个。测定了土壤pH、水分和养分,从中分离观察芽孢杆菌菌落1873个,分离出苏云金芽孢杆菌79株,并对其所属亚种进行了初步鉴定。其平均出土率和分离率分别为14.32%和4.21%。研究了芽孢杆菌和苏云金芽孢杆菌在森林土壤中生态分布的规律及苏云金芽孢杆菌对6种昆虫的室内毒力测定,从中筛选出不少的高效菌株,为研究苏云金芽孢杆菌在我国森林生态系中资源的保护、开发和利用,具有重要意义。

关键词 森林立地带,自然保护区,芽孢杆菌,苏云金芽孢杆菌,生态分布

苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*)生态学和地理分布问题,早在60年代初已经提出,并开始进行研究^[1]。最初人们只注意从自然感病昆虫饲养环境中分离这一类型的昆虫病原,一方面为了发现新资源,筛选毒力高的菌种进行害虫防治,另一方面为保护有益昆虫(养蚕业)的饲养环境。Ohba (1986)^[2], Delucca (1981)^[3]和李荣森(1990)^[4]等学者,曾对日本、美国,我国部分地区农田和森林土壤中苏云金杆菌的分布进行了研究,不仅发现了许多新资源,同时证明了苏云金芽孢杆菌是土壤中分布广泛的微生物类群之一。我国地处不同森林立地带,有着丰富的土壤资源,特别是那些保持原地貌,不同森林立地环境的森林土壤对深入研究苏云金芽孢杆菌生态分布和资源开发利用,有着特殊意义。为此,1990—1993年作者比较系统地进行了地处我国8个不同森林立地带的13个自然保护区384个森林土壤样品中芽孢杆菌和苏云金芽孢杆菌的生态分布规律的研究。作者曾报道过部分研究结果^[5,6]。本文系统地分析了苏云金芽孢杆菌在我国森林土壤中的生态分布。

1 材料和方法

1.1 自然概况

土壤样品采集地,根据张万儒^[7]等人(1992)“中国森林立地分类系统”,选自地处我国8个不同森林立地带中的13个自然保护区林下土壤,主要自然概况和地理分布见图(略)和表1。

• 本文为国家自然科学基金项目“我国森林土壤中苏云金芽孢杆菌生态分布的研究”内容;原北京农业大学生物学院91、92届毕业生实习生顾欣、余纯健参加部分工作。

本文于1994年2月24日收到。

表1 8个立地带自然概况*
Table 1 General situation of eight site zones

立地带 SZ	气温>10℃ 日数 T>10℃ (d)	自然保护区 NR	土壤类型 Type of soil	主要植被 The major plant cover	采集土壤 Collection of soil samples	
					海拔高度 Altitude (m)	样数(个) Samples (No)
寒温带 CTZ	<105	大兴安岭 根河潮查 CC	棕色针叶林土 BCFS	兴安落叶松(<i>Larix gmelinii</i>) 兴安杜鹃(<i>Rhodod endron dauricum</i>) 杜香(<i>Ledum palustre</i>)等	1000	20
中温带 TZ	106--180	带岭 DL	暗棕壤 DBE	长白落叶松(<i>Larix olgensis</i>) 红松(<i>Pinus koraiensis</i>) 水曲柳(<i>Fraxinum mand shurica</i>)等	280	10
		长白山 CBS			600	13
暖温带 WTZ	181--225	百花山 BHS	棕壤 BE	华北落叶松(<i>Larix principisrupprechtii</i>)	1100	22
		千佛山 QFS	石灰性褐土 CCS	黑松(<i>Pinus thubergii</i>) 油松(<i>Pinus tabulaeformis</i>) 栎(<i>Quercus</i> spp.)	150--200	10
		崂山 LS	始成棕壤 IBE	侧柏(<i>Platycladus orientalis</i>)等	100--200	10
北亚热带 NSZ	226--240	黄山 HS	山地黄棕壤 MYBE	杉木(<i>Cunning hamia lanceolata</i>) 马尾松(<i>Pinus massoniana</i>) 黄山松(<i>Pinus taiwanensis</i>)等	1600--1800	19
		紫金山 ZJS	黄棕壤 YBE		100--200	20
中亚热带 SZ	241--285	武夷山 WYS	红壤 RS 黄壤 YS	青冈栎(<i>Cyclobalanopsis glauca</i>) 樟(<i>Cinnamomum</i> sp.) 石栎(<i>Lithocarpus</i> sp.) 苦槠(<i>Castanopsis sclerophylla</i>)等	200--400	20
南亚热带 SSZ	286--365	鼎湖山 DHS	砖红壤性 红壤 LYE	锥栗(<i>Castanea henryi</i>) 厚壳桂(<i>Cryptocarya chinensis</i>) 云南银柴(<i>Aporosa yunnanensis</i>)等	200	20
高原 亚热带 SPHZ	I < 0	卧龙 WL	高山寒漠土 ACDS	雪莲(<i>Saussurea involucrata</i>) 地衣(<i>Cladonia</i> spp.)等	4400	20
	II < 20		高山草甸土 AMS	蓼(<i>Polygonum</i> spp.) 蒿(<i>Artemisia</i> spp.) 茅(<i>Perotis</i> spp.)等	4100	20
	III < 40		亚高山草甸土 SMS	蒿草(<i>Kobresia</i> spp.) 高原毛茛(<i>Ranunculus brotherusii</i>)等	3800	20
	IV < 105		山地棕色 暗针叶土 MBCFS	杜鹃(<i>Rhodod endron</i> spp.) 箭竹(<i>Sinarund inaria</i> spp.)等	3300	20
	V 106--180		山地暗棕壤 MDBE	铁杉(<i>Tsuga chinensis</i>) 云杉(<i>Picea asperata</i> spp.)等	2450	20
	VI 181--225		山地棕壤 MBE	椴(<i>Tilia</i> spp.)、槭(<i>Acer</i> spp.) 稠李(<i>Prunus padus</i> spp.)等	2000	20
	VII 226--240		山地黄棕壤 MYBE	栎(<i>Quercus</i> spp.)、槭(<i>Acer</i> spp.) 稠李(<i>Prunus padus</i> spp.)等	1800	20
	VIII 241		山地黄壤 MYE	樟(<i>Cinnamomum</i> spp.) 楠(<i>Phoebe</i> spp.)	1375	20
	IX 285		山地黄壤 MYE	栎(<i>Quercus</i> spp.)等	1200	20
热带 TZ	365	尖峰岭 JFL	砖红壤性黄壤 LYE	红稠(<i>Lithocarpus fenzelianus</i>) 海南紫荆木(<i>Madhuca hainanensis</i>) 中华厚壳桂(<i>Cryptocarya chinensis</i>)	800	20
		西双版纳 XSBN	褐色砖红壤 CLRE	椰子(<i>Cocos nucifera</i>) 油棕(<i>Elaeis guineensis</i>) 龙脑香科(<i>Dipterocarpaceae</i>) 使君子科(<i>Combretaceae</i>)	600--700	20

*SZ—Site zone	QFS—Qian fo shan	LS—Lao shan
MYBE—Mountain yellow brown earth	CTZ—Cool temprate zone	HS—Huang shan
YBE—Yellow brown earth	TZ—Temperate zone	ZJS—Zi jin shan
RS—Red soil	WTZ—Warm temprate zone	WYS—Wu yi shan
YS—Yellow soil	NSZ—North subtropical zone	DHS—Ding hu shan
LRE—Lateritic red earth	SZ—Subtropical zone	WL—Wo long
ACDS—Alpine cool desert soil	SSZ—South subtropical zone	JFL—Jian feng ling
AMS—Alpine meadow soil	HPSZ—High plateau subtropical zone	XSBN—Xi shuang ban na
SMS—Subalpine meadow soil	TZ—Tropical zone	NR—Natural researves
MBCFS—Mountain brown coniferous forest soil	BCFS—Brown coniferous forest soil	CC—Chao cha
DBE—Dark brown earth	MDBE—Mountain dark brown earth	DL—Dai ling
BE—Brown earth	MBE—Mountain brown earth	CBS—Chang bai shan
CCS—Calcareous cinnamon soil	MYE—Mountain yellow earth	BHS—Bai hua shan
IBE—Inceptisol brown earth	LYE—Lateritic yellow earth	
	CLRE—Cinnamon lateritic red earth	

1.2 土壤样品采集方法

采用随机踏采的方法,采自8个不同森林立地带中的13个自然保护区,0—5cm 土层林下土壤,其样品数量见表1。

1.3 芽孢杆菌及苏云金芽孢杆菌的分离

芽孢杆菌及苏云金芽孢杆菌的分离方法见参考文献[5]。苏云金芽孢杆菌的出土率和分离率均以同一类型土壤为单位,按下列公式计算:

$$\text{出土率}(\%) = \frac{\text{含有苏云金芽孢杆菌的土样数量}}{\text{试验土样总数量}} \times 100$$

$$\text{分离率}(\%) = \frac{\text{分出苏云金芽孢杆菌数量}}{\text{观察芽孢杆菌的总数量}} \times 100$$

1.4 苏云金芽孢杆菌亚种的鉴定

主要采用11项生理生化特性与营养细胞酯酶型相结合的方法^[9]。

1.5 土壤 pH、水分和养分测定

用 pH S-3型酸度计(上海第二分析仪器厂)测定土壤悬浮液的 pH 值,土壤水分和养分测定见参考文献 [10]。

1.6 室内生物测定

1.6.1 供试昆虫:鳞翅目(Lepidoptera):杨扇舟蛾(*Clostera anachoreta*),舞毒蛾(*Lymantria dispar*),2—3龄幼虫,马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus*)室内饲养2龄幼虫。鞘翅目(Coleoptera):榆蓝叶甲(*Pyrrhalta aenscens*)和黄粉甲(*Tenebrio molitor*)幼虫。膜翅目(Hymenoptera):落叶松叶蜂(*Pristiphora erichsonii*)幼虫。

1.6.2 测定方法:将培养2—4天后产生伴孢晶体的苏云金芽孢杆菌斜面培养物,用3—5ml 0.1% Tween 80无菌蒸馏水制成菌悬浮液,均匀涂布于待测昆虫取食的枝叶上或人工饲料中,自然风干,放入虫试器皿,同时以0.1% Tween 80无菌水涂于饲料为对照,每个处理放入供试昆虫幼虫20头,于光照培养箱(25℃±1℃周期12小时/24小时)或室温,每天观察死亡情况。计算其死亡百分率。按其死亡率高低分为高效株,有效株和无效株3个等级。

表2 不同森林立地带土壤中芽孢杆菌数量与其生态因子的关系

Table 2 Relation between the number of *Bacillus* and the ecological factor in different size zone of forest soil

立地带 SZ	自然 保护区 NR	土 壤 Soil								芽孢杆菌总数 (个/g干土) Total No. /g of <i>Bacillus</i>	
		类型 Type	pH	含水量 Mc (g/kg)	水解 N HN (mg/kg)	有效 P AP (mg/kg)	速效 K RAK (mg/kg)	全 N TN (g/kg)	有机质 OM (g/kg)	自然保护区 NR	立地带 SZ
寒温带 CTZ	大兴安岭 根河调查 CC	棕色针叶 林土 BCFS	5.8-7.0	296	212	2.45	116	1.78	57.30	1.08×10 ⁶	1.08×10 ⁶
中温带 TZ	带岭 DL	暗棕壤 DBE	6.0-7.2	100	895	44.3	730	9.73	236.0	4.85×10 ⁶	3.275×10 ⁶
	长白山 CBS		5.8-7.0	452	415	5.86	163	3.05	70.46	1.70×10 ⁶	
暖温带 WTZ	百花山 BHS	棕壤 BE	7.3-7.4	128	280	6.95	201	2.25	40.91	3.30×10 ⁶	3.13×10 ⁶
	千佛山 QFS	石灰性褐土 CCS	8.0-8.4	138	232	15.8	290	3.41	63.70	4.70×10 ⁶	
	崂山 LS	始成棕壤 IBE	7.0-7.5	122	170	9.95	170	1.86	40.60	1.39×10 ⁶	
北亚 热带 NSZ	黄山 HS	山地黄棕壤 MYBE	5.2-6.0	706	536	6.79	150	5.89	155	1.15×10 ⁶	1.95×10 ⁶
	紫金山 ZJS	黄棕壤 YBE	6.1-6.8	298	227	19.0	145	2.41	64.8	2.81×10 ⁶	
中亚 热带 SZ	武夷山 WYS	红壤 RS 黄壤 YS	5.2-6.5	280	229	18.1	170	3.06	85.5	1.40×10 ⁶	1.40×10 ⁶
南亚 热带 SSZ	鼎湖山 DHS	砖红壤性红壤 LYE	4.3-4.9	39.6	436	7.37	94.3	3.43	67.1	0.97×10 ⁶	0.97×10 ⁶
高原亚 热带 SPHZ	卧 龙 W.L	I 高山寒漠土 ACDS	6.7-7.1	1110	627	690	195	6.62	161	0.082×10 ⁶	1.51×10 ⁶
		II 高山草甸土 AMS	6.8-7.1	666	724	219	235	8.89	186	0.153×10 ⁶	
		III 亚高山草甸土 SMS	6.8-7.3	558	593	380	110	6.53	144	0.491×10 ⁶	
		IV 山地棕色 暗针叶土 MBCFS	5.0-7.5	706	317	290	115	3.61	91.8	0.295×10 ⁶	
		V 山地暗棕壤 MDBE	5.1-7.6	733	244	156	195	2.58	54.2	0.467×10 ⁶	
		VI 山地棕壤 MBE	6.8-7.1	158	245	73.5	100	2.30	43.7	2.65×10 ⁶	
		VII 山地黄棕壤 MYBE	7.2-7.8	450	362	52.0	135	3.82	74.8	5.03×10 ⁶	
		VIII 山地黄壤 MYE	6.8-7.3	9.6	139	31.2	60	1.81	37.3	0.685×10 ⁶	
		IX 山地黄壤 MYE	5.2-7.6	343	312	24.9	100	3.16	69.0	3.78×10 ⁶	
热带 TZ	尖峰岭 JFL	砖红壤性黄壤 LYE	4.9-7.0	271	347	7.47	116	1.87	37.2	1.65×10 ⁶	6.505×10 ⁶
	西双版纳 XSBN	褐色砖红壤 CLRE	6.0-7.5	264	236	12.0	230	5.01	40.8	11.36×10 ⁶	

• MC Moisture content
HN Hydrolysable N
AP Available P

RAK Rapidly available K
TN Total N
OM Organism matter

2 结果与分析

2.1 不同森林立地带土壤中芽孢杆菌的数量分布与其生态因子的关系

8个不同立地带所属各自然保护区森林土壤中芽孢杆菌的总数量(个/g干土)与其生

态因子的相关性见表2。表2表明:芽孢杆菌在8个森林立地带土壤中分布广泛,数量变化范围为 $0.97\times 10^6\sim 6.505\times 10^6/\text{g}$ 干土。芽孢杆菌数量分布的变化与各立地带生态因子之间的相关性(见表1,2)表现为:(1)菌数与气温明显相关。热带最高,中、暖温带和亚热带、寒温带地区次之。(2)土壤含水量在100—500g/kg地区的菌数高于水分在500g/kg以上和10g/kg以下的地区。(3)酸性土壤比偏中性土壤菌数明显偏低,如南亚热带的鼎湖山自然保护区,由于酸性土壤为主导因子,因而菌数最低。(4)土壤养分组成及土壤类型的不同与芽孢杆菌数量分布之间均表现出明显的相关性。总之,芽孢杆菌的数量在不同森林立地带土壤中的变化规律与其生命活动所处地区的生态因子,如:温度、光照、湿度、pH、土壤养分组成、生物群落、所处地理位置等综合生态因子密切相关。其主要因子是水、热条件。

2.2 苏云金芽孢杆菌的出土率和分离率

苏云金芽孢杆菌的出土率和分离率在各立地带森林土壤中的分布规律见表3。

表3 不同立地带森林土壤中苏云金芽孢杆菌的分布

Table 3 Distribution of *Bacillus thuringiensis* in forest soil of different site zone

立地带 SZ	出土率 Number of soil samples contained <i>Bacillus thuringiensis</i> /number of soil samples tested		分离率 Number of <i>Bacillus</i> <i>thuringiensis</i> isolated/number of sporeforming bacteria examined	
	比 例 Ratio	百分率 (%)	比 例 Ratio	百分率 (%)
寒温带 CTZ	1/20	5.00	2/56	3.57
中温带 TZ	9/23	39.13	14/129	10.85
暖温带 WIZ	10/42	23.80	15/240	6.25
北亚热带 NSZ	5/39	12.82	6/214	2.80
中亚热带 SZ	5/20	25.00	6/135	4.44
南亚热带 SSZ	5/20	25.00	6/146	4.11
高原亚热带 SPHZ	4/180	2.22	5/738	0.68
热带 TZ	16/40	40.00	25/215	11.63
总计 Total	55/384	14.32	79/1873	4.21

上述结果表明,在8个不同森林立地带土壤中苏云金芽孢杆菌的出土率和分离率与芽孢杆菌数量分布表现出类似的规律,热带、中温带最高,暖温带和中、南亚热带区次之,高原亚热带最低。分离率变化的幅度从高寒地区到热带区为0.68—11.63%,平均分离率为4.21%。这一结果与 Delucca (1981) 和 Ohba (1986) 对美国科罗拉多州未开垦的森林土和日本18个县136个森林土样中苏云金芽孢杆菌分离率分别为12.5%和2.7%相比,介于二者之间。不仅说明苏云金芽孢杆菌生态分布规律与不同立地条件的各生态因子密切相关,而且说明在世界各地均有广泛分布。

2.3 苏云金芽孢杆菌亚种的分布

对79株苏云金芽孢杆菌形态特征,11项生理生化特性及营养细胞酯酶型进行了所属

亚种的初步鉴定, 结果见文献 [5, 6]。其生态分布情况 (表4) 表明: 苏云金芽孢杆菌库尔斯塔亚种 (*Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) 除寒温带 (大兴安岭根河潮查自然保护区) 外, 其余各立地带中均有分布, 其数量占总分分离数量的52%。这一结果与美国 Delucca 等 (1981) 对美国科罗拉多州 (Colorado) 未开垦的森林土壤中库尔斯塔亚种出现的频率45.9%相近似, 松蠹亚种 (*Bacillus thuringiensis* subsp. *dendrolimus*) 在中温带, 暖温带和北亚热带的长白山、百花山、紫金山和热带的西双版纳自然保护区森林土壤中均有分布, 占总分分离数量的14%。未定名的特殊类型菌株, 除高原亚热带卧龙自然保护区外, 其余各立地带中均有发现, 是否新亚种, 有待进一步研究。

表4 苏云金芽孢杆菌亚种在8个立地带13个自然保护区森林土壤中的分布
Table 4 Distribution of *Bacillus thuringiensis* subspecies in forest soil of 8 forest site zones (13 nature reserves)

苏云金芽孢杆菌 亚种名称 (<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp.)	寒温带 CTZ	中温带 TZ		暖温带 WTZ			北亚 热带 NSZ		中亚 热带 SZ	南亚 热带 SSZ	高原 亚热带 SPHZ	热带 TZ		总数 Total	占总数 (%) Percentage
	根河 潮查 CC	带岭 DL	长白山 CBS	百花山 BHS	千佛山 QFS	螃山 LS	黄 山 HS	紫金 山 ZJS	武夷 山 WYS	鼎湖 山 DHS	卧龙 WL	尖峰 岭 JFL	西双 版纳 XSBN		
库尔斯塔亚种 (<i>kurstaki</i>)	0	2	2	2	5	0	2	0	4	5	5	8	6	41	52
松蠹亚种 (<i>dendrolimus</i>)	0	0	4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	3	11	14
未定名亚种 Unknown subsp.	2	2	4	6	0	0	0	2	2	1	0	5	3	27	34

2.4 苏云金芽孢杆菌对6种昆虫室内毒力测定的比较

79株苏云金芽孢杆菌对6种昆虫室内毒力测定结果详见文献 [5, 6]。本文按其死亡率分为高效株 (死亡率50—100%); 有效株 (死亡率10—50%) 和无效株 (死亡率在10%以下) 3个等级, 分析了来自各立地带菌株对6种昆虫杀虫活性的比较, 结果见表5。

从表5看出, 79株苏云金芽孢杆菌对鳞翅目的3种林业害虫杨扇舟蛾、舞毒蛾和马尾松毛虫高效菌株数分别为48株、62株和51株, 占总分分离株的60%以上。其分布情况, 除寒温带外在其余各立地带中均有广泛分布, 对所试的两种鞘翅目害虫黄粉甲和榆蓝叶甲幼虫均未显示明显的杀虫效果。对部分菌株进行了膜翅目害虫落叶松叶蜂幼虫的毒力测定, 结果表明: 高效株为10株, 占参试菌株的35.7%。上述结果对我国不同森林立地生态系统中, 苏云金芽孢杆菌的生物多样性保护的研究和杀虫微生物的开发和利用, 均具有十分重要的意义。

3 结论

通过对不同森林立地带所属的13个自然保护区384个森林土壤样品中芽孢杆菌和苏云金芽孢杆菌的研究表明, 它们在森林土壤中有着广泛的分布, 其数量分布规律与不

表5 苏云金芽孢杆菌对6种昆虫的毒性比较*

Table 5 Toxicity comparison of *Bacillus thuringiensis* against 6 insects

立地带 SZ	自然 保护区 NR	试验菌 数(个) Number of strain	杨扇舟蛾4天 死亡率(%) Ca 4d M			舞毒蛾3天 死亡率(%) La 3d M			马尾松毛虫6 天死亡率(%) Dp 6d M			黄粉甲9天 死亡率(%) Tm 9d M			榆蓝叶甲7天 死亡率(%) Pa 7d M			落叶松叶蜂3 天死亡率(%) Pe 3d M		
			无效 IE	有效 EF	高效 HE	无效 IE	有效 EF	高效 HE	无效 IE	有效 EF	高效 HE	无效 IE	有效 EF	高效 HE	无效 IE	有效 EF	高效 HE	无效 IE	有效 EF	高效 HE
寒温带 CTZ	根河潮河 CC	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	—	—	—
中温带 TZ	带岭 DL 长白山 CBS	4	2	0	2	2	0	2	1	1	2	4	0	0	4	0	0	1	0	3
		10	4	1	5	1	1	8	1	2	7	10	0	0	10	0	0	1	3	2
暖温带 WTZ	百花山 BHS 千佛山 QFS 蟒山 LS	10	2	2	6	1	2	7	4	0	6	10	0	0	10	0	0	2	—	—
		5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	5	0	0	5	0	0	—	2	1
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
北亚热带 WSZ	黄山 HS 紫金山 ZJS	2	0	1	1	1	0	1	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	2	0
		4	2	0	2	2	0	2	2	0	2	4	0	0	4	0	0			—
中亚热带 SZ	武夷山 WYS	6	0	3	3	2	0	4	1	1	4	6	0	0	6	0	0	0	3	3
南亚热带 SSZ	鼎湖山 DHS	6	0	0	6	0	0	6	2	0	4	6	0	0	6	0	0	—	—	—
高原亚热带 SPHZ	卧龙 WL	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	5	0	0	5	0	0	0	4	1
热带 TZ	尖峰岭 JFL 西双版纳 XSNB	13	7	2	4	0	0	13	6	1	6	13	0	0	13	0	0	—	—	—
		12	1	2	9	0	3	9	3	0	9	12	0	0	12	0	0	—	—	—
合计 Total		79	20	11	48	11	6	62	23	5	51	79	0	0	79	0	0	4	14	10

*Ca—*Clostera anachoreta*

Tm—*Tenebrio molitor*

IE—inefficient

Ld—*Lymantria dispar*

Pa—*Pyrhalla aenscens*

EF—efficient

Dp—*Dendrolimus punctatus*

Pe—*Pristiphora erichsoii*

HE—high efficient

M—Mortality

"—"为未做。

同立地带的水,热条件,土壤pH,养分组成,所处地理位置及植被等综合生态因子密切相关。

苏云金芽孢杆菌在我国森林土壤中的出土率和分离率分别为14.32%和4.21%,优势亚种为库尔斯塔亚种(*Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*)和松蠹亚种(*Bacillus thuringiensis* subsp. *dendrolimus*)分别占总分分离数量的52%和14%,未定名的特殊类型菌株也占相当大的比例,是否为新亚种,有待进一步研究。

森林土壤中所分离的苏云金芽孢杆菌对三种主要森林害虫(杨扇舟蛾,舞毒蛾,马尾松毛虫幼虫)高效菌株占60%以上,而且分布广泛,对膜翅目害虫落叶松叶蜂高效菌株占所试菌株的35.7%,为我国森林害虫生物防治提供了适宜各种生态环境的资源。

参 考 文 献

- [1] 喻子牛主编. 苏云金芽孢杆菌. 北京: 科学出版社, 1990. 365—370.
- [2] Ohba M, Aizawa K. *J Invert Path*, 1986, **47** (3), 277—282.
- [3] Delucca A J, Simoson J G, Larson A D. *Can J Microbiol*, 1981, **27** (9): 865—870.
- [4] 李荣森, 戴顺英, 李小刚, 等. 微生物学报, 1990, **30** (5): 380—388.
- [5] 戴莲韵, 王学聘, 杨光滢, 等. 林业科学研究, 1993, **6** (6): 621—626.
- [6] 戴莲韵, 王学聘, 杨光滢, 等. 林业科学, 1994, **30** (2): 21—27.
- [7] 张万儒, 盛炜彤, 蒋有绪, 等. 林业科学研究, 1992, **5** (3): 251—262.
- [8] 许光辉, 郑洪元主编. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986. 92—105.
- [9] 戴莲韵, 王学聘. 微生物学报, 1988, **28** (4): 301—306.
- [10] 中国林业科学研究院林业研究所土壤室. 森林土壤分析方法 (第三分册). 北京: 中国标准出版社, 1987.

STUDIES ON THE ECOLOGICAL DISTRIBUTION OF *BACILLUS THURINGIENSIS* IN FOREST SOILS OF CHINA

Dai Lianyun Wang Xuepin Yang Guangying Zhang Wanru

(The Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091)

Abstract A total of 384 forest soils samples at 0—5cm depth collected from 8 forest site zones (13 Natural Reserves) in China were examined for the distribution of *Bacillus* and *Bacillus thuringiensis*. The 79 cultures (4.21%) in 1873 isolates of *Bacillus* collected referable to the *Bacillus thuringiensis*. Soil pH, moisture content and soil nutrient were determined. Rules of the ecological distribution of *Bacillus thuringiensis* of 8 forest site zones in China were analysed. Toxicities against 6 species of insect were tested. Strain some efficient serains were obtained. It was shown that resource of *Bacillus thuringiensis* is much fruitful in forest soils of China.

Key words Forest site zone, Natural reserves, *Bacillus*, *Bacillus thuringiensis*, Ecological Distribution