

白浆土微生物学特性和生物学活性的研究*

汤树德

(黑龙江八一农垦大学)

摘 要

本研究报道了白浆土垦植前后不同肥力耕层土壤细菌、放线菌和真菌数量;芽孢杆菌、真菌和好气纤维素细菌的优势组成;土壤接触酶、转化酶和脲酶活性,以及纤维素分解率和呼吸活性,并检测了固氮菌的拮抗生物活性。

研究表明,耕作层(黑土层)下亚表层土壤的不良农化和生物学性状,通过不变动土壤层次,以大量有机能源物质并配合无机肥料一次富集于该土层中,可迅速强化该层土壤生物学活性,并达到改善其土体构型的目的。

白浆土广泛分布在我国吉林和黑龙江省的兴安岭、长白山和完达山的两侧,尤其在黑龙江东部的抚远以南,兴凯湖以北分布较为集中,是东北垦区的主要耕种土壤之一,也属低产土壤之列。由于对其土壤生物学性状缺乏全面认识,因此近年来,我们对此做了一些工作,现将研究结果报告如下。

一、研究方法

土样:荒地采用土壤钻分层取样(多点混合土样)。耕地采用显露耕层断面后,避开作物残体集中处,或距残体10厘米以外采取土样。新鲜土壤于24小时内布置完毕分析实验。

土壤微生物数量测定:固氮菌采用无氮琼脂平皿接种土粒(统计有固氮菌生长土粒的百分率);纤维素分解率采用土培棉布条失重法;固氮菌拮抗活性采用观察生长在固氮菌琼脂上被检物周围有无抑菌圈;细菌、放线菌、真菌数量采用平皿分离。

土壤酶活性测定:以甲苯作抑菌剂(接触酶活性测定不加),在加有相应酶作用底物的相应pH值的磷酸缓冲液中,加入通过1毫米筛孔的定量新鲜土壤,于不同条件下进行反应。以每克干土于24小时内产生的葡萄糖毫克数作为转化酶活性单位;生成 NH_3 -N毫克作为脲酶活性单位;以每克干土消耗0.1N KMnO_4 毫升数表示接触酶活性单位。土壤呼吸活性用附有 CaCl_2 通气管呼吸瓶的容量滴定法。

二、结果和讨论

(一) 白浆土微生物数量

荒地开垦利用后,由于改善了土壤微生物生态环境,致使在一般情况下,耕层(0—20

* 顾祖宜、桑祥林和欧连跃同志曾先后参加过阶段工作,在研究过程中承蒙中国科学院林土所张宪武研究员、周礼恺副研究员指导;南京农业大学樊庆奎教授对论文进行审阅,在此一并致谢。

表 1 白浆土荒地 and 耕地土壤微生物数量

Table 1 Amount of soil microorganisms in cultivated uncultivated albic soils

土 壤 Soil	有机质 (%) O. M.	全 氮 (%) Total N	水解氮 (mg/100g) Hydrolysable N	细 菌 Bacteria (×10 ⁶ /g)	放 线 菌 (×10 ⁶ /g) Actinomycetes	真 菌 (×10 ³ /g) Fungi	B/F	微生物总数 (×10 ⁶ /g) T. A. of microbes
荒 地	5.19±1.21	0.350±0.096	—	8.5±2.1	5.6±1.3	52±17	163.5	0.14±0.03
耕 地	开垦 5—7 年	0.220±0.074	12.90±3.67	45.2±7.4	6.6±2.1	23.5±3.8	1923.4	0.52±0.09
	开垦 7—15 年	3.04±0.76	0.201±0.081	5.80±5.12	24.2±18.7	32.2±14.3	751.6	0.41±0.29
	开垦 20 年以上	2.35±0.69	0.194±0.113	4.33±3.21	3.7±2.5	17.0±10.6	217.6	0.07±0.04

注: 荒地土样10个, 耕地土样20个, 取样深度0—15厘米。

表 2 农业措施对白浆土耕层土壤微生物数量影响的幅度和持续时间

Table 2 Effect of agricultural treatments on microbial amount in albic soils

土 壤 处 理 Soil treatment	变 动 幅 度 (%)				效 应 持 续 时 间 Duration of the effect
	细 菌 Bacteria	放 线 菌 Actinomycetes	真 菌 Fungi	好 气 纤 维 素 细 菌 Aerobic cellulose decomposing bacteria	
深 翻	-12—+110	+35—+73	-5—+210	+25—+84	一生长季内
翻 肥	-31—+73	+26—+164	—	—	同上
耕 肥	-37—+340	+25—+280	+57—+310	+35—+375	同上
无 机 肥	-23—+375	+15—+210	-13—+165	+38—+167	同上
有 机 肥	+180—+420	+42—+450	+43—+140	+164—+514	二年以上
未 腐 草 炭	-12—+115	+6—+43	-31—+95	-18—+43	—
结 秆 还 田	+150—+1540	-23—+267	+25—+173	+20—+850	二年以上
三 翻 菜 类 除 草 剂	+2—+45	+10—+500	+11—+40	—	一生长季内
氟 乐 灵	-34—-82	-14—-33	-38—-55	—	一年以上

厘米) 土壤中微生物数量较之荒地同层土壤为高。但因垦植年限不同, 以及土壤耕作、施肥等用养程度的差别, 从而造成耕层间土壤微生物数量的显著差异。从大量土壤样本分析统计资料(表 1) 表明, 荒地开垦 5—7 年间, 土壤细菌数量迅速增加(约 4 倍), 放线菌稍有提高, 真菌却明显下降(56% 左右), 故 B/F(细菌/真菌) 值增加 10 倍以上。随着利用年限的增加, 以及频繁的机耕作业下, 土壤肥力和生产力随之下降, 土壤微生物总数明显减少, 但其中放线菌和真菌数量则有增加趋势, B/F 值仍为荒地的 4.6 倍。开垦 20 年以上的耕地, 在没有采用培肥措施(种植过绿肥和施用有机肥以及秸秆还田等)的情况下, 其耕层 B/F 值迅速下降, 土壤各类群微生物数量皆低于荒地水平。

不同农艺措施对耕层土壤微生物生命活动都产生一定的影响, 但其影响程度及其持续时间皆有明显差别。从表 2 可见, 一般土壤耕作由于改善了土壤物理性状(特别是水、气条件), 必将促进耕层土壤各类微生物数量的增加, 其效应延续的时间, 一般仅表现在耕作后的一个生长季内^[2]。但是土壤耕作的生物学效应及其持续时间往往为当时土壤水份状况所决定。例如在干旱条件下采用深耕, 虽然土壤微生物数量在数天内就有增加趋势, 但受到水份限制又很快下降并出现负值。在有机质丰富或秸秆还田的土壤上, 或近年开垦的土壤上施用无机氮肥, 可显著提高各类群微生物数量^[1]。如果在掺混较多白浆层土壤入耕层的瘠薄土壤上, 即使施入高量无机氮肥, 土壤细菌和真菌也将出现下降趋势。在任何情况下, 施用有机肥或秸秆还田后, 耕层土壤各类微生物数量均迅速增加, 并且提高的幅度较大, 持续时间达二年以上^[3]。施用未腐熟的草炭, 在当年并未有明显效应, 甚至土壤细菌还有下降趋势。但随着草炭在土壤中的腐解, 微生物数量也随之增加, 所以其正效应往往在数年之后才明显看到。施用各类化学农药, 也都在一定程度上影响土壤微生物数量。例如施用三氮苯类除草剂后, 土壤各类微生物数量有增加趋势; 而施用氟乐灵的土壤, 经一个生长季后测得封冻土壤中细菌、放线菌和真菌数量都明显减少^[3]。

(二) 白浆土微生物区系组成

荒地垦植后, 打破了原自然土壤的生态环境, 土壤微生物区系因此失去了原有的平衡。一般情况下, 微生物种类增多, 其优势组成也产生明显变化。

好气性芽孢杆菌分析表明(表 3), 无论荒地或耕地(0—15 厘米) 土壤中, 皆以霉状芽孢杆菌(*Bacillus mycoides*) 占绝对优势, 其次为巨大芽孢杆菌(*Bac. megatherium*) 和腊质芽孢杆菌(*Bac. cereus*)。但荒地开垦后, 霉状芽孢杆菌相对下降, 随肥力提高, 枯草芽孢杆菌(*Bac. subtilis*)、马铃薯芽孢杆菌(*Bac. mesentericus*) 及其它芽孢杆菌的相对数量增加。根据好气芽孢杆菌种组成的生理特性, 反映了北方土壤矿质化程度低的特点^[3]。

真菌区系分析表明(表 4), 菌落出现率高的有青霉(*Penicillium*)、拟青霉(*Pacilomyces*) 和粘霉(*Gliocladium*)。前二者占荒地土壤真菌的 50% 左右, 而耕地中约占 10—30%。荒地中难以见到曲霉(*Aspergillus*) 和木霉(*Trichoderma*), 但垦耕后, 随着土壤熟化和有效肥力的提高, 它们则大量出现。而青霉、拟青霉和粘霉皆显著下降。

好气纤维素微生物分析表明, 荒地土壤出现大量真菌和放线菌, 粘细菌较少, 并多为原粘菌(*Promyxobacterium*) 和堆囊粘菌(*Saragium*)。但垦耕后, 随着有效肥力提高, 粘细菌数量大大增加, 特别出现了荒地土壤中未曾发现的生孢食纤维粘菌(*Sporocytophaga*) 和纤维弧菌(*Cellelvibrio*)。

表 3 白浆土芽孢杆菌优势种组成

Table 3 Dominant species of spore-bacterias in albic soils

土壤 Soil	五皿平均菌落 (%) Average of colonies on 5 plates (%)					
	<i>Bac. mycoides</i>	<i>Bac. megatherium</i>	<i>Bac. subtilis</i>	<i>Bac. cereus</i>	<i>Bac. mesentericus</i>	Other
荒地	64.3	15.7	1.9	11.1	2.3	4.7
低肥耕地	42.5	20.5	3.4	15.2	6.4	12.0
高肥耕地	37.9	12.8	10.6	8.4	18.4	11.9

表 4 白浆土真菌区系优势组成

Table 4 Dominant species of fungal flora in albic soils

土壤 Soil	五皿平均菌落 (%) Average of colonies on 5 plates (%)						
	<i>Penicillium</i>	<i>Pacilomyces</i>	<i>Gliocladium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Mucor-Rhizopus</i>	Other
荒地	28.4	25.9	18.7	0.0	0.0	7.4	19.6
低肥耕地	20.9	14.3	13.9	8.3	4.1	10.4	28.1
高肥耕地	4.6	6.4	8.5	20.6	31.3	14.5	14.1

表 5 白浆土固氮菌拮抗生物活性

Table 5 Biological antagonism of azotobacter in planosol

固氮菌代号 Azotobacter No.	抑制机率 (%) Frequency of inhibition (%)		
	青霉菌脂柱 Column of <i>Penicillium</i> agar	霉状芽孢杆菌琼脂柱 Column of <i>Bac. mycoides</i> agar	白浆土泥浆透析 Dialysis of soil mud
N-2	94.3	74.5	68.9
N-4	99.6	67.8	78.3
R-6	98.2	82.4	88.4
R-7	99.7	78.7	96.8

注: N-2、N-4 从土壤分离; R-6、R-7 从玉米根分离; 28°C 培养 7 天。

好气自生固氮菌 (*Azotobacter*) 调查表明, 对 35 份荒地白浆土(采自密山、虎林和宝清县以及宝泉岭农场)采用不同方法(平皿分离、土粒接种和营养泥面培养)皆未检出固氮菌生长。耕地 33 个地号 (165 份土样) 调查结果: 20 个地号未检出固氮菌生长; 其余 13 个地号中, 固氮菌生长密度大于 5% 的有 3 个, 其余都小于 5%。当用土粒法检验固氮菌生长的土壤, 在添加钙磷的泥面上均观察到固氮菌大量繁殖, 但未发现土壤有效磷含量和水解酸度同固氮菌分布密度之间的相关性。

表 6 白浆土荒地和不同肥力耕地土壤生物学活性
Table 6 Biological activities in waste land and cultivated field of albic soils

土 壤 Soil	土 壤 酶 活 性 Activities of soil enzymes			呼吸活性 CO ₂ (mg/g) Respiratory activity	纤维素分解率 (%) Rate of cellulose decompos.	固氮菌分布密度 (%) Distribution density of azotobacter
	接 触 酶 Catalas (ml/g)	转 化 酶 Invertase (mg/g)	脲 酶 Urease (mg/g)			
荒 地	4.50±2.82	22.39±12.74	0.76±0.22	0.72±0.20	30.4±10.3	0.0
高肥耕地	3.09±2.74	20.50±11.57	0.71±0.24	0.47±0.38	39.4±19.5	65.1±12.4
中肥耕地	2.31±1.75	16.21±10.35	0.33±0.21	0.21±0.19	19.5±12.4	2.4±2.1
低肥耕地	0.51±0.32	3.27±2.73	0.21±0.18	0.12±0.11	7.4±5.8	0.0

注：生长季中 4 次测定平均值。

表 7 农业措施对白浆土耕层土壤酶活性影响的幅度和持续时间
Table 7 Effect of agricultural treatments on soil enzymes in albic soils

土壤处理 Soil treatment	变 动 幅 度 Range (%)			酶 度 (%)		效应持续时间 Duration of effect
	接 触 酶 Catalase	转 化 酶 Invertase	脲 酶 Urease	土壤呼吸 Soil respiratory		
深 翻	--	+12--+21	+80--+182	+23--+31		一个月左右
翻 耕	--	+17--+28	+12--+38	+22--+72		一生长季内
耙 耕	+15--+73	+26--+56	+33--+92	+57--+185		一个月左右
无 机 肥	+8--+11	+19--+29	+24--+39	+32--+104		同上
有 机 肥	+63--+271	+19--+64	+78--+425	+49--+94		二年以上
未 腐 熟 草 枝	-33	+11	-10	-9		--
秸 秆 还 田	+11--+236	+20--+47	+17--+78	+100--+137		二年以上

经固氮菌拮抗生物活性测定表明(表5),由于白浆土占优势发育的青霉和霉状芽孢杆菌对固氮菌表现较大的拮抗生物活性,可能成为白浆土中固氮菌难以生存的主要因素。同时观察到从玉米根际中分离的固氮菌较之从土壤中分离的更为敏感。

(三) 白浆土生物学活性

实验分析表明(表6),白浆土荒地土壤具有较高的土壤酶活性和呼吸活性。开垦后耕层土壤各代表性酶的活性皆普遍下降。同时随开垦年限的增加,土壤有机质相应下降(图1)。在不同肥力的耕地土壤中,土壤酶活性、呼吸活性和纤维素分解率同土壤肥力水平皆呈现一致趋势。高肥土壤酶活性水平接近荒地,而低肥土壤酶活性水平仅为高肥土壤的16—30%左右。

不同的农业措施对土壤酶活性将产生不同影响。从表7中看出,一般土壤产生的正效应幅度较小,并持续时间较短^[2](1—3个月)。而施用有机肥和秸秆还田时,则在1—2年内皆观察到显著的正效应^[3]。单独施用无机氮肥,特别在低肥土壤上,并不能观察到明显效应,若配合秸秆还田施用,将看到显著效应。这显然与氮肥提高了秸秆腐解强度和微生物大量增殖有关^[4]。未腐解草炭在当年往往对土壤酶活性产生一定程度的抑制^[5],一年后才表现正效应。

种植多年生豆科绿肥,可显著提高耕层土壤酶活性水平并接近或超过荒地水平(表8),特别是经栽种豆科绿肥2—4年后,转化酶和脲酶活性分别提高24—105%和91—397%,土壤有机质含量伴随增加0.19—0.71%。

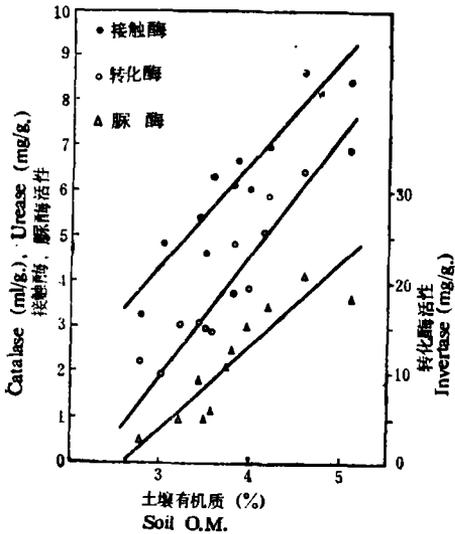


图1 土壤酶活性和土壤有机质含量

Fig. 1 Activities of enzymes and content of O. M. in th soil

表8 豆科绿肥对白浆土酶活性的影响

Table 8 Influence of legume as green manure on activities soil enzymes in albic soil

处 理 Treatment	有 机 质 (%) O. M.	接 触 酶 (ml/g) Catalase	转 化 酶 (mg/g) Invertase	脲 酶 (mg/g) Urease
荒地	5.09	8.63	21.27	1.83
耕地(对照)	3.54	6.40	14.54	0.57
苕子一年	3.47	5.79	16.19	0.95
红三叶草二年	3.73	6.28	18.02	1.08
白草木樨二年	3.96	6.02	18.18	1.03
紫花苜蓿四年	3.81	6.67	24.08	2.66
紫花苜蓿+芥麦四年	4.15	7.00	25.95	2.83
白三叶草四年	4.25	7.29	29.84	2.69

注: 生长季中四次测定平均值。

表 9 白浆土不同层次土壤农业化学和生物学性状

Table 9 Agrochemical and biological properties of albic soils

土壤层次 (cm) Soil depth	有机质 (%) O. M.	全氮 (%) Total N	水解氮 (mg/100g) Hydrolyzable N	有效磷 (mg/100g) Available P ₂ O ₅	微生物总数 (×10 ⁶ /g) T. A. of microbes	呼吸活性 CO ₂ (mg/g) Respiratory act.	土壤酶活性 Activities of soil enzymes		
							接触酶 (ml/g) Catalase	转化酶 (mg/g) Invertase	脲酶 (mg/g) Urease
0—15	3.53 (100)	0.19 (100)	4.74 (100)	0.81 (100)	25.3 (100)	0.324 (100)	2.84 (100)	10.89 (100)	0.37 (100)
15—25	0.92 (26)	0.04 (21)	0.37 (8)	0.10 (12)	8.9 (35)	0.078 (24)	0.28 (10)	3.30 (30)	0.19 (51)
25—40	0.62 (18)	0.03 (16)	0.21 (5)	0.07 (9)	2.3 (9)	0.018 (6)	0.22 (8)	1.20 (11)	0.09 (24)

注：开垦 17 年。括号中为相对值(%)。

表 10 深耕施肥对白浆层土壤生物学活化的效应(1976)

Table 10 The effect of deep tillage and manuring on biological activity in subsurface soil

土壤处理 Soil treatment	分析时期(月) Time of determination (Month)	微生物数量(个/克土) Microorganism amount (No./g soil)				纤维素分解率 Cellulose decomposition (%)	呼吸活性 CO ₂ (mg/g) Respiratory activity		土壤酶活性 Activities of soil enzymes	
		细菌 Bacteria (×10 ⁶)	放线菌 Actinomycetes (×10 ⁶)	真菌 Fungi (×10 ⁶)	纤维素细菌 Aerobic cellulose decomp. bacteria (×10 ³)		内源 Endogenous	外源 Exogenous	转化酶 Invertase (mg/g)	脲酶 Urease (mg/g)
未深耕	1 4	4.0 2.9	2.3 1.3	0.73 0.90	1.12 1.84	2.4 3.8	2.44 3.01	0.083 0.103	2.44 2.85	0.10 0.15
深耕 (45厘米)	1 4	3.8 3.4	3.2 4.5	4.76 3.91	2.65 2.15	2.7 4.7	1.93 3.95	10.14 12.40	2.95 3.47	0.18 0.17
深耕十 草炭	1 4	4.1 9.7	3.5 8.8	1.20 4.20	4.40 5.70	6.9 10.8	3.90 5.70	11.30 13.20	2.80 3.20	0.35 0.40
深耕十 玉米秸	1 4	13.9 15.2	2.1 14.1	5.33 2.39	8.75 3.40	8.3 15.2	3.14 15.20	14.25 17.54	5.75 8.32	0.37 0.72
深耕十 玉米秸 十 厩肥	1 4	18.8 32.4	3.2 15.3	3.90 4.87	4.22 8.10	10.5 21.6	3.16 15.61	19.15 26.87	6.41 9.73	0.35 0.94

注：微区 2 平方米，施肥量：玉米秸 10 斤、草炭 50 斤、厩肥 40 斤。取样分析分别于处理后 1 个月和 4 个月进行。

(四) 改良白浆土的生物学效应

由于白浆层土质粘重,理化性状恶劣,以致严重影响耕层土壤水、气、热、肥的协调,成为该类型土壤肥力和生产性能发挥的主要障碍^[4]。为探讨其改良途径,我们曾设置了通过有机能源物质来强化白浆层土壤的生物学活性,观察了生物学改良的土壤微生物效应(表 9、10)。

从表 9 看出,白浆层(25—40 厘米)无论农业化学性状或生物学性状的指标都远低于黑土层,其中代表土壤生物总活性的呼吸活性仅为黑土层的 6%。

为了加厚耕作层,达到逐渐活化和改良白浆层的目的,在生产中常采用深松耕作。经我们试验已表明^[2],采用不变动土层打破犁底层的深松耕作,可以在当季使整个耕作层土壤微生物数量增加,提高土壤水解酶活性和纤维素分解率,从而改善了耕层土壤有效肥力。若结合施用有机肥料,将颇大提高其效应。但因受到机具接触面积和有机肥料难以在不变动土层的情况下施入白浆层,故深松耕作对白浆层土壤的改良效应只在当季表现一定效果,而不能从根本上改造白浆层,故深松耕作对白浆层土壤的改良效应只在当季表现一定效果,而不能从根本上改造白浆层不良理化性状。

经田间人工模拟试验进一步表明(表 10),将大量秸秆配合氮-磷-钙无机肥料或厩肥混施入 20—40 厘米的白浆层中,可获得对白浆层极为显著的微生物学活化。例如处理四个月分析,白浆层土壤中微生物总数、纤维素分解率、呼吸活性(内源)和水解酶活性,分别较未深耕对照处理提高 10.4、4.7、4.2 和 2.4—5.3 倍。实际上这一效应在处理后一个月就已呈现。同时表明,利用草炭富集于白浆层中也起到一定效果,但远不及秸秆和厩肥。从代表土壤生物总活性的呼吸活性值看出,在不添加任何有机物深耕白浆层的处理,四个月测定,其内源呼吸活性只较未深耕的增加 31.2%,添加草炭处理也只增加 89.4%;添加玉米秸和厩肥者则提高了 4 倍以上。表明白浆层土壤因极端缺乏有效能源物质而限制了土壤微生物的生命活动,而增加可给性能源后,可达到迅速强化土壤生物学活性的显著效果。由于僵板的白浆层土壤得到了活化,作物根系生长量明显增加,如小麦和大豆根系的生长量分别提高 7.7 和 6.7 倍,从占总根量的 3% 左右增至 15% 左右。也由于白浆层的活化,便使土体构型得到协调改善,从而使耕层(0—20 厘米)小麦和大豆根系量分别增长 37.3% 和 34.5%。

参 考 文 献

- [1] 汤树德, 1980: 作物秸秆直接还田的土壤生物学效应。土壤学报, 第 17 卷 2 期, 178—181 页。
- [2] 汤树德, 1982: 土壤耕作对白浆土生物学活性的影响。土壤肥料, 第 1 期, 13—15 页。
- [3] 汤树德等, 1984: 化学农药对土壤中微生物生态和物质转化过程的影响。土壤学报, 第 21 卷 1 期, 95—104 页。
- [4] 颜春起, 1984: 三江平原土体构型与旱涝关系的研究。土壤学报, 第 21 卷, 1 期, 70—78 页。
- [5] 米苏斯金 E. H., 1959: 土壤微生物和土壤肥力(中译本)。科学出版社, 108—125 页。

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ALBIC SOILS

Tang Shude

(Heilongjiang August 1st Land Reclamation University)

Summary

The numbers of bacteria, actinomycetes and fungi, the dominant species of the spore-bacteria, fungi and aerobic cellulose decomposing bacteria, and the activity of catalase, invertase, urease, the respiration activity and the rate of decomposing cellulose, and the biological antagonism of azotobacter in albic soil (baijiangtu) before or under cultivation were studied.

Results obtained showed that application of a large amount of organic manure in combination with chemical fertilizers in sub-surface horizon of the soil could activate the biological activity in that horizon and improve its poor properties.