

外加碳、氮对黄绵土有机质矿化与激发效应的影响

吕殿青, 张树兰*, 杨学云

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 应用 ^{14}C 标记的葡萄糖和麦秸, ^{15}N 标记的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对生黄绵土、菜园黄绵土土壤有机质的矿化与激发效应进行了研究。结果表明, 外加有机质, 特别是外加易分解的葡萄糖, 和外加氮源, 特别是外加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 对两种黄绵土土壤的有机质矿化与激发效应都有明显的促进作用, 土壤有机质的矿化是高肥力菜园黄绵土高于低肥力生黄绵土, 而有机质矿化的激发效应却是低肥力生黄绵土高于高肥力菜园黄绵土。外加有机质与外加 N 同时施入土壤时, 外加 N 对外加有机质的矿化与激发效应同样有明显的促进作用, 并发现外加有机质与外加 N 在促进土壤有机质矿化与激发效应过程中表现出正交互作用。激发效应对土壤肥力的更新和培养有积极作用。

关键词: 标记碳; 标记氮; 黄绵土; 有机质矿化; 激发效应

中图分类号: S153.6+21

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X (2007)03-0423-07

Effect of supplying C and N on the mineralization and priming effect of organic matter in loessial soil

LÜ Dian-qing, ZHANG Shu-lan*, YANG Xue-yun

(College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

Abstract: The mineralization and priming effect of soil organic matter in Raw Loessial Soil (RLS) and Garden Loessial Soil (GLS) were studied using incubation method by adding glucose- ^{14}C , straw- ^{14}C , NH_4 - ^{15}N , NO_3 - ^{15}N . The results showed that added organic matter, especially the easy decomposing glucose, and added N, especially the NH_4 -N, could significantly stimulate the mineralization and the priming effect of soil organic matter in RLS and GLS. The mineralization rate of soil organic matter was much higher in GLS than in RLS. However, the rate of the priming effect was lower in GLS than in RLS. The added organic matter combined with N applied into soil, the added N could stimulate the mineralization and the priming effect of added organic matter. The interactions between added organic matter and added N under present experimental systems have been found and observed that the interaction values were positive and were much higher in RLS than in GLS. It is concluded that the priming effect of soil organic matter was benefit for the mineralization of soil organic matter and improvement of soil fertility.

Key words: labeled C; labeled N; loessial soil; mineralization of organic matter; priming effect

自 1926 年 Lohnis 发现绿肥加入土壤后能激发土壤有机质矿化以来^[1], 对这一问题已有许多研究和报道, 但迄今仍有许多问题尚未得到很好的解决^[2]。黄绵土在我国西北地区广泛分布, 绝大部分为耕作土壤。但由于肥力低, 水土流失严重, 长期以来严重影响该地区的农业持续发展和生态环境的改

善。为了改变这种状况, 人们采用生物土壤改良途径, 使土壤肥力得到恢复和提高, 促进农业生产的发展和生态环境的改善。在这一过程中, 自然就涉及到土壤有机质的积累和矿化等问题。为此, 作者在从事土壤培肥研究过程中对此问题进行了研究, 本文主要报道这方面的部分研究结果。

收稿日期: 2006-04-10 修改稿收到日期: 2006-06-27

基金项目: 中瑞土壤改良合作项目。

作者简介: 吕殿青(1928—), 男, 江苏溧阳市人, 研究员, 主要从事旱农地区植物营养与肥料研究工作。

Tel: 029-87033121, E-mail: YJS87033121@163.com. * 通讯作者 Tel: 029-87088120, E-mail: zhangshulan@nwsuaf.edu.cn

1 材料与amp;方法

1.1 试验设计

供试土壤采自陕西米脂丘陵沟壑区的生黄绵土(RLS)(熟化度和肥力很低,但分布面积很广)和菜园黄绵土(GLS)(熟化度和肥力较高,仅分布在河滩地和沟坝地),有一部分试验还采用瑞典耕作草甸土(CMS)。土壤有机质含量分别为 3.7 g/kg, 17.1 g/kg 和 22.6 g/kg。

两种黄绵土土壤的试验设计方法都相同。每种土壤共设 9 个处理,每个处理重复 3 次。具体用量和 DPM(每分钟的衰变数)如下:麦秸为 C 1.25 mg/g,土;DPM 为 97270/mg,C;葡萄糖为 C 0.625 mg/g,土;DPM 为 20963/mg,C;1 mL 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液等于 1 mg N,1 mL 的 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液等于 1 mg N。土壤主要性状和试验方案详见“外加碳、氮对土壤氮矿化、固定与激发效应的影响”一文^[3]。

试验时称 20 g 碾碎的风干土放入蒸发皿中,根据试验方案分别加入标记葡萄糖(Glu)、麦秸(Str)以及 N 标记的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (AS)和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (CaN),最后加水 4 mL,充分搅匀,倒入 200 mL 的大型塑料管中。将另一小型盛有 5 mL 0.5 mol/L NaOH 的塑料管悬挂在大塑料管的橡皮塞底部,放在控湿控温房间(温度保持在 22~23℃)进行培养,分期取样测定。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 吸收液中 C 的测定^[4] 取出小塑料管,吸取 1 mL NaOH 吸收液,加 1 mol/L BaCl_2 2 mL,再加一滴甲基红,再加少量水,放在磁力搅拌器上,充分混匀,用浓度为 0.05 mol/L HCl 滴定至黄色为止。然后计算出 NaOH 溶液吸收的含 C 量。

计算公式:吸收 C(mg) = (空白处理滴定用去的当量 H^+ - 处理吸收液滴定用去的当量 H^+) × 12/2

1.2.2 吸收液中 ^{14}C 的测定 每隔一定培育时间,从小塑料管中吸取 0.5 mL NaOH 吸收液,放入小塑料瓶中,加 H_2O 4.5 mL,总体积为 5 mL,溶液浓度为 0.1 mol/L,再加 10 mL 闪烁液后,用手剧烈摇动,再放在黑暗处 2 h,用 Beckman Model 1801 Maxwell version 液体闪烁液计数器测定 ^{14}C 脉冲数。结果按下式计算:

吸收液中 ^{14}C (mg) = 吸收液中 ^{14}C 测定脉冲数 / 加入 1 mg C 所含的脉冲数

1.2.3 培育土壤的总 C 测定^[4] 称取于 105℃ 下烘干的培养土壤 700 mg(已过 1 mm 孔筛)放入带卡试

管中,加入 2.5 mL 浓 H_2SO_4 ,轻轻摇动混合,放在摇床上摇动 1 h,使 CaCO_3 全被破坏掉。然后加 2 g FeSO_4 和 25 mL 的浓 H_2SO_4 与浓 H_3PO_4 (二者比例为 3:2)。在另一小试管内加入 2.5 mL 1 mol/L NaOH 溶液,把小试管放入带卡的大试管中,加螺旋盖扭紧。把准备好的试管放在铝板孔内,于 105℃ 下加热 2 h,使土壤中有机质完全分解,放出的 CO_2 被小试管内的 NaOH 吸收。放置 12 h 后,取出小试管。从小试管中取 1 mL 的 NaOH 吸收液,放入 50 mL 三角瓶中,加入 1 mol/L BaCl_2 2 mL,加一滴甲基红,再加少量 H_2O ,放入磁力搅拌器上,充分搅匀,用 0.05 mol/L HCl 溶液滴定至黄色为止,含碳量计算公式同 1.2.1。

1.2.4 培育土壤的 pH 测定 培养试验结束后,称 4 g 湿润土壤放入 50 mL 的小烧杯中,加入 10 mL H_2O ,摇动放置过夜,测定 pH 值。

2 结果与分析

2.1 外加 ^{14}C 标记的有机质矿化率及回收率

在两种土壤中外加 ^{14}C 标记的葡萄糖和麦秸培养 12 d 后,分别测定了 CO_2 吸收液中 ^{14}C 含量和土壤中遗留的 ^{14}C 含量,计算出 ^{14}C 的回收率和标记有机质的矿化率(见表 1)。由结果看出,标记 C 的回收率达 98.28%~102.08%,说明试验和测定方法是可靠的。

吸收液中测出的 ^{14}C 含量占加入土壤 ^{14}C 量的百分数即为标记有机质的矿化率。由表 1 看出,在生黄绵土和菜园黄绵土中单独施用 Glu,其矿化率分别为 45.2% 和 45.52%,两种土壤的矿化率基本相等;而单独施用 Str,其矿化率分别为 6.20% 和 20.52%,后者约为前者的 3.3 倍。Glu + AS 和 Glu + CaN 施入生黄绵土,其矿化率分别为 55.04% 和 51.36%,施入菜园黄绵土,其矿化率分别为 50.4% 和 46.00%,两种土壤均为 Glu + AS 高于 Glu + CaN,而生黄绵土略高于菜园黄绵土。Str + AS 和 Str + CaN 施入生黄绵土,其矿化率分别为 12.96% 和 9.60%,施入菜园黄绵土后,其矿化率分别为 22.76% 和 22.32%,两种土壤也呈现为 Str + AS 高于 Str + CaN,但是菜园黄绵土略高于生黄绵土。说明难分解的有机质施入低肥力的土壤时可以积累较多有机质,有利于土壤改良;不论是难分解的有机质,还是易分解的有机质,当伴施铵态氮肥时都能促进施入有机质的矿化,有利于作物生长。

表 1 ^{14}C 标记有机物在黄绵土中培养 12 天后的矿化与回收率
Table 1 Mineralization and recovery of labeled C after incubation 12 days

土壤 Soil	项目 Item	处理 Treatment					
		Glu + W	Glu + CaN	Glu + AS	Str + W	Str + CaN	Str + AS
生黄 绵土 RLS	(1) 吸收液中的 DPM DPM in abs. sol.	118441	134582	144225	150768	233448	315154
	(2) 吸收液中的 $^{14}\text{C}(\text{mg})$ ^{14}C in abs. sol.	5.65	6.42	6.88	1.55	2.40	3.24
	占加入 ^{14}C 的百分数 % of ^{14}C added	45.20	51.36	55.04	6.20	9.60	12.96
	(3) 土壤中遗留 DPM DPM remained in soil	143326	125778	114877	2237210	2157449	2100059
	(4) 土壤中遗留 $^{14}\text{C}(\text{mg})$ ^{14}C remained in soil	6.84	6.00	5.48	23.00	22.18	21.59
	占加入 ^{14}C 的百分数 % of ^{14}C added	54.72	48.00	43.84	92.00	88.72	86.36
	(1) + (3)	261767	260360	259102	2387978	2351988	2376306
	(2) + (4)	12.49	12.42	12.36	24.55	24.58	24.83
	^{14}C 回收率 (%) Recovery rate	99.92	99.36	98.88	98.20	98.32	99.32
	菜园 黄绵 土 GLS	(1) 吸收液中的 DPM DPM in abs. sol.	119280	120537	132067	498995	542767
(2) 吸收液中的 $^{14}\text{C}(\text{mg})$ ^{14}C in abs. sol.		5.69	5.75	6.30	5.13	5.58	5.69
占加入 ^{14}C 的百分数 % of ^{14}C added		45.52	46.00	50.40	20.52	22.32	22.76
(3) 土壤中遗留 DPM DPM remained in soil		145543	144292	135420	1939563	1912328	1836458
(4) 土壤中遗留 $^{14}\text{C}(\text{mg})$ ^{14}C remained in soil		6.94	6.88	6.46	19.94	19.66	18.88
占加入 ^{14}C 的百分数 % of ^{14}C added		55.52	55.04	51.68	75.76	74.64	75.52
(1) + (3)		264823	264829	267487	2438558	2455095	2389924
(2) + (4)		12.63	12.63	12.76	25.07	25.24	24.57
^{14}C 回收率 (%) Recovery rate		101.04	101.00	102.08	100.28	101.96	98.28

注(Notes): Glu—Glucose, W—Water, CaN— $\text{Ca}(^{15}\text{NO}_3)_2$, AS— $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

2.2 试验土壤体系中有机质总矿化量及其影响因素

试验土壤体系中有机质的总矿化量包括土壤本身有机质矿化量与外加有机质矿化量。其大小受以下条件所影响:

2.2.1 土壤 不同土壤对有机质总矿化量有明显影响(图 1)。供试土壤的有机质含量为 $\text{CMS} > \text{GLS} > \text{RLS}$, 随着土壤有机质含量的增高, 有机质的矿化碳因之而增多。说明土壤有机质含量越高, 土壤微生物的含量与活性越大, 越能加强试验土壤体系中有机质的矿化。

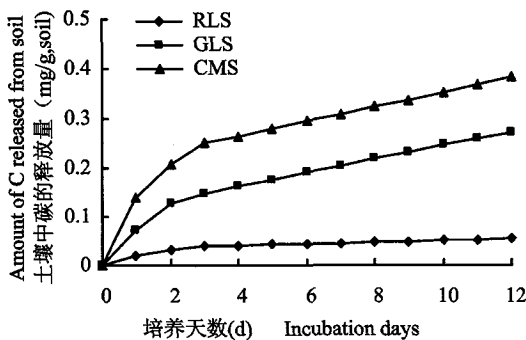


图 1 不同土壤中总有机质的矿化量

Fig. 1 The total mineralization rate of organic matter in soils

2.2.2 有机物 麦秸、葡萄糖加入土壤后培养 12 d, 生黄绵土中释放出来的矿化碳比未加的分别高 145% 和 573%; 加葡萄糖的比加麦秸的高 174% (图 2)。而菜园黄绵土所释放出来的总矿化碳比未加的分别高 124% 和 151%; 加葡萄糖处理的比加麦秸的高 20% (图 2)。但矿化出来的碳, 其绝对量是菜园黄绵土明显高于生黄绵土。

2.2.3 氮源 土壤中外加不同氮源(图 3)和葡萄糖、秸秆配施不同氮源(图 4、图 5)对生黄绵土和菜园黄绵土中有机质的矿化都有一定促进作用。其中促进作用较明显的是外加铵态氮, 它比外加硝态氮对土壤有机质的矿化作用要大得多。

2.3 外加碳和氮对试验土壤体系中有机质总矿化的交互作用

试验结果(表 2)表明, 同时加入有机质和氮肥, 对生黄绵土有机质总矿化量存在明显的正交互作用, 对菜园黄绵土有机质总矿化量也有一定交互作用, 但不太显著。主要是由于生黄绵土原来有机质和矿化氮含量都很低, 外加碳和氮特别是外加葡萄糖和铵态氮后, 虽然数量不多, 但能促进土壤微生物的生长繁殖, 从而能加强土壤中有机质的矿化; 而菜园黄绵土由于其本身含有较高的有机质和矿化

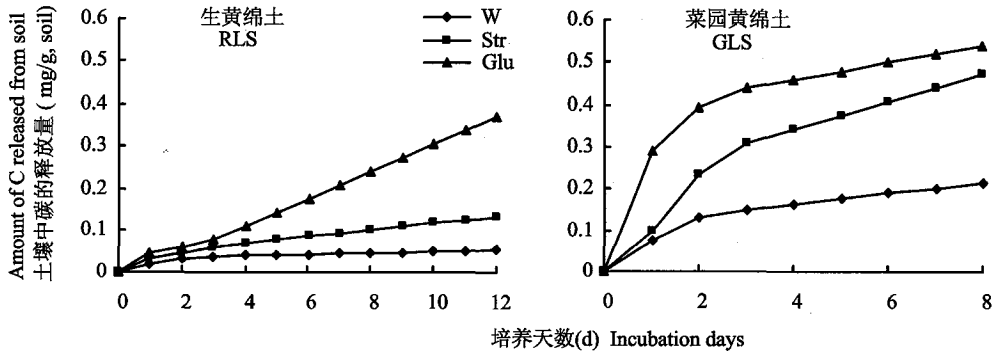


图2 加入不同碳源后生黄绵土和菜园黄绵土中释放的总矿化碳量

Fig.2 Gross C mineralizaion of raw loessial soil and garden loessial soil after different C resources added

[注(Note): W—水 Water; Str—秸秆 Straw; Glu—葡萄糖 Glucose]

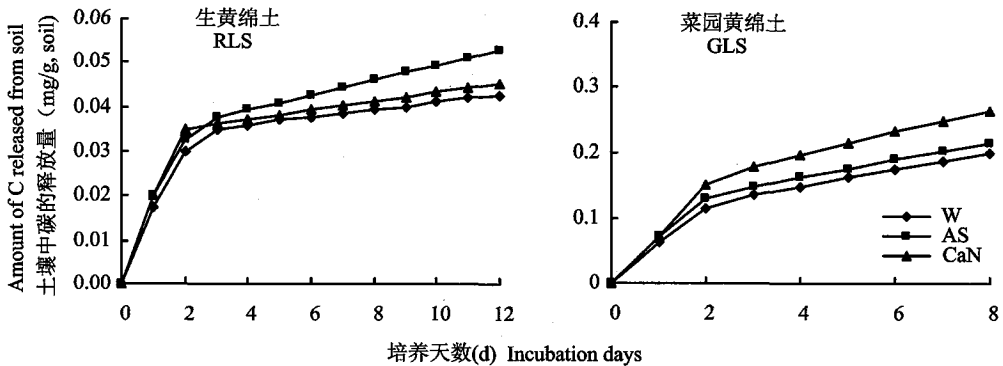


图3 不同氮源对生黄绵土和菜园黄绵土中释放的总矿化碳量的影响

Fig.3 Effect of different N addition resources on the gross C mineralization of raw loessial soil and garden loessial soil a

[注(Note): W—H₂O; AS—(NH₄)₂SO₄; CaN—Ca(NO₃)₂; 下同 Same as follows]

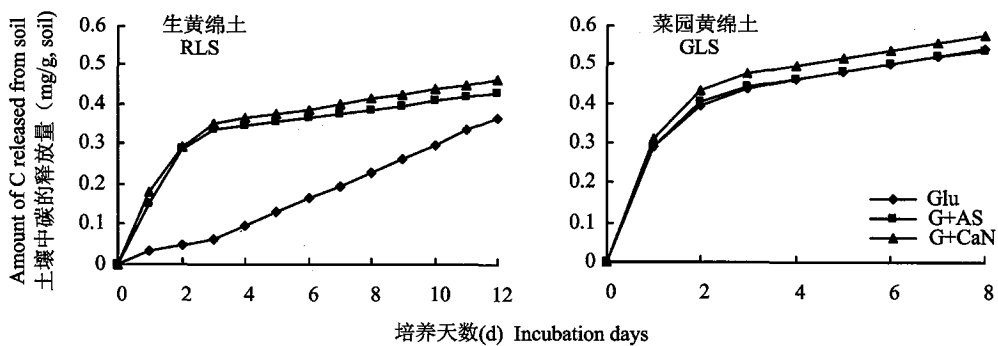


图4 加入葡萄糖和不同氮源后生黄绵土和菜园黄绵土中释放的总矿化碳量变化

Fig.4 changes of gross C mineralization of raw loessial soil and garden loessial soil after glucose and different N resources added

氮,外加少量有机碳和氮,对土壤微生物活性所起的促进作用较小,因而交互作用也就不太明显。

2.4 外加碳和氮对外加有机质和土壤本身有机质的矿化与激发效应的影响

2.4.1 外加氮对外加有机质矿化的激发效应的影响

由表3看出,外加AS和CaN,对葡萄糖矿化的

激发效应,在生黄绵土中分别为21.77%和13.63%,在菜园黄绵土中分别为10.72%和1.76%,说明在低肥力土壤中的激发效应高于高肥力土壤,AS高于CaN;两种氮肥对麦秸矿化的激发效应,在生黄绵土中分别为21.77%和13.63%,而在菜园黄绵土中分别为10.92%和8.77%,说明两种氮肥在两种

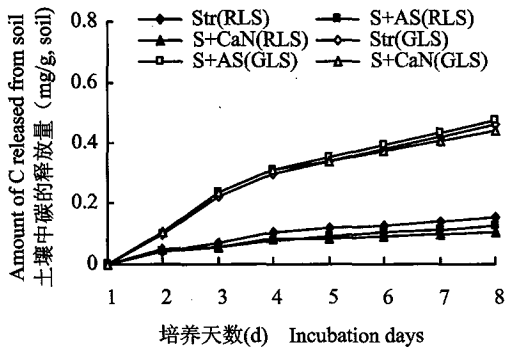


图5 加入秸秆和不同氮源对生黄绵土和菜园黄绵土中释放的矿化碳量

Fig.5 C released from raw loessial soil and garden loessial soil after straw and different N resources added

表2 外加碳、氮对土壤中有有机物总矿化的交互作用
Table 2 Interaction between the added C and N on the mineralization of organic matter in tested soil

土壤 Soil	交互因素 Factors	交互作用 Interaction
RLS (培养 12 d 后测定 Incub. for 12 d)	Glu × CaN	1.19
	Glu × AS	1.35
	Str × CaN	1.58
	Str × AS	1.66
GLS (培养 8 d 后测定 Incub. for 8 d)	Glu × CaN	1.05
	Glu × AS	1.03
	Str × CaN	1.20
	Str × AS	1.05

注(Note):交互作用 = 外加 C、N 土壤总矿化 C - 对照土壤矿化 C / [(外加 C 土壤矿化 C - 对照土壤矿化 C) + (外加 N 土壤矿化 C - 对照土壤矿化 C)]. > 1.0 为正交互作用; = 1.0 为无交互作用; < 1.0 为负交互作用。Interaction value = the gross C mineralization of soil with C and N sources added - control / [(C mineralization of soil with C sources added - control) + (C mineralization of soil with N sources added - control)]. > 1.0 means positive interaction; = 1.0 means no interaction; < 1.0 means negative interaction.

黄绵土中对麦秸矿化的激发效应显著高于对葡萄糖矿化的激发作用,特别是在生黄绵土中的激发作用尤为突出,说明难分解的有机质伴施铵态氮肥,对外加有机质的分解作用具有明显促进作用。

2.4.2 外加碳和氮对土壤本身有机质矿化与激发效应的影响 由表 3 看出,单施葡萄糖或单施麦秸时,生黄绵土有机质的矿化量分别是 1.75 mg 和 1.15 mg,相应的激发效应为 62.04% 和 6.48%;菜园黄绵土有机质的矿化量分别为 5.00 mg 和 4.37 mg,比生黄绵土高 2.86 和 3.8 倍,而相应的激发效

应为 16.28% 和 1.63%,比生黄绵土低 3.81 和 3.98 倍。当施用 Glu + AS 和 Glu + CaN 时,生黄绵土有机质的矿化量分别是 2.37 mg 和 2.24 mg,相应的激发效应竟高达 119.44% 和 107.41%;而菜园黄绵土有机质的矿化量分别为 5.20 mg 和 5.11 mg,相应的激发效应为 20.93% 和 18.84%,比生黄绵土低 5.71 和 5.70 倍。当施用 Str + AS 和 Str + CaN 时,生黄绵土有机质的矿化量分别为 1.26 mg 和 1.20 mg,相应的激发效应为 16.67% 和 11.11%;而菜园黄绵土有机质的矿化量分别为 4.60 mg 和 4.47 mg,比生黄绵土高 3.66 和 3.73 倍,而相应的激发效应为 7.21% 和 3.95%,比生黄绵土低 2.31 和 2.81 倍。从这些数据分析证明,土壤有机质绝对矿化量是高肥力的菜园黄绵土高于低肥力的生黄绵土;而激发效应则是低肥力的生黄绵土高于高肥力的菜园黄绵土。另外,不同试验因素对土壤有机质的矿化与激发效应所起的作用是 AS 高于 CaN,葡萄糖高于麦秸,具体次序为 Glu + AS > Glu + CaN > Glu + W > Str + AS > Str + CaN > Str + W。

3 讨论

土壤有机质的激发效应与土壤肥力的关系是一个众所关心的问题。根据我们初步的研究结果对这个问题进行如下讨论。

1) 试验结果表明,外加碳和氮对不同肥力土壤有机质的激发效应是不同的,肥力高的土壤有机质矿化量高于肥力低的土壤,而激发效应则相反,低肥力土壤高于高肥力土壤。激发作用的大小会影响土壤有机质新陈代谢的进程,这对土壤培肥,特别是对低肥力土壤培肥是很重要的。因为土壤有机质的新陈代谢可使土壤有机质更多的活化,发挥土壤有机质的更大功能,对熟化土壤是一个重要条件。

2) 外加易分解的有机质比外加难分解的有机质更能促进土壤有机质矿化的激发效应。特别是低肥力的土壤促进有机质矿化的激发效应尤为突出。易分解有机质如葡萄糖,分子简单,易被土壤微生物分解吸收能量,加快微生物本身的繁殖,因而可加快土壤有机质的矿化;难分解有机质如麦秸,分子复杂,难以被微生物迅速分解,吸取能量来促进自身的发展,因此不能使土壤有机质迅速矿化,提高激发效应。由此可知,给土壤施用易分解的有机质,可快速培肥土壤,提高土壤有效肥力。

表 3 外加碳和氮对土壤有机质和外加有机质矿化与激发效应的影响
Table 3 Effect of external C and N addition on the priming effect and mineralization of soil organic matter and added organic matter

土壤 Soil	项目 Item	处理 Treatment						
		W	Glu + W	Glu + CaN	Glu + AS	Str + W	Str + CaN	Str + AS
生黄 绵土 RLS	(1) 吸收液总 C (mg) Total C in abs. sol.	1.08	7.40	8.66	9.25	2.70	3.60	4.50
	(2) 吸收液中的 ^{14}C (mg) ^{14}C in abs. sol.	—	5.65	6.42	6.88	1.55	2.40	3.24
	(3) 处理土壤矿化的 C (mg) Mineralized C from treated soil	—	1.75	2.24	2.37	1.15	1.20	1.26
	(4) 未处理土壤矿化的 C (mg) Mineralized C from untreated soil	1.08	—	—	—	—	—	—
	(5) 土壤有机质激发效应 (%) Priming effect of soil organic matter	100	162.04	207.41	219.44	106.48	111.11	116.67
	(6) 外加 N 对外加 C 的激发效应 Priming effect of added C by added N	—	100	113.63	121.77	100	154.84	183.23
菜园 黄绵土 GLS	(1) 吸收液总 C (mg) Total C in abs. sol.	4.30	10.69	10.90	11.50	9.50	10.05	10.30
	(2) 吸收液中的 ^{14}C (mg) ^{14}C in abs. sol.	—	5.69	5.79	6.30	5.13	5.58	5.69
	(3) 处理土壤矿化的 C (mg) Mineralized C from treated soil	—	5.00	5.11	5.20	4.37	4.47	4.61
	(4) 未处理土壤矿化的 C (mg) Mineralized C from untreated soil	4.30	—	—	—	—	—	—
	(5) 土壤有机质激发效应 (%) Priming effect of soil organic matter	100	116.28	118.84	120.93	101.63	103.95	107.21
	(6) 外加 N 对外加 C 的激发效应 Priming effect of added C by added N	—	100	101.76	110.72	100	108.77	110.92

注 (Note): 土壤有机质激发效应 (%) = 处理土壤 C 矿化量 / 未处理土壤 C 矿化量 \times 100 Priming effect of soil organic matter (%) = Mineralized C from treated soil / Mineralized C from untreated soil; 外加 N 对外加 C 的激发效应 (%) = 外加 C 和 N 处理吸收液中的 ^{14}C 量 / 外加 C 处理吸收液中的 ^{14}C 量 \times 100 Priming effect of added C by added N (%) = ^{14}C in abs. sol. of C and N added treatment / ^{14}C in abs. sol. of C added treatment \times 100.

3) 外加氮, 特别是外加铵态氮不仅对土壤本身的有机质, 而且对外加有机质的矿化与激发效应都有显著的促进作用, 因此, 不论是高肥力土壤还是低肥力土壤, 选择易分解的有机质和微生物同化作用较快的铵态氮肥配合施用, 可调节和控制土壤有机质和外加有机质的矿化与激发效应, 促进新生腐殖质的形成, 提高有效养分, 使土壤肥力得到快速发展。这给低肥力土壤的培肥和难分解有机质的利用找到了新途径。

4) 外加有机质与外加氮对土壤有机质矿化与激发效应的作用中表现出明显的交互作用, 而且都是正交互作用。所以将外加碳和外加氮适当配合, 就可大大提高土壤有机质的矿化与激发效应。也就是说, 在人为的调控下, 通过提高激发效应加速土壤的培肥进程, 是低产土壤更快转变为高产土壤, 再加上其他生产条件的组合, 即可充分发挥土壤资源对农业的贡献作用。因此, 调控土壤有机质的矿化与激发效应可能是今后土壤培肥的一个新的途径。

4 结论

本文应用 ^{14}C 标记的葡萄糖、麦秸和用 ^{15}N 标记的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对生黄绵土、菜园黄绵土和瑞典耕作草甸土有机质的矿化和激发效应进行了研究, 主要结果如下:

1) 外加碳、外加氮、外加碳 + 氮对三种供试土壤有机质的矿化和激发效应都有促进作用。促进作用的大小因条件不同而有差异: (1) 高肥力菜园黄绵土有机质矿化量高于低肥力生黄绵土, 而有机质矿化的激发效应却是低肥力生黄绵土高于高肥力菜园黄绵土; (2) 外加易分解的葡萄糖高于难分解的麦秸; (3) 外加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 高于外加 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; (4) 外加葡萄糖 + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 或 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 高于外加麦秸 + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 或 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 。表明施用易分解有机质, 再伴施铵态氮肥, 对培肥土壤, 提高产量具有现实意义。

2) 外加有机质与外加氮同时施入土壤时, 外加

氮对外加有机质的矿化和激发效应有明显促进作用,尤其伴施铵态氮肥时作用更为突出。

3)外加碳与外加氮对土壤本身有机质矿化和激发效应表现出正交互作用,在生黄绵土中交互作用十分明显。这对加速土壤的培肥过程提供了良好的途径。

参 考 文 献:

- [1] Lohmis F. Nitrogen availability of green manure [J]. *Soil Sci.*, 1926, 22: 253-29.
- [2] Jansson S L, Persson J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen [A]. Stevenson F J (ed.). *Nitrogen in agricultural soil* [M]. USA: Madison, Wisconsin, 1982. 229-248.
- [3] 吕殿青,张树兰,杨学云. 外加¹⁴C和外加¹⁵N对黄绵土土壤N矿化、固定与激发效应的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 13(2): 223-229.
- Lu D Q, Zhang S L, Yang X Y. Effect of added¹⁴C and added¹⁵N on the mineralization, immobilization and priming effect of soil nitrogen in loessial soil [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2006, 13(2): 223-229.
- [4] Emteryd O. *Chemical and physical analysis of inorganic nutrients in plant, soil, water and air* (Stencil No.10) [M]. Sweden: Swedish University of Agriculture Science, Uppsala, 1989. 38-40.