

土壤中微生物的保氮作用

樊庆笙

(南京农业大学)

一、土壤中两种固氮作用

土壤微生物固定氮素有两种性质不同的过程。一是分子态氮被固定成氨，由具有固氮酶系的固氮微生物所进行的还原作用，是土壤增加氮素含量的过程；二是有效态氮被固定成稳定态的有机氮化物，由各类微生物在同化作用中进行的，是土壤保存氮素的过程。前一个过程是土壤形成和发育中氮素含量的基本来源，更是当前为提高土壤肥力，节约化肥用量的农业技术措施中所需发挥的作用；一个世纪来，这方面的理论和应用研究，得到了普遍重视，在实践中已得到明显的效果。后一个过程，有理论和实验的论据^[1]，但在我国农田耕作制度中没有得到足够的重视，只因土壤含氮量低，农家肥料不足，不能满足提高作物产量的需要，重视了增施化肥以求高产，没有注意到加进土壤的大量氮素从土壤中损失，未能保持土壤肥力，甚至引起土质变坏的后果。过去几十年中，我们都提倡扩种豆科绿肥，发挥共生固氮作用，为土壤增加含氮量、增加有机物质提高土壤肥力，收到了明显的效果。同时也对有机质含量低的低产土壤，提出秸秆还田，培养肥力的措施，但因与农家燃料和用草的矛盾，实施不易。

二十年来，我国农业生产有了很大发展。一方面大搞农田基本建设，解决了盐、碱、旱、涝等土壤的病态；另一方面，大力发展化肥生产，使农田有肥可施，保证了好收成，但是土壤的肥力水平一般没有得到明显提高。目前我国十六亿亩农田，施用的化肥量已由建国初期只占总肥量的0.27%上升到60%以上，农家肥则由原占总肥量的99%以上退为40%左右；每亩农田的平均施肥量增加一倍多^①，除了供当季作物吸收利用外，大部分未能保留在土壤中而损失了，没有起到提高土壤含氮量、改善土壤肥力状况的作用。这就有必要探讨如何发挥土壤的第二种固氮过程——土壤微生物的保氮作用。

二、土壤中氮素的损失

土壤含有各种形态的氮化物。土壤气相中存有分子态氮，在土壤微生物的作用中，各种形态的氮进行着循环式的转化。以分子态氮的被微生物固定成氨而转为土壤中的氮化物，增进了土壤的含氮量；以铵态氮、硝态氮和简单的有机氮供作微生物和植物的营养而同化成复杂的有机氮化物，使土壤贮存了氮量；以无机氮化物溶于水或转化成气态的氨或氮分子而自土壤消失，减少了土壤的含氮量^[1]。

土壤作为农业生产资源，以提供作物的氮素和矿质营养以及水分为基础。土壤肥力的主

① 黄东迈，有机肥无机肥对提高土壤氮素肥力的作用。江苏省农科院土肥所资料，1984。

要因素是氮，每年作物收获移走的氮量，是生产需要的支出，而保持和提高土壤肥力则须尽量减少和制止由其它途径的损失，使土壤氮素年有积累，以提高土壤肥力。

土壤氮素循环中，能使氮素损失的途径有：在氨化作用中生成氨，以气态向大气中挥发；在硝化作用中生成的硝态氮，溶于土壤溶液中，随地面水流向江河，或淋失至土壤深层；在反硝化作用中生成的氧化亚氮和氮分子，以气态向大气层逸散。土壤性状和其中微生物类群的活动，决定了氮素物质转化的方向和强度，影响了损失数量^[1]。

农田施用化肥，增给土壤的铵态氮或硝态氮，在当季作物上的利用率并不高，其余部分亦未能被保存在土壤中留为后茬作物之用。损失量将因化肥施用量、土壤性质、作物种类、耕作措施而有差异。在某些土壤上，因求作物增产，施用的化肥量年有增加，损失量也日益增多。于是施肥量越高，损失量越大。这就是我国大部分农田耕作、施肥措施的问题所在。

目前我国已有年产三十万吨含成氨的大型化肥厂十多个，地方小型化肥厂一千多家，年产的氮肥有尿素、碳铵、硫铵、硝铵、氮磷复合肥等已达2000万吨，再加每年进口的尿素等300—400万吨，十六亿亩农田上施用化肥的总量已达2500万吨。当然在这十六亿亩上的分配是很不一致的，有的地方已施用过多，有的地方尚未施到。这些氮肥虽因品种不同，并随土壤类型、作物种类，耕作方式，施肥技术等其利用率互有上下，但一般都在25—40%之间(表1)。由于我国大部分农田缺少有机质还田，对未被作物利用的部分化肥氮素转化成稳定状态

表 1 化学氮肥氮素利用率 (%)*

(田间试验)

作物	施用方法	硫 铵	碳 铵	尿 素	硝 酸 盐
水 稻	混施和分次施用 表施	52.6	48.0	40.5	——
		27.7	29.5	22.1	14.7—20.2
小 麦	基施和分次施用 表施	50.8	16.2(非灌区)	50.4	54.4
		——	34.0(灌区)	31.3	——

* 资料引自：程励勋、文启孝等，有机肥料和化学氮肥配合施用时代氮素的供应和转化。南京土壤研究所资料，1984。

而保留在土壤中的能力低弱，以致由不同途径损失了，这是一笔很大的浪费。土壤中施进化肥，有激发土壤有机质的分解和释放出其中含有氮素的作用。在土壤有效态氮含量较高的情况下，有机质分解中释放出的简单氮化物，若不被作物吸收利用时，也将被引向从土壤中损失的行径。而当土壤中的腐殖质合成和腐殖质分解失去平衡时，土壤有机质含量下降，含氮量减少，土质变坏，保肥和持水能力衰退，降低了土壤的生产力。

三、土壤保氮的生物学过程

土壤中积累有机质，积累氮素物质，是土壤肥力发展的基础。土壤微生物和植物从土壤中吸收铵态氮和硝态氮以及一些其它的简单氮化物为营养，同化成氨基酸、核酸和蛋白质等有机氮化物，构成细胞物质而生长繁殖。土壤细菌和真菌的增殖，促进了原生动物的发育。这些微小生物体和植物残体的碎片，又成为土壤中其它较大生物体的营养物而孳生繁衍。土壤生物的生长繁殖率表明了土壤中无机态氮被同化成有机氮化物的效率。土壤生物量愈大，土壤中含有的有机氮化合物愈多。土壤的保氮作用即基于土壤微生物的同化作用。

死亡的土壤微生物和其它生物体在土壤中腐解时，细胞结构中的有机氮化物，将在氨化

作用生成铵态氮还归土壤。当土壤加进有机物质时,在缺氧环境中,由土壤酶促作用,进行腐殖化过程,死亡生物体中的有机氮化物、蛋白质,将被组合在形成的腐殖质中。腐殖质是结构复杂的大分子化合物,氮、磷含量较高,碳氮比例9—11:1,较稳定,是土壤结构性的基础,也是土壤养分的仓库。腐殖质在合成的环境中,矿化率低,每年只有1—3或4%。翻耕土壤,使腐殖质处于通气环境中,将促进矿化而释放养分。土壤中合成腐殖质是土壤的储能和积氮过程。通过合理的耕作措施,增进腐殖质的合成和矿化,以调节土壤氮素的积储和有效化,适应农业生产。土壤活性就表现在土壤中的能量转化和营养物质转化的微生物活动。

土壤微生物的绝大多数是有机营养型,在同化无机氮为有机氮化物中,需要有机物质供作能源和碳源。能量是合成有机氮化物的动力,碳架是有机氮化物的主结构部分。在有足量的无机氮供应中,同化成有机氮化物的效率受制于能源物质。土壤中加入有机物质,促进微生物的迅速发育,为增强土壤中的无机氮化物被同化成有机氮化物提供了基本条件。土壤中微生物发育量增加一倍,被同化的土壤氮素也多一倍。通常在土壤中施入有机物质后,土壤条件适宜,微生物的发育量可几倍或近十倍地增长^①,尤以细菌的繁殖率快,发育量大,从土壤中吸取的有效氮量也多。虽然有机物质被分解中,也将释放出其中所含的氮素,可供发育的微生物的营养,但总是不够的。作物秸秆的含氮量低,碳氮比例大,麦秆约为80—90:1,稻草约为75—80:1,玉米秸秆约为60—65:1,大豆秸秆约为35—40:1^②。土壤微生物从这些还田的作物秸秆获得充足的能源和碳源而一代又一代孳生不息时,从土壤中吸收和同化的氮量也就增多了。土壤保氮作用是以土壤微生物的发育为基础,而以有机物质为动力。

四、秸秆还田增进土壤保氮、节约化肥用量的生物学效应

土壤中加入能源物质的生物学效应,是加强有效态氮的固定,避免损失,固定为有机态氮后,积贮为土壤氮库。在以后逐渐分解中,源源提供作物对氮的需要。发挥了土壤的肥力作用,减少对化肥的依赖,从而节约化肥的用量。秸秆还田增加土壤能源物质,是耕作土壤的培肥基础。在施用化肥较多的农田里,保氮措施更是必要。下列试验结果,可供作论据。

1. 秸秆还田迅速降低土壤有效态氮含量,并促进腐殖质合成的强度,汤树德在白浆土上的试验结果表明:单施麦秸、麦秸加氮肥、麦秸加厩肥液的三个处理,一年时测定腐殖物质比色浓度分别为225、385、275,而对照只有106,施加氮肥和厩肥液可显著提高麦秸的腐殖化。麦秸还田被固定的氮素三个月后开始释放,供作后效^[2]。

2. 秸秆还田后,土壤内微生物数量迅速增长,20天后,增长率可达数倍或数十倍;好气性细菌的营养体与芽孢数量之比扩大,微生物活性加强^[3]。在铵态氮含量较高的土壤或施加铵态氮肥的田块,因秸秆还田,铵态氮被固定,硝化细菌的发育量下降,硝化作用减弱。郝余祥的测定表明,麦秸还田的硝化作用程度只有3.6%,而对照达20.4%^[3]。

3. 秸秆还田促进土壤中的解磷作用。土壤中磷素的有效转化和活性磷含量与土壤中解磷微生物的发育量及其活动强度直接相关;无机磷的转化强度紧密地依赖于土壤呼吸强度。秸秆还田后,在腐解过程中产生的各种有机酸有溶解难溶性磷的效应。用粉碎的玉米秸和磷矿粉加进土壤,在三个月的培养试验中,初期十天内,因微生物的大量发育,固定了一部分有效磷,以致解磷效果小,平均增水溶性磷量0.1—0.3毫克/100克干土,以后时期平均增有

① 汤树德,作物秸秆还田的土壤生物学原理研究。黑龙江八一农垦大学农业微生物教研室资料,1984。

表 2 麦秸还田对大豆结瘤和固氮活性的影响

处 理	大豆生育期	株 高 (厘米)	植株鲜重 (克/株)	根瘤鲜重 (克/株)	固氮活性 (C_2H_4 微摩尔/克鲜瘤/小时)
麦秸还田	分 枝 期	24.9	1.83	0.28	21.43
	盛 花 期	58.2	5.98	0.73	39.07
对 照	分 枝 期	22.8	1.42	0.18	18.84
	盛 花 期	52.3	4.71	0.51	31.43

效磷量可达40毫克/100克干土。磷素的有效转化率随秸秆腐解强度而提高^[2]。

4. 从表 2 的测定结果表明, 秸秆还田, 促进土壤中的自生固氮微生物的发育和自生固氮作用, 也提高大豆结瘤率和根瘤固氮活性, 发挥共生固氮作用。秸秆和适量氮肥混合施用, 可起到减低氮肥对大豆结瘤和共生固氮的抑制影响, 调节大豆的氮素营养和补充根瘤固氮之不足, 增进大豆干物质积累和豆荚重的提高, 增加产量。

参 考 文 献

- [1] Russell E. W., Soil Condition and plant growth, 10th, ed., 1973.
- [2] 汤树德, 作物秸秆直接还田的土壤生物学效应. 土壤学报, 17(2):172—181, 1980.
- [3] 郝余祥: 有机物培肥土壤效益的研究. 西北农学院学报, 第 3 期, 1983.

(上接第26页)

- [2] 章申等: 中国土壤的地理分异. 地理科学, 第 4 期, 322页, 1983.
- [3] 中国科学院土壤背景值协作组等: 广东省区域土壤中某些元素的自然背景值. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 58页, 科学出版社, 1982.
- [4] 中国科学院土壤背景值协作组等: 广州地区土壤背景值研究. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 29—33页, 科学出版社, 1982.
- [5] 唐涌六: 南京地区土壤中重金属浓度的概率分布. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 10—12页, 科学出版社, 1982.
- [6] 王云等: 土壤质量评价. 环境质量评价指南, 154页, 中国环境科学学会环境质量评价委员会编印, 1982.
- [7] 杨学义: 南京地区土壤背景值与母质的关系. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 16—18页, 科学出版社, 1982.
- [8] 中国科学院贵阳地球化学研究所: 简明地球化学手册, 69页, 科学出版社, 1977.
- [9] A. G. Wilson: Geography and the environment — Systems analytical methods, John Wiley & Son Ltd. 29—33, 1981.
- [10] A. H. 彼列尔曼: 后生地球化学[龚子同等译], 1—3, 157—163页, 科学出版社, 1975.
- [11] 克洛德热昂·阿尔莱格勒等: 地球化学导论. 90、154页, 地质出版社, 1980.