

有机无机肥料配合施用对滨海盐土土壤生物量态氮及土壤供氮特征的影响*

沈其荣 余玲 刘兆普 茆泽圣

(南京农业大学土化系, 210095)

摘 要

采用盆栽试验研究滨海盐渍化土上蚕粪与无机氮肥(碳铵和尿素)的施用对土壤生物量态氮和土壤供氮特征的影响,指出(1)施肥均能明显地提高土壤生物量态碳和生物量态氮的含量,蚕粪与无机氮肥配合施用比化肥单施或蚕粪单施更能增加土壤生物量态氮含量;(2)土壤生物量态氮是土壤氮素转化的重要环节,也是土壤有效氮的重要组成部分;(3)土壤生物量态氮的消长与土壤的供氮特征关系极为密切,只要前期有强烈的微生物固持无机氮肥过程,则中、后期势必会发生无机氮的释放过程,这一点对麦类作物生长发育极为重要;(4)蚕粪能有效地提高无机氮肥的利用率,尤其是碳铵,由于在滨海盐渍化土壤上氨的挥发很严重,因此,寻求与无机氮肥相配施的合适的有机肥料种类是提高滨海盐渍化土上氮肥利用率的最有效途径。

关键词 土壤生物量态氮,土壤供氮特征,碳铵,尿素,蚕粪

一、引 言

土壤微生物既是土壤有机物转化的执行者,又是植物营养元素的活性库^[7,14,15]。就氮而言,微生物体内的氮是土壤氮素矿化势(No)的重要组成部分^[5,13],因此越来越多的氮素研究工作者对土壤生物体内的氮感兴趣^[2,4,9,10,11]。

土壤微生物极易受土壤环境因子的影响,诸如干湿交替、冻融等物理因子的变化会加速土壤微生物体的分解从而释放营养元素^[2],而有机物的加入会使土壤微生物量明显增加^[12],这种增加的结果或使土壤矿质态氮增加(有机物活性 C/N 比小)或使土壤矿质态氮减少(有机物总 C/N 比大或活性 C/N 比大),因此研究土壤微生物量(生物量态氮)的消长有助于揭示土壤氮的生物固持和释放的本质,从而提出减少化肥氮损失的有效途径。

近年来,国外对土壤生物量态氮的研究十分重视,许多报道已从土壤生物体内氮的成分及其结构来阐明土壤中这部分氮的有效性^[4,9]。国内对土壤生物量的消长与土壤供氮特征之间的关系报道甚少,本研究采用盆栽试验,研究无机氮肥(尿素和碳铵)与有机肥(蚕粪)的施用对滨海轻度盐渍化土微生物态氮的消长及其供氮特征的影响,试图从理论

* 国家自然科学基金资助项目。本文承蒙史瑞和教授审阅,特此表示感谢。

上阐明土壤氮素矿化和固定的内在联系,从实践上提出减少滨海轻度盐渍化土化肥损失的措施。

二、材料与方 法

(一) 盆栽试验

试验土壤采自江苏省大丰县王港垦区的滨海轻度盐渍化土,质地为砂壤, pH8.0, 全碳 2610 mg/kg 土,全氮 300 mg/kg 土,土壤风干后过 1 mm, 称取 5 kg 土加入盆钵,按表 1 处理与肥料混匀后,加水至田间持水量的 80%,1990 年 11 月 20 日播大麦种子(已催芽),1991 年 5 月 5 日收获。生长季节内分五次采样(播后 15、30、50、100 和 195 天),每个处理每次采二钵,大麦植株和土壤同时分析。

表 1 氮素肥料的不同组合处理

Table 1 Different combination treatments of inorganic fertilizers and organic manure

编 号 No.	处 理 Treatment
1	土
2	土+100 mg 尿素 N/kg 土
3	土+100 mg 碳铵 N/kg 土
4	土+50 mg 尿素 N + 50 mg 蚕粪 N/kg 土
5	土+50 mg 碳铵 N + 50 mg 蚕粪 N/kg 土
6	土+100 mg 蚕粪 N/kg 土

注:蚕粪含氮 2.00%,含碳 34.69%。

(二) 室内分析

灭菌提取:取新鲜土样(相当于烘干土 20 g)摊平放入能抽气的真空干燥器内,再放入一只盛有无醇氯仿的小烧杯,灭菌 5 天^[6,10],然后加 0.5 mol/L K_2SO_4 (土:水为 1:4)于灭菌后的土样中,振荡半小时,过滤。与此同时,不灭菌的土样也用 K_2SO_4 溶液提取、振荡和过滤。

土壤生物态碳的测定:吸取上述过滤液 15 ml,定量加入重铬酸钾溶液消煮测定生物态碳^[11],土壤生物态碳 $B_c = 2.64 \times E_c$ ^[11],式中 E_c 为灭菌土样用 0.5 mol/L K_2SO_4 提取的总碳减去不灭菌土样用 0.5 mol/L K_2SO_4 提取的总碳。

土壤生物态氮的测定:吸取上述过滤液 15 ml,加 0.5 ml 浓 H_2SO_4 ,酸化后先浓缩至 3 ml 左右,然后按克氏定氮法测定滤液中的全氮^[6],以代氏合金还原硝态氮。土壤生物态氮 $B_N = E_N/0.69$ ^[7],式中 E_N 为灭菌土样用 0.5 mol/L K_2SO_4 提取的全氮减去不灭菌土样用 0.5 mol/L K_2SO_4 提取的全氮。

大麦植株的全氮用硫酸-过氧化氢消煮蒸馏滴定法测定。

三、结果与讨论

(一) 肥料形态对土壤生物量态碳和生物量态氮的影响

一般而言,在没有显著量的有机物施入土壤时,土壤生物量态碳和生物量态氮的量相对较稳定,二者能较好地反映特定土壤氮素肥力的状况^[9]。但是如果给土壤施以较多的有机肥或前茬留有较多的植物残留物在土壤中,则在当季作物生长季节内土壤生物量会

明显增加, 所增加的生物量究竟在土壤中能维持多长时间则主要取决于有机肥料的质和量^[8]及土壤环境条件的变化^[2]。我们的试验表明, 一季大麦生长季节内, 无肥对照区土壤生物量态碳和生物量态氮量均有明显减少 (见图 1 和图 2), 大麦收获时无肥对照区土壤

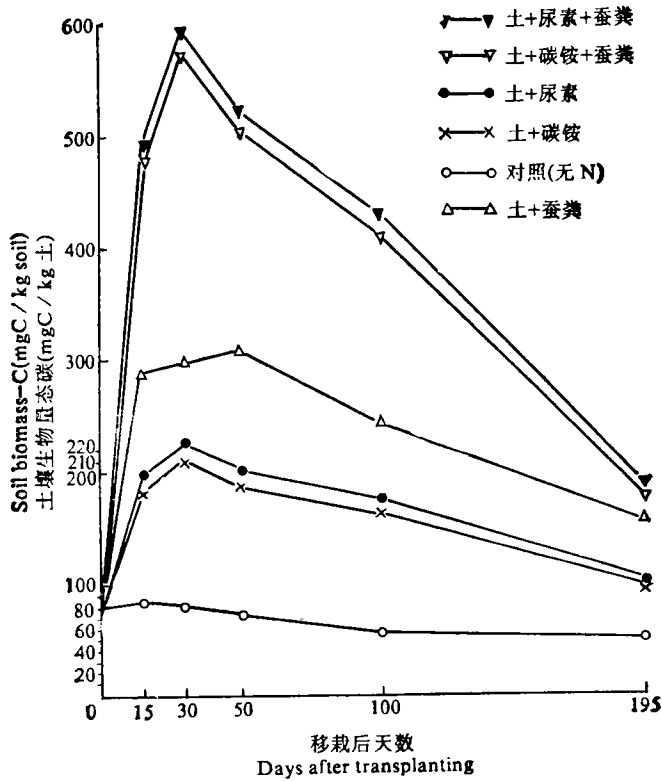


图 1 肥料形态对土壤生物量态碳的影响

Fig. 1 The effects of fertilizer forms on soil biomass-C

生物量态碳和生物量态氮分别减少了 37.13% 和 51.43%, 说明无肥区土壤提供给作物的矿质态氮有相当一部分来自土壤生物态氮的减少。

施肥后土壤生物量态碳和生物量态氮均显著增加, 二者累积的量除蚕粪单施处理外, 其它处理均在麦子播后 30 天之内达到最大值, 蚕粪单施处理的在 50 天左右达到最高峰, 以后均逐渐减少。单施化肥或单施蚕粪区土壤生物量态碳和生物量态氮的增加幅度远没有化肥加蚕粪区大, 而尿素与碳铵处理间土壤生物量态碳和氮的消长没有显著差异, 说明影响土壤生物量态碳和氮的因子主要是有机肥料的不同, 而不在于化肥种类的不同。在麦子播后 30 天时, 蚕粪加化肥处理区的土壤生物量态碳接近 600 mg/kg 土, 占了施入碳量的 60% 左右, 说明就蚕粪而言, 如伴有足量的无机氮肥一起施入土壤, 其转化过程中有一半以上首先是被转入土壤生物体内, 然后再进入别的转化途径。单施蚕粪处理的土壤由于其碳的有效性远高于氮, 因此较少的氮素营养限制了土壤微生物的大量繁殖。

一季麦子后化肥加蚕粪处理的土壤生物量态碳和生物量态氮均比试验前的土壤增加

了1倍以上,但土壤全碳和全氮的增加不很明显(见表2),说明施用易分解的有机肥料能明显增加土壤活性碳和活性氮组分。同样,单纯化肥区土壤全碳和全氮亦无明显增加,但

生物态碳和氮都比试验前的土壤增加了20%左右,单施蚕粪区土壤的生物态碳和氮的增加介于上述二者之间。由此可见,肥料的施用可以改变土壤原有机质中的成分比例,尤其是对土壤有效养分的影响较大。

(二) 土壤的供氮特征与土壤生物态氮的消长

在有作物生长的情况下,土壤的供氮特征应以作物既定时间内的吸氮总量与此时土壤残留矿质态氮总和的变化来描述。不同肥料处理下大麦一季生长期间内土壤所供应的矿质态氮差异极为显著(见图3)。无肥区土壤所供应的矿质态氮极为有限,至大麦收获时该土壤才供应了14.00mgN/kg土,这与该土壤氮素肥力极低有关。施肥后土壤供氮量及供应

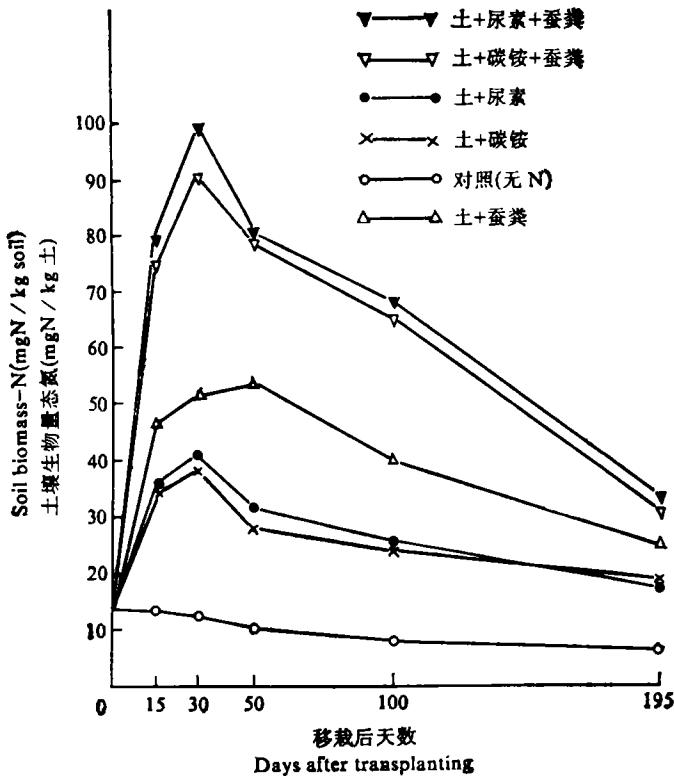


图2 肥料形态对土壤生物态氮的影响

Fig. 2 The effects of fertilizer forms on soil biomass-N

表2 试验前后土壤碳氮变化(单位: mg/kg 土)

Table 2 Variations in the C and N contents of the soil tested before and after experiment (mg/kg soil)

处 理 Treatment	试 验 前 Before experiment				试 验 后 ¹⁾ After experiment			
	全 碳 Total C	全 氮 Total N	生物碳 Biomass -C	生物氮 Biomass -N	全 碳 Total C	全 氮 Total N	生物碳 Biomass -C	生物氮 Biomass -N
对照(无 N)	2610	300	80	14	2595	287	50	7
土+尿素	2610	300	80	14	2631	309	106	18
土+碳铵	2610	300	80	14	2625	305	100	18
土+尿素+蚕粪	2610	300	80	14	2695	325	191	33
土+碳铵+蚕粪	2610	300	80	14	2704	322	183	31
土+蚕粪	2610	300	80	14	2756	331	156	25

1) 即一季大麦收获后。

过程变化较大,当单施无机氮肥时,土壤中无机氮消失很快,其中一小部分被土壤微生物固定和被大麦吸收,而相当一部分通过氨的挥发损失了,被微生物所固定的那部分氮在大麦生长的中后期又逐渐地

释放出来被大麦吸收利用,表现在大麦收获时化肥区比无肥区大麦多吸收了4倍左右的氮。蚕粪单施时大麦苗期表现出明显缺氮症状,而后期表现出较充足的氮素营养,说明蚕粪单施其氮效在后期,前期应补足无机氮肥。当蚕粪与无机氮肥配合施用

时土壤氮素的供应情况又发生了变化,表现在前期土壤能供应适量的无机氮,而大麦生长中后期土壤又能持续稳定地供应足量的矿质态氮,使大麦在全生育期内一直处于良好的供氮条件下,从而导致大麦干物重、每钵总穗数均显著地大于化肥单施区,蚕粪单施区与无肥对照区。从图3可看出,蚕粪与无机氮肥配合施用后土壤的供氮过程表现为前期有适量的无机氮供应,中、后期又能持续稳定地提供矿质态氮,这对大麦生长、发育的需氮过程较为有利,单纯化肥区土壤的供氮过程是前期多于大麦需要量,中后期又小于大麦需要量,而蚕粪单施恰好与化肥单施在氮的效果方面相反。这就是蚕粪与无机肥配施容易使作物高产稳定的原因。

是什么原因会使蚕粪与无机氮肥配施能得到较理想的土壤供氮过程?我们追踪了各处理下土壤生物量态氮的变化特征,发现蚕粪与无机氮肥配施的土壤生物量态氮在大麦种子播后的一段时间内急剧增加,直至30天时达到最高峰,而此时有80%左右的施入氮(包括化肥氮和蚕粪氮)被固持在微生物躯体内(见图2),从而避免了大麦生长前期过多的无机氮存在于土壤中而遭受挥发损失。当大麦越冬后返青时,由于此时土壤中没有更多的能源物质来维持微生物的生命活动,大量的微生物相继死亡,被固持在这些微生物躯体内的氮素遭受幸存的微生物分解而释放出来供大麦吸收利用,这一过程一直维持到大麦收获之时。而单施化肥区虽然在大麦生长前期土壤生物态氮亦有增加,但由于缺乏碳源物质而使增加有限,因而大麦生长中后期亦没有足够的生物量态氮转化成土壤矿质

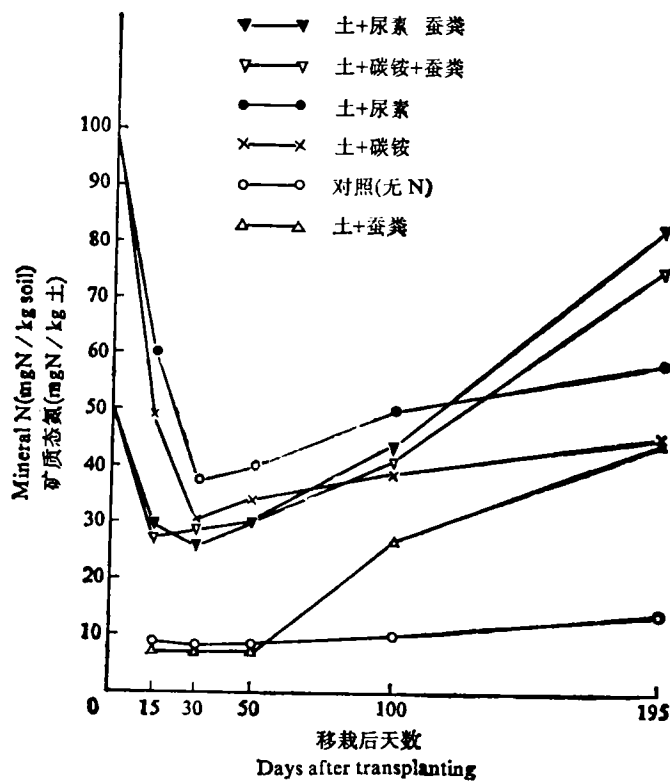


图3 肥料形态对土壤供氮特征的影响
Fig. 3 The effects of fertilizer forms on N-supplying characteristics of soil

态氮被大麦吸收利用。单施蚕粪区虽在后期土壤有较多的氮素供应,但由于前期氮素供应不足,影响了大麦的总生长势,导致大麦生长不理想。

由上述讨论可知,当有足量的有机物料施入土壤时,只要这些有机物料的碳素有效性较高,那么有比例地增加无机氮肥,使土壤生物量态氮含量明显增加,则有可能达到人为调控土壤供氮特征的目的,本试验所用的蚕粪,虽然其总 C/N 比为 17,属于氮净矿化类型,但由于其碳的有效性远比氮的有效性高^[3],施入的前期如不施无机氮肥,则会造成严重的植物与微生物争氮现象。相反,蚕粪配以足量的无机氮肥不但解决了植物与微生物争氮的矛盾,而且将蚕粪中的碳源有效地利用了,使之转化成土壤生物体物质,以后,其中的一部分重新矿化成矿质态氮供作物吸收,因此在进行有机—无机肥料配施时尤其要注意有机物质的化学组成成分,摸清了这一点有利于找到有机—无机肥料的定量配方。

(三) 肥料利用率

滨海盐渍土上,无机氮肥的利用率较内地土壤更低,一般在 20—30%,这是由于其砂性较重、阳离子交换量小且较高的 pH(一般为 8.0—8.5^[4])等因子造成的,因此在这些土壤上寻求保氮途径更为重要。本试验表明,无机氮肥单施其当季利用率只有 26—40%,蚕粪单施其氮素当季利用率为 25%,而无机氮肥与蚕粪配施后其氮素利用率达 55—60%(见表 3),就碳铵而言,与蚕粪配施比碳铵单施的肥料利用率提高了 1 倍以上。不仅如此,蚕粪与无机氮肥配施后残留在土壤中的化肥氮亦明显高于无机氮肥单施处理(见表 3)。就肥料总利用率而言,有机—无机配施处理的大于 75%,而无机氮肥或蚕粪单施处理的均小于 55%。由此可见,在滨海盐渍化土上有机肥与无机肥的配合施用是提高肥料利用率的关键一着,不仅如此,滨海盐渍化土上施用的有机肥应选用碳源有效性较高的种类,因

表 3 肥料利用率
Table 3 Recovery of fertilizers applied

处 理 Treatment	肥料当季利用率(%) ¹⁾ Fertilizer recovery by the first- season plant (%)	肥料总利用率(%) ²⁾ Total recovery of fertilizer (%)
尿素单施	39.2	48.2
碳铵单施	26.2	31.2
尿素与蚕粪配施	60.9	85.9
碳铵与蚕粪配施	54.7	76.7
蚕粪单施	24.6	55.6

1) 一季大麦吸收的肥料氮(差减法)占施入肥料总氮的百分数。

2) 一季大麦吸收的肥料氮(差减法)与大麦收获后残留土壤的肥料氮(差减法)之和占施入肥料氮的百分数。

为在这些土壤上我们期望着土壤生物固持无机氮肥的过程超前于氨的挥发,这方面的研究待进一步深入进行。

参 考 文 献

1. 刘兆普、沈其荣、菲泽圣、罗以筛、围田蕃,1991: 淡养鱼洗盐改土效果初报。土壤通报,第 22 卷 4 期,157—159 页。
2. 沈其荣、史瑞和,1991: 土壤预处理对不同起源氮矿化的影响。南京农业大学学报,第 14 卷 1 期,54—58 页。
3. 沈其荣、沈振国、史瑞和,1992: 不同有机肥氮素的矿化特征及其与化学组成的关系。南京农业大学学报,第 15 卷 1 期,59—64 页。

4. Amato M. and Ladd J. N. 1988: Assay for microbial biomass based on ninhydrin-reactive N in extracts of fumigated soils. *Soil Biol. Biochem.*, 20(1):107—114.
5. Bonde A. T., Schniirer J. and Rosswall T., 1988: Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable N in soil from long-term field experiments. *Soil Biol. Biochem.*, 20(4):447—452.
6. Brookes P. C., Kragt J. Z., Powlson D. S. and Jenkinson D. S. 1985: Chloroform fumigation and the release of soil N: The effects of fumigation time and temperature. *Soil Biol. Biochem.*, 17(6):831—835.
7. Brijkes P. C., Landman A., Pruden G. and Jenkinson D. S., 1985: Chloroform fumigation and release of soil N: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass N in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 17(6):837—842.
8. Fyles, I. H., Juma N. G. and Robertson J. A., 1988: Dynamics of microbial biomass and faunal population in long-term plots on a Gray Luvisol. *Can. J. Soil Sci.*, 68:91—100.
9. Jawson M. D., Elliott L. F., Papendick R. I. and Campbell G. S., 1989: The decomposition of ¹⁴C-labelled wheat straw and ¹⁵N-labelled microbial material. *Soil Biol. Biochem.*, 21(3): 417—422.
10. Jenkinson D. S. and Powlson D. S., 1976: The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8:209—213.
11. Kuikman P. J., Jansen A. G. and Van Veen J. A. 1991: ¹⁵N-nitrogen mineralization from bacteria by protozoan grazing at different soil moisture regimes. *Soil Biol. Biochem.*, 23(2): 193—200.
12. Ocio, J. A., Brooks P. C. and Jenkinson D. S. 1991: Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N. *Soil Biol. Biochem.*, 23(2):171—176.
13. Robertson K., Schniirer J., Clarholm M., Bonde A. T. and Rosswall T. 1988: Microbial biomass in relation to C and N mineralization during laboratory incubations. *Soil Biol. Biochem.*, 20(3):281—286.
14. Singh J. S., Raghubanshi A. S., Singh R. S. and Srivastava S. C. 1989: Microbial biomass acts a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature (London)*, 338: 499—500.
15. Srivastava S. C. and Singh J. S. 1991: Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: Effects of alternate land-uses and nutrient flux. *Soil Biol. Biochem.*, 23(2):117—124.
16. Vance E. D. Brooks P. C. and Jonkinson D. S. 1987: An extraction method for measuring soil microbial Biomass C. *Soil Biol. biochem.*, 19(6):703—707.

EFFECTS OF COMBINING APPLICATION OF ORGANIC AND INORGANIC NITROGEN FERTILIZERS ON BIOMASS NITROGEN AND NITROGEN-SUPPLYING CHARACTERISTICS OF COASTAL SALINE SOIL

Shen Qirong, Yu Ling, Liu Zhaopu and Mao Zeshen

(Dept. of Soil Science and Agrochemistry, Nanjing Agricultural University, 210095)

Summary

Pot experiments were carried out to study the effect of combining application of organic manure (silkworm manure) and inorganic fertilizer (urea and ammonium bicarbonate) on the biomass-N and N-supplying characteristics of coastal slightly saline soil. The results obtained showed that (1) application of both organic and inorganic fertilizers could significantly increase the soil biomass-C and biomass-N and the combining application of silkworm manure and inorganic fertilizer might cause a more increase of biomass-N than single application of silkworm manure or inorganic fertilizer; (2) soil biomass-N was an important link in soil nitrogen transformation and a major part of available N in soil; (3) there was a significantly close relationship between the changes of soil biomass-N and soil N-supplying characteristics, thus a strong immobilization of N fertilizer by microorganisms was always followed by a net N mineralization, which was most favourable for the growth and development of barley plant; and (4) silkworm manure was helpful in raising fertilizer utilization efficiency, especially for ammonium bicarbonate which can volatilize violently in coastal saline soil because of its higher pH, and it would be an efficient way to raise N utilization efficiency by combining application of various organic manures and inorganic fertilizers.

Key word Soil biomass-N, N-supplying characteristics of soil, Ammonium bicarbonate, Urea, Silkworm manure