第2卷 第2期 植物营养与肥料学报 Vol.2 No.2
1996年6月 PLANT NUTRITION AND FERTILIZER SCIENCE Jun. 1996

# 长期地膜覆盖对土壤氮素状况的影响①

汪景宽 张继宏 须湘成 张旭东
程 凡 孙效文 林立萍 陈恩凤

(沈阳农业大学土壤肥力研究室,沈阳 110161)

**摘 要**

定位试验结果表明,长期地膜覆盖对棕壤全氮影响较小,而碱解氮含量平均下降6.46mg/kg。覆膜土壤上层$NO_3^-$—N含量明显增加。有机氮各组分在覆膜条件下发生较大变化,其中氨基酸态氮的绝对和相对数量下降显著,各处理平均下降21.6mg/kg和2.0%。覆膜使土壤微生物体氮量增加。试验结果还表明,施用有机肥和化肥都能提高土壤全氮、碱解氮、$NO_3^-$—N和有机氮的含量,施用有机肥明显地提高了微生物体氮的含量,是培肥覆膜土壤氮素肥力的有效措施。

**关键词** 地膜覆盖 氮素 有机肥

近20年来,随着生产的发展和研究技术的进步,土壤氮素方面的研究工作日益深入[1,2,14]。关于地膜覆盖后土壤氮素的变化也有报道[3,4]。本文较全面地阐述了长期覆膜后土壤氮素的变化规律。

## 一、材料与方法

1987～1994年在沈阳农业大学长期地膜覆盖试验地上进行。土壤为棕壤(黄土性母质)。有机质含量1.56%,全氮0.1%,全磷(P)0.05%,碱解氮67.4mg/kg,有效磷(P)8.4mg/kg,pH($H_2O$)6.39。施用的有机肥为猪厩肥,其有机质含量为15%左右,全氮为1.0%左右。

田间试验设7个处理:①对照(CK);②高量有机肥,折合年施N量270kg/$hm^2$($M_2$);③有机肥与化肥配施,年施有机肥和尿素N各135kg/$hm^2$(MN);④高量氮肥,年施尿素N270kg/$hm^2$($N_2$);⑤高量有机肥和氮磷化肥配施,年施有机肥N270kg/$hm^2$;化肥N135kg/$hm^2$和$P_2O_5$67.5kg/$hm^2$($M_2$NP);⑥中量有机肥和氮磷化肥配施,年施人有机肥N135kg/$hm^2$,化肥N135kg/$hm^2$,$P_2O_5$67.5kg/$hm^2$(MNP);⑦高量氮磷化肥配施,年施化肥N270kg/$hm^2$,$P_2O_5$ 135kg/$hm^2$($N_2P_2$)。除$M_2$NP处理外,其它施肥处理均为等氮量。试验分覆膜与不覆膜两个区组,每小区69$m^2$,3次重复。采用玉米连作方式,每年于4月25日左右播种、覆膜。玉米品种为沈单13。

土壤全氮、碱解氮测定按常规分析方法;土壤有机氮分组测定采用Bremner法[8];$NO_3^-$—N测定采用酚二磺酸比色法(新鲜土样);土壤微生物体氮量测定采用氯仿灭菌法[11,15],具体操作如下:称取过5mm筛新鲜土样50g于100ml培养皿中,在25℃下真空干燥器中用氯仿抽气灭菌24小时;迅速倾出氯仿残留液,并反复抽真空除去残存氯仿,然后用160mL 0.5mol/L $K_2SO_4$溶液将待测土壤转移到250mL塑料离心管中(液:土=4:1),振荡30分钟,用凯氏法测定溶液中全氮含量。以不灭菌土壤在相同条件下提取的全氮含量为对照,根据下式计算微生物体氮量:Biomass-N = 2.22En

En为灭菌与不灭菌土壤以0.5mol/L $K_2SO_4$提取的全氮含量差值;2.22为经验比例系数。

① 国家教委博士基金资助。
收稿日期:1995—04—20

## 二、结果与讨论

### (一)地膜覆盖对土壤全氮和碱解氮的影响

在覆膜条件下,土壤全氮变化趋势不明显,说明连续覆膜7年尚没有对土壤氮素"库"产生显著影响。但覆膜后碱解氮却明显下降,CK和$M_2$处理,不覆膜分别为82.36和102.00mg/kg,而覆膜条件下为71.60和94.57mg/kg,下降了13.06%和7.28%;MN、$M_2NP$、MNP和$N_2P_2$处理覆膜也都分别下降了5.06%、10.56%、10.20%和4.77%。这主要是由于覆膜后作物产量明显提高,摄取较多的氮素;而且覆盖使地温升高,水分增多,有利于土壤氮素的矿化,导致碱解氮下降(表1)。

表 1 地膜覆盖对土壤全氮和碱解氮的影响

Table 1 Effect of covering with plastic film on total N and alkali-hydrolyzable-N in soil

| 处理 Treat. | 全氮($gkg^{-1}$) Total N | | 碱解氮($mgkg^{-1}$) Alkali-hydrolyzable N | |
|---|---|---|---|---|
| | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered |
| CK | 0.863 | 0.845 | 71.60 | 82.36 |
| $M_2$ | 1.105 | 1.048 | 94.57 | 102.00 |
| MN | 1.037 | 1.066 | 88.50 | 93.22 |
| $N_2$ | 0.930 | 0.939 | 94.57 | 93.22 |
| $M_2NP$ | 1.080 | 1.115 | 85.79 | 95.92 |
| MNP | 1.027 | 0.979 | 83.11 | 92.55 |
| $N_2P_2$ | 0.963 | 0.942 | 81.06 | 85.12 |
| t* | 0.736 | | -3.961 | |
| n = 6 | $t_{0.01} = 3.707$ | | $t_{0.05} = 2.447$ | |

从表1还可以看出,施人各种肥料后能增加土壤碱解氮含量,施有机肥处理尤为明显。$M_2$和$M_2NP$处理,在不覆膜条件下都比CK处理高19.64和13.56mg/kg,而$N_2P_2$处理仅比CK提高2.76mg/kg。说明施人有机肥是补偿土壤氮素较好的措施。

### (二)地膜覆盖后土壤$NO_3^-$—N动态变化

土壤中$NO_3^-$—N含量随季节变化,植物在不同生育时期时其吸收也存在显著差异。其含量同时受许多土壤因素(如通气性、温度、湿度及微生物)的影响。Baerug等指出,直接由湿土或干土中浸取的$NO_3^-$—N或把湿土及干土经短期培养后所浸取的$NO_3^-$—N,都与作物吸收的氮素和干物质积累密切相关[5]。表2结果表明,季节变化对土壤$NO_3^-$—N含量影响明显。无论覆膜与否,$NO_3^-$—N含量都是春季表层高,夏季下层高,到秋季则是中层含量相对较高。这是由于春天较为干燥,矿化作用较强,同时因施肥作用,使表层$NO_3^-$—N含量增加,5~6月份增加尤为明显。随着作物的生长,$NO_3^-$—N不断被作物利用,同时由于雨季使较多$NO_3^-$—N被淋溶到下层,因此表层含量较低。秋季尽管矿化作用相对减弱,但淋溶作用也明显降低,因此表层和中层$NO_3^-$—N含量又有所增加。

表 2　不同处理中$NO_3^-$—N的季节变化(mg/kg)

Table 2　Seasonal changes of $NO_3^-$—N in different treatments

| 处理 Treat. | 深度 Depth cm | 覆膜 Covered | | | | | | | 不覆膜 Uncovered | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 25-Apr | 25-May | 25-Jun | 25-Jul | 25-Aug | 25-Sep | 26-Oct | 25-Apr | 25-May | 25-Jun | 25-Jul | 25-Aug | 25-Sep | 26-Oct |
| CK | 0-20 | 3.53 | 15.68 | 11.25 | 0.00 | 0.00 | 1.11 | 1.70 | 8.53 | 17.93 | 6.25 | 0.00 | 0.00 | 2.10 | 3.02 |
| | 40-60 | 3.62 | 14.90 | 9.31 | 7.66 | 4.21 | 2.40 | 2.51 | 2.75 | 8.41 | 6.12 | 6.42 | 5.89 | 3.65 | 3.32 |
| | 80-100 | 2.29 | 9.61 | 7.69 | 6.28 | 2.51 | 1.10 | 2.11 | 2.56 | 7.70 | 3.31 | 5.68 | 6.15 | 2.98 | 2.52 |
| $N_2$ | 0-20 | 14.14 | 66.42 | 50.51 | 7.41 | 9.66 | 8.48 | 7.31 | 18.31 | 50.0 3 | 43.61 | 6.80 | 7.22 | 4.56 | 1.00 |
| | 40-60 | 8.36 | 44.30 | 30.16 | 20.88 | 15.31 | 12.11 | 6.02 | 9.99 | 22.45 | 18.96 | 15.21 | 10.30 | 6.11 | 4.11 |
| | 80-100 | 7.33 | 37.92 | 36.12 | 30.11 | 18.35 | 11.12 | 6.43 | 6.30 | 19.86 | 18.31 | 17.21 | 9.26 | 8.01 | 2.61 |
| $M_2NP$ | 0-20 | 28.10 | 193.44 | 130.51 | 50.30 | 16.28 | 16.28 | 8.10 | 36.44 | 125.47 | 95.23 | 13.10 | 18.22 | 10.54 | 7.50 |
| | 40-60 | 11.71 | 95.97 | 68.11 | 40.21 | 26.32 | 20.11 | 14.12 | 15.06 | 60.68 | 50.22 | 32.11 | 26.12 | 14.22 | 10.91 |
| | 80-100 | 10.79 | 84.29 | 69.51 | 49.36 | 33.11 | 12.11 | 6.71 | 12.08 | 60.81 | 45.65 | 49.22 | 29.12 | 14.22 | 12.11 |
| $N_2P_2$ | 0-20 | 13.24 | 112.83 | 58.48 | 35.90 | 30.11 | 20.11 | 11.60 | 9.83 | 93.32 | 46.25 | 32.00 | 21.12 | 12.68 | 5.00 |
| | 40-60 | 6.81 | 69.32 | 46.78 | 35.12 | 19.62 | 13.44 | 12.40 | 4.94 | 34.03 | 31.68 | 32.43 | 16.77 | 12.11 | 11.80 |
| | 80-100 | 5.32 | 65.77 | 49.36 | 40.11 | 30.16 | 17.36 | 10.73 | 4.87 | 43.61 | 40.11 | 43.37 | 18.11 | 11.75 | 9.00 |

1993年测定，新鲜土样。

覆膜条件下，由于提高了土壤水分和温度，有利于矿化作用和硝化作用的进行，且淋溶减少，使各个土层尤其是上层的$NO_3^-$—N含量都有相对增加的趋势，说明覆膜有利于氮素的利用。

施肥后，由于有机肥的矿化或尿素的硝化作用，使各层次$NO_3^-$—N含量增加更为明显，这与Cabrera等[12,13]的研究结果一致。

**(三)地膜覆盖对土壤有机氮组分的影响**

土壤中有机氮化合物的种类很多，包括各种氨基酸，氨基糖等。表土中氨基酸态氮约占全氮的20%～40%，氨基糖态氮占5%～10%，嘌呤和嘧啶衍生物态氮占1%～4%，其余约一半以上的氮素形态还不清楚。Stewart等(1963)和Stevenson等(1956)认为，相当一部分氨基酸以微生物体的蛋白质形态存在，在氮素矿化-固定过程中，借助于示踪技术可以看到：在各种有机态氮中，以这种形态的氮变化最为明显[17]。Keeney等发现荒地开垦以后，在土壤全氮降低的同时，氨基酸态氮相对含量也明显降低。表明这种形态氮的有效性较高，并且易受外界环境的影响。

表 3　不同处理土壤有机氮各组分含量(N,mg/kg)

Table 3　Amounts of different organic nitrogen in treatments

| 处理 Treat. | 酸水解N Acid hydrolyyzable N | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 总量 Total | | $NH_4$—N | | 胺基己糖—N Amino-sugar N | | 氨基酸—N amion-acid N | | 未知态—N Unknown N | | 非酸水解—N Acid nonhydrolyzable N | |
| | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered | 覆膜 Covered | 不覆 Uncovered |
| CK | 666.6 | 654.8 | 167.0 | 168.0 | 98.5 | 83.6 | 272.2 | 267.5 | 128.9 | 127.6 | 196.9 | 199.1 |
| $M_2$ | 732.5 | 784.9 | 213.4 | 204.6 | 69.2 | 74.6 | 338.7 | 357.5 | 111.2 | 148.2 | 372.1 | 263.4 |
| MN | 763.4 | 792.6 | 219.4 | 205.6 | 79.0 | 101.5 | 315.2 | 330.0 | 149.5 | 155.5 | 273.4 | 273.1 |
| $N_2$ | 678.7 | 682.8 | 187.1 | 220.1 | 88.8 | 68.2 | 282.3 | 304.4 | 120.5 | 90.1 | 250.8 | 256.5 |
| $M_2NP$ | 754.0 | 793.7 | 230.2 | 237.2 | 78.9 | 63.2 | 325.9 | 352.1 | 119.0 | 141.2 | 326.2 | 320.8 |
| MNP | 713.9 | 721.8 | 205.0 | 204.0 | 54.4 | 60.1 | 274.2 | 323.8 | 180.3 | 133.9 | 312.8 | 257.6 |
| $N_2P_2$ | 639.7 | 653.2 | 194.7 | 211.0 | 76.8 | 43.7 | 264.8 | 289.0 | 103.4 | 109.5 | 323.7 | 288.4 |
| t* | -1.944 | | -0.803 | | 1.003 | | -3.542 | | 0.094 | | 1.769 | |

n = 6　　$t_{0.01}$ = 3.707　　$t_{0.05}$ = 2.447　　$t_{0.1}$ = 1.943

表3结果看出，覆膜条件下，酸水解氮总量有一定的下降趋势，达到极显著水平，这一趋势与张继宏等测定结果基本一致[3]。其中氨基酸态氮下降幅度最大(CK处理除外)，达显著水平；而非酸水解氮，胺基己糖氮和未知态氮，虽有增加趋势，但没有达到显著水平。这是由于覆膜有利于土壤微生物活动，氨基酸氮易于转化和消耗，使其它形态氮也相对提高。

施用有机肥或化肥后，酸水解氮和非酸水解氮都显著增加。在覆膜条件下，各施肥处理酸水解氮和非酸水解性氮均比CK明显增高(表3)。这说明施用有机肥和化肥都能提高土壤有机氮素的水平，尤其是有机肥，是恢复覆膜土壤肥力的有效措施。

**(四)地膜覆盖对土壤微生物体氮的影响**

土壤微生物体氮(Biomass-N)是土壤有机氮的组成部分。它数量少，仅占土壤全氮的1%～5%。但它十分活跃，可以迅速参与土壤碳、氮等养分循环，在促进土壤有机无机养分转化方面起到极其重要作用[6,7,16]。土壤微生物体氮的有效性较高，其矿化率远高于土壤有机氮部分。Kerstin等报道，培养12周，土壤矿化的无机氮有55%～89%是来自土壤微生物体氮[6]；Myrold用$^{15}N$标记法测得厌气培养7天的矿化氮量在很大程度上就是微生物体氮量[6]。由此认为土壤微生物体氮构成了土壤氮素活性库的主要部分。微生物体氮也可作为土壤氮素肥力的重要指标，且越来越受到重视[7,9,10]。长期地膜覆盖后不同施肥措施，不同时期内微生物体氮的变化见图1。图中看出，无论覆膜与否，土壤微生物体氮变化均较大，这与微生物总量的变化相一致。总的变化趋势为春秋低，夏季较高，5月初和7月下旬出现两个峰值。这是由于春季干旱，微生物活动受到抑制，因此各种微生物体氮都明显下降；7月初到8月中旬，降雨量增多，气温升高，植物生长旺盛，根系分泌物增多，适宜微生物繁殖生长，微生物体氮量呈上升趋势。8月中旬以后，温度降低，水分减少，各处理土壤微生物体氮量开始下降。

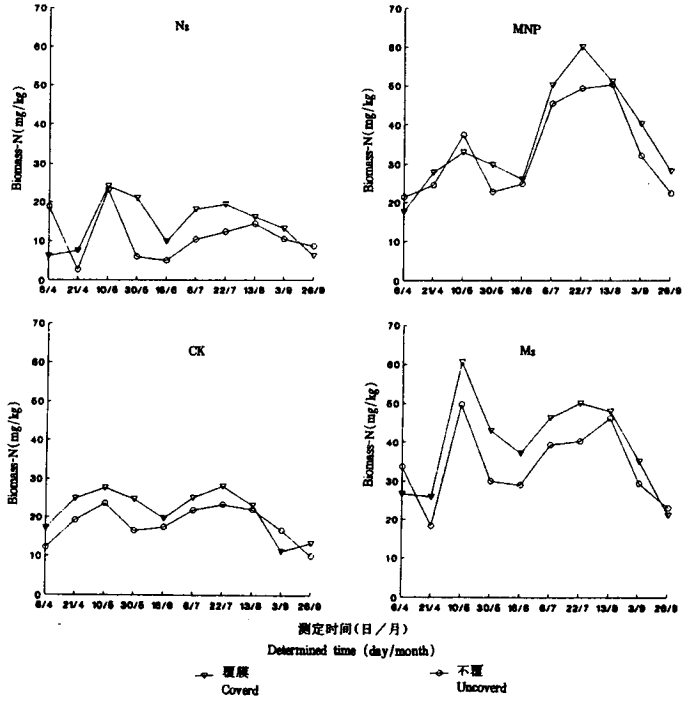


**图1 不同处理土壤微生物体氮量及季节变化 (1994)**

Fig.1 Seasonal changes of biomass-N in different treatments

图1还看出，施用有机肥，土壤微生物体氮数量明显提高，而单施氮素化肥土壤微生物体氮含量下降。这是由于有机肥本身就含有较多微生物，并且为微生物的生长提供了较充足的养料；而长期偏施氮肥，土壤有机质含量下降，导致微生物赖以生长的养分失调，微生物区系减少，数量降低，因此微生物体氮的含量必然降低。

## 三、结　论

1. 长期地膜覆盖对土壤全氮影响较小，而碱解氮含量平均下降6.46mg/kg。

2. 覆膜使土壤上层$NO_3^-$—N含量明显增加，$NO_3^-$—N在土壤剖面上的分布规律是春季表层高，夏季下层高，秋季中层高。这与降雨，作物利用和微生物活动密切相关。

3. 长期地膜覆盖使土壤有机氮各组分发生较大变化，其中氨基酸态氮下降显著，各处理平均下降21.64mg/kg。

4. 施用有机肥和化肥都能提高土壤全氮、碱解氮、$NO_3^-$—N和有机氮含量。有机肥明显地提高了微生物体氮含量，而单施氮肥使土壤微生物体氮降低。因此，配合施用有机肥是培肥覆膜土壤氮素肥力的有效措施。

## 参 考 文 献


1 朱兆良，1979：土壤中氮素的转化和移动的研究近况。土壤学进展，2：1～16。

2 朱兆良，1985：我国土壤供氮和化肥氮去向研究进展。土壤17(1)：2～9。

3 张继宏等，1989：覆膜栽培条件下有机肥对土壤氮和玉米生物量的影响。土壤通报，21(4)162～166。

4 刘小虎等，1992：覆膜栽培条件下有机无机肥配施对土壤氮素状况和供应的影响。沈阳农业大学学报，23：68～73。

5 李生秀，1990：关于土壤供氮指标的研究 Ⅰ．对几种测定土壤供氮能力方法的评价。土壤学报，27(3)：233～240。

6 殷士学，1993：土壤微生物量及其养分循环关系的研究进展。土壤学进展。21(4)：1～8。

7 韩晓日，1992：长期施肥对土壤微生物体氮量及其动态变化的影响。辽宁省首届青年学术年会论文集，东北工学院出版社，319～322。

8 严昶升，1988：土壤肥力研究法。农业出版社，180～185。

9 Boyle M et al., 1989: Carbon and nitrogen mineralization kinetics in soil previously amended with sewage sludge. Soil Sci. Soc. Am. J. 53(1):99～103.

10 Boyle M et al., 1989: Nitrogen transformations in soil previously amended with sewage sludge. Soil Sci. Soc. Am. J. 53 (3):740～744.

11 Brooks P C et al., 1985: Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biol. Biochem. 17(6):837～842.

12 Cabrera M L et al., 1988: Potentially mineralizable nitrogen in disturbed and undisturbed soil samples. Soil Sci. Soc. Am. J. 52(4):1010～1015.

13 Cabrera M L et al., 1988: Length of incubation time affects the parameter values of the double exponential model of nitrogen mineralization. Soil Sci. Soc. Am. J. 52(40):1186～1187.

14 Campbell C A et al., 1991: Thirty-year crop rotations and management practice effects on soil and amino nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 5(3):739～745.

15 Jenkinson D S, 1988: In advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems (J. R. wison, Ed) CBA International Walling Ford, 368～386.

16 Patra D D, 1992: Effect of plant residues on the size of microbial biomass and wheat straw. Soil Sci. and Plant Nutr. 38 (1):1～6.

17 Stewart B A et al., 1963: Immobilization and mineralization of nitrogen in several organic fractions of soil. Soil Sci. Soc. Am Proc. 27(3):302～302

# EFFECT OF LONG-TERM COVERING WITH PLASTIC FILM ON CHARACTERISTICS OF NITROGEN IN SOIL

Wang Jingkuan Zhang Jihong Xu Xiangcheng Zhang xudong
Cheng Fan Sun Xiaowen Lin Liping Chen Enfeng
*(Research Laboratory of Soil Fertility, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)*

## Summary

This experiment was conducted in a loamy brown earth derived from loesslike parent material at Shenyang Agricultural University during 1987～1994. The main results showed that the average contents of alkali-hydrolyzable-N (1mol NaOH-N) and aminoacid-N in all covered treatments declined 6.46mgkg$^{-1}$ and 21.6mgkg$^{-1}$, compared with uncovered treatments. However, no significant effect was found on total N, $NO_3^-$-N tended to be accumulated in the top layers of the plots covered with the plastic film, because of much water with soluble $NO_3^-$ moving toward these top horizons. Soil biomass-N increased greatly by covering practice, which could lead to the improvement for soil nitrogen supplying ability. In addition, the application of organic manure could improve the levels of total N, alkali-hydrolyzable-N, $NO_3^-$-N and organic components of nitrogen in soil. Therefore, more manure should be applied to soil covered with plastic film so as to improve covered soil fertility.

**Key words** Covering with plastic film Nitrogen Organic manure