

# 冀北高原草甸栗钙土春小麦中化肥 氮去向的研究\*

边秀举 王维进 杨福存 李仁岗

(河北农业大学农学系, 保定 071001)

蔡贵信 李新慧<sup>1)</sup> 杨震<sup>1)</sup> 朱兆良

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

## 摘 要

在冀北高原张北县的草甸栗钙土上, 采用<sup>15</sup>N质量平衡法和微气象学技术, 对春小麦中氮肥的去向, 以及氨挥发进行了田间原位观测。试验中的氮肥用量为 N 4.83kg / 亩, 1/3 作基肥, 2/3 作追肥。基肥随播种施入, 追肥于拔节期撒施, 随即灌水。

结果表明, 小麦回收、土壤残留和损失的肥料氮各占施入氮量的37.8%—48.3%、33.8%—40.4%和14.3%—25.4%。其中, 尿素作基肥与作追肥的处理之间, 其氮素的去向无明显的差异, 但是, 小麦对追施的碳铵的回收率比尿素的低约10%, 而损失则高7.5%。作追肥施用的尿素和碳铵的氨挥发分别只占施入氮量的1%和5%。此外, 试验结果还表明, 小麦吸收的氮素中来自肥料氮的比例不足1/3, 而以土壤来源氮为主。

**关键词** 化肥氮去向, 氨挥发, 春小麦, 栗钙土

施用氮肥是提高农作物产量的一项重要措施。但是, 已有的结果表明, 农田中化肥氮的损失一般比较多, 施用不当时更为严重。这不仅降低了氮肥的增产效果, 而且还会造成环境污染。因此, 农田中氮肥的去向、特别是损失的程度和途径, 以及减少损失、提高其增产效果的对策研究, 一直受到国内外学者的广泛关注。国内的有关研究结果曾有过总结<sup>[1]</sup>, 但是, 迄今为止, 关于草甸栗钙土中种植春小麦施用化肥氮去向的研究则尚未见报导。为此, 我们于1993年在河北省张北县应用<sup>15</sup>N示踪法对此进行了研究。考虑到该土壤的碳酸钙含量比较高, 氨挥发可能是氮肥损失的重要途径, 因此, 同时还用微气象学技术研究了作追肥施用的化肥氮的氨挥发。以期通过这一研究, 获得一些基本资料, 为进一步的研究打下基础。

\* 本研究为国家自然科学基金资助项目。

1) 现地址, 李新慧: 北京市农林科学院植物营养与资源所, 100081。

杨震: 南京理工大学, 210014。

收稿日期: 1995-04-22; 收到修改稿日期: 1996-04-12

# 1 材料与方法

## 1.1 试验区的自然条件概况

试验设在位于冀北高原张北县小二台乡的中国北方旱区农业综合研究张北试验站。地处北纬 $41^{\circ}9'$ ，东经 $114^{\circ}42'$ ，海拔高度1300—1700m，属寒温带半干旱大陆性季风气候。寒、旱、多风为该区的主要气候特征。土壤类型以栗钙土为主。一年一熟，春小麦是当地的主要栽培作物。

## 1.2 试验材料

试验地土壤为壤质草甸栗钙土。土壤基本理化性质如下：有机质 30.7g/kg，全氮 1.72g/kg，全磷 0.455g/kg，速效氮 116mg/kg (NaOH 扩散法)，速效磷( $P_2O_5$ ) 9.8mg/kg (Olsen 法)，碳酸钙 4.36%，pH7.7，<0.01mm 物理性粘粒含量 37.4%。供试作物为春小麦，品种晋9，1993年4月25日播种，8月16日收获，播种量 20公斤/亩。施用的 $^{15}N$ 标记肥料是上海化工研究院生产的 $^{15}N$ 丰度为 5.19%的尿素和 $^{15}N$ 丰度为 5.37%的碳铵。包被尿素是在 $^{15}N$ 丰度为 5.19%的尿素外面包一层沸石粉等物质，由张北试区制作。

## 1.3 研究方法

1.3.1  $^{15}N$ 示踪田间微区试验 微区由直径 20cm、高 50cm 的无底塑料筒构成，将筒埋入土中 45cm、高出土面 5cm。埋入微区时不扰动土壤。试验中的氮肥用量和施用方法，皆依当地的实际情况设定。氮肥用量为 N 4.83kg/亩，其中 1/3 (N 1.61kg/亩) 作基肥、2/3 (N 3.22kg/亩) 作追肥。基肥随播种施入，追肥在拔节期(6月25日)撒施于土表，随即灌水，灌水量 50m<sup>3</sup>/亩。各处理都施用 35kg/亩的过磷酸钙(含  $P_2O_5$  12%)作底肥。

试验共设 4 个处理：

- (1)  $^{15}N-U+U$ : 基肥用  $^{15}N$  标记尿素，追肥用非标记尿素。
- (2)  $U+^{15}N-U$ : 基肥用非标记尿素，追肥用  $^{15}N$  标记尿素。
- (3)  $U+^{15}N-ABC$ : 基肥用非标记尿素，追肥用  $^{15}N$  标记碳铵。
- (4)  $U+^{15}N-CU$ : 基肥用非标记尿素，追肥用  $^{15}N$  标记包被尿素。

4 个重复。但是，第 2 和第 3 两个处理 8 个重复。随机区组排列。除成熟期采样外，第 2 和第 3 两个处理还于追肥后 20 天即氨挥发测定结束后增加一次采样。采样后植株样品在 70℃ 烘干，然后称重、磨细、混匀供分析用。土壤按 20cm 为一层分层采至 80cm 深，称重，取分样测水分以及风干、磨细供分析用。植株及土壤样品的全氮含量和 $^{15}N$ 丰度由河北省农林科学院理化所测定。因故，试验结果仅为两个重复的平均值。

1.3.2 氨挥发试验 在微区试验附近划定宽 36m、长 100m 的一个区。在该区的两头分别设置直径为 25m 的两个圆形区供氨挥发测定用，两个圆心之间相隔约 75m。基施过磷酸钙和尿素，其用量和方法与微区试验相同。6月12日在田间微区试验施追肥的同时，按 N 3.22kg/亩的施肥量，于两个圆形区中分别追施尿素或施碳铵，随即灌水，并用微气象学技术的迎风采样器法分别测定追肥后 20 天内的氨挥发量。

## 2 结果和讨论

### 2.1 标记肥料氮的去向

2.1.1 成熟期标记肥料氮的去向 表 1 结果表明, 成熟期小麦对标记肥料氮的回收率在 37.8%—48.3% 之间, 标记肥料氮在土壤中的残留率为 33.8%—40.4%, 总损失为 14.3%—25.4%。小麦对基施的标记尿素的回收率与追施的没有明显差异, 分别为 45.3% 和 48.3%; 两处理之间的氮素损失也没有明显差异, 分别为 14.3% 和 17.9%。小麦对作追肥的包被尿素的回收率并不比普通尿素的高, 二者的损失也相近。然而, 小麦对追施的标记尿素氮的吸收比对追施的标记碳铵的吸收高 10.5%, 损失则低 7.5%。

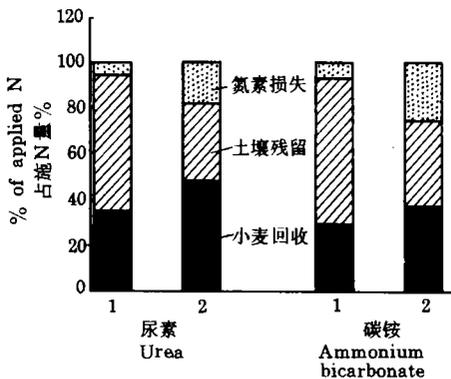
表 1 标记肥料氮的去向(占施氮量的%)<sup>1)</sup>

Table 1 Fate of labeled fertilizer N (% of applied N)

处理 Treatment	作物吸收 (%) Recovery in plant	土壤残留 (%) Recovery in soil	总回收 (%) Total N recovery	损失 (%) N loss
<sup>15</sup> N-U+U	45.3	40.4	85.7	14.3
U+ <sup>15</sup> N-U	48.3	33.8	82.1	17.9
U+ <sup>15</sup> N-ABC	37.8	36.8	74.6	25.4
U+ <sup>15</sup> N-CU	43.9	40.2	84.1	15.9

1) 成熟时采样。

### 2.1.2 不同采样期标记肥料氮去向的比较



1 追肥后 20 天采样; 2 成熟时采样

图 1 追肥后不同采样期肥料氮去向的比较

Fig.1 Comparison of fate of fertilizer nitrogen applied as top dressing between two different sampling times (1. sampling at 20 days after fertilization; 2. sampling at maturity of wheat).

图 1 比较了拔节期追肥后不同采样时期肥料氮的去向。追肥后 20 天时, 小麦对标记尿素氮的利用率已达 35.0%, 但土壤残留率仍有 59.6%, 损失仅为 5.4%。追施标记碳铵后 20 天采样所测得的结果与此相似, 其相应的数值分别为 29.6%、63.4% 和 7.0%。此后, 随着生长期的推移, 肥料氮在土壤中的残留率逐渐降低, 小麦对肥料氮的回收和肥料氮的损失则逐渐增加。图 1 表明, 小麦对拔节期追施的肥料氮的吸收很快, 在施肥后 20 天时所吸收的标记肥料氮量已占成熟期吸收量的约 3/4; 但是, 肥料氮的损失进程则比较缓慢, 施肥后 20 天期间肥料氮的损失尚很少, 其量还不足成熟期测得的损失量的 1/3。

2.1.3 基肥和追肥施入的肥料总氮量的去向 依照表 1 结果可计得, 当氮素总用量的

1/3 为基施尿素、2/3 为追施尿素时, 其总的肥料氮的小麦回收、土壤残留和损失各占施入氮量的 47.3%、35.9% 和 16.8%; 当氮素总用量的 1/3 为基施尿素、2/3 为追施碳铵时, 其相应的数值分别为 40.3%、38.0% 和 21.7%。由于本试验中氮肥的种类、施用量、施用时期和施用方法等都是依当地的一般情况设定的, 因此, 所得结果基本上反映了本区春小麦生产中氮肥的去向。概括地说, 在本区壤质草甸栗钙土—春小麦系统中尿素和碳铵的利用率比较高, 而损失则较低, 其中尿素的利用率高于碳铵, 而损失则低于碳铵。

## 2.2 肥料氮在小麦各器官的分配及小麦吸收氮的来源

2.2.1 肥料氮在小麦各器官的分配 由表 2 可见成熟时小麦吸收的肥料氮量占施入氮量的 37.8%—48.3% 之间, 其中分配在籽粒中的占吸收肥料氮量的 54.2%—65.9%, 其次是茎叶, 占 31.6%—40.8%, 根中则很少, 仅占 2.5%—5.0%。这表明施用的氮肥对籽粒的贡献最大。

表 2 标记氮肥的氮素利用率(占施氮量的%)

Table 2 Recovery of labeled fertilizer N by wheat (% of applied N)

处理 Treatment	籽粒	茎叶	根	合计	肥料氮在各器官的分配		
	Seed	Straw	Root	Total	籽粒	茎叶	根系
	占施氮量的 %				占吸收肥料氮量的 %		
———— % of applied N ————				———— % of N recovery in plant ————			
<sup>15</sup> N-U+U	26.6	16.7	2.0	45.3	58.8	36.8	4.4
U+ <sup>15</sup> N-U	31.8	15.3	1.2	48.3	65.9	31.6	2.5
U+ <sup>15</sup> N-ABC	23.3	13.2	1.3	37.8	61.6	34.9	3.5
U+ <sup>15</sup> N-CU	23.8	17.9	2.2	43.9	54.2	40.8	5.0

2.2.2 小麦吸收的氮素的来源 成熟期小麦吸收的氮量中来自某一次施用的标记肥料氮的比例(占总吸收氮量的%)示于表 3。结果表明, 来自追肥尿素氮的比例比基肥的约高一倍, 这显然与追肥用量比基肥用量高一倍有关。追施尿素处理的这一比值高于追施碳铵或包被尿素的处理, 这与表 2 肥料氮利用率的结果相一致。表 3 还表明, 小麦各器官吸收的氮量中来自肥料氮的比例以籽粒为最高, 茎叶其次, 而以根系为最低。

表 3 小麦吸收的氮量中来自某一次施用的标记肥料氮的比例(占吸氮量的%)

Table 3 Nitrogen in wheat derived from applied labeled fertilizer N (%)

处理 Treatment	籽粒 Seed	茎叶 Straw	根系 Root	地上部分 Aerial part	全株 Total
<sup>15</sup> N-U+U	10.2	9.3	7.0	9.8	9.7
U+ <sup>15</sup> N-U	22.2	18.3	10.8	20.8	20.3
U+ <sup>15</sup> N-ABC	13.4	12.4	8.4	13.0	12.7
U+ <sup>15</sup> N-CU	14.6	13.8	11.5	14.2	14.1

由表 3 结果可以计得成熟时小麦吸收的氮量中来自肥料氮(基施和追施的标记肥料氮之和)的比例(表 4)。表 4 表明,当氮肥总用量的 1/3 为基施尿素、2/3 为追施尿素时,小麦地上部分吸收的氮量中来自肥料氮的比例为 30.6%,来自土壤氮的则为 69.4%;当氮肥总用量的 1/3 为基施尿素,2/3 为追施碳铵时,其相应的数值分别为 22.8% 和 77.2%;当氮肥总用量的 1/3 基施尿素,2/3 追施包被尿素时,则分别为 24.0% 和 76.0%。用小麦全株吸氮量计算时,其结果与用地上部分计得的结果有相同的趋势(表 4)。这表明,小麦吸收的总氮量中仅 1/3 以下来自化学氮肥,大部分则都来自土壤。因此,保持和提高土壤肥力对小麦的高产、稳产具有重要意义。李仁岗等(1982)的结果表明,化肥氮对冬小麦的贡献率为 21.0%—25.1%<sup>[3]</sup>;天津和河南的小麦试验结果<sup>[2]</sup>也与此相似。

表 4 小麦吸收的氮量中来自基施和追施的标记肥料氮总量的比例(占吸氮量的%)<sup>1)</sup>

Table 4 Nitrogen in wheat derived from total applied fertilizer N (%)

<sup>15</sup> N 基肥 + <sup>15</sup> N 追肥	籽粒	茎叶	根系	地上部分	全株
Total <sup>15</sup> N fertilizer	Seed	Straw	Root	Aerial part	Total
<sup>15</sup> N-U + <sup>15</sup> N-U	32.4	27.6	17.8	30.6	30.0
<sup>15</sup> N-U + <sup>15</sup> N-ABC	23.6	21.7	15.4	22.8	22.4
<sup>15</sup> N-U + <sup>15</sup> N-CU	24.8	23.1	18.5	24.0	23.8

1) 由表 3 结果计得。

## 2.3 标记氮肥在土壤不同层次中的残留

表 5 标记氮肥在土壤中的残留(占施入氮量的%)<sup>1)</sup>

Table 5 Residual of labeled fertilizer N in soil (% of applied N)

处理 Treatment	土壤各层残留氮量 Residual N in different layers of soil				土壤残留氮量 Total residual N
	0—20cm	20—40cm	40—60cm	60—80cm	0—80cm
	<sup>15</sup> N-U+U	24.2	10.4	3.3	2.5
U + <sup>15</sup> N-U	19.8	7.6	4.7	1.7	33.8
U + <sup>15</sup> N-ABC	25.2	5.7	3.4	2.5	36.8
U + <sup>15</sup> N-CU	26.1	8.6	4.0	1.5	40.2

1) 成熟时采样。

表 5 表明,标记氮肥在 0—80cm 土壤中的残留率在 33.8%—40.4% 之间,且随土层深度的加深而迅速降低。0—20cm 土层中的残留率为 19.8%—26.1%,而 60—80cm 土层中则仅为 2.5% 或更低。

## 2.4 化肥氮的损失

表 1 结果表明,化肥氮的损失在 14.3%—25.4% 之间;碳铵的损失比尿素高,而尿素作基肥和追肥施用的处理之间,以及普通尿素与包被尿素之间,其氮素损失都无明显

的差异。看来, 在试验条件下, 即氮肥施用量不高且采用基肥随播种施入而追肥撒施后随即灌水的方法, 肥料氮的损失不大。这一结果与黑垆土—春小麦上的结果<sup>[4]</sup>以及潮土—冬小麦上的结果<sup>[5]</sup>相似。

追肥后 20 天期间观测的氨挥发结果表明, 追施尿素和碳铵后的氨挥发不高, 分别只占施入氮量的 1% 和 5%。试验地土壤的碳酸钙含量比较高, 且该地区风速又比较大, 因此氨的挥发可能较多。但是, 由于该区气温较低追肥后随即灌水可能使大量氮肥随水分下渗, 加之此时又处于春小麦的吸肥高峰期, 作物吸收的氮量较多, 这些又可显著抑制氨挥发。这可能是本试验中氨挥发量很少的主要原因。在此期间尿素和碳铵的氮素总损失只有 5.4% 和 7.0% (图 1)。从肥料氮在 60—80cm 土层中的残留率很低的结果来看(表 5), 在施肥的当季淋失的可能性似乎也不大。

### 3 小 结

在冀北高原草甸栗钙土—春小麦系统中, 在当前施肥制度下, 氮肥(尿素和碳铵)的利用率较高, 损失较低, 其中尿素的利用率高于碳铵而损失则低于碳铵; 小麦吸收的氮素中来自肥料氮的比例不足 1/3, 大部分氮素来自土壤, 因此, 保持和提高土壤肥力对小麦的高产、稳产具有重要意义。

### 参 考 文 献

1. 朱兆良, 1992: 农田生态系统中化肥氮的去向和氮素管理。朱兆良, 文启孝主编, 中国土壤氮素, 江苏科学技术出版社, 213—249。
2. 朱兆良, 1992: 土壤氮素的矿化和土壤氮素有效性指标的评价。朱兆良, 文启孝主编, 中国土壤氮素, 江苏科学技术出版社, 37—59。
3. 李仁岗、王淑敏、王克武、吴荣臻、吴文可, 1982: 冬小麦对土壤氮和肥料氮的吸收及氮素平衡的研究。土壤通报, 4:21—22。
4. 李仲林、李阿荣、曹志洪, 1984: 石灰性土壤上氮肥施用方法对春小麦氮素利用率的影响。土壤, 16: 134—137。
5. 张绍林、朱兆良、徐银华, 1989: 黄泛区潮土——冬小麦系统中尿素的转化和化肥氮去向的研究。核农学报, 3: 9—15。

## FATE OF FERTILIZER NITROGEN APPLIED TO SPRING WHEAT GROWING ON A MEADOW CHESTNUT SOIL IN PLATEAU OF NORTH HEBEI PROVINCE

Bian Xiuju Wang Weijin Yang Fucun and Li Rengang

*(Department of Agronomy, Hebei Agricultural University, Baoding 071001)*

Cai Guixin Li Xinhui Yang Zhen and Zhu Zhaoliang

*(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing 210008)*

### Summary

Fate of fertilizer N was investigated by the  $^{15}\text{N}$  mass balance method, and ammonia volatilization was measured by the micrometeorological technique after urea or ammonium bicarbonate was applied to spring wheat growing on a meadow chestnut soil at Zhangbei County, Hebei Province. The application rate of N fertilizer was totally 72.5kgN/ha, of which 1/3 was applied as basal dressing with seeding, and the rest 2/3 was applied as top dressing immediately followed by irrigation.

Results showed that plant recoveries, N remaining in 0—0.8m soil and total N losses of the applied N were 37.8%—48.3%, 33.8%—40.4% and 14.3%—25.4%, respectively. There was no apparent difference between the fates of urea N applied as basal dressing and top dressing. However, while N fertilizer was applied as top dressing, plant recovery was 10% higher from urea than from ammonium bicarbonate, and in contrast, N loss was 7.5% lower from the former than from the latter. Ammonia volatilization was as low as 1% and 5% of the applied N when urea and ammonium bicarbonate were applied as top dressing, respectively. Results also showed that less than 1/3 of the N taken up by wheat was derived from the applied N fertilizers, and thus the rest was derived from the soil.

**Key words** fate of fertilizer N, ammonia volatilization, spring wheat, chestnut soils