

# 北方旱地土壤氮素平衡

赵振达 张金盛 任顺荣 周艺敏

(天津市土壤肥料研究所, 天津)

## 摘 要

北方大部分地区的旱地土壤中, 农业氮素一般表现亏损, 平衡强度约87%; 园田土壤氮素略有盈余, 平衡强度约123%。

$^{15}\text{N}$ 示踪研究表明, 旱地土壤主要作物氮素利用率平均为27.04%, 土壤残留24.79%, 亏缺损失48.17%。园田主要蔬菜氮素利用率平均为29.11%, 土壤残留22.67%, 亏缺损失48.23%, 其间差异很小。北方旱地施用铵态氮肥主要损失是氨的挥发。影响氨挥发的因素有风速、温度、土壤水分、土壤质地、化肥品种。氮肥深施是防止氨挥发的有效方法。

**关键词** 旱地土壤 氮素平衡

北方旱地土壤氮肥的施用一直是增产的关键因素之一。但是在不同肥力土壤上, 氮素的增产效果是明显不同的。如何正确利用氮肥、氮素的平衡、不同作物的利用率, 提高它的效率以及降低氮肥气态逸散或硝态流失等一系列问题, 都需要深入研究解决。

### 一、旱地土壤类型与园田土壤的氮素平衡

我们于1980—1987年的8个年度间对天津地区25个基点不同土壤类型的种植制度、施肥制度(施肥方法、数量、时期、种类等等)进行了调查研究, 分别在基点选取作物、肥料、土壤、水(地上、地下)的样品进行化学分析。并试验、收集了氮肥利用和损失的数据资料, 初步进行了氮素平衡概算(见表1)。

从表1中可知, 大部分地区旱田土壤中, 农业氮素一般表现为亏损。平衡强度约87%, 其中低洼粘质湿潮土地区平衡强度仅58.3%, 盈亏值达 $-2.0\text{kg}/\text{亩}$ , 施肥仍处于低水平。这些地区增加氮素施用量, 可能是获得增产的因素之一。农作物收获量越高, 土壤支出的氮则越多, 必须施肥予以补充, 以求达到平衡。但不能机械地认为, 要想获得高产就无限度地提高氮肥施用量。过量施肥, 产量不但不能提高, 反而造成浪费。因此氮肥高施用量, 必须配合相应的农业技术措施, 才能充分发挥增产作用。

园田土壤肥力较高, 有机质多在3%以上。不论是一年两茬, 还是一年三茬, 或一年五茬(即一年三茬中加二茬)的园田, 由于地力较肥, 施肥多, 氮素有盈余, 平均盈余值可达 $+10.1\text{kg}/\text{亩}$ , 平衡强度123%。

园田土壤复种指数大, 每茬蔬菜都要消耗一定量的氮素。为提高单位面积产量, 菜农就

需施用氮肥以补充氮素的消耗。但有时往往由于氮肥施用量过大,加之有机肥源缺乏,结果是氮素化肥越施越多,肥效却越来越低,增产幅度亦不显著,成本却一再增加。

表1 旱地土壤类型与园田土壤氮素平衡概算

土壤类型	平衡收入 (kg/亩)	平衡支出 (kg/亩)	平衡强度	盈亏值
	(肥料、种子、灌溉、降水)	(作物产量和肥料损失)	(%)	(±)
旱地土壤				
山前褐土 (二年三熟)	20.7	22.2	93.2	-1.5
砂质潮土 (一年一作、二年三作)	15.1	16.7	90.4	-1.6
低洼粘质湿潮土 (一年一作)	2.8	4.8	58.3	-2.0
盐化潮土 (一年一作、二年三作)	19.8	20.5	96.6	-0.7
北方水稻土 (一年一作、一年二作)	23.6	24.3	97.1	-0.7
平均值	16.4	17.7	87.1	-1.3
园田土壤				
百年园田 (元白菜、黄瓜、白菜)	56.0	50.9	110.0	+5.1
百年园田 (白菜、菠菜、茄子)	52.9	51.0	103.7	+1.9
50年园田 (白菜、番茄)	47.5	37.5	126.7	+10.0
40年园田 (芹菜、菠菜)	67.9	42.9	158.3	+25.0
20年园田 (元白菜、茄子)	58.0	49.5	117.2	+8.5
平均值	56.5	46.4	123.2	+10.1

## 二、旱地土壤主要粮食作物和蔬菜作物的氮素利用率

国内外研究表明,作物对氮肥的利用率(以硫酸铵为标准)仅在30—60%。1980—1987年,我们用稳定性同位素<sup>15</sup>N方法对小麦、玉米、旱稻、黄瓜、西红柿、菜花、白菜的氮素利用率及其去向进行了试验研究(见表2)。

表 2 利用<sup>15</sup>N研究粮食作物、蔬菜的氮肥利用率及去向

种 类	氮素利用率	土壤残留率	亏缺损失	氮素来源		备 注
	(%)	(%)	(%)	肥料 (%)	土壤 (%)	
小 麦	30.99	11.91	57.10	69.47	30.53	1980~1981年冬小麦施硫酸铵, 重复三次
玉 米	28.90	12.10	59.00	47.72	52.28	1981年, 晚玉米施硫酸铵, 重复三次
早 稻	21.24	50.36	28.40	83.73	16.27	1984年 施尿素, 重复三次。
平均值	27.04	24.79	48.17	66.97	33.03	
黄 瓜	28.15	12.77	59.08	60.36	39.64	1987年 施尿素, 重复三次。
番 茄	27.37	16.07	56.56	63.46	36.54	1987年 施尿素, 重复三次。
花椰菜	24.82	37.50	37.68	23.63	76.37	1986年 施尿素, 重复三次。
大白菜	36.09	24.32	39.59	22.49	77.51	1987年 施尿素, 重复三次。
平均值	29.11	22.67	48.23	42.49	57.51	

从表 2 可以看出, 旱地土壤主要粮食作物的氮素利用率平均为 27.04%, 土壤残留为 24.79%, 亏缺损失为 48.17%; 主要蔬菜作物的氮素利用率平均为 29.11%, 土壤残留为 22.67%, 亏缺损失为 48.23%。粮食作物与蔬菜的氮素利用率、土壤残留及亏缺损失差异不大。在氮素的营养来源方面有所不同, 粮食作物吸收来自肥料的氮素约占 67%, 来自土壤的占 33%; 蔬菜吸收来自肥料的氮约占 43%, 来自土壤的占 57%。由此看来, 无论种植粮食作物还是种植蔬菜, 都要根据其吸肥特点确定合理的无机氮肥与有机肥料的施用比例和用量, 以提高肥效和经济效益。

### 三、铵态氮化肥在北方旱地土壤上氮的挥发损失

1979 年, 我们用 Hargrove 法, 1980 年用稳定性同位素<sup>15</sup>N 方法在重壤质潮土上测定了氮挥发损失, 同时用自记温度计、自记湿度计、风速风向仪等观测了温度、湿度、风速等变化。观测时间为 24 小时。

表 3 不同季节撒施硫酸铵的挥发损失比较

季 节	平均温度		平均湿度		平均风速		氮挥发损失		以冬季为对照	
	(°C)		(%)		(m/秒)		(%)		的相对值 (%)	
	1979	1980	1979	1980	1979	1980	Hargrove 法	<sup>15</sup> N 方法	Hargrove 法	<sup>15</sup> N 方法
							1979	1980	1979	1980
春	26.6	24.0	66	68	2.0~2.5	2.0	18.32	15.0	4.9	6.0
夏	29.5	32.5	52	65	2.~2.5	2.0~2.5	22.07	32.0	5.9	13.0
秋	21.3	18.1	50	62	1.5~2.5	1.5~2.5	12.78	10.0	3.4	4.0
冬	1.3	1.5	48	45	2.0	2.0	3.73	2.5	1.0	1.0

从表 3 看出, 夏季高温氮挥发损失最大, 春季次之, 冬季最小。春、夏两季是各种作物施肥的主要季节, 撒施硫酸铵其挥发损失竟达 15—32.0% 之多。看起来在北方多风高温情况下, 挥发损失可能是丢失铵的主要方面。

风速: 测得不同栽培作物地的平均风速分别为 0.1—1.0 m/秒, 在 48 小时后 1979 年的观测结果见表 4。并进行数学统计, 其相关系数  $r=0.901$ , 超过 1% 显著水准。即掠过的风速率越大, 氮的挥发损失越多。大田裸地氮的挥发损失最大, 有屏障物减小风速的时候, 氮的

挥发损失有不同程度的减弱,例如绿肥地(株高50cm),其氨挥发损失仅为大田裸地的1/3,大白菜地仅为大田裸地的1/2。

**温度:**在重壤质潮土不种作物的裸地上进行不同温度的氨挥发测定,温度在11—23℃界限内,2小时后氨挥发的损失量与温度有明显的相关性,相关系数 $r=0.977$ ,非常显著。在试验温度范围内,温度升高,挥发损失明显增加,其机制可能是当温度增高,硫酸铵内部分子活跃程度加强,铵离子的解离机会加大。

我们曾观察田间氨的挥发情况,当平均温度26℃,湿度在66%,风速为2.0m/秒时,在裸地撒施硫酸铵,一天内挥发损失竟达18.32%,而在半个月之后达32.09%。

**土壤水分:**在粘质潮土,人工配备了不同土壤水分含量,从1%(PF7)开始至43%(PF0.4)共10个样,在裸地上观测挥发损失,时间为48小时,平均温度为3—4℃,相对湿度为40—50%。可以看出,土壤水分含量小于9%时挥发损失较小,当含量在18—25%时氨挥发损失较大,含量在30%以上氨挥发损失又开始下降,从13.80降到9.80%,与 Fenn (1976) 的研究结果大体相同,土壤水分过湿及过干氨挥发损失都较低。

**土壤质地:**三种不同质地土壤,砂壤土、壤土、粘土在一天内氨挥发损失的比较,可以看出土壤质地越粘,代换量大,对氨的吸附能力越强,因而氨挥发损失较小。若以粘土氨挥发损失为1,砂壤土则为4.6,壤土为3.4。

表4 影响氨挥发的几种因素

影响因素	挥发损失(%)	备注
风速 (m/秒)	0.10	施肥后48小时,
	0.26	温度6—22℃, 平均
	0.47	12.5℃, 相对湿度
	0.53	71%
	0.63	7.94
温度 (℃)	1.00	13.30
	11.3	1.63 施肥后24小时,
	15.4	4.55 风速0.3—1.0m/秒
	17.0	8.88 相对湿度60%
	20.0	11.10
土壤水分 (%)	23.0	13.80
	1.0	3.73
	11.0	6.47
	21.0	15.70 施肥后48小时
	25.0	19.20
土壤质地	30.0	13.66
	43.0	9.80
	8.1	21.69 施肥后24小时分
	34.0	16.25 析。土壤质地指的是
	88.0	4.76 <0.01mm粘粒含量百
化肥品种	碳铵	50.92 分数
	硫铵	17.69
	硝铵	4.34 施肥后120小时
	氯化铵	2.34
	尿素	1.74

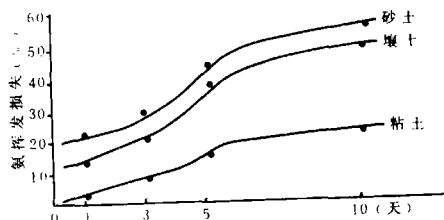


图1 不同土壤质地氨挥发损失比较

从图1可以看出,粘质潮土1—10天氨的挥发损失始终是最小,而砂质潮土氨的挥发损失最大,壤质潮土介乎二者之间。这是由于粘土比砂土含有较多的粘粒。据中国科学院南京土壤所研究<sup>[1]</sup>,土壤吸附阳离子的负电荷有80%以上是由小于2微米的粘粒所提供的。所以粘粒较多的土壤吸附铵离子较多,氨挥发损失则较少。

**化肥品种:**在重壤质潮土上,测定了不同化肥品种中氨的挥发损失。观测时间为五天,最低温度19℃,最高温度30℃,平均温度为23.3℃。最低湿度38%,最高湿度88%,平均湿度为67.1%。风速小于1.0m/秒,不同氮化物氨挥发损失的顺序是:碳铵(50.92%)>硫铵(17.69%)>硝酸铵(4.34%)>氯化铵(2.34%)>尿素(1.74%)。

#### 四、北方旱地土壤防止氮挥发的方法

国内外大量研究资料表明, 提高化学氮肥利用率最为普遍的方法是氮肥深施。用作基肥时, 在耕前撒施土表, 随即耕翻入土。用作追肥时, 进行开沟、开穴, 深施后覆土<sup>(2,3,5,7,8)</sup>。

曲秀清等<sup>(4)</sup>的工作指出, 在干旱地区种植作物时, 减少铵态氮肥损失的关键是深层施肥, 而不是造粒。同时指出, 增施有机肥料, 改善土壤的保肥性能也是十分重要的。霍义芳<sup>(1)</sup>的工作指出, 碳酸氢铵在质地粘重、保肥能力较强的土壤上施用, 可稍浅些, 但不能少于 4 厘米; 在砂质土壤施用应深些。

吕殿青等<sup>(6,9)</sup>的工作指出, 一次施肥不会引起硝态氮的淋失, 对氮的挥发损失起到减少和抑制作用, 较分层施肥有明显保氮作用。杨堃等<sup>(10)</sup>指出, 在轻壤质的旱地土壤上, 碳铵作底肥施用不宜过早, 播前基施结合冬追分次施用, 肥料利用率高。而在水肥条件好, 质地粘重的土壤上, 碳铵早施作底肥, 表现出较好的增产作用。

表 5 利用<sup>15</sup>N 标记硫酸铵不同施肥方法对氮肥去向的影响

处 理	氮素利用率 (%)	土壤残留率 (%)	亏 损 (%)
撒 施	28.9	12.1	59.0
撒施后浇水	42.3	13.6	44.0
粉 肥 5 cm 处沟施用	45.4	16.2	38.4
球 肥 集中 5 cm 处施	57.1	27.5	15.4
不同施肥方法 平 均 值	43.4	17.4	39.2

注: 撒施浇水处理, 与其他处理土壤水分保持一致, 其它处理在施肥前都浇相等水量。

表 5 表明: 在球肥 5 cm 深施条件下, 玉米对氮素的利用率最高, 损失最小, 在土壤中保持量也很大, 是玉米较好的施肥方法。粉肥 5 cm 深处沟施, 仅次于球肥 5 cm 深施, 效果也很好, 值得推广。施肥后浇水, 其效果不如前述二种, 但远比撒施为好, 利用率增高, 损失减少, 适于较大面积的推广应用。撒施效果最差, 应废除之。

为了弄清不同氮肥品种对玉米深施的效果, 在重壤质潮土上, 用<sup>15</sup>N 标记的碳酸氢铵、硫酸铵、氯化铵、尿素四种氮肥, 每种肥料用两种施肥方法, 即表面撒施和 5 cm 沟施覆土进行了对比试验 (见表 6)。

表 6 用<sup>15</sup>N 标记不同氮肥品种的氮素利用率及去向

肥料品种	施肥方法	玉米氮素利用率 (%)	土壤残留率 (%)	亏 缺 (%)
碳酸氢铵	粉肥撒施	29.2	8.8	62.0
	粉肥 5 cm 沟施覆土	51.6	9.8	38.6
氯化铵	粉肥撒施	37.6	12.4	50.0
	粉肥 5 cm 沟施覆土	50.7	14.0	35.3
硫 铵	粉肥撒施	46.1	9.1	44.8
	粉肥 5 cm 沟施覆土	60.5	13.1	26.4
尿 素	粉肥撒施	44.2	14.9	40.9
	粉肥 5 cm 沟施覆土	66.7	15.5	17.8

从表 6 中看出, 不论是哪种氮肥品种, 沟施覆土处理的氮素利用率都高于撒施处理。碳酸氢铵和尿素氮的挥发损失较多, 沟施覆土的处理, 其氮素利用率也较撒施的高得多, 达 50% 以上。硫酸铵、氯化铵氮的挥发损失较少, 沟施覆土的处理, 其氮素利用率较撒施的提高得少一些, 在 13~14% 之间。

## 参 考 文 献

- [1] 于天仁等编著:《土壤的电化学性质及其研究法》,科学出版社,1976:13—14
- [2] 朱兆良:土壤中氮素的转化和移动的研究,《土壤学进展》,(2)1972:7—10
- [3] 李仲林等:石灰性土壤上氮肥施用方法对春小麦氮肥利用率的影响,《土壤》,(4)1984:134—137
- [4] 曲秀清:铵态氮肥在石灰性土壤中损失的研究,《土壤肥料》,(3)1980:31—35
- [5] 吕殿青等:在石灰性土壤上碳铵挥发损失条件及其防止途径的研究,《陕西农业科学》,(6)1980:7—10
- [6] 吕殿青等:氮肥一次施肥法的研究,《陕西农业科学》,(2)1981:1—6
- [7] 孙羲主编:《中国土壤学会农业化学会议论文集》,农业出版社,1983:361—365
- [8] 杨耀等:碳酸氢铵合理施用研究,《山西农业科学》,(11)1980:2—6
- [9] 孙羲主编:《中国土壤学会农业化学会议论文集》,农业出版社,1983:328—340
- [10] 霍义芳:碳铵深施效果好,《山西农业科学》,(1)1981:31

## The Nitrogen Balance of Crop Field Soil in North Area of China

Zhao Zhenda, · Zhang Jinsheng, Ren Shunrong      Zhou Yimin  
(Tianjin Institute of Soil Fertilizer, Tianjin)

### Abstract

As the nitrogen balance study shows, the crop field soil in Tianjin suburbs, for the most part, presents nitrogen deficiency with a balance coefficient of about 87%, whereas the vegetable soil has an excess with a balance coefficient of about 123%.

The result of study using  $^{15}\text{N}$  stable tracer isotope tells us that for crop field soil, the nitrogen utilization ratio of main crops averages 27.04%, residue in soil is 24.79% and deficits take 48.17% yet for vegetable soil, the nitrogen utilization ratio of main vegetables averages 29.11%, residue in soil is 22.67%, and deficits take 48.23%. Small differences exist between those of crops and of vegetables. The main deficiency of ammonium nitrogen fertilizer applied to the crop field soil in Tianjin suburbs is due to ammonia volatility, which is mainly influenced by the factors of wind-speed, temperature, soil moisture, soil texture, and fertilizer types. And the effective way of preventing ammonia from volatilization is deep placement.

**Key words:** Crop field soil; Nitrogen balance