

石灰性土壤上氮肥施用方法对春小麦氮素利用率的影响*

李 仲 林 李 阿 荣 曹 志 洪

(中国科学院南京土壤研究所)

近来,国内外应用 ^{15}N 标记肥料研究氮肥利用率和氮素去向的报告很多[1—4]。迄今,国内有关石灰性旱地土壤上应用 ^{15}N 的研究尚不多见。Fenn[5]等认为铵态氮肥在石灰性土壤上利用率低与氮的挥发损失严重有密切关系,并对影响氮挥发损失的各种因子做了很多室内研究。我国北方分布着大面积的石灰性土壤,如黄土高原,黄淮海平原等,是我国重要的粮、棉、油产地,但目前大多数仍是中低产水平。氮肥利用率低,以致农本高,是迫切需要解决的问题,因此氮肥在石灰性土壤中的去向及其与作物生长的关系值得深入研究。

本文报告的是在石灰性旱地土壤上,氮肥施用方法及其形态对氮肥利用率及氮素平衡的影响,并对氮素损失作了初步评价。

一、试验设计和方法

试验在宁夏南部山区固原县良种场进行。地处西北黄土高原,海拔1500米,地势高寒,属大陆性气候,年降水量350~500毫米,年平均气温 $6\sim 7^{\circ}\text{C}$,无霜期120~130天。

供试土壤为黄土母质发育的淡黑垆土,颗粒组成(吸管法):砂粒(1—0.05毫米)为17.22%,粗粉粒(0.05—0.01毫米)53.89%,物理性粘粒(<0.01毫米)28.89%,粘粒(<0.001毫米)8.09%。质地为轻壤土。基本农化性状为:pH8.2, CaCO_3 13.3%,有机质1.42%,全氮0.092%,水解氮7.15毫克/百克土,速效磷(0.5M NaHCO_3 浸提, P_2O_5)30ppm,代换性钾(K_2O)16.8毫克/百克土。试验地是当地肥力较高的地块,前茬施过磷肥。

用 ^{15}N 标记的肥料在田间条件下进行了微区试验。氮肥施用量折合纯氮每亩12斤左右。供试的肥料

有尿素、硫铵、硝酸钾、碳铵、碳铵粒肥及碳铵包膜长效肥,其中碳铵粒肥是在TDP型单冲压片机上把定量 $^{15}\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 压制成粒,碳铵包膜长效肥料是以粒肥为基体,在少量磷酸参与下用钙镁磷肥、沥青包膜而成[2,6]。

施肥方法有:基肥深施、追肥深施和表施(追肥时结合灌水,灌水量相当于20毫米的降水量)及不施肥的对照共11种处理(表1)。各处理施有足量的磷肥(每区0.99克 CaH_2PO_4),试验采用随机排列,三次重复。

微区是采用直径26厘米,高50厘米的无底塑料圆筒。先取出表土经过粉碎、过筛混匀备用,然后在修平犁底层之后把圆筒垂直打入土体至预定深度,并装回表土。

表 1 试 验 设 计

处 理	肥 料 形 态	氮肥用量 (克/区)
基 肥 深 施	$\text{CO}(^{15}\text{NH}_2)_2$	1.11
追 肥 深 施	丰度10.68%;含氮45.2%	1.11
追 肥 表 施		1.11
追 肥 深 施	$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2.42
追 肥 表 施	丰度13.33%;含氮20.7%	2.42
追 肥 深 施	K^{15}NO_3	3.62
追 肥 表 施	丰度10.78%;含氮13.5%	3.62
包膜粒肥追肥深施	$^{15}\text{NH}_4\text{HCO}_3$	2.60
粒肥追肥深施	丰度11.21%;含氮16.4%	2.60
粉肥追肥表施		2.60
对 照 区	不 施 氮 肥	0

施肥方法——基肥深施,在4月13日播种前每微区分四穴深施于土内6厘米处;追肥深施:5月4日,麦苗三叶期,株间深施于土内6厘米处,施肥后随即灌水;追肥表施:5月4日,麦苗三叶期,撒施于土表,施肥后随即灌水。各微区中的磷肥都是在播种时混施入土做基肥。

*本文承朱兆良同志指正,田间试验得到固原县农业局支持,土壤颗粒分析由张云、宋瑞玲同志进行,仇继才同志参加部分田间试验工作,谨致谢意。

小麦品种为墨西哥卡里, 1978年4月13日催芽播种每区28粒, 定苗25株, 7月24日收获, 全生育期定量灌水三次。

样品的采集与分析。植株样品是在试验收获时连根拔起, 按穗、茎叶、根三部分取样供全氮和 ^{15}N 质谱分析[7]。土壤样品是每区分0—25厘米; 25—35厘米; 35—50厘米三层取出, 分别称重, 混匀后摊开成薄层多点采取分析样, 供测定全氮和 ^{15}N 质谱分析。残留在土壤中的根系用“水洗筛留法”收集, 洗净并入原微区根系部分。

二、结果和讨论

(一) 氮肥形态、施肥方法对几种化学氮肥利用率的影响

表2结果表明, 氮肥表施时(施肥后随即灌水, 下同)春小麦对硝酸钾利用率较高, 其次是尿素、硫酸, 碳酸最低。而深施时(亦结合灌水, 下同)包膜长效碳酸和碳酸粒肥的利用率显著高于尿素和硝酸钾, 与硫酸无显著差异。

表2 春小麦对标记化学氮肥的利用率

处 理	^{15}N 标记肥料量 (N毫克/区)	作物的利用率 (%)		
		地上 部分	根 系	小 计
尿素基肥深施	502	52.7	4.1	56.8
尿素追肥深施	502	52.4	4.7	57.1
尿素追肥表施	502	51.3	4.4	55.7
硫酸追肥深施	501	59.6	5.3	64.9
硫酸追肥表施	501	46.9	4.5	51.4
硝酸钾追肥深施	489	55.1	4.6	59.7
硝酸钾追肥表施	489	56.5	5.3	61.8
包膜粒肥追肥深施	426	61.6	4.9	66.5
碳酸粒肥追肥深施	426	61.5	5.2	66.7
碳酸粉肥追肥表施	426	37.9	3.3	41.2
L.S.D 0.05 0.01		6.1		6.6
		8.4		9.0

在施肥随即灌水的条件下, 尿素和硝酸钾这两种肥料的利用率无论表施还是深施都是非常接近, 而铵态氮肥的利用率表施与深施有显著的差异。其中硫酸深施的利用率比表施的高13.5%, 碳酸粒肥与包膜长效肥深施的利用率与硫酸深施的相当, 而比碳酸粉肥表施的高25%。可能的原因是尿素与硝酸钾随水移动下渗的速度快, 数量大(表4), 因为土壤粘粒不吸附 NO_3^- 和尿素分子, 所以在结合灌水的条件下表施的

效果与深施的相似; 而铵态氮肥(硫酸、碳酸)则不同, HN_4^+ 被土壤胶体吸附强烈, 即使灌水其下渗的数量也不多, 大多数的肥料仍滞留在表层或土壤表面产生挥发等损失。所以就保氮增产来说硫酸和碳酸以深施为好。

(二) 施肥方法和氮肥形态对氮肥去向的影响

春小麦试验中各种 ^{15}N 标记氮肥的氮素平衡表如表3, 各种形态的化学氮肥无论是表施或深施, 土壤中的残留量在统计上一般无明显差异, 约为施入氮量的16—24%。只有尿素表施的残留量明显地高于硝酸钾处理, 说明供试土壤中肥料氮的生物固定并不因氮肥形态和施肥方法而有显著不同, 即使是在造粒和包膜的情况下亦然。但硝态氮肥的残留量比铵态氮和酰胺态氮(其转化后亦呈铵态氮)略低, 估计可能是因为2:1型粘土矿物对 NH_4^+ 离子的固定所致。硝态氮的生物同化量一般也要少些。

在表施的情况下亏缺值的顺序为: 碳酸>硫酸>硝酸钾>尿素。这可能是由于相伴离子的不同及碳酸本身化学性质不稳定易挥发, 因而损失大于硫酸之故。硝酸钾则是非挥发性的硝态氮肥, 故亏缺值小于碳酸和硫酸。就尿素和硝酸钾的情况来说, 正如前面讨论所述, 表施尿素和硝酸钾在灌水后极易随水下渗到土层中去, 其效果与深施相似, 所以在本试验中, 不仅在表施情况下它们的亏缺值较碳酸、硫酸低, 而且它们本身在作基肥、追肥深施或表施各处理的亏缺值差异也不显著。碳酸和硫酸由于表施结合灌水并不能把

表3 施肥方法、氮肥形态与氮素平衡的关系*

处 理	作物吸 收利 用率% (包 括根系)	土 壤 残 留 (%)	总回收 (%)	亏 缺 (%)
尿素基肥深施	56.8	21.7	78.5	21.5
尿素追肥深施	57.1	19.7	76.8	23.2
尿素追肥表施	55.7	23.6	79.3	20.7
硫酸追肥深施	64.9	21.2	86.1	13.9
硫酸追肥表施	51.4	20.7	72.1	27.9
硝酸钾追肥深施	59.7	15.9	75.6	24.4
硝酸钾追肥表施	61.8	16.1	77.9	22.1
包膜粒肥追肥深施	66.5	22.2	88.7	11.3
碳酸粒肥追肥深施	66.7	20.0	86.7	13.4
碳酸粉肥追肥表施	41.2	19.1	60.3	39.7
L.S.D 0.05 0.01	6.6	7.1	6.4	—
	9.0	9.8	8.7	

* 追肥后随即灌水, 灌水量相当于20毫米降水量。

大部分铵态氮肥带到下层土壤中去,其挥发损失还是很严重的,因此深施硫酸铵的亏缺值显著低于表施的。

为了验证微区试验的结果,又进行了土柱模拟试验。用内径5.5厘米,高32厘米的玻璃柱三组,三次重复,每只装干土700克,待填充到约田间耕层的紧实度后,分别表施尿素 0.110克、硫酸铵 0.240克(等氮量)和不施氮肥对照,浇水180毫升。一星期后分层测定土壤中的速效氮,施肥处理减去对照后的结果列于表4。

由表4可见,在供试土壤的质地条件下表施硫酸铵在一星期后滞留在0—4厘米表层的速效氮占全土层中速效氮含量的68%,下渗较少,表施尿素将近95%的速效氮在4厘米以下。因此,表施尿素,可随水下渗,能达到与深施同样的效果。但硫酸铵及碳酸铵则应以深施为宜。

(三) ^{15}N 示踪法与差值法的比较

1. 氮素的激发效应,不少作者已经指出施用氮素可以激发土壤氮素的矿化,增加作物对土壤氮素的吸收量[8, 9]。表5结果表明,所有的施肥处理都产生了正的激发效应,这可能因施肥促进了小麦根系的发育,从而增加了对土壤氮的吸收。从同一种氮肥来看,表施的激发效应一般都高于深施,特别是硫酸铵和碳酸铵更甚。似乎不同氮肥形态对土壤氮的激发效应也有一

表4 土柱模拟试验各层土体中速效氮的分布(室温30℃左右)

肥料	(各层土体中速效氮含量百分比)				
	$\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} \%$				
	0—4	4—8	8—12	12—20	20—28
品种	厘米	厘米	厘米	厘米	厘米
尿素	5.4	7.7	24.7	25.4	36.8
硫酸铵	67.9	26.5	3.9	0.7	1.0

定影响,例如深施条件下土壤氮素激发量的趋势是硝酸钾>尿素>碳酸铵>硫酸铵,而表施时则大致与深施相反,硫酸铵>碳酸铵>硝酸钾>尿素。其原因有待进一步探讨,但估计仍与不同形态氮素的损失量不同有关。

2. 施肥方法对 A_N 值的影响:土壤 A_N 值是标志土壤对作物供氮的容量概念[10], A_N 值大则土壤提供有效氮多,反之则少。很多报告指出,对同种土壤的 A_N 值一定程度上受施肥方法和肥料形态的影响[11]。本试验测得的各种施肥方法的 A_N 值见表5。

结果表明,氮肥表施处理的 A_N 值都大于同种氮肥深施处理的 A_N 值,以硫酸铵、碳酸铵的更为明显。而尿素和硝酸钾二种肥料及其表施、深施的 A_N 值差异不大,因为在本试验条件下这二种肥料的表施是结合

表5 施肥方法对土壤氮素激发效应、 A_N 值及差值法利用率的影响

处 理	作物地上部分累积氮量(毫克/区)			土壤氮素激发量(毫克/区)	A_N 值 (毫克/区)	差值法氮素 利用率(%)
	来自肥料氮	来自土壤氮	总 氮 量			
尿素基肥深施	264	405	669	+50	770	62.6
尿素追肥深施	263	399	662	+44	762	61.3
尿素追肥表施	257	424	681	+69	828	65.0
硫酸铵追肥深施	299	373	673	+19	625	63.4
硫酸铵追肥表施	235	449	684	+94	957	65.6
硝酸钾追肥深施	269	407	676	+52	740	65.7
硝酸钾追肥表施	276	437	713	+82	774	73.3
包膜粒肥追肥深施	263	381	644	+26	617	67.8
碳酸铵粒肥追肥深施	262	384	646	+29	624	68.3
碳酸铵粉肥追肥表施	162	442	604	+87	1162	58.5
不 施 氮 肥	0	355	355	0		

灌水的,因而肥料向下移动的比例很大(>90%),故其减少氮素损失提高利用率的效果与深施相仿;处理之间作物吸收的肥料氮、土壤氮差异不大,因而 A_N 值的差异也不大。此外 A_N 值的大小与氮肥的激发效应有很好的相关性($r = 0.846^{**}$),例如 A_N 值比较高

的碳酸铵表施处理和硫酸铵表施处理,它们对土壤氮激发量亦然, A_N 值低的一般激发量也较低,如碳酸铵粒肥、包膜碳酸铵和硫酸铵深施等都如此。 A_N 值与 ^{15}N 示踪法测定的肥料利用率呈负相关($r = -0.979^{**}$),本试验结果指出,碳酸铵粒肥和包膜碳酸铵深施的利用率高而

A_N 值低, 碳铵, 硫铵表施的利用率低则其 A_N 值高。

3. ^{15}N 示踪法与差值法计算的利用率的比较: 比较表2及表5中作物地上部分对氮素的利用率, 可以明显看出差值法计算的利用率一般都高于 ^{15}N 示踪法测定的利用率, 这是因为施氮肥后作物对土壤氮的吸收量都有增加, 而差值法计算中则无法从作物吸收氮中扣除这部分土壤氮素激发量, 因而使利用率数值偏高。这一结果符合以前的研究[12]。

三、摘 要

在宁夏的石灰性土壤上, 应用 ^{15}N 示踪技术研究化学氮肥的不同施用方法对春小麦氮素利用率及氮素平衡的影响, 结果表明:

1. 氮肥深施能显著提高作物的吸收利用率, 减少损失, 以铵态氮肥更加明显。

2. 尿素和硝态氮肥的施用, 在轻壤土上, 由于它们易随水下渗, 因此可结合灌水或降雨前施用(日降水量不少于20毫米)也可达到与深施相似的效果。而铵态氮肥则由于随水下移范围有限, 大部分持留在土壤表面, 挥发损失很大, 因此施用时必须强调把肥料施到一定的深度, 有条件的地方以粒肥深施为宜。

3. 用差值法和示踪法研究氮肥利用率时, 结果之间有较大差异, 非示踪法利用率高于示踪法。原因是由于施氮肥促进了土壤氮的矿化, 即激发效应。

参考文献

- [1] 朱兆良等: 稻田中 ^{15}N 标记的硫铵的氮素平衡的初步研究。科学通报, 22:503, 1977。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所长效肥组: 碳酸氢铵粒肥, 第38页, 江苏人民出版社, 1977。
- [3] Craswell, E. T. and P. L. G. Vlek, Nitrogen and Rice, 175—192, IRRI, Manila, Philippines, 1979。
- [4] DeDatta, S. K., et al., Trans. 9th. Int. Soil Sci. Congress, Adelaide, Australia, N: 67—76, 1968。
- [5] Fenn, L. B. and D. E. Kissel, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 40: 394—398, 1976。
- [6] 曹志洪等: 长效性碳酸氢铵的研究。土壤学报, 17(2): 133—144, 1980。
- [7] 邢光熹, 曹亚澄: ^{15}N 质谱分析某些技术改进。土壤, 第6期, 224—229页, 1978。
- [8] 朱兆良等: 苏州平田黄泥土氮素供应过程的特点及其与氮肥施肥方法的关系。土壤学报, 16(3): 218—233, 1979。
- [9] 黄东迈等: 有机无机肥料氮在水稻—土壤系统中的转化与分配。土壤学报, 18(2): 107—121, 1981。
- [10] Hunter, A. S. and Carter, L. L., Soil Sci., 100: 112—117, 1965。
- [11] 朱兆良: 土壤中氮素的转化和移动的研究近况。土壤学进展, 第2期, 1—16页, 1979。
- [12] Nethsinghe, D. A., 应用同位素和辐射来研究肥料利用的效率。粮农组织《土壤学报》丛书, 37: 154—166, 1978。

高产地区轮作制度与农田生态平衡的研究

王 颖 明

(广东湛江地区农业局)

黄 以 兴

(高州县长坡农科站)

近年来, 改革耕作制度、提高复种指数已成为人多田少高产地区解决粮食, 增加收入的必由之路。但是, 随着复种指数的提高, 用地养地的矛盾则突显出来。一些地方处理不当, 便带来地力下降, 产量徘徊, 化肥农药越用越多, 成本越来越高。为了摸索在复种指数高的地区, 建立养用结合的优良农田生态, 特于1978—1980年连续三年在高州县长坡公社, 就当地的几种主要耕作制度进行了定位试验观察, 现把试验结果整理如下。

研究 方 法

在高州县长坡公社周垌大队白立坡生产队不同轮

作方式的连片农田上, 选择有代表性的典型田块, 按当地习惯布置了稻—稻—秋薯、稻—稻—冬薯、稻—稻—小麦、稻—稻—冬大豆、稻—稻—绿肥等五种轮作制的定位试验, 连续三年。试验田土壤为花岗岩发育的泥田, 土壤肥力中上等。试验前后每年均取土分析。田间管理和施肥按当地高产要求进行。每季皆验收粮食和稻草等生物产量, 三年汇总, 分析各种耕作制的生态功能、经济效益及土壤肥力的变化。

结 果 讨 论

一、几种轮作制的粮食产量和经济效益

几种轮作制三年的产量结果汇总列于表1和表2。