

黑土—春小麦中三种化学氮肥的去向*

金翔¹⁾ 韩晓增²⁾ 蔡贵信

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 用¹⁵N田间微区试验研究了黑土—春小麦中作基肥施用的尿素、碳铵和硝酸钾三种氮肥的氮素去向。试验设在黑龙江省海伦市郊区, 氮肥用量为纯 N75kg/hm², 施肥深度为 10cm。结果表明, 硝酸钾和尿素的氮素利用率相当, 分别为 58.4% 和 55.9%, 显著高于碳铵 (42.6%)。硝酸钾在土壤中的残留率 (28.7%) 显著低于碳铵 (38.8%) 和尿素 (38.2%)。氮素总损失在 5.8%~18.6% 之间; 碳铵的损失显著大于尿素, 硝酸钾的损失则介于之间 (12.9%)。氮肥的激发效应较弱, 三种氮肥的表现激发量都不高。试验结果还表明, 小麦吸收的氮素中来自肥料氮的比例约为 1/3, 而以土壤来源氮为主。

关键词 氮肥去向, 黑土, 春小麦

中图分类号 S143.1

施用氮肥是提高农作物产量的一项有效措施。氮肥施入农田土壤后, 一部分氮素被当季作物吸收利用, 另一部分残留于土壤中, 还有一部分则离开土壤—作物系统而损失。化肥氮的损失不仅降低了氮肥的增产效果, 而且还会对环境造成潜在危害。因此, 农田中氮肥的去向、损失及其对策的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^[1,2]。黑土主要分布在黑龙江和吉林省, 是我国一种主要的农业土壤, 是东北重要的粮食生产基地。春小麦是当地主要的粮食作物。至今, 国内关于黑土—春小麦系统中肥料氮去向方面的报道还很少, 亦很少同时进行尿素态、铵态和硝酸态三种形态氮肥去向的比较研究。为此, 我们在黑龙江海伦用¹⁵N示踪法对尿素、碳铵和硝酸钾三种氮肥的去向进行了研究。以期通过这一研究获得一些基本资料, 并为合理施用氮肥提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区的土壤性质及气候状况

试验设在黑龙江省海伦市郊中国科学院海伦农业生态试验站。该站处于典型的黑土地区, 一年一

* 国家自然科学基金资助项目, 批准号: 49271045

1) 现工作单位: 沈阳市农业科技服务中心, 沈阳110013

2) 现工作单位: 中国科学院黑龙江农业现代化研究所, 哈尔滨150040

收稿日期: 1997-12-09; 收到修改稿日期: 1999-01-08

熟,春小麦是当地的主要栽培作物之一。

试验地土壤质地为粘壤土,有机质 46.0g/kg,全氮 2.54g/kg,速效磷(P_2O_5) 108mg / kg,速效钾(K_2O) 212mg / kg,碳酸钙 0.90g / kg,代换量 37.0cmol / kg, pH6.2。

试验期间的气温较低,小麦播种后四月份的平均气温还不到 5℃,五月份的平均气温约为 10℃,六、七月份的平均气温也只在 20℃左右。小麦生长期海伦地区的总蒸发量远大于总降雨量,平均日降雨量为 2.3mm,平均日蒸发量则为 6.1mm。

1.2 试验设计

设 4 个处理,3 个重复,采用随机区组排列。四个处理为:(1)对照,(2)硝酸钾,(3)碳铵,(4)尿素。

微区容积为 $20 \times 20 \times 60\text{cm}^3$,间距 1 米左右。每个微区的氮肥用量为 0.3gN,相当于纯 N75kg / hm^2 。标记硝酸钾、碳铵和尿素的 ^{15}N 丰度分别为 10.3%、10.3% 和 10.2%。所有处理均施过磷酸钙,每微区用量为 0.15g P_2O_5 。除硝酸钾处理外其余处理均施与硝酸钾处理等钾量的硫酸钾(每微区 1.0g K_2O)。施肥深度为 10cm,首先将微区上层 10cm 土移出,施肥后盖土约 5~6cm,然后播种(4 月 9 日),播种量相当于 250kg / hm^2 ,随即再盖上一层土(4~5cm)。

微区管理与大田基本相同,在作物生长期微区内进行了几次灌水。

1.3 样品的采制和分析

小麦成熟时(8 月 8 日)采样。每个微区采籽、茎叶、根,0~20cm 土、20~40cm 土和 40~60cm 土 6 个样品。采样及处理样品按照先低丰度后高丰度,先对照后处理的次序进行,尽量防止 ^{15}N 的交叉污染。植株样品放置于 70℃烘箱中烘至恒重。称重后,磨细过筛,取分样保存待分析。土壤样品分层取出后称重。充分混匀后取两个分样,一个用于测定土壤含水量,另一个自然风干、磨细后保存待分析。

土壤和植株全氮用包括硝态氮的半微量凯氏法测定,样品的 ^{15}N 丰度由河北农林科学院农业理化研究所测定。

2 结果与讨论

2.1 标记肥料氮的去向

表 1 结果表明,成熟期小麦对作基肥深施的三种氮肥的利用率比较高,在 42.6%~58.4% 之间。其中,硝酸钾和尿素的利用率分别为 58.4% 和 55.9%,两者都显著高于碳铵(42.6%)。表 1 还表明,碳铵和尿素在土壤中的残留率相近,分别为 38.8% 和 38.2%,都显著高于硝酸钾(28.7%)。标记氮肥在 0~60cm 土壤中的残留率随土层深度的加深而迅速降低(图 1),表明在施肥的当季,肥料氮淋失的可能性不大。李仲林等^[3]和张绍林等^[4]的结

表1 标记肥料氮的去向(占施N量的%)

Table 1 Fate of ^{15}N labeled fertilizer nitrogen (% of applied N)

处理 Treatment	植物吸收 Plant recovery	土壤残留 Soil recovery	总回收 Total recovery	损失 Total N loss
硝酸钾	58.4a	28.7b	87.1ab	12.9ab
碳铵	42.6b	38.8a	81.4b	18.6a
尿素	55.9a	38.2a	94.1a	5.9b

注:用新复极差法(SSR法)统计,同一列中字母相同其差异未达到5%显著水准。

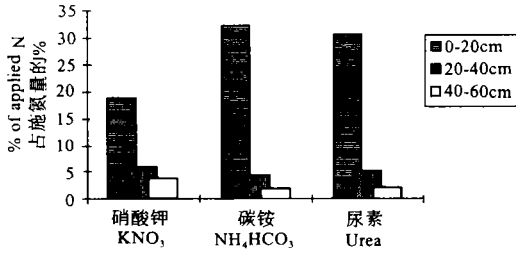


图1 土壤各层次肥料氮的残留

Fig.1 Fertilizer N remained in soil layers

肥料氮的总损失较低,在 5.9%~18.6% 之间。其中碳铵的损失显著高于尿素,硝酸钾的损失介于两者之间,为 12.9%。看来,对于三种形态的氮肥,深施都有利于减少氮素损失、提高氮肥利用率。在不同的试验中,氮肥深施的效果有一些差异。这除与土壤和环境条件不同有关外,还与深施的技术有关。例如,在黑垆土春小麦上尿素作基肥深施时,氮素损失为 21.5%^[3];在草甸栗钙土春小麦上尿素的氮素损失为 14.3%^[5]。本次试验中尿素的总损失只有 5.9%,明显低于上述两个结果。这与本次试验中氮肥完全深施有关(见 1.2 试验设计部分)。通常在水稻田中肥料氮的损失更为严重,但当氮肥作到完全深施时,氮素总损失也都低于 10%^[6]。

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 吸收的肥料氮分配在籽粒中的最多,占总吸收肥料氮量的 65.3% ~ 67.6%,茎叶次之(27.5% ~ 29.9%),根最少(3.6%~4.9%) (图 2)。植株 ¹⁵N 丰度的顺序为:籽粒 > 茎叶 > 根,表明作基肥施入的肥料氮更大程度地被籽粒吸收利用。上述结果与在冀北高原草甸栗钙土上得出的结果^[5]相似。

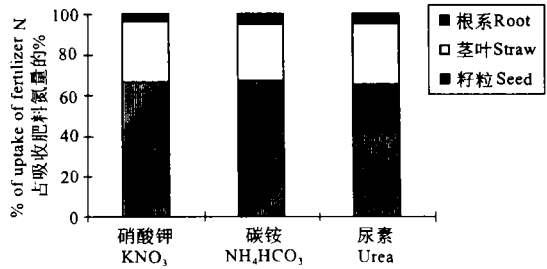


图2 肥料氮在各器官的分配

Fig.2 Fertilizer N distributed in different parts of plant

2.2.2 小麦吸收氮素的来源 小麦地上部分吸收的氮量中来自肥料氮的比例在 32.9%~39.7% 之间,因此,来自土壤氮的比例为 60.3%~67.1%。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相似(表 2),因为根部积累的氮素很少。李仁岗等的结果^[7]表明,土壤氮对冬小麦的贡献率为 75%~79%,边秀举等在草甸栗钙土上测得的结果^[5]相似,土壤氮对春小麦的贡献率为 70%~78%。值得注意的是,黑土全氮含量高,为什么土壤氮素对小麦的贡献率反而较上述两个土壤的结果都低呢? 主要从以下两方面来解释。该试验地点纬度高,试验期间气温比较低,即使在 7 月份气温也很少超过 25℃。较低的温度导致土壤氮素矿化速率较慢,从无氮区计得的供氮率只有 1.04% 来看,明显低于一般麦田的供氮率(1.9%~3.1%)^[8]。另一方面,本试验中氮肥利用率较高,土壤氮素对作物的贡献率随氮肥利用率的增高而相应降低。因此,虽然黑土肥沃,土壤氮素对小麦的贡献率并不比其它土壤高。尽

果也表明,小麦对硝态氮肥的利用率高于或相似于铵态氮肥和尿素,但硝态氮肥在土壤中的残留率则低于它们。硝酸钾在土壤中的残留率较低,主要是微生物固持硝态氮的能力较铵态氮弱所致。对那些固铵能力强的土壤,硝态氮因不能被粘土矿物固定亦是导致其土壤中残留率较低的一个原因,但这并不适用于黑土。

三种氮肥的总回收均在 80% 以上,故

表2 小麦吸收氮量中来自肥料氮的比例

Table 2 Proportion of N taken up by wheat from fertilizer N

处理 Treatment	吸收的肥料N(mg) N taken up from fertilizer N(mg)		总吸收N量(mg) Total N taken up by wheat (mg)		来自肥料比例(%) N taken up from fertilizer N(%)	
	地上部分	全株	地上部分	全株	地上部分	全株
硝酸钾	168	174	422	444	39.7	39.1
碳铵	126	133	383	408	32.9	32.5
尿素	159	167	431	456	36.8	36.6

管如此,黑土上小麦吸收的氮量中仍大部分来自土壤。因此,保持和提高土壤肥力对于小麦的高产、稳产具有重要意义。

2.3 示踪法与差值法计得的氮肥利用率的比较

用示踪法计得的氮素利用率通常比用差值法计得的低。其差值愈大表明氮肥的表观激发量愈大。本次试验中,采用示踪法计得的三种氮肥的利用率在 42.6%~58.4% 之间,

表3 示踪法和差值法计得的氮肥利用率(占施N量的%)的比较

Table 3 Comparison of plant recoveries of fertilizer N (% of applied N) measured by tracer and difference methods

处理 Treatment	示踪法 ¹⁵ N method	差值法 Difference method
硝酸钾	58.4a	63.5a
碳铵	42.6b	50.1a
尿素	55.9a	68.1a

注:新复极差法(SSR法)统计,同一列中字母相同其差异未达到5%显著水准。

而用差值法计得的氮肥利用率在 50.1%~68.1% 之间,后者略高于前者(表 3)。表 4 表明,施用硝酸钾、碳铵和尿素三种肥料后都有正激发效应,但表观激发量不大,分别为 15.4、23.5 和 36.3mg/微区,仅占土壤氮素矿化量的 6.08%~14.3%。从土壤中的残留肥料氮量扣除表观激发量可计得氮肥的净残留量(表 4)。黑土中氮肥的净残留率比一般旱作土壤的结果^[8]高,表明施入黑土中的肥料氮的生物固持作用很强,这对保持和提高该土壤的氮素肥力起着一定的作用。

表4 氮肥的激发效应

Table 4 The priming effect of N fertilizers

处理 Treatment	作物吸收的土壤氮量 ¹⁾ Uptake of N from soil	土壤氮素表观激发量 Increment of N taken up from soil by priming effect	土壤残留肥料氮量 Fertilizer N remained in soil	净残留量 Net fertilizer N remained in soil	
				绝对量 Amount	占施氮量% % of applied N
硝酸钾	268.7	15.4	85.5	70.1	23.5
碳铵	276.8	23.5	120.9	97.4	31.3
尿素	289.6	36.3	114.2	77.9	26.1

1) 对照区为N253.3mg/微区

3 小结

在黑土-春小麦系统中,在当前氮肥作基肥深施的施肥制度下,氮肥的利用率较高,损失较低。其中,硝酸钾的利用率与尿素相当,都显著高于碳铵;但硝酸钾在土壤中的残留率却显著低于尿素和碳铵;碳铵的损失则显著大于尿素。小麦吸收的氮素中来自肥料氮的比例约为 1 / 3,大部分来自土壤。

参 考 文 献

1. 朱兆良. 农田生态系统中化肥氮的去向和管理. 朱兆良、文启孝主编: 中国土壤氮素. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992. 213~249
2. 蔡贵信. 农田生态系统中氮素的循环. 赵其国主编: 土壤圈物质循环与农业和环境. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995. 8~24
3. 李仲林, 李阿荣, 曹志洪. 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, 1984, (16): 134~137
4. 张绍林, 朱兆良, 徐银华. 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, 1989, 3(1): 9~15
5. 边秀举, 王维进, 杨福存等. 冀北高原草甸栗钙土春小麦中化肥氮去向的研究. 土壤学报, 1997, 34(1): 60~66
6. Cao Z H, De Datta S K, Fillery I R P. Nitrogen-15 balance and residual effects of urea-N in wetland rice fields as affected by deep-placement techniques. Soil Sci. Soc. Am. J., 1984, 48: 203~208
7. 李仁岗, 王淑敏, 王克武等. 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, 1982, (4): 21~22
8. 朱兆良. 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. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992. 37~59

FATE OF THREE NITROGEN FERTILIZERS APPLIED TO A BLACK SOIL GROWING SPRING WHEAT

Jin Xiang Han Xiao-zeng Cai Gui-xin

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Summary

Fate of urea, ammonium bicarbonate and potassium nitrate applied to a black soil growing spring wheat was investigated by the ^{15}N tracer technique and microplot in the field. The experiment was conducted in suburbs of Hailun city, Heilongjiang Province. Nitrogen fertilizer at a rate of $\text{N } 75 \text{ kg} / \text{hm}^2$ was deeply placed in 10 cm soil layer.

Results showed that deep placement is an effective measure to decrease nitrogen loss and increase the efficiency of fertilizers N utilization in spring wheat-black soil system. The plant recoveries of potassium nitrate (58.4%) and urea (55.9%) were comparable, and significantly higher than that of ammonium bicarbonate (42.6%). The

residual N in soil from applied potassium nitrate (28.7%) was significantly lower than urea (38.2%) and ammonium bicarbonate (38.8%). The total nitrogen losses for the three sources of N fertilizers were in the range of 5.8%~18.6% with the lowest from urea and the highest from ammonium bicarbonate. The priming effect of N fertilizers applied to the black soil was rather low. Results also showed that about 1 / 3 of the N taken up by wheat was derived from the applied N fertilizers and 2 / 3 from soil.

Key words Black soils, Fate of fertilizer N, Spring wheat