第34卷 第2期 土 壤 学 报 Vol.34, No.2
1997 年 5 月 ACTA PEDOLOGICA SINICA May, 1997

N肥深施深度对小麦吸收利用N的影响*

艾应伟 陈 实 张先婉 徐 佩
(中国科学院成都山地所土壤室，610041)
范 志 金
(四川师范大学化学系，610066)

摘 要

本文应用^{15}N示踪技术，在川中紫色土上进行了聚土的表层施肥(施肥深度 1—2cm)、中层施肥(深施 25cm)、底层施肥(深施 45cm)和平作表层施肥不同处理小麦吸 N 特性等的研究。结果表明：N肥利用率是"平+表施">"聚+底施">"聚+中施">"聚+表施"，处理间N肥利用率最高是23.78%，小麦一生有38.7—44.1%的N来自肥料。小麦拔节以前无论是聚土还是平作，其表层施肥地上部分NDFF值极显著地大于中层和底层施肥；"平+表施"、"聚+底施"、"聚+中施"比"聚+表施"显著地增加了小麦产量。

关键词 小麦，^{15}N肥料，N肥深施深度，N肥利用率

N是小麦生长发育必需的大量元素之一．N肥的不同施肥法直接影响着小麦的产量和肥料利用率[1,9]。N肥深施是一种提高其肥效的有效措施，N肥深施深度受作物种类、N肥品种、土壤、降雨、耕作管理等的影响[4—7]。确定深施的适宜深度是其研究的核心，针对基肥深施在侧条施肥、种肥伴施、穴施等方面已有不少报道[3,8,10]。但有关基肥分层深施与小麦生长发育的关系尚缺乏研究。张先婉等将聚土免耕土层分为表层(0—15cm)、中层(15—35cm)和底层(35—50cm)，认为土壤中层施肥意义更大[2]。本文对N肥在聚土与平作上按不同土层施肥后对小麦产量及N肥吸收利用等方面的影响开展了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验在中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站科研试验地上进行。供试土壤为侏罗系蓬莱镇组母质发育的棕紫泥土，其土壤基本性质见表1。供试小麦品种为"310"，于1992年10月25日播种，次年5月17日收获。^{15}N肥料为丰度5.07%的尿素肥料(上海化工研究院产)。

* 国家自然科学基金资助项目。
收稿日期：1995-02-15；收到修改稿日期：1996-08-20

表1　供试土壤的化学性质

Table 1　Chemical properties of the soil studied

土壤 Soil	有机质 (g /kg) O. M	全N (g /kg) TotalN	速效N (mg /kg) AvailableN	速效P (mg /kg) AvailableP	速效K (mg /kg) AvailableK	pH
紫色土	11.2	0.73	56.81	8.90	91.01	8.2

1.2　田间小区试验

小区试验采用三次重复随机区组设计，小区面积 $20m^2$ (4m×5m)。有4个处理：① 表层施肥(施肥深度1—2cm)并聚土(以下简称"聚+表施")。② 中层施肥(施肥深度25cm)并聚土(以下简称"聚+中施")。③ 底层施肥(施肥深度45cm)并聚土(以下简称"聚+底施")。④ 表层施肥(施肥深度1—2cm，以下简称"平+表施"，作对照)。小麦前作是花生，收后耕翻一次并耙平。聚土即先将4m宽的小区分为三个垄基(每个垄基宽1m)，垄基间为0.5m的垄沟，然后将垄沟耕层土壤移至垄基上聚成约20cm高的垄厢。表层施肥为土表施肥后撒一层细土覆盖，大约1—2cm。中层施肥为先取走垄基5cm活土层后施肥再回填活土层并聚土至土表20cm高。底层施肥为先取走垄基25cm活土层后施肥再回填活土层并聚土至土表20cm高。每小区施尿素0.825kg(即相当189.75kg N /ha，N未作标记)、施过磷酸钙1.5kg(即相当165kgP_2O_5/ ha)两种肥料，全部作基肥一次性施用。聚土处理在每个小区的垄基上种植小麦；对于平作处理(对照)先划出与聚土处理垄基相同的位置；并在上面种植小麦，使平作与聚土小麦的播种面积相同。

采取每个小区全区收获的办法计测各处理小区的小麦产量。

1.3　^{15}N微区筒试验

用特制的圆形无底铁皮筒(φ32×68cm)与小区试验同时布置微区筒试验。每小区安放一个微区筒于各小区中间一个垄厢上(平作时安放在与聚土垄厢的同等位置)，每微区筒内施^{15}N尿素肥料3.314g、过磷酸钙6.026g。微区筒试验除施用^{15}N标记尿素外，其处理方式与小区试验相同。

每个微区筒小麦定苗40株，分三叶期、拔节期、孕穗期、灌浆期、成熟期五个时期取样，每次取样5—8株。样品按根、茎、叶、粒、壳测定全N和^{15}N丰度。

2　结果与讨论

2.1　N肥深施深度与小麦N肥利用率的关系

将小麦成熟期从微区筒中所采的样品按根、茎、叶、粒、壳分为5个部分，并对这一次每个样品的5个部分分别测定其全N量、^{15}N含量，由示踪法得出小麦成熟期各器官对^{15}N肥料的利用率见表2。

从表2可看出，各处理N肥利用率均以籽粒最高，是根、茎、叶、壳其它器官在10倍左右，小麦将吸收的肥料N70%以上转移到了籽粒中。处理间的肥料利用率是"平+表施">"聚+底施">"聚+中施">"聚+表施"。平作与聚土相比，聚土后肥料利用率降低，未聚土的表层施肥与聚土后的表层、中层施肥间差异达到极显著。聚土后随着肥料深施深度的增加肥料利用率提高，表层施肥与底层施肥间达到显著差异水平。其原

表 2 小麦不同深施深度的 N 肥利用率(%)

Table 2 The utilization rate of nitrogen appplied to different soil depts by wheat

处理方式 Treatment	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	粒 Grain	壳 Shell	合计 Total	$LSD_{0.05}$	$LSD_{0.01}$
聚+表施	1.04	0.66	1.00	11.12 (76.6)	0.70	14.52	c	B
聚+中施	1.24	0.82	1.33	12.54 (75.9)	0.60	16.53	bc	B
聚+底施	1.10	1.16	1.73	15.55 (75.6)	1.02	20.56	ab	AB
平+表施	2.02	1.18	1.96	17.23 (72.5)	1.39	23.78	a	A

注:( )中数字为占合计的百分数。

因可能有两个方面:一是随着 N 肥深施,其转换成气态 N 挥发损失和淋洗损失的数量减少[4,11,12];二是作物根系主要集中在一定的土层深度[2]。小麦要达到正常的生长发育,对各种矿质元素的吸收也必需达到一定平衡,其体内全 N 百分含量通常维持在一定范围之内,使聚土与平作处理之间全 N 百分含量变幅很小,而聚土处理比平作处理在初次聚土后又比较明显地降低了小麦产量和生物量(见表 5),这样便造成了聚土处理吸收的肥料 N 数量相对偏低、N 肥利用率便低于平作处理。

2.2 N 肥深施深度与小麦吸 N 特性的关系

2.2.1 小麦对肥料 N 的吸收 本研究对试验样品按小麦成熟期(包括根、茎、叶、粒、壳)、灌浆期(包括根、茎、叶、穗)、孕穗期(包括根、茎、叶)、拔节期(包括根、茎、叶)、三叶期(包括根、叶)各器官分别测定了全 N 和 ^{15}N 值。对于小麦各器官的全 N 含量中来自肥料的 N 素所占的百分数(NDFF 值),因三叶期和拔节期两个时期处理间根的 NDFF 值有非常明显的差异性没作方差分析外,其余各生育期处理间各器官的 NDFF 值均进行了方差分析,现将处理间有显著差异性的小麦几个生育期各器官的 NDFF 值列于表 3。

表 3 小麦 N 肥不同深施深度的 NDFF 值(%)

Table 3 NDFF Values (%) of nitrogen fertilizer of different soil depth applied to during wheat growth

处理方式 Treatment	三叶期 Three leaf stage		拔节期 Elongation stage	孕穗期 Booting stage
	根 Root	叶 Leaf	根 Root	根 Root
聚+表施	55.5	56.2 a A	45.4	45.8 ab A
聚+中施	16.1	22.1 b B	31.7	33.9 bc A
聚+底施	8.6	9.3 c B	22.7	31.9 c A
平+表施	55.3	57.2 a A	44.9	51.2 a A

注:表中小写字母为 $LSD_{0.05}$ 比较;大写字母为 $LSD_{0.01}$ 比较。

由表3可知，三叶期以后各生育期处理间小麦地上部分各器官(叶、茎、粒、壳)的NDFF值在表中均没被列出，说明方差分析差异均不显著。小麦三叶期时，叶的NDFF值是表层施肥 > 中层施肥 > 底层施肥，并达到显著或极显著差异，表层施肥的聚土与平作间地上部分NDFF值没有显著差异。从这可说明，小麦拔节以前由于根系欠发达，扎根较浅，随着施肥深度的增加，其吸收利用肥料中的N素比例显著减少；拔节期及以后各时期不同施肥深度对地上部分NDFF值已没有显著的影响。这表明在土壤供N能力低的土壤上表层施肥有利于作物苗期生长。聚土后小麦N肥深施深度影响着肥料N在根中的吸收量。N肥不同深施深度对小麦地上部分以三叶期为界，地下部分以孕穗期为界，共表现出吸收利用肥料N的显著差异性，但地下部分的吸收迟缓于地上部分。

2.2.2　小麦的吸N量　　通过^{15}N微区筒试验，得出小麦成熟期对全N和^{15}N的吸收量列于表4。由表4可知，小麦一生中全N和^{15}N吸收量不同处理之间表现出："平 + 表施" > "聚 + 底施" > "聚 + 中施" > "聚 + 表施"。同是表层施肥，小麦一生中的全N和^{15}N吸收量平作却远大于聚土，这与初次聚土后降低了小麦产量，使平作与聚土间小麦产量有显著的差异有关(表5)。各处理对全N和^{15}N的吸收量都有粒 > 根、叶 > 茎、壳的关

表4　小麦N肥不同深施深度的吸N量(kg /ha)

Table 4　Absorption (kg /ha) of nitrogen applied to different soil depth of deep placement by wheat

处理方式 Treatment		根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	粒 Grain	壳 Shell	合计 Total
聚 + 表施	全N	4.95	3.18	4.095	49.62 (75.1)[1]	3.33	65.985
	^{15}N	1.98	1.245	1.905	21.105	1.335	27.57 (41.8)[2]
聚 + 中施	全N	6.54	3.81	6.24	61.32 (75.7)[1]	3.09	81
	^{15}N	2.355	1.56	2.52	23.79	1.14	31.365 (38.7)[2]
聚 + 底施	全N	6.075	3.795	7.29	65.415 (73.9)[1]	5.895	88.47
	^{15}N	2.085	2.205	3.285	29.505	1.935	39.015 (44.1)[2]
平 + 表施	全N	9.03	5.43	9.105	74.76 (71.3)[1]	6.345	104.67
	^{15}N	3.84	2.235	3.72	32.7	2.64	45.135 (43.1)[2]

1) 中数字为粒的全N占合计全N的百分数。

2) 中数字为^{15}N占全N的百分数。

系。小麦随着生育期的延迟，根、茎、叶中全 N 含量不断递减，到成熟期时吸收的全 N 量只有 24.3 — 28.7% 分布在根、茎、叶、壳之中，其余大部分(71.3 — 75.7 %) 转移到籽粒中。小麦成熟期全 N 吸收量中有 38.7 — 44.1% 来自 ^{15}N 肥料，来源于土壤供 N 占 56.9 — 61.3%。

2.3 N 肥深施深度与小麦产量的关系

通过田间小区试验，得出 N 肥不同深施深度的小麦产量见表 5。表 5 结果说明，各处理产量以“平 + 表施”>“聚 + 底施”>“聚 + 中施”>“聚 + 表施”。聚土后表层施肥产量最低，中层施肥和表层施肥、底层施肥和表层施肥之间产量有极显著差异，说明聚土后肥料应基施到一定深度。平作的表层施肥比聚土的表层施肥有极显著的增产作用，但平作的表层施肥与聚土后的中层施肥和底层施肥间产量差异不显著，这也表明聚土后肥料基施到一定深度与平作表层施肥有同等产量效应。本试验初次聚土比平作产量低的现象作者认为有两个原因：一是垄沟的土聚在垄基上比较松散，比通常条件下的容重偏低，使表层土壤水、温、气、热发生了不利于小麦生长发育的变化；二是聚土土壤来源的垄沟面相对较窄，聚土高度又达 20cm，使部分较下层的土壤聚到了表层，引起聚土后表层土体养分含量偏低。张先婉等进行多年聚土免耕耕作法定位试验中也发现聚土头年作物产量反而下降[2]，这与本试验现象相符。不过，在下季或以后各季中聚土与平作之间农作物产量将如何变化、又如何进行聚土后深层施肥等还需继续、深入地开展研究。

表 5 N 肥不同深施深度的小麦产量(kg /ha)

Table 5 The wheat yield (kg /ha) of different N application depths of nitrogen fertilizer

处理方式 Treatment	产量 Yield	$LSD_{0.05}$	$LSD_{0.01}$
聚 + 表施	2163	b	B
聚 + 中施	2584.5	a	A
聚 + 底施	2767.5	a	A
平 + 表施	2992.5	a	A

参 考 文 献

1. 郭建华等，1992: 应用 ^{15}N 研究不同土壤和不同施肥时期对冬小麦氮肥利用率的影响。核农学通报，13(6)，274 — 277 页。
2. 张先婉主编，1991: 土壤肥力研究进展。中国科学技术出版社，7 — 13 页，155 — 161 页。
3. 张学明等，1990: 提高肥料利用率的新技术 —— 水稻侧条施肥。黑龙江农业科学，3,49 — 50 页。
4. 朱兆良等，1989: 石灰性稻田土壤上化肥氮损失的研究。土壤学报，第 26 卷 4 期，337 — 343 页。
5. T. Al-Kanani 等(周延安译)，1993: 表施氮肥后土壤水分与氨挥发的关系。土壤学进展，第 21 卷 5 期，38 — 42 页。
6. 田中明ら，1981: 根箱を用いたダイズに対する窒素肥料施肥位置の研究。日本土壤肥料学雑誌，6, 469 — 474。
7. 森崎鉄兵，1991: 窒素の施肥位置と露地野菜の生育。農業および園芸，12, 1381 — 1385。
8. 古畑和五郎，1986: 施肥田植機による側条施肥技術。肥料，47, 63 — 70。
9. 日本土壤肥料学会，1982: 施肥位置と栽培技术 —— 現状と问题点，博友社，95 — 118。
10. Gyles W. Rardall; Robet G. Hoeft, 1986: Fertilizer Placement Methods: New wrinker on an old face, Crops and Soils. 6:17 — 22.

11. PANDE, H. K and ADAK, N. K., 1971: Leaching loss of mitrogen in submerged rice cultivation, Exp. Agric. 7: 329 — 336.
12. Rachhpal-singh and Nye, P. H., 1988: A Model of Ammonia Volatilization from Applied Urea IV Effect of Method of Urea Application, Journal of Soil Science. 39(1):9 — 14.

EFFECT OF N APPLICATION DEPTHS ON ABSORPTION AND UTILIZATION OF NITROGEN BY WHEAT

Ai Yingwei Cheng Shi Zhang Xianwan and Xu Pei
(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*, 610041)

Fan Zhijin
(*Department of Chemistry, Sichuan Normal University*, 610066)

Summary

By means of ^{15}N tracer technigue, the nitrogen absorption of wheat in different ways of soil fertility improvement was studied in purple soils of the Sichuan Basin. The results indicated that the utilization rates of different treatments were in the order of ordinary cultivation with surface layer fertilization (the fertilization depth of 1 — 2cm) >cultivation by gathering soil with deep layer fertilization (45cm) >cultivation by gathering soil with subsurface layer fertilization (25cm) >cultivation by gathering soil with surface layer fertilization (1 — 2cm), in which the most high rate was up to 23.78%, and 38.7 — 44.1% of nitrogen during wheat growth came from nitrogen fertilizer. Before wheat jointing stage. NDFF values of wheat above ground in the treatment of surface layer fertilization were much higher than those in the treatments of subsurface and deep layer fertilization. Some improvement ways including ordinary cultivation with surface layer fertilization and cultivation by gathering soil with deep and subsurface layer fertilization could significantly increase the yield of wheat.

Key words Wheat, ^{15}N fertilizer, Depth of deep placement, Utilization rate of nitrogen fertilizer