

免耕稻茬麦植株、土壤系统氮素平衡研究

田奇卓 亓新华

(山东农业大学 泰安 271018)

王俊领 范春华

(任城区农业局 济宁 272133)

研究表明,免耕稻茬麦吸收积累的氮素 49.4%来自肥料氮,氮肥的当季利用率为 45.98%,植株对其依赖程度高于旱作水浇麦。肥料氮土壤残留率为 27.87%,回收率为 73.84%,损失率为 26.16%。百公斤籽粒和生物产量吸氮量分别为 3.70 和 1.44kg。肥料氮的 72.4%分配到籽粒中,高于总氮的分配比例。返青、拔节、三叶及种肥的吸收率依次为 9.72%、11.35%、10.79%和 7.02%。三叶期液态施用优于固态,返青期深施优于浅施。

关键词:免耕稻茬麦 氮素平衡 施氮方法和时期 吸收利用

前言

稻茬麦田土壤理化性状特点是湿、冷、板、粘,表层耕作困难,传统耕翻播种往往延迟播期,不利于小麦早发与壮苗形成,因而近年来多采用免耕犁耩法播种。目前山东全省免耕稻茬麦面积已达 10.7×10^4 公顷,占稻田面积 90%以上,在这种耕作条件下,肥料施在表层,易于逸失的氮素化肥利用效果如何?等量氮肥的不同时空分布对小麦吸收利用有何影响?是免耕稻茬麦实现高产高效栽培亟待解决的理论关键。前人对旱作水浇麦-土系统氮素平衡规律的研究报道较多^[1-8],而对近十几年来被广泛推广应用的免耕稻茬麦的研究却很少报道^[9]。为此,本试验采用¹⁵N 示踪技术对上述问题进行了探讨。

材料与方 法

试验于 1994~1995 年在济宁市唐口镇实施,供试地为常年稻麦两作的吨粮田。0~20cm 土壤基础养分含量:有机质 1.93%,全氮 0.18%,全磷 0.075%;速效氮、磷、钾依次为 119.0μg/g、11.7μg/g、160.0μg/g。共设 4 个处理,各处理施氮量相等(折合 300kgN/hm²),平均分配在播种、三叶、返青、拔节 4 个时期施用。处理 1:4 个时期均用¹⁵N 标记;处理 2:仅在三叶期用¹⁵N 标记(其中又设固态施用和液态施用两个亚处理);处理 3:在返青期用¹⁵N 标记(分设深施与浅施两个亚处理);处理 4:在播种、三叶、返青 3 个时期用¹⁵N 标记,总氮量不足的在上述各期用等量普通尿素补齐。施用方法:除处理 1 在三叶期分液态和固态、处理 2 在返

此文于 1996 年 6 月 8 日收到。

青期分深施和浅施外,其它均是三叶期固态施用,返青、拔节期开沟 4cm 施用。标记尿素¹⁵N 丰度为 10.19%。田间实施采用内径长、宽、高、厚分别为 20、15、35 和 0.3cm 的特制无底铁框,于 9 月 30 日播种后随即将铁框顺行夯入土层 32cm(留 3cm 防降水径流),铁框间隔 0.5m,随机排列,3 次重复,不施磷、钾和有机肥,不浇水。品种为泰 876161,二叶期统一定苗,每框 25 株。调查分蘖动态,成熟期单收装入透明尼龙袋,晾晒后分样粉碎,分两层全部取回框内土壤粉碎取样,用凯氏定氮法测全氮,ZHT-03 型质谱计测植株和土壤¹⁵N 丰度。

结 果 与 分 析

(一) 免耕稻茬麦植株与土壤系统氮素平衡

1. 植株吸氮的来源:主要为土壤氮和肥料氮两部分,表 1 中 Ndff 表明:高产条件下(折合经济产量 7971kg/hm²),免耕稻茬麦吸收肥料氮的比率,地上部分为 49.4%,全植株(包括根系)平均为 48.88%,肥料氮和土壤氮的比例基本为 1:1,这与已往对旱作水浇麦的研究结果(Ndff 为 20.3%~39.0%)^[1-7]悬殊较大,说明免耕稻茬麦对当季追施氮素的依赖程度高于旱作水浇麦田,这与史春余等在同一地区对稻季残留氮利用率研究结果相吻合^[10],因而生产中要获得高产,只靠肥沃土壤的供氮是不够的,必须提高氮素化肥的投入量。分析形成这一状况的原因,可能是稻麦田 10cm 土层以下特殊理化性状影响根系发育的结果。

表 1 免耕稻茬麦植株与土壤系统氮素平衡

Table 1 The nitrogen balance between wheat plant and soil system of no-tillage after rice reaping

重复 Replication	地上部分 Plant above ground		整株 Whole plant		肥料氮利用率 FUE(%)		土壤残留率 Residul rate (%)		回收率 Recovery rate (%)	损失率 Loss rate (%)
	来自 肥料氮 Ndff %	来自 土壤氮 Ndfs %	来自 肥料氮 Ndff %	来自 土壤氮 Ndfs %	地上部分 Plant above ground	整株 Whole plant	纯土壤 Soil with -out root	含根土壤 Soil contain -ing root		
1	44.34	55.66	44.19	55.81	40.56	41.64	25.05	26.13	66.69	33.31
2	50.33	49.67	49.70	50.30	50.99	52.30	23.75	25.10	76.08	23.92
3	53.52	46.48	52.75	47.25	46.38	47.72	31.04	32.38	78.76	21.24
\bar{X}	49.40	50.60	48.88	51.12	45.98	47.22	26.62	27.87	73.84	26.16
SD	4.66	4.66	4.34	4.34	5.23	5.35	3.88	3.94	6.34	6.34

2. 肥料氮的利用、残留和损失:从表 1 可以看出,免耕稻茬麦对追施氮肥的当季利用率,地上部分为 45.98%,全株为 47.22%;残留在土壤中为 26.62%,包括根系实际残留在土壤中的氮为 27.87%,其中 94.74%残留在 0~20cm 耕层,20~32cm 仅占 5.26%;残留量的多少与生物产量呈负相关,但不论残留量多与少,主要固定在 0~20cm 耕层,另据其它 3 个处理 15 个小区测定结果表明,该层占总残留量的 94.57%,SD=8.7;20~32cm 占 5.43%,SD=0.79,与处理 测定结果几乎相同,也与向敏超等的研究结果相一致^[4]。氮肥的当季回收率为 73.84%,损失率为 26.16%。分析损失的主要去向是空气逸失,因为试验全过程仅降 170.8mm

雨水,未发生径流,也未曾浇水,渗到 32cm 以下的氮极少。

3. 植株吸氮总量:植株耗氮量的多少,是确定向土壤补偿氮肥数量、维持土壤肥力的重要依据。有关研究结果相差甚大^[8,9]。本试验测定结果(表 2)表明,每生产百公斤籽粒平均吸氮量为 3.70kg,百公斤生物产量吸氮 1.44kg,免耕稻茬麦单位干物质耗氮量高于旱作水浇麦的高、中产田,而接近于低产田^[11]。

表 2 免耕稻茬麦氮素吸收量

Table 2 The amount of nitrogen absorbed by wheat plant of no-tillage after rice reaping

处理	吸氮量 Amount of Treatments N absorbed	经济产量 Grain yield	百公斤 吸收量 Absorbed N ·100kg ⁻¹	生物产量 Biomass yield	百公斤 吸收量 Absorbed N ·100kg ⁻¹	处理	吸氮量 Amount of Treatments N absorbed	经济产量 Grain yield	百公斤 吸收量 Absorbed N ·100kg ⁻¹	生物产量 Biomass yield	百公斤 吸收量 Absorbed N ·100kg ⁻¹
	(kg ·hm ⁻²)	(kg ·hm ⁻²)	(kg)	(kg/·hm ²)	(kg)		(kg ·hm ⁻²)	(kg ·hm ⁻²)	(kg)	(kg/·hm ²)	(kg)
\bar{X}	279.0	7969.0	3.51	19264.0	1.45	\bar{X}	222.3	5876.8	3.87	15606.8	1.44
SD	22.70	959.96	0.13	1996.76	0.03	SD	39.74	1622.75	0.45	3728.87	0.12
\bar{X}	251.8	6932.8	3.68	17565.5	1.44	\bar{X}	200.5	5351.0	3.75	14117.0	1.43
SD	48.71	1701.38	0.24	3636.39	0.05	SD	42.17	1252.52	0.10	3675.44	0.11

表 3 氮素营养在稻茬麦各器官的最终分配

Table 3 The final distribution of nitrogen in different organs of wheat plant growing on the no-tillage field after rice reaping

器官	生物产量	含氮量	¹⁵ N 丰度	来自肥	¹⁵ N 量	总 N 分配率	¹⁵ N 分配率	¹⁵ 利用率
Parts	Biomass yield	N content	¹⁵ N abundance	料氮	¹⁵ N amount	Distribution of total N	Distribution rate of ¹⁵ N	Utilization rate of ¹⁵ N
	(g/ pot)	(%)	(%)	Ndff %	(g/ pot)	(%)	(%)	(%)
籽粒	\bar{X} 23.91	2.560	5.427	51.521	0.315	70.47	72.40	34.17
Grain	SD 2.89	0.081	0.428	4.360	0.055	1.12	1.13	3.72
茎秆	\bar{X} 13.78	0.422	5.045	47.629	0.0277	6.72	6.37	3.01
Stem	SD 1.02	0.032	0.544	5.536	0.004	0.64	0.66	0.45
叶鞘	\bar{X} 6.93	0.638	5.046	47.644	0.0210	5.10	4.84	2.29
Sheath	SD 0.56	0.037	0.447	4.534	0.003	0.28	0.20	0.28
叶片	\bar{X} 5.95	1.308	5.094	48.136	0.0374	8.96	8.59	4.06
Leaf	SD 0.79	0.042	0.480	4.890	0.006	0.59	0.53	0.62
穗轴+颖壳	\bar{X} 7.22	0.641	5.130	49.162	0.0225	5.34	5.17	2.45
Rachis+ glume	SD 1.16	0.046	0.427	4.372	0.004	0.54	0.56	0.44
根系	\bar{X} 2.80	1.070	4.189	38.917	0.0115	3.41	2.64	1.25
Root	SD 0.90	0.108	0.166	1.693	0.001	0.45	0.15	0.15
合计或平均	\bar{X} 60.59	1.432	5.168	48.88	0.4351	100.00	100.00	47.22
Total or average	SD 6.28	0.037	0.426	4.339	0.049	-	-	5.35

4. 植株吸收积累氮素最终分配:从表 3 看出,肥料氮分配到籽粒、叶片、茎秆、穗轴、叶鞘

和根系中的平均比例依次为 72.40 % , 8.59 % , 6.37 % , 5.17 % , 4.84 % 和 2.64 % , 与总氮分配到各器官的比例基本一致, 但肥料氮分配到籽粒中的比例约高于总氮的 2.7 % , 而分配到营养器官中的比例又有规律地低于总氮。

表 4 施用时期和方式对氮素吸收利用的影响

Table 4 The effect on the absorption and utilization of fertilizer nitrogen applied at different stage with different application methods

处理 Treatments		生物产量 Biomass yield (g/ pot)	来自肥料氮 Ndff %				¹⁵ N 利用率 FUE %			
			籽粒 Grain	植株 Plant above ground	根系 Root	平均 Average	籽粒 Grain	植株 Plant above ground	根系 Root	平均 Average
固态施 Solid fertilizer	\bar{X}	51.32	9.71	10.16	10.05	9.98	21.02	9.43	1.49	31.93
	SD	11.21	0.74	0.90	2.46	0.88	6.34	2.26	0.52	8.99
液态施 Fluid fertilizer	\bar{X}	60.48	10.77	11.45	11.83	11.19	27.30	11.45	1.97	40.72
	SD	11.51	1.08	0.76	2.00	0.72	6.80	1.01	0.48	8.27
浅施 Surface application	\bar{X}	50.06	21.24	17.54	9.33	18.45	41.89	17.77	1.16	60.82
	SD	11.16	1.43	0.58	0.49	0.59	5.56	1.75	0.08	5.64
深施 Buried application	\bar{X}	50.07	22.79	20.95	9.72	20.99	43.75	18.36	1.28	63.39
	SD	12.73	1.31	1.41	1.41	1.21	13.27	0.92	0.09	14.17
Application at three stages	\bar{X}	45.25	36.16	38.38	28.05	37.53	23.50	9.76	1.50	34.76
	SD	10.53	0.64	1.53	6.59	0.98	4.79	2.48	0.10	7.24

(二) 施氮方式和时期对吸收利用的影响

1. 施氮方式: 为了明确免耕条件下不同施氮方式对植株吸收利用的影响, 试验处理 中特设三叶期固态施用与液态施用(即浇化肥水)两个亚处理, 处理 中设返青期浅施(3cm)与深施(6cm)两个亚处理。表 4 结果表明, 三叶期固态施用的 Ndff % 为 9.98 (变幅在 8.96 ~ 10.44), 而液态施用的 Ndff % 为 11.19 (变幅 10.68 ~ 12.02), 植株吸收肥料氮的比率, 液态较固态相对提高 12.12 %, 但由于两种方式 3 重复间差异较大, 方差分析未达到显著水准(分析其原因, 可能与 11 月中旬降水 32.6mm 的掩蔽作用有关)。此期的氮肥利用率与生物产量呈正相关, 符合 $y = 0.777x - 7.116$, $r = 0.968$ ($n = 6$, x 取值 38.79 ~ 69.10g)。如液态施用的 3 次重复的平均生物产量比固态施用的高 17.85 %, 氮肥利用率也提高 27.53 %。

处理 中返青期深施的 Ndff % 值为 20.99 (19.68 ~ 22.07), 而浅施处理的仅为 18.45 (18.11 ~ 19.13), 前者较后者相对提高 13.8 %, 差异达 5 % 显著水平。利用率 y 与生物产量 x 符合 $y = 25.654 + 0.738x$, $r = 0.89$ ($n = 6$, x 取值 37.15 ~ 62.68g)。在生物产量相同时, 深施较浅施利用率提高 4.2 %。

2. 施肥时期对吸收利用的影响: 从表 5 结果可以看出, 三叶期(处理) 两种施氮方式全植株平均吸收比率为 10.59 %, 返青期(处理) 平均为 19.72 %, 处理 总吸收率为 48.88 %, 每个时期平均为 12.22 %, 处理 总吸收率为 37.53 %, 每个时期平均为 12.51 %, 与处理 几乎相等。据此结果可得出拔节期施氮的吸收比率为 11.35 % (48.88 % - 37.53 %), 种肥为 7.22 % [48.88 % - (10.59 % + 19.72 % + 11.35 %)]。地上部分与全植株趋势相同。上述结果

说明,在本试验条件下,植株氮来自肥料氮的比率,返青肥最高,拔节肥次之、三叶期再次,种肥最低。吸收率不同,其利用率自然也有差异,三叶期固态施用平均生物产量为 51.32g,与返青期两种方式平均生物产量 50.07g 基本相同,但¹⁵N 的利用率前者为 31.93%,后者高达 62.11%(见表 4)。

表 5 稻茬麦对不同时期标记肥料氮的吸收比率

Table 5 The percentage of absorption of fertilizer nitrogen applied at different stages (%)

重复 Replication	地上部分 Plant above ground				全植株 Whole plant			
	处理	处理	处理	处理	处理	处理	处理	处理
	Treatments	Treatments	Treatments	Treatments	Treatments	Treatments	Treatments	Treatments
1	44.34	11.33	20.65	37.08	44.19	11.28	20.10	36.78
2	50.33	9.90	20.01	38.95	49.70	9.82	19.41	38.63
3	53.52	10.54	20.21	38.88	52.75	10.66	19.66	37.17
\bar{X}	49.40	10.59	20.29	38.30	48.88	10.59	19.72	37.53
SD	4.66	0.72	0.33	1.06	4.34	0.73	0.35	0.98

注:处理 和处理 均为两种方式的算术平均数

Both treatment and are arithmetic average of two fertilizer application

讨 论

免耕稻茬麦吸收利用氮素中来自肥料氮的比率较高,说明在这种特殊栽培条件下,产量高低与土壤肥沃程度的相关不如其它麦田密切。稻茬麦单位干物质耗氮量高于旱作水浇麦,指导生产时应适当加大氮肥投入量,才能获得与旱作水浇麦相应的产量。分 4 次追氮的总损失率仅为 26.16%,利用率为 45.98%,特别是返青肥利用率高达 62.11%,生产中适当提高追肥量到 300kgN/hm²,可以实现高产高效之目的。

等量氮肥的施用时期不同,吸收利用效果差异甚大,因而必须科学运筹施用时期及其各期比重。在本试验条件下,返青肥吸收利用效果最高,其次是拔节肥、三叶肥,种肥效果最低,即冬前施不如春季施,这可能是施用时期与群体生长节奏不相吻合的缘故。但据生产实践和生物学观察证明,种肥和三叶肥对促苗早发、培育壮苗效果显著,而培育壮苗又是夺取免耕稻麦高产的关键措施。如何解决好既培育壮苗,又提高氮肥利用率的矛盾,我们认为,在总氮量相等的条件下,必须分期施用,以兼顾两者,即在播种时施用少量氮肥(约占总量 10%)满足断乳期幼苗的氮素营养,三叶期以浇化肥水的形式(占总量 20%)施入根际附近,保证壮苗形成,而将绝大部分(约 70%)氮肥,根据苗情于返青和拔节期 2 次开沟深施,以提高成穗率,确保粒数、粒重的提高。

参 考 文 献

- 1 梅楠. 小麦-土壤系统氮平衡及小麦氮素利用和物质生产. 北京农学院学报, 1988, 3(2): 32~42
- 2 李仁岗等. 冬小麦对土壤氮和肥料氮的吸收及氮素平衡研究. 土壤通报, 1982, (4): 21~22

- 3 刘 芳等. 小麦吸收肥料氮和土壤氮的探讨. 核农学通报, 1994, 15(2): 81 ~ 84
- 4 向敏超等. ^{15}N 研究新疆灌淤土-冬小麦系统中尿素的利用和去向. 土壤肥料, 1994, (4): 18 ~ 21
- 5 张绍林等. 黄泛区潮土-冬小麦系统中尿素的转化和化肥氮去向. 核农学报, 1989, 3(1): 9 ~ 15
- 6 余美炎等. 高产小麦施肥效应研究. 核农学报, 1994, 8(1): 51 ~ 58
- 7 何宗衡等. 运用同位素 ^{15}N 研究尿素不同施用方法的效果和氮肥利用率. 土壤肥料, 1983, (5): 21 ~ 23
- 8 郭绍铮等. 江苏麦作科学. 南京: 江苏科学出版社, 1994, 278
- 9 高式余等. 稻茬麦少、免耕小麦吸肥特性的研究. 北京农学院学报, 1988, 3(2): 93 ~ 100
- 10 史春余等. 高产条件下稻麦两熟对氮肥的吸收作用. 核农学通报, 1995, 16(4): 171 ~ 174
- 11 余松烈主编. 山东小麦. 北京: 农业出版社, 1990, 225

NITROGEN BALANCE BETWEEN WHEAT PLANT AND SOIL IN NO-TILLAGE FIELD AFTER RICE REAPING

Tian Qizhuo Qi Xinhua

(Shandong Agricultural university, Taian 271018)

Wang Junling Fan Chunhua

(Agriculture Bureau of Rencheng, Jining 272133)

ABSTRACT

The experimental results indicated that about 49.4 % of the nitrogen, which was absorbed and accumulated by wheat plant grown in the soil of no-tillage field after rice reaping, was from fertilizer. The utilization percentage of fertilizer was 45.98 % in the same season. The wheat plant growing in this field was more dependent on the nitrogen derived from fertilizer than that of growing on the irrigated dry farmland. The residual percentage of fertilizer nitrogen in this soil was about 27.87 %, the nitrogen recovery percentage was 73.85 % and the loss percentage was 26.16 %. The amount of nitrogen absorption of one hundred kg grains and biomatter were 3.70kg and 1.44kg respectively. The partitioning percentage of nitrogen derived from fertilizer into grains was 72.4 %, which was higher than that of the total nitrogen in this soil. The absorption percentage of nitrogen fertilizer applied at reviving, jointing, three leaves and sowing stage were 19.72 %, 11.35 %, 10.71 % and 7.02 %, respectively. It was more beneficial for wheat plant using liquid fertilizer instead of solid fertilizer at three leaves stage. Buried fertilizer was more effective than surface application at reviving stage.

Key words : Wheat , no-tillage rice , nitrogen balance