

氮肥减施对稻麦轮作体系作物氮素吸收、利用的影响

易琼¹, 张秀芝¹, 何萍¹, 杨利², 熊桂云²

¹ 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081

² 湖北省农业科学院植保土肥所, 武汉 430064

摘要: 田间试验条件下研究了稻麦轮作体系中减施氮肥对作物氮素吸收、利用的影响。结果表明, 与当地农民习惯施肥(小麦为15公斤/亩, 基肥与分蘖肥各半, 水稻为14公斤/亩, 基肥和分蘖肥为3:2, 减氮20%-30%处理产量并没有降低, 而氮肥当季利用率、氮素农学利用率以及氮素偏因子生产力则有所增加, 而且, 氮肥分次追施, 能增加籽粒产量, 减少氮肥成本。因此, 初步认为, 在长江中下游平原稻麦轮作体系氮素过量施用地区第一个轮作周期氮肥减施20%-30%不仅不影响产量, 而且还提高了氮素利用率, 有利于保护环境。

关键词: 氮肥减施; 稻麦轮作; 氮肥利用率; 土壤无机氮

稻麦轮作是我国长江中下游粮食主产区一种主要的种植制度^[1], 近年来, 水稻和小麦的单产和总产都有很大幅度的提高^[2,3], 然而这种高产的维持大多是以高氮肥用量以及由此可能导致的大气、土壤及水污染等为代价的, 是一种不科学, 不经济的和不安全的非可持续农业发展之路, 非我国农业发展的长久之计。我国农民习惯施氮具有一定的盲目性和随众性, 人们只注重前期氮肥的供应而忽略了作物后期对N素的需求, 当土壤氮素供应与氮肥投入超过作物对氮素的需求, 土壤剖面氮素积累与环境压力显著增加^[4-5]。为此, 本试验通过不同氮肥用量和运筹来探求水稻和小麦轮作体系土壤氮素供应和作物需求同步机制, 为长江中下游稻麦体系合理氮肥管理和养分资源高效利用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2007年11月-2008年9月在湖北省潜江市浩口镇进行。供试土壤为潮土, 土层深厚, 排灌条件一般, 土壤质地为砂壤, 地力水平中等。土壤基本理化性状见表1。

供试小麦品种为湖北省主栽品种郑麦9023, 播种量为7.5公斤/亩, 播种方式为撒播, 水稻品种为当地主栽水稻高产品种Ⅱ优838, 氮磷钾肥分别以尿素(46%)、过磷酸钙(12%)和氯化钾(60%)的形式施入。

表1 供试土壤基本理化性状

pH	有机质 (克/公斤)	全氮 (克/公斤)	速效氮 (毫克/公斤)	速效磷 (毫克/公斤)	速效钾 (毫克/公斤)	阳离子交换量 (厘摩尔/公斤)
7.1	20.62	1.534	121.28	19.16	72.5	14.85

1.2 试验设计

大田试验设7个处理：处理1为对照(N0)，处理2为农民习惯施肥(FP/2)，处理3-5分别为在农民习惯施氮的基础上减施20%、30%、40%的氮肥(FP-20%/2,FP-30%/2,FP-40%/2)，分两次施用，处理6-7分别为在减施30%农民习惯施氮量条件下(FP-30%/3,FP-30%/4)，分三次、四次施用。各小区磷、钾施用量相同，磷肥全部作基肥，钾肥基肥和分蘖肥各占50%。试验设3次重复，随机区组排列。

1.3 测定项目及分析(计算)方法

植株全氮含量 按照国标GB2905-82用半微量凯氏定氮法测定植株全氮含量^[6]。

1.4 数据统计和结果分析

试验数据采用Excel 13.0和SAS 8.0统计软件进行数据计算、绘图和统计分析。

2 结果与分析

2.1 产量与氮肥利用率

由表2可知，氮肥减施，小麦和水稻的产量并未显著降低。小麦季，各施氮处理产量较不施氮处理产量显著增加。与农民习惯施肥量相比，小麦产量并未随着施氮量的降低而降低，即使减少40%的氮肥用量，也没有降低小麦产量，表明当地农民采用15公斤N/亩的氮肥用量是过量的。由于氮肥过量施用，减氮30%的三个氮素运筹处理之间产量也无显著差异。各施氮处理中，籽粒产量，氮肥利用率及氮素收获指数均未达到显著水平，以减氮40%的处理FP-40%/2处理其氮肥利用率、氮肥农学利用率以及氮素偏生产力最高，分别为66.6%、8.0公斤/公斤，33.9公斤/公斤。

水稻季产量结果表明，在农民习惯施肥的基础上适量减施氮肥并未降低产量，处理FP-20%/2产量最高，为559公斤/亩，略高于农民习惯施肥处理。各施氮处理籽粒产量均显著高于不施氮处理。与小麦结果不同的是，水稻季减氮40%处理FP-40%/2处理产量较减氮20%处理FP-20%/2处理产量显著降低，该结果表明，氮肥的减量施用效果在第二季作物中体现的较为明显，过量减施氮肥会降低水稻产量。减氮30%的三个处理其产量在水稻季仍未表现出任何统计上的差异。水稻各施氮处理氮肥利用率、氮肥农学利用率及氮素偏生产力之间均无显著差异。氮肥利用率普遍较高，笔者认为产生这种结果的主要原因可能是因为氮素土壤背景值比较低所致。

从整个稻麦轮作周期的结果来看，施氮处理增加了稻麦轮作体系的生产能力，但是各施氮处理之间以及同一氮素用量的不同氮素运筹处理之间产量差异不显著。氮素当季回收率除了减氮30%分次施用的FP-30%/4显著高于同一氮素用量的FP-30%/2和农民习惯施氮处理外，其他处理并无显著差异；而氮素偏因子生产力则以减氮40%处理最高，其次为减氮20%和减氮30%的各处理，农民习惯施氮处理最低；而氮素的农学利用率在不同施氮处理间则无显著差异。综上可知，适当减少氮肥用量，不仅不会减少作物的产量，而且还可以减少生产成本，提高氮肥的利用率。

表2 水稻-小麦体系产量及氮肥利用率

处理	籽粒产量 (公斤/亩)	氮收获指数 (%)	N肥利用率 (%)	N肥农学利用率 (公斤/公斤)	氮素偏生产力 (公斤/公斤)
小麦					
N0	233 b	80.7 a			
FP/2	283 a	53.9 c	54.8 a	3.3 c	18.9 d
FP-20% /2	288 a	59.1 bc	60.6 a	4.6 bc	24.0 c
FP-30% /2	285 a	63.7 b	56.7 a	4.9 bc	27.1 b
FP-40% /2	305 a	66.8 b	66.6 a	8.0 a	33.9 a
FP-30% /3	293 a	64.5 b	53.9 a	5.7 b	27.9 b
FP-30% /4	299 a	63.0 b	64.7 a	6.3ab	28.5 b
水稻					
N0	320 c	69.4 a			
FP/2	525 ab	53.2 b	52.2 a	14.7 a	37.5 a
FP-20% /2	557 a	60.7 ab	58.1 a	21.1 a	49.7 a
FP-30% /2	489 ab	60.8 ab	51.5 a	17.2 a	49.9 a
FP-40% /2	459 b	65.8 ab	59.1 a	16.5 a	54.6 a
FP-30% /3	495 ab	55.1 ab	62.1 a	17.8 a	50.5 a
FP-30% /4	492 ab	50.9 b	67.8 a	17.6 a	50.2 a
稻麦					
N0	553 b	75.1 a			
FP/2	808 a	55.7 c	53.6 b	8.8 a	27.9 c
FP-20% /2	845 a	59.0 bc	59.4 ab	12.6 a	36.4 b
FP-30% /2	773 a	61.6 b	54.2 b	10.9 a	38.1 b
FP-40% /2	764 a	64.1 b	63.0 ab	12.1 a	43.9 a
FP-30% /3	788 a	62.0 b	57.9 ab	11.6 a	38.8 b
FP-30% /4	792 a	60.3 bc	66.2 a	11.8 a	39.0 b

注：同一作物各项目数字后小写字母表示差异间达5%显著水平

2.2 地上部氮素吸收和积累

由图1所示，小麦季各处理的氮素累积量随作物生育时期的推进总体呈增加趋势，小麦氮素积累最快阶段出现在拔节-灌浆期，此阶段氮素累积量占氮素总累积量的34%-64%，这说明小麦在越冬返青后，随着气温回升，小麦进入旺盛生长期，吸收大量的氮素以供干物质的累积^[7]。而水稻季不同处理的氮素积累趋势基本相同，自移栽至返青，水稻的氮素吸收量较低，自返青期至分蘖期，水稻吸氮量增加较快，分蘖期后，吸氮量继续增加，增幅有所下降。

小麦和水稻的氮素积累总体趋势均表现为随施氮量的增加氮素累积量增加，各施氮处理氮素积累显著高于不施氮处理。

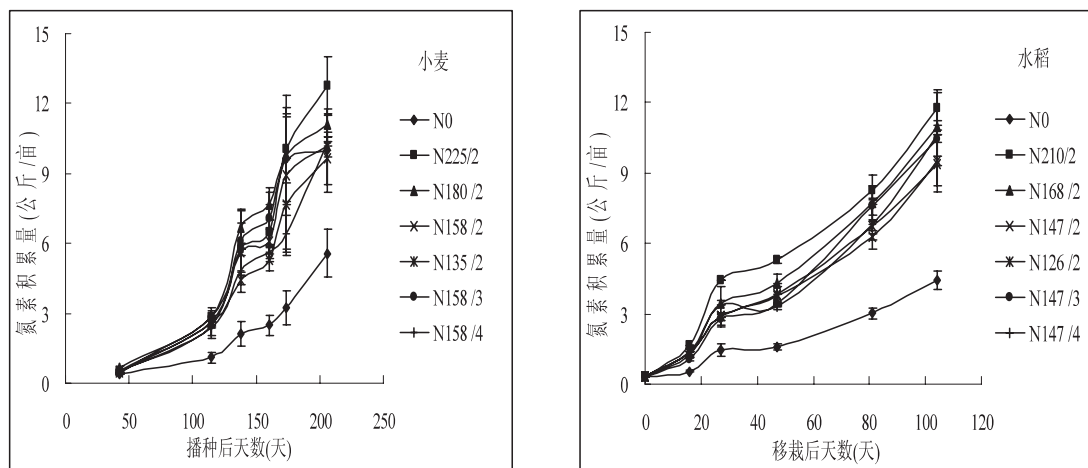


图1 小麦和水稻生育期内氮素积累动态

试验数据(未列出)表明,小麦季100公斤籽粒需氮量略高于水稻季100公斤稻谷需氮量,这一结果与相关研究小麦耐肥特性高于水稻的结论相一致^[9]。单位小麦籽粒产量的氮素需求量随施氮量的增加而增加,最高施氮量时,总吸氮量达到最高为13.6公斤/亩,并且100公斤小麦籽粒需氮量最高为4.80公斤。水稻季结果表明,随着施氮量的增加,水稻吸氮量也增加,当施氮总量相同时,氮肥施用时期和比例不同也会引起水稻吸氮量的改变,且由处理吸氮量为FP-30%/4 > FP-30%/3 > FP-30%/2,可知随着氮肥施用时期的向后迁移,氮素吸收量相应增加,整个稻麦轮作体系也呈现相同的趋势。

2.3 经济效益

通过调查可知,07-08年水稻平均价格为1.88元/公斤,小麦平均价格为1.52元/公斤,尿素单价为2元/公斤,磷肥单价为0.5元/公斤,钾肥单价为2.2元/公斤。结合小麦和水稻的产量可计算出各处理的经济效益,如表3所示。由表3可知,小麦季处理FP-30%/3经济效益最高,为340元/亩,较农民习惯施肥增加55元/公顷,而水稻季处理FP-20%/2经济效益最高,较农民习惯施肥处理增加71元/亩,整个轮作体系属减施20%氮肥处理经济效益最高,较农民习惯施肥处理增加了91元/亩。从整个轮作体系来看,不施氮处理经济效益最低,在最高产量时,即减施20%氮肥时,其经济效益最高,同一氮肥水平下,以肥料分三次施用处理经济效益最高。由此可知,在一定范围内,随着施氮量的增加,经济效益提高,当施氮量达到一定水平,再增施氮肥,经济效益反而下降。因此,适宜的氮肥用量和运筹比例是获得高产和高效的有力保证。

表3 稻麦轮作经济效益分析

元/亩

处理	N0	FP/2	FP-20%/2	FP-30%/2	FP-40%/2	FP-30%/3	FP-30%/4
小麦	295	286	306	328	340	340	334
水稻	552	877	947	826	775	837	833
稻-麦	846	1162	1253	1154	1116	1178	1167

3 结论与讨论

肥料的施用一直是我国广大农民公认的粮食增产的法宝，然而肥料过量施用只会物极必反，导致氮肥利用率下降和产量降低，因此确定合适的氮肥用量，使土壤氮素供应与作物需求达到同步一直是研究工作者的目标。钟旭华（2007）等研究表明，控制氮肥总用量，适当的减少作物生长前期氮肥的供应，增加后期氮肥用量，将氮肥后移，能很有效的实现氮肥高效的目的。本研究结果显示，在江汉平原稻麦轮作体系氮素用量过量地区，第一个轮作周期在农民习惯施肥的基础上减施20%-30%的氮肥用量能保证产量不下降的同时减少环境风险，是可行的施肥措施，并且当氮肥用量一定时，增加氮肥的追施次数，且将氮肥后移，不仅不降低产量，且能减少氮肥用量，提高氮肥利用效率。然而在当前农民习惯施肥量下这一减肥比例能够持续多长时间既不减产也不降低土壤肥力和影响农田可持续利用则有待于多年多点持续定为研究才能得出明确结论。

参考文献：

- [1] 杨仁朋,王德科,刘长庆,刘春生.. 冬小麦夏玉米轮作体系优化施氮对土壤硝态氮的影响[J]. 中国农学通报, 2006,22(12):369-372
- [2] 申建波,张福锁. 水稻养分资源管理理论与实践[M]. 中国农业出版社,2006,2-5
- [3] 宋歌,孙波. 县域尺度稻麦轮作农田土壤无机氮的时空变化[J]. 农业环境科学学报, 2008, 28(2):636-642
- [4] Cui Z L, Chen X P, Miao Y X et al. On-Farm evaluation of winter wheat yield response to residual soil nitrate-N in north China plain[J]. Agron . J, 2008, 100(6):1527-1534
- [5] Slam M M, Ladha J K, Foyjunnessa et al. Nitrogen management for increased productivity of rice-wheat cropping system in Bangladesh[J]. Field Crops Res . , 2006, 96:374-386
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000,147-159
- [7] 裴雪霞,王秀斌,何萍,等. 氮肥后移对土壤氮素供应和冬小麦氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009,15(1):9-15.
- [8] 李伟波,吴留松,廖海秋. 太湖地区高产稻田氮肥施用与作物吸收利用的研究[J]. 土壤学报, 1997,34(1):67-72