第 41 卷 第 1 期
2004 年 1 月

土 壤 学 报
ACTA PEDOLOGICA SINICA

Vol. 41, No. 1
Jan., 2004

旱作与覆盖方式对水稻吸收利用氮的影响*

艾应伟[1,2] 刘学军[1] 张福锁[1-] 毛达如[1] 曾祥忠[3] 吕世华[3] 潘家荣[4]

(1 中国农业大学植物营养系, 农业部植物营养学重点实验室, 教育部植物—土壤相互作用重点实验室, 北京 100094;
2 四川大学生命科学学院, 成都 610065; 3 四川省农科院土肥所, 成都 610066; 4. 中国农科院原子能所, 北京 100094)

UTILIZATION RATE OF NITROGEN FERTILIZER OF RICE (*ORYZA SATIVA* L.) AS INFLUENCED BY MULCH AND DRYLAND FARMING

Ai Yingwei[1,2] Liu Xuejun[1] Zhang Fusuo[1-] Mao Daru[1] Zeng Xiangzhong[3] Lu Shihua[3] Pan Jiarong[4]

(1 Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Key Laboratory of Plant Nutrition, MOA, Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, MOE, Beijing 100094, China; 2 College of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 3 Institute of Soil and Fertilizer, Sichuan Academy of Agriculture Science, Chengdu 610066, China; 4 Institute for Application of Atomic Energy, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

关键词 水稻; 旱作; 覆盖物; N 肥利用率
中图分类号 S143.1 文献标识码 A

水稻是一种喜水或嗜水植物, 具有半水生或湿生的习性, 淹水栽培使水稻种植不仅耗水量巨大而且水资源浪费严重。因降雨量在地区间、季节间、年际间分配不均, 加之受水源多少、引水灌溉难易等的影响, 使不少稻田由于水资源短缺以及水分供需矛盾的原因往往造成水稻产量低而不稳甚至改种其它作物。水稻旱作是克服水分不足的高效节水稻作技术, 作为一种抗旱手段, 水稻旱作为水资源不足的地区、高亢地及低洼易涝旱作区、干旱所致的缺水地区扩种水稻、减少灌溉用水, 加快种植业结构调整、提高农民收入有着重要意义[1,2]。利用地膜、秸秆作为覆盖物实行农作物覆盖栽培对于土壤保墒、增温、培肥以及促进作物生长、增产等方面效果显著, 覆盖栽培是水稻旱作种植的常用措施[1,3,4]。N 是水稻生长发育必需的大量元素之一, 水稻对土壤中 N 的吸收利用状况不仅影响其产量和品质, 而且还将影响到 N 肥的施用效果以及稻田 N 素损失的大小[5,6]。但目前在旱作、覆盖物与水稻吸收利用 N 的关系等方面尚缺乏研究报道。为此, 应用^{15}N 示踪法及田间小区试验对几种不同覆盖方式的旱作水稻以及常规灌溉水稻的 N 素吸收利用特性开展了研究, 以期为探寻最佳的旱作模式以及合理施用 N 肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验在四川省成都市郊岷江冲积物母质发育的灰潮土上进行, 供试土壤的基本理化性状为: 有机质 40.02 g kg^{-1}, 全 N 1.84 g kg^{-1}, 碱解N 151.66 mg kg^{-1}, 速效 P 22.72 mg kg^{-1}, 速效 K 59.51 mg kg^{-1}, pH 5.62。供试水稻品种为"II优 838", 稻田一段育秧, 于 2001 年 5 月26 日大田移栽, 当年 9 月 26 日收获, 水稻大田生长期间降雨量为 741.6 mm。^{15}N 肥料为丰度 5.26% 的尿素肥料(上海化工研究院产)。

1.2 田间小区试验

试验设 5 个处理: ①旱作裸地; ②旱作盖秸; ③旱作盖膜; ④旱作盖秸膜; ⑤常规灌溉(CK)。试验采用 3 次重复随机区组的排列, 小区面积 30 m^2 (6 m × 5 m), 重复间隔 1 m。小区四周筑有 60 cm 宽、15 cm 左右高的田埂, 在旱作小区与常规灌溉小

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1999011707) 和教育部重点项目(0112) 资助
- 通讯作者
作者简介: 艾应伟(1965~), 男, 博士, 副研, 主要从事植物营养、环境生态方面的研究。E-mail: aiyw99@sohu.com
收稿日期: 2002-06-14; 收到修改稿日期: 2003-05-30

区相邻的田埂中间用双层厚塑料薄膜纵向间隔, 其薄膜入土深 35 cm 左右, 防止灌溉水分侧渗影响旱作小区。旱作试验区外保护区水稻同样采用旱作栽培, 并在旱作试验区四周挖有深 15 cm 左右、宽 20 cm 左右的排水沟, 以防常规灌溉小区或周围农田排水时流进旱作小区。水稻前作为油菜, 水稻移栽前 1 周旋耕稻田土壤、耙平并淹水。旱作: 水稻移栽时田面有 1 cm 左右深的水, 栽秧 5~ 6 天后田面水自然落干不见水, 从水稻移栽至收获不作任何浇灌。常规灌溉(非旱作) : 水稻移栽时田面有 4~ 5 cm 左右深的水, 水稻大田生长期间按当地习惯进行灌溉排水, 其绝大部分时间保持有 4~ 5 cm 左右深的田面水, 实行淹水栽培。裸地: 水稻移栽时对稻田土壤不作任何覆盖。盖膜: 水稻移栽前先用农用地膜覆盖有 1 cm 左右深水的稻田, 然后撬穴移栽水稻。盖秸: 水稻移栽前先用麦秸覆盖有 1 cm 左右深水的稻田, 麦秸用量为 7 500 kg hm^{-2}左右, 然后撬穴移栽水稻。盖秸膜: 水稻移栽前先用麦秸覆盖, 方法与盖秸处理相同, 盖完麦秸后再在麦秸上覆盖地膜(即麦秸、地膜双覆盖) , 最后撬穴移栽水稻。栽秧规格为 25 cm × 20 cm, 密度 20 万穴 hm^{-2}。每小区(除微区框, 实际面积 29 m^2) 施尿素 0. 946 kg(相当施纯 N 150 kg hm^{-2}) 、施过磷酸钙 1. 305 kg (相当施 P_2O_5 54 kg hm^{-2}) 、施硫酸钾 0. 653 kg(相当施 K_2O 112. 5 kg hm^{-2}) , 全部作基肥一次性施用。

采取每个小区全区(除微区框) 收获的办法计测各处理小区的水稻产量。

1. 3　^{15}N 微区框试验

用长 1 m、宽 1 m、高 0. 5 m 的无底特制铁皮框与小区试验同时布置微区框试验。每个小区安放一个微区框, 安放位置为: 微区框边距小区宽边均为 2 m、距小区长边 4 m 和 1 m。微区框入土深 42 cm 左右, 微区框试验地面积 1 m^2。每个微区框 N 肥施用量采取施 ^{15}N 标记尿素 16. 3 g、普通尿素 16. 3 g (即将丰度 5. 26% 的 ^{15}N 标记尿素稀释 1 倍, 但单位面积用 N 量与小区试验相同) 。微区框试验除施用的尿素为一半量标记一半量未标记外, 其余化肥施用及其处理方式与小区试验相同。

每个微区框移栽 16 穴水稻, 水稻收获时按根、茎叶、籽粒取样测定全 N 和 ^{15}N 丰度。

表 1　不同土壤管理的水稻 N 肥利用率及产量

处　理	产量(kg hm^{-2})	N 肥利用率(%)			
		根	茎　叶	籽　粒	合　计
旱作裸地	6 605. 7 ± 303. 7b	2. 77 ± 0. 95	9. 66 ± 1. 88a	13. 03 ± 2. 28a	25. 46 ± 5. 02a
旱作盖秸	6 771. 3 ± 105. 2ab	1. 99 ± 0. 73	8. 27 ± 3. 17ab	9. 63 ± 1. 74b	19. 89 ± 5. 26ab
旱作盖膜	7 240. 2 ± 267. 9a	2. 22 ± 0. 80	9. 61 ± 1. 34a	13. 12 ± 1. 59a	24. 96 ± 0. 79a
旱作盖秸膜	7 226. 4 ± 158. 8a	3. 17 ± 1. 28	7. 52 ± 0. 48ab	9. 92 ± 0. 33ab	20. 61 ± 2. 08ab
常规灌溉	7 198. 9 ± 311. 0a	2. 02 ± 0. 35	5. 37 ± 0. 86b	9. 14 ± 2. 08b	16. 53 ± 3. 18b

2　结果与讨论

2. 1　旱作与覆盖方式对水稻 N 肥利用率及产量的影响

从表 1 可知, 通过 ^{15}N 微区框试验, 用 ^{15}N 示踪法测得不同处理水稻收获期各器官的 N 肥利用率均以籽粒最高, 其次是茎叶, 根最低, 籽粒的 N 肥利用率所占比重为 48. 1% ~ 55. 3% 、茎叶的 N 肥利用率所占比重为 32. 5% ~ 41. 6%、根的 N 肥利用率所占比重为 8. 9% ~ 12. 2%, 常规灌溉(非旱作) 与旱作各处理相比, 其籽粒 N 肥利用率所占比重最高, 茎叶 N 肥利用率所占比重最低。水稻籽粒、茎叶以及全株(根、茎叶、籽粒的合计) 的 N 肥利用率在处理间存在显著或极显著性差异, 但根的 N 肥利用率处理间差异不显著。各处理的水稻 N 肥利用率以旱作裸地最高, 常规灌溉最低, 表现为旱作裸地> 旱作盖膜> 旱作盖秸膜> 旱作盖秸> 常规灌溉, 其 N 肥利用率在 16. 53% ~ 25. 46% 之间, 属于偏低的范畴, 这可能与试验区当年因气候等方面原因致使水稻产量较平常年低, 而施 N 量又与往年相同导致施 N 量偏大以及稻田土壤 N 肥损失普遍严重有关[5~7]。旱作条件下, 无论覆盖与否、覆盖材料和方法如何, 水稻根、茎叶以及全株的 N 肥利用率均无显著差异性。但是, 旱作条件下, 其水稻籽粒的 N 肥利用率处理间有显著差异性, 表现为旱作裸地、旱作盖膜均比旱作盖秸显著提高了水稻籽粒的 N 肥利用率。对于旱作水稻籽粒的 N 肥利用率来说, 地膜覆盖效果不明显, 秸秆覆盖不仅无增效作用反而会有显著

的减效作用,即使秸秆、地膜双覆盖也同样如此,这说明麦秸作为覆盖物不利于当季水稻籽粒对肥料 N 的吸收利用。与常规灌溉(非旱作)相比,旱作裸地、旱作盖膜均显著提高了水稻籽粒的 N 肥利用率,同时旱作裸地、旱作盖膜还显著提高了水稻全株(包括根、茎、叶、籽粒)的 N 肥利用率。旱作盖秸、旱作盖秸膜与常规灌溉相比,水稻各器官及全株的 N 肥利用率均无显著差异性。

通过田间小区试验,得出不同土壤管理的水稻产量见表 1。表 1 结果说明,各处理水稻产量以旱作盖膜> 旱作盖秸膜> 常规灌溉> 旱作盖秸> 旱作裸地。同是旱作条件下,盖膜、盖秸膜比裸地显著增加了水稻产量,但盖秸基础上再盖膜的盖秸膜处理与单独盖秸处理之间水稻产量差异不显著。这表明在旱作裸地条件下地膜覆盖有显著增产作用,而秸秆覆盖的增产作用不显著,至于秸秆覆盖对下季作物的增产作用如何,还需继续深入地开展研究。常规灌溉与旱作各处理相比,常规灌溉比旱作裸地显著增加了水稻产量,但常规灌溉与添加覆盖物的旱作处理间其水稻产量差异不显著。由此表明,与常规灌溉的普通淹水栽培相比,水稻实行单纯的旱作栽培将会显著地减少水稻产量,但在旱作基础上实行覆盖栽培,无论覆盖材料及方法如何都可基本达到普通淹水栽培的水稻产量水平,尤其以地膜覆盖的处理方式效果最好。

2.2 旱作与覆盖方式对水稻吸 **N** 特性的影响

通过^{15}N 微区框试验,得出水稻收获期水稻各器官对全 N、肥料 N 的吸收情况列于表 2。

表 **2** 不同土壤管理的水稻吸 **N** 量(kg hm^{-2})

处 理		根	茎 叶	籽 粒	合 计
旱作裸地	全 N	12.04±1.82	66.57±6.11	87.19±17.27	165.81±22.00
	肥料 N	4.15±1.42	14.49±2.82	19.56±3.44	38.20±7.54
旱作盖秸	全 N	10.96±3.23	70.34±13.11	90.66±16.96	171.96±23.05
	肥料 N	2.99±1.10	12.40±4.76	14.44±2.61	29.83±7.88
旱作盖膜	全 N	10.89±1.88	73.64±16.91	105.32±6.42	189.85±21.73
	肥料 N	3.33±1.21	14.42±2.01	19.68±2.38	7.44±1.19
旱作盖秸膜	全 N	16.17±4.54	82.28±12.55	99.29±18.44	197.74±31.94
	肥料 N	4.76±1.92	11.28±0.73	14.88±0.49	30.91±3.11
常规灌溉	全 N	12.25±0.69	54.80±7.88	98.06±3.74	165.10±10.57
	肥料 N	3.03±0.53	8.06±1.29	13.71±3.13	24.80±4.77

由表 2 可知,水稻一生中全 N 吸收量处理间表现为:旱作盖秸膜> 旱作盖膜> 旱作盖秸> 旱作裸地> 常规灌溉,而肥料 N 吸收量表现为旱作裸地> 旱作盖膜> 旱作盖秸膜> 旱作盖秸> 常规灌溉。同是旱作栽培,处理间裸地栽培的水稻一生全 N 吸收量最低,但肥料 N 吸收量反而最高。常规灌溉与旱作各处理相比,其全 N 吸收量和肥料 N 吸收量均处于最低水平,这说明旱作促进了水稻对 N 素的吸收利用。各处理对全 N 和肥料 N 的吸收量均表现为籽粒> 茎叶> 根,水稻一生全 N 吸收量中有 15%~23% 来自于肥料 N,来源于土壤 N 的比例为 77%~85%,土壤 N 供应的比例占绝大部分。由此可以认为,保持和提高土壤肥力,增强土壤供 N 水平对于水稻的高产、稳产尤为重要。

从表 2 还可看出,各处理水稻吸收的肥料 N 分配在籽粒中最多(占总吸收肥料 N 量的 48.12%~55.28%)、茎叶次之(占 32.50%~41.57%)、根最少(占 8.90%~12.22%)。旱作条件下,盖膜处理水稻籽粒中分配的肥料 N 大于其它处理。而常规灌溉与旱作各处理相比,其水稻籽粒中分配的肥料 N 最高。这表明,灌溉即充足的水分供应更有利于水稻籽粒对肥料 N 的吸收利用。

作物对 N 肥的利用率受作物种类、肥料品种、施肥方法、土壤特性、气候状况、栽培措施等综合因素的影响[5, 6, 8]。旱作条件下,秸秆单独或者与地膜同时覆盖的两种处理水稻 N 肥利用率很接近,分别为 19.89%、20.61%,比盖膜和裸地栽培要低 21%~28%。其原因在于秸秆本身 C/N 比值一般较宽,为 80 左右,本试验所用的小麦秸秆又是作物秸秆中 C/N 比值最高的,而作物秸秆分解时最适宜的 C/N 比值为 25∶1,秸秆作为一种含碳丰富的能源物质,直接施入土壤会刺激微生物迅猛活动,导致有

效性高的化肥 N 大量被暂时固定, 从而减少了化肥 N 对当季水稻生长的供应数量, 降低了水稻的 N 肥利用率[9]。至于旱作各处理水稻 N 肥利用率高于常规灌溉, 可能与稻田土壤在淹水栽培条件下 N 肥损失量增加以及土壤 N 矿化供应量增加有关[6,7]。

参 考 文 献

[1] 赵其良, 肖明贤. 日本东北地区水稻旱种地膜覆盖栽培技术. 辽宁农业科学, 1982, 3: 52~ 56

[2] 梁永超, 胡锋, 杨茂成, 等. 水稻覆膜旱作高产节水机理研究. 中国农业科学, 1999, 31(1): 26~ 32

[3] Saigusa M, Hanaki M, Ito T. Decomposition pattern of rice straw in poorly drained paddy soil and recovery rate of straw nitrogen by rice plant in no-tillage transplanting cultivation. Japan. J. Soil Sci. Plant Nutr., 1999, 70: 157~ 163

[4] 吴良欢, 祝增荣, 梁永超, 等. 水稻覆膜旱作节水节肥高产栽培技术. 浙江农业大学学报, 1999, 25(1): 41~ 42

[5] 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

[6] 朱兆良, 蔡贵信, 徐银华, 等. 种稻下氮肥的氨挥发及其在氮素损失中的重要性的研究. 土壤学报, 1985, 22(4): 320~ 328

[7] 赵其国. 水稻耕制中的土水管理. 土壤学报, 1991, 28(3): 249~ 259

[8] 艾应伟, 陈实, 张先婉, 等. N 肥深施深度对小麦吸收利用 N 的影响. 土壤学报, 1997, 34(2): 146~ 151

[9] 王维敏. 麦秸、氮肥与土壤混合培养时氮素的固定、矿化与麦秸的分解. 土壤学报, 1986, 23(2): 97~ 105