

不同施肥方式下氮肥用量对直播稻根系形态及氮素吸收的影响

孙浩燕^{1,2}, 王 森¹, 任 涛¹, 丛日环¹, 李小坤^{1*}

(1. 华中农业大学资源与环境学院/农业部长江中下游耕地保育重点实验室, 湖北 武汉 430070;

2. 宜昌市夷陵区农业科技培训中心, 湖北 宜昌 443100)

摘 要: 采用盆栽试验, 研究施肥方式 (点施于距土表 1、5 cm 土柱中心位置, 分别记为 M1、M2; 距土表 0~5、0~10 cm 土壤与氮肥混匀施用, 分别记为 M3、M4) 和氮肥用量 (N0、0.3、0.6、0.9、1.2 g/盆) 对直播稻苗期生物量、根系形态及氮素吸收的影响, 以期对直播稻科学施用氮肥提供理论依据。结果表明, M1、M2 施肥方式下 N0.6 处理地上部和根系生物量都显著高于其他处理, 增幅分别为 17.8%~84.8% 和 13.9%~46.9%, 根系形态指标表现为 N0.3 和 N0.6 高于 N1.2 处理; M3、M4 施肥方式下 N1.2 处理地上部和根系生物量都显著高于其他处理, 增幅分别为 32.6%~36.3% 和 14.9%~16.2%, 根系形态指标有随着施氮量增加而增加的趋势。施肥方式和氮肥用量对氮素吸收量的影响趋势与生物量表现一致, 氮素吸收利用率表现为点施条件下 M1>M2, 混施条件下 M3>M4。相关分析结果表明, 水稻地上部生物量及其氮素吸收与根系形态参数及氮素吸收量存在显著正相关关系。综上所述, 低氮条件下浅层点施、高氮条件下浅层混施有利于促进水稻苗期的生长发育, 稳固良好的根系形态特性, 增强其对养分的吸收利用。

关键词: 水稻; 施肥方式; 氮肥用量; 根系形态; 氮素吸收

中图分类号: S143.1; S511

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2017) 06-0088-05

随着经济的快速发展及农村劳动力的转移, 直播稻作为一种轻简化稻作方式得到迅速发展, 前人研究发现直播稻的产量受播期^[1]、播种量^[2]、施氮量^[3]及水分条件^[4]等多方面的影响。而根系是作物吸收水分和养分的重要器官, 是土壤中养分的利用者和产量的贡献者, 其生长状况与地上部的生长发育、产量的形成具有密切联系^[5], 直播稻根系特性与移栽稻相比有所差异, 其具有根群发达、根系活力强的特征。鉴于根系具有趋肥性等特性, 肥料的施用对根系生长具有可塑性^[6], 根系生长及其形态特性易受施肥方式^[7]、肥料用量^[8]等多因素的影响, 进而影响地上部的生长发育、养分吸收。郑圣先等^[9]研究表明控释氮肥增加了水稻生育后期的根干重、根长, 提高了根系吸收面积。于晓芳等^[6]在玉米上的研究发现深松及氮肥适量深施, 增加了根重、根体积及根表面积, 促进了根系下移, 提高根

系活力, 增加了作物产量。水稻根系及养分吸收特性与旱地作物存在差异, 研究不同施肥方式对水稻根系特性及养分吸收的影响报道较少。

施肥是农田土壤养分获取的重要来源, 而氮肥的施用是农业生产中重要的养分管理措施, 其对粮食产量的贡献率达到 50%, 因此施用氮肥成为最有效的粮食增长措施^[10]。已有研究表明, 适宜的施氮量对直播稻产量、品质、氮肥利用率^[3]及生理特性^[2]都有显著优势。直播稻养分管理中提出“前促、中控、后补”的施肥技术, 确保稻苗早发、多分蘖、长大蘖, 保证直播稻苗期的生长优势, 促进后期增产增穗。因此, 探究氮肥用量对直播稻生长前期根系生长及养分吸收的影响, 确定直播稻生长前期适宜的施肥方式、提高肥料利用率、促进增产增收是有关直播稻生产的重要研究课题。本文通过盆栽试验方式研究氮肥用量对不同施肥方式下水稻苗期根系形态及氮素吸收的影响, 从而为直播稻不同施肥方式下氮肥的合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2013 年 9 月~10 月于华中农业大学资源与环境学院盆栽场进行。采用盆栽土柱试验方

收稿日期: 2017-02-10; 最后修订日期: 2017-04-13

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303103); 中央高校基本科研业务费专项 (2662015PY135)。

作者简介: 孙浩燕 (1989-), 女, 山东乳山人, 助理农艺师, 硕士研究生, 从事植物营养学研究。E-mail: haoyan0711@webmail.hzau.edu.cn。

通讯作者: 李小坤, E-mail: lixiaokun@mail.hzau.edu.cn。

式,土柱由高 23 cm、直径 15 cm 的聚乙烯管封底制成,盆装土 4.0 kg。供试作物为水稻,品种为扬两优 6 号。供试土壤取自湖北蕲春,系花岗片麻岩发育的水稻土,耕层土壤理化性质:pH 值 4.95、有机质 31.4 g/kg、全氮 1.26 g/kg、碱解氮 117.0 mg/kg、有效磷 8.9 mg/kg、速效钾 50.4 mg/kg。

1.2 试验设计

试验采用施肥方式、氮肥用量两因素交互试验方式进行,施肥方式分别为点施于距土表 1 cm 土柱中心位置,记为 M1;点施于距土表 5 cm 土柱中心位置,记为 M2;距土表 0~5 cm 土壤与氮肥混匀施用,记为 M3;距土表 0~10 cm 土壤与氮肥混匀施用,记为 M4。氮肥用量分为 5 个梯度,施氮量分别为 N0、0.3、0.6、0.9、1.2 g/盆,分别记为 N0、N0.3、N0.6、N0.9、N1.2。各处理磷、钾肥用量均为 P_2O_5 0.15 g/盆、 K_2O 0.15 g/盆,施肥方式为与土壤充分混匀,分别以分析纯尿素、磷酸二氢钾、氯化钾为肥源。各处理设置 3 次重复。试验于 2013 年 9 月 25 日播种,出苗后 10 d 间苗,每盆留苗 1 株,播种后 45 d 收获。

1.3 测试项目与方法

齐地切断水稻地上部,将土柱从聚乙烯管中取出,分离根系与土壤,尽量保持根系完整性。将获得的完整根系冲洗干净,在根系扫描仪 EPSON (PERFECTION C700) 上进行扫描,采用 WinRHIZO PRO 2009 软件进行分析,获得总根长、总根表面积、总根体积、平均直径等指标参数。将地上部和根系于 105℃ 下杀青 30 min,70℃ 下烘至恒重,称其干重。

分别测定地上部及根系植物样品全氮含量,测试方法为浓 $H_2SO_4 - H_2O_2$ 消煮,流动注射分析仪(德国 SEAL-AA3)测定全氮含量。供试土壤基础性质测定采用土壤理化分析常规方法^[11]。

试验数据采用 SPSS 18.0 数据处理系统,应用最小显著差数法(LSD)进行分析。

2 结果与分析

2.1 生物量及根冠比的差异

由表 1 可以看出,施肥方式、氮肥用量对地上部及根系生物量均有显著的影响,且两者交互作用也达到极显著水平。不同施肥方式下,氮肥用量对生物量的影响趋势存在差异,点施 1 cm 和 5 cm (M1、M2) 处理下,随施氮量增加地上部及根系

生物量表现为先增加后降低的趋势,其中 N0.6 处理最高,M1 施肥方式下 N0.6 处理地上部和根系生物量分别比 N0.3、N0.9、N1.2 处理高出 17.8%、48.6%、84.8% 和 13.9%、41.9%、46.9%。0~5 cm 和 0~10 cm 混层施肥(M3、M4)处理下,随施氮量增加生物量呈现增加的趋势,其中 N1.2 处理最高,M3 施肥方式下 N1.2 处理地上部和根系生物量分别比 N0.3、N0.6、N0.9 处理高 36.3%、33.8%、32.6% 和 16.2%、15.9%、14.9%。在不同施肥方式之间,根冠比表现为 M3 > M4 > M1、M2 > CK;在不同氮肥用量之间,根冠比随着施氮量增加呈先增加后降低的趋势。说明点施方式下施氮量为 0.6 g/盆最佳,混施方式施氮量可适当增加。

表 1 不同施肥方式、不同氮肥用量对水稻生物量、根冠比的影响

施肥方式	处理	地上部生物量 (g)	根系生物量 (g)	根冠比
CK	N0	198.8c	31.1c	0.16c
M1	N0.3	535.9ab	98.4a	0.19a
	N0.6	631.2a	112.1a	0.18a
	N0.9	424.8ab	79.0a	0.18a
	N1.2	341.6b	76.3a	0.18a
均值		483.3b	91.4b	0.18b
M2	N0.3	487.4b	90.5b	0.18a
	N0.6	671.3a	122.6a	0.18a
	N0.9	427.9bc	78.2b	0.19a
	N1.2	265.1c	46.6c	0.18a
均值		462.9ab	84.5b	0.18b
M3	N0.3	591.9b	124.4a	0.21a
	N0.6	603.1b	124.7a	0.21a
	N0.9	608.6b	125.9a	0.21a
	N1.2	806.9a	144.6a	0.18a
均值		652.6a	129.9a	0.20a
M4	N0.3	434.3b	79.5b	0.18b
	N0.6	522.3b	111.0ab	0.21a
	N0.9	564.6ab	110.1ab	0.19ab
	N1.2	688.5a	132.0a	0.19ab
均值		552.4ab	108.2ab	0.19ab
F 值				
M		54.8**	9.0**	2.3
N		21.1**	30.7**	9.3**
M × N		8.6**	3.1**	0.8

注:表中不同施氮处理间多重比较仅限于同一施肥方式下,不同施肥方式下所有施氮处理的均值后字母标注是与 CK 进行多重比较,不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$),*、** 分别表示 0.05 和 0.01 水平上差异显著,下同。

2.2 根系形态指标的差异

水稻苗期根系形态指标如表 2 所示, 施肥方式、氮肥用量对总根长、总根表面积、总根体积均有显著影响, 且两者交互作用也达到显著水平, 仅有氮肥用量对根系平均直径影响达显著水平。施氮处理根系各形态指标显著高于不施氮处理。不同施肥方式下, 氮肥用量对根系各形态指标的影响趋势存在差异, 1 cm 和 5 cm 点施方式 (M1、M2) 下, N0.3 和 N0.6 处理总根长、总根表面积、总根体积显著高于 N1.2 处理, M1 施肥方式下增幅分别为 41.1% 和 32.3%、53.2% 和 33.5%、69.9% 和 84.2%; 0~5 cm、0~10 cm 混施方式 (M3、M4) 下, 总根长、总根表面积、总根体积有随着施氮量增加而增加的趋势, M3 施肥方式下, N1.2 处理的总根长、总根表面积、总根体积比其他施氮处理分别增加 31.8%~49.1%、33.4%~37.0%、56.3%~

表 2 不同施肥方式、不同氮肥用量对水稻根系形态指标的影响

施肥方式	处理	总根长	总根表面积	总根体积	平均直径
		(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(mm)
CK	N0	389.7 c	72.5 d	1.05 d	0.63 b
M1	N0.3	738.8 a	171.0 a	3.45 a	0.76 a
	N0.6	692.7 ab	149.0 ab	3.74 a	0.80 a
	N0.9	506.8 c	130.3 ab	2.27 b	0.76 a
	N1.2	523.6 bc	111.6 b	2.03 b	0.74 a
均值		615.5 b	140.5 c	2.87 c	0.77 ab
M2	N0.3	741.1 a	158.1 a	4.09 a	0.76 a
	N0.6	661.7 a	173.3 a	4.22 a	0.89 a
	N0.9	664.8 a	143.9 a	2.18 b	0.76 a
	N1.2	482.7 b	97.9 b	1.88 b	0.88 a
均值		637.6 b	143.3 c	3.09 c	0.82 ab
M3	N0.3	690.1 c	191.9 b	3.45 b	1.16 a
	N0.6	709.4 bc	186.9 b	4.49 b	0.89 a
	N0.9	780.5 b	187.4 b	3.94 b	0.79 a
	N1.2	1 029.0 a	256.1 a	7.02 a	0.98 a
均值		802.3 a	205.6 a	4.73 a	0.96 a
M4	N0.3	559.9 c	157.0 a	2.84 b	0.91 a
	N0.6	644.5 b	157.4 a	3.99 a	0.68 a
	N0.9	713.2 ab	175.6 a	4.16 a	0.74 a
	N1.2	785.8 a	183.7 a	4.91 a	0.86 a
均值		675.8 b	168.4 b	3.98 b	0.80 ab
F 值					
M		16.9 **	27.8 **	19.9 **	2.6
N		52.7 **	65.3 **	52.3 **	5.1 **
M × N		12.1 **	8.8 **	11.3 **	0.9

103.5%。不同施肥方式下根系平均直径差异不显著, 但施氮处理显著高于不施氮处理, 增幅达 7.9%~84.1%。以上结果表明, 根系总根长、总根表面积和总根体积对施肥方式及氮肥形态响应敏感, 根系平均直径响应不敏感。

2.3 氮素吸收的差异

由表 3 可以看出, 施肥方式和氮肥用量分别对地上部、根系氮素含量产生显著影响, 但二者交互作用并未对其产生显著影响; 而施肥方式、氮肥用量以及二者交互作用均对地上部、根系氮素吸收量及氮肥吸收利用率产生显著影响。不同施肥方式下, 氮肥用量对氮素含量的影响趋势一致, 均表现为随氮肥用量增加而提高; 而对氮素吸收量的影响趋势存在差异, 其趋势与生物量变化趋势相近。在 M1 施肥方式下, N0.6 处理地上部氮素吸收量分别

表 3 不同施肥方式、不同氮肥用量对水稻氮素吸收的影响

施肥 方式	处理	氮素含量		氮素吸收量		氮素吸收 利用率 (%)
		(%)		(mg/盆)		
		地上部	根系	地上部	根系	
CK	N0	4.10 c	1.69 c	8.14 d	0.53 d	—
M1	N0.3	4.50 a	2.07 a	24.31 ab	2.05 a	5.90 a
	N0.6	5.03 a	2.05 a	31.40 a	2.28 a	4.17 b
	N0.9	5.05 a	2.13 a	21.35 b	1.65 a	1.59 c
	N1.2	5.05 a	2.21 a	17.25 b	1.70 a	0.86 c
均值		4.91 a	2.11 a	23.58 bc	1.92 bc	—
M2	N0.3	4.39 a	1.99 b	21.37 b	1.79 b	4.83 a
	N0.6	4.57 a	1.96 b	30.98 a	2.42 a	4.12 a
	N0.9	4.17 a	1.95 b	17.87 bc	1.53 bc	1.19 b
	N1.2	4.76 a	2.30 a	12.63 c	1.07 c	0.42 c
均值		4.47 b	2.05 ab	20.71 c	1.70 c	—
M3	N0.3	4.65 ab	1.79 b	27.56 b	2.22 a	7.04 a
	N0.6	4.62 ab	2.04 a	27.88 b	2.54 a	3.63 b
	N0.9	4.40 b	1.88 ab	26.83 b	2.36 a	2.28 bc
	N1.2	4.97 a	2.03 a	40.16 a	2.91 a	2.87 c
均值		4.66 ab	1.93 b	30.61 a	2.51 a	—
M4	N0.3	4.33 b	1.72 a	18.92 c	1.34 b	3.86 a
	N0.6	4.51 ab	1.95 a	23.54bc	2.17 a	2.84 b
	N0.9	4.47 b	2.05 a	24.93 b	2.24 a	2.06 b
	N1.2	4.92 a	2.07 a	33.89 a	2.73 a	2.33 b
均值		4.56 b	1.95 b	25.32 b	2.12 b	—
F 值						
M		5.2 **	2.8 *	12.3 **	8.4 **	8.5 **
N		17.1 **	13.5 **	55.4 **	45.4 **	159.5 **
M × N		1.3	1.0	8.8 **	4.1 **	8.8 **

比 N0.3、N0.9、N1.2 处理显著高出 29.2%、47.1%、82.0%；在 M3 施肥方式下，N1.2 处理地上部氮素吸收量分别比 N0.3、N0.6、N0.9 处理显著高出 45.7%、44.0%、49.7%；根系氮素吸收量与地上部趋势一致。在氮素含量差异不大的前提下，氮素吸收量产生的差异主要是生物量差异的结果。各施肥方式下，氮肥吸收利用率均表现为随施氮量增加而降低的趋势，点施条件下 M1 优于 M2，混施方式下 M3 优于 M4，其中 N0.9、N1.2 处理氮肥吸收利用率混施方式（M3、M4）高于点施方式（M1、M2）。

2.4 相关分析

表 4 表明，水稻苗期总根长、总根表面积、总根体积、根系生物量以及根系氮素吸收量均与地上部生物量、氮素吸收量呈极显著正相关关系；仅有根系氮素含量与地上部氮素含量呈显著正相关关系；根系平均直径与地上部氮素吸收量呈显著正相关关系。由此可见，保证水稻苗期拥有较大的总根长、总根表面积、总根体积及根系生物量对保证水稻地上部生长及氮素吸收具有重要作用。

表 4 根系性状与地上部性状相关参数

根系性状	地上部 生物量	地上部 氮含量	地上部 氮吸收量
总根长	0.89 **	0.19	0.86 **
总根表面积	0.93 **	0.19	0.89 **
总根体积	0.93 **	0.29	0.92 **
平均直径	0.48	0.28	0.49 *
根系生物量	0.97 **	0.32	0.95 **
根冠比	0.48	0.32	0.46
根系氮含量	0.01	0.67 *	0.10
根系氮吸收量	0.96 **	0.43	0.95 **

注：*、** 分别表示 0.05、0.01 水平上显著相关。

3 讨论

3.1 不同施肥方式和氮肥用量下水稻根系形态的差异

根系是水稻吸收外界养分的重要器官，水稻获取土壤养分的能力取决于根系的形态及分布；同时根系的生长及其形态特性也会随土壤中水分、养分条件的变化而产生差异^[12]。水稻与其他粮食作物相比根系较浅，我国主要种植的杂交稻以 0~10 cm 浅层根系为主^[13]，前期研究发现浅层施肥有利于水稻苗期的生长^[14]，因此本试验设置的施肥方式以浅层施肥为主。不同施肥方式下，氮肥用量对根系形态的影响趋势有所差异，点施方式下氮肥用量

超过 0.6 g/盆根系生长受阻，分析可能的原因有：一方面点施方式下尿素施用集中，土壤中渗透压提高，根系吸收水分和养分受阻；另一方面尿素施用后迅速水解成 NH_4^+ ， NH_4^+ 聚集导致土壤 pH 值升高也会对根系产生毒害作用^[15]。氮肥施用后根系如果不能及时有效吸收土壤中的氮素，氮素就极易随水迁移淋洗，而且氮肥用量越高土壤中氮素向深层淋洗的可能性就越大^[16]，因此研究不同施肥方式下氮肥用量对试验结果的差异，在不同施肥方式下确保氮肥的合理施用，不仅有利于水稻苗期根系的生长、保证良好的根系形态特性，也能减少土壤中氮素的淋洗、提高氮肥利用率、减少环境污染。

3.2 根系性状与生物量、氮素吸收的关系

根系形态特性与地上部生长及产量形成的关系一直是水稻根系研究的热点问题。不少研究发现，根系形态及生理特性与地上部生长、养分吸收及产量形成存在显著的正相关关系^[17]。但也有学者提出“根系冗余生长”的观点，根系生物量过大会造成无效消耗的增加，对地上部生长产生负面影响^[18]。有研究表明，根系生物量、根冠比、总根长、根系吸收面积都是影响水稻吸氮能力的重要根系性状^[19]。本试验结果显示，水稻苗期地上部生物量和氮素吸收量与总根长、总根表面积、总根体积、平均直径、根系生物量、根系氮素吸收量有显著或者极显著的正相关关系，这与张岳芳等^[20]在多个水稻品种上研究结果相一致。根重及根系形态指标参数的提高有利于水稻根系对土壤氮素的吸收进而促进水稻地上部的生长发育。而水稻根系生理特性、构型及分布也与地上部生长具有良好的相关关系，因此关于其对根系生理特性及根系分布的影响也需进一步探究。

4 结论

本试验结果表明，1 cm 和 5 cm 点施方式下施氮量为 0.6 g/盆，0~5 cm 和 0~10 cm 混施方式下施氮量为 1.2 g/盆时，水稻苗期根系生物量、形态指标参数、地上部生物量及氮素吸收均显著高于其他处理。两种混层施肥方式相比，0~5 cm 混施效果优于 0~10 cm 混施。水稻苗期地上部生长及氮素吸收量与根重、总根长、总根表面积、总根体积、根系氮素吸收有显著的正相关关系。根据直播稻根系发育及养分吸收特性，基肥施用在较低施氮量条件下采用浅层点施方式，较高施氮量条件下采用浅层混施方式有利于水稻生长前期根系的生长分布及养分吸收。

参考文献:

- [1] 霍中洋, 姚义, 张洪程, 等. 播期对直播稻光合物质生产特征的影响 [J]. 中国农业科学, 2012, 45 (13): 2592-2606.
- [2] 舒时富, 贾兴娜, 郑天翔, 等. 氮肥和密度对精量穴直播水稻的影响 II—生理特性 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (22): 134-139.
- [3] 徐国伟, 谈桂露, 王志琴, 等. 秸秆还田与实地氮肥管理对直播水稻产量、品质及氮肥利用的影响 [J]. 中国农业科学, 2009, 42 (8): 2736-2746.
- [4] 郑天翔, 唐湘如, 罗锡文, 等. 节水灌溉对精量穴直播水稻产量形成的影响 [J]. 节水灌溉学报, 2009, 28 (5): 99-101.
- [5] 杨建昌. 水稻根系形态生理与产量、品质形成及养分吸收利用的关系 [J]. 中国农业科学, 2011, 44 (1): 36-46.
- [6] 于晓芳, 高聚林, 叶君, 等. 深松及氮肥深施对超高产春玉米根系生长、产量及氮肥利用率的影响 [J]. 玉米科学, 2013, 21 (1): 114-119.
- [7] 林贤青, 朱德峰, 林兴军, 等. 不同灌溉和施肥方式对杂交稻生长和根际环境的影响 [J]. 灌溉排水学报, 2009, 28 (4): 90-92.
- [8] Peng Y F, Li X X, Li C J. Temporal and spatial profiling of root growth revealed novel response of maize roots under various nitrogen supplies in the field [J]. Plos One, 2012, 7 (5): 1-11.
- [9] 郑圣先, 聂军, 戴平安, 等. 控释氮肥对杂交水稻生育后期根系形态生理特征和衰老的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12 (2): 188-194.
- [10] Peng S B, Roland J B, Huang J L, et al. Improving nitrogen fertilization in rice by sitespecific N management. A review [J]. Agronomy for Sustainable Development, 2010, 30 (3): 649-656.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [12] 石祖梁, 杨四军, 张传辉, 等. 氮肥运筹对稻茬小麦土壤硝态氮含量根系生长及氮素利用的影响 [J]. 水土保持学报, 2012, 26 (5): 118-122.
- [13] 沈波, 王熹. 两个亚种间杂交水稻组合的根系生理活性 [J]. 中国水稻科学, 2002, 16 (2): 146-150.
- [14] 孙浩燕, 李小坤, 任涛, 等. 浅层施肥对水稻苗期根系生长及分布的影响 [J]. 中国农业科学, 2014, 47 (12): 2476-2484.
- [15] 胡霁堂. 植物营养学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [16] Peng Y F, Yu P, Li X X, et al. Determination of the critical soil mineral nitrogen concentration for maximizing maize grain yield [J]. Plant Soil, 2013, 372: 41-51.
- [17] 蔡昆争, 骆世明, 段舜山. 水稻根系的空间分布及其与产量的关系 [J]. 华南农业大学学报 (自然科学版), 2003, 24 (3): 1-4.
- [18] 汪强, 樊小林, 刘芳, 等. 断根和覆草旱作条件下水稻的产量效应 [J]. 中国水稻科学, 2004, 18 (5): 437-442.
- [19] 于小凤, 李进前, 田昊. 影响粳稻品种吸氮能力的根系性状 [J]. 中国农业科学, 2011, 44 (21): 4358-4366.
- [20] 张岳芳, 王余龙, 张传胜, 等. 籼稻品种的氮素累积量与根系性状的关系 [J]. 作物学报, 2006, 32 (8): 1121-1129.

Effects of nitrogen fertilizer application on root morphological characteristics and nitrogen absorption of rice under different fertilization methods

SUN Hao-yan^{1,2}, WANG Sen¹, REN Tao¹, CONG Ri-huan¹, LI Xiao-kun^{1*} [1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University/Key Laboratory of Arable Land Conservation (Middle and Lower Reaches of Yangtse River), Ministry of Agriculture, Wuhan Hubei 430070; 2. Yiling District Training Center of Agricultural Science and Technology of Yichang City, Yichang Hubei 443100]

Abstract: The effect of fertilization methods (1 cm and 5 cm of focus methods denoted as M1 and M2, 0~5 cm and 0~10 cm of soil mixed methods denoted as M3 and M4) and nitrogen fertilizer application (N 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 g/pot) on the biomass, root morphological parameters and nitrogen absorbing rice seedling were studied in order to provide information for appropriate fertilization. The results showed that the biomasses of shoot and root of N0.6 showed significant higher value compared to other treatments under the fertilizer applied in shallow soils of focus method (M1 and M2), increased by 17.8%~84.8% and 13.9%~46.9% respectively. The result of root morphological parameters showed that root morphological parameters of N0.3 and N0.6 were significantly higher than that of N1.2. The biomasses of shoot and root of N1.2 showed significant higher value compared to other treatments under the fertilizer in shallow soils of mixed method (M3 and M4), increased by 32.6%~36.3% and 14.9%~16.2% respectively. The root morphological parameters had the increasing trend with the N application rate increase. The nitrogen absorption had same tendency with biomass. The NRE of treatment M1 was higher than M2, and M3 was higher than M4. Correlation analysis showed that the root morphological parameters and root nitrogen absorption had a significant relationship with the shoot biomass and nitrogen absorption. In combination with root morphological parameters and nitrogen absorbing, both the fertilizer application in shallow soils by focus method under low nitrogen fertilizer, and by mixed method under high nitrogen fertilizer were beneficial to the improvement of the rice root morphology characteristics and nutrient absorption.

Key words: rice; fertilization methods; nitrogen fertilizer application; root morphological parameters; nitrogen absorption