

纳米肥料对水稻生长特性的影响

张 哲¹, 范喜福², 孙 磊¹, 陈雪丽¹, 刘玉娟², 张 明²

(1. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省庆安县良种场, 黑龙江 绥化 152400)

摘要:通过盆栽试验,研究纳米肥料在水稻上的应用效果。结果表明:纳米碳能够促进水稻生长。各处理产量调查结果为 100% 纳米施肥量处理 > 常规施肥处理 > 70% 氮量纳米施肥处理 > 70% 总量纳米施肥 > 70% 氮量常规施肥处理 > 70% 总量常规施肥 > 不施氮肥 + 纳米碳 > 纳米碳 > 不施氮肥 > 空白(CK)。在等量磷钾肥条件下,70% 氮量纳米施肥处理氮肥利用率比常规提高了 11.57%。

关键词:纳米肥料;肥料利用率;产量

中图分类号:S511.062

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2010)08-0050-03

纳米技术是 20 世纪 80 年代末衍生并崛起的高科技,将可能在 21 世纪给人类带来第三次工业革命^[1],已在新材料、新能源、生物医学以及航天领域中得到初步应用。纳米碳是一种低燃点和非导电的改性碳,纳米碳的尺度为 5~80 nm,纳米碳可全部溶于水,入水后会变成超导体,能促进植物根系的快速吸水。2007 年首次有人将纳米碳应用到肥料中^[2]。纳米肥料是纳米生物技术的一个分支,是用纳米材料技术构建、用医药微胶囊技术和化工微乳化技术改性而形成的全新肥料,包括纳米结构肥料与纳米材料包膜或胶结缓/控释肥料^[3]。2008 年黑龙江省水稻种植面积约 245.2 万 hm²,占耕地面积的 20.3%^[4]。近年来水稻的化肥施用量迅速增加,对地表水造成很大影响,该

试验试图将纳米碳这种环保新型肥料应用到水稻生产中,为在保证粮食产量的基础上,减少化肥用量和对环境的污染提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料

尿素(N46%)、磷酸一铵(N11%、P₂O₅ 44%)、氯化钾(KO₂ 60%)和重过磷酸钙(P₂O₅ 46%)肥料购自肥料市场,与农民使用种类相同;纳米碳酸氢铵(N17%)由华龙肥料技术有限公司提供。

供试水稻品种为龙稻 3 号。

选取黑龙江省典型黑土作为供试土壤进行试验,供试土壤的基础肥力见表 1。

表 1 供试黑土基础肥力情况

土壤类型	碱解氮/mg·kg ⁻¹	速效磷/mg·kg ⁻¹	速效钾/mg·kg ⁻¹	有机质/%	pH
黑土	203	80	187	2.06	6.3

1.2 试验设计

盆栽试验共设 10 个处理,分别为处理 1:常规施肥(N150 kg·hm⁻²、P₂O₅ 75 kg·hm⁻²、K₂O 45 kg·hm⁻²;10-5-3);处理 2:100% 纳米施肥(养分量与处理 1 相同,添加肥料重量 3‰的纳米碳;C+10-5-3);处理 3:70% 氮量常规施肥(磷钾肥与处理 1 相同,氮肥为处理 1 的 70%;7-5-3);处理 4:70% 氮量纳米施肥(养分量与处理 3 相同,添加肥料重量 3‰的纳米碳;C+7-5-3);处理 5:70% 总量常规施肥(养分量为处理 1 的 70%;

7-3.5-2.1);处理 6:70% 总量纳米施肥(养分量与处理 5 相同,添加肥料重量 3‰的纳米碳;C+7-3.5-2.1);处理 7:不施氮肥(磷钾肥与处理 1 相同,不施氮肥;0-5-3);处理 8:不施氮肥 + 纳米碳粉(C+0-5-3);处理 9:单施纳米碳粉(与处理 2 中碳粉总量相同 C+0-0-0);处理 10:空白(0-0-0),每处理 4 次重复。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对水稻孕穗期生长发育的影响

通过对水稻孕穗期生长发育情况调查,结果表明,在水稻孕穗期,常规施肥处理的平均株高最高,达 67.7 cm;其次为 70% 氮量常规施肥处理,平均株高 65.3 cm;常规施肥处理的植株鲜重最大。常规施肥处理分蘖数最多,平均分蘖 22.5 个·穴⁻¹;在叶绿素含量上 100% 纳米施肥量最高(见表 2)。

收稿日期:2010-05-10

基金项目:黑龙江省攻关资助项目(GA09B107-2)

第一作者简介:张哲(1982-),男,黑龙江省哈尔滨市人,在读农业推广硕士,研究实习员,从事农业基础研究。E-mail:113995941@qq.com。

表 2 不同施肥处理对水稻孕穗期生长发育的影响

处理	株高 /cm	地上鲜重 /g·穴 ⁻¹	地上干重 /g·穴 ⁻¹	分蘖数 /个·穴 ⁻¹	叶绿素 /SPAD
1(10-5-3)	67.7	115.1	38.58	22.5	42.5
2(C+10-5-3)	65.2	112.2	38.19	22.0	44.7
3(7-5-3)	65.3	106.2	34.33	18.6	42.3
4(C+7-5-3)	63.3	110.5	39.17	17.1	41.6
5(7-3.5-2.1)	64.6	107.0	35.47	17.0	42.0
6(C+7-3.5-2.1)	62.3	100.7	40.25	16.9	42.7
7(0-5-3)	53.4	81.7	25.71	7.7	31.1
8(C+0-5-3)	52.1	99.6	35.29	7.1	35.5
9(C+0-0-0)	48.7	91.5	32.65	9.3	33.9
10(CK)(0-0-0)	46.4	63.0	30.94	5.7	35.8

2.2 不同施肥处理对水稻灌浆期生长发育的影响

由表 3 可知,在水稻灌浆期,常规施肥处理的平均株高最高,达 73.4 cm;其次为 100% 纳米施肥量处理和 70% 总量纳米施肥,平均株高 72.3 cm;常规施肥处理的植株鲜重最大,为 152.05 g·穴⁻¹。常规施肥处理分蘖数最多,平均分蘖 25.5 个·穴⁻¹;在叶绿素含量上 100% 纳米施肥量处理和 70% 总量纳米施肥最高。

表 3 不同施肥处理对水稻灌浆期生长发育的影响

处理	株高 /cm	地上鲜重 /g·穴 ⁻¹	地上干重 /g·穴 ⁻¹	分蘖数 /个·穴 ⁻¹	叶绿素 /SPAD
1(10-5-3)	73.4	152.05	64.6	25.5	47.7
2(C+10-5-3)	72.3	147.90	63.7	23.3	48.9
3(7-5-3)	72.1	138.59	61.2	18.8	46.5
4(C+7-5-3)	71.7	147.61	63.4	18.8	45.1
5(7-3.5-2.1)	71.6	137.43	57.6	17.1	46.7
6(C+7-3.5-2.1)	72.3	142.93	59.9	17.9	48.9
7(0-5-3)	60.5	106.05	42.0	8.0	34.1
8(C+0-5-3)	63.3	111.64	41.1	7.7	37.8
9(C+0-0-0)	54.7	121.61	46.0	11.3	36.9
10(CK)(0-0-0)	51.2	111.22	38.8	6.9	32.8

2.3 不同施肥处理对水稻产量构成因子的影响

由表 4 可知,在株高上 100% 纳米施肥量处理的最高,平均株高 76.8 cm;其次为常规施肥处理,平均株高 76.0 cm,再次是 70% 氮量纳米施肥处理,平均株高 73.5 cm;在穗长上各施用氮肥处理差异不显著,100% 纳米施肥量处理穗长最长,平均穗长 14.8 cm,其次是常规施肥处理,平均穗长 14.7 cm;在分蘖数上,常规施肥,平均分蘖 25.2 个·穴⁻¹,其次是 100% 纳米施肥量,平均分蘖 24.3 个,70% 氮量纳米施肥处理和 70% 总量纳米施肥处理平均分蘖数分别为 20.8 和 19.0 个·穴⁻¹。

100% 纳米施肥量处理的穗粒数最多,达

77.3 粒·穗⁻¹,70% 总量纳米施肥处理平均穗粒数 72.8 粒·穗⁻¹,常规施肥平均穗粒数 72.1 粒·穗⁻¹。在千粒重上,在肥料减量条件下,各施用纳米碳的处理均比等养分的常规肥料处理重,常规施肥处理和 100% 纳米施肥量处理平均千粒重分别为 25.7 和 25.5 g。

表 4 不同施肥处理对水稻产量构成处理因子的影响

处理	株高 /cm	穗长 /cm	分蘖 /个·穴 ⁻¹	穗粒数 /粒·穗 ⁻¹	空秕率 /%	千粒重 /g
1(10-5-3)	76.0	14.7	25.2	72.1	17.50	25.7
2(C+10-5-3)	76.8	14.8	24.3	77.3	15.14	25.5
3(7-5-3)	72.5	14.6	18.8	57.7	15.42	22.2
4(C+7-5-3)	73.5	14.4	20.8	64.6	15.95	24.5
5(7-3.5-2.1)	73.0	14.5	17.9	64.9	13.47	23.7
6(C+7-3.5-2.1)	73.3	14.5	19.0	72.8	21.03	24.9
7(0-5-3)	64.5	13.4	8.3	65.1	24.39	21.5
8(C+0-5-3)	67.3	14.0	10.0	64.6	15.90	23.1
9(C+0-0-0)	57.7	12.3	12.3	46.3	14.75	20.5
10(CK)(0-0-0)	54.2	11.5	6.7	30.0	19.80	19.6

2.4 等量磷钾肥条件下纳米碳对水稻产量影响

由表 5 可知,在等量磷钾肥条件下,施氮量越高产量也越高,在等养分条件下各施用纳米碳处理产量均高于等氮量常规施肥处理,其中 100% 纳米施肥量处理比常规施肥处理增产 675 kg·hm⁻²,增产率 6.90%;70% 氮量纳米施肥处理比 70% 氮量常规施肥处理增产 990 kg·hm⁻²,增产率 11.85%,产量差异达到显著水平;“不施氮肥+纳米碳”处理比不施氮肥处理增产 960 kg·hm⁻²,增产率 16.54%,产量差异达到极显著水平。

2.5 70% 养分量条件下纳米碳对水稻产量影响

由表 6 可知,在 70% 养分量条件下,施用纳米碳处理产量增产 855 kg·hm⁻²,增产率 10.46%,产量差异达到显著水平。

2.6 不施氮条件下纳米碳对水稻产量的影响

由表 7 结果可以,在不施氮条件下,不施氮肥+纳米碳处理产量最高,平均单产量为 6 765 kg·hm⁻²,其次是单施纳米碳处理,平均单产为 6 015 kg·hm⁻²,比不施氮肥处理增产 210 kg·hm⁻²。单施纳米碳处理比空白处理增产 32.34%,表明纳米碳具有促进水稻生长的作用。

2.7 不同施肥处理对水稻氮肥利用率的影响

由表 8 可知,70% 氮量纳米施肥处理氮肥利用率最高,达 44.57%,其次是 100% 纳米施肥量处理,氮肥利用率 43.50%。70% 氮量常规施肥处理氮肥利用率 35.86%。常规施肥处理氮肥利用率最低,为 33.00%。

表 5 等量磷钾肥条件下纳米碳对水稻产量影响

处理	平均单产 /kg·hm ⁻²	比不施氮增产 /kg·hm ⁻²	增产率 /%	比 70%氮量增产 /kg·hm ⁻²	增产率 /%	比常规增产 /kg·hm ⁻²	增产率 /%
7(0-5-3)	5805eE	—	—	-2550	-30.50	-3975	-40.64
8(C+0-5-3)	6765dD	960	16.54	-1590	-19.00	-3015	-30.83
3(7-5-3)	8355cC	2250	43.93	—	—	-1425	-14.57
4(C+7-5-3)	9345bBC	3540	60.98	990	11.85	-435	-4.45
1(10-5-3)	9780abAB	3975	68.48	1425	17.06	—	—
2(C+10-5-3)	10455aA	4650	80.10	2100	22.47	675	6.90

表 6 70%养分量条件下纳米碳对水稻产量影响

处理	平均单产 /kg·hm ⁻²	比 70%养分量施肥增产 /kg·hm ⁻²	增产率 /%	比常规施肥增产 /kg·hm ⁻²	增产率 /%
5(7-3, 5-2, 1)	8175cB	—	—	-1605	-16.42
1(10-5-3)	9780aA	1605	19.63	—	—
6(C+7-3, 5-2, 1)	9030bAB	855	10.46	-750	-7.67

表 7 不施氮条件下纳米碳对水稻产量影响

处理	平均单产 /kg·hm ⁻²	比不施肥增产 /kg·hm ⁻²	增产率 /%	比不施氮肥增产 /kg·hm ⁻²	增产率 /%	比单施纳米 碳增产/kg·hm ⁻²	增产率 /%
10(CK)(0-0-0)	4545cC	—	—	-1260	-21.71	-1470	-24.44
9(C+0-0-0)	6015bAB	1470	32.34	210	3.61	—	—
7(0-5-3)	5805 bB	1260	27.72	—	—	-210	-3.49
8(C+0-5-3)	6765aA	2220	48.84	960	16.54	750	12.47

表 8 不同施肥处理对水稻氮肥利用率的影响

处理	籽粒吸收氮量 /kg·hm ⁻²	秸秆吸收氮量 /kg·hm ⁻²	植株总吸收氮量 /kg·hm ⁻²	氮肥施用量 /kg·hm ⁻²	氮肥利用率/%
7(0-5-3)	51.75	50.10	101.85	0	—
1(10-5-3)	75.45	75.90	151.35	150	33.00
2(C+10-5-3)	82.65	84.45	167.10	150	43.50
3(7-5-3)	67.65	71.85	139.50	105	35.86
4(C+7-5-3)	74.40	74.25	148.65	105	44.57

3 结论

单施纳米碳处理比空白处理增产32.34%，表明纳米碳具有促进水稻生长的作用。

在等量磷钾肥条件下，施氮量越高产量越高，在等养分条件下各施用纳米碳处理产量均高于等氮量常规施肥处理。在 70%养分量条件下，施用纳米碳处理比常规肥料增产 855 kg·hm⁻²，增产率 10.46%，产量差异达到显著水平。具体产量结果为，100%纳米施肥量处理>常规施肥处理>70%氮量纳米施肥处理>70%总量纳米施肥>70%氮量常规施肥处理>70%总量常规施肥>不施氮肥+纳米碳>纳米碳>不施氮肥>空白(CK)。

在等量磷钾肥条件下，70%氮量纳米施肥处理氮肥利用率最高，达 44.57%，比常规提高了 11.57 个百分点，其次是 100%纳米施肥量处理，比常规提高了 10.50 个百分点。

参考文献：

- [1] 方云,杨澄宇,陈明清,等.纳米技术与纳米材料(I)—纳米技术与纳米材料简介[J].日用化学工业,2003,33(1):55-59.
- [2] 刘键,张阳德,张志明.纳米增效肥料对冬小麦产量及品质影响的研究[J].安徽农业科学,2008,36(35):15578-15580.
- [3] 张夫道,赵秉强,张骏,等.纳米肥料研究进展与前景[J].植物营养与肥料学报,2002,8(2):254-255.
- [4] 黑龙江省统计局.黑龙江省统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2009.

Effect of Nano-fertilizers on Rice Growth

ZHANG Zhe¹, FAN Xi-fu², SUN Lei¹, CHEN Xue-li¹, LIU Yu-juan², ZHANG Ming²

(1. Soil Fertility and Environmental Resources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Heilongjiang key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Heilongjiang Seed Multiplication Farm, Suihua, Heilongjiang 152400)

Abstract: The application effect of Nano-fertilizers on rice growth by pot trials was studied. The results showed that Nano-carbon could improve rice growth, and yield order was C+10-5-3>10-5-3>C+7-5-3>C+7-3, 5-2, 1>7-5-3>7-3, 5-2, 1>C+0-5-3>C+0-0-0>0-5-3>0-0-0. Under the equal amount of phosphorus and potassium fertilizer, the fertilizer using efficiency of C+7-5-3 treatment increased 11.57% than that of 10-5-3 treatment.

Key words: nano-fertilizers; fertilizer using efficiency; yield