

木质素缓释肥不同用量及运筹方式对杂交晚稻产量及农艺性状的影响

薛占奎¹ 宋松² 陈永萍³ 施佳炜¹ 徐晶晶¹ 方莉¹ 胡谷琅^{1*}

(¹金华市农业技术推广站, 浙江 金华 321000; ²万里神农有限公司, 杭州 310021; ³金华市罗埠镇农业技术推广站, 浙江 金华 321000; 第一作者: zhankuix@163.com; * 通讯作者: 1245337600@qq.com)

摘 要:以籼粳杂交晚稻浙优 18 和甬优 9 号为试验材料, 研究了木质素缓释肥不同用量及运筹方式对杂交晚稻产量、农艺性状及氮肥农学效率的影响, 明确了木质素缓释肥适宜的施用量及运筹方式。结果表明, 木质素缓释肥能显著提高晚稻成穗率, 增加每穗实粒数和结实率。浙优 18 木质素缓释肥用量在 750~1 050 kg/hm² 时, 有利于提高肥料利用率, 实现有效穗数、每穗实粒数和千粒重的平衡, 促进高产群体的形成, 进而实现高产稳产。双季晚稻生产上施用木质素缓释肥可降低水稻安全齐穗风险, 与等养分常规肥料相比, 产量增加 3.00%; 木质素缓释肥施用 450 kg/hm² 加适量分蘖肥的处理, 在氮肥用量减少 26.75% 的情况下, 仍能实现高产稳产, 具有减氮、稳产和控污多重效果。

关键词:晚稻; 木质素缓释肥; 农艺性状; 氮肥农学效率; 产量

中图分类号: S511.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2018)02-0028-04

水稻是浙江省主要的粮食作物, 在高产目标驱使下化肥施用量不断增加, 化肥的大量使用确保了水稻持续稳定增产, 但也造成肥料利用率低、养分损失严重及环境污染等问题。如何在提高产量的同时提高肥料利用效率、减少肥料用量, 已引起了广泛重视。缓/控释肥根据作物的需肥规律释放养分, 一次性基施即可满足生产需要^[1-2], 可有效提高肥料利用率、减少人工投入成本, 减轻环境污染, 增加作物产量和品质, 被誉为 21 世纪肥料产业的方向^[3-5]。唐拴虎等^[6-7]研究发现, 一次性施用控释肥能显著提高水稻根系氮吸收能力, 提高养分利用率, 一次性基施 525~750 kg/hm² 即可满足水稻本田期对养分的需求, 产量比常规分次施肥平均增产 497.7 kg/hm², 增幅达 7.78%; 郑圣先等^[8-9]研究发现, 缓/控释肥提高了氮素利用率, 水稻每穗实粒数、千粒重等明显提高, 等氮处理下比常规施肥增产 7.06%。因此, 在保证水稻稳产增产的前提下, 通过施用缓释肥来提高肥料利用率, 减少化肥用量, 对水稻生产的可持续发展具有重要意义。

木质素缓释肥是采用高分子有机物木质素、纤维素等作为缓释载体, 在土壤微生物作用下能逐步分解为有机质, 改良土壤团粒结构和理化性质, 相比目前包膜型缓释材料可能存在的二次污染问题, 对土壤更友好。因此, 本试验通过设置不同施用量的木质素缓释肥及运筹方式来探究其对水稻生长发育、产量及氮吸收利用的影响, 以期提高肥料利用率, 降低因施肥造成的

面源污染, 为化肥“减量增效”及水稻绿色高产创建提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点及试验材料

试验于 2015-2016 年在金华市婺城区下杨村试验田进行。供试水稻品种为籼粳杂交晚稻浙优 18 和甬优 9 号。浙优 18 试验地土壤基础肥力为: 有机质 27.7 g/kg, 碱解氮 83.85 mg/kg, 有效磷 19.1 mg/kg, 速效钾 136.2 mg/kg, pH 值 6.2。甬优 9 号试验地土壤基础肥力为: 有机质 34.15 g/kg, 碱解氮 87.54 mg/kg, 有效磷 12.1 mg/kg, 速效钾 109.0 mg/kg, pH 值 4.93。供试肥料为欧润尼农业科技公司生产的水稻缓释专用肥(氮、磷、钾养分含量分别为 15%、4%、6%, 有机质含量 ≥ 20%)。

1.2 试验设计

1.2.1 木质素缓释肥施用量试验

根据木质素缓释肥用量的不同试验设 5 个处理: N0, 0 kg/hm²; N1, 450 kg/hm²; N2, 750 kg/hm²; N3, 1 050 kg/hm²; N4, 1 350 kg/hm²。试验采用随机区组设计, 每个处理 3 次重复, 共 15 个小区, 小区面积 50 m², 单季晚稻浙优 18 种植密度为 16.05 万/hm², 单本插种。试验于 5 月 16 日播种, 6 月 21 日移栽。各处理具体肥料运筹见表 1。

收稿日期: 2017-11-21

表 1 木质素缓释肥具体施用量及肥料运筹 (kg/hm²)

品种	处理	基肥	分蘖肥 1	分蘖肥 2
浙优 18	N0	不施肥		
	N1	木质素缓释肥 450		
	N2	木质素缓释肥 750		
	N3	木质素缓释肥 1 050		
	N4	木质素缓释肥 1 350		
甬优 9 号	F0	不施肥		
	F1	木质素缓释肥 750		
	F2	木质素缓释肥 450	尿素 130.5+氯化钾 69.0	
	F3	碳铵 450+过磷酸钙 300	尿素 150.0+氯化钾 112.5	尿素 63.0+氯化钾 37.5
	F4	碳铵 300+过磷酸钙 251	尿素 90.0+氯化钾 75.0	尿素 43.1

表 2 不同缓释肥施用量及运筹方式对杂交晚稻生育期的影响 (月-日)

品种	处理	播种期	栽插期	始穗期	齐穗期
浙优 18	N0	05-16	06-21	09-01	09-05
	N1	05-16	06-21	09-01	09-05
	N2	05-16	06-21	09-01	09-05
	N3	05-16	06-21	09-01	09-05
	N4	05-16	06-21	09-02	09-06
甬优 9 号	F0	06-25	07-27	09-16	09-19
	F1	06-25	07-27	09-17	09-20
	F2	06-25	07-27	09-18	09-21
	F3	06-25	07-27	09-19	09-22
	F4	06-25	07-27	09-18	09-21

1.2.2 木质素缓释肥运筹试验

试验设 5 个大区处理,分别为:F0,不施肥;F1,木质素缓释肥;F2,木质素缓释肥+分蘖肥;F3,水稻常规施肥;F4,与 F2 等养分的常规施肥。每个小区面积 300 m²,未设重复。双季晚稻甬优 9 号种植密度 16.22 万/hm²,双本插种,6 月 19 日播种,7 月 25 日移栽。各小区独立排灌,防水肥串流,其他田间管理按高产栽培要求进行。各处理具体肥料运筹见表 1。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤理化性质

土壤肥力水平参照《土壤农化分析》测定。

1.3.2 群体生长动态

单季晚稻移栽时每个小区定位 1 个观测点,双季晚稻每小区设 2 个观测点,每点均 20 丛秧苗,每 7 d 观测 1 次苗情动态。

1.3.3 群体产量构成及产量

成熟期每个小区取样 5 丛,考察株高、平均穗长、每穗总粒数、每穗实粒数、千粒重、结实率等。去除 2 边行,每小区全部收割后测产,晒干换算成标准含水量后计算产量。

1.3.4 数据处理

采用 Excel 和 DPS 3.01 软件进行数据统计分析。氮肥农学效率 (kg/kg)=(施氮区产量-空白区产量)/施氮量。

2 结果与分析

2.1 对杂交晚稻生育期的影响

从表 2 可知,单季晚稻的始穗期、齐穗期在不同肥料用量处理下差异不明显,始穗期、齐穗期除在 N4 处理时推迟 1 d 外,其他处理均无明显差异;双季晚稻始穗期、齐穗期 F1 处理比 F3 处理和 F2 处理提早 1~2 d,而 F2 处理比 F3 处理提前 1 d,这对于面临安全齐穗风险的双季晚稻来说,施用木质素缓释肥有利于实现提早齐穗,降低不能安全齐穗造成的减产风险。

2.2 对杂交晚稻分蘖动态的影响

由表 3 可知,浙优 18 的最高分蘖数随着肥料用量的增加呈增加趋势,而有效穗数却呈先增加后下降趋势,表现为 N3>N4>N2>N1>N0,N3 与 N4 处理间差异未达显著水平,但与其他处理均达到显著水平。成穗率以 N3 处理最高,为 68.44%,N2 次之,为 67.84%。双季晚稻上 F1 处理与 F4 处理相比,虽然最高分蘖数下降,但有效穗数增加,成穗率也明显高于 F4 处理;最高分蘖数、有效穗数均以 F3 处理最高,F2 处理次之,但成穗率 F2 处理要明显高于 F3 处理,这可能与常规施肥养分前期充足导致大量分蘖的发生,而后期供肥不足造成一部分弱勢蘖和无效分蘖有关;也说明基施木质素缓释肥基础上追加适量分蘖肥,有利于优化水稻群体结构,改善中后期群体光照条件,促进适宜有效穗数的形成。

2.3 对杂交晚稻产量构成因素的影响

由表 4 可知,浙优 18 每穗总粒数随着缓释肥用量的增加呈先增加后降低的趋势,以 N3 处理最高;但每穗实粒数、结实率均以 N2 处理最高,分别表现为 N2>

表 3 不同缓释肥施用量及运筹方式对杂交晚稻分蘖动态的影响

品种	处理	群体茎蘖动态(万/hm ²)							有效穗数 (万/hm ²)	成穗率 (%)
		06-28	07-05	07-10	07-15	07-20	07-25	08-02		
浙优 18	N0	56.38	149.34	171.43	190.48	227.22	217.91	193.53	154.05 d	67.80 a
	N1	90.67	160.01	183.62	198.86	252.96	248.39	240.01	165.90 c	65.58 b
	N2	82.29	166.10	192.01	217.15	261.34	256.77	252.96	177.34 b	67.84 a
	N3	90.67	173.72	193.53	222.48	271.34	265.91	256.01	185.70 a	68.44 a
	N4	95.24	174.48	195.82	215.63	255.90	278.20	248.67	182.72 ab	65.69 b
甬优 9 号	处理	08-01	08-08	08-15	08-22	08-29				
	F0	89.18	184.85	213.23	222.96	200.26			162.15	72.73
	F1	82.70	201.07	248.90	257.82	233.50			199.98	77.57
	F2	98.91	245.66	308.09	310.52	292.68			240.79	77.55
	F3	84.32	242.41	304.03	340.79	325.11			250.52	73.51
	F4	90.80	244.85	269.98	273.22	263.49			192.15	70.33

表 4 不同缓释肥施用量及运筹方式对杂交晚稻产量及产量构成因子的影响

品种	处理	株高 (cm)	穗长 (cm)	每穗总粒数 (粒)	每穗实粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	比对照
浙优 18	N0	116.0 b	20.23 a	307.62 b	255.85 c	83.17 a	24.02 a	8 682.0 c	-
	N1	122.5 a	20.46 a	324.96 ab	267.86 b	82.43 a	23.31 b	9 766.5 b	12.49 c
	N2	123.7 a	21.37 a	342.95 a	283.05 a	82.53 a	23.97 a	10 818.0 a	24.60 a
	N3	123.1 a	20.80 a	343.12 a	279.95 a	81.59 a	23.93 a	10 764.0 a	23.98 a
	N4	124.0 a	20.71 a	333.28 ab	270.47 b	81.15 a	24.04 a	10 471.5 a	20.61 b
甬优 9 号	F0	91.5	18.09	155.71	105.05	67.47	27.32	5 908.99	-
	F1	97.0	18.72	175.95	116.55	66.24	27.98	6 980.49	18.13
	F2	96.7	19.65	176.62	121.34	68.70	27.74	7 079.48	19.81
	F3	103.5	20.23	185.45	115.30	62.17	28.00	7 057.19	19.43
	F4	102.0	18.47	183.34	110.95	60.52	26.99	6 777.00	14.69

同列数据后跟小写字母表示 5 % 差异显著性。下同。

N3>N4>N1 和 N2>N1>N3>N4,且每穗实粒数 N2 与 N3 处理差异不显著,但与其他处理差异显著。可见,缓释肥用量在 750 kg/hm² 时可以满足浙优 18 后期生长对养分的需求,有利于大穗的形成。甬优 9 号每穗总粒数以 F3 处理最高,但每穗实粒数、结实率均以 F2 处理最高,表现为 F2>F1>F3>F4。说明木质素缓释肥+分蘖肥处理能促进抽穗至成熟期的群体干物质积累,提高每穗实粒数及结实率,进而促进产量提高。

合理施肥可以提高水稻光合生产能力,促进干物质积累,有利于提高产量^[10]。从表 4 可见,浙优 18 产量随着木质素缓释肥施用量的增加呈先增加后减少的趋势,以 N2 处理最高,达 10 818.0 kg/hm²,与 N0 处理相比产量提高 24.60%;N3 处理次之,且 N2 处理产量与 N3、N4 处理间差异不显著,但与 N1 处理差异达显著水平。双季晚稻甬优 9 号在等养分情况下,F1 处理要比 F4 处理增产 3.00%;F2 处理在氮肥用量减少 26.75% 的情况下,产量比传统常规施肥处理(F3)还增产 0.32%。

2.4 对杂交晚稻氮肥农学效率的影响

氮肥农学效率一般用来反映在基础肥力上施肥的

增产作用,调查结果表明,单季晚稻木质素缓释肥氮肥农学效率在 N2 处理时最高,达到 18.99 kg/kg,且与 N3 处理(13.22 kg/kg)、N4 处理(8.84 kg/kg)达到显著差异,与 N1 处理(16.07 kg/kg)差异未达显著水平,与产量变化趋势基本一致;而在双季晚稻上,F1 处理氮肥农学效率最高,达到 9.52 kg/kg,F2 处理(9.16 kg/kg)略低于 F1 处理,F4 处理为 7.72 kg/kg,F3 处理(6.58 kg/kg)最低。说明木质素缓释肥有利于提高肥料利用率,在实现水稻稳产甚至增产的情况下,有利于减少因过度施肥导致的面源污染。

3 讨论

水稻生产中在保证足够有效穗数的基础上,提高千粒重和结实率是实现高产的重要途径。不同类型缓控释肥及施肥方式对水稻分蘖数、产量及产量构成因素的影响不同。唐拴虎等^[11-12]研究指出,植物素包膜控释肥及包膜尿素复混肥可提高成穗率、实粒数,而聚合物包膜及未包膜型控释肥因前期养分释放过于缓慢限制了分蘖增长和穗发育,导致穗数、实粒数减少,且一次性基施可明显提高产量。但邢晓鸣等^[13]研究表明,缓

控释掺混肥较单一一种类的缓/控释肥(即树脂尿素或硫包衣尿素)能增加水稻有效穗数,一基一蘖施肥方式优于一次性施肥处理;且等氮量条件下缓释肥可增加机插稻的分蘖数、有效穗数,但成穗率降低,后期追施速效氮肥增产效果更显著^[14]。本试验研究表明,浙优18在施用木质素缓释肥750~1 050 kg/hm²时有利于群体结构的合理发展,提高成穗率,实现有效穗数、每穗实粒数及千粒重的协调,进而促进产量提高,这也与张小翠等的研究结果一致^[15-16];双季晚稻上木质素缓释肥750 kg/hm²的用量比等养分的常规施肥可增产3.00%左右,且减少了劳动投入,降低了生产成本;而在基施450 kg/hm²木质素缓释肥基础上追施适量分蘖肥,在减氮26.75%情况下,产量仍比常规施肥高0.32%,说明该肥料运筹方式可提高肥料利用率,优化群体结构,提高每穗实粒数和结实率,促进壮秆大穗以及高产群体的形成,进而促进产量提高。

4 小结

木质素缓释肥提高了肥料利用率,优化了水稻群体结构,降低了肥料用量及劳动强度。根据田间地力情况,中高产田单季晚稻木质素缓释肥用量以750~1 050 kg/hm²比较适宜。双季晚稻基施750 kg/hm²的木质素缓释肥比等养分的常规施肥增产3.00%左右,而基施450 kg/hm²木质素缓释肥并追施适量分蘖肥可在减少26.75%氮肥用量情况下,仍能实现高产稳产,大大降低因过量施肥对环境产生的污染,具有减氮、稳产和控污的多重效果。

参考文献

- [1] 樊小林,刘芳,廖照源,等.我国控释肥料研究的现状和展望[J].植物营养与肥料学报,2009,15(2):463-473.
- [2] 陈建生,徐培智,唐拴虎,等.一次基施水稻控释肥技术的养分利用率及增产效果[J].应用生态学报,2005,16(10):1 868-1 871.
- [3] 杜建军,毋永龙,田吉林,等.控/缓释肥料减少氮挥发和氮淋溶的效果研究[J].水土保持学报,2007,21(2):49-52.
- [4] 纪雄辉,郑圣先,聂军,等.稻田土壤上控释氮肥的氮素利用率与硝态氮的淋溶损失[J].土壤通报,2007,38(3):467-471.
- [5] 郑圣先,刘德林,聂军,等.控释氮肥在淹水稻田土壤上的去向及利用率[J].植物营养与肥料学报,2004,10(2):137-142.
- [6] 唐拴虎,徐培智,陈建生,等.一次性施用控释肥对水稻根系活力及养分吸收特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(4):591-596.
- [7] 徐培智,郑惠典,张育灿,等.水稻缓释控释肥的增产效应与环保效应[J].生态环境,2004,13(2):227-229.
- [8] 郑圣先,聂军,熊金英,等.控释肥料提高氮素利用率的作用及对水稻效应的研究[J].植物营养与肥料学报,2001,7(1):11-16.
- [9] 诸海焘,朱恩,余廷园,等.水稻专用缓释复合配方肥增产效果研究[J].中国农学通报,2014,30(3):56-60.
- [10] 张均华,刘建立,张佳宝,等.施氮量对稻麦干物质转运与氮肥利用的影响[J].作物学报,2010,36(10):1 736-1 742.
- [11] 唐拴虎,谢春生,陈建生,等.水稻施用控释肥料生长效应研究[J].中国农学通报,2004,20(2):149-151.
- [12] 黄旭,唐拴虎,徐培智,等.一次性施用控释肥料对超级稻生长及产量的影响[J].广东农业科学,2006(9):17-19.
- [13] 邢晓鸣,李小春,丁艳峰,等.缓/控释肥组配对机插常规粳稻群体物质生产和产量的影响[J].中国农业科学,2015,48(24):4 892-4 902.
- [14] 赵胜利,周凯,黄卫群,等.缓释肥对机插稻生长发育及产量的影响[J].中国稻米,2015,21(6):91-93.
- [15] 张小翠,戴其根,胡星星,等.不同质地土壤下缓释尿素与常规尿素配施对水稻产量及其生长发育的影响[J].作物学报,2012,38(8):1 494-1 503.

Effects of Lignin Slow Release Fertilizer Application Rate and Management on Agronomic Traits and Yield of Hybrid Late Rice

XUE Zhankui¹, SONG Song², CHEN Yongping³, SHI Jiawei¹, XU Jingjing¹, FANG Li¹, HU Gulang^{1*}

(¹ Agricultural Technology Extension Station of Jinhua City, Jinhua, Zhejiang 321000, China; ² Wanli Shennong Co. Ltd, Hangzhou 310021, China; ³ Agricultural Technology Extension Station of Luobu Town, Jinhua, Zhejiang 321000, China; 1st author: zhankuix@163.com; *Corresponding author: 1245337600@qq.com)

Abstract: The experiment was carried out to investigate the effects of lignin slow release fertilizer application rate and fertilizer management on yield, agronomic traits and N agronomic efficiency of late hybrid rice, and clarify the appropriate fertilizer amount and management of fertilizer. The results showed that the productive tiller percentage was increased significantly, filled grain numbers per panicle and seed setting rate were increased when the Lignin slow-release fertilizer was used in late rice. Lignin slow release fertilizer improved the N use efficiency at the application rates of 750~1 050 kg/hm². Besides, lignin slow release fertilizer had the advantages to maintain adequate effective panicle number, filled grain numbers per panicle and 1 000-grain weight and promote the formation of high yield population. Lignin slow release fertilizer decreased the risk of being unable to full heading in double late rice and increased the grain yield by 3.00% comparing with the equal nutrient conventional fertilization. Compared with the conventional fertilization, the yield of using lignin slow release fertilizer and tillering fertilizer treatment remained stable and high yield under the nitrogen fertilizer application reduced by 26.75%.

Key words: late hybrid rice; lignin slow release fertilizer; agronomic traits; N agronomic efficiency; yield