

周新伟,邱业先,沈明星,等. 茶多酚与尿素配合施用对水稻产量及土壤氮含量的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):52-54.

茶多酚与尿素配合施用对水稻产量及土壤氮含量的影响

周新伟¹, 邱业先², 沈明星¹, 朱兴连¹, 陆长婴¹, 王海侯¹, 施林林¹, 陈凤生¹

(江苏太湖地区农业科学研究所/农业部苏州水稻土生态环境重点野外科学观测试验站,江苏苏州 215155;

2. 苏州科技学院,江苏苏州 215011)

摘要:研究了脲酶抑制剂茶多酚对水稻产量及氮肥农学利用率的影响。以水稻为供试作物,采用田间小区试验,研究了茶多酚与尿素配合施用,对水稻产量、氮肥农学利用率及土壤氮素含量的影响。茶多酚加入含尿素的土壤后可抑制尿素迅速水解的速度。相同茶多酚 3 750 g/hm² 与不同量尿素配合施用对水稻产量及氮肥农学利用率的影响不同,与不施茶多酚、施氮量 300.0 kg/hm² 的常规处理相比,施用茶多酚 3 750 g/hm² 后减施尿素氮 37.5%、25% 仍可提高水稻产量 7.46%、7.73%,茶多酚施用 3 750 g/hm² 配合施氮 225 kg/hm² 产量最高。茶多酚不同施用量与施用方法对水稻产量、氮肥农学利用率的影响不大,但茶多酚延迟于尿素 2 d 施用能促进穗数、千粒重、成穗率的提高。脲酶抑制剂茶多酚具有提高水稻氮肥农学利用率、节省化肥的作用,并与尿素施用量有关,低施氮量的效果优于高施氮量。

关键词:茶多酚;脲酶抑制剂;水稻;产量;氮

中图分类号:S511.06

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2013)12-0052-03

尿素是中国施用最多的一种氮肥,每年施用量占中国化学氮肥的 50% 以上。然而,尿素施入土壤后,经土壤脲酶的作用,易被水解,造成 NH₃ 的挥发,带来巨大的经济损失和环境污染。脲酶抑制剂通过延缓尿素的水解,延长施肥点处尿素

的扩散时间,降低了土壤溶液中 NH₄⁺ 和 NH₃ 的浓度,能够减少氨的挥发损失^[1]。目前脲酶抑制剂的种类已经有 100 多种,包括脲类、酰胺类、多元酸、多元酚、腐殖酸、甲醛等。应用较为广泛的是 N-正丁基硫代磷酰三胺(NBPT)和氢醌(HQ),NBPT 在碱性土壤、通气性较好的条件下对 NH₃ 的挥发损失抑制较好,HQ 不仅能够延缓尿素的水解,进而减少 NH₃ 的挥发,更重要的是影响了尿素水解产物的进一步转化^[2],由于 HQ 的价格比较昂贵,影响了其在农业生产上使用^[3-5]。重金属 Hg 和 Ag 的碘盐被证实也是比较有效的脲酶抑制剂,但由于重金属对农田会造成污染,因而不适宜在农业生产上使用。近年,邱业先等研究发现茶多酚具有较高的抑制稻田脲酶活性的作用^[6],并且茶多酚为天然植物产品,没有对环境的污染问题。

收稿日期:2013-05-14

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2010388);江苏省苏州市科技支撑计划社会发展项目(编号:SS201025)。

作者简介:周新伟(1971—),男,江苏苏州人,副研究员,主要从事农业资源与环境研究。Tel:(0512)65385097;E-mail:zxw0512@163.com。

通信作者:邱业先,博士,教授,主要从事蛋白质和酶研究。E-mail:qyx542@163.com。

[8] Zhao F Y, Han M M, Zhang S Y, et al. Hydrogen peroxide-mediated growth of the root system occurs via auxin signaling modification and variations in the expression of cell-cycle genes in rice seedlings exposed to cadmium stress[J]. Journal of Integrative Plant Biology 2012, 54(12): 991-1006.

[9] 韩明明,胡凡,王凯,等. 不同外源生长素对镉胁迫水稻根系生长的影响[J]. 农业科学与技术,2010,11(7):45-48.

[10] 艾伦弘,汪模辉,李鉴伦,等. 镉及镉锌交互作用的植物效应[J]. 广东微量元素科学,2005,12(12):6-11.

[11] Aravind P, Prasad M N V, Malec P, et al. Zinc protects *Ceratophyllum demersum* L. (free-floating hydrophyte) against reactive oxygen species induced by cadmium[J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2009, 23(1): 50-60.

[12] Aravind P, Prasad M N V. Zinc alleviates cadmium-induced oxidative stress in *Ceratophyllum demersum* L.: a free floating freshwater macrophyte[J]. Plant Physiol Biochem, 2003, 41: 391-397.

[13] Köleli N, Eker S, Cakmak I. Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread wheat grown in zinc-deficient soil[J]. Environ Pollut, 2004, 131(3): 453-459.

[14] 胡凡,徐忠俊,韩明明,等. 转基因水稻抗坏血酸-谷胱甘肽循环系统对镉锌互作的应答[J]. 种子,2010,29(8):6-10.

[15] Rao M V, Paliyath G, Ormrod D P, et al. Influence of salicylic acid on H₂O₂ production, oxidative stress, and H₂O₂-metabolizing enzymes[J]. Plant Physiol, 1997, 115(1): 137-149.

[16] Zhao F Y, Wang X Y, Zhao Y X, et al. Transferring the *Suaeda salsa* glutathione S-transferase and catalase genes enhances low temperature stress resistance in transgenic rice seedlings[J]. J Plant Physiol Mol Biol, 2006, 32(2): 231-238.

[17] Zhao F Y, Hu F, Zhang S Y, et al. MAPKs regulate root growth by influencing auxin signaling and cell cycle-related gene expression in cadmium-stressed rice[J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2013, 20(8): 5449-5460.

[18] Petersson S V, Johansson A I, Kowalczyk M, et al. An auxin gradient and maximum in the *Arabidopsis* root apex shown by high-resolution cell-specific analysis of IAA distribution and synthesis[J]. Plant Cell, 2009, 21(6): 1659-1668.

[19] 任静,冯婷婷,陈振华,等. 超氧阴离子对水稻根系生长和生长素分布的影响[J]. 农业科学与技术,2012,13(8):41-43,49.

研究表明,影响脲酶活性的因素包括土壤 pH 值、水分状况、通气条件、加入有机物质以及尿素浓度等,脲酶抑制剂效果在很大程度上与那些对脲酶活性有影响的土壤因素有关,不同脲酶抑制剂对不同环境条件反应也不同^[7]。

众多学者对于茶多酚土壤应用研究主要在抑制脲酶活性、土壤硝化作用等方面^[6-9],少有对农作物产量效应的研究,本研究以笔者在水稻大田期采用茶多酚与尿素配合施用对水稻产量及土壤含氮量的影响,以明确茶多酚在实际生产中的应用效果。

1 材料与方法

试验于 2010—2012 年在江苏太湖地区农业科学研究所试验田及实验室进行。试验田土壤为黄壤土,肥力中等偏上,前茬为小麦。

1.1 材料

茶多酚,含量为 50%,购自江苏省无锡市世纪生物药业有限公司。供试土壤为黄壤土,肥力中等,含全氮 1.75 g/kg,碱解氮 190.3 mg/kg,速效磷 24.7 mg/kg,速效钾 95.5 mg/kg,有机质 31.03 g/kg。供试肥料尿素含氮量 46%,氯化钾含钾量 60%。

1.2 试验设计与方法

1.2.1 培养试验 取供试水稻田土壤,去除土壤中的植物残体、土壤动物、碎石等,经自然风干,研磨过 2 mm 孔径筛,每 700 g 土壤中添加尿素 0.272 g,混合均匀制成 1 份培养土,每份培养土分别置于 9 个 1 000 mL 烧杯中,试验按每份培养土中茶多酚添加量(0.016、0.031、0 g)设 3 个处理,每处理 3 个重复。加水并搅拌均匀,含水率均达 40%,所有处理置光照培养箱内,在温度 28 ℃、相对湿度 90% 条件下培育,第 2 天起取样测定,每次取样前搅拌均匀。每天取样 1 次,共取样 7 d。每次取样前将土壤与水混合均匀,分别称取 10 g 泥浆用于分析铵态氮,测定方法采用土壤常规分析方法^[10]进行。

1.2.2 田间试验

(1)不同施氮量。采用单因素随机区组设计,设相同茶多酚施用量 3 750 g/hm² 条件下,不同施氮量的处理即纯氮 187.5、225.0、262.5、300.0、337.5 kg/hm²,另设施氮量 300.0 kg/hm² (不施茶多酚,对照)、施氮量 0 kg/hm² (无肥),共 7 个处理,每处理 3 次重复,共 21 个试验小区,小区面积 30 m²。水稻品种为杂交粳稻常优 3 号,2011 年 5 月 12 日播种,6 月 10 日移栽,栽插行株距为 30 cm × 13.3 cm。全生育期氮肥全部采用尿素,分基肥、分蘖肥、长粗肥 3 次施用,分配比例为 0.42 : 0.28 : 0.30。各处理不施磷肥,全生育期施 K₂O 150 kg/hm²,随基肥与长粗肥分 2 次均等施用。茶多酚、氢醌的施用方法是按氮肥各次施用比例分别溶解于水中泼浇,使用前将茶多酚溶解成 0.047%、氢醌溶解成 0.0378%。

(2)相同施氮量。试验在相同施氮量 376 kg/hm² 条件下设茶多酚施用量和施用时间 2 个因素,茶多酚施用量设 4 个水平,分别为 0、3 750、7 500、15 000 g/hm²;施用时间 3 种,分别为在尿素施用前 2 d 施用、与尿素同时施用、在尿素施用后 2 d 施用,每处理 3 次重复,随机区组排列。各处理整个生育期氮肥均为尿素,磷肥、钾肥施用量、施用方法、茶多酚施用方式、水稻栽培管理与不同施氮量试验一致。

1.3 采样及测定

田间试验中记载各处理茎蘖动态,调查高峰苗;普查齐穗期和成熟期茎蘖数(穗数),成熟期测定产量构成和实际产量。氮肥农学利用效率(kg/kg) = (施氮处理产量 - 不施氮处理产量) / 施氮量。

1.4 数据处理

用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据处理和作图,用 SPSS 18.0 统计分析软件进行数据差异性检验(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 培养试验

不同用量的茶多酚对土壤影响试验结果见图 1。培养前 3 d 内各处理氨态氮含量差异不大,处理间差异不显著,第 4 天起不同处理间有差异,茶多酚处理使土壤氨态氮含量降低,而且茶多酚加入量越大,氨态氮含量越低。方差分析结果,茶多酚添加 0.016 g 处理,除培养 4 d 外,5~7 d 氨态氮含量与无茶多酚处理间差异不显著,而茶多酚 0.031 g 处理,培养 4~7 d 的氨态氮含量与无茶多酚、茶多酚 0.016 g 处理间差异显著。由于尿素在施入土壤后,在土壤脲酶的作用下,极易在较短的时间内水解成 NH₄⁺,进而再通过 NH₃ 挥发^[7]。茶多酚抑制了尿素快速水解速度,延缓了尿素的有效利用时间,与邱业先等报道的结果^[8]一致。

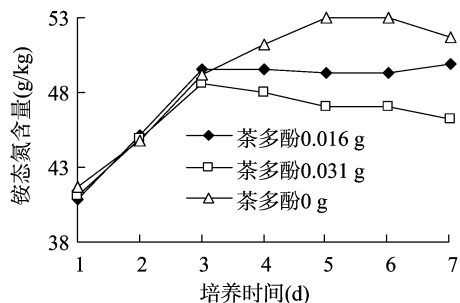


图1 不同用量茶多酚对土壤氨态氮含量的影响

2.2 茶多酚施用对水稻产量及氮肥农学利用率的影响

2.2.1 不同施氮量 相同茶多酚施用量 3 750 g/hm² 与不同施氮量配合施用的试验结果(表 1)表明,施氮量为 187.5、225.0 kg/hm² 2 个低施氮量处理的产量最高,较对照分别增产 7.46%、7.73%,差异显著,较高施氮量的 3 个处理较对照增产幅度不大,差异不显著,不同处理中施氮量 225.0 kg/hm² 产量最高。施用茶多酚 3 750 g/hm² 后,施氮量较低的产量高,而施氮量高的则产量较低,从最优施肥处理可见,施用茶多酚后减施氮肥 25%、37.5% 仍可较常规不施茶多酚处理增产 7.73%、7.46%。氮肥利用效率与产量效应呈相同趋势,施用茶多酚后减施氮肥提高了氮肥利用率。对茶多酚配合不同施氮量处理的产量进行回归分析,得到产量与施氮量之间符合一元三次曲线方程 $y = 710.609 - 10.514x + 0.000x^2 + 0.007x^3$ ($r^2 = 0.798, P = 0.202$)。“S”形曲线显示产量随施氮量的增加而呈下降趋势,但各处理间差异不显著。分析不同处理的产量结构,不同施氮量处理与对照的穗数、成穗率、千粒重间差异不显著,但施氮量较低的 187.5、225.0 kg/hm² 2 个处理每穗实粒数显著高于对照,表明茶多酚与较低施氮量配施促进了穗粒数增加,即穗数、结实率基本不变的前提下,促进了大穗形成,提高了水稻产量。

表 1 相同茶多酚施用量与不同施氮量配合施用对水稻产量及氮肥农学利用率的影响

处理	高峰苗 (万/hm ²)	穗数 (万/hm ²)	成穗率 (%)	实粒数 (粒/穗)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	氮肥农学利用率 (kg/kg)
茶多酚 + N 187.5 kg/hm ²	300.0bc	230.25aA	77.01aA	156.0aA	27.4bB	8 823.75aA	8.32aA
茶多酚 + N 225.0 kg/hm ²	314.8ab	231.60aA	73.70abA	141.6aA	27.2bcB	8 845.95aA	7.03aAB
茶多酚 + N 262.5 kg/hm ²	316.4ab	230.10aA	72.80abA	143.7abA	27.1bcB	8 409.75abA	4.37bBC
茶多酚 + N 300.0 kg/hm ²	322.8ab	230.70aA	71.67abA	138.9abA	27.0bcB	8 326.50abA	3.54bC
茶多酚 + N 337.5 kg/hm ²	346.0a	244.65aA	70.98abA	147.7abA	27.0bcB	8 408.40abA	3.39bC
N 300.0 kg/hm ² (对照)	308.0ab	237.00aA	72.59abA	136.4bA	27.0bcB	8 211.15bA	3.16bC
无肥	328.0c	159.30bB	60.56bA	175.6cB	28.4aA	7 263.90cB	

注:同列数字后小写、大写字母不同者分别表示差异显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)。表 2 同。

2.2.2 相同施氮量 茶多酚不同施用量与施用方法对水稻产量有影响,施氮量较高,均为 376 kg/hm² 时,茶多酚施用与否、3 种不同用量处理间、不同施用时间处理间的水稻产量、氮肥农学利用效率的差异均不显著(表 2),茶多酚用量与施用时间

间不存在互作。茶多酚不同用量对产量构成因素有效穗数、每穗实粒数、千粒重等的影响均不大;茶多酚与氮肥同时施用、晚于氮肥 2 d 施用的穗数、千粒重显著高于提前 2 d 施用的,茶多酚延迟 2 d 施用的成穗率也显著高于其他 2 种施用方法。

表 2 相同施氮量配合茶多酚不同施用量与施用时间对水稻产量的影响

类别	处理	有效穗 (万/hm ²)	成穗率 (%)	每穗实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	氮肥农学利用率 (kg/kg)
茶多酚用量	0 g/hm ²	276.3aA	73.7aA	110.3aA	82.3aA	29.5aA	8 881.0aA	8.47aA
	3 750 g/hm ²	283.6aA	79.1aA	110.5aA	79.2abA	29.4aA	9 066.7aA	9.14aA
	7 500 g/hm ²	274.6aA	74.6aA	113.5aA	79.2abA	29.5aA	9 014.3aA	8.95aA
	15 000 g/hm ²	273.0aA	75.1aA	115.5aA	80.0abA	29.5aA	8 882.6aA	8.48aA
施用时间	提前 2 d 施用	264.9aA	72.7aA	109.5aA	78.6aA	29.3aA	8 942.9aA	9.48aA
	同时施用	270.6aA	74.1aA	113.1aA	80.5aA	29.6bA	8 955.6aA	8.80aA
	延迟 2 d 施用	295.7bB	82.0bA	116.8aA	79.3aA	29.5bA	9 065.1aA	8.29aA

3 讨论与结论

茶多酚与不同量尿素配合施用对水稻产量及氮肥农学利用率的影响不同,施氮量较高 262.5、300.0、337.5 kg/hm² 情况下施用茶多酚,对水稻产量及氮肥农学利用率的提高不大,而茶多酚分别配合较低用量尿素氮 187.5、225.0 kg/hm² 施用明显提高了产量与氮肥利用率。茶多酚施用 3 750 g/hm² 配合施氮 225.0 kg/hm² 产量最高,不仅较常规生产节省化肥 25%,并可增产 7.73%。在较高施氮量 376 kg/hm² 情况下,茶多酚不同施用量与施用时间对水稻产量、氮肥农学利用率的影响不大,但茶多酚延迟于尿素 2 d 施用能促进穗数、千粒重、成穗率的提高。

邱业先等研究发现茶多酚具有较强的抑制脲酶的作用,并随着浓度的增大抑制作用增强^[6],本试验的室内培养试验结果,茶多酚加入含尿素的土壤后,茶多酚加入量较多处理在 5~7 d 内氨态氮含量低于加入量较少的处理,可能是茶多酚抑制了尿素快速水解。本试验中没有发现大田内水稻土壤氨态氮含量明显变化,可能与茶多酚的设计用量或农田土壤环境有关。茶多酚与较低施氮量配合施用提高产量及氮肥利用率的原因,以及影响茶多酚抑制脲酶能力的环境因素,还有待于进一步研究阐明。

参考文献:

[1] 闫 湘,金继运,何 萍,等. 提高肥料利用率技术研究进展[J]. 中国农业科学,2008,41(2):450-459.

[2] Wakabayashi S, Matsubara H, Webster D A. Primary sequence of a dimeric bacterial haemoglobin from *Vitreoscilla*[J]. Nature,1986,322(6078):481-483.

[3] 余光辉,张杨珠. 三种硝化抑制剂对小白菜产量及品质的影响[J]. 土壤通报,2006,37(4):737-740.

[4] 王玉峰. 氢醌在玉米上应用效果的研究[J]. 玉米科学,2002,10(2):90-92.

[5] 李晓鸣. 氢醌在小麦吸收利用氮素中的作用[J]. 黑龙江农业科学,2002(4):4-6.

[6] 邱业先,汪金莲,陈尚妍,等. 茶多酚抑制红壤稻田脲酶及其对水稻生长的影响[J]. 土壤学报,2003,40(3):460-464.

[7] 王小彬, Bailey L D, Grallt C A, et al. 关于几种土壤脲酶抑制剂的作用条件[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(3):211-218.

[8] 邱业先,汪金莲,陈尚妍,等. 茶多酚对产脲酶菌生长和脲酶分泌的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(1):119-121.

[9] 彭 仁,郭圣茂,孙志云. 茶多酚对土壤硝化作用的影响研究[J]. 中国土壤与肥料,2008(4):50-52.

[10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.