

新型脲醛液体缓释肥的合成及对 大白菜、茄子和西红柿产量的影响

燕子红¹, 赵彦梁¹, 范东升¹, 苗志伟^{1,2*}

(1.喀什大学化学与环境科学学院, 新疆 喀什 844006;

2.南开大学化学学院, 元素有机化学国家重点实验室, 天津 300071)

摘要:合成了新型脲醛液体缓释肥,并在大白菜、茄子和西红柿上开展了脲醛液体缓释肥应用肥效实验。研究表明,施用脲醛缓释肥可以提高大白菜总产量和单颗重,产量增幅为 10.66%;显著提高茄子产量和株高,产量增幅为 25.93%,平均株高增加 6.85 cm;显著提高西红柿产量和株高,产量增幅为 40.70%,平均株高增加 11.88 cm;同时可以减少施肥次数,提高肥料利用率。

关键词:脲醛缓释肥;液体肥料;蔬菜;产量

中图分类号:TH3

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2021)S-0237-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2021.S.048

Synthesis of a new liquid urea-formaldehyde slow-release fertilizer and its effect on yield of Chinese cabbage, eggplant and tomato

YAN Zi-hong¹, ZHAO Yan-liang¹, FAN Dong-sheng¹, MIAO Zhi-wei^{1,2*}

(1.College of Chemistry and Environmental Sciences, Kashi University, Kashi 844006, China; 2.State Key Laboratory of Elemento-Organic Chemistry, College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: A new type of liquid urea-formaldehyde slow-release fertilizer is synthesized, and its effect is evaluated on Chinese cabbage, eggplant and tomato. Results indicate that the new liquid urea-formaldehyde slow-release fertilizer can significantly increase the yield of Chinese cabbage, eggplant and tomato, and improve the plant height, fruit weight and other agronomic traits. The new liquid urea-formaldehyde slow-release fertilizer can increase the total yield and single head weight of Chinese cabbage by 10.66%, increase the yield and average plant height of eggplant by 25.93% and 6.85 cm, respectively, and the yield and plant height of tomato by 40.70% and 11.88 cm, respectively. Moreover, the use of urea-formaldehyde slow-release fertilizer can reduce the number of fertilization and improve the utilization rate of fertilizer.

Key words: urea-formaldehyde slow-release fertilizer; liquid fertilizer; vegetables; output

农作物在生长的各个阶段都需要有化肥提供养分供应,我国化肥利用率很低,其中氮肥利用率约 40%左右。施用缓释肥不仅可以缓慢地为农作物提供养分,还可以有效提高肥料的利用率^[1-4]。脲醛缓释肥是全球使用较早的缓释肥,也是全球用量最大的缓释肥料。脲醛缓释肥难挥发、水溶性好,有利于改善土壤的通透性^[5]。美国于 1930 年就开始研究脲甲醛,到 20 世纪 50 年代中期,脲醛开始作为肥料售卖。1970 年我国开始研究脲醛缓释肥,在全国各科研机构和生产企业的努力下,我国脲醛缓释肥有了很大的发展,开始在农业领域被广

泛使用^[6]。

脲醛缓释肥中的速效氮可以为农作物提供氮素养分,冷水可溶氮的肥效期为 1 个月左右,热水可溶氮的肥效期 3 个月左右,热水不溶部分则在 6 个月时仍然可以给农作物提供氮素养分,满足农作物对养分的长期吸收,从而有效提高肥料的利用率^[7]。周华敏等^[8]研究发现,脲醛缓释肥可以提高小麦植株叶片的叶绿素含量;曲均峰等^[9]研究发现,脲醛缓释肥可以提高小麦的有效穗数进而提高产量。脲醛缓释肥还可以显著提高橡胶胶水的产量,增产幅度在 19%左右^[10]。脲醛缓释肥能够明显提高香蕉

收稿日期:2021-03-29;修回日期:2021-04-25

基金项目:南开大学沧州渤海新区绿色化工研究院基金项目(NCC2020FH01)

作者简介:燕子红(1970-),女,博士,副教授,研究方向为有机化学,yanzi0928@126.com;苗志伟(1969-),男,博士,教授,研究方向为新型化学肥料,通讯联系人,miaozhiwei@nankai.edu.cn。

可溶性糖含量和维生素 C 含量^[11-12]。菠萝种植实验结果显示,脲醛缓释肥可以满足菠萝果实发育生长对养分的需求,促进果实膨大,有助于提高菠萝产量^[13]。传统脲醛缓释肥均为固体,使用时通过冲施的方式施加在农田中,肥料在土壤中分布不够均匀,农作物吸收效果不好,进而导致肥料利用率降低。同时固体肥料在生产和运输过程中容易受潮分解变质,所以研发具有缓释功能的环保型液体缓释肥料具有重要意义。

脲醛液体缓释肥是一种新型的缓释肥料,通常是由尿素和甲醛在碱性条件下缩合而成的一系列链型缩合物,其分子通式为 $\text{NH}_2\text{CO}(\text{NHCH}_2\text{NHCO})_n\text{NH}_2$, 式中 n 为 1~8。产物中混有亚甲基二脲、二亚甲基三脲、三亚甲基四脲以及分子链更长的多聚物。分子链越长聚合度越高,分解越困难,即氮释放速率越慢,缓释期越长。新型脲醛液体缓释肥生产工艺简单、运输便捷,无受潮等问题,而且脲醛液体缓释肥在使用时可直接和水按比例混合,喷施在农作物叶片上,农作物吸收均匀,不会出现烧苗现象,在节约肥料的同时,通过发展“水肥一体化”种植模式,可提高肥料利用率,达到“节肥节水”的双重目的。

本研究以尿素和甲醛水溶液为原料,合成新型脲醛液体缓释肥,并通过大田实验研究脲醛液体缓释肥在大白菜、茄子和西红柿 3 种农作物上的施用效果,为脲醛液体缓释肥在蔬菜种植上的推广应用提供科学依据。

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

尿素,河南晋煤天庆煤化工有限责任公司;甲醛、氢氧化钠、硫酸钾,天津渤化化学试剂有限公司;氨水,天津市大茂化学试剂厂;碳酸钾,天津市化学试剂供销公司;硫酸,天津市津东天正精细化学试剂厂;硫酸铜,天津市光复精细化工研究所。均为分析纯。

50 L 反应釜(GDSZ-50L)、旋转蒸发仪(KNR-1020)、恒温水油浴锅(KNR-1020)、循环水式多用真空泵(SHZ-95B),天津科诺仪器设备有限公司;全自动凯氏定氮仪(SKD-1000)、红外智能消化炉(SKD-2052),上海沛欧分析仪器有限公司;分析天平(SQP-PRACTUM224-1CN),赛多利斯科学仪器(北京)有限公司。

1.2 脲醛液体缓释肥的合成

在装有电动搅拌器的 50 L 反应釜中加入 20 kg 甲醛水溶液(含甲醛 37%),然后加入 13 kg 农用尿素,打开反应釜搅拌器,升温恒定后,加入 5.2 kg 氨水(含氨 25%)和 33 g 碳酸钾,保温 85℃ 反应 30 min 后停止加热。将反应体系转移至旋转蒸发器,蒸除多余水分后将体系恢复至室温,得到脲醛液体缓释肥料 25 kg。

1.3 脲醛液体缓释肥氮含量检测

用分析天平准确称取 0.500 0 g(精确至 0.000 1 g)脲醛液体缓释肥,滴入消化管中,加入 5 g 混合催化剂(硫酸铜:硫酸钾=1:10),再滴加 10 mL 浓硫酸,将消化管置于消化炉上,逐渐将炉温升至 400℃。待消化结束后,将消化管冷却至室温,加入 40 mL 水,放入定氮仪中测试。总氮含量(TN) $w(\%)$ 以质量分数表示,按式(1)计算,取平行测定结果的算术平均值为测定结果,结果保留到小数点后 3 位。

$$\omega = \{[(V_2 - V_1)c \times 0.014 01] / m\} \times 100\% \quad (1)$$

式中: c 为试样及空白实验时使用氢氧化钠标准滴定溶液的浓度, mol/L; V_1 为测试试样时使用氢氧化钠标准滴定溶液的体积, mL; V_2 为空白实验时使用氢氧化钠标准滴定溶液的体积, mL; m 为取样的质量, g。

1.4 脲醛液体缓释肥应用实验

1.4.1 材料与方法

实验于 2020 年 9~12 月在天津市西青区辛口镇进行,供试的农作物品种有大白菜、茄子和西红柿。大白菜组:2020 年 8 月 26 日播种,2020 年 11 月 26 日收获。茄子组:2020 年 8 月 10 日定植,2020 年 12 月 31 日收获。西红柿组:2020 年 8 月 10 日定植,2020 年 12 月 31 日收获。其他田间管理同当地常规生产。

1.4.2 实验设计

实验采用裂区设计,主处理为喷施脲醛缓释肥,用量为脲醛肥料 15 kg/hm²,脲醛喷施浓度为 0.02 kg/L;副处理为喷施木醋液溶液,用于植物的杀菌,用量为木醋液 30 kg/hm²,木醋液喷施浓度为 0.003 kg/L,所有剂量为肥料加水稀释浓度,喷施采用喷雾器进行,确保雾化肥料均匀喷至整株蔬菜叶片。

(1) 大白菜组

棚外播种,分为 3 个处理,每个处理用地 66 m²。处理 1:不进行任何施肥(CK)。处理 2:喷施木醋

液。处理3:喷施木醋液和脲醛液体缓释肥。

(2) 茄子组

大棚内播种,分为3个处理,每个处理用地24 m²。处理1:不进行任何施肥。处理2:喷施木醋液。处理3:喷施木醋液和脲醛液体缓释肥。

(3) 西红柿组

大棚内播种,分为3个处理,每个处理用地24 m²。处理1:不进行任何施肥。处理2:喷施木醋液。处理3:喷施木醋液和脲醛液体缓释肥。

1.4.3 实验方法

大白菜于2020年9月28日间苗定棵,10月6日第一次喷施追肥,随后在10月20日、11月3日进行喷施追肥,生长期棚外菜青虫严重,分别在9月10日和10月15日喷施了苦参碱进行除虫。

茄子定植后进行正常浇水,期间不进行喷施追肥,至2020年9月7日进入花期,开始进行第一次喷施追肥。整个花期,采用人工振荡授粉,隔两天进行一次。随后于9月28日再次进行喷施追肥,且开始进入采收期,需肥量大,开始隔周进行喷施追肥,分别于10月12日、10月26日、11月9日、11月23日进行追肥。

西红柿定植后进行30%遮阴正常浇水,期间不进行喷施追肥,至2020年9月7日进入花期,开始进行第一次喷施追肥。整个花期,采用人工振荡授粉,隔两天进行一次。于9月12日撤去遮阳网,随后在9月28日、10月19日、11月9日分别进行喷施追肥,10月3日进行摘心疏果,每株留3穗,每穗保留4~6个果。伴随着坐果,植株开始出现叶霉病,且随植株生长逐渐蔓延,10月底去除染病老叶,略有缓解。11月11日开始采收,增加喷施追肥频率,11月23日、12月7日分别进行喷施追肥。

大白菜成熟后,各小区单收并记录单颗重和总重。茄子成熟后,分批采摘,各小区单收记录总重,并测量茄子地上植株株高。西红柿成熟后,分批采摘,各小区单收记录总重,并测量西红柿地上植株株高。

2 结果与讨论

2.1 脲醛液体缓释肥检测结果分析

每个脲醛液体缓释肥样品均测试3次,实验结果如表1所示。脲醛液体缓释肥的全氮含量为28%。脲醛液体缓释肥的合成原料之一为甲醛水溶液,由于化学转化不完全导致产品中会含有不同浓

度的游离甲醛,测试结果显示游离甲醛含量均小于0.2%,符合国家规定的脲醛缓释肥料质量标准(《HG/T 4137—2010 脲醛缓释肥料》)。

表1 脲醛液体缓释肥检测结果

测试	游离甲醛质量分数/%	TN/%
测试1	0.141	28.251
测试2	0.088	27.942
测试3	0.057	28.011

2.2 脲醛液体缓释肥喷施对大白菜产量的影响

施用脲醛缓释肥显著提高了大白菜的产量及单颗重(见表2)。与空白对照组相比,施用脲醛缓释肥的大白菜产量增加了21 kg,增幅为10.66%,平均单颗重增加了0.1 kg。空白对照组的植株部分偏黄,叶片小且薄,施用脲醛组的植株呈浓绿色,叶片较厚。

表2 不同处理下叶面喷施脲醛缓释肥对大白菜产量的影响

处理方式	产量/kg	增产/kg	增幅/%	平均单颗重/kg
处理1	197	—	—	0.90
处理2	202	5	2.54	0.93
处理3	218	21	10.66	1

2.3 脲醛液体缓释肥喷施对茄子产量及株高的影响

施用脲醛缓释肥显著提高了茄子的产量及株高(见表3)。与空白对照相比,施用脲醛缓释肥的茄子产量增加了4.48 kg,增幅为25.93%,平均株高增加了6.85 cm。空白对照组的植株茎比较细,叶片较小,坐果数量较少,叶子颜色为紫色;施用脲醛组的植株粗壮,叶片茂盛,坐果多,叶片颜色为亮紫绿色。

表3 不同处理下叶面喷施脲醛缓释肥对茄子产量和株高的影响

处理方式	产量/kg	增产/kg	增幅/%	平均株高/cm
处理1	17.28	—	—	86.89
处理2	21.20	3.92	22.68	89.45
处理3	21.76	4.48	25.93	93.74

2.4 脲醛液体缓释肥喷施对西红柿产量及株高的影响

施用脲醛液体缓释肥显著提高了西红柿的产量

及株高(见表 4)。与空白对照组相比,施用脲醛液体缓释肥的西红柿产量增加了 10.44 kg,增幅为 40.70%,平均株高增加了 11.88 cm。空白对照组的植株茎比较细,叶片较小,较多叶子有叶霉病,叶子颜色为浅绿色;施用脲醛组的植株粗壮,叶片茂盛,坐果多,部分叶子有叶霉病,去除染病叶子后,新叶片长势较好,叶片颜色为深绿色。

表 4 不同处理下叶面喷施脲醛缓释肥对西红柿产量和株高的影响

处理方式	产量/kg	增产/kg	增幅/%	平均株高/cm
处理 1	25.65	—	—	98.54
处理 2	33.54	7.89	30.76	100.05
处理 3	36.09	10.44	40.70	110.42

3 结论

新型脲醛液体缓释肥具有以下 4 方面显著优点:①叶面喷施肥料,追肥次数少,节省人力物力;②有效成分分期释放,满足作物各个阶段的生长需求,提高了肥料的利用率;③无有害物质残留、无污染,可完全生物降解,不会对环境产生危害;④生产原料价格低廉,生产工艺简单,无废水、废气、固废产生。新型脲醛液体缓释肥的全氮含量为 28%,检测游离甲醛质量分数小于 0.2%,符合国家规定的脲醛缓释肥料质量标准。脲醛液体缓释肥大田实验结果显示,对农作物喷施浓度为 0.02 kg/L 的脲醛液

体缓释肥,可以提高作物的产量和株高,增加经济效益,值得在农业领域推广使用,促进农业发展。

参考文献

- [1] 倪露.脲甲醛缓释肥的制备及其肥料效应研究[D].北京:中国农业科学院,2016.
- [2] 赵芸,燕子红,范东升,等.脲醛缓释化肥研究进展[J].化肥设计,2019,57(6):6-9.
- [3] 周华敏,陈宝成,王晓琪,等.脲醛缓释肥不同配比对小麦生长及土壤氮素养分的影响[J].水土保持学报,2017,31(1):179-185.
- [4] 周丽凤,刘亚青,毋登辉.新型多营养缓释化肥的制备及养分释放性能研究[J].现代化工,2015,35(2):117-120.
- [5] 黄丽娜,魏守兴.脲甲醛肥料合成及应用研究现状[J].农学学报,2015,5(7):76-80.
- [6] 高志博,王晓宇.缓释肥料脲甲醛的研究进展[J].高师理科学刊,2016,36(4):38-41,45.
- [7] 高苏茂,高进华,周丽,等.高塔脲醛缓释复合肥与种肥同播技术[J].磷肥与复肥,2013,28(2):31-34.
- [8] 周华敏,陈宝成,梁海,等.不同配比脲醛掺混肥对小麦生长及土壤养分的影响[J].化肥工业,2019,46(4):61-66.
- [9] 曲均峰,王国忠,傅送保.脲醛缓释肥对小麦产量及经济效益的影响[J].化肥工业,2016,43(4):93-94,96.
- [10] 曲均峰.脲醛缓释肥在橡胶树上的肥效研究[J].磷肥与复肥,2013,28(5):84-85.
- [11] 曲均峰,赵福军,陈杰,等.脲醛缓释肥质量测定及其在香蕉上的应用研究[J].现代化工,2012,32(4):113-116.
- [12] 曲均峰,赵福军,傅送保.香蕉应用不同氮肥的效果研究[J].广东农业科学,2010,37(9):116-117.
- [13] 曲均峰,傅送保,操斌,等.脲醛缓释肥在菠萝上的效应研究[J].化肥工业,2013,40(3):64-66.■
- [14] 曲均峰,傅送保,操斌,等.脲醛缓释肥在菠萝上的效应研究[J].食品工业科技,2018,39(1):183-188.
- [15] 张凤梅,刘璐,李鑫,等.败酱草多糖提取、纯化、鉴定及其体外抗 RSV 作用研究[J].中药材,2008,31(12):1879-1881.
- [16] 王雅丽,徐长隆,张春宇,等.败酱草中多糖提取和鉴定的研究[J].食品安全导报,2019,2(6):130.
- [17] 尉捷,王丹,王育林.败酱草多糖提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J].世界中医药,2020,15(14):2026-2030.
- [18] 陆文总.异叶败酱草多糖抗宫颈癌作用及机理研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [19] 杨辉.北败酱多糖的提取及其抑制亚硝化作用研究[J].湖北农业科学,2014,53(3):654-656.
- [20] 惠和平,封士兰,赵良功,等.红芪多糖的纯化及初步结构鉴定[J].时珍国医国药,2010,21(9):2302-2303.
- [21] 张达成,秦允荣.银耳多糖的活性炭脱色工艺研究[J].广东化工,2019,16(46):40-42.
- [22] 田淑雨,陈韵,鹿士峰,等.灵芝多糖脱色工艺研究[J].食品安全质量检测学报,2019,10(4):912-919.
- [23] 韩艺,王文君,李庆华,等.正交实验法优化平卧菊三七多糖 GPP-20 双氧水脱色工艺研究[J].食品研究与开发,2018,39(23):8-13.
- [24] 胡会刚,赵巧丽,庞振才,等.芒果皮渣多糖脱蛋白和脱色工艺研究[J].食品工业科技,2018,39(1):183-188.
- [25] Chang M, Che X, Jiang R. Research progress in decolorization methods for polysaccharide extracts of traditional Chinese medicines[J]. China Pharmacist, 2017, 20(5): 893-896.
- [26] Shao L, Sun Y, Liang J, et al. Decolorization affects the structural characteristics and antioxidant activity of polysaccharides from *Thelesium chinense Turcz.*; Comparison of activated carbon and hydrogen peroxide decolorization[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 155: 1084-1091.
- [27] Hui H P, Jin H, Li X Z, et al. Purification, characterization and antioxidant activities of a polysaccharide from the roots of *Lilium davidii var. unicolor Cotton* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 135: 1208-1216.
- [28] Belghith-Fendri L, Chaari F, Jeddou K B, et al. Identification of polysaccharides extracted from pea pod by-products and evaluation of their biological and functional properties [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 116: 947-954.
- [29] 于森,谢春阳,姚成龙,等.黑果腺肋花楸果粗多糖提取及脱色工艺[J].粮食与油脂,2020,33(10):113-116.
- [30] 胡会刚,赵巧丽,庞振才.菠萝皮渣多糖脱蛋白脱色方法研究及其抗氧化活性[J].食品研究与开发,2018,39(24):12-20.■

(上接第 236 页)