科 学 通 报
第42卷 第8期 Chinese Science Bulletin 1997年4月

【研究简报】

长效碳铵特性与应用效益研究

张志明① 毕庶春① 李继云② 冯元琦③ 伍蔚民④
(①中国科学院沈阳应用生态研究所,沈阳 110015; ②中国科学院生态环境研究中心,北京 100085;
③化学工业部经济技术委员会,北京 100723; ④国家科委中国技术市场协会,北京 100036)

关键词 长效碳酸氢铵 碳酸氢铵 DCD

我国现有可耕地面积 104.5×10^5 km^2,人均耕地面积仅 8.67 hm^2,化肥在粮食增产中的作用约占 33.7%[1]. 所产氮肥量约 16×10^6 t(折纯),其中碳铵约占 51%. 这是我国特有的氮肥品种,含有氮素和二氧化碳,肥效快,不板结土壤,但存在易挥发损失、不易贮存、肥效期短、氮素利用率低和易结成硬块等缺点. 研究长效碳铵[2]的目的是减少碳铵的氨挥发,降低转化为硝态氮的淋溶损失[3, 4],提高氮素利用率与延长肥效期,在减少施肥量条件下能促进作物生长发育[5,6]. 经多年研究证明,该肥料具有明显的氨稳定作用及增加铵态氮在土壤中的贮存量. 该项研究查明了使长效碳铵产生较大经济效益的 DCD 添加量;创建了系统生产法新工艺,从而实现了生产出新型碳铵的目的.

1 材料与方法

1.1 稳定剂 DCD 降解途径及抑制亚硝化作用

(1)DCD 降解途径 DCD 可通过土壤酶的作用降解成胍脲,进一步降解成尿素,最终降解产物为 NH_4^+、CO_2 和 H_2O[4].

(2) DCD 是较强的硝化抑制剂,对亚硝化毛杆菌属(*Nitrosomonas*)、亚硝化叶菌属(*Nitrosolobus*)、亚硝化螺菌属(*Nitrospira*)和硝化杆菌属(*Nitrobactor*)均有较强的抑制作用[6]1).

1.2 长效碳铵的生产工艺技术

长效碳铵生产技术选用系统加入法,是将含有一定量 DCD 的浓铵水在控制条件下进行碳化反应,该碳化过程中可使 22.5% 的水形成碳酸氢铵结构水,使 DCD 析出与碳酸氢铵共结晶,DCD 结晶呈片状六角菱形镶嵌于碳铵分子团中而形成长效碳铵.

1.3 长效碳铵的肥效研究方法

1.3.1 长效碳铵施入土壤后的速效氮释放规律 供试作物为水稻,长效和普通碳铵施肥量均为 11.25 kg/hm^2. 长效碳铵用施底肥或全层施肥法,普通碳铵则在插秧、分蘖、拔节、孕穗和灌浆期分 5 次追肥,均分别测定土壤速效氮的释放量.

1.3.2 长效碳铵挥发性测定 选用2厂家生产的长效碳铵和23厂家的普通碳铵作为试材,采用开放式挥发容器,置于(43±1)℃恒温箱内进行挥发试验.

1.3.3 长效碳铵在土壤中的稳定性测定 取通过1 mm 筛的土壤先经氯仿灭菌处理以抑制硝化作用,再准确称取 10 g 土壤样品置于 50 mL 烧杯中,按 100∶1 的土肥比加入长效碳铵

1) 李庆逵. 长效肥简介. 土壤农化参考资料,1976,(2):1~19

或普通碳铵，定期取样测定土壤中铵态氮含量.

1.3.4　长效碳铵的氮素利用率测定　以水稻为供试作物，长效碳铵、普通碳铵、尿素和硫酸铵为试材，分别测定水稻生长的前、中、后期在施用各肥料后对氮素的吸收量和收获后土壤速效氮残留量，计算氮素利用率.

1.3.5　大田与经济作物施长效碳铵的肥效试验　试验选择国内具有代表性的土壤和作物，用等氮量肥料对比和相同施用方法进行肥效试验. 供试作物为小麦、茶叶和烟草等.

2　结果与讨论

2.1　长效碳铵供氮时期与水稻需肥规律研究

田间试验结果表明(图 1)，水稻有两次需肥高峰期：第一次是 6 月中旬的分蘖期；第二次是 8 月初的抽穗期. 一般是在水稻的全生长期内采用人工追肥 4～5 次，供肥规律(曲线 2)与理论供肥规律基本相近(曲线 3)，需肥高峰期的土壤供氮量达到 190～200 $mg \cdot kg^{-1}$. 长效碳铵因肥效期长，在水稻分蘖初期由于氮素释放缓慢，对无效分蘖有一定控制作用. 至 7 月初逐渐发挥肥效，供氮量与常规施肥法相近，此时是分蘖后期，穗分化开始，长效碳铵的肥效持续增加而促进了有效分蘖数. 在 8 月初抽穗高峰期也正是长效碳铵肥效释放高峰期，供氮量高於常规施肥条件，促进水稻穗大而粒多，籽粒饱满. 自 9 月份水稻乳熟期至成熟，长效碳铵供肥量平稳，可促进水稻千粒重增加，该肥料供肥规律基本符合大多数农作物需肥规律，其肥效期可以达到 90～110 d.

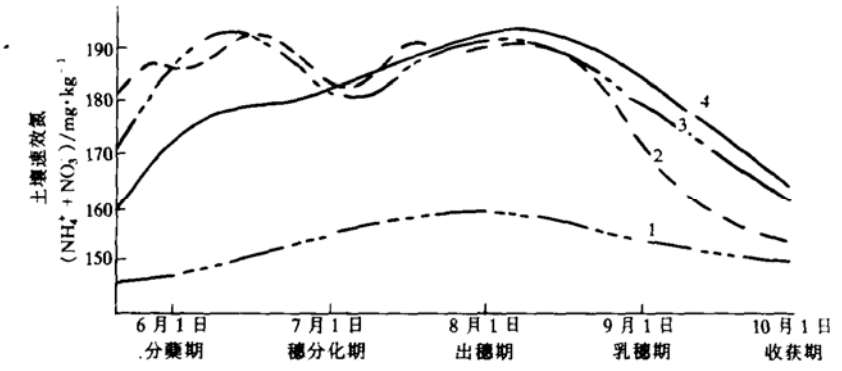


图 1　水稻生育期不同施肥处理土壤速效氮供肥曲线

1——土壤本身供肥能力，2——普通碳铵 5 次常规施肥供肥能力，3——高产栽培理论供肥能力，4——长效碳铵 1 次基施肥供肥能力

2.2　长效碳铵减少挥发损失途径的研究

普通碳铵是以碳酸根($CO_3^{=}$)或重碳酸根(HCO_3^-)为基础合成的弱酸根离子与铵结合的氮肥，遇热或水即不稳定而易挥发，贮存中的年损失率为 15%～20%. 长效碳铵由于 DCD 的作用，能阻止或减少碳铵的挥发(表 1). 试验结果表明，在 43℃ 条件下，普通碳铵最快在 3 d 即挥发完，最长为 15 d 全部挥发，平均挥发值为 12 d. 长效碳铵最快 17 d 才挥发完，最长 21 d 全部挥发，平均值为 19 d. 后者比前者延长挥发时间为 58.33%. 两者挥发率差值呈正态分布. 长效碳铵挥发的直线回归方程为 $y = 83.263\,2 - 4.952\,6x$ ($r = 0.977\,6$)，普通碳铵挥发的直线回归方程为 $y = 70.238 - 6.395\,6x$ ($r = 0.928\,2$). 该试验结果表明，长效碳铵由于 DCD

的作用使热稳定性增强，挥发性减少，从而使直线斜率减小.

表1 普通碳铵与长效碳铵的挥发速率/%

天数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
普通碳铵	80	67	53	41	29	20	14	10	7	4	3	1							
长效碳铵	88	80	73	65	58	51	46	39	33	27	22	17	13	10	7	5	4	3	1
差值	8	13	20	24	29	31	32	29	26	23	19	16	13	10	7	5	4	3	1

2.3 长效碳铵增加土壤铵离子稳定性的研究

2.3.1 封闭系统中土壤饱和持水条件的气相中氨分子形成量 试验结果(表2)表明，在饱和持水土壤中碳铵多通过水解形成 NH_4OH，再形成 NH_3 而进入气相中，始终保持液相中的离子态铵与气相中的分子态氨相平衡. 长效碳铵因 DCD 的作用而增加铵离子在土壤中的稳定性，减少氨分子的形成量. 在90 d封闭条件下，普通碳铵氨分子形成量为58.4%～73.1%，平均66.3%，而长效碳铵的氨分子形成量为24.5%～43.7%，平均34.7%. 前者较后者增加挥发量31.6%，从而证明长效碳铵具有水稳定性功能.

表2 密封土壤饱和持水量条件下气相中的氨分子形成量

处理	氨态氮($NH_3\uparrow$)挥发率/%					增加挥发量/%
	1	2	3	4	平均	
长效碳铵	24.5	43.8	41.4	29.3	34.7	
普通碳铵	60.6	58.4	73.0	73.1	66.3	31.6

2.3.2 封闭系统中土壤铵态氮的贮存量 土壤的保肥性能取决于铵离子的稳定性. 测定结果(表3)表明，在培养的130 d内分5次测定土壤铵态氮贮存量，长效碳铵均高于普通碳铵. 由第10 d高23.1%，至第130 d还高54.5%，平均增加铵态氮贮存率为64.6%.

表3 土壤饱和持水量条件下的铵离子贮存量

处理	铵态氮(NH_4^+)/mg·kg^{-1}					平均增加贮存率/%
	10[a)]	40	70	100	130	
长效碳铵	2 196	1 214	924	919	728	
普通碳铵	1 784	689	490	509	471	
增加值	412	525	434	410	257	
增加贮存率/%	23.1	76.2	88.6	80.6	54.5	64.6

a) 测定时间/d

2.4 长效碳铵氮素利用率研究

评价氮肥的价值，除了它自身含氮量的高低外，还应研究施入土壤后的单位氮量能被植物的吸收量，从(表4)试验结果看出，供试的4种氮肥中，根据作物生长的前、中、后期吸收的氮量计算出的氮素利用率分别为：长效碳铵35.4%，尿素34.2%，普通碳铵27.3%，硫酸铵为28.9%. 长效碳铵的氮素利用率与尿素相近，比普通碳铵高8.1个百分点. 水稻收获后施长效碳铵的土壤速效氮含量比普通碳铵高6.93%，这一结果说明长效碳铵的氮素利用率高，肥效期长.

表 4　水稻施用不同氮肥后的各生长期吸氮量和氮素利用率测定

处理	吸氮量/kg·(hm²)⁻¹				收获后土壤速效氮 /mg·kg⁻¹	氮素利用率 /%
	前期	中期	后期	总计		
对照区	0.54	0.73	0.24	1.51	114.0	0
长效碳铵	0.58	1.16	0.22	1.96	128.1	35.4
普通碳铵	0.57	1.03	0.24	1.84	119.8	27.3
硫酸铵	0.60	1.03	0.25	1.88	114.1	28.9
尿　素	0.60	1.05	0.30	1.95	121.6	34.2

2.5　长效碳铵对作物的增产效果研究

2.5.1　长效碳铵对小麦生长发育和产量结构影响　小麦孕穗期在试验田内各处理采20株小麦主穗下第一叶片经洗净与烘干测定干物量与含氮量(表 5),结果表明,长效碳铵比普通碳铵的叶片干重增加 8.8%,含氮量增加 0.67 个百分点. 成熟期测定千粒重,增加 4.8%,产量增加 8.4%,这证实了长效碳铵能促进小麦生长发育与改善产量结构.

表 5　长效碳铵改进小麦生长发育和产量结构的作用

试验处理与比较	每叶片干重 /mg	叶片含氮量/%	千粒重/g	籽粒产量 /kg·(hm²)⁻¹
长效碳铵	125±9.3	5.34±0.28	44.1	70.45
普通碳铵	113±1.5	4.67±0.18	42.1	65.01
对照	109±5.5	4.29±0.28	40.4	56.46
长效>普碳/%	10.6	0.67	4.8	8.4
长效>对照/%	14.7	1.05	9.2	24.8
普碳>对照/%	3.7	0.38	4.2	15.1

2.5.2　长效碳铵对烟草产量和品质的影响　普通碳铵在过去被认为是烤烟生产的禁用肥料,而用长效碳铵配制的烤烟专用肥则优于国产或进口的专用肥. 试验结果可看出(表 6),前者比后两者上等烟分别高 2.0 与 2.3 个百分点,总烟糖分别高 6.48 及 5.29 个百分点;总烟碱分别增减 0.55 和 −0.03 个百分点;烟碱氮含量也略有增加,用长效碳铵配制的专用肥,对烟草的产量和品质均接近和超过烟草专用肥指标.

表 6　烟草施用长效碳铵对提高产量和品质的作用

处理	小区产量/kg			单位产量 /kg·(hm²)⁻¹	上等烟 /%	总糖 /%	总烟碱 /%	烟碱氮 /%	蛋白质 /%
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ						
对照	7.61	5.04	4.72	17.36	0	21.21	4.14	0.72	9.59
长效碳铵	9.0	8.9	8.6	26.33	40.8	24.28	4.72	0.83	11.46
国配专肥	7.9	8.7	8.2	24.70	38.8	17.80	4.17	0.81	12.10
进口专肥	8.5	8.6	7.4	26.33	38.5	18.99	4.75	0.82	11.87
长效碳铵>国配专肥/%				7.19	2.00	6.48	0.55	0.02	−0.64
长效碳铵>进口专肥/%				0	2.30	5.29	−0.03	0.01	−0.41
长效碳铵>对照/%				52.55	—	3.07	0.58	0.11	1.87

2.5.3　茶树施用长效碳铵的增产效果　经多年研究表明,茶树施用长效碳铵有显著的增产作用(表 7). 与普通碳铵比较,施用长效碳铵的茶树,其茶叶密度、百芽重、标准芽叶长和茶叶

产量均增加18%以上. 茶叶质量决定于鲜叶的持嫩性,长效碳铵能提高茶叶的持嫩性,延长采摘期和提高茶叶有效养分含量.

表7 茶树施用长效碳铵对茶叶品质和产量的影响

处理	茶叶密度 /片·$(m^2)^{-1}$	增长率 /%	百叶重 /g	增长率 /%	标准叶片 /cm	增长率 /%	茶叶产量 /kg·$(hm^2)^{-1}$	增产率/%
长效碳铵	178	18.4	33	18.2	6.5	18.2	30.54	18.7
普通碳铵	150	0	28	0	5.5	0	25.73	0
尿素	169	12.7	31	10.7	5.9	7.3	28.82	12.0

3 结论

3.1 长效碳铵肥效期长

长效碳铵作为基肥1次性施入土壤可免去追肥工序,作物不产生脱肥征状,具有前控后促作用,其供肥曲线与作物需肥规律基本一致,研究证明其肥效期可延至90～110 d.

3.2 长效碳铵减少挥发量并增加贮存量

长效碳铵比普通碳铵延长挥发时间为58.3%,减少挥发量31.6%,增加土壤铵态氮贮存量64.6%,说明其热稳定性、水稳定性和土壤吸附能力增强,克服了普通碳铵易挥发及不耐贮存的缺点.

3.3 长效碳铵比普通碳铵的氮素利用率增加

长效碳铵的氮素利用率达到35%,已接近或超过尿素的氮素利用率,比普通碳铵高出8.1个百分点. 在同等产量水平上可节省用肥20%～25%.

3.4 施用长效碳铵可增产增收

长效碳铵用于粮食作物,经济作物和经济树种均有促进生长发育、改善产品质量和增产作用. 增产幅度为7%～18%,平均值12%左右. 以小麦为例,每吨长效碳铵可增产粮食544.5 kg.

致谢 参加本项工作的还有左敬兰、崔桂霞和李欣同志,在此一并致谢. 本工作为国家"八五"科技成果重点推广计划(工3-1-7-15)与中国科学院院长基金(1993-1-24)资助项目.

参 考 文 献

1 潘光藉. 中国粮食发展战略对策. 北京:农业出版社,1990
2 张志明. 长效碳铵及其制备方法. 中华人民共和国发明专利号: ZL90105012.1,1994-07-19
3 柯克斯 G W, 阿特金斯 M D 著. 农业生态学. 王在德,韩纯儒等译. 北京:农业出版社,1987
4 门格尔 K 著,植物营养与施肥原理. 孙羲等译. 西安:西北农业大学出版社,1983
5 Baligar V C, Dancan R R, Fageria N K. Soil-plant interac-tion on nutrient use Rfficiency in plant: an overview. Crops as Enhancers of Nutrient Use. New York: Academic Press, 1990. 351～360
6 Graham R D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. Adv Plant Nutrition, 1984, 1: 57～102

(1996-03-19 收稿,1997-03-12 收修改稿)