

不同区域作物适宜的抑制剂施用量探究

石晓雨¹, 汪景宽^{1*}, 张 蕾², 王伶俐², 李 杰², 房娜娜², 石元亮²

(1. 沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110061; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘 要:为了探究抑制剂在不同地区和作物上的适宜添加量,本研究选取中国华南、华东、华中、西南、西北、东北地区的代表性作物,采用田间试验的方法,探究不同抑制剂施用量对作物产量和增产率的影响。研究结果表明,华南地区茶树和龙眼的抑制剂适宜用量分别为7.5‰和8‰,增产幅度分别为6.94%和24.92%。华东地区冬小麦、夏玉米和春花生抑制剂适宜用量分别为6‰、7‰和5‰,增产幅度分别为14.30%、10.98%和12.17%。华中地区水稻抑制剂适宜用量为12‰,增产幅度为8.74%。西南月季和香石竹的抑制剂适宜用量分别为8‰和7‰,增产幅度分别为16.67%和12.10%。西北苹果和冬小麦的抑制剂适宜用量均为7‰,增产幅度分别为27.83%和3.63%,西北春玉米的抑制剂适宜用量为5‰,增产幅度为1.97%。东北玉米的抑制剂适宜用量为9‰,增产幅度为7.67%。总的来说,抑制剂在西北地区粮食作物(玉米、小麦)的增产效果弱于其它地区,水田的抑制剂推荐使用量(12‰)高于旱地(5‰~9‰),且抑制剂在中国各个地区均能产生明显的增产效果,具有显著的增产节肥作用。

关键词:硝化抑制剂;脲酶抑制剂;产量;增产率

中图分类号:S145.6

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)02-0026-06

Study of Suitable Application Amount of Inhibitors for Crops in Different Regions of China

SHI Xiaoyu¹, WANG Jingkuan^{1*}, ZHANG Lei², WANG Lingli², LI Jie², FANG Nana², SHI Yuanliang²

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110061; 2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

Abstract: In this study, the representative crops of South China, East China, Central China, Southwest, Northwest and Northeast China were selected to study the effect of different inhibitors on crop yield and yield by using field test methods. The results showed that the suitable dosage of inhibitors for tea and longan in North China was 7.5‰ and 8‰, respectively, and the yield increases was 6.94% and 24.92%, respectively. The suitable dosage of inhibitors for winter wheat, summer maize and spring flowering in East China was 6‰, 7‰ and 5‰, respectively, and the yield increases was 14.30%, 10.98% and 12.17%. The suitable dosage of rice inhibitor in Central China was 12‰, and the yield increase was 8.74%. The suitable dosage of inhibitors for Chinese rose and carnation planted in southwest China was 7‰ and 8‰, respectively, and the yield increases was 16.67% and 12.10%, respectively. The suitable dosage of inhibitors for apple and winter wheat in northwest China were both 7‰, and the yield increases was 27.83% and 3.63%, respectively. The suitable dosage of inhibitors for spring maize in northwest China was 5‰ and the yield increase was 1.97%. The suitable dosage of inhibitors for maize in the northeast China was 9‰ and the yield increase was 7.67%. In general, the yield increasing effect of inhibitors on the grain crops (maize and wheat) in Northwest China is weaker than that in other regions, and the recommended dosage of inhibitors in paddy field (12‰) is higher than that in dry land (5‰-9‰). Above all, it is clear that the inhibitor has evident growth promotion effect on plants in all regions of China, which has significant effect on yield increasing and fertilizer saving.

Key words: Nitrification inhibitor; Urease inhibitor; Yield; Yield growth rate

收稿日期: 2019-07-06

基金项目: 科技部十三五重点研发课题(2017YFD0200708)

作者简介: 石晓雨(1987-), 男, 在读硕士, 主要从事农业资源利用研究。

通讯作者: 汪景宽, 男, 博士, 教授, E-mail: j-kwang@163.com

施用化学肥料是粮食增产的主要措施,是保障国家粮食安全和维护社会稳定的重要方面。肥料利用率低下(30%左右)导致大部分肥料损失到环境中,带来严重污染^[1]。如何提高肥料的利用

率一直是一个世界研究的热点和重点。

脲酶抑制剂和硝化抑制剂统称为抑制剂,脲酶抑制剂通过抑制土壤脲酶活性延缓尿素水解为铵态氮,从而延长尿素的肥效,硝化抑制剂通过抑制硝化和亚硝化细菌的活性,抑制铵态氮的硝化作用,从而延长铵态氮类肥料的肥效并减少 NO_3^- 的形成、淋失以及随后的反硝化损失^[2-4]。稳定性肥料是通过一定工艺在肥料造粒过程中加入脲酶抑制剂和(或)硝化抑制剂生产而成的肥料,施用稳定性肥料是实现减肥增效的重要举措^[5-6]。

中国东西跨经度60多度,南北跨纬度近50度,不同经纬度区域地理和生态环境的不同形成了多种多样的土壤类型和作物类型。由于不同区域生态环境(如降雨、气温)、土壤理化性质(如结构、pH)和作物需肥规律(如喜铵或喜硝、不同需肥时期)的不同,会导致抑制剂在不同区域或不同作物上的应用效果不同。因为土壤的温度、水分、结构、微生物活性等性质均能够影响抑制剂(脲酶抑制剂和硝化抑制剂)的活性^[7-9]。目前已开展了抑制剂适宜施用量的研究,但均是在单个区域或者对单种作物开展研究^[10-14]。单点或者单种作物的研究无法揭示抑制剂在不同区域和不同作物上的应用特点,不利于稳定性肥料充分展示其增产节肥效果及其在全国的广泛应用。因而开展多区域和多作物的抑制剂用量综合研究,明确抑制剂在不同区域不同作物的适宜用量,对充分发挥抑制剂的N增效作用和指导稳定性肥料的生产具有重要理论意义和现实意义。

本研究通过研究不同抑制剂用量对不同区域典型作物产量和经济效益的影响,明确不同地区土壤和作物适宜的抑制剂添加量,旨在为稳定性肥料的生产 and 应用提供理论基础和数据支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

选取华南、华东、华中、西南、西北和东北地区的典型土壤和作物,在2009~2010年开展了不同抑制剂用量试验。试验所用NAM抑制剂由中科院沈阳应用生态研究所提供,核心成分是脲酶抑制剂和硝化抑制剂,抑制剂的添加量以施肥总量计算。每一处试验处理均设3次重复,均在收获期计算产量。

1.1.1 华南地区茶叶和龙眼试验

茶叶(福云6号)试验设在福州市连江长龙华侨农场,设置5个试验处理,分别为:配方施肥(N:

$\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=1:0.30:0.40$,每667 m²年施肥量为81.2 kg 尿素,93.6 kg 过磷酸钙,30 kg 硫酸钾,NAM₀);配方施肥+2.5‰抑制剂(NAM_{2.5});配方施肥+5‰抑制剂(NAM₅);配方施肥+7.5‰抑制剂(NAM_{7.5});配方施肥+10‰抑制剂(NAM₁₀)。龙眼(乌龙岭)试验设在福建省莆田市荔城区西天尾镇后卓村,供试土壤为红泥土,设置4个试验处理,分别为:习惯施肥(45%的复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)2 kg/株,尿素0.5 kg/株,NAM₀);习惯施肥+7‰抑制剂(NAM₇);习惯施肥+8‰抑制剂(NAM₈);习惯施肥+9‰抑制剂(NAM₉)。

1.1.2 华东地区冬小麦、夏玉米和春花生试验

冬小麦试验设在烟台莱阳市,共设置5个处理:配方施肥(14:7:4,总养分为70 kg/667 m²,NAM₀);配方施肥+5.3‰抑制剂(NAM_{5.3});配方施肥+6.0‰抑制剂(NAM_{6.0});配方施肥+8.6‰抑制剂(NAM_{8.6});配方施肥+10‰抑制剂(NAM₁₀)。试验所用的肥料种类为尿素(46% N)、磷酸二铵(46% P₂O₅,18% N)、红色钾肥(60% K₂O)。夏玉米试验地点设在泰安市岱岳区,共设置5个处理:配方施肥(17:5:8,总养分为75 kg/667 m²,NAM₀);配方施肥+2.8‰抑制剂(NAM_{2.8});配方施肥+3.4‰抑制剂(NAM_{3.4});配方施肥+5.6‰抑制剂(NAM_{5.6});配方施肥+6.8‰抑制剂(NAM_{6.8})。春花生(鲁花8号)试验布设在泰安市岱岳区马庄镇侯村,供试土壤类型为褐土,设置5个处理:配方施肥(12:6:12,总养分为96 kg/hm²,NAM₀);配方施肥+1.8‰抑制剂(NAM_{1.8});配方施肥+2.5‰抑制剂(NAM_{2.5});配方施肥+3.7‰抑制剂(NAM_{3.7});配方施肥+5.0‰抑制剂(NAM_{5.0})。供试肥料为尿素(46% N),过磷酸钙(12% P₂O₅),氯化钾(60% K₂O)。

1.1.3 华中地区早稻和晚稻试验

早稻(I优899)试验布设于南昌市南昌县广福镇广福村(28°41'N,115°13'E),供试土壤为红壤性水稻土,早稻试验设置4个处理,分别为:配方施肥(667 m²施肥总量为88.4 kg,包括21.7 kg 尿素(46% N)、50 kg 钙镁磷肥(18% P₂O₅)、16.7 kg 氯化钾(60.0% K₂O),NAM₀);配方施肥+2‰抑制剂(NAM₂);配方施肥+4‰抑制剂(NAM₄);配方施肥+6‰抑制剂(NAM₆)。晚稻(I优926)试验在南昌市进贤县境内进行,同早稻一样设置4个处理,配方施肥处理每667 m²施肥总量为99 kg,包括26 kg 尿素、50 kg 钙镁磷肥和23 kg 氯化钾,3个抑制剂处理的添加量分别设为4‰、8‰和

12‰。

1.1.4 西南地区月季和香石竹试验

月季试验设在云南省晋宁县昆阳镇普达村,供试土壤为设施土壤,供试月季品种为“卡罗拉”,试验设4个处理,分别为:习惯施肥(N 28 kg/667 m², P₂O₅ 17.5 kg/667 m², K₂O 33.5 kg/667 m², NAM₀);习惯施肥+7‰添加剂(NAM₇);习惯施肥+8‰添加剂(NAM₈);习惯施肥+9‰添加剂(NAM₉)。香石竹(芭芭拉浅粉)试验在云南省晋宁县上蒜小白村进行,供试土壤为设施土壤,试验设4个处理,分别为:习惯施肥(N 30 kg/667 m², P₂O₅ 21 kg/667 m², K₂O 27 kg/667 m², NAM₀);习惯施肥+7‰添加剂(NAM₇);习惯施肥+8‰添加剂(NAM₈);习惯施肥+9‰添加剂(NAM₉)。供试肥料为尿素(46% N),过磷酸钙(12% P₂O₅),硫酸钾(50% K₂O)。在2010年,进行了抑制剂添加量连续性验证实验,只设置2个处理,针对月季设置的两个处理为:习惯施肥处理(NAM₀)和习惯施肥+8‰添加剂(NAM₈)。香石竹设置的两个处理为:习惯施肥处理(NAM₀)和习惯施肥+7‰添加剂(NAM₇),习惯施肥施肥量与上一年一致。

1.1.5 西北地区春玉米、苹果和冬小麦试验

春玉米试验布设于陕西省合阳县甘井镇甘井村(35°20'N, 110°05'E),设置3个处理:配方施肥(N:P₂O₅:K₂O=1:0.5:0.5,总养分73.4 kg/667 m², NAM₀);配方施肥+5‰抑制剂(NAM₅);配方施肥+7‰抑制剂(NAM₇)。苹果(富士)试验布设于陕西省合阳县甘井镇万年村(35°17'N, 110°05'E),设置3个处理:配方施肥(N:P₂O₅:K₂O=1:0.8:1,总养分量为70 kg/667 m², NAM₀);配方施肥+5‰抑制剂(NAM₅);配方施肥+7‰抑制剂(NAM₇)。冬小麦试验布设于陕西省合阳县甘井镇甘井村(35°

20'N, 110°05'E),设置3个处理:配方施肥(N:P₂O₅:K₂O=1:0.5:0.17,总养分60 kg/667 m², NAM₀);配方施肥+5‰抑制剂(NAM₅);配方施肥+7‰抑制剂(NAM₇)。春玉米、冬小麦、苹果试验供试土壤均为黄土母质上发育的垆土,供试肥料均为尿素(46% N),过磷酸钙(17% P₂O₅),硫酸钾(50% K₂O)。

1.1.6 东北地区玉米试验

玉米试验布设于辽宁省昌图县仁里村,试验设置3个处理:常规施肥处理(复合肥料N:P₂O₅:K₂O=26:11:11,总施肥量为48 kg/667 m², NAM₀);常规施肥+9‰抑制剂(NAM₉);常规施肥+15‰抑制剂(NAM₁₅)。

1.2 数据处理与分析

采用SPSS 17.0进行数据统计与分析,方差分析采用LSD和Duncan's方法。

2 结果与分析

2.1 不同抑制剂添加量对华南地区作物产量的影响

由表1可看出,与不添加抑制剂处理(NAM₀)的茶树产量相比,施用2.5‰~7.5‰抑制剂处理(NAM_{2.5}、NAM₅、NAM_{7.5})的茶青产量随着抑制剂用量的增加而增加,增产幅度达到0.40%~6.94%,而施用10‰抑制剂处理(NAM₁₀)的茶青产量出现减产现象,减产幅度为1.97%。抑制剂加入量为7.5‰时,茶树增产效果最好,茶树产量显著高于NAM₀的茶树产量($P<0.05$)。高量抑制剂施用(NAM₁₀)会造成茶树减产,这应该是由高量抑制剂对尿素向氨氮的水解过程以及氨氮向硝氮的转化过程抑制作用较强,造成茶树生长前期供氮不足,导致茶树减产。基于此可得出适宜中国华南地区茶树的抑制剂推荐施用量为7.5‰左右。

表1 不同抑制剂添加量对作物产量和增产率的影响(华南)

茶叶			龙眼		
处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)	处理	产量(kg/株)	增产率(%)
NAM ₀	20 754b	—	NAM ₀	16.48c	—
NAM _{2.5}	20 836b	0.40	NAM ₇	19.37ab	17.52
NAM ₅	21 383ab	3.03	NAM ₈	20.59a	24.92
NAM _{7.5}	22 195a	6.94	NAM ₉	18.49b	12.20
NAM ₁₀	20 346b	-1.97			

与NAM₀的龙眼产量相比,所有添加抑制剂处理的龙眼产量均显著高于NAM₀的龙眼产量($P<0.05$),增产幅度在12.20%~24.92%。龙眼的增产幅度随抑制剂用量增加呈现先增加后降低的趋

势,在抑制剂添加量为8‰时龙眼产量达到最高。说明添加一定量的抑制剂可提高龙眼的产量,但高量或低量的抑制剂都会影响龙眼增产效果,这应该是抑制剂调控肥料的释放速度和龙眼

的需肥规律共同导致。

2.2 不同抑制剂添加量对华东地区作物产量的影响

由表 2 可知,添加抑制剂处理的小麦产量均比 NAM₀ 的高,其中 NAM_{3.3} 和 NAM_{6.0} 的产量显著高

于 NAM₀ ($P<0.05$)。添加抑制剂处理的小麦产量增幅在 0.47%~14.30%之间,增幅随抑制剂添加量的增加先增加后降低,在抑制剂添加量为 6‰ 时达到最高 14.30%,之后产量大幅降低。因而推荐华东地区冬小麦抑制剂的最佳施用量为 6‰ 左右。

表 2 不同抑制剂添加量对作物产量和增产率的影响(华东)

冬小麦			夏玉米			春花生		
处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)	处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)	处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)
NAM ₀	5 475b	—	NAM ₀	12 803b	—	NAM ₀	7 995b	—
NAM _{5.3}	6 184a	12.96	NAM _{2.8}	12 945b	1.00	NAM _{1.8}	8 380b	4.82
NAM _{6.0}	6 258a	14.30	NAM _{3.4}	13 106ab	2.37	NAM _{2.5}	8 636ab	8.02
NAM _{8.6}	5 575b	1.84	NAM _{5.6}	13 030ab	1.76	NAM _{3.7}	8 650ab	8.20
NAM ₁₀	5 500b	0.47	NAM _{6.8}	14 242a	10.98	NAM _{5.0}	8 968a	12.17

与 NAM₀ 的夏玉米籽粒产量相比, NAM_{6.8} 的玉米产量显著增加 ($P<0.05$), 增幅达到 10.98%, 说明较低量的抑制剂添加不能明显促进华东地区夏玉米产量的提高, 这可能是因为玉米的生育期较长, 抑制剂添加量越高, 其对尿素水解和硝化过程的抑制作用越强, 从而能够使肥料长时间保持在土壤中, 保障玉米后期需肥和促进玉米生长及产量提高。故而推荐华东地区夏玉米抑制剂的最佳施用量为 7‰ 左右。

与 NAM₀ 的春花生产量相比, 添加抑制剂处理的春花生产量均明显提高 4.82% ~ 12.17%, 其中 NAM_{5.0} 的花生产量显著高于 NAM₀ 处理 ($P<0.05$)。且花生产量的增幅随抑制剂添加量的增加而增加, 呈正相关关系, 实验中最高抑制剂添加量 5.0‰ 处理对应的增产率为 12.17%。因而推

荐华东地区春花生抑制剂的最佳施用量为 5‰ 左右。

2.3 不同抑制剂添加量对华中地区作物产量的影响

由表 3 可知, 与 NAM₀ 相比, 施用抑制剂处理的早稻产量出现不同程度的降低或无明显增加, 应该是因为早稻施 N 肥较少 (150 kg/hm²), 且抑制剂的添加量较低, 无法体现其长效供肥的作用。在早稻实验的基础上, 晚稻的氮肥施用量为 180 kg/hm², 且抑制剂添加量也成倍增加。实验结果表明, 施用抑制剂处理的晚稻出现明显的增产效果, 且增幅随抑制剂添加量的增加而增加, 在抑制剂添加量为 12‰ 时的增产幅度达到 8.74%, 显著高于 NAM₀ 的晚稻产量 ($P<0.05$)。由此推荐华中地区水稻的抑制剂施用量为 12‰ 左右。

表 3 不同抑制剂添加量对作物产量和增产率的影响(华中)

早稻			晚稻		
处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)	处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)
NAM ₀	8 722a	—	NAM ₀	5 723b	—
NAM ₂	8 672a	-0.57	NAM ₄	5 945b	3.88
NAM ₄	8 419b	-3.47	NAM ₈	6 056ab	5.83
NAM ₆	8 747a	0.29	NAM ₁₂	6 223a	8.74

2.4 不同抑制剂添加量对西南地区作物产量的影响

由表 4 可知, 8‰ 的抑制剂添加量对月季的增产幅度最大, 达到 6.56%, 而 NAM₇ 的月季出现了 1.64% 的减产, NAM₉ 的月季增产幅度不高, 仅为 4.92%。方差分析结果表明, NAM₈ 和 NAM₉ 的月季产量显著高于 NAM₀ 和 NAM₇ ($P<0.05$)。对香石竹而言, 添加 7‰ 抑制剂能增产 2.11%, 而 NAM₈ 和 NAM₉

的香石竹均出现了大幅减产 (-11.97% 和 -11.27%), 显著低于 NAM₀ 和 NAM₇ ($P<0.05$)。次年接着对最优抑制剂添加量进行了连续性验证实验, 结果表明添加 8‰ 的抑制剂能对月季产生显著的增产效果 (16.67%, $P<0.05$), 添加 7‰ 的抑制剂能持续对香石竹产生显著的增产效果 (12.10%, $P<0.05$)。云南花卉年际间增产幅度的差异, 可能是因为当年较高含量的抑制剂施用导致氮肥肥效变缓, 无法

满足当年花卉对氮肥的需求,而当年肥料在土壤中的留存为次年花卉的生长提供了充足的养分,故而抑制剂施用当年的增产效果不明显,而次年增产效果显著。由此可得出云南花卉的抑制剂推荐施用量为7‰~8‰。

表4 不同抑制剂添加量对作物产量和增产率的影响(西南)

月季				香石竹		
	处理	产量(枝/667 m ²)	增产率(%)	处理	产量(枝/667 m ²)	增产率(%)
2009 年	NAM ₀	12 558b	—	NAM ₀	94 714a	—
	NAM ₇	12 352b	-1.64	NAM ₇	96 715a	2.11
	NAM ₈	13 381a	6.56	NAM ₈	83 375b	-11.97
	NAM ₉	13 175a	4.92	NAM ₉	84 042b	-11.27
2010 年	NAM ₀	11 858b	—	NAM ₀	82 708b	—
	NAM ₈	13 834a	16.67	NAM ₇	92 713a	12.10

2.5 不同抑制剂添加量对西北地区作物产量的影响

西北地区苹果的不同抑制剂添加量实验结果表明(表5),与NAM₀相比,添加5‰和7‰的抑制剂均会显著增加苹果的产量($P<0.05$),增产率分别达到22.33%和27.83%,因而西北苹果种植区抑制剂的推荐施用量为7‰左右。

抑制剂施用于西北种植春玉米土壤时,只有

5‰的抑制剂添加量提高了玉米产量1.97%,但与NAM₀的产量差异不显著,且添加7‰的抑制剂反而使玉米产量减少3.60%。这可能是因为西北地区干旱,土壤水分的缺乏使抑制剂无法发挥其对氮肥的缓释效果,因而对作物增产的效果不明显。根据本实验研究结果,西北地区玉米的抑制剂推荐施用量为5‰左右。

当抑制剂添加量为5‰时,冬小麦小幅减产,

表5 不同抑制剂添加量对作物产量和增产率的影响(西北)

苹果			春玉米			冬小麦		
处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)	处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)	处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)
NAM ₀	19 350b	—	NAM ₀	8 455ab	—	NAM ₀	2 241ab	—
NAM ₅	23 670a	22.33	NAM ₅	8 622a	1.97	NAM ₅	2 191b	-2.21
NAM ₇	24 735a	27.83	NAM ₇	8 151b	-3.60	NAM ₇	2 322a	3.63

当抑制剂添加量达到7‰时,冬小麦产量增加3.63%,但增产效果不显著。由此可得出在西北冬小麦抑制剂的推荐施用量应不少于7‰。

综上可知,西北地区干旱的气候特征导致抑制剂的作用无法充分发挥,抑制剂对西北地区作物的增产幅度有限。

2.6 不同抑制剂添加量对东北地区作物产量的影响

由表6可知,当抑制剂添加量为9‰时玉米的

增产率为7.67%,当抑制剂添加量为15‰时玉米的增产率为3.45%,且NAM₉和NAM₁₅的产量显著高于NAM₀,增产效果显著($P<0.05$)。玉米的增产率随抑制剂添加量的增加而减少,这可能也是因为过高的抑制剂施用量导致氮肥肥效过缓释放,不能满足玉米前期生长的需肥,从而减弱抑制剂对玉米的增产效果。因而,东北地区玉米的抑制剂推荐施用量为9‰左右。

2.7 全国不同区域抑制剂的推荐施用量

综合以上分析结果可以得到表7,在种植茶叶、龙眼、花卉等经济作物的华南和西南地区,适宜的抑制剂添加比例为7‰~8‰,西北苹果和冬小麦的抑制剂推荐施用量均为7‰,西北玉米的抑制剂推荐施用量为5‰。华东地区冬小麦、夏玉米、春花生等作物的抑制剂推荐添加量稍低,为5‰~7‰。而东北地区玉米的抑制剂添加量稍高于全国平均水平,这可能是因为东北地区只能

表6 不同抑制剂添加量对作物产量和增产率的影响(东北)

水稻		
处理	产量(kg/hm ²)	增产率(%)
NAM ₀	9 120c	—
NAM ₉	9 820a	7.67
NAM ₁₅	9 435b	3.45

种植一季作物、气温低导致玉米生育期很长(120天左右),需要较高的抑制剂添加量充分延长肥料的可利用时间来增加作物产量。华中水稻种植地区抑制剂推荐使用量最高,这可能是因为水田相较

旱地处于厌氧环境,且水稻的生育期较长(90天左右),抑制剂含量达到一定高的水平才能发挥其增产作用。进一步总结也可以发现水田的抑制剂推荐使用量(12‰)高于旱地作物(5‰~9‰)。

表7 全国抑制剂推荐施用量

区域	添加量(‰)	增产率(%)	区域	添加量(‰)	增产率(%)
华南	7~8	6.94~24.92	西南	7~8	12.10~16.67
华东	5~7	11.24~14.30	西北	5~7	1.97~27.83
华中	12	8.74	东北	9	7.67

3 小 结

本研究结果表明,抑制剂的施用能对中国各区域的多种作物产生明显的增产效果(1.97%~27.83%)。其中华南地区茶树和龙眼的抑制剂推荐施用量为7‰~8‰,华东地区冬小麦、夏玉米和春花生的抑制剂推荐施用量分别为6‰、7‰和5‰,华中地区水稻的抑制剂推荐施用量为12‰,西南月季和香石竹的抑制剂推荐施用量分别为8‰和7‰,西北苹果和小麦的抑制剂推荐施用量均为7‰,西北玉米的抑制剂推荐施用量为5‰,东北玉米的抑制剂推荐施用量为9‰左右。综上所述,茶叶、龙眼、花卉、苹果等经济作物的抑制剂推荐使用量为7‰~8‰,小麦、玉米、春花生等粮油作物的抑制剂推荐添加量稍低,为5‰~9‰;水田的抑制剂推荐使用量为12‰,高于旱地作物(5‰~9‰)。

参考文献:

- [1] 张福锁,江荣风,杨相东,等.缓/控释肥料发展中的问题及对策[J]. 中国农资,2005(10):51-52.
- [2] McCarty G W. Modes of action of nitrification inhibitors[J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 29(1): 1-9.
- [3] Zaman M, Saggar S, Blennerhassett J D, et al. Effect of urease and nitrification inhibitors on N transformation, gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, pasture yield and N uptake in grazed pasture system[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2009, 41(6): 1270-1280.

- [4] 郑福丽,李 彬,李晓云,等.脲酶抑制剂的作用机理与效应[J]. 吉林农业科学,2006(6):25-28.
- [5] 武志杰,石元亮,李东坡,等.稳定性肥料发展与展望[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(6):1614-1621.
- [6] 王 亮,秦玉波,于阁杰,等.新型缓控释肥的研究现状及展望[J]. 吉林农业科学,2008(4):38-42.
- [7] 顾 艳,吴良欢,胡兆平.土壤pH值和含水量对土壤硝化抑制剂效果的影响(英文)[J]. 农业工程学报,2018,34(8):132-138.
- [8] 赵婉伊,徐卫红,王崇力,等.脲酶-硝化抑制剂缓释肥对不同土壤氮素释放特性及黄瓜NPK吸收利用的影响[J]. 水土保持学报,2017,31(3):250-257.
- [9] 王小彬, Bailey L D, Grant C A, 等.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.
- [10] 王雪薇,刘 涛,褚贵新.三种硝化抑制剂抑制土壤硝化作用比较及用量研究[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(1):54-61.
- [11] 王玲莉,古慧娟,石元亮,等.尿素配施添加剂NAM对三江平原白浆土氮素转化和玉米产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2012(2):34-38.
- [12] 张文学,王少先,夏文建,等.脲酶抑制剂与硝化抑制剂对稻田土壤硝化、反硝化功能菌的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(6):897-909.
- [13] 丁 芳,曾路生,石元亮,等.抑制剂NAM对盐渍土壤酶活性、微生物量和蔬菜品质的影响[J]. 华北农学报,2017,32(增刊):296-301.
- [14] 夏婷婷,苏效坡,肖焱波,等.恩泰克长效稳定性肥料对玉米生长及硝酸盐淋失的影响[J]. 吉林农业科学,2015,40(3):46-49.

(责任编辑:刘洪霞)