

氨释放物在植物保护中的应用

陈 卉^{1, 2}, 叶 勇², 杨 剑^{1*}

(1. 深圳职业技术学院, 广东 深圳 518055; 2. 厦门大学, 福建 厦门 361005)

摘要: 近年来很多研究发现, 合理地施用氨释放物不仅能够为植物提供必需的营养元素, 而且对植物病害、杂草有很好的防治作用。鉴此, 综述了氨释放物在植物保护中防治根结线虫、病原真菌和杂草方面的研究应用状况, 并探讨了其相关机制。

关键词: 氨释放物; 植物保护; 根结线虫; 病原真菌; 杂草; 防治

中图分类号: S474+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)01-0011-04

Use of Ammonia-releasing Compounds for Plant Protection

CHEN Hui^{1, 2}, YE Yong², YANG Jian^{1*}

(1. Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China; 2. Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: In recent years, many studies found that a reasonable application of ammonia releasing compounds not only provided necessary plant nutrients, but also had a good control effect on plant diseases and weeds. This paper reviews the use of ammonia releasing compounds for controlling root-knot nematodes, pathogenic fungi and weeds and explores its relevant mechanisms.

Key words: Ammonia-releasing compounds; Plant protection; Root-knot nematodes; Pathogenic fungi; Weed; Control

植物在生长和发育过程中, 经常受到各种不良环境生物和非生物的影响, 严重时造成栽培植物产量和品质下降、植被和森林被毁, 甚至导致饥荒。根结线虫、病原真菌和杂草是几种常见的农业有害生物, 常常对植物的生长造成严重的危害, 成为植物保护中重要的防治对象。目前, 对农业有害生物的防治主要依赖于化学方法, 杀线剂、杀菌剂、除草剂等化学农药由于具有作用迅速、效果显著、省工省时等特点受到广泛应用。但是, 随着公众环保意识的增强和有害生物抗药性的产生, 化学农药的应用逐渐受到限制, 综合防治已成为控制植物病虫害研究的重点。近年来很多研究发现, 合理地施用氨释放物不仅能够为植物提供必需的营养元素, 而且对植物病害、杂草有很好的防治作用。常用的氨释放物有铵态氮肥、尿素、有机氮肥等, 它们通过生物化学、物理化学、物理、化学等过程转化为 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, 并通

过相关作用机制达到防治农业有害生物的目的。鉴此, 从对根结线虫、病原真菌和杂草的防治方面综述了氨释放物在植物保护中的研究应用状况。

1 氨释放物在根结线虫防治中的应用

根结线虫在全世界广泛分布, 是寄生于作物根部, 严重危害世界农业生产的一类植物病原体。病害发生后, 植物一般减产 10% 左右, 严重的高达 75%^[1]。同时它能使真菌和细菌更易于侵染植物, 是诱发植物严重病害的重要原因之一。事实上, 应用有机或无机的氨释放物防治植物线虫病害早有报道, 氨对有机体的毒性取决于它对质膜的破坏作用和它的强碱性质。

1.1 铵态氮肥的杀线活性

铵态氮肥是农业生产上经常使用的化学肥料, 目前国外部分相关研究表明: 利用氨水、碳酸氢铵等

收稿日期: 2010-08-11

基金项目: 深圳市科技计划项目(2007K158BA)

作者简介: 陈 卉(1987-), 女, 福建莆田人, 在读硕士研究生, 研究方向: 杂草控制以及生物技术。

E-mail: chenhui87081@yahoo.com.cn

* 通讯作者: 杨 剑(1965-), 男, 湖北罗田人, 教授, 主要从事杂草无公害控制及生物技术研究。E-mail: yang95918@yahoo.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

铵态氮肥能有效地控制根结线虫病,避免高毒化学杀线剂的施用和抗药性的产生,可以很好地保护生态环境,有利于农业生产的可持续发展。Mesorley 等研究发现,0.014 mol/L 的 NH_4HCO_3 对长尾刺线虫具有除杀作用^[2]。Oka 等利用含铵化合物控制爪哇根结线虫的试验结果表明,含 NH_4^+ 为 0.02 mol/L 的 NH_4OH 、 NH_4HCO_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 在碱性沙质土壤中表现出极好的杀线虫效果^[3]。同时也表明,在那些 pH 最大的含 NH_4^+ 溶液中其杀线虫活性最强,因为在碱性溶液中氨更容易释放出来。

1.2 有机氮肥的杀线活性

各种有机氮肥均具有潜在的杀线能力,几丁质、污泥、城市生活垃圾和牲畜粪便等已在植物寄生性线虫的防治中应用^[4]。动物粪便或堆肥是最常用的土壤沃肥和疾病控制的添加剂,鸡粪已被证实具有杀线作用^[5]。另有研究表明,堆肥和生活污泥同样具有除杀根结线虫的作用^[6]。在以色列,通常把堆肥作为基肥,在作物种植前与土壤混施,并在植物生长期添加海鸟粪、羽毛粉等氮释放有机物来控制线虫^[7]。Akhtar 等^[8]研究表明,在土壤中添加含 N 110 kg/hm² 的印楝油饼、堆肥粪便以及尿素,有效地减少了木豆寄生线虫的数量,同时还促进了木豆的生长,其原因可能是由线虫所致的病害减少。

有机氮肥杀线的作用机制主要有:①有些有机氮肥(例如印楝)含有的某些物质可直接作用于病原体^[9],除杀植物寄生性线虫;②在微生物的作用下分解并释放出氨、亚硝酸盐、硫化氢、有机酸等化学物质,可能对线虫具有直接的除杀作用,或影响其孵化率和存活率^[10-11];③可通过其分解过程促进天敌微生物的生长从而抑制病原体^[12]。

2 氨释放物在防治病原真菌方面的应用

真菌病害是作物产量损失的主要原因之一,作物病害的 80% 是由病原真菌引起的。由于传统的化学杀菌剂甲基溴显著消耗臭氧层,被世界各国禁用或限用,促使人们积极开发新的、高效的土壤消毒技术来替代甲基溴的使用。关于 NH_3 对真菌有除杀作用的报道已有很多^[13],常用的氨释放物有土壤有机添加剂、液氨、含铵化合物。

2.1 氨释放物的杀真菌活性

尿素水解后释放出的 NH_3 能够抑制多种真菌病原物的生长^[14]。Bothast 等^[15]发现,用谷物干质量 5% 的 NH_3 处理谷物可减少其所感染的各种霉菌和酵母菌数量,从而防止谷物发霉腐烂。另外,能够释放 NH_3 并杀死土传病原真菌的有机添加剂也

有很多种,包括蛋白质类、几丁质类、动物粪便、植物残体等^[16-18],它们通过直接的抑制作用、微生物区系的调节、诱导作物抗性和改良土壤结构等方式,来控制土传病害,但其效用和土壤类型、添加剂的来源和生产方式以及病原物有关。Zhou 和 Everts^[19]通过盆栽试验表明,覆盖在瓜田表层的毛野豌豆残体能够释放 NH_3 ,从而降低西瓜植株枯萎病的发病率。Zakaria 等^[20]论证了添加油籽饼的土壤中 NH_3 含量和尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)、腐皮镰刀菌(*F. solani*)减少量之间的关系。此外,有机添加剂还能增强土壤肥力,改善土壤微生物环境,提高农产品产量和品质,也是把农业技术防治与生物防治相结合防治植物土传病害的有效措施,在未来植物土传有害生物的防治中有巨大的应用潜力^[21]。

2.2 土壤有机添加剂与日晒相结合防治病原真菌

土壤有机添加剂与日晒相结合能显著提高杀菌效果^[22]。化学土壤消毒常常导致土壤中微生物种群数量低,这种土壤更易受病原物的侵染。向土壤中添加有机物并进行日晒可使土壤病原物减少并提高微生物种类,这些微生物将抑制土壤中病原物的恢复,长期效应也非常显著。

3 氨释放物在杂草防除中的应用

土壤种子库中含有大量的杂草种子,它们可以在土壤中存活几十年并在适宜的条件下萌发^[23]。这些杂草发生快、密度大、生长迅速、竞争力强,同时是植物病害和虫害的中间寄主,对草坪或其他作物生长构成严重威胁,因此,杂草防除意义重大。

3.1 氨释放物的除草活性

关于 NH_3 抑制植物种子萌发、幼苗生长的报道有很多。20 世纪 90 年代初,玉米蛋白粉作为无公害天然萌前除草剂成功应用在草坪及有机农业一年生杂草防治上,而玉米蛋白粉中具有根抑制活性的成分一直被认为是蛋白质^[24]。但随后杨剑^[25]研究指出,具有直接除草活性的物质是植物蛋白经微生物分解所产生的游离 NH_3 而不是蛋白质。低剂量的氨对植物有利^[26],但是高剂量的氨可使土壤或植物组织中氮过量累积,破坏土壤中一系列养分平衡,导致植物萌发、幼苗生长受到抑制,产量减少等。Teasdale 等^[27]研究发现, NH_3 能够抑制杂草藜的萌发。游离氨从开始毒害到严重毒害时 NH_3 的浓度范围一般在 0.15~6.0 mmol/L^[28]。Dandrieux 等^[29]在模拟氨泄漏对植物的影响研究时发现,暴露在氨中的幼苗死亡率与暴露时间和氨的质量浓度有关,时间越长,质量浓度越高,死亡率越高。暴露在

105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NH_3 中的帚石南 (*Calluna vulgaris*) 幼苗比暴露在 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 中的幼苗存活率低 20%^[30]。

3.2 氨释放物除草活性的机制探讨

植物对 NH_3 的吸收量超过其同化能力时, 积累的 NH_3 及其衍生物就会产生一系列的毒害作用:

(1) 从个体水平上看, 降低植物发芽率和存活率, 并抑制植物生长^[31]; (2) 在细胞水平上则促进氯离子、硫酸根离子、磷酸根离子等阴离子的吸收, 从而减少对钙镁离子的吸收^[32]; NH_4^+ 穿过生物膜也增加了细胞能量的消耗^[33]。

当环境中的 NH_3 含量高于植物的 NH_3 补偿点时, 植物叶片就对 NH_3 产生净吸收^[34], 不仅使植物的氮素代谢发生变化, 同时影响植物体内的酸碱平衡^[35]。已有的研究结果认为, NH_3 的毒性主要是抑制根部呼吸, 影响还原态吡啶核苷酸脱氢氧化过程, 抑制 NADH-NAD 反应的电子传递过程, 从而使氧化磷酸化作用遭到破坏, 能量不能积累于高能磷酸键^[36]。在对植物光合作用的影响方面, 光合效率的降低和活性氧的过量累积是 NH_3 毒害并抑制植物生长的机制之一^[37]。高剂量的 NH_3 在叶绿体的类囊体膜上使光合磷酸化偶联发生解联, 减少碳水化合物的产量, 影响叶绿素和 ATP 的合成, 减弱植物光合作用^[38], 使细胞内的许多生理过程受到抑制, 其毒害程度主要取决于 pH 值, pH 值高时, 氨毒害就严重^[39]。

4 展望

在植物保护中, 氨释放物施用合理, 可为植物提供所需的营养, 使其不易受病、虫、杂草的危害; 施用不合理, 也会带来诸多的负面影响, 易受外界环境的胁迫, 即抗性减退、产量减少、外观质量下降等。因此, 要充分发挥氨释放物在植物保护中的作用, 就必须了解不同植物在不同生长期对氨的耐受能力, 掌握正确的施用时间和施用量, 创造最佳的水热条件。

参考文献:

- [1] 汪来发, 杨宝君, 李传道. 根结线虫生物防治研究进展 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26(1): 64-68.
- [2] Mcsorley R, McGovern R J. Effects of solarization and ammonium amendments on plant parasitic nematodes [J]. Journal of Nematology, 2000, 32(4s): 537-541.
- [3] Oka Y, Pivonia S. Use of ammonia-releasing compounds for control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* [J]. Nematology, 2002, 4(1): 65-71.
- [4] Akhtar M, Alam M M. Effect of crop residues amend-

ments to soil for the control of plant-parasitic nematodes [J]. Bioresource Technol, 1992, 41: 81-83.

- [5] Riegel C, Noe J P. Chicken litter soil amendment effects on soil borne microbes and *Meloidogyne incognita* on cotton [J]. Plant Dis, 2000, 84: 1275-1281.
- [6] Oka Y, Yermiyahu U. Nematode-suppressive effects of composts against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato [J]. Nematology, 2002, 4: 891-898.
- [7] Oka Y, Shapira N, Fine P. Control of root-knot nematodes in organic farming systems by organic amendments and soil solarization [J]. Crop Protection, 2007, 26: 1556-1565.
- [8] Akhtar M, Mahmood I. Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil [J]. Applied Soil Ecology, 1996, 4: 243-247.
- [9] Mojumdar V. The neem tree, *Azadirachta indica* A. Juss. and other meliaceae plants: source of unique natural products for integrated pest management, industry, and other purposes [R]. Weinheim: VCH, 1995.
- [10] Elmiligi I A, Norton D C. Survival and reproduction of some nematodes as affected by muck and organic acids [J]. Nematology, 1973, 5: 50-54.
- [11] Badra T, Eligindi D M. The relationship between phenolic content and *Tylenchulus semipenetrans* populations in nitrogen amended citrus plants [J]. Nematologie, 1979, 2: 161-164.
- [12] Rodriguez Kabana R, Morgan Jones G, Chft I. Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists [J]. Plant Soil, 1987, 100: 237-247.
- [13] Tsao P H, Oster J J. Relation of ammonia and nitrous acid to suppression of *Phytophthora* in soils amended with nitrogenous organic substances [J]. Phytopathology, 1981, 71: 53-59.
- [14] Chun D, Lockwood L. Reductions of *Pythium ultimum*, *Thielaviopsis basicola*, and *Macrophomina phaseolina* populations in soil associated with ammonia generated from urea [J]. Plant Disease, 1985, 69: 154-158.
- [15] Bothast R J, Lancaster E B, Hesseltine W. Ammonia kills spoilage molds in corn [J]. Journal of Dairy Science, 1972, 56(2): 241-245.
- [16] Johnson A W, Golden A M, Auld D L, et al. Effects of rapeseed and vetch as green manure crops and fallow on nematodes and soilborne pathogens [J]. Nematol, 1992, 24: 117-126.
- [17] Bell A A, Hubbard J C, Liu L, et al. Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of Fusarium yellows of celery [J]. Plant Dis, 1998, 82: 322-328.
- [18] Aryantha I P, Cross R, Guest D I. Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in potting mixes amended with

- uncomposted and composted animal manures[J]. *Phytopathology*, 2000, 90: 775-782.
- [19] Zhou X G, Everts K L. Suppression of Fusarium wilt of watermelon by soil amendment with hairy vetch [J]. *Plant Dis*, 2004, 88: 1357-1365.
- [20] Zakaria M A, Lockwood J L. Reduction in Fusarium populations in soil by oilseed meal amendments [J]. *Phytopathology*, 1980, 70: 240-243.
- [21] Oka Y, Tkachi N, Shuker S, *et al.* Laboratory studies on the enhancement of nematicidal activity of ammonia-releasing fertilisers by alkaline amendments [J]. *Nematology*, 2006, 8: 335-346.
- [22] Keinath A P. Soil amendment with cabbage residue and crop rotation to reduce gummy stem blight and increase growth and yield of watermelon [J]. *Plant Dis*, 1996, 80: 564-570.
- [23] Purvis C E, Jessop R S, Lovett J V. Selective regulation of germination and growth of annual weeds by crop residues [J]. *Weed Research*, 1985, 25: 415-421.
- [24] Christians N E. Preemergence weeds control using corn gluten meal [P]. US: 5030268, 1991-07-09.
- [25] 杨剑. 豆粕的萌前除草活性及其对土壤微生物的生态效应 [D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
- [26] Pearson J, Stewart G R. The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants [J]. *New Phytologist*, 1993, 125 (2): 283-305.
- [27] Teasdale J R, Pillal P. Contribution of ammonium to stimulation of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus* L.) germination by extracts of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) residue [J]. *Weed Biology and Management*, 2005, 5: 19-25.
- [28] Mengel K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops [J]. *Plant and Soil*, 1982, 181: 83-93.
- [29] Dandrieux A, Dusserre G, Ollivier J, *et al.* Feedback information of an accidental ammonia dispersion: use of phyto-references [J]. *Loss Prevention in the Process Industries*, 2001, 14: 357-364.
- [30] Dueck T A. Effect of ammonia and sulphur dioxide on the survival and growth of *Calluna vulgaris* (L.) Hull seedlings [J]. *Funct Ecol*, 1990, 4: 109-116.
- [31] Westwood J H, Foy C L. Influence of nitrogen on germination and early development of broomrape (*Orobancha* spp.) [J]. *Weed Sci*, 1999, 47: 2-7.
- [32] Gloser V, Gloser J. Nitrogen and base cation uptake in seedlings of *Acer pseudoplatanus* and *Calamagrostis villosa* exposed to an acidified environment [J]. *Plant Soil*, 2000, 226: 71-77.
- [33] Britto D T, Siddiqi M Y, Glass A D M, *et al.* Futile transmembrane NH_4^+ cycling: a cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2001, 98: 4255-4258.
- [34] Farquhar G D, Firth P M, Wetselaar R, *et al.* On the gaseous exchange of ammonia between leaves and the environment: determination of the ammonia compensation point [J]. *Plant Physiol*, 1980, 66: 710-714.
- [35] Wolfenden J, Mansfield T A. Physiological disturbances in plants caused by air pollutants [J]. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 1991, 97(B): 117-138.
- [36] 孙羲. 土壤肥科学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1991: 65-67.
- [37] Chao W, Song H Z, Pei F W, *et al.* Metabolic adaptations to ammonia-induced oxidative stress in leaves of the submerged macrophyte *Vallisneria spiralis* (Lour.) Hara [J]. *Aquatic Toxicology*, 2008, 87: 88-98.
- [38] van Hove L W A, Bossen M E. Physiological effects of five months exposure to low concentrations of O_3 and NH_3 on Douglas Fir (*Pseudotsuga Menziesii*) [J]. *Physiologia Plantarum*, 1994, 92(1): 140-148.
- [39] 沈其荣. 土壤肥科学通论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 176-177.