

磷化氢对水稻种子萌发过程及生理特性的影响

张迪, 牛晓君*, 米丽娜, 魏爱书, 伍健东

(华南理工大学环境科学与工程学院, 工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室, 广东广州, 510006)

摘要 [目的]探讨磷化氢对水稻种子萌发过程及其生理特性的影响。[方法]通过模拟试验研究环境中高浓度磷化氢对水稻种子萌发过程及其生理特性的影响,探讨水稻土中磷循环过程中磷化氢对水稻生长的初期环境生态效应。[结果]环境中磷化氢的存在导致水稻种子的发芽率、发芽势分别下降11.11%、19.71%;同时水稻种子萌发过程中的过氧化氢酶(CAT)活性减少94.35%,过氧化物酶(POD)活性减少92.61%,丙二醛(MDA)含量最大增长29.11%。说明水稻种子在高浓度磷化氢影响下,发芽力及生长状况都受到了抑制作用。[结论]该研究为自然界中磷化氢对水稻种子萌发过程影响的研究提供了理论依据。

关键词 水稻;磷化氢;种子萌发;生理特性

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)01-00263-03

Effects of Phosphine on Germination and Physiological Characteristics of Rice Seeds

ZHANG Di et al (College of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology / Key Laboratory of Pollution Control and Ecological Restoration in Industrial Cluster District, Ministry of Education, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract [Objective] This study aimed to investigate the effects of phosphine on germination and physiological characteristics of rice seeds. [Method] Simulation environments were conducted to study the effects of high-level phosphine on germination status and physiological characteristics of rice seeds and explore the early environmental and ecological effects of phosphine on rice growth in phosphorus cycle of paddy field. [Result] Experimental results showed that the increase of phosphine concentration in the environment results in the decrease of germination rate and germination potential by 11.11% and 19.71%, respectively. In addition, the activities of catalase (CAT) and peroxidase (POD) were reduced to 94.35% and 92.61%, respectively; the content of malondialdehyde (MDA) was maximally increased by 29.11%, indicating that both germination potential and growth condition of rice seeds were inhibited under conditions of high-level phosphine. [Conclusion] This study provided theoretical basis for investigating the effects of phosphine on germination of rice seeds in the natural environment.

Key words Rice; Phosphine; Seed germination; Physiological characteristics

在自然界的磷循环过程中,长期以来一直认为气态磷化氢(PH_3)是不存在的。直到1988年,Dévai等在污泥生物处理过程中发现有磷化氢存在^[1]。之后随着磷化氢的分析方法和检测手段的改进,在湿地、水库、养殖场、海洋、湖泊等环境中,都发现了磷化氢气体的存在^[2-6]。同时,水稻田中也发现了有磷化氢的存在^[7]。目前,磷化氢作为自然界中磷循环的气相载体,已被广泛发现,其对环境的影响也越来越引起人们的重视。牛晓君等^[8]研究了富营养化水体痕量磷化氢的动态释放对湖泊中的铜绿微囊藻(Microcystis)生长的影响,结果发现在一定范围内磷化氢及其氧化物均可促进铜绿微囊藻的生长,富营养水体磷化氢的释放可能在引起湖泊水华暴发中起到了重要的作用。

种子萌发是植物生命历程的起点,包含一系列复杂的生理生化过程。长久以来,有许多学者对种子萌发进行研究^[9-12],而目前关于磷化氢对水稻种子萌发的生理生化特性方面的影响研究尚未见报道。笔者通过模拟研究高浓度磷化氢对水稻种子萌发过程及其生理特性的影响,探讨了种子发芽力以及过氧化氢酶活性、过氧化物酶活性及丙二醛生理指标对磷化氢的响应,旨在探明环境中磷化氢对水稻种子萌发过程的影响。

1 材料与方法

1.1 水稻种子培养及处理 水稻供试品种为天优3618,选自广东省农业科学院水稻研究所。水稻种子用0.2%高锰酸钾消

毒5 min,再用蒸馏水冲洗干净,浸种4 h后,放入铺有双层滤纸的培养皿中,后置于ZSX1000GS/ CO_2/PH_3 植物培养箱中培养5 d。每日光照12 h,光照强度为950 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,昼/夜温度为25/20 $^\circ\text{C}$,通入磷化氢的时间为90 min,浓度为3 ppm。

1.2 表征指标与测定方法

1.2.1 种子发芽力指标。试验设置30个样,每个重复75粒种子。发芽率以第5天露白种子百分比表示。发芽势以第2天露白种子百分比表示,以上测定每个处理均重复6次。

1.2.2 生理生化指标。紫外吸收法测定过氧化氢酶(Catalase, CAT)活性;愈创木酚比色法测定过氧化物酶(Peroxidase, POD)活性^[13];丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法^[14]。

2 结果与分析

2.1 磷化氢对水稻种子发芽力的影响 由表1、2可知,磷化氢作用下水稻种子的发芽率与发芽势均要低于空白对照的发芽率与发芽势。其中,与空白对照相比,磷化氢作用下种子的发芽率下降11.11%,种子发芽势下降19.71%。由此可见,磷化氢对种子的发芽率和发芽势均有明显影响,种子的发芽力受到磷化氢的抑制,磷化氢显著地破坏了种子的生命力。

表1 PH_3 对供试水稻发芽率的影响

处理	发芽率//%						平均发芽率//%
空白	91	87	85	90	94	84	88.5
3 ppm	78	81	80	82	75	76	78.6

2.2 磷化氢对水稻种子过氧化氢酶(CAT)活性的影响 由图1可见,模拟培养环境中,过氧化氢酶(CAT)活性均一直呈上升趋势。在萌发前期过氧化氢酶活性较低,随着萌发过程的进行,种子的过氧化氢酶活性增强显著。在磷化氢作用

下的种子过氧化氢酶活性明显低于空白对照的过氧化氢酶活性,且两者差异随着时间的延长,越来越明显。第5天时,通入磷化氢比不通磷化氢条件下CAT活性要减少94.35%。

表2 PH₃对供试水稻发芽势的影响

处理	发芽率//%					平均发芽势//%	
空白	90	84	83	91	85	93	87.6
3 ppm	65	73	71	75	66	72	70.3

过氧化氢酶(CAT)可催化H₂O₂分解为氧和水,清除体内的过氧化氢,从而使细胞免于遭受H₂O₂的危害,是生物防御体系的关键抗氧化酶^[15]。该研究结果表明,磷化氢可显著抑制水稻种子萌发时期的过氧化氢酶活性。这是因为在磷化氢的作用下,种子系统内活性氧清除酶CAT的活性受到抑制,从而进一步降低了细胞内清除活性氧的能力。而通入磷化氢比不通磷化氢条件下CAT活性减少量随着时间变化加大,可能是因为种子封闭系统对磷化氢的感应比较迟钝。当种子露白以后,种子这个封闭系统开放,呼吸作用加强,对外界条件更加敏感。随着种子的萌发时间延长,种子开始陆续露白、出芽、胚根突破种皮,种子系统对磷化氢的反应更加敏感,CAT受到的影响也就越显著。

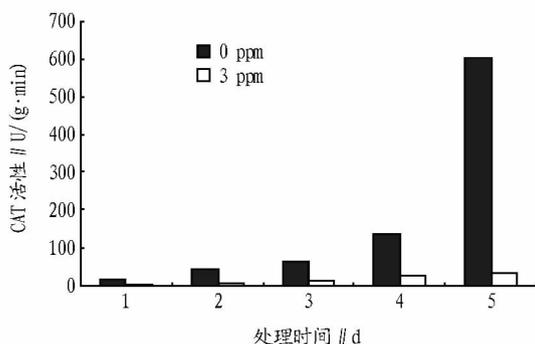


图1 磷化氢对CAT活性的影响

2.3 磷化氢对水稻种子过氧化物酶(POD)活性的影响 由图2可知,在种子萌发的过程中,过氧化物酶活性一直呈上升趋势。在萌发的第1、2天过氧化物酶活性较低,随着萌发过程的进行,种子的过氧化物酶活性显著增强。磷化氢作用下的种子过氧化物酶活性明显低于空白对照的过氧化物酶活性。在第5天时,通入磷化氢比不通磷化氢条件下POD活性要减少92.61%。

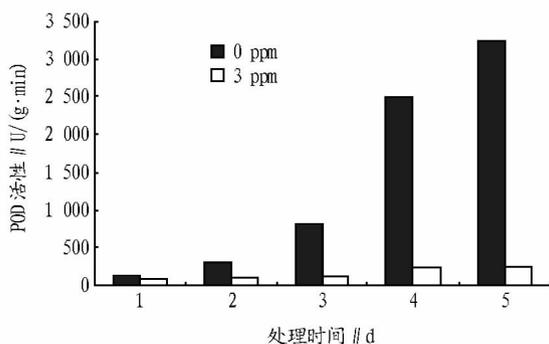


图2 磷化氢对POD活性的影响

植物体中含有大量过氧化物酶,是活性较高的一种抗氧

化酶。其作用主要是水解氧化酶催化氧化还原反应中产生的细胞毒性物质过氧化氢,从而对细胞起保护作用。该研究结果表明,磷化氢可显著抑制水稻种子萌发时期的过氧化物酶活性。通入磷化氢后,POD活性在5 d内变化幅度不大,且远小于不通磷化氢条件下的值。这可能是因为磷化氢严重破坏了POD的保护机制,从而使POD有失活的趋势。

2.4 磷化氢对水稻种子MDA含量的影响 由图3可知,在种子萌发过程中,随着磷化氢作用时间的延长,MDA含量逐渐上升。通入磷化氢条件下的丙二醛含量要大于空白对照的丙二醛含量,在第2天时差异比较明显,可能是因为第2天种子大量发芽,水稻种子系统对磷化氢感应更加敏感。

植物器官在衰老时,或者逆境条件下,往往发生膜脂过氧化作用,会产生丙二醛(MDA, malondialdehyde)。MDA作为膜质过氧化产物,具有很强的毒性。它可抑制蛋白质的合成,也可与酶反应,使其丧失活性^[16],细胞中MDA的含量可以代表其氧化损伤程度。图3表明,在磷化氢作用下水稻种子系统内丙二醛的含量显著增加,磷化氢对萌发期水稻种子具有抑制作用,且随着萌发时间的延长,抑制作用加强。

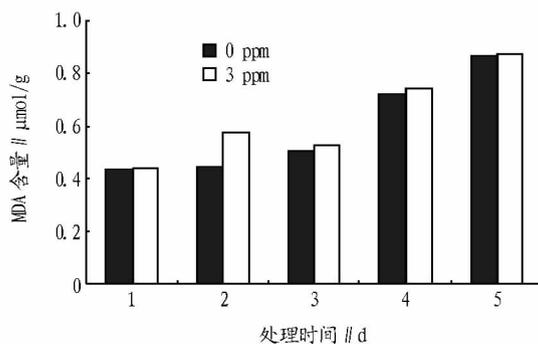


图3 磷化氢对MDA含量的影响

3 结论

(1)在磷化氢作用下,水稻种子的发芽率与发芽势都有所下降,这说明磷化氢影响了水稻种子的发芽力,对水稻种子的发芽情况有显著抑制作用。

(2)磷化氢显著影响了水稻种子的CAT活性、POD活性、MDA含量。反应5 d后,通入磷化氢比空白条件下CAT活性要减少94.35%,POD活性减少92.61%,MDA含量最大增加29.11%。可见,磷化氢可显著抑制水稻种子萌发时期的过氧化氢酶活性、过氧化物酶活性,并且使MDA量增加。

(3)通磷化氢条件下和空白条件下相比,CAT活性、POD活性、MDA含量均都在第2天变化较大,说明种子系统的开放程度会影响其对磷化氢的敏感程度。种子系统越开放,磷化氢对种子系统的影响越大。

(4)该试验只是对自然界水稻土中磷化氢的量进行放大,在3 ppm PH₃浓度下对水稻种子的萌发进行显著性影响研究。而在自然界实际条件下,PH₃对水稻种子萌发情况及CAT、POD、MDA的影响有待进一步研究。

参考文献

- [1] DÉVAI I, FELFOLDY L, WITTNER I, et al. Detetion of phosphine; new aspects of the phosphorus cycle in the hydrosphere [J]. Nature, 1988, 333

(6171):343-345.

- [2] NIU X J, GENG J J, WANG X R, et al. Temporal and spatial distributions of phosphine in Taihu Lake, China[J]. Science of the Total Environment, 2004, 323(1/3):169-178.
- [3] DEVAI I, DELAUNE R D. Evidence for phosphine production and emission from Louisiana and Florida marsh soils[J]. Org Geochem, 1995, 23(3):277-279.
- [4] LIU J A, CAO H F, ZHUANG Y H, et al. Phosphine in the urban air of Beijing and its possible sources[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1999, 116(3/4):597-604.
- [5] GASSMANN G, GLINDEMANN D. Phosphine (PH₃) in the biosphere[J]. Angew Chem Int Ed Engl, 1993, 32(5):761-763.
- [6] GASSMANN G. Phosphine in the fluvial and marine hydrosphere[J]. Marine Chemistry, 1994, 45:197-205.
- [7] HAN S H, ZHUANG Y H, LIU J A, et al. Phosphorus cycling through phosphine in paddy field[J]. Sci Total Environ, 2000, 258:195-203.
- [8] 牛晓君, 张景飞, 史小丽, 等. 磷化氢及其氧化产物动态释放对铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)生长影响的研究[J]. 湖泊科学, 2003, 15

(3):263-267.

- [9] 张桂莲, 杨定照, 张顺堂, 等. 不同成熟度对水稻种子萌发及其生理特性的影响[J]. 植物生理学报, 2012, 48(3):272-276.
- [10] 文廷刚, 杜小凤, 钱淑民, 等. 不同浸种剂对水稻种子发芽、幼苗生长及涝害胁迫下抗氧化酶的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(2):69-71.
- [11] 彭艳, 李洋, 杨广笑, 等. 铝胁迫对不同小麦 SOD、CAT、POD 活性和 MDA 含量的影响[J]. 生物技术, 2006, 16(3):38-42.
- [12] 黎兆安, 韦善富, 周祖富, 等. 微波辐射对水稻种子发芽势及生理生化特性的影响[J]. 中国种业, 2010(1):46-48.
- [13] 刘子凡. 种子学实验指南[M]. 北京:化学工业出版社, 2011:101-104.
- [14] 越世杰, 许长成, 邹奇, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3):207-201.
- [15] CHAUDHRAY M Q, PRICE N R. Insect mortality at doses of phosphine which produce equivalent uptake in susceptible and phosphine-resistant strains of *Rhyzopertha dominica*[J]. Journal of Stored Products Research, 1990, 26(2):101-107.
- [16] 鲁福成, 王明启, 魏雪生. 逆境条件下几种蔬菜作物生理指标的变化[J]. 天津农业科学, 2001, 7(2):6-10.

(上接第 255 页)

的 VS 都转化成为了 VFA, 而 8 d 后调节 pH 这一组则先后经

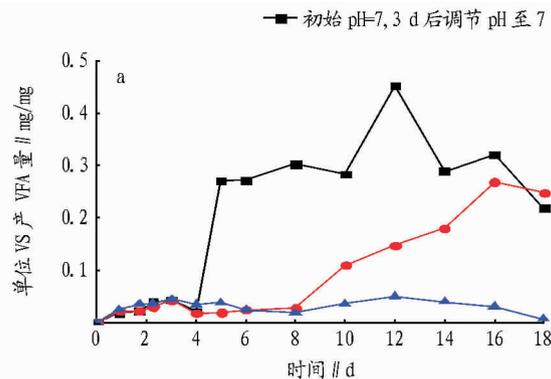


图 3 餐厨垃圾单位 VS 产 VFA 量(a)与 VS 降解率(b)变化

合作为衡量物料可酸化性能的指标, 水解所得中间产物理论都可以转化为 VFA, 而 VS 降解率正是表示的水解程度。单位 VS 的 VFA 产量则用来衡量工况是否适合酸化反应, 其越接近 VS 降解率, 表明条件越符合酸化产 VFA。

2.3 酸化试验与实验室小试反应器的 VS 降解率对比 表 2 为酸化试验的 VS 降解率与实验室小试反应器相应 SRT 下 VS 降解率的对比。由于酸化试验物料经过稀释, 污泥整体效果好于反应器, 低、中 VS 污泥效果较为接近, 这也证明了该试验的准确性, 而高 VS 污泥酸化反应要明显好于小试效果, 说明了酸化试验还具有对小试的指导意义, 条件改善, 高 VS 污泥的小试反应器效果还有很高提升空间。而对于餐厨垃圾, 酸化试验所测得数据偏低, 原因可能是垃圾所得 VFA 量较大, 再加上没有污泥那么强的缓冲能力, 虽然得到一定稀释, 还是对酸化反应产生抑制, 而显然单靠在酸性条件下细菌的作用很难完全降解稳定下来。由此可见, 使用该方法测试物料可酸化性能时, 污泥效果好于餐厨垃圾, 测试垃圾时提高稀释倍数和调节 pH 偏碱性可使结果更准确。

表 2 酸化试验与实验室小试反应器相应 SRT 下 VS 降解率的对比

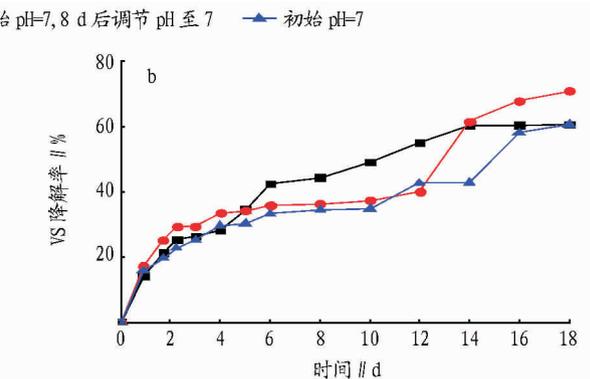
项目	低 VS 污泥	中 VS 污泥	高 VS 污泥	餐厨垃圾
小试降解率/%	28.53	30.13	23.93	78.56
酸化降解率/%	39.74	40.85	42.42	70.76
单位 VS 产 VFA /mg/mg	0.269 8	0.288 3	0.230 9	0.610 0

3 结论

(1) pH 对脱水污泥与餐厨垃圾 VFA/VS 有明显的影

响, 从而得到了较高的 VS 降解率。

综上所述, VS 降解率受到 pH 等条件的限制较小, 更适



而对 VS 降解率影响较小。

(2) VS 降解率可以用来衡量物料的可酸化性能, 该试验测得的 VS 降解率准确可行, 方便易测。

(3) VFA/VS 可以用来衡量物料实际酸化程度, 其越接近 VS 降解率, 表明酸化效果越好。

参考文献

- [1] ZEIKUS J G. Microbial Populations in Digesters[M]//STAFFORD A D. Anaerobic Digestion. Applied Science Publisher, 1979:66-89.
- [2] BRYANT M P. Microbial Methane Production - theoretical Aspects[J]. Animal Science, 1979, 48(1):193-201.
- [3] MIRON Y, ZEEMAN G, VAN LIER J B, et al. The Role of Sludge Retention Time in the Hydrolysis and Acidification of Lipids, Carbohydrates and Proteins during Digestion of Primary Sludge in CSTR Systems[J]. Water Research, 2000, 34:1705-1713.
- [4] BANERJEE A, ELEFSINIOTIS P, TUHTAR D. The Effect of Addition of Potato - processing Wastewater on the Acidogenesis of Primary Sludge under Varied Hydraulic Retention Time and Temperature[J]. Journal of Biotechnology, 1999, 72(3):203-212.
- [5] 白杨, 王鹤立, 李广, 等. 强化污泥厌氧消化的前处理技术研究进展[J]. 工业水处理, 2011, 31(6):1-4.
- [6] 苑宏英, 陈银广, 周琪. 污泥生物转化为 VFAs 及用于生物除磷的研究进展[J]. 工业水处理, 2006, 26(2):14-17.
- [7] 陈文花, 刘常青, 张江山. 热处理对污泥厌氧发酵产氢的影响[J]. 可再生能源, 2007, 25(2):56-59.
- [8] 穆军, 章非娟, 黄翔峰. 可酸化性与酸化度作为高浓度有机废水厌氧酸化指标的研究[J]. 环境科学学报, 2005, 25(5):650-654.
- [9] 史红钻, 张波, 蔡伟民. pH 对厨余垃圾发酵产酸特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4):809-811.
- [10] 何晶晶, 潘修疆, 吕凡, 等. pH 值对有机垃圾厌氧水解和酸化速率的影响[J]. 中国环境科学, 2006, 26(1):57-61.
- [11] 苑宏英, 员建, 徐娟, 等. 碱性 pH 条件下增强剩余污泥厌氧产酸的研究[J]. 中国给水排水, 2008, 24(9):26-29.