

三种有机磷农药对大麦毒性效应的研究

张义贤, 李晓玲

(山西大学生命科学与技术学院, 山西 太原 030006)

摘要: 使用浸种和浸种加喷施两种方法, 研究了 3 种有机磷农药——马拉硫磷、对硫磷和久效磷在不同浓度条件下对大麦幼苗生长发育、根细胞分裂及叶绿素含量的影响。结果表明, 3 种有机磷农药对大麦种子萌发和根伸长均有一定的抑制作用, 抑制程度随浓度增大而加强。幼苗根伸长比种子萌发对有机磷农药胁迫更为敏感。不同浓度的有机磷农药处理后均能抑制根细胞分裂, 使有丝分裂指数下降。浸种法和浸种加喷施法都能使大麦叶片叶绿素含量降低, 但浸种加喷施法对叶绿素合成的影响明显大于浸种法。3 种有机磷农药对大麦幼苗的毒性程度依次为马拉硫磷> 对硫磷> 久效磷。

关键词: 有机磷农药; 大麦; 叶绿素含量; 细胞分裂; 幼苗生长抑制

中图分类号: S481.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2003)06-0754-04

Toxicity of Three Organophosphorus Pesticides on Hordeum Vulgare Seedling

ZHANG Yi-xian, LI Xiao-ling

(College of Life Science and Technology of Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Phyto-toxicity of parathion, monocrotophos and malathion at different doses on seedling growth, cell division and chlorophyll content in Hordeum vulgare were studied using seed soaking and seed soaking plus spray medium. The results showed that frequency of seed germination and rate of root growth were found to be affected by three organophosphorus pesticide at doses of 300 ~ 1 200 mg · L⁻¹, while growth inhibition effect increased with the increasing concentrations of organophosphorus pesticide. The root growth was more sensitive to the organophosphorus pesticide stress than the seed germination. The mitotic index decreased progressively with increasing organophosphorus pesticide concentration and exposure duration. Seed soaking and seed soaking plus stray medium could reduce the chlorophyll content of Hordeum vulgare seedling, but seed soaking plus spray medium had a stronger toxic effect to the chlorophyll than treated with seed soaking medium. It was suggested that the order of three organophosphorus pesticide on toxic effects be: malathion > parathion > monocrotophes.

Keywords: organophosphorus pesticide; hordeum vulgare; chlorophyll content; cell division; seedling growth inhibition

近年来,有机磷农药以其毒效大、杀虫谱广、易分解等特点在农业病虫害防治上逐渐取代了有机氯农药而得到广泛应用。但是,在大量使用有机磷类农药毒灭害虫的同时,不可避免地对农业环境造成污染,危害非靶生物,影响农作物品质和人类健康^[1]。研究表明,造成农业环境中农药污染有多种途径,如农药拌种、浸种、喷施和土壤消毒等。不论采用何种方式施药,大部分农药都会落入或进入土壤,使土壤受到污染。而农作物在生长发育过程中可通过根吸收或表皮

渗透等使农药进入体内,对作物的生长发育产生抑制或毒害作用。当前,有关有机磷类农药对生物的毒性研究主要集中在海洋生物和少数陆地动物方面^[2-6],而对农作物自身的毒害效应研究甚少。作物的种子萌发和幼苗生长阶段是作物一生中主要的生长环节,对最终产量和品质起着关键作用。因此,研究有机磷农药对作物种子发芽及苗期生长的影响具有重要的理论和实践意义。

本研究模拟农业防治中采用农药浸种和喷施方法,以大麦为材料,研究了马拉硫磷、对硫磷和久效磷对种子发芽、根细胞分裂与生长以及幼苗叶绿素含量的影响,以探讨 3 种有机磷农药对大麦幼苗早期生长的毒性影响,为农业防治中合理使用农药提供实验依

收稿日期: 2002-12-24

基金项目: 山西省自然科学基金资助项目(20021078)

作者简介: 张义贤(1955—),男,山西大学生命科学与技术学院教授,主要从事植物遗传毒理学和环境毒理学方面的研究。

E-mail: zhangyx0522@yahoo.com.cn

据。

1 材料与方法

1.1 实验材料与农药

供试材料大麦 (*Hordeum vulgare*) “晋科 571”, 由山西农科院品种资源所提供。

有机磷农药的选择: 45% 马拉硫磷 (辽宁葫芦岛农药厂), 50% 对硫磷 (天津华宇农药有限公司), 40% 久效磷 (安徽蚌埠农药厂)。现用现配。

1.2 实验方法

1.2.1 种子萌发率与根生长测定

3 种有机磷农药分别稀释为 300、600、900、1 200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 4 个浓度组, 以蒸馏水为对照。大麦种子经 33 $^{\circ}\text{C}$ 温水浸泡 5 h 后分成二份。一份置于含有上述浓度的 3 种有机磷农药的培养皿中, 26 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养发芽, 12 h 后开始统计发芽率, 直到对照组发芽率稳定为止。另一份将露白的种子分别用不同浓度有机磷农药处理, 培养 96 h 后统计根长。每一处理设 3 个重复, 每 12 h 更换一次处理液。

1.2.2 根细胞有丝分裂指数的测定

取胚根长至 2~3 mm 的种子, 分别置于含有 300~1 200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 3 种有机磷农药培养皿中, 处理部位为根尖分生组织区, 26 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 72 h, 对照用蒸馏水处理, 每个处理均设 3 个重复。每一处理组取 10 个根尖, 分析细胞分裂指数。有丝分裂标本的制备及统计分析与作者前文^[7]相同。

1.2.3 幼苗叶片叶绿素含量的测定

有机磷农药处理分浸种和浸种加喷施 2 种方法, 采用砂土盆栽法培养。浸种法处理为, 将不同浓度 3 种农药浸种处理 24 h, 取根长 5 mm 的种子移入装有砂土的盆中培养, 对照为蒸馏水处理, 每盆播 20 粒种子, 培养温度 24 $^{\circ}\text{C}$ ~26 $^{\circ}\text{C}$, 自然光照, 连续培养 13 d 后分别取幼苗叶片测定总叶绿素含量 (a+b), 幼苗生长期间不再施用农药。第二种处理法的浸种与培养条件与第一种处理法相同, 但在幼苗生长期间分别于第 7、10、13 d 往幼苗叶片喷洒与浸种浓度相同的农药各一次, 于第 13 d 后取新鲜叶片测定叶绿素总含量。叶绿素含量用 752 紫外分光光度计测定, 单位为 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 鲜重^[8]。

2 结果与讨论

2.1 3 种有机磷农药对种子萌发率和根生长的影响

图 1 显示不同浓度的 3 种有机磷农药处理 40 h

对大麦种子萌发率的影响。与对照组相比, 不同浓度有机磷农药处理后种子萌发率均有下降, 表明 3 种农药对大麦种子萌发具有一定的抑制作用。但不同农药对种子萌发率的抑制作用存在差异。如在 600 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度组, 马拉硫磷处理组种子萌发率比对照降低 10.02%, 对硫磷处理组降低 8.29%, 而久效磷处理组降低 5.36%。当浓度达到 1 200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 抑制作用进一步增强, 其中马拉硫磷对种子萌发的影响最大, 萌发率降低 31.38%; 其次是对硫磷, 萌发率降低 28.65%; 久效磷的影响最低, 为 22.53%。该结果与汝少国等^[2]在扁藻实验中观察到的现象相似。

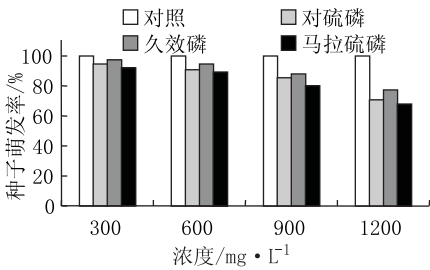


图 1 3 种有机磷农药对大麦种子萌发率的影响

Figure1 Effects of three organophosphorus pesticides on the percentage of seed germination in *Hordeum vulgare*

3 种有机磷农药处理 72 h 后对大麦根伸长亦有所不同程度抑制作用 (表 1), 根伸长速率随着农药浓度增加而降低。在低浓度 (600 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下) 条件下, 除马拉硫磷外, 其余二种农药处理组与对照相比无显著差异。当浓度达到 900 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上时, 马拉硫磷与对照的差异达到极显著 ($P < 0.01$), 对硫磷为显著 ($P < 0.05$), 而久效磷仅在 1 200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组与对照差异显著 ($P < 0.05$)。由此可以看出, 3 种有机磷农药对大麦根毒性的高低顺序为马拉硫磷> 对硫磷> 久效磷。同时也表明, 大麦幼苗对不同农药的敏感性有较大差异。

表 2 对 3 种有机磷农药对大麦种子萌发和根伸长的抑制率 (%) 作了比较。由表 2 可见, 不同浓度的 3 种有机磷农药对大麦根伸长的抑制率均大于对种子萌发的抑制率。产生这种现象的原因可能与种子萌发和根生长过程有关。在种子萌发过程中由于受到胚内养分的供应, 各种酶活性的加强, 代谢作用旺盛, 对农药的毒性具有一定的抗性。而根从一开始就直接与农药接触, 并通过根吸收使农药进入植物体内, 从而对根的伸长产生较大的抑制作用。因此, 根对农药污染的反应更直接、敏感。

2.2 3 种有机磷农药对大麦根细胞有丝分裂指数的

表 1 不同浓度有机磷农药处理对大麦幼苗根生长(cm)的影响(平均数±SE)

农药	有机磷农药浓度/mg·L ⁻¹				
	0	300	600	900	1 200
马拉硫磷	11.50±0.21	9.83±0.32	8.25±0.4 ^a	7.36±0.15 ^b	6.82±0.26 ^b
对硫磷	11.50±0.21	10.44±0.25	9.42±0.35	8.67±0.86 ^a	7.62±0.38 ^a
久效磷	11.50±0.21	10.96±0.13	10.35±0.26	9.82±0.66	8.78±0.52 ^a

注: *t* 检验, a 为 *P* < 0.05, b 为 *P* < 0.01。

表 2 三种有机磷农药对大麦种子萌发和根伸长抑制率(%)影响的比较

Table 2 Effects of three organophosphorus pesticides on the inhibition rate of seed germination and root elongation of <i>Hordeum vulgare</i>						
浓度 /mg·L ⁻¹	马拉硫磷		对硫磷		久效磷	
	种子萌发抑制率	根伸长抑制率	种子萌发抑制率	根伸长抑制率	种子萌发抑制率	根伸长抑制率
300	7.59	14.52	4.76	9.56	2.13	4.70
600	10.02	28.26	8.29	18.09	5.36	10.01
900	19.83	36.12	14.27	24.61	11.44	14.62
1 200	31.38	40.69	28.95	33.74	22.57	23.65

影响

目前,植物根细胞有丝分裂指数已被列为检测环境污染毒性效应的细胞学指标之一。实验结果表明,大麦根尖经 3 种有机磷农药处理 72 h 后,细胞分裂速率减慢,有丝分裂指数与对照相比均有下降。由图 2 可见,3 种有机磷农药在所有浓度范围内一直表现为对根尖细胞分裂的抑制,并与农药浓度呈负相关。3 种有机磷农药中,马拉硫磷对细胞分裂的抑制作用最大,久效磷最小,对硫磷居中,这与 3 种农药对根伸长的影响有较高的一致性。需要指出的是,在本实验条件下,1 200 mg·L⁻¹ 浓度的对硫磷和马拉硫磷对根尖细胞分裂指数的抑制率分别达到 42.4% 和 58.8%,显然对根的正常生长发育不利;同时也表明,农药对根生长的抑制源于对根细胞分裂的抑制。

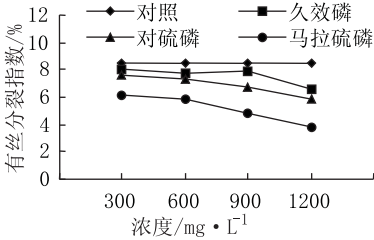


图 2 3 种有机磷农药处理 72 h 对大麦根细胞有丝分裂指数的影响

Figure 2 Effects of three organophosphorus pesticides on mitotic index of root cells of *Hordeum vulgare* after 72 h of treatment

2.3 3 种有机磷农药不同处理对大麦幼苗叶片叶绿素含量的影响

作物通过光合作用积蓄能量和形成有机物。一般情况下,叶绿素含量越高,光合作用越强。图 3 比较了

浸种与浸种加喷施农药二种方法对幼苗叶片叶绿素含量的影响。可以看出,3 种有机磷农药浸种处理后,各浓度组的叶绿素含量在第 7 d 均低于对照,其降低幅度与农药浓度具相关性。随着培养时间的延长,低浓度组(600 mg·L⁻¹ 以下)叶绿素含量逐渐升高。但 900 mg·L⁻¹ 与 1 200 mg·L⁻¹ 的马拉硫磷处理组和 1 200 mg·L⁻¹ 的对硫磷处理组至第 10 d 时,叶绿素含量反呈现下降趋势,至第 13 d 又缓慢上升,久效磷处理组则无此现象。表明这二种农药在高浓度下对幼苗叶绿素的合成有降解作用。同时也反映了不同农药的毒性差异。值得注意的是,600 mg·L⁻¹ 的马拉硫磷组处理至第 10 d 时,叶绿素含量出现一个上升高峰,叶绿素含量超过 300 mg·L⁻¹ 处理组,这可能是作物在一定浓度毒物胁迫下产生的刺激反应所致^[9]。

使用浸种加喷施法处理后,3 种农药各处理组的叶绿素含量普遍低于浸种处理组。随着处理时间延长和喷施次数增加,幼苗叶绿素含量依次降低,与对照组的差距进一步增大。这证明浸种加喷施双重处理对叶绿素的影响明显大于浸种单一处理。上述实验结果表明,不论是单一处理还是双重处理,马拉硫磷对幼苗叶绿素的影响均大于对硫磷和久效磷。

3 小结

(1)大麦种子萌发和根生长期是对有机磷农药较敏感的时期。3 种有机磷农药——马拉硫磷、对硫磷和久效磷处理后对大麦种子萌发和根生长具有不同的抑制作用,抑制作用随农药浓度增大而加强。低浓度(300~600 mg·L⁻¹ 以下)农药对种子萌发和根生

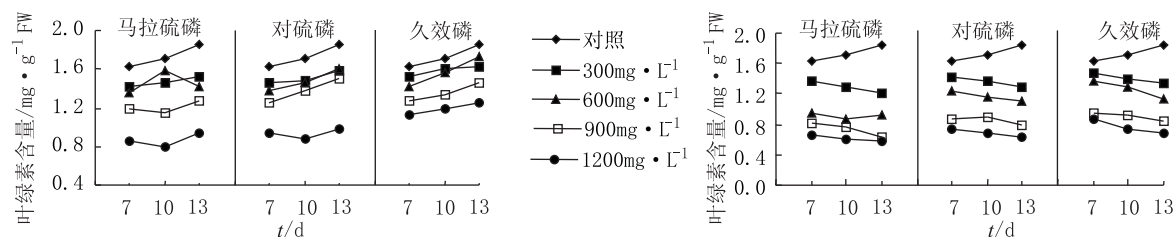


图 3 不同浓度有机磷农药浸种及浸种加喷施处理对大麦幼苗叶片叶绿素含量的影响

Figure 3 Effects of organophosphorus pesticides on the chlorophyll contents of *Hordeum vulgare* seedling treated with seed soaking and seed soaking plus spraying medium

长的影响不大, 而 $600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上的马拉硫磷和 $900 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上的对硫磷和久效磷与对照组存在显著差异。不同浓度的 3 种有机磷农药对大麦根生长的抑制率均大于对种子萌发的抑制率。

(2) 3 种有机磷农药处理根尖后均可抑制根尖细胞分裂, 使细胞有丝分裂指数下降。在 $1200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度下, 马拉硫磷和对硫磷对根尖细胞分裂指数的抑制率分别达到 58.8% 和 42.4%, 而久效磷对细胞分裂的抑制作用相对较小。有机磷农药对根尖细胞分裂的抑制与对根生长的抑制作用具有因果关系。

(3) 不同浓度 3 种有机磷农药处理均可使幼苗叶片叶绿素含量下降。采用农药浸种法处理对幼苗叶绿素含量的影响小于浸种加喷施法。浸种法处理后, $900 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上的马拉硫磷和 $1200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的对硫磷对叶绿素合成的抑制期为幼苗生长期的前 10 d, 而其余浓度的 3 种农药对叶绿素合成的抑制期降至前 7 d。

(4) 大麦幼苗对马拉硫磷、对硫磷和久效磷的毒性胁迫反应存在差异。3 种有机磷农药相比较, 大麦

幼苗对马拉硫磷最为敏感, 对对硫磷次之, 对久效磷最不敏感。这种差异可能与农药的结构不同有关。

参考文献:

- [1] 陈维新. 农业环境保护[M]. 北京: 农业出版社, 1990. 121 - 141.
- [2] 汝少国, 李永祺, 敬永畅. 十种有机磷农药对扁藻的毒性[J]. 环境科学学报, 1996, 16(3): 337 - 341.
- [3] 唐学玺, 李永祺. 久效磷对三角褐指藻的毒性[J]. 水产学报, 1997, 21(4): 437.
- [4] 陈碧娟, 等. 甲基异柳磷、水胺硫磷对海洋藻类贝类及对虾仔虾的毒性影响[J]. 海洋环境科学, 1993, 12(2): 12 - 19.
- [5] 唐学玺, 李永祺, 林 岿. 久效磷对叉鞭金藻和三角褐指藻光合色素的影响[J]. 海洋通报, 1997, 16(5): 31 - 35.
- [6] 唐学玺, 徐家英, 李永祺. 对硫磷对四种海洋微藻的毒性效应[J]. 海洋环境科学, 1998, 17(1): 1 - 5.
- [7] 张义贤. 重金属对大麦 (*Hordeum vulgare*) 毒性的研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(2): 199 - 205.
- [8] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980. 88 - 90.
- [9] Stebbing A R D. Hormesis - the stimulation of growth by low levels of inhibitors[J]. *Sci Tot Environ*, 1982, 22: 213 - 234.