

# 试验研究 涝害逆境对菜心的菜薹形成与细胞保护系统的影响

杨 暹 陈晓燕 杨运英

**摘 要** 涝害逆境导致菜心叶片及根系细胞保护系统的平衡体系受到破坏。叶片及根系的CAT活性、叶片的POD活性在受涝害的4 d(天)内逐渐提高,第4天开始急剧下降,第6天开始缓慢回升。根系的POD活性出现先降后升的现象。叶片的SOD活性在受涝害的前4 d(天)逐渐提高,后4 d(天)逐渐降低,根系的SOD活性出现降—升—降的现象。随着涝害程度的加剧,叶片的ASA与MDA含量逐步增高,植株的生长发育所受到伤害越来越严重。

**关键词** 涝害逆境 菜心 菜薹 保护酶 膜脂过氧化

菜心(*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee)是我国华南地区特产蔬菜之一,在华南地区周年供应与出口创汇中起着重要的作用。华南地区春季常阴雨连绵,夏秋季高温多雨,这是限制菜心生长发育的主导因素之一。关于营养、温度、干旱胁迫与菜心菜薹形成的关系,前人已有研究<sup>[1~3]</sup>,但菜心抗涝的生理学研究尚未见报道。本文通过研究不同的涝害程度对菜心菜薹形成以及细胞保护酶及膜脂过氧化作用的影响,探讨涝害逆境与菜心的生长发育和活性氧代谢的关系,为菜心的水分管理和抗涝栽培提供科学指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试的菜心品种为四九菜心。

### 1.2 方法

试验在华南农业大学蔬菜试验地进行。于9月18日盆栽直播,定苗时每盆保留生长一致的幼苗5株。植株现蕾前,按常规栽培

进行管理,50%左右植株现蕾时分别进行0,2,4,6,8 d(天)的淹水处理,每个处理设5次重复。处理在温室内采用双套盆法进行,种植盆为口径17.5 cm、高15 cm的瓦盆,外套盆为长55 cm、宽37 cm、高18 cm的塑料盆。处理时往两盆间注满水,水面高出种植盆2~3 cm。

### 1.3 生理生化指标的测定

1.3.1 植株生长量的测定 在处理过程中对各种涝害逆境条件下达到采收标准的植株进行采收,最后统计单株与菜薹质量。

1.3.2 细胞保护酶活性的测定 分别取淹水0,2,4,6,8 d(天)的叶片及根系测定SOD(超氧化物歧化酶)、POD(过氧化物酶)、CAT(过氧化氢酶)的活性。SOD活性按略改进的Dhindsa等(1981)的方法测定,酶单位采用抑制NBT光还原50%为一个酶单位(U);POD活性按朱广廉(1990)的方法测定,以每克鲜样质量每小时470 nm吸光度变化值(U)表示酶活力大小;CAT活性按略修改的Chance等(1955)的方法测定。

1.3.3 丙二醛含量的测定 按李柏林等(1989)的方法测定。

1.3.4 抗坏血酸含量的测定 按朱广廉(1990)的方法测定。

杨暹,男,副教授,华南农业大学园艺系,广州市,510642,电话:13503051303

陈晓燕,杨运英,通讯地址同第1作者

收稿日期:1999-09-27;修回日期:1999-12-13

## 2 结果与分析

### 2.1 涝害逆境对植株生长与菜薹形成的影响

如图 1 所示,涝害逆境明显地影响着菜心的生长发育,单株鲜样质量与菜薹鲜样质量随着涝害程度的加深而明显下降。随着涝害胁迫时间的延长,植株生长从开始表现出轻度萎蔫、衰老到严重萎蔫,最后腐烂死亡。淹水 2 d(天)恢复正常供水后植株基本可恢复正常生长,植株死亡率为 0,淹水 4、6、8 d(天)后,植株死亡率分别为 8.6%、20%、44.3%,淹水 8 d(天)后植株难以恢复正常生长。表明淹水时间越长,特别是从涝害的第 4 天开始,植株生长受到的影响越明显,最后导致植株衰老,甚至死亡,这可能是涝害使植株严重缺氧、呼吸受阻所致。

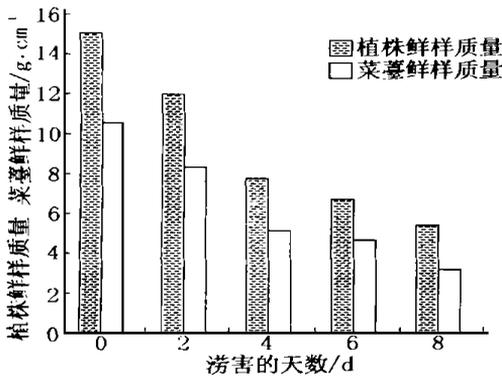


图 1 涝害逆境对菜心植株生长与菜薹形成的影响

### 2.2 涝害逆境对叶片与根系 CAT、POD、SOD 活性的影响

从图 2 看出,涝害逆境明显地影响了菜心叶片及根系的 CAT 活性。叶片 CAT 活性在 0~4 d(天)涝害胁迫中逐步提高,第 4 天达到高峰,随后急剧下降,第 6 天开始缓慢回升。根系的 CAT 活性在涝害胁迫过程中的变化趋势与叶片的基本相似,只是根系的 CAT 活性比叶片的 CAT 活性低,其变化幅度也较小。

叶片 POD 的活性变化趋势与叶片和根

系的 CAT 活性的变化趋势基本一致。而根系 POD 活性在受涝害胁迫的 2 d(天)内一度降低,从第 2 天开始缓慢提高。

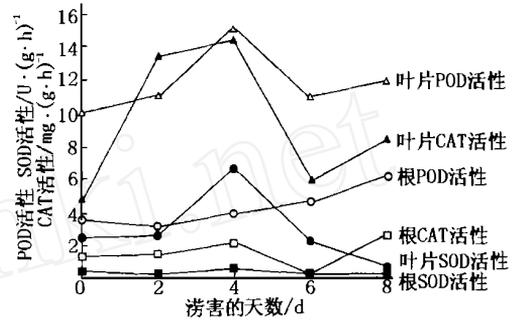


图 2 涝害逆境对菜心叶片与根系的 CAT、POD、SOD 活性的影响

从图 2 还可看出,菜心植株在受涝害胁迫的过程中,叶片 SOD 活性在受胁迫 0~2 d(天)内缓慢提高,2~4 d(天)急剧上升,第 4 天达到高峰,第 4 天后急剧下降。根系的 SOD 活性在涝害的 0~2 d(天)内一度下降,第 2 天后缓慢上升,第 4 天达到高峰后缓慢下降,但在整个涝害胁迫过程中,SOD 的变化幅度不大。

以上结果还表明,在涝害胁迫过程中,叶片的 CAT、POD、SOD 活性始终比根系的高,

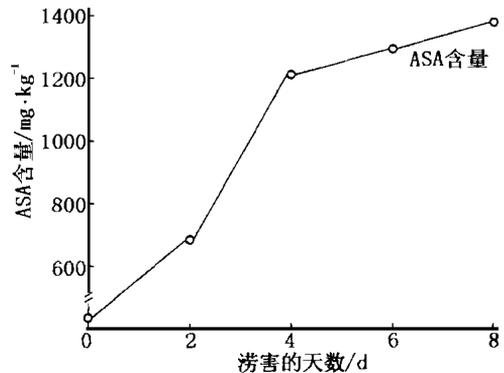


图 3 涝害逆境对菜心叶片 ASA 含量的影响

变化幅度也较大。

### 2.3 涝害逆境对叶片 ASA 含量的影响

如图 3 所示,随涝害胁迫时间的延长,叶片 ASA 含量逐渐升高,涝害胁迫 0~4 d(天)内升幅较大,4~8 d(天)升幅变缓。这表明,

涝害时间愈长,内源抗氧化剂ASA含量愈高。

## 2.4 涝害逆境对菜心膜脂过氧化作用的影响

如图4所示,随涝害胁迫时间的延长,菜心叶片与根系的膜脂过氧化产物MDA积累量不断增加,特别是涝害胁迫第4天以后,MDA的积累较快,膜脂过氧化作用加强。从图4还可看到,在涝害2d(天)内,叶片的MDA含量比根系的高,而受涝害第2天后,根系的MDA含量比叶片高。这表明,随着涝害程度的加深,根系所受的伤害比叶片严重。

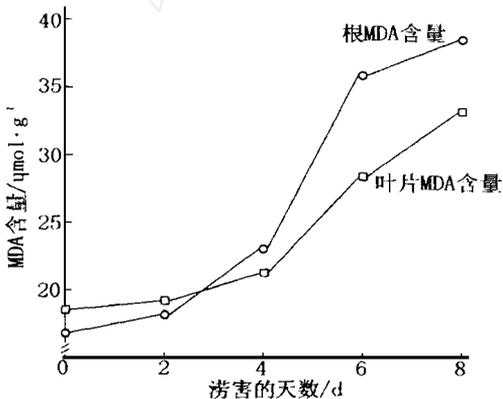


图4 涝害逆境对菜心MDA含量的影响

## 3 讨论

在正常的条件下,植物体内活性氧的产生与清除系统(细胞保护系统)处于平衡状态,当植物处于衰老、涝害、干旱、高温等逆境下,这种平衡遭到破坏,植物体内发生 $O_2^{\cdot-}$ 、 $OH^{\cdot}$ 、 $^1O_2$ 、 $H_2O_2$ 等活性氧的积累,并由此引发和加剧膜脂过氧化作用,导致植物细胞的伤害,直到植物死亡<sup>[4]</sup>。在涝害逆境下,玉米叶片叶绿素的降解和膜脂过氧化产物MDA的增生呈平行变化,并伴随着体内活性氧保护酶SOD和CAT活性显著下降<sup>[5]</sup>。

本试验表明,涝害逆境导致菜心叶片及根系细胞保护系统的平衡体系受到破坏。叶片及根系的CAT活性、叶片的POD活性在受

涝害的4d(天)内逐渐提高,第4天开始急剧下降,第6天开始缓慢回升。根系的POD活性出现先降后升的现象。叶片的SOD活性在受涝害的前4d(天)逐渐提高,后4d(天)逐渐降低,根系的SOD活性出现降—升—降的现象。随着涝害程度的加剧,叶片的ASA含量与MDA含量不断增加,而植株的受害程度也愈来愈大。在涝害胁迫过程中,根系的POD、CAT、SOD活性始终比叶片的低,MDA的积累量比叶片高。这些结果表明,菜心植株的根系与叶片的活性氧代谢在涝害过程中不是同步进行的,但叶片与根系的细胞保护酶(POD、SOD、CAT)活性与菜心的抗涝关系密切相关,内源抗氧化剂ASA含量的增加在菜心受涝害过程中起到不可忽视的保护作用,在涝害逆境中,植株受伤害的首先是根系,然后是叶片。植株体内各种代谢是非常复杂的,它们相互联系,相互制约,某个单一的生理过程或指标的变化尚不足以表征其抗涝能力的强弱。由于植株保护系统的平衡受到破坏,膜脂过氧化作用加剧,从而影响植株的生长与发育,最后导致植株伤亡。在涝害的第4天,菜心的细胞保护系统的波动较明显,这可能意味着涝害的第4天是菜心出现涝害的临界点,这方面还有待深入研究。

## 参考文献

- 1 宁正祥,李明启,曹健,等. 氮钾营养对菜心核酮糖-1,5-二磷酸羧化酶/加氧酶动力学影响. 华南农业大学学报,1992,13(1):41~46
- 2 黄敏通,关佩聪. 内源细胞分裂素与菜心花芽分化和菜薹形成的关系. 华南农业大学学报,1993,14(3):87~91
- 3 杨暹,关佩聪. 干旱胁迫与菜心叶片活性氧代谢的研究. 华南农业大学学报,1998,19(2):81~85,111
- 4 晏斌,戴积杰. 外源活性氧清除剂对玉米植株涝害的缓解. 华北农学报,1995,10(1):51~55
- 5 刘晓忠,李建坤,王志霞,等. 涝害逆境下玉米叶片超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性与抗涝性的关系. 华北农学报,1995,11(3):29~32

**The Effects of Waterlogging Stress on Flower Stalk Formation and Cell Protective System in Flowering Chinese Cabbage** Yang Xian, Chen Xiaoyan, Yang Yunying (Department of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

**Abstract** The effects of waterlogging stress on plant growth, activities of SOD, POD, CAT, ASA content and MDA content were studied in flowering Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee). The results indicated that catalase (CAT) activity of leaves and roots, and peroxidase (POD) activity of leaves increased gradually in 4 days of waterlogging stress, but at 4th day they began to decrease sharply, and they rised again after 6 days of waterlogging stress. The POD activity in the root system increased gradually in 2 days of waterlogging stress, then increased gradually. The superoxide dismutase (SOD) activity of leaves increased gradually within 4 days of waterlogging stress, but decreased rapidly after 4 days of waterlogging. The SOD activity in root system resulted in phenomena of decrease-increase-decrease. During the waterlogging stress, antiscorbic acid (ASA) content and malondialdehyde (MDA) content in leaves increased gradually. The data suggested that the equilibrium system of activated oxygen eliminated were destroyed in flowering Chinese cabbage because of waterlogging stress, and membrane lipid peroxidation was enhanced and the growth and development of plant was inhibited markedly.

**Key words** Flowering Chinese cabbage, Waterlogging stress, Flower stalk, Cell protective system

## 来稿摘要

# 春马铃薯贮藏抑芽保鲜技术

为解决春马铃薯收获后贮藏期间的发芽问题,笔者从美国戴科·奥托凯姆公司(DECOCO)引进了马铃薯抑芽剂(CIPC)\*,进行了春马铃薯贮藏保鲜试验,取得了明显的抑芽效果。

### 1 品种选择和收获

冀中南地区春季种植马铃薯,应选择早熟品种,如郑薯5号、津引薯8号等,生育期在80~90 d(天)。于3月上中旬播种,采用地膜覆盖,6月中下旬收获。收获前10 d(天)停止浇水,以免因高温高湿造成田间烂薯。收获应在上午11:00前、下午3:00以后进行,要轻装、轻运、轻卸,避免创伤表皮,摔裂薯块。

### 2 场所选择和贮藏

选择干净、通风、凉爽、干燥的半地下窖或室内进行贮藏。薯块应堆放在干净的砂土上,厚度以不超过33 cm为宜。薯块入窖后3~5 d(天)倒1次薯堆,15 d(天)以内连倒3~5次,发现烂薯块应随时拣出。同时要保持窖、室内干燥、通风,并要求暗光贮藏,防止薯块见光后变绿,龙葵素增加,失去食用价值。可在薯堆上盖报纸、草苫,也可在窗口上加草苫

或深色布帘,白天关闭窗口,晚上开窗通风降温,延长马铃薯的安全贮藏期。若在冬季继续贮藏,则应保持窖、室内温度4~6℃以上。

### 3 药剂的使用

马铃薯入窖、室存放10~15 d(天)后伤口会自然愈合,继续贮存,就很少再出现腐烂块了。在马铃薯伤口愈合期后至发芽前,将抑芽剂(CIPC)粉剂撒施于马铃薯堆上,如果马铃薯堆放体积过大,则需在堆积时分层撒施,撒施药剂后,立即用苫布捂盖薯堆3~5 d(天),抑芽剂会升华成气体起到抑芽作用。然后将苫布去除即可。如使用喷粉器将抑芽剂喷施于马铃薯堆上,将会起到更明显的抑芽效果。使用剂量,每吨马铃薯以有效含量2.5%的粉剂撒施400~500 g,则有效抑芽期可达60 d(天);若每吨撒施800~1 000 g抑芽剂,则可长期贮藏,周年供应市场。为降低存放马铃薯的投入,根据市场对马铃薯的需求情况灵活掌握撒施药量,以达到最佳的抑芽效果。

该抑芽剂属于高效、低毒、低残留药剂,安全系数较大,马铃薯撒施抑芽剂后,随时可以食用,对存放马铃薯的窖、室无污染,对人体健康无影响。

贾永庆

(河北省南宮市农业局 055750)

收稿日期:1999-04-28;修回日期:1999-08-26

\*美国戴科公司于1993年在中国试验登记,取得农业部药检所批准,在全国推广应用