

# 生长调节剂对红富士苹果花芽抗寒性及物候期的影响

王文举, 李小伟

(宁夏大学农学院, 银川 750021)

**摘要:** 秋季对红富士苹果树喷施植物生长调节剂, 翌年春季测定花芽电导率、脯氨酸、丙二醛和观测物候期, 结果表明: 脯氨酸含量均比对照高 1~2 倍, 电解质透出率与脯氨酸含量呈极显著负相关关系( $r = -0.9265$ ); 生长调节剂能够降低苹果花芽内丙二醛含量, 并与电导率一致, 且两者指标高度正相关( $r = 0.8614$ ), 能够稳定膜结构, 减轻膜受伤害的程度。单喷 2 000mg/L 青鲜素延迟初花期和盛花期 6d 和 5d; 复配剂 100mg/L 赤霉素+1 500mg/L 青鲜素则分别延迟 7d 和 6d。

**关键词:** 生长调节剂; 苹果; 抗寒性; 物候期

**中图分类号:** S 482.8; S 661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)05-0028-04

我国是遭受霜冻最严重的国家之一, 平均每年霜冻面积 34 万  $\text{km}^2$ , 达 77 万  $\text{hm}^2$ , 给农作物、果树和蔬菜造成的经济损失为 30 亿元<sup>[1]</sup>。为此, 许多科研部门都在加强农作物和果树抗寒性及防霜减灾的研究。国内外对果树霜冻的预防措施的报道较多, 如采用放烟、灌水、加热和吹风等措施, 耗费大量人力和物力, 收效甚微, 难以挽回损失。早在 20 世纪 60 年代末, 国外的研究者已经观察到, 夏季叶面喷施乙烯利促进叶片脱落, 第二年发现有延迟开花的倾向, 后来经进一步试验表明, 李、杏花

芽膨大期于树冠喷施 500~2 000mg/L 青鲜素(MH, 又名抑芽丹)水溶液, 推迟花期 4~6d<sup>[2]</sup>, 而甜樱桃 6 月末使用生长调节剂, 对花芽抗寒力没有影响, 8 月下旬喷施, 则提高抗寒力, 原因是增加细胞的内含物。桃 8 月份喷施可增加抗寒性, 11 月则降低抗寒性<sup>[3]</sup>。虽然利用植物生长调节剂预防霜冻的研究报道不少, 但对提高苹果花芽抗寒的生理生化机制的研究鲜见报道。本试验拟研究和探讨几种生长调节剂对苹果花芽抗寒性及其作用机理, 以期减轻苹果花期霜冻和延迟开花期提供新的技术途径。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验在宁夏银川市消防队果园中进行。品种为红富士, 树龄 12a 生, 树势中等。有灌溉条件。沙壤土, pH 值 7.8, 土层厚度 100cm 以下, 有机质含量为 0.8%。所

**第一作者简介:** 王文举(1953-), 男, 副教授, 主要从事果树栽培学教学和果树冻害研究工作, Email: wwj5318@163.com。  
**基金项目:** 宁夏自然科学基金资助项目(A1018)。  
**收稿日期:** 2006-12-18

## Study on Introduction of Asparagus in Xiliaohe Plain

YANG Heng-shan, GU Yong-li, ZHANG Hong-yu, XIAO Yan-yun

(College of Agronomy, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028042)

**Abstract:** The frequent waterlogging and serious disease led to the violent fluctuation of production and revenue of asparagus in main production areas in China. Planting in higher latitudes is an effective way to settle the problem. Apollo, Grande, Atlas were introduced to plant in Xiliaohe Plain from the California asparagus seed company in 2005. The results showed, the branches and the weight per plant asparagus were all in the order from high to low Atlas, Apollo, Grande. There was all significantly positive correlation with  $P < 0.01$  between the branches and the height of the tiller of one-year-old asparagus and the yield of two-year-old one. Moreover, there was all significantly positive correlation with  $P < 0.05$  between the weight of one-year-old asparagus and the branches and the weight of two-year-old one. The high proportion of low grade was a restrict factor for developing asparagus industry in Xiliaohe Plain.

**Key words:** Green asparagus L; Introduced variety; Xiliaohe Plain

用药剂为乙烯利(CEPA)、萘乙酸(NAA)、赤霉素(GA<sub>3</sub>)、青鲜素(MH)、比九(B<sub>9</sub>)及其复配液(见表1)。

1.2 试验方法

表 1 生长调节剂处理浓度及复配液比例

处理	药剂	浓度 (mg/L)	处理	药剂	浓度 (mg/L)
A <sub>1</sub>	赤霉素(GA <sub>3</sub> )	50	E <sub>1</sub>	比九(B <sub>9</sub> )	500
A <sub>2</sub>	赤霉素(GA <sub>3</sub> )	100	E <sub>2</sub>	比九(B <sub>9</sub> )	1 000
A <sub>3</sub>	赤霉素(GA <sub>3</sub> )	150	E <sub>3</sub>	比九(B <sub>9</sub> )	1 500
B <sub>1</sub>	青鲜素(MH)	1 500	C <sub>1</sub> +A <sub>1</sub>	乙烯利+赤霉素(CEPA+GA <sub>3</sub> )	500+50
B <sub>2</sub>	青鲜素(MH)	2 000	C <sub>2</sub> +A <sub>2</sub>	乙烯利+赤霉素(CEPA+GA <sub>3</sub> )	1 000+100
C <sub>1</sub>	乙烯利(CEPA)	500	C <sub>3</sub> +A <sub>3</sub>	乙烯利+赤霉素(CEPA+GA <sub>3</sub> )	1 500+150
C <sub>2</sub>	乙烯利(CEPA)	1 000	B <sub>1</sub> +C <sub>1</sub>	青鲜素+乙烯利(MH+C.B.P.A)	1 500+500
C <sub>3</sub>	乙烯利(CEPA)	1 500	B <sub>2</sub> +C <sub>2</sub>	青鲜素+乙烯利(MH+C.B.P.A)	2 000+1 000
D <sub>1</sub>	萘乙酸(NAA)	500	A <sub>2</sub> +B <sub>1</sub>	赤霉素+青鲜(GA <sub>3</sub> +MH)	100+1 500
D <sub>2</sub>	萘乙酸(NAA)	750	A <sub>3</sub> +B <sub>2</sub>	赤霉素+青鲜(GA <sub>3</sub> +MH)	150+2 000
D <sub>3</sub>	萘乙酸(NAA)	1 000	CK	对照	清水

试验采用随机区组设计,单株为小区,重复3次。10月10日(落叶前)喷药,以药液下滴为度,对照喷清水。3月20日从树冠东南西北4个方位采花芽室内测定电解质透出率、脯氨酸和丙二醛含量的测定。

1.2.1 电解质透出率的测定 将处理后的芽轻轻剥去芽鳞片,称取2g于试管中,加20mL去离子水在室温下(15℃~17℃)真空抽气10min,浸泡10h后待测。设3次重复。用DDS-11A型电导率仪测定电解质透出率。首先测定待测液的电导率C<sub>1</sub>(μΩ/cm),再用100℃水浴锅40min杀死组织,冷却至室温后测定电导率C<sub>2</sub>(μΩ/cm),按下例公式计算电解质透出率(%):

电解质透出率(%)= $\frac{C_1}{C_2} \times 100$

1.2.2 脯氨酸的测定 称取混合均匀的待测苹果花芽各0.2g(重复3次)。脯氨酸含量的测定采用茆三酮法(邹琦,1995)。从回归方程中计算出5mL液中脯氨酸的浓度X,然后计算样品中脯氨酸含量的百分数。计算公式:单位鲜重样品的脯氨酸含量质量分数=[(21×5X)/样重×10<sup>6</sup>]/100%。

1.2.3 丙二醛(MDA)的测定 丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥酸法(张志良,2003)。计算公式:MDA的含量(nmol/g.FW)=[6.45×(OD532-OD600)-0.56×OD450]/提取液体积(mL)/组织鲜重(g)。式中OD值为在532nm、450nm、600nm的吸光度值。

1.2.4 物候期的观测 春季花芽萌动时开始观察物候期,将物候期分为3个时期:5%~25%花芽开放为初花期,26%~75%花开放为盛花期,76%~95%为末花期。芽萌动时在东南西北4个方位定枝定芽挂牌标记,每天早晨8时观测记录各物候期进程。

2 结果与分析

2.1 苹果花芽电解质透出率和脯氨酸含量的关系

电解质透出率是植物抗寒性强弱的基本指标,当植物受到低温影响时,抗寒性较强或受害较轻的品种,细胞膜的透性较小,电解质渗出率较少,反之,抗寒性弱的品种,电解质透出率较大。试验对红富士苹果秋季喷施不同浓度的植物生长调节剂,并对花芽中电解质透出率与脯氨酸含量作相关分析,结果表明,脯氨酸含量与电解质透出率呈极显著负相关,相关系数为r=-0.9265<sup>\*\*</sup>。

表 2 喷施不同药剂对苹果花芽电解质透出率、脯氨酸和丙二醛含量的影响

处理	电解质透出率均值(%)	差异显著性	脯氨酸含量均值(%)	差异显著性	丙二醛含量均值(nmol/g.FW)	差异显著性
		5% 1%		5% 1%		5% 1%
CK	95.26	a A	0.0600	a A	4.023126	a A
C <sub>3</sub> +A <sub>3</sub>	90.61	ab AB	0.0900	b B	3.639412	a AB
E <sub>1</sub>	89.58	bc BC	0.0900	b B	2.856743	ab BC
E <sub>2</sub>	83.81	cd CD	0.0900	b B	2.721155	ab BC
C <sub>3</sub>	80.82	de CDE	0.0900	b B	3.348074	bc DE
A <sub>3</sub>	79.87	de DE	0.0900	b B	2.911645	d EF
D <sub>3</sub>	77.94	def DEF	0.0900	b B	2.914258	d EF
C <sub>2</sub> +A <sub>2</sub>	74.17	efg EFG	0.0933	cb C	2.846235	d EF
C <sub>1</sub>	72.27	fg EFGH	0.0967	cb C	3.611790	e G
C <sub>2</sub>	69.29	gh FGH1	0.0967	cb C	2.524734	ef H
A <sub>2</sub>	68.11	gh GHI	0.0967	cb C	2.543168	ef H
B <sub>1</sub>	64.62	hi HIJ	0.1000	e D	2.502245	ef H
B <sub>1</sub> +C <sub>1</sub>	63.61	hi HIJ	0.1000	e D	1.939248	f I
E <sub>3</sub>	62.38	hi IJ	0.1000	e D	1.804176	f I
C <sub>1</sub> +A <sub>1</sub>	58.06	ij JK	0.1000	e D	2.671315	g J
A <sub>1</sub>	55.42	jk JK	0.1100	f E	2.353400	gh J
E <sub>2</sub>	49.16	kl KL	0.1100	f E	1.356183	ij K
D <sub>1</sub>	46.27	lm L	0.1200	g F	2.213587	kl L
D <sub>2</sub>	45.26	lm L	0.1200	g F	2.202282	kl L
A <sub>3</sub> +B <sub>2</sub>	44.25	lm L	0.1333	h E	1.685633	m M
B <sub>2</sub> +C <sub>2</sub>	41.33	m L	0.1400	h E	1.542365	m M
A <sub>2</sub> +B <sub>1</sub>	31.84	n M	0.1400	h E	1.162384	n N
相关系数	r=-0.9265(n=2, r <sub>0.01</sub> =0.5368, p<0.01)					
	r=0.8614(n=2, r <sub>0.01</sub> =0.5368, p<0.01)					

由表2和图1~4看出,以电解质透出率50%作为致死临界值,单喷药剂则以1 000mg/L比九、750~1 000mg/L萘乙酸电解质透出率较低,为49.16%~45.26%(对照95.26%),相应脯氨酸含量较对照(100%)分别提高183.3%~200%;复配药剂以150mg/L赤霉素+2 000mg/L青鲜素、2 000mg/L青鲜素+1 000mg/L乙烯利电解质透出率最低,为44.25%~31.84%,脯氨酸含量为13.33%~14.0%,较对照分别提高132.7%~223.3%。说明落叶前喷施生长调节剂可提高苹果花芽抗寒力。

2.2 苹果花芽电解质透出率和丙二醛含量的关系

低温导致自由基大量产生,会使膜脂质过氧化生成丙二醛(MDA),不但破坏了膜结构,而且MDA还将通过交联作用破坏蛋白质的活性,使细胞受损程度加深<sup>[4]</sup>。因此丙二醛含量不仅标志着细胞遭受破坏的程

度,而且也可以间接地表示花芽组织中自由基的含量,其含量高抗寒性弱,反之则抗寒性强。从图5~6看出,不同药剂各处理的丙二醛含量,单喷以1000mg/L B<sub>9</sub>和750mg/L 萘乙酸表现最好,显著低于对照;复配液各处理以A<sub>2</sub>+B<sub>1</sub>(100mg/L 赤霉素+1500mg/L 青鲜素)、B<sub>2</sub>+C<sub>2</sub>(2000mg/L 青鲜素+1000mg/L 乙烯利)和A<sub>3</sub>+B<sub>1</sub>(150mg/L 萘乙酸+2000mg/L 青鲜素)MDA含量增幅最低,且与电解质透出率呈极显著正相关关系( $r=0.8614$ )。说明秋季落叶前喷施植物生长调节剂在短时间低温条件下,可减轻苹果花芽春季受低温伤害的程度和晚霜冻害的抗寒性。

2.3 不同药剂处理对红富士苹果开花物候期的影响

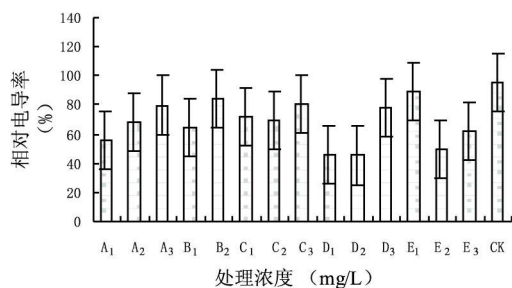


图1 生长调节剂单喷对苹果花芽电解质透出率的影响

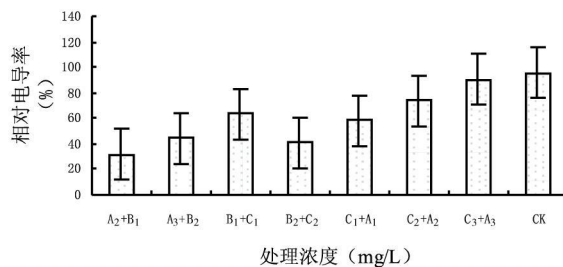


图2 生长调节剂复配对苹果花芽电解质透出率的影响

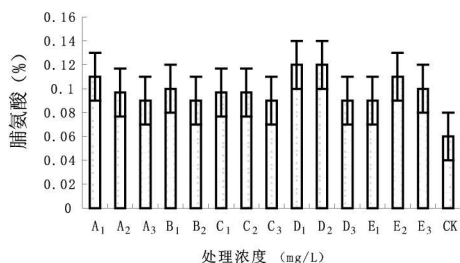


图3 生长调节剂单喷对苹果花芽脯氨酸含量的影响

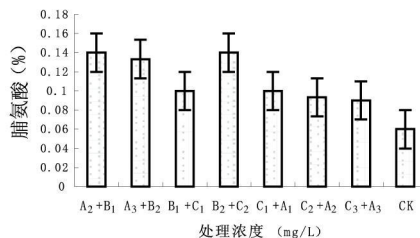


图4 生长调节剂复配对苹果花芽脯氨酸含量的影响

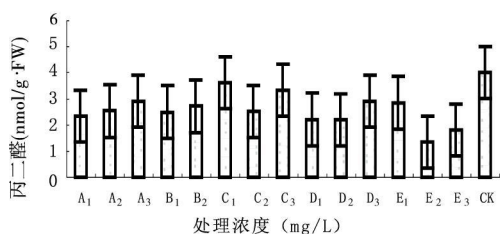


图5 生长调节剂单喷对苹果花芽MDA含量的影响

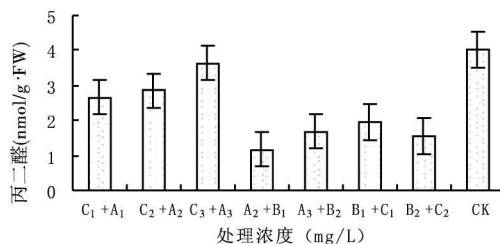


图6 生长调节剂复配对苹果花芽MDA含量的影响

从表3看出,2004年10月10日喷药,2005年4月5日开始观测物候期。结果表明,单喷1500mg/L 青鲜素延迟初花期5d,盛花期4d,2000mg/L 为6d和5d,其次为50mg/L 赤霉素延迟初花期2d和1d,其余药剂不明显。乙烯利和萘乙酸有促进花期的负效应,可能与浓度过高有关;复配药剂以100mg/L 赤霉素+1500mg/L 青鲜素延迟初花期7d,盛花期6d,其次为150mg/L 赤霉素+2000mg/L 青鲜素,分别为6d和5d。

### 3 讨论与结论

植物在正常情况下,体内自由基的产生和清除处于

动态平衡状态。当植物处于逆境条件下时,细胞内自由基产生和清除的平衡会遭到破坏,此时积累的自由基就会对植物细胞造成伤害,首先易于遭受攻击的便是质膜系统<sup>[9]</sup>。基于低温伤害学说而确定的电解质渗透率、脯氨酸和MDA含量指标已被众多试验证实能够反映植物遭受冻害程度和植物抗寒性的强弱<sup>[6~8]</sup>。但是Levitt等<sup>[9]</sup>认为游离脯氨酸累积较多并不意味着抗寒性强,其含量与低温没有相关关系。试验结果表明,生长调节剂各处理的苹果花芽的脯氨酸含量均比对照高1~2倍,电解质透出率与脯氨酸含量呈极显著负相关关系( $r=-0.9265$ )。因此,试验认为脯氨酸含量可作为抗寒

性指标。

丙二醛为细胞受伤害后的最终产物,是膜系统受害的重要标志之一。红富士苹果花芽内丙二醛含量随药剂类型、处理浓度和复配方式不同其含量降低幅度也不同。生长调节剂能够降低植物体内丙二醛含量,并与电导率一致,且两者指标高度正相关( $r=0.8614$ )。表明生长调节剂能够稳定膜结构,减轻膜受到伤害的程度。

表3 生长调节剂不同浓度处理对红富士苹果开花物候期的影响

处理	花序分离	延迟天数	气球期	延迟天数	初花期	延迟天数	盛花期	延迟天数
	期(月.日)	(d)	(月.日)	(d)	(月.日)	(d)	(月.日)	(d)
CK	4.12	-	4.16	-	4.18	-	4.20	-
A <sub>1</sub>	4.15	3	4.19	3	4.22	4	4.22	2
A <sub>2</sub>	4.14	2	4.18	2	4.21	3	4.21	1
A <sub>3</sub>	4.13	1	4.17	1	4.19	1	4.20	0
B <sub>1</sub>	4.16	4	4.20	4	4.23	5	4.24	4
B <sub>2</sub>	4.15	3	4.20	4	4.24	6	4.25	5
C <sub>1</sub>	4.14	2	4.17	1	4.19	1	4.20	0
C <sub>2</sub>	4.14	2	4.17	1	4.18	0	4.20	0
C <sub>3</sub>	4.13	1	4.16	0	4.17	-1	4.19	-1
D <sub>1</sub>	4.15	3	4.18	2	4.21	3	4.21	1
D <sub>2</sub>	4.15	3	4.18	2	4.20	2	4.19	-1
D <sub>3</sub>	4.14	2	4.17	1	4.20	2	4.19	-1
E <sub>1</sub>	4.13	1	4.16	0	4.18	0	4.20	0
E <sub>2</sub>	4.14	2	4.17	1	4.18	0	4.20	0
E <sub>3</sub>	4.13	1	4.16	0	4.18	0	4.20	0
A <sub>2</sub> +B <sub>1</sub>	4.16	4	4.21	5	4.25	7	4.26	6
A <sub>3</sub> +B <sub>2</sub>	4.16	4	4.21	5	4.24	6	4.25	5
B <sub>1</sub> +C <sub>1</sub>	4.16	3	4.20	4	4.21	3	4.22	2
B <sub>2</sub> +C <sub>2</sub>	4.14	2	4.19	3	4.20	2	4.21	1
C <sub>1</sub> +A <sub>1</sub>	4.15	3	4.19	3	4.20	2	4.21	1
C <sub>2</sub> +A <sub>2</sub>	4.14	2	4.18	2	4.19	1	4.20	0
C <sub>3</sub> +A <sub>3</sub>	4.13	1	4.16	0	4.17	-1	4.18	-2

据宁夏气象局统计分析<sup>[10]</sup>,近10a来,宁夏引黄灌区苹果初花至盛花期(4月中旬~4月下旬)发生霜冻的几率最高,达90%以上。完全休眠的花芽抗冻性最强,解除休眠后花芽开始膨大,抗冻性持续减弱。在同等条件下,开花越晚的品种抗冻性越强。秋季喷施生长调节剂,翌年观测结果表明,单喷2000mg/L青鲜素延迟初花期和盛花期为6d和5d,复配剂100mg/L赤霉素+1500mg/L青鲜素分别延迟7d和6d。因此,秋季喷施生长调节剂翌年延迟开花期,提高花期抗冻性,可有效减轻因霜冻造成的损失。

参考文献:

[1] 何维勋,冯玉香,孙福在等.防御霜害新途径的研究[J].灾害学1990(1):14-19.  
[2] 李宪利,高东升,陈广利,等.平原地区杏树花期延迟技术的研究[J].落叶果树,1996(1):15-17.  
[3] 曾骧.植物生长调节剂在果树上的应用[M].北京:农业出版社,1993.  
[4] 何若韞.植物低温逆境生理[M].北京:中国农业出版社,1995.  
[5] S E W. phospholipids and plant membrane permeability[J]. New Phytol. 1974, (73):377.  
[6] 王荣富.植物抗寒指标的种类及应用[J].植物生理学通讯,1987(3):49-55.  
[7] 刘祖祺,张石城.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社,1994.  
[8] Yamaki S, Unitani I. The mechanism of chilling injury in sweet potatoes. Part V. Biochemical mechanism of chilling injury with special reference to mitochondrial lipid components[J]. Agr Biol Chem, 1972, 36:47-55.  
[9] Levitt J. Responses of Plants to Environmental Stress. Freezing and High temperature Stresses. 2nd Edition, volume 1; Chilling[J]. New York: Academic Press, 1980.  
[10] 陈玉英,陈楠,张晓煜.宁夏农业区霜冻出现规律分析[J].宁夏农林科技,2001,(3):34-37.

Effect on Cold Resistance and Phenology of Flower Bud of Red Fuji Apple with Plant-growth Regulators

WANG Wen-jia, LI Xiao-wei

(School of Agriculture; Ningxia University; Yinchuan 750021)

**Abstract:** The red Fuji apple tree was sprayed with PGRs in autumn, in spring of the next year the electric conductivity and the content of proline and MDA of the flower bud was determined and the phenology was observed. Results showed: the content of proline in the flower bud was 1~2 times of the comparison. The electrolyte leakage was significant negative correlated with the content of proline( $r=-0.9265$ ); PGRs can decrease the content of MDA and the electric conductivity in the flower bud of red Fuji apple, and was significant positive correlated with the electric conductivity of flower bud( $r=0.8614$ ), PGRs can stabilize the membrane structure and reduce the extent of damage of membrane. The initial bloom stages and full opening flower stages were postponed six days and five days with 2000mg/L MH, seven days and six days with the mixture 1000mg/LGA+1500mg/L MH.

**Key words:** Plant-growth regulators; Apple; cold resistance; Phenology