

Effects of Exogenous GA₃ on Cold Resistance of Korla Fragrant Pear

Yijing Wang, Karim Ali, Kun Xiao

College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumchi
Email: karimali@163.com

Received: Oct. 21st, 2014; revised: Nov. 10th, 2014; accepted: Nov. 28th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this experiment, the Korla Pear plant with strong tree vigor, and normal fruit was used as test materials to survey the freezing resistance. In leaf stage (May 6, 2013), different concentrations of exogenous GA₃ (50, 75, 100 mg/L) were sprayed once every 20 days, for three times. In the period of dormancy, the Korla Pear plant branches were collected. And the hardiness index, such as conductivity, MDA, proline, soluble protein, soluble sugar and starch content were surveyed and the degree of membership of each composite indicator was evaluated under artificial low temperature conditions. The results show that: with 100 mg/L GA₃ once processed, the average membership is more than 0.7, which is high resistance; the average membership of the treatments of 50 mg/L GA₃ once, 75 mg/L GA₃ once, 50 mg/L GA₃ twice, 75 mg/L GA₃ twice, 100 mg/L GA₃ twice and 100 mg/L GA₃ for three times are all more than 0.4, which are middle resistance; the average membership of the treatments of both 50 and 75 mg/L GA₃ for three times are more than 0.3, which are lower resistance. This result shows that the best spraying GA₃ concentration is 100 mg/L, treatment time is once, and it can resist low temperature at -24°C. But to determine the optimal spraying time and concentrations of exogenous hormone needs further study.

Keywords

Korla Fragrant Pear, Exogenous GA₃, Branches, Cold Resistance

外源赤霉素(GA₃)对库尔勒香梨抗寒性的影响

王一静, 克热木·伊力, 肖 坤

新疆农业大学林学与园艺学院, 乌鲁木齐

Email: karimali@163.com

收稿日期: 2014年10月21日; 修回日期: 2014年11月10日; 录用日期: 2014年11月28日

摘要

以树势健壮、结果正常的库尔勒香梨单株为试验材料,在展叶期(2013年5月6日)第一次喷施不同浓度的外源GA₃(50, 75, 100 mg/L),每隔20天喷施一次,共喷施三次。在休眠期枝条取样,在人工低温胁迫条件下测定膜透性、丙二醛、脯氨酸、可溶性蛋白质、可溶性糖和淀粉含量等抗寒性指标,并计算各综合指标的隶属度。试验结果表明:100 mg/L GA₃一次处理的平均隶属度大于0.7,为高抗;50 mg/L GA₃一次处理、75 mg/L GA₃一次处理、50 mg/L GA₃二次处理、75 mg/L GA₃二次处理、100 mg/L GA₃二次处理、100 mg/L GA₃三次处理的平均隶属度均大于0.4,因此以上处理均为中抗;50 mg/L GA₃三次处理、75 mg/L GA₃三次处理的平均隶属度大于0.3,因此这两种处理为低抗。可初步认为,最佳GA₃喷施浓度为100 mg/L,处理一次,能够抵抗-24℃的低温,但确定最佳喷施时间和外源激素浓度需进一步深入研究。

关键词

库尔勒香梨, 外源GA₃, 枝条, 抗寒性

1. 引言

植物抗寒的开始是因为环境因素改变了植物体内激素间的相互平衡,导致植株体内各种代谢途径的变化和生长的停止。植物抗寒锻炼的主要推动力是植物内源激素平衡关系的改变。有研究指出[1],抗寒基因表达的启动因素就是植物激素,对植物抗寒力重要的调控作用。

赤霉素(GA)是一个较大的萜类化合物家族,在植物整个生命循环过程中起着重要的调控作用。虽然只有部分赤霉素具有生物学活性,但这些有活性的GA不仅与植物的抗寒性有关[2],而且调控能够调控植物的各个生长发育阶段[3]。GA₃是最早被认为与抗寒性有关的植物激素。一般认为抗寒性强的植物GA₃含量低于抗寒性弱的植物。因为GA₃含量下降能抑制生长,提高抗寒性[4]。GA和IAA为促生长类激素,对植物的生长发育主要起促进作用,逆境条件下植物一般需要降低生长速度以度过不良环境[5]。

植物内源激素对植物抗寒性的影响方面国内外研究也比较多。植物激素如脱落酸(ABA)和赤霉素(GA₃)的调控作用已被许多研究者公认[6]。多年来的研究,植物抗寒力诱导过程中内源激素的水平使用外源激素来提高,从而能提高植物的抗寒力已被有所证实[7]。适宜浓度的GA₃可以降低O²⁻生成速率、MDA含量,增加脯氨酸、可溶性蛋白质含量,延缓芍药的衰老[8],提高黄瓜幼苗叶片POD、CAT、SOD的活性,降低质膜透性,缓解了黄瓜幼苗的盐害[9]等。外源GA₃也可以显著降低槭树的抗寒力[10],上述结论在冬小麦[11]、苜蓿[12]、柑橘[13]等植物上均得到证实。

近年来在果树生产上使用外源激素来提高果实品质、生长发育、开花结果、育种、果实无子化等研究成果也比较多。也可以看到外源激素减少花期冻害的研究报告。目前外源激素应用在果树研究比较多的是草莓[14]、樱桃[15]、核桃[16]、苹果[17]-[19]、红枣[20][21]等果树的生理功能、品质和提高繁殖力的影响方面,杏[22]-[24]在抗寒性关系研究,葡萄糖代谢、果实品质提高[25]-[27]等方面有报到。

库尔勒市自从进入90年代以来,冬季发生了多次大范围的冻害,基本是3~4年一遇,冻害已成为香梨产业健康发展的第一大障碍。本研究针对以上生产上急需问题,提高库尔勒香梨抗寒性为目的,在展

叶期对香梨树叶面喷施不同浓度不同次数的外源赤霉素(GA₃)。并在休眠期枝条取样,结合人工低温胁迫条件下测定其有关抗寒指标,探讨展叶期外施赤霉素对库尔勒香梨抗寒性的影响。旨在为库尔勒地区的香梨安全越冬、稳产和高产提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 材料及前期处理

本试验在库尔勒市阿瓦提乡进行。选择管理较好的 15 年生的库尔勒香梨果园中树冠大小和树势相对一致的 30 棵香梨树确定为试验材料。本试验所用外源赤霉素(GA₃)是美国 Sanland Chemical Co, LTD 生产,纯度大于 96%。

2013 年 5 月 6 日第一次叶面喷施赤霉素(GA₃),处理浓度为: 50 mg/L、75 mg/L、100 mg/L,记为 A₁、A₂、A₃;隔 20 天后第二次喷施相同浓度的 GA₃,记为 B₁、B₂、B₃;隔 20 天后第三次喷施,记为 C₁、C₂、C₃。共 9 个处理,每个处理各选取 3 棵树重复试验,共 27 棵树;对照处理喷施清水,记为 CK,同样选取 3 棵树重复。其他管理条件一致。

2.2. 试验处理

2013 年 12 月 30 日取样,各样品均选取树冠外围生长健壮、粗细均匀一致的一年生枝条。取回的一年生枝条先用清水洗净,再用蒸馏水冲洗。擦拭晾干后,按照 5 个人工低温处理温度,将每个处理枝条平均分成 5 组进行实验。用洁净湿纱布包裹试样,放入低温冷冻箱进行人工低温胁迫处理。处理温度为: -20℃, -22℃, -24℃, -26℃,对照温度为 4℃,每个处理冷冻 12 h 以上。冷冻结束后,在 4℃下解冻 30 min,然后将枝条用于测定抗寒有关生理指标。

2.3. 指标测定

膜透性采用电导法测定,丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法测定,游离脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮染色法,可溶性蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法,可溶性糖和淀粉的含量测定采用蒽酮法。

2.4. 抗寒性评价

抗寒性综合评价用隶属函数法综合各项指标进行抗寒性评价[28],其公式为:

$$U_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (\text{正相关})$$

$$U_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (\text{负相关})$$

式中: U_{ij} 表示 i 种类 j 指标的抗寒隶属函数值; X_{ij} 表示 i 种类 j 指标的测定值; $X_{j\min}$ 表示所有种类 j 指标的最小值; $X_{j\max}$ 表示所有种类 j 指标的最大值; i 表示某个品种; j 表示某项指标。

按照平均隶属度将抗寒性分为 5 级[29]: 0.70~1.00 为高抗(High Resistance, HR),定为 I 级; 0.60~0.69 为抗(Resistance, R),定为 II 级; 0.40~0.59 为中抗(Mid-dle Resistance, MR),定为 III 级; 0.30~0.39 为低抗(Lower Resistance, LR),定为 IV 级; 0~0.29 为不抗(Susceptible, S),定为 V 级。

2.5. 数据处理

实验数据分析采用 DPS7.05 统计分析软件完成。

3. 结果与分析

3.1. 外源 GA₃ 处理对各抗寒指标的影响

3.1.1. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条膜透性的影响

外源 GA₃ 处理后, 人工低温条件下, 总体上各处理库尔勒香梨枝条的相对电导率随着温度的降低而增加, 但增加的幅度并不均匀。

由表 1 得出, 各处理温度下各处理之间的差异性达到了显著水平。人工低温胁迫下, 在降温至-24℃时, 除了 B₂、C₂ 处理外, 各处理的相对电导率均小于对照 CK。C 组处理在-22℃时急剧上升, 此后增幅缓慢。人工低温胁迫至-26℃时, 除 A₂ 处理外, 各处理相对电导率都有明显的增加, 均比 4℃时增加 31% 以上。C₂ 的增加幅度最大, 为 56.12%, A₃ 次之, 为 55.38%。对照上升幅度为 24.05%。各处理浓度的电导率在人工低温胁迫下增加的幅度不一, 这也说明了低温处理枝条内的膜透性发生了异常变化, 各处理的抗寒效果表现均不同。

3.1.2. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条 MDA 含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的最终分解产物, 具有细胞毒性, 对质膜有毒害作用, 主要破坏细胞膜系统。不同浓度外源 GA₃ 处理, 人工低温胁迫条件下, 总体上各处理库尔勒香梨枝条的 MDA 含量随着温度的降低呈先升高后降低的趋势, 且变化的幅度并不均匀(表 2)。

从表 2 中可看出, 除了-24℃温度下, 各处理温度下各处理之间的差异性达到了显著水平。A 组各处理在-24℃时 MDA 含量达到最高值, 均比 4℃下上升 62% 以上, 其中 A₃ 处理增幅最大, 为 95.68%, -24℃之后急剧下降。说明在-24℃时, A 组各处理的细胞膜脂过氧化程度最高。B 组和 C 组在-22℃达到最高值, 均比 4℃下上升 52% 以上, 其中 C₁ 处理增幅最大, 为 107.41%, -22℃之后急剧下降, -26℃时, C₁ 处理 MDA 含量降低了 60.51%, 说明在-22℃时, B 组与 C 组各处理的细胞膜脂过氧化程度最高。

3.1.3. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条游离脯氨酸含量的影响

各处理温度下各处理之间的脯氨酸含量差异性达到了显著水平, 4℃温度下除外(表 3)。不同浓度外

Table 1. Effect of branches conductivity from Korla Fragrant Pear under the treatments with different concentrations of Exogenous GA₃ (%)

表 1. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条电导率的影响(%)

处理 Treatment	温度 Temperature(℃)				
	4	-20	-22	-24	-26
CK	21.52 abc	21.87 ab	25.75 abc	25.88 ab	26.69 de
A ₁	21.93 ab	22.55 ab	24.38 d	24.54 bc	31.55 a
A ₂	22.63 a	22.69 a	25.76 abc	25.22 ab	27.20 ef
A ₃	19.04 cd	16.43 e	24.84 bcd	24.05 bc	29.59 ab
B ₁	20.58 ab	21.22 bc	24.19 d	24.58 abc	28.38 cd
B ₂	20.35 abcd	20.46 cd	26.88 ab	26.70 ab	27.71 cde
B ₃	18.96 cd	19.96 d	24.73 cd	25.84 abc	28.09 cd
C ₁	19.24 abc	19.88 cd	24.00 d	24.62 abc	25.22 f
C ₂	18.07 d	18.22 e	28.01 a	28.18 a	28.21 bc
C ₃	18.88 bcd	18.89 d	23.22 d	23.63 c	26.59 ef

注: 同一列数据后小写字母不同者表示差异显著(P < 0.05), 下同。

Table 2. Effect of malondialdehyde content from Korla Fragrant Pear branches under the treatments with different concentrations of Exogenous GA₃ (μmol/g)
表 2. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条丙二醛含量的影响(μmol/g)

处理 Treatment	温度 Temperature(°C)				
	4	-20	-22	-24	-26
CK	8.03 f	15.65 bcd	16.06 bcde	16.56 a	8.46 e
A ₁	11.78 a	13.31 abc	18.44 ab	19.15 a	15.20 a
A ₂	9.62 ef	11.70 d	12.06 ce	17.94 a	12.25 b
A ₃	9.06 de	13.15 cd	16.22 bcd	17.74 a	15.50 a
B ₁	11.00 ab	18.59 ab	20.89 abc	17.97 a	12.60 b
B ₂	11.28 cde	16.69 bcd	17.12 bcde	16.92 a	11.74 bc
B ₃	10.33 de	17.35 abcd	16.94 bcde	16.20 a	12.86 b
C ₁	12.22 bcd	23.87 a	25.34 a	16.78 a	10.01 d
C ₂	12.93 bc	21.68 ab	22.18 ab	15.91 a	11.23 cd
C ₃	11.60 cde	21.55 ab	17.66 bcde	14.66 a	10.22 cd

Table 3. Effect of proline content from Korla Fragrant Pear branches under the treatments with different concentrations of Exogenous GA₃ (ug/g)
表 3. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条游离脯氨酸含量的影响(ug/g)

处理 Treatment	温度 Temperature(°C)				
	4	-20	-22	-24	-26
CK	12.43 a	28.23 a	28.23 a	32.33 a	34.29 a
A ₁	10.63 a	22.46 bc	23.56 b	24.42 b	24.87 c
A ₂	11.28 a	23.32 b	24.22 b	25.17 ab	30.20 b
A ₃	12.26 a	23.44 b	25.16 b	26.08 ab	30.85 ab
B ₁	11.12 a	19.33 c	23.44 b	24.00 b	22.87 cde
B ₂	12.59 a	20.78 bc	21.93 bc	24.98 b	25.24 c
B ₃	13.04 a	20.47 bc	21.33 c	25.07 ab	24.06 cd
C ₁	11.61 a	16.19 c	23.32 b	23.58 ab	20.86 de
C ₂	13.90 a	18.24 bc	19.63 c	24.79 b	20.29 ef
C ₃	13.82 a	17.51 bc	17.51 c	24.06 b	17.26 f

源 GA₃ 处理后库尔勒香梨枝条内的游离脯氨酸含量随着低温胁迫的加强有不同程度的增加, -26°C 下, A 组各处理的脯氨酸含量达到最高值, 而 B 组和 C 组各处理的脯氨酸含量在 -24°C 达到峰值后出现下降趋势。在 -20°C 时, 各处理的脯氨酸含量急剧上升, 温度继续下降, 脯氨酸含量缓慢增加。在低温锻炼下各处理后的脯氨酸含量均比对照低。其中脯氨酸含量最大值出现在 -26°C 时 A₃ 处理, 为 30.85 μg/g, 比 4°C 处理上升了 151.55%。说明同处理条件下 A₃ 处理的枝条受到的低温伤害较小。

3.1.4. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条可溶性蛋白质含量的影响

遭受低温胁迫的植物, 可溶性蛋白质的含量会有所增加, 以此对植物抗寒起调节作用。由表 4 可看

出,随着处理温度的降低,各处理的可溶性蛋白质含量均呈逐渐升高的趋势。且各处理温度下各处理之间的蛋白质含量差异性显著。其中温度在 4℃至-20℃间,香梨枝条中的可溶性蛋白质含量迅速增加。-22℃后,各处理枝条的蛋白质含量缓慢增加,在-26℃达到最高值。说明香梨在-22℃开始积累一定的渗透调节物质,以适应外界环境的变化。在-26℃的低温胁迫下,除 A₂ 处理外,各处理枝条的可溶性蛋白质含量均比对照高,并且 C₂ 处理的枝条的蛋白质含量达到最高值为 8.06 mg/g,比同处理中的对照高出 21.12%,比 4℃的处理上升了 319.80%。

3.1.5. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条可溶性糖含量的影响

随着胁迫温度的下降,各处理枝条的可溶性糖含量总体呈先上升后降低的趋势(表 5)。-24℃之前各

Table 4. Effect of soluble protein content from Korla Fragrant Pear branches under the treatments with different concentrations of Exogenous GA₃ (mg/g)

表 4. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条可溶性蛋白质含量的影响(mg/g)

处理 Treatment	温度 Temperature(°C)				
	4	-20	-22	-24	-26
CK	1.93 a	4.17 a	5.61 b	5.77 de	6.71 ef
A ₁	1.91 ab	4.01 a	4.01 d	6.94 ab	7.56 ab
A ₂	1.39 c	2.62 d	5.60 b	6.23 bcde	6.43 f
A ₃	1.78 ab	2.68 d	5.90 ab	6.41 abc	7.42 cd
B ₁	1.87 ab	3.99 a	5.36 bc	7.07 ab	7.41 bc
B ₂	1.65 b	3.04 c	5.84 ab	6.24 bcde	7.25 cd
B ₃	1.76 ab	3.08 c	5.29 bc	6.02 cde	7.22 d
C ₁	1.82 ab	3.97 a	6.70 a	7.20 a	7.25 cd
C ₂	1.92 a	3.45 b	6.08 ab	6.26 bcd	8.06 a
C ₃	1.73 ab	3.48 b	4.69 cd	5.64 e	7.03 de

Table 5. Effect of soluble sugar content from Korla Fragrant Pear branches under the treatments with different concentrations of Exogenous GA₃ (mg/g)

表 5. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条可溶性糖含量的影响(mg/g)

处理 Treatment	温度 Temperature(°C)				
	4	-20	-22	-24	-26
CK	33.08 f	28.56 c	37.64 c	44.02 bcd	44.91 a
A ₁	38.99 de	39.24 b	41.02 bc	50.05 a	39.07 abc
A ₂	38.26 e	40.05 b	40.18 abc	41.86 de	38.42 abcd
A ₃	40.69 ab	42.72 a	44.42 a	50.91 a	39.72 ab
B ₁	41.55 abcde	40.41 b	41.42 c	45.70 b	36.95 bcde
B ₂	40.21 bcde	41.30 b	41.76 abc	42.70 cde	36.03 bcde
B ₃	40.38 cde	40.76 b	41.82 ab	42.40 bc	37.45 bcd
C ₁	44.10 a	41.59 b	41.83 c	41.35 e	34.83 de
C ₂	42.15 abc	42.56 b	43.34 abc	43.54 bcde	33.64 e
C ₃	42.07 abcd	43.21 b	43.42 abc	42.89 bcde	35.59 cde

处理枝条中可溶性糖含量变化不大,并且各处理间可溶性糖含量的差别也不大。在-24℃时,各处理的可溶性糖含量达到最高值,最高值出现在A₃处理,为50.91 mg/g,比同处理的对照高15.65%,其它比对照高的有A₁和B₁。-26℃时,可溶性含量下降,这主要是由于低温使可溶性糖用于增加原生质的浓度,减小细胞内失水和结冰,以提高枝条组织细胞的抗寒性。各温度下各处理间的差异显著性见表5。

3.1.6. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条淀粉含量的影响

从表6可以看出,外源GA₃处理后,随着温度的降低,各处理枝条内淀粉含量逐渐降低。在4℃至-24℃范围内,各处理内淀粉含量逐渐降低,且降低比较缓慢;在-24℃之后,除C₃处理外,淀粉含量降低均在26%以上。说明在-24℃后,淀粉转化成其他小分子物质,来调节细胞内的渗透平衡,由此来提高抗寒性。其中降幅最大的是A₂和A₃,降幅达到45%以上。-22℃温度下,各处理间淀粉含量的差异不显著,其它处理温度下各处理之间的差异性如表6所示。

3.2. 各抗寒指标的隶属函数值及平均隶属度

为了全面利用各指标对库尔勒香梨的抗寒性进行综合评价,通过计算各综合指标的隶属函数值来分析比较并排序(表7)。

由表7可看出,除了C₁和C₂处理枝条的平均隶属度小于0.4,其它处理枝条的平均隶属度均大于0.4,并且A₃处理的平均隶属度最大,大大地高于其它8个处理。

根据平均隶属度的划分,从表7来看A₃处理,即100 mg/L GA₃一次处理枝条的平均隶属度为0.814 > 0.7,因此100 mg/L GA₃一次处理为高抗,划分为抗寒I级;50 mg/L GA₃一次处理、75 mg/L GA₃一次处理、50 mg/L GA₃二次处理、75 mg/L GA₃二次处理、100 mg/L GA₃二次处理、100 mg/L GA₃三次处理的平均隶属度均大于0.4,因此以上各处理均为中抗,划分为抗寒III级;50 mg/L GA₃三次处理、75 mg/L GA₃三次处理的平均隶属度大于0.3,因此这两种处理为低抗,属于抗寒IV级。

4. 讨论

本试验通过对外源赤霉素(GA₃)处理过的库尔勒香梨枝条进行电导率、丙二醛、脯氨酸、可溶性蛋白

Table 6. Effect of starch content from Korla Fragrant Pear branches under the treatments with different concentrations of Exogenous GA₃ (mg/g)

表 6. 外源 GA₃ 处理对库尔勒香梨枝条淀粉含量的影响(mg/g)

处理 Treatment	温度 Temperature(°C)				
	4	-20	-22	-24	-26
CK	16.50 c	16.11 bc	15.81 a	15.56 abc	14.63 a
A ₁	17.99 abc	17.02 bc	16.78 a	16.63 ab	8.87 f
A ₂	17.63 c	17.28 abc	16.84 a	16.60 a	9.11 ef
A ₃	18.02 bc	16.84 c	16.11 a	15.55 a	10.09 def
B ₁	19.80 ab	19.29 ab	18.45 a	17.96 a	11.35 cde
B ₂	18.93 abc	18.44 abc	16.99 a	15.37 abc	11.43 cdef
B ₃	19.20 ab	17.49 bc	17.77 a	16.96 abc	12.52 bcd
C ₁	21.60 a	21.56 a	20.13 a	19.30 a	13.83 b
C ₂	20.23 a	19.59 abc	17.14 a	14.14 bc	13.75 bc
C ₃	20.38 a	17.53 bc	17.43 a	14.78 c	14.15 b

Table 7. Membership value and average membership of Korla Pear branches with different concentrations of Exogenous GA₃ treatments under artificial low temperature conditions
表 7. 人工低温条件下库尔勒香梨枝条外源 GA₃ 处理的隶属函数值及平均隶属度

处理 Treatment	隶属函数值 Subordinative function						平均隶属度 Average of SF	排序 Sort
	电导率 Conductivity	丙二醛 MDA	脯氨酸 Proline	可溶性蛋白质 Soluble protein	可溶性糖 Soluble sugar	淀粉 Starch		
A ₁	0	0.420	0.571	0.465	0.487	0.966	0.485	3
A ₂	0.105	1	0.870	0	0	0.957	0.489	2
A ₃	0.801	0.671	1	0.410	1	1	0.814	1
B ₁	0.436	0.250	0.384	0.732	0.368	0.483	0.442	6
B ₂	0.207	0.587	0.556	0.374	0.164	0.770	0.443	5
B ₃	0.536	0.590	0.500	0.237	0.206	0.630	0.450	4
C ₁	0.873	0	0.196	1	0.250	0	0.386	9
C ₂	0.309	0.175	0.243	0.749	0.328	0.584	0.398	8
C ₃	1	0.509	0	0.065	0.427	0.613	0.436	7

质、可溶性糖及淀粉 6 大生理指标的测定，以期为库尔勒香梨的外施 GA₃ 抗寒效果的鉴定提供预测性的评价。

实验结果表明，外施不同浓度的 GA₃ 延缓了库尔勒香梨的电解质渗出率，且外施次数越多，缓解效果相对降低。随着低温胁迫的加剧，丙二醛含量总体呈现上升趋势，而-24℃至-26℃枝条中的丙二醛含量急剧上升；丙二醛是细胞膜脂过氧化作用的反映，丙二醛含量的增减是树体为适应外界环境的变化而做出的一系列的调节反应。游离脯氨酸的含量随着温度的降低平稳地增加，相对而言，外施一次 GA₃ 脯氨酸增加较大且比较平稳。本实验中可溶性蛋白质的含量随着温度的降低持续增加，含量均高于对照。各处理的可溶性糖含量均在-24℃时达到最高值，其中 A₃ 处理的糖含量最高，且差异显著(P < 0.05)；淀粉含量降低最大的是 A 组处理；在-26℃下达到最低值，各处理间的差异显著(P < 0.05)。

植物的抗性受多种因素影响，不能单一的用某一生理指标来揭示植物抗寒的本质。各生理指标不但有各自的单方面作用，而且相互之间的作用也有重要的影响，只有对这些指标的交互作用深入综合分析，才能提高对植物抗寒性的准确鉴定。隶属函数分析提供了在多指标测定的基础上对材料进行综合评价的方法，将它应用于抗性品种的选择，更具科学性和可靠性[30]。

本研究先用多种方法对植物生理 6 大指标进行抗寒性鉴定，然后用隶属函数法对其进行了抗寒性综合评价。初步研究了在人工低温胁迫下，不同浓度不同次数喷施外源 GA₃，库尔勒香梨树离体一年生枝条的抗寒生理指标的变化以及与抗寒性的关系。

5. 结论

综合分析各抗寒指标及平均隶属值可知，外源 GA₃ 处理叶片可以提高库尔勒香梨树的抗寒性。可初步认为，最佳 GA₃ 喷施浓度为 100 mg/L，处理一次，能够抵抗-24℃的低温。但最佳喷施时间、外源激素浓度对库尔勒香梨抗寒生理的影响，以及外施激素后对内源激素的影响仍需要进一步深入研究。

参考文献 (References)

- [1] 林定波, 刘祖祺, 张石城 (1994) 多胺对柑桔抗寒力的效应. *园艺学报*, 3, 222-226.
- [2] 黄涛, 陈大洲, 夏凯, 等 (1998) 抗冷与不抗冷水稻在低温期间叶片 ABA 与 GA₁ 水平变化的差异. *华北农学报*,

- 4, 56-60.
- [3] 吴冬云, 朱碧岩, 丁四兵, 等 (2003) 6-BA 和 GA 对水稻后期衰老的影响. *华南师范大学学报(自然科学版)*, **1**, 119-122.
- [4] Wslser, R., Wacker, D. and Seeley, D. (1981) Effect of temperature, falldefoliation and gibberlic acid on the rest period of peach leaf bud. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **106**, 91-94.
- [5] 张根发, 王舒静, 张桂芳, 等 (2003) 低温和植物生长调节物质处理对好好芭无性系试管苗抗寒相关酶类活性的影响. *中国油料作物学报*, **3**, 59-63.
- [6] Chen, H.H., Li, P.H. and Brenner, M.L. (1983) Involvement of abscisic acid in potato cold acclmiation. *Plant Physiology*, **71**, 326-365.
- [7] 高东升, 束怀瑞, 李宪利 (2002) 桃自然休眠过程中外源激素对花芽碳水化合物的调控效应. *果树学报*, **2**, 104-107.
- [8] 郭绍霞, 张燕, 张玉刚, 等 (2008) 赤霉素和青霉素对芍药切花衰老的影响. *园艺园林科学*, **2**, 314-319.
- [9] 钟新榕 (2005) 外源 ABA 及 GA₃ 对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗的影响. 硕士论文, 甘肃农业大学, 兰州.
- [10] Irving, R.M. and Lanphear, F.O. (1968) Regulation of cold hardiness in *Acer negundo*. *Plant Physiology*, **43**, 9-13.
- [11] Reid, D.M., Pharis, R.P. and Roberts, D.W.A. (1974) Effects of four temperature regimens on the gibberellin content of winter wheat cv. kharkov. *Physiologia Plantarum*, **30**, 53-57.
- [12] Waldman, M., Rikin, A., Dovrat, A. and Richmond, A.E. (1975) Hormonal regulation of morphogenesis and cold-resistance. *Journal of Experimental Botany*, **26**, 853-859.
- [13] Young, R. (1971) Effect of growth regulators on citrus seedling cold hardiness. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **96**, 708-710.
- [14] 王书宏, 杜永吉 (2008) 外源激素对干旱胁迫下草莓光合特性的影响. *中国农学通报*, **12**, 367-371.
- [15] 侯思宇, 孙朝霞, 王玉国 (2011) 外源激素配比对樱桃叶片再生体系的影响. *山西农业大学学报(自然科学版)*, **2**, 104-108.
- [16] 徐继忠, 陈海江, 李晓东, 张志华, 王艳辉 (2004) 外源多胺对核桃雌雄花芽分化及叶片内源多胺含量的影响. *园艺学报*, **4**, 437-440.
- [17] 徐继忠, 陈海江, 马宝棍, 章文才 (2001) 外源多胺对富士苹果花和幼果内源多胺与激素的影响. *园艺学报*, **3**, 206-210.
- [18] 陈海江, 徐继忠, 袁小乱, 邵建柱, 梁金铎 (1999) 不同时期喷施外源多胺对红星苹果坐果的影响. *河北农业大学学报*, **2**, 47-49.
- [19] 高文胜, 李林光, 李芳东, 李惠峰, 吕德国 (2010) 外源 GA₃ 处理对套袋苹果内在品质的影响. *北方园艺*, **3**, 4-9.
- [20] 魏葳 (2011) 喷施叶面肥和 GA₃ 对冬枣果实品质的影响及冬枣叶分析标准值初探. 硕士论文, 河北农业大学, 保定.
- [21] 刘平, 温陟良, 彭士琪, 郭振怀 (2002) 外源 GA₃ 对枣树 C-光合产物向果实分配的影响. *河北农业大学学报*, **4**, 34-36.
- [22] 魏安智, 杨途熙, 张睿, 杨恒, 郑元, 杨向娜 (2008) 外源 ABA 对仁用杏花期抗寒力及相关生理指标的影响. *西北农林科技大学学报*, **5**, 79-84.
- [23] 岳丹, 王有科 (2008) 杏树内源激素含量与抗寒性关系研究. *安徽农业科学*, **23**, 9951-9952.
- [24] 郑元 (2007) 仁用杏开花坐果期激素变化与抗寒性研究. 硕士论文, 西北农林科技大学, 杨凌.
- [25] 刘静, 容新民, 郁松林, 马兵刚 (2011) 外源赤霉素对紫香无核葡萄果实糖代谢及相关酶活性的影响. *中外葡萄与葡萄酒*, **5**, 25-29.
- [26] 李鹏程 (2010) 外源植物激素对葡萄果实发育过程中糖代谢及相关酶活性的影响. 硕士论文, 石河子大学, 石河子.
- [27] 郑强卿 (2009) 外源生长调节剂对葡萄品质和果实发育过程中糖酸积累变化规律的影响. 硕士论文, 石河子大学, 石河子.
- [28] 史清华, 高建社, 王军, 符毓秦 (2003) 5 个杨树无性系抗寒性的测定与评价. *西北植物学报*, **11**, 1937-1941.
- [29] 张文娥, 王飞, 潘学军 (2007) 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性. *果树学报*, **6**, 849-853.
- [30] 许桂芳, 张朝阳, 向佐湘 (2009) 利用隶属函数法对 4 种珍珠菜属植物的抗寒性综合评价. *西北林学院学报*, **3**, 24-26.