

引种扁桃抗寒力及冻害成因分析

王有科¹, 席万鹏^{2*}, 郁松林², 李志博³

(1. 甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 石河子大学农学院园艺系, 新疆 石河子 832003;
3. 新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘 要: 通过对两个引种扁桃扶兹(Fritz)和那普瑞尔(Nonpareil)1年生枝条的半致死温度(LT_{50})拟合、越冬调查、休眠期的含水率及其解刨结构的分析,对扁桃的抗寒力进行了研究,结果表明:Fritz、Nonpareil 及 CK 1年生休眠枝的半致死温度(LT_{50})分别为-24.88℃、-20.56℃和-17.15℃;冻害指数分别为 10%、45%和 87%,抗冻害评级依次为高抗、中抗、易抽。因此,两供试品种都有较强的抗寒能力,而且均强于 CK, Fritz 的抗寒能力最强。造成 1年生枝条冻害的主要原因是生长与休眠临界期枝条的大量失水;其形态解剖学原因是表皮薄,皮层薄壁细胞排列疏松和韧皮薄壁细胞不发达。

关键词: 扁桃;抗寒力;冻害;成因
中图分类号: S662.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0126-04

扁桃(*Amygdalus communis* L.)位于四大干果之首,营养价值高,经济效益好。近年来已作为一种西部致富树种在北方地区被大量引种栽培。从美国引进的扶兹(Fritz)和那普瑞尔(Nonpareil)因适应性好,在北方很多地区已成为主栽品种。虽扁桃抗寒能力强,但在条件严寒的部分北方地区仍会受到不同程度的冻害。因此,研究扁桃抗寒能力大小及分析冻害的原因对于引种栽培及其冻害防御技术的制定有重要意义。

1 材料与方法

实验材料来源于甘肃农业大学林学院实验园。试材选用 2 年生的幼树扶兹(Fritz)和那普瑞尔(Nonpareil)各 10 株,设 3 次重复,选用在当地抗寒适应性强的山桃为对照。

1.1 电导率测定采用电解质外渗法^[1]

于 2002 年 2 月中旬,选择 1 年生成熟度、粗度相对一致的休眠枝,分割成段,每段长约 15 cm,剪口用石蜡封闭,用自来水反复冲洗,最后用蒸馏水、重蒸馏水各洗 1 次,用干净纱布擦干。每品种分 5 份,每份包括各种枝条 12 段,用干纱布包好,放入塑料袋中,置于一15℃的超低温冰箱中人工冷冻。10 h 后按品种各取 1 份,在以 5℃的速率降温,每降 5℃后保持 10 h。取出一批枝条后再继续降温,直到-35℃时为止。处理完毕的枝条在 0℃下静置 8 h 后,以同样的速率 5℃/h 缓慢升温至室温,将解冻

后的枝条于室温下放置 12 h。将处理后的枝条剪成 3~5 mm 的薄片,称 2 g 加入 20 mL 重蒸馏水,加盖,于室温下浸提 24 h,测定浸出液电导率 S_1 ;煮沸 20 min 后,室温下放置 1 h,再次测定电导率 S_2 。

1.2 枝条电导率与温度拟合方法

Logistic 方程: $\bar{y} = K/(1 + ae^{-bx})$ (1)
 $K = [y_2^2(y_1 + y_3) - 2y_1y_2y_3]/(y_2^2 - y_1y_3)$ (2)
式中, $\bar{y}$ 为电解质渗出率, y_1, y_2, y_3 为测定结果中等距离的 3 点。

在实际应用中,常令 $y' = \ln[(K - y)/y]$, $y' = \ln a - bx$, 即电解质渗透率 y 转换成 y' 后,与处理温度 x 之间的关系可以线性表示,故可以按一般的直线相关法求出 a 和 b 。

$$\ln a = \bar{y} + b\bar{x}; -b = \frac{\sum xy' - 1/n \sum x \sum y'}{\sum x^2 - 1/n (\sum x)^2} \quad (3)$$

y' 与 x 对 Logistic 方程的拟合度用 y' 与 x 的相关系数 $r_{y'x}$

$$r_{y'x} = \frac{\sum xy' - 1/n (\sum x) \cdot (\sum y')}{\sqrt{[\sum x^2 - 1/n (\sum x)^2][\sum (y')^2 - 1/n (\sum y')^2]}} \quad (4)$$

在数学上,拐点即: $d^2y/dx^2 = 0$ 时的 x 值,经求导简化可得: $x = \ln a/b$, 此即为半致死温度(LT_{50})值。

1.3 含水率测定

采用称重法。测定材料和时间分别选在 12 月 15 日(休眠中期)、1 月 15 日(休眠后期)、2 月 15 日(休

收稿日期: 2006-04-03
基金项目: 甘肃省林业厅项目(9950661)
作者简介: 王有科(1957—), 男, 甘肃景泰人, 副教授, 从事寒旱地经济林栽培及生理基础的教学和研究工作。
* 通讯作者: 席万鹏, E-mail: xiwangepeng@sohu.com
(C)1994-2025 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

眠末期)、3 月 15 日(树液开始流动期) 及 3 月 30 日(叶芽萌动期)5 个时期。

1.4 抽条调查方法

将调查数据按下式转换成越冬抽条指数：
$$\text{越冬抽条指数} = \frac{\sum(\text{各级抽条株数} \times \text{代表级数})}{\text{调查总株数} \times \text{最高抽条级数}} \times 100\% \quad (5)$$

据此对抗性进行分级评价：高抗抽条 0 ~ 12.5%；中抗抽条 12.6% ~ 24.5%；易抽条 24.6% ~ 49.9%；极易抽条 50% 以上。

1.5 切片制作与指标测定

切片制作采用石蜡切片法^[2]；用lympus 显微镜在 400 倍条件下测定。

2 结果与分析

2.1 不同低温处理条件下, 1 年生休眠枝的半致死温度(LT₅₀)^[3, 4]

从表 1 Logistic 方程拟合统计结果可以看出：

$r_{y'x}$ 都达到 0.99 以上，呈显著水平。两供试品种扶兹(Fritz)和那普瑞尔(Nonpareil)1 年生休眠枝的半致死温度(LT₅₀)分别为-24.88℃和-20.56℃，扶兹(Fritz)的半致死温度(LT₅₀)比那普瑞尔(Nonpareil)低 4.32℃，两品种均比对照(CK)的半致死温度-17.15℃ 低，那普瑞尔(Nonpareil)比对照低 3.41℃,Fritz 比对照低 7.73℃。说明扶兹(Fritz)和那普瑞尔(Nonpareil)的抗寒力均强于对照，扶兹(Fritz)的抗寒力最强。但在-20℃~-30℃之间，Fritz 的电解质渗出率上升较 Nonpareil 快，这与两个品种的原生质膜的构造、原生质体内含物的成分和含量有关，还有待于进一步研究。

2.2 扁桃 1 年生枝条抽条状况分析^[5]

由表 2 的越冬调查可以看出，供试品种 1 年生枝条抗抽条能力为品种 Fritz 最强，品种 Nonpareil 次之，CK 表现为易抽条，但两品种的抗抽条能力均强于对照。田间调查与半致死温度(LT₅₀)相一致。

表 1 Logistic 方程拟合统计结果
Table 1 The statistical results formulated by Logistic curve

项目 Item	扶兹(Fritz)		那普瑞尔(Nonpareil)		CK	
	Y	y'	Y	y'	Y	y'
处理温度 Treating temperature	-15℃	8.5	19.6	0.91	30.7	0.13
	-20℃	17.7	29.9	0.25	35.5	-0.17
	-25℃	33.7	45.7	-0.7	40.3	-0.47
	-30℃	50.6	59.3	-1.88	43.9	-0.71
	-35℃	64.5	64.91	-2.93	48.4	-1.04
K	70.58		68.37		65.54	
拟合方程 Simulating equation	$y = \frac{70.58}{1 + e^{5.324 - 0.214x}}$		$y = \frac{68.37}{1 + e^{4.035 - 0.1962x}}$		$y = \frac{65.54}{1 + e^{0.988 - 0.0576x}}$	
$r_{y'x}$	0.9915		0.9906		0.9983	
LT ₅₀ (℃)	-24.88		-20.56		-17.15	

表 2 不同品种抽条情况调查表(2001~2002 年)
Table 2 Survey of shoot shriveling of different species (2001~2002)

品种代号 Variety	调查株数 Investigated plant number	各级株数 Number of different grades					总评级 General evaluation
		0	1	2	3	4	
Fritz	10	9			1		高抗 High resisting
Nonpareil	10	4	3	3			中抗 Moderate resisting
CK	10		2		8		易抽 Easily shoot-shriveling

2.3 1 年生枝条水分动态分析

1 年生枝条由于营养积累不够而易抽条，抽条是在休眠前后由于枝条蒸腾蒸发耗水量与水分供应量不平衡引起的枝条枯死现象。因此根据抽条发生的时间，研究这一时期的 1 年生枝条水分动态有重要意义^[6~8]

从表 3 可以看出，不同品种在同一时期枝条含水量有所不同。休眠中期(代表日期 12 月 15 日)，含水量 CK 最高，Fritz 和 Nonpareil 含水量相同；休眠后期(代表日期 1 月 15 日)，含水量 CK 最高，Nonpareil 次之，Fritz 最低；在休眠末期(代表日期 2 月 15 日)，Nonpareil 和 CK 含水量相同且高于 Fritz；

在树液开始流动期(代表日期 3 月 15 日),也是 Nonpareil 和 CK 含水量相同且高于 Fritz;在叶芽膨大期(代表日期 3 月 30 日),Fritz 的含水量最高,CK 次之,Nonpareil 最低,但差异不大。

表 3 各供试品种及对照的萌动期与 1 年生休眠枝的含水率(%)

Table 3 The contrast of germination date and water content in annual branches of different species at dormant period

品种 Species	萌动期 Germination date (m-d)	1 年生枝条含水率(%) Water content in annual branches
Fritz	03-16	32
Nonpareil	03-19	29
CK	03-21	21

注:观测时间为 2002 年 3 月 22 日,观测地为甘肃农业大学林学院实验地。

Note: The investigating date was 2002-3-22. The investigating site was the experimental area of College of Forestry, Gansu Agriculture University.

在不同的时期,各品种的含水量有明显变化,从休眠中期到休眠后期含水率减小 6%,从休眠后期到休眠末期含水率继续减小 2%,并且含水率达到最低值,以后含水率开始缓慢回升。到树液开始流动期已经达到 27%,恢复到休眠中期的 87%,到在叶芽膨大期已基本恢复到原来的含水率。因此,从含水量及含水率的动态变化看,抽条发生的根本原因是由于枝条的大量失水造成的,枝条的失水的时间区间主要在 1 月 15 日~3 月 15 日。由图 1 可以看出,品种 Fritz 的萌动期最早为 3 月 16 日,含水率也最高,品种 Nonpareil 次之,对照的萌动期最迟且 1 年生枝条含水量最低,结合各品种的 1 年生枝条的抽条调查情况可以认为,在树液流动后,枝条含水逐渐增高越不易发生抽条,萌发越晚抽条越严重。

由以上 1 年生休眠枝的含水量的水分动态变化结合越冬指数可以看出,枝条休眠过程中含水量越高越冬越好,而枝条含水量低的枝条不易越冬而易抽条,因为萌发枝条的含水量较未萌发枝条高,含水量高枝条由于水的比热大,在低温条件下的温度变化小而受到的伤害小。这一结论与实际观察的各品种物候期及抽条状况相一致。根据这一结论为防止或减轻扁桃抽条,可采取在萌发前灌溉提高枝条含水量或使用保护措施两种方法(如缠塑料膜、喷防水分蒸发剂等)防止枝条本身水分的散失。防止时间主要在枝条失水的主要时期——休眠后期至树液开始流动期。因此,从 1 年生枝条的水分动态可以看出,两个供试品种的抗寒适应性,品种 Fritz 强于品种 Nonpareil,两者均强于对照(CK)。

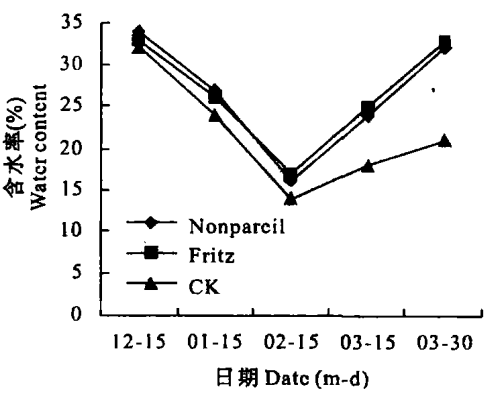


图 1 1 年生枝条休眠期含水率变化

Fig.1 Changes of water content in annual branches

2.4 1 年生枝条的解剖结构分析

由图 2,图 3 可以看出,1 年生枝的表皮较薄,为一层排列紧密的细胞组成,无加厚组织;皮层薄是由 5~6 层排列疏松的薄壁细胞组成,细胞间隙大,皮层外围无厚角组织,厚度所占比重大;维管束为外韧维管束,韧皮薄壁细胞不发达,说明其有机物运输慢且运输量小,木质部输水组织发达,说明 1 年生枝条的水分代谢旺盛。

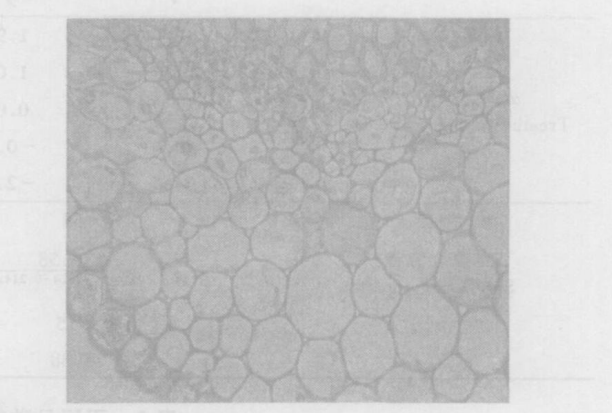


图 2 Fritz 茎的横切面(1 年生)

Fig.2 Transverse section of Fritz stem (annual branch)

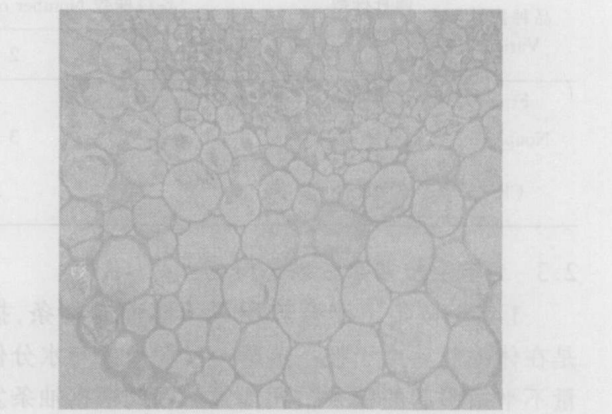


图 3 Nonpareil 茎的横切面(1 年生)

Fig.3 Transverse section of Nonpareil stem (annual branch)

因此,从 1 年生枝条的形态解剖学特性看,1 年生枝条越冬难的主要原因来自两个方面:一方面,由于其表皮薄,皮层薄壁细胞排列疏松;另一方面,韧皮薄壁细胞不发达,说明其有机物运输慢且运输量小,有机物代谢不旺盛,有机物积累量少,细胞液浓度小,渗透势小,易失水。

3 结 论

两个扁桃品种 Fritz 和 Nonpareil 都有较强的抗寒能力,而且均强于 CK, Fritz 的抗寒能力最强。Fritz、Nonpareil 及 CK 的半致死温度(LT_{50})分别为 -24.88°C 、 -20.56°C 和 -17.15°C ;冻害指数分别为 10%、45% 和 87%,抗冻害评级依次为高抗、中抗、易抽。半致死温度与表征越冬状况的抽条情况相一致。其抗寒性的综合性能评价表明,两个品种的抗寒适应性最强为品种 Fritz,品种 Nonpareil 次之,两者的抗寒适应性均强于对照 CK。

虽然与其他果树相比较扁桃有较强的抗寒能力,但在条件严寒的部分北方地区,扁桃幼树的 1 年生枝条仍会受到不同程度的冻害^[9,10],从 1 年生休眠枝水分动态可以看出,抽条发生的主要原因是枝条的大量失水造成的。在树液流动后,枝条含水逐渐增高越不易发生抽条,萌发越晚抽条越严重。结合越冬指数可以看出,枝条休眠过程中含水量越高越易越冬,而枝条含水量低的枝条不易越冬易抽条。这一结论与实际观察的各品种物候期及抽条状况相一致。其冻害的形态解剖学原因来自两个方面:一方面,由于其表皮薄,皮层薄壁细胞排列疏松;另一方面,韧皮薄壁细胞不发达,说明其有机物运输慢且

运输量小,有机物代谢不旺盛,有机物积累量低。
本文以抗寒能力较强的山桃为对照印证了扁桃强的抗寒能力,针对扁桃幼树普遍存在的 1 年生枝条的冻害进行了测定和综合评价,但对冻害发生的特点和原因只是一个初步探讨,还不够全面。由于扁桃是早花型果树,结果树的花器官常会受到晚霜危害,解决扁桃花期的晚霜危害,提高座果率应成为扁桃抗寒迫切需要解决的问题^[11]。此外,对扁桃抗寒分子生理机理以及在冻害发生过程中特异蛋白的合成等有待后续深入研究。

参 考 文 献:

[1] 潘瑞炽.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2000:206.
[2] 李正理.植物组织制片学[M].北京:北京大学出版社,1996.
[3] 伊华林,邹志远,鲁忠芳,等.鄂柑 1 号抗寒力测定与 Logistic 方程的应用[J].湖北农业科学,1996,(3):46-47.
[4] 王 飞,李嘉瑞,陈登文.用电导法配合 Logistic 方程确定杏花期的抗寒性[J].西北农业大学学报,2000,(5):59-62.
[5] 贾定生,伍国强,刘晓诗.甘肃省扁桃生产的基本条件及发展建议[J].甘肃农业科技,2002,(12):21-23.
[6] Smart R E. Water deficits and plant growth[M]. New York: Academic press, 1997. 137-196.
[7] Lacono F. Response of electron transport rate of water stress-affected grapevines: Influence of leaf age[J]. Vitis, 2000, 65(7): 365-367.
[8] 谷瑞生,郝荣庭,童本群.早实核桃水分指标的研究[J].林业科学,1998,27:461-464.
[9] 沈 漫,王明麻,黄敏仁.植物抗寒机理研究进展[J].植物学通报,2001,14(2):1-8.
[10] 刘世彪,陈 菁,胡正海.7 种番荔枝果树的叶片结构及其与抗寒性关系研究[J].果树学报,2004,21(3):241-246.
[11] 徐胜利,陈小青.新疆扁桃的生产现状及其发展前景[J].落叶果树,2003,(4):17-18.

Analysis on cold resistance ability of almond and causes of chilling injury

WANG You-ke¹, XI Wan-peng², YU Song-lin², LI Zhi-bo³

(1. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;
2. College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China; 3. Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture of Xinjiang Corps, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: The ability of cold resistance of almond was analyzed by the formulation of LT_{50} , the investigation of overwintering, the measurement of water content in dormant period and the analysis of anatomical structure in the annual branches of two introduced varieties (Fritz and Nonpareil). The results showed: the LT_{50} of Fritz, Nonpareil and CK was -24.88°C , -20.56°C and -17.15°C , respectively; the index of chilling injury of these varieties was 10%, 45% and 87%, respectively; and the classification of cold resistance was in turn high resisting, moderate resisting and easily shoot-shriveling. So the cold resistance ability of both the tested species was better than that of CK, in which the cold resistance ability of Fritz was the strongest. The main cause of chilling injury in the annual branches was the losing of water at critical period; the reasons of anatomical structure was the thick epidermis, the loose arranging of parenchyma in cortex, and the undeveloped parenchyma in bast.

Keywords: almond; ability of cold resistance; chilling injury; cause

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>