

新疆‘树上干’杏耐寒株系的鉴定与筛选

周书娟¹, 王 飞^{2,*}, 田治国¹, 王 朴³, 张喜琴³

(¹西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; ²西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100; ³新疆生产建设兵团农四师农业科学研究所, 新疆伊宁 835000)

摘 要: 以新疆地方杏品种‘树上干’杏 6 个不同株系为材料, 在 0、-2、-4、-6、-8 和 -10 °C 低温处理后, 测定了花蕾和盛开花的褐变率、半致死温度、游离脯氨酸与 MDA 含量以及 SOD、POD、CAT 酶活性共 7 项指标, 从而筛选出耐寒株系 S6, 为‘树上干’杏生产和育种提供参考。

关键词: 杏; 树上干杏; 抗寒性

中图分类号: S 662.2

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2011) 10-1976-07

Screening Cold Hardy Genotype of Xinjiang Local Apricot Variety ‘Shushanggan’ in China

ZHOU Shu-juan¹, WANG Fei^{2,*}, TIAN Zhi-guo¹, Wang Pu³, and ZHANG Xi-qin³

(¹Department of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; ²College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; ³Agricultural Science Research Institute, Xinjiang Production and Construction Crops, Yining, Xinjiang 835000, China)

Abstract: To determine cold tolerance of the cultivars of ‘Shushanggan’ apricot, six genotypes of Xinjiang local apricot variety ‘Shushanggan’ were selected as trial population, seven indicators of flower organs including browning rate, LT₅₀, free proline and MDA contents, SOD, POD and CAT activities were established and investigated under artificial freezing test (0, -2, -4, -6, -8, -10 °C), the results showed that the cold resistant genotype is S6, which gave a theoretical support for the breeding and production of ‘Shushanggan’ apricot in Xinjiang.

Key words: apricot; Shushanggan apricot; cold hardiness

‘树上干’杏 (俗称吊死干、花干杏), 属蔷薇科 (Rosaceae) 杏属 (*Armeniaca*), 是新疆天山北麓特克斯河谷和伊犁河谷特有的珍稀杏种质资源 (唐伟 等, 2008), 是一个地方品种。树上干杏的果肉风味独特, 经济价值高, 开发价值极大 (杨超和李俊英, 2008), 近几年在农四师和伊犁地区迅速推广, 但在栽培推广中发现该品种中株系间抗寒性与品质方面差异较大, 特别是在开花期间易受冻害危害, 造成减产与绝产。

花器官是杏果树植株中对低温最为敏感的部位 (Bartolini et al., 2006), 发生冻害的花器官最明显的外观特征是花的褐变, 花的褐变是对受冻后花器官存活率的最直接观察特征 (王飞 等, 1997;

收稿日期: 2011-04-18; 修回日期: 2011-09-14

基金项目: 新疆兵团科技局博士基金项目 (2009GC03)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: xnwangfei521@126.com)

孟庆瑞 等, 2006; Szalay et al., 2006a, 2006b, 2010)。在‘树上干’杏主产区, 减少早春霜冻危害已成为生产中亟待解决的难题。目前关于‘树上干’杏的研究报道极少, 且主要集中在栽培管理技术(肖刚 等, 2003; 杨斌, 2009), 生产加工(买买提江·依米提 等, 2010)和生物学特征(尚振江 等, 2010)等方面。本试验中采用人工模拟冻害的方法对新疆伊犁果农和新疆生产建设兵团研究所经多年筛选的‘树上干’杏 6 个不同株系的花器官进行处理, 测定与抗寒有关的 7 个生理生化形态指标并进行分析, 综合评价其抗寒性, 筛选出抗寒能力较强的株系, 以期克服生产中的晚霜冻害问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料处理

试验于 2009—2010 年在新疆建设兵团农四师农业科学研究所实验室进行。供试材料为从‘树上干’杏主产区挑选的经过多年观察发现花期其花器官抗寒性表现较好的 6 个株系。在花蕾期与盛花期, 在树冠中部从正常发育的一年生枝条基部第 4 个花起剪取 20~30 cm 长的花枝, 装入聚乙烯袋, 迅速带回室内进行冷冻处理。处理温度为: 0、-2、-4、-6、-8 和 -10 °C, 以室温(10~20 °C)为对照。材料的处理温度以 2 °C·h⁻¹ 的速度降温, 达到所需温度后继续维持 5 h, 以 2 °C·h⁻¹ 的速度升温, 达到室内温度后取出材料, 于室内插瓶水培静置 5 h 后观察并测定(王飞 等, 1997)。

1.2 测定方法

对不同处理的材料分别随机取样 80 朵花进行观察, 以器官变褐并伴随着水浸状为受冻(王飞 等, 1997), 统计褐变率(%)。

相对电导率、丙二醛(MDA)含量、游离脯氨酸(FPro)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性的测定方法参照高俊凤(2000)的方法。

物候期观测标准参见文献(杨向娜 等, 2006)。

1.3 数据处理

采用 SPSS16.0 统计软件对全部数据进行方差分析(区靖祥和邱健德, 2002; 王青宁 等, 2005; 郭爱华 等, 2007; 任向荣 等, 2008)。

半致死温度(LT₅₀)采用电解质渗出率与 Logistic 方程相结合的方法(王飞 等, 1999), Logistic 方程的表达式为: $y = k / (1 + ae^{-bt})$, 其中 y 代表细胞伤害率, t 代表处理温度, k 为细胞伤害率的饱和容量, a、b 为方程参数, $LT_{50} = (\ln a) / b$ 。

2 结果与分析

2.1 物候期观察结果

根据气象资料绘制出新疆伊宁地区自 1951 年至 2009 年以来 3—4 月气温变化图(图 1)。结合‘树上干’杏物候期观察结果(表 1)进行分析得出: 树上干杏花期从 3 月 21 日左右开始, 4 月 29 日前后结束, 花期长 20~30 d; 花芽萌动至落花期结束, 日极端最低气温在 -5~-11 °C 范围内的共 21 d, 主要集中在 3 月 21 日—4 月 12 日; 所以可以确定这段时期为树上干杏发生花期冻害的频发期; 3 月 21—29 日正处于树上干杏的花芽萌动期, 4 月 3—12 日是树上干杏的花蕾期和盛花期,

因此，此时极易造成树上干杏受到冻害。

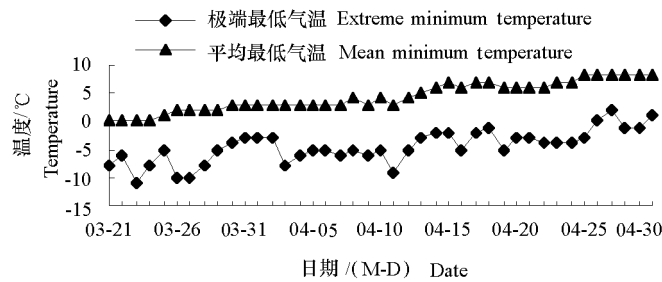


图 1 新疆伊宁 3、4 月各日历史最低气温（1951—2009）
Fig. 1 Historical daily climate of Yining, Xinjiang in March and April (1951—2009)

表 1 树上干杏的开花物候期
Table 1 Florescence of some apricot varieties in Yining, Xinjiang

株系 Genotype	花芽萌动期/ (M - D) Flower bud enlargement time	露萼期/ (M - D) Show sepal time	花蕾期/ (M - D) Early bloom time	盛花期/ (M - D) Fully bloom time	落花期/ (M - D) Fall bloom time
S1	03 - 24—04 - 06	04 - 02—04 - 18	04 - 04—04 - 16	04 - 06—04 - 22	04 - 12—04 - 29
S2	03 - 23—04 - 04	03 - 27—04 - 14	03 - 31—04 - 15	04 - 02—04 - 18	04 - 07—04 - 27
S3	03 - 02—04 - 04	03 - 29—04 - 11	04 - 02—04 - 14	04 - 05—04 - 14	04 - 10—04 - 26
S4	03 - 02—04 - 03	03 - 29—04 - 10	04 - 02—04 - 12	04 - 05—04 - 14	04 - 10—04 - 24
S5	03 - 19—04 - 03	03 - 30—04 - 09	04 - 02—04 - 13	04 - 06—04 - 18	04 - 10—04 - 23
S6	03 - 18—04 - 02	03 - 29—04 - 08	04 - 02—04 - 12	04 - 05—04 - 15	04 - 10—04 - 20

2.2 花的褐变和半致死温度（LT₅₀）

2.2.1 不同低温处理下花器官的褐变率

从表 2 可看出，花蕾期和盛花期，6 个株系的花器官随着温度的降低褐变率增加。花蕾期，0、- 2、- 4℃冷冻处理后，6 个株系的花器官都未出现褐变，说明 6 个株系的花蕾均可耐 - 4℃以上的低温，而盛花期在 - 4℃处理时除 S6 外均出现褐变，表明盛花期的杏花抗寒性较花蕾期有所下降。

从褐变率判断，6 个株系中，抗寒能力最强的为 S6 株系，最弱的为 S5 株系（图 2）。S6 株系花器官出现褐变的处理温度最低，花蕾期和盛花期分别为 - 8℃和 - 6℃，且在 - 10℃冷冻处理后，花器官的褐变率仅为 50%左右（表 2），具有较强的抗寒能力。

由于伊宁地区在 3、4 月份最低气温均在 - 10℃以上，由此推断株系 S6 在当地可以较好地抵御花期霜冻害。

表 2 低温对杏花器官褐变率的影响
Table 2 Effect of low temperature on brown change of apricot flower organs /%

处理温度/℃ Treatment temperature	花蕾期 Early bloom time						盛花期 Fully bloom time					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
对照 Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- 4	0	0	0	0	0	0	23	10	26	19	33	0
- 6	21	11	36	52	59	0	48	43	58	54	62	9
- 8	47	41	56	76	86	28	64	65	75	71	82	32
- 10	68	62	73	89	91	46	81	88	98	92	100	56

n = 80.

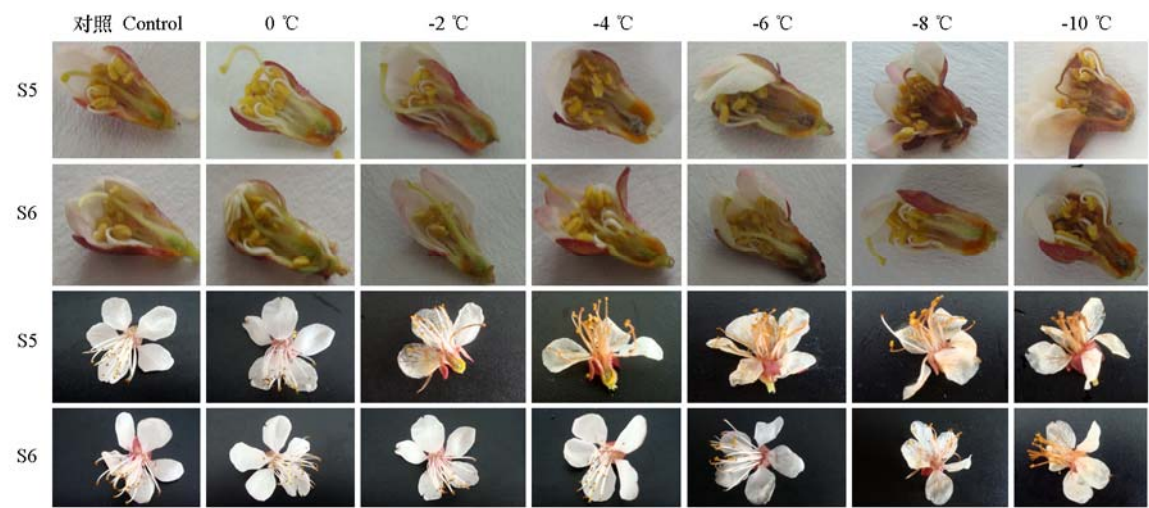


图 2 低温对杏花器官的影响
Fig. 2 Effect of low temperature on apricot flower organ

2.2.2 不同低温处理下各株系的半致死温度（LT₅₀）

根据相对电导率的变化趋势，配合 Logistic 方程，求出每个株系的 LT₅₀ 值（表 3）。可以看出，花蕾期和盛花期 6 个株系花器官的 LT₅₀ 从低到高的顺序都依次为：S6 > S2 > S1 > S3 > S4 > S5；S6 的 LT₅₀ 明显低于其他株系，表现出较强的抗寒性，S5 的 LT₅₀ 最高，抗寒性最弱。S6 与 S5 两个株系的 LT₅₀ 相差 4 °C 左右，表明树上干杏不同株系间抗寒性差异较大，可进行株系间选择。

表 3 低温对杏花器官电解质外渗率影响的 Logistic 方程
Table 3 Logistic equation of low temperature effect on flower organs electrolytic leakage in different genotypes of ‘Shushanggan’ apricot

株系 Genotype	花蕾期 Early bloom time		盛花期 Fully bloom time	
	LT ₅₀ /°C	相关系数 R ² Correlation coefficient	LT ₅₀ /°C	相关系数 R ² Correlation coefficient
S1	- 8.06	0.935*	- 6.85	0.964*
S2	- 8.98	0.984**	- 8.26	0.994**
S3	- 7.11	0.998**	- 6.31	0.990**
S4	- 5.61	0.991*	- 4.99	0.955**
S5	- 5.34	0.983**	- 4.76	0.992**
S6	- 10.67	0.998**	- 9.54	0.941**

注：* 为差异显著，** 为差异极显著。
Note: * Difference is significant, ** Difference is extremely significant.

2.3 不同低温胁迫对 6 个株系花器官生理指标的影响

2.3.1 - 10 °C 处理下不同株系花器官生理指标的变化

由表 4 可知，- 10 °C 低温下 6 个株系间花器官中的丙二醛、游离脯氨酸、SOD、CAT 和 POD 这 5 个生理指标有明显差距，株系 S6 花器官中的丙二醛和游离脯氨酸含量、CAT 和 POD 酶活性始终明显高于其他 5 个株系，MDA 含量则始终低于其他株系。MDA 的含量与抗寒性呈负相关，抗寒性强的品种 SOD、POD、CAT 等酶活性较高（孟庆瑞 等，2006；杨向娜 等，2006；李捷和王有科，2009），由此可以推断，株系 S6 的抗寒性较其他强；盛花期与花蕾期相比，6 个株系 MDA 含量均有所升高，游离脯氨酸含量、SOD、CAT 和 POD 酶活性 4 项指标均有所下降，表明盛花期的花器官的抗寒能力有所下降。

表 4 -10℃处理对6个株系花器官各项指标的影响
Table 4 Effects of -10℃ freezing treatment on physiological indicators of six genotypes of ‘Shushanggan’ apricot

花期 Flowering phase	株系 Genotype	MDA/ (mmol·g ⁻¹)	FPro/ (μmol·g ⁻¹)	SOD/ (U·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	CAT/ (U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	POD/ (U·g ⁻¹ ·h ⁻¹)
花蕾期 Early bloom time	S1	92.52±2.83 b	50.38±3.28 c	114.5±7.2 c	386±62 b	23.75±3.76 b
	S2	87.47±0.23 c	67.16±4.25 b	110.3±7.3 c	363±46 b	15.46±1.46 c
	S3	65.78±0.76 d	41.44±3.29 d	139.5±5.3 a	514±28 a	20.92±3.78 b
	S4	84.04±2.38 c	37.33±0.54 d	120.9±6.3 b	305±38 b	17.30±0.28 c
	S5	111.18±0.89 a	28.74±4.29 e	92.3±4.2 d	229±18 c	14.47±1.02 c
	S6	60.73±2.54 d	76.06±2.19 a	133.4±3.5 a	567±21 a	31.40±0.12 a
盛花期 Fully bloom time	S1	183.67±3.28 b	38.60±2.64 b	59.3±0.1 c	290±17 c	12.10±0.37 b
	S2	130.43±2.45 d	50.34±2.74 a	65.0±5.8 b	271±21 c	8.94±1.36 d
	S3	143.21±1.34 c	35.44±1.75 b	70.9±3.3 b	375±26 b	13.08±0.12 b
	S4	193.48±1.34 a	22.45±6.43 c	49.8±5.6 d	215±28 d	10.08±5.23 c
	S5	207.74±6.87 a	19.24±1.28 d	39.3±4.4 e	200±13 d	9.21±1.27 d
	S6	114.39±6.34 e	47.52±1.38 a	76.0±11.4 a	406±36 a	16.80±1.76 a

2.3.2 不同温度处理下抗寒株系S6生理指标的变化

对不同温度处理后的 S6 花器官各项指标进行分析可知，两个时期株系 S6 花器官中 MDA 含量变化的趋势基本相似，表现为 MDA 含量随着温度的降低而升高，呈“S”型曲线，在受到同一低温胁迫后，处于盛花期时的花器官的 MDA 含量明显高于花蕾期（表 5），这与孟庆瑞（2009）的研究结果较为一致。

花蕾期和盛花期，脯氨酸含量、SOD、CAT 和 POD 酶活性 4 项指标随着温度的降低均呈现先升高后下降的趋势，到达最高值时的处理温度为 -4℃或 -6℃（表 5）。

由此推断，低温胁迫冻害造成了 S6 杏花器官细胞内的剧烈损伤，产生了膜质过氧化产物丙二醛（MDA），导致细胞内游离脯氨酸、SOD、CAT 和 POD 等保护酶活性的变化。

表 5 不同温度处理对 S6 花器官的影响
Table 5 Effects of different temperature stress on physiological indicators of S6

花期 Flowering phase	温度/℃ Temperature	MDA/ (mmol·g ⁻¹)	FPro/ (μmol·g ⁻¹)	SOD/ (U·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	CAT/ (U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	POD/ (U·g ⁻¹ ·h ⁻¹)
花蕾期 Early bloom time	对照 Control	11.44±1.23 f	24.86±2.10 e	67.7±8.3 f	522±54 d	9.24±5.38 e
	0	17.34±1.29 e	23.79±0.98 e	99.4±2.8 e	480±12 e	22.40±2.38 d
	-2	27.76±0.78 d	34.07±2.10 d	116.3±3.8 d	640±18 b	24.16±1.27 d
	-4	33.35±0.26 c	101.32±2.10 a	165.9±0.7 b	495±43 e	39.70±0.38 b
	-6	42.04±2.18 b	80.05±3.29 b	184.4±8.9 a	686±32 a	44.04±2.34 a
	-8	56.83±3.27 a	82.63±3.83 b	161.3±5.7 b	629±34 b	34.24±0.75 c
	-10	60.73±2.54 a	76.06±2.19 c	133.4±3.5 c	567±21 b	31.40±0.12 c
盛花期 Fully bloom time	对照 Control	15.32±0.43 f	11.70±5.32 e	33.8±4.7 e	684±23 a	2.85±0.09 d
	0	21.74±2.29 e	26.26±3.27 d	95.3±8.4 b	520±18 c	11.13±1.37 c
	-2	46.90±4.25 d	58.04±0.43 a	102.5±6.4 a	529±25 c	13.16±1.98 c
	-4	70.04±6.34 c	51.03±0.97 b	108.0±5.3 a	568±19 b	22.00±4.37 a
	-6	85.03±8.32 b	55.45±5.87 a	89.1±9.1 c	684±17 a	20.46±5.34 a
	-8	83.35±2.64 b	48.34±0.59 c	76.5±3.8 d	540±28 b	18.45±0.75 b
	-10	114.39±6.34 a	47.52±1.38 c	76.0±11.4 d	406±36 d	16.80±1.76 b

表 6 是半致死温度（LT₅₀）、褐变率、MDA、SOD、CAT、POD 和游离脯氨酸共 7 个生理形态指标的相关系数矩阵，由表可知，半致死温度（LT₅₀）、褐变率都与 MDA 含量呈极显著正相关，

与游离脯氨酸、SOD、CAT 和 POD 均呈显著或极显著，相关系数均达 0.75 以上，由此说明，半致死温度（LT₅₀）和褐变率这两项指标能较大程度反映出材料的抗寒能力，且各个生理生化形态指标间具有较大的相关性。

表 6 各抗寒指标间的相关系数矩阵
Table 6 Correlation matrix

项目 Item	半致死温度 LT ₅₀	褐变率 Browning rate	MDA	SOD	CAT	POD
褐变率 Browning rate	0.8305*					
MDA	0.9409**	0.8100**				
SOD	- 0.8573**	- 0.7831*	- 0.9529**			
CAT	- 0.9328**	- 0.8727**	- 0.8586**	0.8613**		
POD	- 0.8223*	- 0.9723**	- 0.8178*	0.7353*	0.8074*	
FPro	- 0.7949*	- 0.9737**	- 0.7893*	0.7171*	0.8016*	0.9976**

注：* 为差异显著，** 为差异极显著。
Note: * Difference is significant, **Difference is extremely significant.

3 结论

花蕾期和盛花期，利用褐变率、半致死温度、丙二醛含量、游离脯氨酸含量、超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性等 7 项生理指标对杏花器官抗寒性进行综合评价，得到两个时期 6 个树上干杏株系抗寒能力由大到小依次都为：S6 > S2 > S1 > S3 > S4 > S5，由此可以得出结论，6 个树上干杏株系中，S6 具有较强的抗寒能力，可作为树上干杏耐寒品种。

References

Bartolini S, Zanol G, Viti R. 2006. The cold hardiness of flower buds in two apricot cultivars. *Proceedings of the XIIth ISHS Symposium on Apricot Culture and Decline*, 2 (701): 141 - 145.

Gao Jun-feng. 2000. *Plant physiology experiment technology*. Xi'an: World Book Publishing Company. (in Chinese)

高俊凤. 2000. 植物生理实验技术. 西安: 世界图书出版公司.

Guo Ai-hua, Cheng Yu, Yao Yue-jun, Yao Yan-zhu. 2007. Principle component analysis method of almonds tolerance to cold. *Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition*, 27 (3): 234 - 237. (in Chinese)

郭爱华, 陈 钰, 姚月俊, 姚延铸. 2007. 杏品种抗寒性主成分分析. *山西农业大学学报: 自然科学版*, 27 (3): 234 - 237.

Li Jie, Wang You-ke. 2009. A study on the cold resistance of different cultivars of apricot flower. *Northern Horticulture*, (8): 47 - 50. (in Chinese)

李 捷, 王有科. 2009. 不同杏品种花的抗寒性研究. *北方园艺*, (8): 47 - 50.

Maimaitijiang Yimiti, Aihamaiti Shataer, Zhang Da-hai, Rong Ting, Zhang Zhang, Mi Hong-yu. 2010. A study on almond oil extraction from apricot cultivars by ultrasonic wave in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 47 (7): 1299 - 1303. (in Chinese)

买买提江·依米提, 艾合买提·沙塔尔, 张大海, 荣 亭, 张 章, 米红宇. 2010. 新疆地产杏仁中杏仁油的超声波法提取工艺研究. *新疆农业科学*, 47 (7): 1299 - 1303.

Meng Qing-rui. 2009. *The study on the physiological mechanism of frost injury to apricot floral organs* [Ph. D. Dissertation]. Baoding: Agricultural University of Heibei. (in Chinese)

孟庆瑞. 2009. 杏花器官霜冻害生理机制研究[博士论文]. 保定: 河北农业大学.

Meng Qing-rui, Xu Xiu-ying, Yang Jian-min. 2006. Preliminary study on cold resistance of floral organs of apricot. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 29 (3): 22 - 25. (in Chinese)

孟庆瑞, 徐秀英, 杨建民. 2006. 杏花器官抗寒性初步研究. *河北农业大学学报*, 29 (3): 22 - 25.

Qu Jing-xiang, Qiu Jian-de. 2002. *Multivariate statistical analysis*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. (in Chinese)

- 区靖祥, 邱健德. 2002. 多元数据的统计分析方法. 北京: 中国农业科学技术出版社.
- Ren Xiang-rong, Xue Li, Wang Xiang-e, Xie Teng-fang, Cao He, He Yue-jun. 2008. Effects of low temperature stress on the physiological processes of six forestation seedlings. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 28 (6): 56 - 57. (in Chinese)
- 任向荣, 薛立, 王相娥, 谢腾芳, 曹鹤, 何跃君. 2008. 低温对 6 种绿化树种幼苗生理过程的影响. *中南林业科技大学学报*, 28 (6): 56 - 57.
- 尚振江, 殷洪华, 刘刚, 林德胜, 木塔力普, 王瑾. 2010. 新疆伊犁河谷‘树上干’杏调查初报. *北方果树*, (1): 34 - 35.
- Szalay L, Papp J, Pedryc A, Szabo Z. 2006a. Influence of the changing climate on flower bud development of apricot varieties. *Proceedings of the XIIIth International Symposium on Apricot Breeding and Culture*, 717: 75 - 78.
- Szalay L, Papp J, Pedryc A, Szabo Z. 2006b. Diversity of apricot varieties based on traits determining winter hardiness and early spring frost tolerance of floral buds. *Proceedings of the XIIth ISHS Symposium on Apricot Culture and Decline*, 2 (701): 131 - 134.
- Szalay L, Timon B, Nemeth S, Papp J, Toth M. 2010. Hardening and dehardening of peach flower buds. *HortScience*, 45 (5): 761 - 765.
- Tang Wei, Li Ming, Gu Jie-lin. 2008. The high-yielding cultivation techniques of Shushanggan apricot trees. *Northern Fruits*, (4): 35 - 47. (in Chinese)
- 唐伟, 李明, 顾杰林. 2008. 树上干杏丰产栽培技术. *北方果树*, (4): 35 - 47.
- Wang Fei, Chen Deng-wen, Gao Ai-qin, Li Jia-rui. 1999. The analysis of coefficient of hardiness on shoot, tissue flowers and young fruits of varieties of apricot. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 19 (4): 618 - 622. (in Chinese)
- 王飞, 陈登文, 高爱琴, 李嘉瑞. 1999. 杏品种一年生休眠枝、花、幼果抗寒的相关分析. *西北植物学报*, 19 (4): 618 - 622.
- Wang Fei, Li Jia-rui, Chen Deng-wen. 1997. Cold resistance determination of apricot flower dates with electrolyte leakage and logistic equation. *Acta Universitatis Agriculture Boreali-Occidentalis*, 25 (5): 59 - 62. (in Chinese)
- 王飞, 李嘉瑞, 陈登文. 1997. 用电导法配合 Logistic 方程确定杏花期的抗寒性. *西北农业大学学报*, 25 (5): 59 - 62.
- Wang Qing-ning, Tang Jing, Yi Xue-hui. 2005. Evaluation on drought resistance of *Populus tomentosa* clones by multivariate statistics. *Journal of Northwest Forestry University*, 20 (4): 21 - 26. (in Chinese)
- 王青宁, 唐静, 衣学慧. 2005. 基于多元统计评价毛白杨无性系的抗旱性. *西北林学院学报*, 20 (4): 21 - 26.
- Xiao Gang, Qi Xiao-yun, Yuan Hua. 2003. The management techniques of Shushanggan apricot. *Xinjiang Agricultural Reclamation Technology*, (6): 54 - 55. (in Chinese)
- 肖刚, 齐晓云, 苑华. 2003. 树上干杏栽培技术. *新疆农垦科技*, (6): 54 - 55.
- Yang Bin. 2009. Interface of different grafting and healing way to the growth of Shushanggan apricot. *Forestry of Xinjiang*, (2): 32. (in Chinese)
- 杨斌. 2009. “树上干”杏不同嫁接方式对其接口愈合及生长的影响. *新疆林业*, (2): 32.
- Yang Chao, Li Jun-ying. 2008. The cultivation and management techniques of Shushanggan apricot. *Forestry of Xinjiang*, (2): 30 - 31. (in Chinese)
- 杨超, 李俊英. 2008. “树上干”杏栽培管理技术. *新疆林业*, (2): 30 - 31.
- Yang Xiang-na, Wei An-zhi, Yang Tu-xi, Zheng Yuan. 2006. Studies on relationships between soluble protein contents, SOD and POD activity and cold resistant ability of 3 apricot varieties. *Journal of Northwest Forestry University*, 21 (3): 30 - 33. (in Chinese)
- 杨向娜, 魏安智, 杨途熙, 郑元. 2006. 仁用杏 3 个生理指标与抗寒性的关系研究. *西北林学院学报*, 21 (3): 30 - 33.