

DOI:10.11937/bfyy.201704004

辽西地区五个冬桃新品种抗旱性差异

纪连军¹, 刘青柏², 孙玉梅¹, 王洪江³, 王义祥¹, 李春辉⁴

(1. 朝阳县林业局, 辽宁 朝阳 122000; 2. 沈阳农业大学 林学院, 辽宁 沈阳 110866; 3. 辽宁省干旱地区造林研究所, 辽宁 朝阳 122000; 4. 朝阳县瓦房子镇林业站, 辽宁 朝阳 122639)

摘要:以辽西朝阳地区 5 个冬桃新品种为试材, 分析了各品种冬桃的叶片保水力、水分亏缺状况、水分利用效率等指标, 比较不同品种冬桃的抗旱能力, 以期为进一步筛选适宜当地的冬桃栽培品系提供参考依据。结果表明:各冬桃品系在抗旱特性方面的综合表现为:“傲雪 4 号”表现最好, 以下依次为“傲雪 3 号”>“傲雪 5 号”>“傲雪 6 号”>“傲雪 2 号”。

关键词:冬桃; 抗旱性; 自然饱和亏缺; 临界饱和亏缺

中图分类号:S 662.103.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0013-07

冬桃是桃属(*Amygdalus* L.)植物, 又名雪桃, 是我国珍稀果树之一。原产于中国西藏、河北、河南等省、自治区^[5]。冬桃是桃在古代驯化过程中最早形

成的栽培类型, 至少已有 3 000 年以上的历史。我国现有各类冬桃品种 20 个以上, 品种间差异十分悬殊, 性状各异, 但都不同程度地带有原始类型的属性, 其对于研究桃的进化过程和品种改良具有重要价值。由于冬桃成熟期晚, 正值北方水果淡季, 不仅弥补了消费者对新鲜水果的需求, 而且种植比较效益显著。我国现有“青峰冬桃”^[6]“金秋红蜜”^[7]“映霜红桃”^[8]“豫桃 1 号”^[9]“秋硕”^[10]等 10 多个晚熟桃品种。

第一作者简介:纪连军(1976-), 男, 硕士, 高级工程师, 现主要从事森林培育和经济林等研究工作。E-mail:jlj19760128@163.com

责任作者:刘青柏(1970-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事水土保持和经济林等研究工作。E-mail:lqb271@163.com

收稿日期:2016-10-19

[12] 林仁荣. 磁处理技术在农业中的应用[J]. 福建农业大学学报(自然科学版), 1999, 28(4): 509-512.

[13] 郑光华. 种子生理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[14] 中山包(日). 发芽生理学[M]. 马云彬, 译. 北京: 农业出版社, 1988.

[15] 周青. 植物中氨基酸的生理作用[J]. 生物学通报, 1986(8): 7-9.

Effects of Magnetized Water on Seed Germination of Welsh Onion (*Allium fistulosum* L.)

MIAO Jinshan¹, WANG Shuyong², YOU Haiying¹

(1. Institute of Horticultural Science and Technology, Weifang College of Science and Technology, Shouguang, Shandong 262700; 2. Comprehensive Agricultural Service Center of the Qiaoguan Sub-district Administration of Changle City, Changle, Shandong 262408)

Abstract: Welsh onion seeds were employed as test materials, effects of magnetized water on seed germination were studied. The results showed that the treatment of magnetized water soaking for 4 hours promoted water absorption rate and amylase activities of seeds significantly, which accelerated the transformation process of endosperm starch to soluble sugar, resulting in emergence of 36 hours in advance under low temperature condition. Germination rate and germination potential of magnetized water soaking were higher than the control by 9.14 percentage point and 15.9 percentage point, which helped cultivate vigorous seedling.

Keywords: magnetized water; welsh onion; seed germination; germination rate; germination potential

辽西朝阳半干旱地区位于东经 118°50′~121°51′, 北纬 40°21′~42°20′, 该地区气候属大陆性季风气候, 主要特点是雨热同季、日照丰富、寒冷期长、春秋季节短、日温差较大、降水偏少。全年平均气温 5.4~8.7℃; 年均日照时数 2 850~2 950 h; 年降水量 450~580 mm; 无霜期 120~155 d; 春秋两季多风易旱, 风力一般 2~3 级, 冬季盛行西北风, 风力较强; 雨水主要集中在 6、7 月, 其它月份降雨较少对于晚熟桃品种生长极为不利。

干旱是影响辽西朝阳地区林业生产的“瓶颈”问题, 研究辽西朝阳地区 5 个主栽冬桃品种抗旱能力对科学节水灌溉具有重要的指导意义。“傲雪”冬桃是辽西朝阳地区设施栽培的重要经济林树种之一, 该品系是以辽西朝阳清风岭野生毛桃为母本, 以河北满城雪桃为父本杂交育成的桃极晚熟新品种, 果实在 11 月上旬至 12 月下旬成熟。2009 年 12 月 12 日通过辽宁省种子管理局的桃极晚熟新品种鉴定^[1]。该试验以辽西朝阳地区 5 个主栽冬桃品种为试材, 研究了各品种的叶片保水力、水分亏缺状况、水分利用效率等指标, 分析比较不同品种冬桃的抗旱能力。旨在探索在设施延迟栽培条件下的冬桃抗旱特点, 为冬桃优良品种的选育、高效栽培措施的建立提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为辽宁省朝阳县七道岭乡设施延迟栽培冬桃的优良品系, 分别为“傲雪 2 号”“傲雪 3 号”“傲雪 4 号”“傲雪 5 号”和“傲雪 6 号”。供试冬桃自然情况见表 1。

表 2 不同品系冬桃叶片保水力

Table 2		Water retaining capacity of leaves of different winter peach varieties																g	
品种	鲜质量	失水时长 Duration of water loss/h																	
Variety	Fresh weight	2	4	6	8	10	12	24	28	32	48	52	72	74	76	78	80	82	
“傲雪 2 号”“Aoxue No. 2”	2.808	2.209	1.940	1.755	1.636	1.583	1.418	1.182	1.170	1.157	1.143	1.143	1.143	1.143	1.143	1.143	1.143	1.143	
“傲雪 3 号”“Aoxue No. 3”	3.042	2.720	2.512	2.359	2.222	2.004	1.898	1.551	1.521	1.455	1.344	1.338	1.338	1.338	1.338	1.338	1.338	1.338	
“傲雪 4 号”“Aoxue No. 4”	2.506	2.356	2.222	2.106	2.065	2.047	2.032	2.012	1.980	1.978	1.747	1.694	1.537	1.523	1.507	1.503	1.499	1.499	
“傲雪 5 号”“Aoxue No. 5”	2.733	2.391	2.199	2.024	1.856	1.732	1.535	1.354	1.321	1.272	1.271	1.269	1.264	1.260	1.256	1.256	1.256	1.256	
“傲雪 6 号”“Aoxue No. 6”	3.004	2.635	2.232	2.106	1.872	1.694	1.451	1.383	1.350	1.322	1.255	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	

“傲雪 2 号”“傲雪 5 号”和“傲雪 6 号”冬桃叶片收缩并有明显卷曲, 数据分析可以看出, 其内部含水率变化很大, 水量流失较快, “傲雪 3 号”“傲雪 4 号”叶片形态并无明显变化。

天气状况基本相同的情况下, 尽管第 4 天每隔 4 h 称质量 1 次, 各品种冬桃失水量变化幅度仍明显小于第 1 天。用肉眼可以观察到“傲雪 2 号”“傲雪 6

表 1 冬桃自然情况

Table 1		Natural condition of winter peach				
品种	树龄	平均胸径	平均树高	冠幅	最大单果质量	
Variety	Age	Mean	Mean	Canopy	Mass of the max	
	/年	DBH/cm	height/m	/m ²	single fruit/g	
“傲雪 2 号”‘Aoxue No. 2’	5	4.0	2.3	1.3×1.5	375	
“傲雪 3 号”‘Aoxue No. 3’	5	4.2	2.2	1.4×1.3	545	
“傲雪 4 号”‘Aoxue No. 4’	5	3.9	2.2	1.5×1.5	360	
“傲雪 5 号”‘Aoxue No. 5’	5	4.5	2.3	1.4×1.5	450	
“傲雪 6 号”‘Aoxue No. 6’	5	4.1	2.0	1.2×1.6	260	

1.2 试验方法

叶片保水力的测定采用自然干燥法。取各品种冬桃新鲜叶 4~10 片分别称鲜质量, 室内自然干燥, 每隔 2 h 测质量至恒重, 并记录。计算各品种冬桃每一时段失水量占鲜质量百分比及达到恒重的时间; 叶片水分自然饱和和亏缺、叶片水分临界饱和和亏缺; 采用李合生等^[2]的方法测定。各冬桃品系的水分利用效率 WUE 采用 LI-6400 光合测定系统测定与计算^[13], 水分利用效率=日光合速率/日蒸腾速率。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 软件进行计算、处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同冬桃品系叶片保水力

叶片保水力是指叶片在离开植物体后保持原有水分的能力, 与抗旱性关系密切。在同等条件下, 叶片含水量越高, 表明叶片保水力越强; 反之, 保水力越弱。

从表 2 可以看出, 不同冬桃品种失水量与失水速率存在很大差异, 特别是“傲雪 2 号”失水速率最快, “傲雪 4 号”失水最慢。随着时间的推移, 观察到

“傲雪 2 号”叶片有卷曲现象, “傲雪 2 号”的叶片表面最为干枯, 而“傲雪 4 号”“傲雪 3 号”“傲雪 5 号”叶片看上去仍比较新鲜一些, 最新鲜的为“傲雪 4 号”, 说明其失水较慢。表明“傲雪 4 号”“傲雪 3 号”“傲雪 5 号”的耐旱能力较“傲雪 2 号”和“傲雪 6 号”比强。

“傲雪 2 号”最先达到恒重, 耗时仅为 48 h, “傲雪 3 号”及“傲雪 6 号”均在 52 h 的时达到恒重, “傲

雪 5 号”于 72 h 时达到恒重,只有“傲雪 4 号”恒重时达到了 82 h 以上。数据分析表明,各品种冬桃叶片的保水力综合排序为“傲雪 4 号”>“傲雪 5 号”>“傲雪 3 号”>“傲雪 6 号”>“傲雪 2 号”。

由表 3 可以看出,失水前 2 h 内,各品系冬桃以“傲雪 2 号”及“傲雪 6 号”失水量较多;2~4 h 时段,失水最多的是“傲雪 6 号”,其次为“傲雪 2 号”“傲雪 5 号”与“傲雪 3 号”,“傲雪 4 号”失水量最小,其它各品系失水量则差异不大;4~6 h 时段,失水最多的是“傲雪 2 号”,依次分别为“傲雪 5 号”“傲雪 6 号”“傲雪 3 号”,“傲雪 4 号”失水量仍然最小;在 6~8 h 时

段,则出现了很明显的差异,“傲雪 4 号”失水量只有 0.041 g,其它的冬桃品系失水量均在 0.100 g 以上,此规律一直持续到前 12 h;失水 12~24 h,基本上都呈现出“傲雪 4 号”失水量较小,其它品系较大的特点;失水至 48 h 时,“傲雪 2 号”水分已损失殆尽;52 h 时“傲雪 6 号”与“傲雪 3 号”也将水分耗尽,此时“傲雪 5 号”只有 0.005 g 可消耗的水量。当至 72 h 时,各品系冬桃叶片水分均已消耗结束,只有“傲雪 4 号”仍有 0.308 g 水分供消耗,并且直到 78 h 才彻底消耗。

表 3 冬桃叶片各时段失水量

Table 3		Water loss mass of leaves of different varieties winter peach														g	
品种	失水总量	失水时长 Duration of water loss/h															
Variety	Water loss mass	2	4	6	8	10	12	24	28	32	48	52	72	74	76	78	80
“傲雪 2 号”“Aoxue No. 2”	1.395	0.599	0.269	0.185	0.119	0.053	0.401	0.012	0.013	0.014	0	0	0	0	0	0	0
“傲雪 3 号”“Aoxue No. 3”	1.704	0.322	0.208	0.153	0.137	0.218	0.453	0.03	0.066	0.111	0.006	0	0	0	0	0	0
“傲雪 4 号”“Aoxue No. 4”	1.007	0.150	0.134	0.116	0.041	0.018	0.035	0.032	0.002	0.231	0.053	0.157	0.014	0.016	0.004	0.004	0
“傲雪 5 号”“Aoxue No. 5”	1.395	0.342	0.192	0.175	0.168	0.124	0.378	0.033	0.049	0.001	0.002	0.005	0	0	0	0	0
“傲雪 6 号”“Aoxue No. 6”	1.753	0.369	0.403	0.126	0.234	0.178	0.311	0.033	0.028	0.067	0.004	0	0	0	0	0	0

从表 4 可以看出,前 2 h 内,各品系冬桃失水率最高的是“傲雪 2 号”,为 42.93%,其次为“傲雪 5 号”“傲雪 6 号”与“傲雪 3 号”,最低的是“傲雪 4 号”为 14.89%;2~4 h 时段,冬桃叶片失水率与失水量分布规律类似,失水率最高的是“傲雪 6 号”,其次为“傲雪 2 号”“傲雪 5 号”与“傲雪 4 号”,“傲雪 3 号”失水率最低,“傲雪 4 号”在 10 h 和 32 h 时有 2 个高失水率,分别为 17.87%和 22.93%,而其它品系则在 12 h 时完成最后一个消耗高峰。

表 4 冬桃叶片各时段失水率

Table 4		Rate of water loss of the leaves of different varieties winter peach									%
“傲雪 2 号”		失水时长 Duration of water loss/h									
‘Aoxue No. 2’	2	4	6	8	10	12	24	28	32		
“傲雪 3 号”“Aoxue No. 3’	42.93	19.28	13.26	8.53	3.79	28.74	0.86	0.93	1.00		
“傲雪 4 号”“Aoxue No. 4’	18.89	12.20	8.97	8.03	12.79	26.58	1.76	3.87	6.51		
“傲雪 5 号”“Aoxue No. 5’	14.89	13.30	11.51	4.07	17.87	3.47	3.17	0.19	22.93		
“傲雪 6 号”“Aoxue No. 6’	24.51	13.76	12.54	12.04	8.88	27.09	2.36	3.51	0.07		
“傲雪 2 号”“Aoxue No. 2’	21.04	22.98	7.18	13.34	10.15	17.74	1.88	1.59	3.82		

表 5 不同品系冬桃叶片自然饱和亏缺

Table 5		Water shortage under natural saturation of different varieties winter peach			
品种	鲜质量	饱和质量	干质量	自然饱和亏缺	
Variety	Fresh weigh/g	Saturation weight/g	Dry weight/g	Shortage under natural saturation/%	
“傲雪 2 号”“Aoxue No. 2”	2.937	3.541	1.298	26.93	
“傲雪 3 号”“Aoxue No. 3”	2.530	2.894	0.865	17.93	
“傲雪 4 号”“Aoxue No. 4”	3.398	3.828	1.336	17.25	
“傲雪 5 号”“Aoxue No. 5”	2.455	3.011	0.975	27.30	
“傲雪 6 号”“Aoxue No. 6”	2.100	2.512	0.812	24.23	

2.3 不同冬桃品系叶片临界饱和和亏缺

叶片临界水分饱和和亏缺作为树种抗旱性指标,它是在叶片保水力的基础上进一步反映叶片失水达到致伤或致害的临界值,树木在同等条件下,临界饱和和亏缺值越大至临界饱和和亏缺值的时间越长、越抗旱^[12]。从表 6 可以看出,不同品种冬桃临界饱和和亏缺存在差异,“傲雪 4 号”临界亏缺值最大,临界饱和和亏缺的时间最长。临界饱和和亏缺在 55.97%~73.12%。

表 6 不同品系冬桃叶片临界水分亏缺

品种 Variety	临界饱和 Critical saturation shortage /%	临界饱和和亏缺时间 Duration of critical saturation shortage /h	自然饱和和亏缺 Water shortage under natural saturation/%
“傲雪 2 号”“Aoxue No. 2”	62.85	8	26.93
“傲雪 3 号”“Aoxue No. 3”	53.34	15	17.93
“傲雪 4 号”“Aoxue No. 4”	73.41	20	17.25
“傲雪 5 号”“Aoxue No. 5”	66.69	13	27.30
“傲雪 6 号”“Aoxue No. 6”	63.44	12	24.23

2.4 各品种冬桃光合速率(Pn)

对辽西半干旱地区的沙棘、大枣等生态经济树种的研究表明,一般在生长初期 7 月中上和生长末期 10 月中上旬,光合速率的日变化规律呈单峰曲线,高峰值出现在每日的 10:00 左右;在旺盛生长期,尤其是在夏季晴天、供水充足的条件下,叶片净光合速率的日变化呈双峰曲线,并有明显的“午休”现象^[12-14]。由于近年来的许多研究认为,光合“午休”是植物在长期进化过程中形成的一种适应干旱环境的方法,因此比较不同类型植物的光合速率曲线也可以从一个方面反映出不同树种及品系的抗旱性能^[12-14]。

在夏季时,保护地内冬桃品系生长与自然条件下植物生长具有相似的规律及特征。图 1 表明,研究区不同品系冬桃光合速率(Pn)的日变化呈“午休”型的双峰曲线。在 06:00 各品系冬桃的光合速率分别为“傲雪 4 号” $4.66 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号”为 $2.79 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号”为 $3.94 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号”为 $4.32 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号”为 $4.86 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,到 08:00—10:00 时段出现高峰,各品种的光合速率分别增加到“傲雪 4 号”为 $8.92 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号”为 $7.99 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号”为 $8.24 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号”为 $8.61 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号”为

$9.79 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,并且都达到最大值,在 10:00—12:00 光合速率逐渐下降,12:00—14:00 时段出现次高峰,各品种的值分别达“傲雪 4 号” $7.69 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号” $6.69 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号” $7.02 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号” $7.24 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号” $8.01 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,在以后时段,随着气温和光照的减弱,光合速率也呈下降的趋势,到 18:00 时净光合速率分别为“傲雪 4 号” $4.02 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号” $3.81 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号” $3.94 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号” $3.99 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号” $5.01 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从图 1 可以看出,光合速率(Pn)的变化在 06:00—12:00 以及 15:00—18:00 2 个区间段内与同时段光照强度变化趋势大体相一致,Pn 在 10:00—14:00 的下降趋势,表明冬桃的夏季光合作用存在光“午休”的现象。

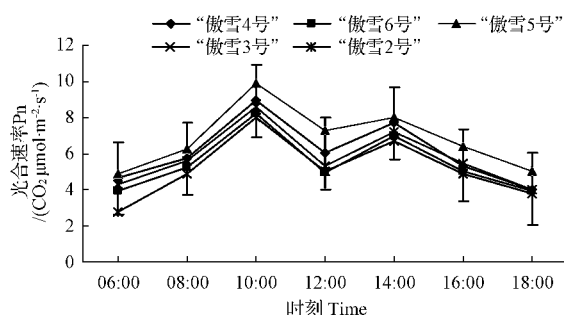


图 1 各品系冬桃(7月)光合速率日变化趋势

Fig. 1 Diurnal variations of photosynthetic rate of different winter peach varieties in July

试验用积分法计算全天(12 h)各冬桃品种的日光合速率,“傲雪 4 号”为 $152\ 317 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲雪 6 号”为 $138\ 025 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲雪 5 号”为 $171\ 541 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲雪 3 号”为 $145\ 837 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲雪 2 号”为 $129\ 529 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 。表明全天内,“傲雪 5 号”的日光合速率最大,其次分别为“傲雪 4 号”“傲雪 3 号”“傲雪 6 号”以及“傲雪 2 号”。

把各品系冬桃光合速率进行双因素方差分析,由表 7 可知, $F_{\text{品种}}$ 为 257.201 00,大于 $F_{\text{crit}}(0.05) = 2.502\ 65$,说明各品种冬桃之间光合速率的差异显著; $F_{\text{时间}}$ 为 12 209.920 0,大于 $F_{\text{crit}}(0.05) = 2.231\ 19$,说明每个品种冬桃光合速率随时间变化而差异显

表 7 朝阳地区不同品种冬桃(7月)
光合速率方差分析

Table 7 ANOVA of photosynthetic rate of different winter peach varieties in Chaoyang area in July

差异源 Difference source	SS	df	MS	F	P-value	F _{crit} (0.05)
时间 Time	249.650	6	41.608 90	12 209.920 00	9.55E-69	2.231 19
品种 Variety	33.563	4	8.390 79	257.201 00	1.97E-40	2.502 65
交互 Interactive	5.715	24	0.238 12	7.997 34	8.6E-11	1.673 82
内部 Interior	2.380	70	0.034 00			
总计 Total	291.310	104				

著; $F_{交互}$ 为 7.997 34, 值大于 $F_{crit}(0.05)=1.673 82$, 说明不同品种冬桃和时间交互作用对冬桃光合速率的影响差异显著。

2.5 不同品种冬桃蒸腾速率(Tr)

由图 2 可知,在设施栽培条件下,半干旱朝阳地区冬桃各品种的蒸腾速率日变化动态呈单峰型曲线变化,峰值明显。7月,冬桃的蒸腾速率在 11:00—12:00 达到峰值,变化的趋势分别为“傲雪 4 号” $6.00 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号” $9.02 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号” $8.12 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号” $7.91 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号” $4.44 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;在 12:00—15:00 日照强烈,气孔关闭以降低蒸腾速度,保证冬桃节约用水以适应干旱环境^[3],在 12:00—15:00 气孔导度开始逐渐下降,在 14:00 时,“傲雪 4 号”降到 $3.22 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号” $5.33 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号” $4.53 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号” $3.98 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号” $2.04 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

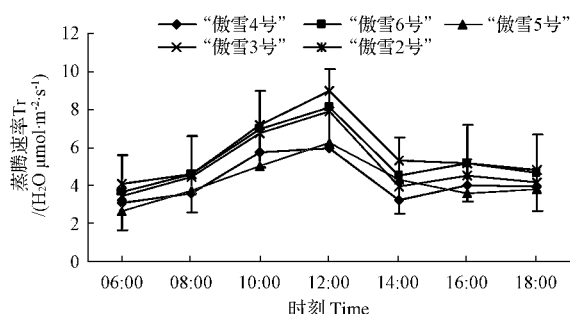


图 2 朝阳地区冬桃各品种(7月)蒸腾速率日变化

Fig. 2 The diurnal variations of transpiration rate of different winter peach varieties in July

此外,用积分法计算全天(12 h)各冬桃品种的日蒸腾速率,“傲雪 4 号”为 $106 741 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲

雪 6 号” $135 649 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲雪 5 号” $78 733 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲雪 3 号” $126 505 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 、“傲雪 2 号” $144 614 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$ 。故全天内,“傲雪”冬桃各品种日蒸腾速率从大到小依次为“傲雪 2 号”>“傲雪 3 号”>“傲雪 4 号”>“傲雪 6 号”>“傲雪 5 号”。

对朝阳地区不同品种冬桃蒸腾速率进行方差分析。由表 8 可知, $F_{品种}$ 为 26 028.281 0, 大于 $F_{crit}(0.05)=2.502 65$, 说明各品种冬桃之间蒸腾速率的差异显著; $F_{时间}$ 为 30 600.642 0, 大于 $F_{crit}(0.05)=2.231 19$, 说明每个品种冬桃蒸腾速率随时间变化而差异显著; $F_{交互}$ 为 1 033.424 5, 大于 $F_{crit}(0.05)=1.673 82$, 说明不同品种和时间交互作用对冬桃蒸腾速率的影响差异显著。

2.6 不同品系冬桃水分利用效率(WUE)

在相同的水分条件下,水分利用效率愈高植物抗旱性愈强、初级生产力愈强,该试验采用了日光合速率与日蒸腾速率的比值来计算^[12]。

从表 9 综合分析得出,日光合速率最大的是“傲雪 5 号”,日蒸腾速率最小的也是“傲雪 5 号”,日光合速率最小的是“傲雪 2 号”,日蒸腾速率最大的也是“傲雪 2 号”,其它品种冬桃也表现出相似的规律特征。说明“傲雪 5 号”会有较高的水分利用效率,而“傲雪 2 号”则会有较低的水分利用效率^[16],根据计算结果表明,各品种冬桃的 WUE 由大到小顺序为“傲雪 5 号”>“傲雪 4 号”>“傲雪 3 号”>“傲雪 6 号”>“傲雪 2 号”。

表 8 朝阳地区各品种冬桃
蒸腾速率方差分析

Table 8 ANOVA to transpiration rate of different winter peach varieties in Chaoyang area

差异源 Difference source	SS	df	MS	F	P-value	F _{crit} (0.05)
时间 Time	161.746 0	6	26.957 70	30 600.642 0	1.4E-117	2.231 19
品种 Variety	91.718 6	4	22.929 60	26 028.281 0	3.2E-110	2.502 65
交互 Interactive	21.849 5	24	0.910 39	1 033.424 5	6.93E-80	1.673 82
内部 Interior	0.061 7	70	0.000 88			
总计 Total	275.3760	104				

2.7 不同品系冬桃叶片气孔导度(Gs) 及叶片细胞内 CO₂ 浓度

从图 3 可以看出,各冬桃品系的叶片气孔导度具有相同的变化趋势,均为双峰型曲线^[14]。在 06:00 时光照较弱,光合有效辐射较小,随着光照增强,气孔导度开始增大,约在 12:00 达到高峰。随着光照的增强,有效辐射增强,蒸腾作用加剧,为维持体内水分的平衡,气孔导度减小,随着气温的降低和光照强度的减

表 9

各品种冬桃水分利用效率(WUE)

Table 9

Water use efficiency of different winter peach varieties

品种 Variety	日光合速率 Photosynthetic rate of a day/(CO ₂ μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	日蒸腾速率 Transpiration rate of a day/(H ₂ O μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	水分利用效率(WUE) Water use efficiency
傲雪 4 号'Aoxue No. 4'	152 317	106 741	1.427
傲雪 6 号'Aoxue No. 6'	138 025	135 649	1.017
傲雪 5 号'Aoxue No. 5'	171 541	78 733	2.178
傲雪 3 号'Aoxue No. 3'	145 837	126 505	1.152
傲雪 2 号'Aoxue No. 2'	129 529	144 614	0.895

弱,气孔导度增大^[5],冬桃叶片的气孔导度值分别为“傲雪 4 号” $0.49 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号” $0.42 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号” $0.46 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号” $0.41 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号” $0.36 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;在 14:00 气孔导度达到低谷,“傲雪”冬桃各品系叶片的气孔导度值分别是“傲雪 4 号” $0.23 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号”和“傲雪 3 号” $0.22 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号” $0.20 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号” $0.19 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;各品种冬桃气孔导度于 15:00—16:00 达到第 2 个高峰,分别升至“傲雪 4 号” $0.31 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 2 号” $0.29 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 6 号” $0.25 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 3 号” $0.28 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、“傲雪 5 号” $0.24 \text{ H}_2\text{O } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。在 16:00 以后,伴随着太阳光照强度的不断减弱,冬桃叶片气孔导度也不断开始下降。

光合速率对气孔导度具有反馈调节作用,在有利于叶肉细胞的光合时气孔导度增大^[14];不利于光合时,气孔导度减小。将叶片光合速率曲线(图 1)与叶片气孔导度曲线(图 3)相对照可以看出,叶片气孔导度与叶片光合速率的最大值和最低值出现的时间趋于一致,表明净光合速率的变化与气孔开张程

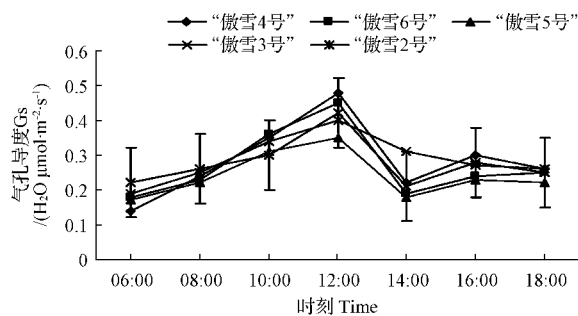


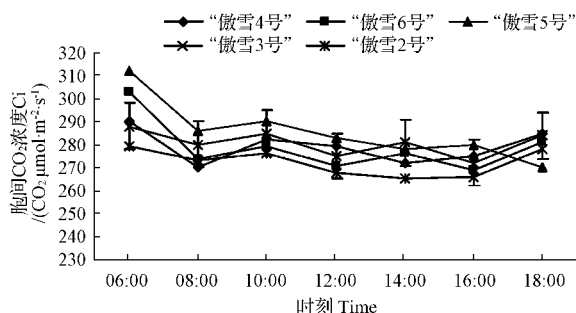
图 3 各品种冬桃(7月)气孔导度日变化曲线

Fig. 3 The diurnal variation of stomatal conductance of different winter peach varieties in July

度的变化呈平行变化趋势^[14]。

气孔导度平均值大小顺序为“傲雪 4 号”“傲雪 3 号”“傲雪 2 号”“傲雪 6 号”“傲雪 5 号”,表明在外界环境条件相同时,“傲雪 5 号”气孔开张度最小,水分散失的能力最弱,表现出较强的抗旱能力,从各冬桃光合特征可以看出,气孔导度随环境变化是植物光合、蒸腾变化的主要原因^[14]。

图 4 是各品种冬桃胞间 CO₂ 浓度日变化曲线,各品种冬桃胞间 CO₂ 浓度日变化趋势总体上与光合速率与呼吸速率变化具有负相关的变化趋势,呈现出早、晚偏高而中午略低的变化趋势,与光合作用消耗 CO₂ 有关。

图 4 各冬桃品种(7月)冬桃胞间 CO₂ 浓度日变化Fig. 4 The diurnal variation of intercellular CO₂ concentration of different winter peach varieties in July

如“傲雪 5 号”在 06:00 时,胞间 CO₂ 浓度达 $313 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,12:00 时降至 $284 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,18:00 时则又恢复至 $310 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。各品种之间胞间 CO₂ 浓度日变化存在着较大差异,胞间 CO₂ 浓度愈大的品种光合能力愈强。各品种冬桃胞间 CO₂ 浓度由高到低顺序为“傲雪 5 号”“傲雪 4 号”“傲雪 3 号”“傲雪 6 号”“傲雪 2 号”,与光合能力的顺序一致。

2.8 聚类分析

根据各冬桃品系抗旱性指标表现,采用 ward 法,利用平方欧式距离将其进行聚类分析,由图 5 聚类分析结果可以看出,“傲雪 4 号”“傲雪 5 号”和“傲雪 3 号”归为一大类,其特点是叶片保水力强、保水

时间长、抗旱性强;“傲雪 2 号”和“傲雪 6 号”归为一大类,其特点是叶片保水力相对较弱、保水时间较短、抗旱性较弱。

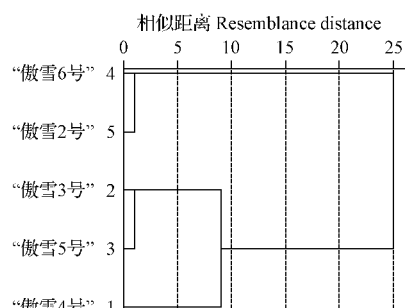


图 5 基于抗旱性的“傲雪”冬桃品系聚类分析

Fig. 5 Cluster analysis of different winter peach varieties based on drought resistance

3 讨论与结论

干旱对于植物的危害是使植物体丧失水分、造成较长时间的水分亏缺,从而影响了植物正常的生命活动。植物的抗旱性是指植物在干旱类环境中生长、繁殖或生存能力,以及在干旱解除后迅速恢复的能力^[11]。

综合以上试验结果,在叶片保水力、自然水分亏缺及临界水分亏缺与光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、水分利用效率(WUE)、叶片气孔导度(G_s)及叶片细胞内 CO_2 浓度方面总体分析表明,在抗旱特性方面,“傲雪 4 号”表现最好的,依次分别为“傲雪 3 号”“傲雪 5 号”“傲雪 6 号”“傲雪 2 号”。

树种的抗旱性是一个复合性状^[12],当干旱胁迫发生时还会引起植物细胞质膜透性、叶绿素含量、气

孔导度、光合速率、蒸腾速率、超氧化物歧化酶活性、丙二醛含量、脯氨酸含量及相对含水率等指标的变化^[13],该试验只研究与抗旱性密切相关的 3 个指标,因此有必要进行多指标的研究。

参考文献

- [1] 纪连军. 桃极晚熟新品种“傲雪冬桃”的选育[J]. 中国果树, 2016(3): 57-59.
- [2] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [3] 王洪江, 刘丽娜. 3 个优良沙棘品种抗旱性初步研究[J]. 辽宁林业科技, 2013(1): 23-24.
- [4] 王洪江, 王占龙, 张连翔, 等. 5 个朝阳地区主要造林树种抗旱性研究[J]. 辽宁林业科技, 2014(3): 26-27.
- [5] 张权, 刘安贵, 廖修哲. 4 个冬桃引种鉴定试验[J]. 农技服务, 2012(6): 27-28.
- [6] 李国怀, 夏仁学, 张在伦, 等. 青峰冬桃及其栽培技术[J]. 特种经济动植物, 1998(2): 30-31.
- [7] 宋立项. 晚熟桃金秋红蜜性状表现与套袋栽培技术[J]. 西北园艺, 2014(6): 46-47.
- [8] 崇有道. 映霜红桃(暂定名)选育及其高效栽培技术[J]. 落叶果树, 2011(1): 26-27.
- [9] 马玉玺, 谷万梅, 马玉峰. 晚熟桃新秀-豫桃 1 号[J]. 果农之友, 2005(10): 12.
- [10] 谭彬, 郑先波, 李靖, 等. 晚熟鲜食桃新品种秋硕[J]. 园艺学报, 2012(7): 187-188.
- [11] 户连荣, 郎南军, 郑科. 植物抗旱性研究进展及发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2652-2654.
- [12] 刘青柏, 刘明国, 纪连军, 等. 朝阳地区不同品种枣树气体交换及荧光生理特征[J]. 北方园艺, 2015(1): 31-35.
- [13] 刘青柏, 刘明国, 刘明忠, 等. 朝阳地区不同枣树品种光合及水分利用特性研究[J]. 经济林研究, 2013(3): 16-20.
- [14] 刘学勤. 沁水冬桃[J]. 河南林业, 1986(2): 29.
- [15] 孟函宁. 不同沙棘品种光合生理和水分生理特性研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007.

Differences of Drought Resistance for Different Winter Peach Varieties in Western Liaoning

JI Lianjun¹, LIU Qingbai², SUN Yumei¹, WANG Hongjiang³, WANG Yixiang¹, LI Chunhui⁴

(1. Forestry Bureau of Chaoyang County, Chaoyang, Liaoning 122000; 2. College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 3. Afforestation Research Institute of Arid Area of Liaoning Province, Chaoyang, Liaoning 122000; 4. Wafangzi Town of Forestry Station of Chaoyang County, Chaoyang, Liaoning 122639)

Abstract: Five new varieties of winter peach in Chaoyang region were used as test materials, the leaf water holding capabilities, water deficit status and water use efficiency(WUE) of them were analyzed, drought resistant ability of different varieties of winter peach were compared. To provide reference for screening locally appropriate cultivation lines of winter peach. The results showed that, in terms of drought resistance, ‘Aoxue No. 4’ was the best one, followed by were ‘Aoxue No. 3’ > ‘Aoxue No. 5’ > ‘Aoxue No. 6’ > ‘Aoxue No. 2’.

Keywords: winter peach; drought resistance; natural saturation deficit; critical saturation deficit