西北林学院学报 2018,33(4):132-138
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2018.04.22

26个葡萄砧木品种耐旱性评价

李敏敏,袁军伟,韩 斌,刘长江,孙 艳,尹勇刚,贾 楠,郭紫娟,赵胜建*

(河北省农林科学院 昌黎果树研究所,河北 昌黎 066600)

摘 要:以26份1年生葡萄砧木为试验材料,设计干旱(土壤最大含水量的30%~35%)和对照(土壤最大含水量的70%~80%)2个处理,调查干旱处理后不同时期的旱害指数和旱死率,测定干旱28 d后叶片的相对含水量、叶绿素含量、叶片水势及根系活力等5项生理指标,并利用隶属函数法综合评价26份砧木的抗旱性。结果表明,抗旱性极强的砧木包括110R、1103 P、420A、香槟尼;抗旱性强的砧木包括山河2号、Dog Ridge 、抗砧3号、SO4、140Ru、8B、Gloire;抗旱性中等的砧木包括5A、5BB、3309C、Salt creek、188-08、Freedom、龙紫宝;抗旱性弱的砧木包括山河3号、Eldorado、Valliant、Fercal、Grand Feuille、Beaumont、Beta、101-14M。通过对26份砧木的亲本来源分析,认为在砧木抗旱育种时,采用冬葡萄和沙地葡萄作为亲本后代的抗旱性较高。

关键词:葡萄;砧木;抗旱性;综合评价

中图分类号:S663.1 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-7461(2018)04-0132-07

Evaluations on the Drought Resistance of 26 Grape Rootstocks

LI Min-min, YUAN Jun-wei, HAN Bin, LIU Chang-jiang, SUN Yan, YIN Yong-gang, JIA Nan, GUO Zi-juan, ZHAO Sheng-jian*

(*Changli Rearch Institute of Fruit Trees, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Changli, Hebei* 066600, *China*)

Abstract: One-year-old potted rootstocks of 26 grape varieties were taken as materials to examine their drought resistance. Two levels of water supply were set up: drought (30%-35% soil water content) and control (70%-80%). Drought damage index and drought death rate were investigated in different drought time (7, 14, 21, 28, 35 days), the leaf relative water content (RWC), chlorophyll content, leaf water potential, root activity were determined on day 28. The drought-resistance level was evaluated with subordinate function. The results showed that the drought-resistance level of tested materials could be divided into four types. Those with the strongest drought resistance were 110R, 1103P, 420A, Vitis champmii; followed by the group with relatively strong drought resistance, including Shanhe No. 2, Dog Ridge , Kangzhen 3, SO4, 140Ru, 8B, Glore, group with moderate drought resistance included 5A, 5BB, 3309C, Salt creek, 188-08, Freedom, Lonzibao; and the poor drought resistance group were Shanhe No. 3, Eldorado, Valliant, Fercal, Grand Feuille, Beaumont, Beta, 101-14 M. After analyzing the parental origins, it was considered that *V. berlandieri* and *V. rupestris* as parents could attain more drought-resistant progenies.

Key words: grapevine; rootstock; drought resistance; comprehensive evaluation

我国葡萄传统的主产区以干旱、半干旱气候为主,尤其是在西北干旱地区,葡萄生长发育季节常遭遇高温干旱的影响,严重地影响了葡萄的品质和葡萄产业的健康发展,干旱胁迫已经成为影响北方地区葡萄栽培的重大障碍[1-4]。为了解决干旱条件下的葡萄健康生产问题,目前,生产上除了采取一些保

收稿日期:2017-08-07 **修回日期**:2018-01-30
基金项目:现代农业产业技术体系建设专项基金(CARS-29)。
作者简介:李敏敏,男,助理研究员,硕士,研究方向:葡萄栽培生理。E-mail:meimuwenzi@163.com
* **通信作者**:赵胜建,男,硕士生导师,研究员,研究方向:葡萄育种。E-mail:tablegrape@163.com

水覆盖[5-7]等栽培措施外,也越来越重视选择耐旱的砧木进行嫁接栽培[8-11],这就需要对砧木的抗旱特性有比较全面的了解。然而,我国的葡萄嫁接苗在砧木选择上仍然存在盲目性,缺少对葡萄砧木的耐旱性进行系统的评价和分析[12]。本试验选择国内外引进的 26 个砧木品种,通过盆栽的方法进行干旱胁迫处理,通过隶属函数法对 26 个砧木品种进行评价,以期为生产应用提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试材料为 1 年生砧木品种,共计 26 份(表 1)。

表 1　供试砧木品种

Table 1　The list of tested grape rootstock varieties

编号	砧木	亲本或英文名称	编号	砧木	亲本或英文名称
1	110R	*V. berlandieri*×*V. rupestris*	14	山河 2 号	*V. amurensis*×*V. riparia*
2	1103 P		15	山河 3 号	
3	420A	*V. berlandieri*×*V. riparia*	16	Beaumont	*V. riparia*
4	香槟尼		17	Grand Feuille	
5	SO4		18	Eldorado	
6	8B		19	Gloire	
7	5A		20	Dog Ridge	*V. champini*
8	5BB		21	Salt creek	
9	188-08		22	140Ru	*V. berlandieri*×*V. rupetris*
10	3309C	*V. riparia*×*V. rupestris*	23	抗砧 3 号	*V. riparia*×SO4
11	101-14M		24	Fercal	*V. vinifera*×*V. berlandieri*
12	Valiant	*V. riparia*×*V. labrusca*	25	龙紫宝	Lonzibao
13	Beta		26	Freedom	1613C×Dog Ridge

1.2　试验干旱胁迫处理

2016 年 5 月,将 1 年生砧木定植在装有基质(田园土∶沙子∶锯末=2∶1∶2)大营养钵(下底直径 15 cm,上底直径 18 cm,高 25 cm),7 月 1 日挑选生长势整齐、健壮植株各 60 株(干旱处理 30 株,每 10 株为 1 次重复,3 次重复;对照 30 株,每 10 株为 1 次重复,3 次重复),置于避雨棚内,隔绝自然降水,使土壤含水量降低到试验要求。试验设计干旱(土壤最大含水量的 30%～35%)和对照(土壤最大含水量的 70%～80%)2 个处理,采取每天称重补水的方法维持土壤含水量在该范围。当干旱处理的土壤含水量下降至试验设计要求时,定义为第 0 天。

1.3　调查和测定项目

干旱处理后第 28 天,选取植株中上部的成熟叶片,测定叶片相对含水量[13],利用分光光度法测定叶绿素含量[14],采用压力室法于黎明前测定叶片水势,并同时期取样采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法[15]测定根系活力,用四氮唑的还原强度($\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$)表示根系活力。

分别在处理后的第 7、第 14、第 21、第 28、第 35 天进行旱害指数和旱死株率的调查。参考许宏[16]的分级标准,根据砧木干旱处理下的形态变化,规定本试验旱害指数的分级标准为:0 级,植株生长发育与未处理对照无明显差异;1 级,植株叶片有 1/3 发生萎蔫;2 级,植株叶片有 2/3 发生萎蔫;3 级,植株叶片全部萎蔫或叶片边缘开始黄化干枯;4 级,植株叶片严重黄化并有 30% 叶片干枯;5 级,植株 50% 叶片黄化干枯,并发生脱落。

旱害指数=∑(代表级值×株数)/(最高级值×处理总株数)×100

旱死株率/%=(死亡株数/处理的总株数)×100

1.4　抗旱性评价

采用隶属函数法对干旱处理后 28 d 各项生理指标进行抗旱性综合评价,按照平均隶属度(subordinate level,SL)进行抗旱性评价[17],分为 4 种抗旱类型:0.00～0.30 为抗旱性弱(low drought resistance,LDR);0.31～0.60 为抗旱性中等(moderate drought resistant,MDR);0.61～0.80 为抗旱性强(high drought resistance,HDR);0.81～1.00 为抗旱性极强(fortissimo drought resistance,FDR)。

1.5　数据分析

采用 Excel 2003 和 SPASS 19.0 统计软件进行数据处理和分析。

2　结果与分析

2.1　干旱胁迫下不同砧木的旱害指数和旱死率的变化

从表 2 可以看出,砧木品种不同,旱害症状出现的时间也不相同。在干旱处理后第 7 天,Beta 和 101-14M 最早表现出旱害症状,干旱处理后第 14

天，Gloire、5A、5BB、3309C、Salt creek、188-08、Freedom、龙紫宝、山河 3 号、Eldorado、Valliant、Fercal、Grand Feuille、Beaumont 开始出现旱害症状，干旱处理后第 21 天山河 2 号、Dog Ridge、抗砧 3 号、SO4、140R、8B 开始出现旱害症状，干旱处理后第 28 天香槟尼开始出现旱害症状，干旱处理后第 35 天 110R、1103 P、420A 开始出现旱害症状。干旱处理后第 21 天，Beta、101-14M、Fercal、Eldorado 出现旱死植株，干旱处理后第 28 天，5A、3309C、龙紫宝、山河 3 号、Valliant、Grand Feuille、Beaumont 出现旱死植株，干旱处理后第 35 天，抗砧 3 号、140R、8B、Gloire、5BB、Salt creek、188-08、Freedom 出现旱死植株，而 110R、1103 P、420A、香槟尼、山河 2 号、Dog Ridge 到干旱处理 35 d 未出现旱死植株。

表 2 干旱胁迫下不同砧木旱害指数和旱死株率

Table 2 Drought damage index and drought death rate of different rootstocks in different drought time

砧木	第 7 天		第 14 天		第 21 天		第 28 天		第 35 天	
	旱害指数	旱死株率	旱害指数	旱死株率	旱害指数	旱死株率	旱害指数	旱死株率	旱害指数	旱死株率
110R	0	0	0	0	0	0	0	0	6.67	0
1103P	0	0	0	0	0	0	0	0	9.33	0
420A	0	0	0	0	0	0	0	0	6.67	0
香槟尼	0	0	0	0	0	0	5.33	0	9.33	0
山河 2 号	0	0	0	0	8.00	0	17.33	0	25.6	0
Dog Ridge	0	0	0	0	4.00	0	14.67	0	26.2	0
抗砧 3 号	0	0	0	0	6.67	0	20.00	0	29.5	4.00
SO4	0	0	0	0	5.33	0	17.33	0	34.67	0
140Ru	0	0	0	0	8.00	0	16.00	0	36.00	4.00
8B	0	0	0	0	12.00	0	18.67	0	33.33	4.00
Gloire	0	0	5.33	0	20.00	0	29.33	0	38.67	8.00
5A	0	0	6.67	0	20.00	0	32.00	8.00	61.33	24.00
5BB	0	0	2.67	0	18.67	0	28.00	0	48.00	8.00
3309C	0	0	5.33	0	14.67	0	28.00	4.00	64.00	28.00
Salt creek	0	0	6.67	0	28.00	0	34.67	0	49.33	4.00
188-08	0	0	8.00	0	28.00	0	33.33	0	56.00	8.00
Freedom	0	0	8.00	0	26.67	0	38.67	0	50.67	16.00
龙紫宝	0	0	9.33	0	29.33	0	40.00	4.00	50.67	64.00
山河 3 号	0	0	8.00	0	29.33	0	46.67	12.00	57.33	48.00
Eldorado	0	0	9.33	0	26.67	4.00	48.00	28.00	81.33	76.00
Valiant	0	0	10.67	0	30.67	0	56.00	32.00	81.33	72.00
Fercal	0	0	13.33	0	34.67	4.00	50.67	24.00	72.00	76.00
Grand Feuille	0	0	12.00	0	34.67	0	48.00	24.00	70.67	68.00
Beaumont	0	0	14.67	0	38.67	0	52.00	28.00	74.67	64.00
Beta	8.00	0	24.00	0	42.67	20.00	70.67	44.00	94.67	96.00
101-14M	6.67	0	21.33	0	45.33	8.00	66.67	36.00	89.33	80.00

砧木种类不同，受害程度不同，其旱害指数和旱死株率有明显差异，图 1 为干旱处理第 28 天不同砧木的生长情况。以干旱处理后第 35 天为例，26 个砧木品种的旱害指数在 6.67～94.67，其中 110R、420A 的旱害指数最小，为 6.67，Beta 的旱害指数最大，为 94.67；26 个砧木品种的旱死株率在 0～96.00%，其中，110R、1103 P、420A、香槟尼、山河 2 号、Dog Ridge、SO4 的旱死株率为 0，而 Beta 的旱死株率最高，为 96.00%。

2.2 干旱胁迫下不同砧木叶片相对含水量、叶绿素含量和叶片水势的差异

从表 3 可以看出，干旱处理后第 28 天，26 种砧木的叶片相对含水量均降低，但叶片相对含水量和降幅不同。干旱处理后第 28 天，420A 叶片相对含水量最高（71.35%），Beta 叶片相对含水量最低（40.22%）；26 种砧木的降幅在 13.70%～54.64%，420A 叶片相对含水量降低最小（13.70%），Beta 降幅最大（54.63%）。干旱处理后第 28 天，不同砧木的叶绿素含量变化趋势有所差异，110R、1103P、420A、香槟尼、山河 2 号、SO4 叶片叶绿素含量有所增加，而其余砧木叶绿素含量均不同程度的降低，其中，Beta 叶绿素含量降幅最大（74.07%）。干旱处理后，26 种砧木的黎明前叶片水势均明显降低，降幅在 72.59%～94.93%，1103P 降幅最小（72.59%），Valliant 降幅最大（94.93%）。

2.3　干旱胁迫下不同砧木根系活力差异

干旱处理后第 28 天，测定了不同砧木品种的根系活力的变化（图 2），图 2 中编号所代表的品种为表 1 中编号的品种。试验结果显示，与对照相比，干旱处理 28 d 后 26 种砧木的根系活力均出现不同程度的降低，降幅在 12.42％～80.36％。

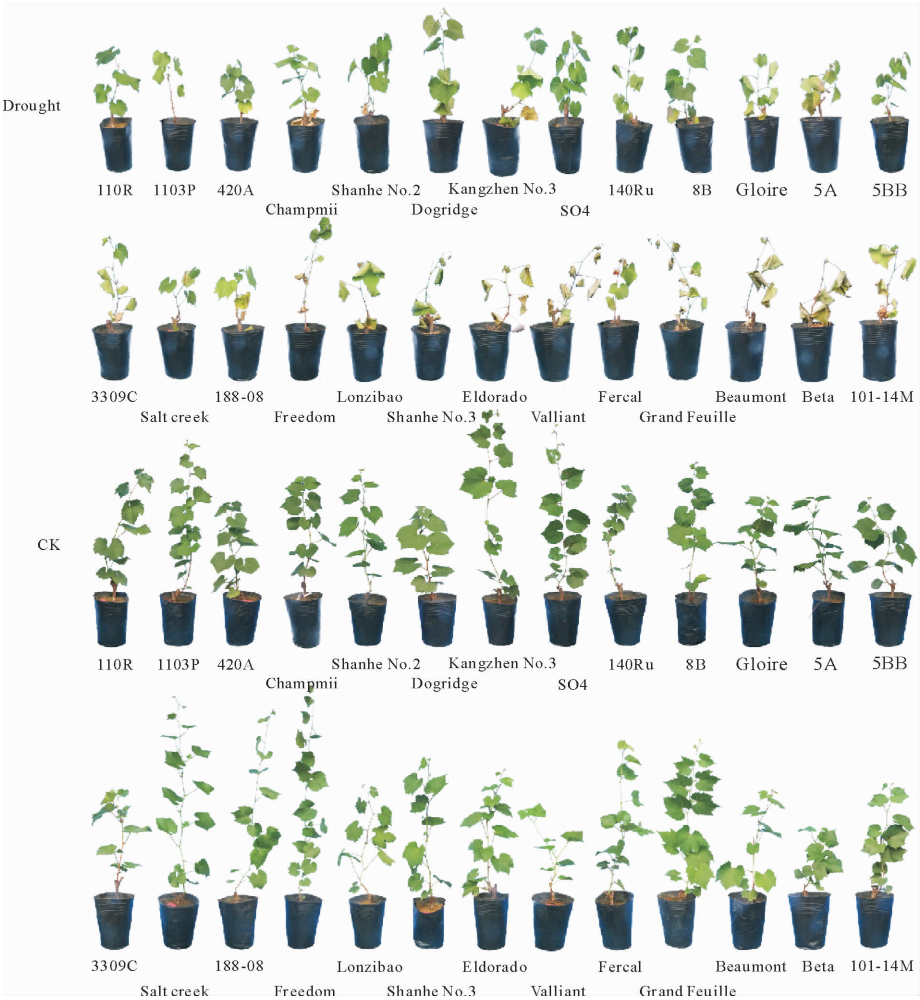

图 1　干旱处理 28 d 时不同砧木生长情况

Fig. 1　The growth conditions of grape rootstocks on day 28

2.4　葡萄砧木抗旱性的隶属函数值

将干旱处理后第 28 天的不同砧木的旱害指数、叶片相对含水量降幅、叶绿素含量降幅、叶片水势降幅和根系活力降幅进行综合评价，计算各砧木的平均隶属度（表 4）。由表 4 可以看出，抗旱性极强的砧木为 110R、1103 P、420A、香槟尼；抗旱性强的砧木为山河 2 号、Dog Ridge 、抗砧 3 号、SO4、140Ru、8B、Gloire；抗旱性中等的砧木为 5A、5BB、3309C、Salt creek、188-08、Freedom、龙紫宝；抗旱性弱的砧木为山河 3 号、Eldorado、Valliant、Fercal、Grand Feuille、Beaumont、Beta、101-14M。

3　结论与讨论

近年来，对葡萄抗旱性的研究主要包括砧木品种、中国野生种和栽培品种[18]。砧木品种在抗旱性方面表现因品种不同差异比较大，不同研究者获得的结果也不尽一致。陈继峰[19]等研究认为，特别抗旱的品种有 520A、225Ru、5BB，比较抗旱的品种有 SO4、3309C、Salt Creek 和 Beta。S. Koundouras[20]等和 M. Ozdne[21]等通过比较发现，5BB 的抗旱性很强，1103 P 在抗旱性方面的综合表现优于 SO4。陈邵莉[22]等对 16 种葡萄砧木抗旱性的研究表明，MacAdams、Beaumont 抗旱性极强，Gloire、Dog Ridge 和 Beta 的抗旱性中等。王鹏[23]等对当年生扦插苗的评价结果显示，3309C、5BB、SO4、1103P 属于抗旱性比较差品种。本试验，利用隶属函数法将各指标进行综合计算，根据平均隶属度将砧木划分为抗旱性极强、抗旱性强、抗旱性中等和抗旱性弱 4 个等级，抗旱性极强的砧木包括 110R、1103P、420A、香槟尼；抗旱性强的砧木包括山河 2 号、Dog Ridge 、抗砧 3 号、SO4、140Ru、8B、Gloire；抗旱性中等的砧木包括5A、5BB、3309C、Saltcreek、188-08、

表 3 干旱胁迫下不同砧木叶片相对含水量、叶绿素含量和叶片水势的差异

Table 3 The difference of relative water content, Chlorophyll content, leaf water potential on day 28

砧木	相对含水量/%			叶绿素含量/(mg·g^{-1})			叶片水势/MPa		
	对照	干旱	降幅/%	对照	干旱	降幅/%	对照	干旱	降幅/%
110R	86.52ab	70.26a	18.79	1.35bc	1.47b	−8.89	25.50cd	5.53a	78.30
1103P	84.65abc	68.96a	18.54	1.25cd	1.32b	−5.60	13.74f	3.77b	72.59
420A	82.68c	71.35a	13.70	1.52ab	1.73a	−13.82	20.52d	3.70b	81.97
香槟尼	83.65c	70.56a	15.65	1.58a	1.66a	−5.06	28.32bc	4.63a	83.64
山河 2 号	86.98ab	66.36a	23.71	1.35bc	1.45b	−7.41	19.98de	2.97bc	85.15
Dog Ridge	82.58c	63.26abc	23.40	1.59a	1.45b	8.81	25.45cd	3.67b	85.59
抗砧 3 号	84.64abc	66.26a	21.72	1.35bc	1.05c	22.22	22.21d	3.13bc	85.89
SO4	86.69ab	60.32bc	30.42	1.52ab	1.66a	−9.21	23.98d	2.73bc	88.60
140Ru	87.65a	61.25bc	30.12	1.46b	1.56ab	−6.85	21.50de	3.27b	84.81
8B	87.96a	64.26ab	26.94	1.45b	1.26bc	13.10	26.06bcd	3.70b	85.80
Gloire	88.65a	63.58ab	28.28	1.62a	1.58ab	2.47	26.02bcd	3.57b	86.29
5A	87.69a	61.32bc	30.07	1.57a	0.75	52.23	26.45bcd	2.80bc	89.41
5BB	88.55a	59.56bc	32.74	1.66a	1.32bc	20.48	21.33de	2.17cd	89.84
3309C	88.69a	62.35abc	29.70	1.26c	1.05c	16.67	20.08de	2.63c	86.89
Salt creek	88.47a	58.26bcd	34.15	1.62a	1.21bc	25.31	21.45de	2.47cd	88.50
188-08	89.03a	57.25bcd	35.70	1.24c	0.87d	29.84	27.75bc	2.73c	90.15
Freedom	87.65a	63.26bc	27.83	1.18c	0.75de	36.44	23.62d	2.50c	89.42
龙紫宝	88.03a	52.26cd	40.63	1.15cd	0.89d	22.61	37.22ab	2.57c	93.10
山河 3 号	88.26a	48.26d	45.32	1.28c	0.62e	51.56	40.87a	3.03bc	92.58
Eldorado	87.65a	49.65d	43.35	1.63a	0.60e	63.19	29.15bc	2.13cd	92.68
Valiant	87.59a	50.36cd	42.50	1.37bc	0.52	62.04	32.85b	1.67e	94.93
Fercal	87.28ab	42.33de	51.50	1.24c	0.62e	50.00	32.69b	2.67bc	91.84
Grand Feuille	88.65a	44.26de	50.07	1.58a	0.95cd	39.87	29.98b	2.60bc	91.33
Beaumont	88.25a	41.76de	52.68	1.55ab	0.56ef	63.87	27.85bc	2.67bc	90.42
Beta	88.65a	40.22de	54.63	1.62a	0.42f	74.07	32.25b	2.03cd	93.70
101-14M	88.99a	42.33de	52.43	1.58a	0.52ef	67.09	29.60b	2.20cd	92.57

注：同一列中同一指标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 4 干旱胁迫后第 28 天不同葡萄砧木隶属函数值

Table 4 Subordinate level of drought resistance of grape rootstocks on day 28

砧木	平均隶属度	抗旱水平	砧木	平均隶属度	抗旱水平
110R	0.89	FDR	3309C	0.53	MDR
1103P	0.96	FDR	Salt creek	0.49	MDR
420A	0.90	FDR	188-08	0.43	MDR
香槟尼	0.84	FDR	Freedom	0.44	MDR
山河 2 号	0.74	HDR	龙紫宝	0.36	MDR
Dog Ridge	0.72	HDR	山河 3 号	0.26	LDR
抗砧 3 号	0.67	HDR	Eldorado	0.20	LDR
SO4	0.71	HDR	Valiant	0.18	LDR
140Ru	0.67	HDR	Fercal	0.18	LDR
8B	0.65	HDR	Grand Feuille	0.21	LDR
Gloire	0.64	HDR	Beaumont	0.14	LDR
5A	0.47	MDR	Beta	0.01	LDR
5BB	0.56	MDR	101-14M	0.06	LDR

Freedom、龙紫宝；抗旱性弱的砧木包括山河 3 号、Eldorado、Valliant、Fercal、Grand Feuille、Beaumont、Beta、101-14M。这与部分研究者的结果不尽一致，可能是由于试验环境等的差异引起的。

葡萄砧木的抗旱性与其亲缘关系远近具有一定的关系，通常亲本的抗旱性强则后代的抗旱性也比较强，冬葡萄和沙地葡萄原产于美国中南部干旱的山坡、砾石土壤及坡顶等缺水土壤，被认为具有比较

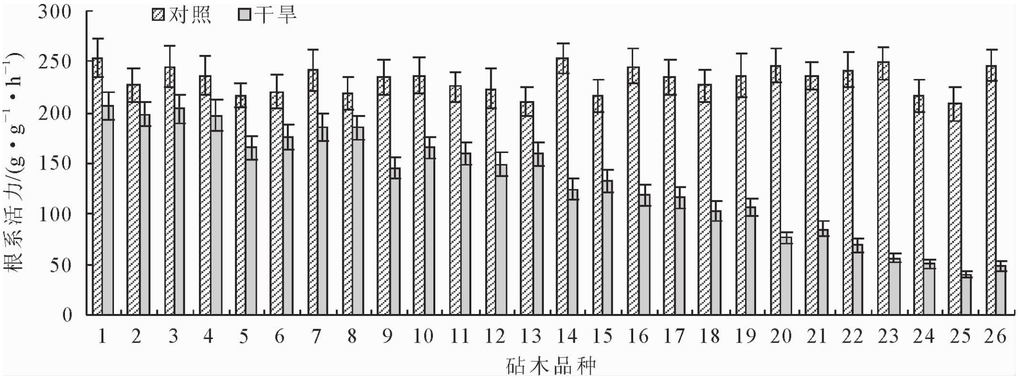

图 2　干旱胁迫下不同砧木根系活力差异

Fig. 2　The difference of root activity of grape rootstocks on day 28

强的抗旱性,本试验中,110R 和 1103P 属于抗旱性极强的砧木,而这 2 种砧木均来自于 *V. berlandieri* ×*V. rupestris*(冬葡萄×沙地葡萄)杂交组合。Dog Ridge 和自由是香槟尼葡萄的杂交后代,本试验中,香槟尼抗旱性极强,Dog Ridge 抗旱性强,两者的抗旱性也比较接近。抗砧 3 号是河岸 580 和 SO4 的杂交后代,本试验证实,抗砧 3 号和 SO4 都属于抗旱性强的品种。河岸葡萄原北美东部,野生于密西西比河及密苏里河两岸的森林等潮湿地带,以抗旱性强的冬葡萄和抗旱性弱的河岸葡萄为亲本(*V. berlandieri*×*V. riparia*)的后代抗旱性出现比较大的分离,420A、香槟尼、SO4、8B、5A、5BB、188-08 均来自于冬葡萄×河岸葡萄,然而,420A、香槟尼属于抗旱性极强,SO4、8B 为抗旱性强,5A、5BB、188-08 为抗旱性中等。美洲葡萄原产于美国东部、东北部和加拿大东南部,植株生长旺盛,喜湿润气候,抗旱性比较弱,抗旱性弱的美洲葡萄和抗旱性弱的河岸葡萄的后代抗旱性也普遍比较弱,Valliant 和贝达来自于美洲葡萄×河岸葡萄,本试验证实,Valliant 和贝达均属于耐旱弱的砧木。另外,本试验发现河岸葡萄的抗旱性也存在一定的差异,并不是都属于抗旱性弱的品种,Gloire、Eldorado、Grand Feuille、Beaumont 均来自于河岸种群,试验认为,Gloire 属于抗旱性强的品种,Eldorado、Grand Feuille、Beaumont 属于抗旱性弱的品种,河岸系列的葡萄抗旱性有所差异,这可能是因为,通常报道的河岸葡萄是指种群,而本试验的河岸系列是品种,在抗旱性上存在差异是有可能的。

本试验通过比较冬葡萄、沙地葡萄、河岸葡萄和美洲葡萄 4 个种群的杂交后代的抗旱性,建议在抗旱育种中首选冬葡萄×沙地葡萄这个组合进行杂交育种,其次为冬葡萄×河岸葡萄和沙地葡萄×河岸葡萄,不建议选择河岸葡萄×美洲葡萄,为抗旱育种亲本的选择提供了一定的参考。

参考文献:

[1]　郝停停,张博,张剑侠.葡萄砧木抗旱性评价[J].北方园艺,2016(17):17-21.
HAO T T,ZHANG B,ZHANG J X. Evaluation of drought resistance of grape rootstocks[J]. Northern Horticulture,2016(17):17-21.(in Chinese)

[2]　薛加楠,崔小月,张琪,等.3 种不同地理起源葡萄种质资源的抗旱性比较[J].西北林学院学报,2017,32(2):136-142.
XUE J N,CUI X Y,ZHANG Q,*et al*. Comparison of drought tolerance of three grape germplasm resources from different deographic origins[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(2):136-142.(in Chinese)

[3]　胡博然,李华,马海军,等.葡萄耐旱性研究进展[J].中外葡萄与葡萄酒,2002(2):32-34.
HU B R,LI H,MA H J,*et al*. Advances of research for water stress tolerance in grapevines[J]. Sino-overseas Grapevine & Wine,2002(2):32-34.(in Chinese)

[4]　李雅善,王振吉,王艳君,等.甘肃河西走廊酿酒葡萄栽培区旱情时空特征差异分析[J].西北林学院学报,2015,30(4):50-56.
LI Y S,WANG Z J,WANG Y J,*et al*. Temporal-spatial variation characteristics of the drought in wine grape cultivation areas in Hexi corridor[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(4):50-56.(in Chinese)

[5]　张晓霞,成自勇,张芮,等.不同覆盖方式对温室葡萄耗水规律和产量的影响[J].干旱地区农业研究,2016(2):62-68.
ZHANG X X,CHENG Z Y,ZHANG R,*et al*. Effects of different mulching treatments on grape water consumption pattern and production in solar greenhouse[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2016(2):62-68.(in Chinese)

[6]　张晓霞,张芮,成自勇,等.不同覆盖方式和灌水量对设施延后栽培葡萄生长特性和产量品质的影响[J].干旱地区农业研究,2016(3):102-107.
ZHANG X X,ZHANG R,CHENG Z Y,*et al*. Effects of water amount and mulching methods on growth characteristics and quality of grape with facility-delayed cultivation[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2016(3):102-107.(in Chinese)

[7]　惠竹梅,李华,王美丽,等.行间生草对葡萄叶片光合特性的影

响[J]. 西北农业学报，2005(5)：83-86.
HUI Z M，LI H，WANG M L，*et al*. The effect of green cover on photosynthetic characteristics of grapevine(*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon)leaves[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica，2005(5)：83-86. (in Chinese)

[8] 翟衡，杜远鹏，孙庆华，等. 论我国葡萄产业的发展[J]. 果树学报，2007(6)：820-825.
ZHAI H，DU Y P，SUN Q H，*et al*. On the development situation of Chinese grape industry[J]. Journal of Fruit Science，2007(6)：820-825. (in Chinese)

[9] 綦伟，厉恩茂，翟衡，等. 不同砧穗组合葡萄植株对部分根区干旱的生理生化响应[J]. 应用生态学报，2008(2)：306-310.
QI W，LI E M，ZHAI H，*et al*. Physiological and biochemical responses of different scion/rootstock combinations grapevine to partial rootzone drought[J]. Chinese Journal of Applied Ecology，2008(2)：306-310. (in Chinese)

[10] 綦伟，翟衡，厉恩茂，等. 部分根区干旱对不同砧木嫁接葡萄光合作用的影响[J]. 园艺学报，2007(5)：1081-1086.
QI W，ZHAI H，LI E M，*et al*. Effects of partial rootzone drying on photosynthesis of the grape cultivar 'Malvasia' grafted on different rootstocks[J]. Acta Horticulturae Sinica，2007(5)：1081-1086. (in Chinese)

[11] 綦伟，厉恩茂，翟衡，等. 部分根区干旱对不同砧木嫁接玛瓦斯亚葡萄生长的影响[J]. 中国农业科学，2007(4)：794-799.
QI W，LI E M，ZHAI H，*et al*. Effects of partial rootzone drying on the growth of *Vitis vinifera* cv. Malvasia grafted on varied rootstocks[J]. Scientia Agricultura Sinica，2007(4)：794-799. (in Chinese)

[12] 李超，白世践，赵荣华，等. 葡萄砧木及其应用的研究进展[J]. 农学学报，2016(5)：53-59.
LI C，BAI S J，ZHAO R H，*et al*. Progresses in research and application of grapevine rootstocks[J]. Journal of Agriculture，2016(5)：53-59. (in Chinese)

[13] 惠竹梅，李华，王美丽，等. 行间生草对葡萄叶片光合特性的影响[J]. 西北农业学报，2005，14(5)：83-86.
HUI Z M，LI H，WANG M L，*et al*. The effect of green cover on photosynthetic characteristics of grapevine(*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon)leaves[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica，2005，14(5)：83-86. (in Chinese)

[14] ARNON D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts，polyphenoloxidase in Brta vulgaris[J]. Plant Physiology，1949，24：1-15.

[15] 周小平，张岁岐，杨晓青，等. 玉米根系活力杂种优势及其与光合特性的关系[J]. 西北农业学报，2008(4)：84-90.
ZHOU X P，ZHANG S Q，YANG X Q，*et al*. Heterosis of maize root activity and its relationship with photosynthetic characteristics[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica，2008(4)：84-90. (in Chinese)

[16] 许宏. 葡萄砧木和栽培品种抗旱性研究[D]. 济南：山东农业大学，2004.

[17] 陈文荣，曾玮玮，李云霞，等. 高丛蓝莓对干旱胁迫的生理响应及其抗旱性综合评价[J]. 园艺学报，2012(4)：637-646.
CHEN W R，ZENG W W，LI Y X，*et al*. The physiological responds of highbush Blueberry to drought stress and the comprehensive evaluation on their drought resistance capacity[J]. Acta Horticulturae Sinica，2012(4)：637-646. (in Chinese)

[18] 杨亚州，王跃进，张剑侠，等. 中国葡萄属野生种抗旱基因的分子标记及遗传分析[J]. 园艺学报，2007(5)：1087-1092.
YANG Y Z，WANG Y J，ZHANG J X，*et al*. Molecular markers linked to drought resistance gene in Chinese wild *Vitis* species and their genetic analysis[J]. Acta Horticulturae Sinica，2007(5)：1087-1092. (in Chinese)

[19] 陈继峰，刘三军，孔庆山，等. 葡萄砧木的抗逆性试验[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2000(2)：16-17.
CHEN J F，LIU S J，KONG Q S，*et al*. Study of grape rootstock resistance to unsuitable conditions[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2000(2)：16-17. (in Chinese)

[20] KOUNDOURAS S，TSIALTAS I T，ZIOZIOU E，*et al*. Rootstock effects on the adaptive atrategies of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) under contrasting water status：leaf physiological and structural responses[J]. Agriculture Ecosystems Environment，2008，128：16-96.

[21] OZDEN M，VARDIN H，SIMSEK M，*et al*. Effects of rootstocks and irrigation levels on grape quality of *Vitis vinifera* L. cv Shiraz[J]. African Journal of Biotechnology，2010(25)：3801-3807.

[22] 陈绍莉，郭修武. 葡萄砧木的抗旱性鉴定与研究[J]. 中国果树，2009(1)：38-42.
CHEN S L，GUO X W. Evaluation of drought resistance of grape rootstocks[J]. China Fruits，2009(1)：38-42. (in Chinese)

[23] 王鹏，刘三军. 不同葡萄品种抗旱性、抗盐性及抗涝性比较[J]. 河南农业科学，2005(10)：76-79.
WANG P，LIU S J. Comparison of drought tolerance，salt tolerance，moisture tolerance in some varieties grape[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences，2005(10)：76-79. (in Chinese)