

研究报告 Original Papers

葡萄抗旱性鉴定及其遗传倾向分析

王勇, 李玉玲, 孙锋, 伍国红, 骆强伟*, 苏来曼·艾则孜, 郭平峰

新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所, 新疆鄯善838200

摘要: 在干旱胁迫下, 本文测定了葡萄3个杂交组合5个亲本和126个F₁代植株的主蔓生长量、叶片相对含水量和叶绿素含量及细胞质膜透性, 综合评价了亲本及F₁代的抗旱性, 并分析了F₁代抗旱性遗传倾向。结果表明, 亲本‘火州黑玉’为中抗型, ‘火州紫玉’、‘红宝石无核’和‘红地球’为低抗型, SP522为不抗型; 126株杂交后代中抗型单株6株, 低抗型单株117株, 不抗型单株3株; F₁代抗性呈现连续变异, 表现为数量遗传的特征, 亲本抗性强的组合获得抗旱杂交单株的几率大。

关键词: 葡萄; 抗旱性; 遗传倾向

Identification of Drought Resistance and Analysis of Genetic Tendency of Grape

WANG Yong, LI Yu-Ling, SUN Feng, WU Guo-Hong, LUO Qiang-Wei*, Sulaiman AIZEZI, GUO Ping-Feng

Research Institute of Grape and Melon of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Shanshan, Xinjiang 838200, China

Abstract: The study determined the degree of growth of the main vines, relative water content, chlorophyll content, and plasma membrane permeability in the leaves of the grape (*Vitis vinifera*) plants of 5 parents and 126 F₁ generations of 3 cross combinations, comprehensively evaluated their drought resistance, and analyzed the genetic tendency of the drought resistance of F₁ generation under drought stress. The results showed that grape ‘Huozhouheiyu’ was middle-resistance type; ‘Houzhouziyu’, ‘Ruby seedless’, and ‘Red globe’ were low-resistance type; SP522 was non-resistance type. There were 6 mid-resistance plants, 117 low-resistance plants, and 3 non-resistance plants in the 126 of F₁ generations. There was the characteristic of demonstrated continuous heteromorphosis of drought resistance and quantitative inheritance in F₁ generations, and there was more chance to get the plants of resistance drought in the cross combinations with high-resistance parents.

Key words: grape (*Vitis vinifera*); drought resistance; genetic tendency

葡萄是我国果树的主要树种, 与苹果、桃、梨、杏相比, 其叶片大, 蒸腾耗水多, 而且种植多半位于干旱、半干旱地区, 生产上容易受到干旱影响。解决干旱威胁的根本途径是培育抗旱性强的葡萄品种。但目前我国针对葡萄抗旱品种选育的相关研究较少(王跃进等2004; 杨亚洲等2007), 对抗旱遗传规律的认识不够, 在亲本的选择和选配上存在盲目性。该文以抗旱性强的新疆地方古老品种‘无核白’为对照, 通过主蔓生长量、叶片相对含水量、叶绿素含量及细胞质膜透性等4项指标, 结合隶属函数对3个杂交组合的5个亲本及126株F₁代杂交单株的抗旱性进行综合评价, 并分析3个杂交组合抗旱遗传倾向, 为今后葡萄抗旱育种目标的制定和优良亲本的选配提供参考依据。

材料与方法

1 材料与处理

试材为SP522、‘火州紫玉’、‘红宝石无核’、

‘红地球’、‘火州黑玉’等5个葡萄(*Vitis vinifera* L.)品种(系)及其3个杂交组合的126个杂交单株当年扦插培育的幼苗, 并以抗旱性较强‘无核白’作对照。其中SP522×‘火州紫玉’(编号为10-8) 52株, ‘红宝石无核’×‘火州黑玉’(编号为09-3) 50株, ‘红地球’×‘火州黑玉’(编号为09-10) 24株。组合以“杂交年份-当年杂交的第n个序号”的方式命名。

2014年2月份从地窖中取出沙藏的品种(系)及杂交后代的枝条, 并进行短截(每段保留3个芽眼), 经生根粉ABT溶液浸泡约6 h后, 扦插在温室育苗钵中育苗, 每钵系育苗约14株。5月上旬, 每份供试材料均选取大小、长势一致的幼苗9株, 按行距20 cm, 株距20 cm方式定植于小区中。试验设计3个小区, 每个小区3个重复, 每个小区四周用120 cm

收稿 2014-12-25 修定 2015-04-29

资助 现代农业产业技术体系建设专项基金(CARS-30-yz-5)。

* 通讯作者(E-mail: luoqwt@sohu.com; Tel: 0995-8388906)。

深防水膜与外隔离。通过精心水肥管理,于8月上旬进行控水。控水20 d后进行指标测定,每个品种(系)、株系及对照在每个小区的每项指标均取得3个数据,3个小区共获得9个数据,最终求其均值。

2 方法

2.1 指标测定方法

通过卷尺测量植株主蔓的生长量,试验在开始的前一天进行预试验,将该天数据定为0,后面的数据与该天数据的差值即为生长量(cm),数据以多株的平均值为准。叶片相对含水量(relative water content, RWC)和原生质体细胞膜相对透性(plasma membrane permeability, PMP)采用高俊凤(2006)的方法测定。叶绿素含量(chlorophyll content, CC)通过PAD叶绿素仪测定。

2.2 数据处理与分析方法

测定的数据采用Microsoft Excel 2003进行分析处理,并用隶属函数法综合各项指标,进行抗旱性评价(薛慧勤等1999)。按照平均隶属度(subordinative function, SF)分为4种抗旱类型:0~0.30为不抗;0.31~0.65为低抗;0.66~0.80为中抗;0.81~1.00为高抗。

变异系数=组合F₁代平均隶属度标准差/组合

F₁代隶属度的平均值×100;超亲率=平均隶属度高于较高亲本或低于较低亲本的F₁代株数/组合F₁代总株数×100;超低亲率=平均隶属度低于较低亲本的F₁代株数/组合F₁代总株数×100;超高亲率=平均隶属度高于较高亲本的F₁代株数/组合F₁代总株数×100;遗传传递力=组合F₁代隶属度的平均值/亲本隶属度平均值×100。

实验结果

1 葡萄亲本材料抗旱性分析

在自然干旱胁迫下,葡萄的植株生长会受到不同程度的抑制,其体内生理生化指标也会发生变化,这些变化差异可为鉴定葡萄品种(系)间的抗旱性提供依据。表1表明,5个亲本材料的生长量差异显著,新疆本地自育品种(系)‘火州黑玉’、‘火州紫玉’和SP522高于外引品种‘红宝石无核’和‘红地球’,其中‘火州黑玉’高于抗旱对照‘无核白’。叶片RWC差异不大,但均低于抗旱对照,‘火州黑玉’最高,‘红宝石无核’最低。叶片叶绿素含量差异较明显,其中‘红宝石无核’和‘火州黑玉’高于抗旱对照,SP522最低。叶片PWP差异也很明显,均高于抗旱对照,‘火州黑玉’最高,‘红地球’最低。

表1 干旱胁迫下葡萄亲本的抗旱性

Table 1 Drought resistance of grape parents under drought stress

品种(系)	种属	产地	主蔓生长量/cm	相对含水量/%	叶绿素含量(SPAD)	相对电导率/%	平均隶属度	抗旱类型
‘无核白’(对照)	欧亚种(地方老品种)	小亚细亚	167.70	71.84	42.18	36.74	0.88	高抗
SP522	欧亚种(‘里扎马特’×‘圣诞玫瑰’)	新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所	133.71	70.35	36.48	45.35	0.28	不抗
‘火州紫玉’	欧亚种(‘新葡1号’×‘红无籽露’)	新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所	150.08	70.01	39.51	45.71	0.37	低抗
‘红宝石无核’	欧亚种(‘Emperor’×‘Pirovano75’)	美国加州大学	108.17	69.66	44.09	44.38	0.40	低抗
‘红地球’	欧亚种(C12~80×S45~48)	美国加州大学	89.75	70.15	39.64	40.39	0.34	低抗
‘火州黑玉’	欧亚种(‘红地球’×‘火焰无核’)	新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所	191.90	71.75	43.21	50.34	0.71	中抗

综合4项指标进行抗旱性综合评价(表1),抗旱对照‘无核白’抗旱性均高于其它,属高抗类型;‘火州黑玉’次之,属中抗类型;‘火州紫玉’、‘红宝石无核’和‘红地球’抗性相似,属低抗类型;SP522抗性最弱,属不抗类型。这说明新疆古老品种及本地自育品种的抗旱性大部分高于外引品种,但并不是所有新疆本地品种(系)的抗旱性都强。

2 葡萄杂交F₁代抗旱性及组合遗传倾向分析

对3个杂交组合126个F₁杂交单株的4项指标

测定(表2~4)及抗旱性综合分析的结果(表5)表明,组合10-8的母本为不抗型,父本为低抗型, F₁代中全部表现为低抗型和不抗型,其中低抗型占绝大多数。组合09-3的母本为低抗型,父本为中抗型, F₁代中主要表现为低抗型和中抗型,其中低抗型占绝大多数。组合09-10的母本为低抗型,父本为中抗型, F₁代在不抗、低抗和中抗型上均有分布,其中中低抗型占多数。综上结果表明,126株杂交单株中,中抗类型单株有6株,低抗类型单株117株,不

表2 干旱胁迫下葡萄10-8杂交组合的抗旱指标

Table 2 Drought resistance indexes of grape 10-8 under drought stress

杂交株系	主蔓生长量/cm	相对含水量/%	叶绿素含量(SPAD)	相对电导率/%	平均隶属度	杂交株系	主蔓生长量/cm	相对含水量/%	叶绿素含量(SPAD)	相对电导率/%	平均隶属度
对照	167.70	71.84	42.18	36.74	0.88	10-8-27	106.17	72.48	41.38	44.75	0.58
10-8-1	76.33	68.11	39.85	55.42	0.35	10-8-28	75.67	71.01	43.00	48.26	0.50
10-8-2	77.17	72.02	40.53	45.88	0.52	10-8-29	213.33	68.23	42.95	46.13	0.62
10-8-3	72.00	69.15	41.80	46.79	0.46	10-8-30	121.50	73.04	43.53	41.48	0.66
10-8-4	172.67	76.12	36.10	44.60	0.68	10-8-31	83.67	71.51	39.68	46.56	0.50
10-8-5	29.67	68.57	45.73	33.68	0.56	10-8-32	66.83	75.63	38.15	51.27	0.51
10-8-6	67.67	70.28	35.83	48.25	0.41	10-8-33	97.83	77.24	36.05	46.58	0.60
10-8-7	70.17	69.43	36.75	46.19	0.42	10-8-34	115.67	71.60	42.85	45.28	0.59
10-8-8	73.83	68.32	49.35	44.59	0.54	10-8-35	74.67	70.85	41.80	47.25	0.49
10-8-9	106.50	70.83	39.85	42.12	0.56	10-8-36	137.17	71.30	34.83	47.29	0.51
10-8-10	79.83	72.34	35.93	43.14	0.51	10-8-37	151.83	69.81	38.80	40.38	0.60
10-8-11	60.00	67.65	41.55	51.57	0.37	10-8-38	109.33	67.38	39.78	51.42	0.41
10-8-12	92.50	67.85	42.18	44.76	0.48	10-8-39	78.50	70.25	35.85	57.19	0.34
10-8-13	92.17	72.00	42.33	44.89	0.56	10-8-40	115.33	73.33	32.73	50.39	0.47
10-8-14	130.67	70.56	37.93	43.05	0.56	10-8-41	74.33	73.06	38.65	49.33	0.49
10-8-15	134.17	72.74	36.08	43.31	0.58	10-8-42	78.00	68.57	43.43	46.43	0.48
10-8-16	178.50	71.90	40.90	35.02	0.74	10-8-43	103.00	70.87	42.25	49.68	0.51
10-8-17	48.33	65.18	42.93	40.54	0.43	10-8-44	81.17	70.99	44.63	60.03	0.41
10-8-18	86.67	73.04	49.75	44.13	0.66	10-8-45	99.00	69.79	45.58	44.64	0.56
10-8-19	71.17	70.13	38.70	42.64	0.49	10-8-46	106.00	70.52	47.30	50.08	0.55
10-8-20	73.50	70.14	46.43	46.40	0.53	10-8-47	118.33	69.03	41.93	43.86	0.54
10-8-21	46.00	73.46	41.83	48.31	0.50	10-8-48	95.00	69.70	43.75	49.97	0.49
10-8-22	87.17	69.13	40.43	47.01	0.46	10-8-49	41.00	69.60	41.08	47.79	0.42
10-8-23	80.67	68.49	44.65	42.46	0.53	10-8-50	57.67	72.62	42.40	49.25	0.50
10-8-24	68.83	68.21	44.48	43.02	0.50	10-8-51	36.67	71.59	42.23	49.02	0.45
10-8-25	87.33	69.45	37.73	46.77	0.45	10-8-52	22.67	73.19	37.65	57.19	0.35
10-8-26	20.00	65.30	47.33	49.55	0.36						

抗类型单株3株。

葡萄抗旱性是葡萄植株抵御环境水分胁迫的能力,探索葡萄抗旱性遗传规律有助于指导抗旱杂交育种中亲本的选配。表6表明,3个杂交组合中10-8组合 F_1 代4个指标的平均隶属度值高于双亲的亲中值,且有58%的超亲率,遗传传递力为121.33%,这说明该组合抗旱传递能力强,且具有抗性能力增强的倾向。09-3组合 F_1 代4个指标的平均隶属度值稍低于双亲的亲中值,偏向于母本,但呈现居中分布趋势,遗传传递力为90.45%,这说明该组合抗旱传递能力稍弱,且具有抗性能力趋中的倾向,同时还存在细胞质遗传(母性遗传)现象。09-10组合 F_1 代4个指标的平均隶属度值接近于双亲的亲中值,呈现抗性能力趋中的倾向,遗传传递力较强。就整体而言, F_1 代抗旱性呈现连续变异,这说明葡萄植株的抗旱性通过生理生化指标反应,

呈现出数量遗传的特征。从组合之间比较来看,亲中值高的09-3和09-10组合 F_1 代的整体抗旱性比亲中值低的10-8组合的强。这表明,强抗旱性亲本的组合获得抗旱杂交后代的几率大。

讨 论

作物的抗旱性主要分为耐旱和抗旱两部分(Levitt 1980),耐旱是指植物在受到干旱胁迫时能在低的组织水势和代谢活性下维持其一定程度的生长发育和忍耐脱水的能力。抗旱是指植物在干旱逆境下保持植株体内部组织高水势的能力。王跃进等(2004)认为葡萄的抗旱性应该从抗旱性和耐旱性两方面选择抗旱指标全面评价作物的抗旱性。张福锁(1993)认为RWC是植物抗旱能力的表现。李锦树等(1983)认为PWP是植物耐旱能力的表现。曹慧等(2003)认为叶绿素也是反映耐旱能

表3 干旱胁迫下葡萄09-3杂交组合的抗旱指标

Table 3 Drought resistance indexes of grape 09-3 under drought stress

杂交株系	主蔓生长量/cm	相对含水量/%	叶绿素含量(SPAD)	相对电导率/%	平均隶属度	杂交株系	主蔓生长量/cm	相对含水量/%	叶绿素含量(SPAD)	相对电导率/%	平均隶属度
对照	167.70	71.84	42.18	36.74	0.88	09-3-26	102.00	70.75	34.10	47.48	0.45
09-3-1	98.17	68.40	36.15	53.54	0.36	09-3-27	88.83	70.63	37.05	50.22	0.43
09-3-2	90.33	68.60	32.80	45.05	0.40	09-3-28	116.67	70.26	27.75	52.46	0.35
09-3-3	108.17	72.95	28.68	45.97	0.46	09-3-29	80.33	71.70	30.30	53.46	0.35
09-3-4	160.33	70.62	33.60	52.92	0.46	09-3-30	67.00	68.21	37.00	49.78	0.36
09-3-5	151.00	68.98	37.70	46.88	0.51	09-3-31	107.67	70.13	37.50	58.89	0.37
09-3-6	95.33	71.51	31.50	54.21	0.37	09-3-32	133.83	71.50	33.10	52.89	0.44
09-3-7	85.33	73.65	32.15	56.35	0.38	09-3-33	95.50	68.17	31.15	41.64	0.41
09-3-8	88.67	70.02	33.10	51.54	0.37	09-3-34	117.67	71.23	31.78	44.37	0.48
09-3-9	95.67	71.60	27.25	54.50	0.32	09-3-35	87.00	67.58	31.45	41.37	0.40
09-3-10	141.50	73.04	32.25	59.80	0.40	09-3-36	106.00	73.46	28.48	51.34	0.41
09-3-11	65.67	69.34	31.50	49.43	0.33	09-3-37	91.83	71.22	34.58	48.98	0.43
09-3-12	100.83	69.21	32.43	51.19	0.36	09-3-38	85.00	70.97	31.15	48.04	0.40
09-3-13	73.50	72.06	26.78	46.55	0.38	09-3-39	80.83	72.37	29.25	44.02	0.44
09-3-14	88.67	73.56	30.20	51.40	0.41	09-3-40	204.33	73.32	32.03	48.81	0.58
09-3-15	75.00	67.61	35.80	50.63	0.34	09-3-41	63.67	68.99	38.20	44.55	0.44
09-3-16	98.17	69.91	32.20	52.16	0.36	09-3-42	93.33	68.85	36.83	42.76	0.47
09-3-17	87.50	69.16	37.97	47.36	0.44	09-3-43	32.67	65.81	32.60	47.78	0.25
09-3-18	85.17	73.19	24.20	48.52	0.37	09-3-44	67.67	71.79	37.60	53.50	0.41
09-3-19	50.50	71.37	36.33	54.98	0.35	09-3-45	119.33	73.74	31.98	51.70	0.47
09-3-20	97.50	69.09	32.20	48.56	0.38	09-3-46	69.67	71.11	34.38	49.90	0.40
09-3-21	101.17	70.00	32.15	52.56	0.36	09-3-47	181.33	70.42	35.35	42.99	0.59
09-3-22	127.50	71.21	36.28	55.06	0.44	09-3-48	41.67	69.32	38.70	52.30	0.35
09-3-23	96.50	67.31	33.00	49.13	0.35	09-3-49	10.00	74.07	36.78	53.64	0.37
09-3-24	130.17	69.77	37.30	49.86	0.47	09-3-50	56.67	70.80	31.40	54.32	0.31
09-3-25	70.50	68.88	37.00	59.96	0.29						

表4 干旱胁迫下葡萄09-10杂交组合的抗旱指标

Table 4 Drought resistance indexes of grape 09-10 under drought stress

杂交株系	主蔓生长量/cm	相对含水量/%	叶绿素含量(SPAD)	相对电导率/%	平均隶属度	杂交株系	主蔓生长量/cm	相对含水量/%	叶绿素含量(SPAD)	相对电导率/%	平均隶属度
对照	167.70	71.84	42.18	36.74	0.88	09-10-13	150.83	74.27	31.68	39.33	0.62
09-10-1	167.67	73.03	37.10	46.85	0.60	09-10-14	176.83	74.75	35.28	49.17	0.61
09-10-2	147.83	73.20	37.78	49.97	0.56	09-10-15	107.33	73.33	33.65	60.46	0.38
09-10-3	100.83	70.52	37.93	50.22	0.45	09-10-16	193.17	72.67	35.90	42.66	0.65
09-10-4	188.17	73.63	32.43	46.91	0.59	09-10-17	140.00	71.39	33.63	46.63	0.51
09-10-5	173.00	72.23	35.90	49.82	0.55	09-10-18	147.17	74.30	34.15	44.97	0.59
09-10-6	138.17	70.51	35.93	49.89	0.48	09-10-19	117.67	70.89	35.48	43.86	0.51
09-10-7	92.67	69.11	29.25	39.05	0.44	09-10-20	179.33	73.66	35.13	50.13	0.58
09-10-8	166.33	74.73	34.08	48.98	0.58	09-10-21	96.67	69.84	38.70	45.90	0.48
09-10-9	226.83	74.99	34.88	49.49	0.66	09-10-22	38.67	69.31	39.80	40.44	0.47
09-10-10	187.83	70.49	35.13	43.01	0.59	09-10-23	78.33	72.20	35.45	50.78	0.43
09-10-11	129.50	64.49	32.63	55.29	0.27	09-10-24	151.33	71.77	37.30	45.70	0.57
09-10-12	189.50	72.81	35.63	41.25	0.66						

表5 干旱胁迫下葡萄杂交F₁的抗旱性Table 5 Drought resistance of grape hybrid F₁ under drought stress

杂交组合	亲本抗旱性类型		F ₁ 代抗旱类型分布/株			
	母本	父本	高抗	中抗	低抗	不抗
10-8	不抗	低抗	0	0	48	2
09-3	低抗	中抗	0	4	48	0
09-10	低抗	中抗	0	2	21	1

力的一项重要指标。王跃进等(2004)用叶片黄化程度、RWC和PWP 3项指标对中国葡萄属野生种及其种间F₁代抗旱性进行了评价。作者认为生长量也是耐旱能力的表现。在他们研究的基础上,本文以主蔓生长量、叶片相对含水量、叶绿素含量及细胞质膜透性等4项指标进行了葡萄抗旱性鉴定。

表6 葡萄杂交组合抗旱性遗传倾向

Table 6 Genetic tendency of drought resistance of grape hybrid combinations

杂交组合	平均隶属度				超亲率/%				遗传传递力/%
	母本	父本	亲中值	子代均值	极值	变异系数/%	超低亲	超高亲	
10-8	0.28	0.37	0.33	0.40±0.07	0.25~0.59	16.17	2.00	58.00	121.33
09-3	0.40	0.71	0.56	0.51±0.09	0.34~0.74	17.04	9.62	1.92	90.45
09-10	0.34	0.71	0.53	0.53±0.10	0.27~0.66	17.87	4.17	0	100.86

葡萄杂交育种的周期较长,而且后代中杂合体较多,优良性状分离幅度大,目标性状获得的几率较小,所以葡萄杂交育种是一项费时、耗人力和财力的工作(罗国光等1989)。目前,葡萄抗旱性研究较多(许宏2004;潘学军等2010;张同心等2011;王勇等2014;杨亚洲2003),而有关葡萄抗旱性遗传规律研究较少(王跃进等2004;杨亚洲等2007)。王跃进等(2004)和杨亚洲等(2007)认为葡萄抗旱性属于多基因控制的数量性状。本研究也证实了这点,3个杂交组合抗旱遗传倾向结果表明,杂交葡萄抗旱性表现连续变异。而且杂交后代的抗性与亲本的抗旱紧密相关。5个亲本品种(系)抗旱性整体都不是很强,后代中未出现高抗株系。在今后的抗旱杂交育种组合选配时,应选择抗旱性强品质优良的品种作亲本。

参考文献

曹慧, 韩振海, 许雪峰(2003). 水分胁迫条件下苹果属植物叶片叶绿素降解的膜脂过氧化损伤作用. 中国农业科学, 36 (10): 1191~1195

李锦树, 王洪春, 王文英, 朱亚芳(1983). 干旱对玉米细胞膜透性及膜脂的影响. 植物生理学报, 9 (3): 223~229

罗国光, 文丽珠(1989). 李耶波译. 葡萄的遗传和育种——第二届国际葡萄育种会议论文选译. 北京: 农业出版社, 28~32

高俊凤(2006). 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 15~16, 208~209

潘学军, 张文娥, 杨秀永, 李顺雨(2010). 贵州喀斯特山区野生葡萄实生苗抗旱机理研究. 西北植物学报, 30 (5): 955~961

王勇, 李玉玲, 骆强伟, 孙锋, 伍国红, 苏来曼·艾则孜(2014). 6个葡萄品种(系)抗旱性比较研究. 中国农学通报, 30 (19): 219~222

王跃进, 杨亚洲, 张剑侠, 潘学军, 万怡震(2004). 中国葡萄属野生种及其种间F₁代抗旱性鉴定初探. 园艺学报, 31 (6): 711~714

许宏(2004). 葡萄砧木和栽培品种抗旱性研究[硕士论文]. 泰安: 山东农业大学

薛慧勤, 孙兰珍, 甘信民(1999). 花生品种抗旱性综合评价及其抗旱机理的数量分析. 干旱地区农业研究, 17 (1): 83~87

杨亚洲(2003). 中国葡萄属野生种抗旱性鉴定与抗旱基因的RAPD标记[硕士论文]. 杨凌: 西北农林科技大学

杨亚洲, 王跃进, 张剑侠, 张朝红(2007). 中国葡萄属野生种抗旱基因分子标记及遗传分析. 园艺学报, 34 (5): 1087~1092

张福锁(1993). 环境胁迫与植物育种. 北京: 农业出版社, 33~137

张同心, 郑金土, 陈国海, 徐永江(2011). 葡萄对水分胁迫的响应及抗旱性评价. 浙江农业科学, (5): 1025~1028

Levitt J (1980). Responses of Plant to Environmental Stress. Water, Radiation, Salt and Other Stresses. New York: Academic Press, 607