

高效能源作物绿玉树的抗旱性及其无性系、个体间差异研究

何觉民,黄顺虹,何 仪,莫俊杰,周鸿凯

(广东海洋大学 农业生物技术研究所 广东 湛江 524088)

摘要: 为了解绿玉树的抗旱性,揭示绿玉树无性系间、个体间的抗旱性差异,选择选育抗旱无性系,对海大3[#]等7个绿玉树无性系的抗旱性进行了研究。结果表明,绿玉树有非常强的抗旱性。无性系间萎蔫系数在0.9%~2.6%之间,以沙漠绿抗旱性最强,其凋萎系数为0.9%,其次是海大5[#]和海大3[#],其凋萎系数为1.5%,而笔杆绿则抗旱性最弱,为2.58%;单株间萎蔫系数为0.3%~4.43%,以海大3^{#-7}最强,其凋萎系数为0.3%,其次为上海绿-2,其凋萎系数为0.4%。供试绿玉树的抗旱性不仅在无性系间具有很大差异,而且在同一无性系不同个体间也存在很大差异。

关键词: 高效能源植物;绿玉树;抗旱性;差异

中图分类号:S793.9 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2011)03-0219-05

The Drought Resistance and Its Differences between the Clones and the Individuals of Efficient Energy Crop *Euphorbia tirucalli*

HE Jue-min, HUANG Shun-hong, HE Yi, MO Jun-jie, ZHOU Hong-kai

(Institute of Agricultural Bio-technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: In order to understand the drought resistance of *Euphorbia tirucalli* and reveal its differences between the clones and the individuals, so as to selecting and breeding drought resistance *Euphorbia tirucalli* clones, the drought resistance of 7 clones of *Euphorbia tirucalli* were studied. The results showed that the clones of the *Euphorbia tirucalli* had very strong drought resistance. The wilting points of the clones were between 0.9%~2.6%. Shamolv was the most drought resistant line, its wilting point was 0.9%, followed by Haida 5[#] and Haida 3[#], the wilting coefficient was 1.5%, while the Biganlv was the worst drought resistance line, its wilting point was 2.58%; The wilting points of the individuals were between 0.3%~4.43%. Haida 3^{#-7} was the most drought resistant individual, the wilting coefficient was 0.3%, followed by the Shanghai-2, the wilting coefficient was 0.4%. There is large difference in drought resistant between the tested *Euphorbia tirucalli* clones and the individuals of the clones.

Key words: Efficient energy plant; *Euphorbia tirucalli*; Drought resistance; Differences

Maugh T H^[1]认为绿玉树的乳汁中含有碳氢化合物,与石油的成分类似。Nielson P E等^[2]研究了包括绿玉树在内的13种植物的化学成分,发现甾醇占绿玉树乳汁干质量的50%。David等^[3]的研究表明,绿玉树茎枝富含乳汁,鲜乳汁中含有丰富的烯、萜、醇、异大戟二烯醇($C_{30}H_{50}O$)、天然橡胶、三十一(碳)烷和三十一烷醇等十二种烃类物质,其成分接近石油成分,不含硫,可以与其他物质混合成原油,作为燃料油替代石油,且有毒、有害气体释放量低,而被称之为“绿色”石油树,其中甾醇三帖类(Sterol

triterpenes)含高能,碳氧比为10:1,在含能上接近或超过汽油,因此与同属植物续随子被选定为生物燃料油林造林树种。1982年美国研究人员已获得了从富含乳汁的大戟科、萝藦科、菊科等植物中回收碳氢化合物的专利^[4]。1987年,Taylor S E和Calvin M讨论了植物中碳氢化合物的合成和利用,认为类异戊二烯和链烷等可以作为特殊的油料、燃料、杀虫剂、植物生长调节物质和制药原料^[5]。蒋丽娟^[4]采用GC-MS法分析绿玉树乳汁的化学成分,发现海南绿玉树和云南绿玉树的主要成分是环绿玉树烯醇,

收稿日期:2011-02-03

基金项目:广东省农业攻关项目(2009B020303009);广东海洋大学自然科学基金项目(C09255)

作者简介:何觉民(1952-),男,湖南新化人,教授,硕士,主要从事生物能源研究。

其含量分别为 73.93% 和 67.13%^[4]。李昌珠等研究认为,绿玉树每公顷每年可生产原油 9 060 kg,是具有巨大开发潜能的燃料油植物^[6]。2005 年李凌等对海南绿玉树、西双版纳绿玉树以及荷兰绿玉树的乳汁成分进行了动态跟踪分析。发现在春季,二种来源的绿玉树乳汁中均含有丰富的烷烃、烯烃的碳氢化合物,西双版纳绿玉树乳汁中,甾醇的总相对含量为 10.91%,烷烃和烯烃的总相对含量为 14.57%;海南幼年绿玉树乳汁中甾醇的含量为 17.40%,烷烃和烯烃的相对含量为 5.01%,而在夏季,海南绿玉树乳汁中 9~44 个碳原子的链烷的总相对含量为 8.55%,羊毛甾醇为 62.76%,此外,还含有 14.32% 的酯类和 6.07% 硫。荷兰绿玉树乳汁中含 18~32 个碳原子的链烷的总相对含量为 2.91%,羊毛甾醇相对含量为 72.61%,还有 11.42% 的酯类和 6.02% 的硫,认为绿玉树乳汁中含 9~36 个碳原子的一系列的链烷、正链烷和烯烃等,碳原子的数目与石油组分十分接近,因此绿玉树引入我国后,其有价值的碳氢化合物等成分没有大的变化^[7-8]。

绿玉树被认为是非常抗旱的植物。20 世纪 80 年代初,肯尼亚为了调整干旱地区农业结构,防止水土流失,在比利时政府的技术与经济援助下,进行了干旱地区重要能源植物的研究与开发,筛选出干旱与半干旱地区最适合的能源植物——绿玉树,对其进行了种植模式、土质结构与轮伐期、产品的投资估算等研究。绿玉树既是重要的燃料油树种,同时又是环保资源,适应性强,在干旱、林下均能生长,是绿化荒山、防治水土流失、护堤固坡的好树种^[4]。然而绿玉树的抗旱性究竟达到何种水平却不得而知。本试验对绿玉树抗旱性进行了研究。

1 材料和方法

供试绿玉树无性系共 7 个, 分别是沙漠绿 2 株、海大 2[#] 10 株、海大 3[#] 10 株、上海绿 9 株、海大 4[#] 7

株、笔杆绿 5 株、海大 5[#] 9 株。沙漠绿、上海绿、笔杆绿分别由广东海洋大学农业生物技术研究所有生物能源研究室引自海南、上海绿植物园、中国科学院昆明植物研究所,海大 2[#]、海大 3[#]、海大 4[#]、海大 5[#]均为广东海洋大学农业生物技术研究所有生物能源研究室在华南各地收集的野生无性系。

试验在广东海洋大学农业生物技术研究温室进行。盆栽 2008 年 7 月 1 日扦插,每盆插 1 株,各无性系株数见表 1。扦插后至 7 月 15 日,视墒情决定是否浇水,7 月 15 日浇最后一次水。以后每隔 1 d 观察一次,当发现绿枝条开始植株萎蔫时,则用 WET sensor 便携式土壤水分/盐分/温度计测定仪测定土壤含水量,每盆测 3 点,以三角形取样法确定 3 个测定计插入口,取平均数,以某个体开始萎蔫的土壤含水量平均值作为该个体凋萎系数。

所获数据用 DPS6.55 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同绿玉树无性系的抗旱性

各无性系各个体的平均凋萎系数见表 1。由表 1 可以看出,各无性系的凋萎系数为 0.9% ~ 2.6% (vol,下同),沙漠绿的凋萎系数最低,达 0.9%,其次为海大 5[#]和海大 3[#],为 1.5%。抗旱性最差的无性系是笔杆绿,凋萎系数为 2.6%。对各无性系各个体凋萎系数测定值按完全随机试验结果进行统计分析,结果为:无性系间凋萎系数差异达显著水平。由表 1 还可以看出,沙漠绿和笔杆绿间抗旱性差异达显著水平,其他无性系间抗旱性不存在显著差异。

2.2 同一绿玉树无性系不同个体的抗旱性差异

2.2.1 笔杆绿个体抗旱性差异 笔杆绿各个体凋萎系数见表2。由表2可以看出,各个体的平均凋萎系数为1.57%~4.43% 2号株的凋萎系数最低,为1.57%,其次为4号,为1.80%。抗旱性最差的个体是1号,凋萎系数高达4.43%。由表2还可以看出,无性系笔杆绿各植株间抗旱性没有显著差异。

表 1 各无性系各个体的平均凋萎系数

Tab.1 The average wilting points of each individuals of the clones

[illegible]

表 2 笔杆绿各个体凋萎系数
Tab.2 The wilting point of individuals in line Biganlu

株号 Plant No.	凋萎系数 Wilting point			平均 Average
1	3.9	4.7	4.7	4.4Aa
2	1.9	0.7	2.1	1.6Aa
3	2.5	2.2	1.4	2.0Aa
4	2.6	2.7	0.1	1.8Aa
5	3.7	3.1	2.5	3.1Aa

2.2.2 海大 2[#]各个体的抗旱性差异 海大 2[#]各个体凋萎系数见表 3。由表 3 看出,各植株的抗旱性以 2 号最强,凋萎系数低达 0.5%,其次为 4 号和 10 号,均为 1.0%,抗旱性最差的是 3 号,凋萎系数为 3.2%。由表 4 还可以看出,在 5% 显著水平上 2 号植株的抗旱性高于 3、7 号植株,而与 10、4、1、6、8、9、5 号植株之间无差异;而在 1% 水平上,所有植株之间的抗旱性无差异。

表 3 海大 2[#]各个体凋萎系数
Tab.3 The wilting points of the individuals in Haida2[#]

株号 Plant No.	凋萎系数 Wilting point			平均 Average
1	2.2	0.7	0.7	1.2Aab
2	0.7	0.3	0.5	0.5Ab
3	2.1	3.6	3.9	3.2Aa
4	1.1	0.6	1.2	1.0Aab
5	2.0	3.1	2.7	2.6Aab
6	3.1	2.5	1.3	2.3Aab
7	2.2	3.6	3.2	3.0Aa
8	1.6	1.9	3.6	2.4Aab
9	2.5	2.8	2.1	2.5Aab
10	1.1	0.0	2.0	1.0Aab

2.2.3 上海绿各个体的抗旱性差异 上海绿各个体凋萎系数见表 4。由表 4 看出,各植株的抗旱性,以 2 号最强,其凋萎系数低达 0.4%,其次为 9 号,其凋萎系数为 0.9%,抗旱性最差的个体是 6 号,其凋萎系数为 3.1%。对个体间抗旱性进行方差分析的结果可知,个体间差异达极显著水平。由表 4 还可以看出:在 5% 显著水平上,2、9、3 号单株抗旱性强于 6 号单株,而其他单株间抗旱性不存在差异;而在 1% 显著水平上,则只有 2 号单株的抗旱性高于 6 号单株,而其他单株间的抗旱性不存在差异。

表 4 上海绿各个体凋萎系数
Tab.4 The wilting points of individuals in line Shanghaiu

株号 Plant No.	凋萎系数 Wilting point			平均 Average
1	1.9	2.7	1.7	2.1ABab
2	0.1	0.4	0.8	0.4Bc
3	0.8	1.2	0.9	1.0BCbc
4	2.8	1.8	2.1	2.2ABab
5	1.0	2.6	2.8	2.1ABab
6	3.2	3.2	2.9	3.1Aa
7	1.9	1.4	1.0	1.4ABabc
8	1.9	1.2	2.3	1.8ABabc
9	0.5	2.0	0.3	0.9ABbc

2.2.5 海大 3[#]个体间抗旱性差异 海大 3[#]各个体凋萎系数见表 6。各植株的抗旱性以 7 号最强,其凋萎系数为 0.3%,其次为 6 号,其凋萎系数为 0.5%,抗旱性最差的个体是 3 号,其凋萎系数为 3.4%。对个体间抗旱性进行差异显著性测验,结果为个体间差异达极显著水平。由表 6 还可以看出:在 5% 显著水平上,7 号个体的抗旱性高于 8、4、2、3 号个体,6、9 号个体的抗旱性高于 3 号个体,其他个

体间不存在差异;而在 1% 显著水平上,7、6、9 号个体,而其他个体间的抗旱性则不存在差异。体的抗旱性高于 3 号个体,7 号个体的抗旱性高于 2

表 5 海大 4[#] 各个体凋萎系数

Tab. 5 The wilting points of individuals in line Haida4[#]

株号 Plant No.	凋萎系数 Wilting point			平均 Average
1	1.6	0.4	1.9	1.3 Aa
2	2.0	2.7	1.6	2.1 Aa
3	1.8	2.0	1.2	1.7 Aa
4	0.6	4.2	1.9	2.2 Aa
5	1.5	0.4	2.1	1.3 Aa
6	2.1	0.9	1.1	1.4 Aa
7	1.5	0.8	1.6	1.3 Aa

表 6 海大 3[#] 各个体凋萎系数

Tab. 6 The wilting points of individuals in line Haida3[#]

株号 Plant No.	凋萎系数 Wilting point			平均 Average
1	0.8	1.1	3.1	1.7 ABCabc
2	1.4	2.7	2.8	2.3 ABab
3	3.6	3.5	3.1	3.4 Aa
4	1.7	2.5	2.0	2.1 ABCab
5	1.0	0.6	1.5	1.0 ABCabc
6	0.2	0.6	0.7	0.5 BCbc
7	0.0	0.5	0.3	0.3 Cc
8	2.0	1.8	1.9	1.9 ABCab
9	0.5	0.4	0.9	0.6 BCbc
10	0.2	2.2	1.7	1.4 ABCabc

2.2.6 海大 5[#] 各个体的抗旱性差异 海大 5[#] 各个体凋萎系数见表 7。各植株的抗旱性差异,以 6 号最强,其凋萎系数为 0.4%,其次为 4 号,其凋萎系数为 0.9%,抗旱性最差的个体是 3 号,其凋萎系数为 2.9%。对个体间抗旱性进行差异显著性测验,结果为:个体间抗旱性差异达极显著水平。由表 7 还可以看出,在 5% 显著水平上,6 号个体的抗旱性

高于 5、8 号个体,其他个体间不存在差异;而在 1% 显著水平上,7、6、9 号个体的抗旱性高于 3 号个体,6 号个体的抗旱性高于 8 号个体,而其他个体间的抗旱性则无显著差异。

2.2.7 沙漠绿株间抗旱性差异 经测定沙漠绿株间抗旱性差异不显著。

表 7 海大 5[#] 各个体凋萎系数

Tab. 7 The wilting points of individuals in line Haida5[#]

株号 Plant	凋萎系数 Wilting point			平均 Average
1	1.5	1.7	0.2	1.1 A
2	2.9	2.8	0.9	2.2 ABab
3	1.4	0.8	0.9	1.0 ABab
4	0.4	1.1	1.2	0.9 ABab
5	2.6	2.0	2.9	2.5 ABa
6	0.4	0.7	0.1	0.4 Bb
7	1.4	1.6	0.4	1.1 ABab
8	3.1	3.5	2.1	2.9 ABa
9	0.9	0.8	1.8	1.2 ABab

3 结论与讨论

本试验结果表明,绿玉树各无性系均有非常强的抗旱性,就无性系而言,沙漠绿抗旱性最强,其凋萎系数为 0.9%,其次是海大 5[#] 和海大 3[#],其凋萎系数为 1.5%,而笔杆绿则抗旱性最弱,为 2.58%,就

单株而言,以海大 3[#]-7 最强,其凋萎系数为 0.3%,其次为上海绿-2,其凋萎系数为 0.4%,抗旱性排在第三位的是海大 2[#]-2,其凋萎系数为 0.5%,抗旱性最差的个体是笔杆绿-1,其凋萎系数为 4.4%。

张继义等^[9] 的野外实地测定结果表明:科尔沁沙地几种乔灌木树种山杏(*Prunus sibirica* L.)、小叶

锦鸡儿(*Caragana microphylla* Lam.)、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron* Turcz. ex Bess.)、黄柳(*Salix gordejvii* Chang et Skv.)、白榆(*Ulmus pumila* L.)、小叶杨(*Populus pseudosimonii* Kitag.) 的最低临界土壤含水量分别是 0.82%、0.87%、1.61%、1.89%、2.04%、2.27%。王志会等^[10]的研究结果表明,内蒙赤峰、内蒙杭锦旗、山西武寨和宁夏盐池 4 种源的柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*) 的凋萎系数依次为 1.6%、1.8%、1.8%、1.9%。夏江林等^[11]对湖南南岳树木园内引种的鹅掌楸(*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.)、桂南木莲(*Manglietia chingii* Dandy) 等 36 个稀有树种分别进行了耐干旱性研究。结果表明,在全自然光照条件下,各树种的暂时凋萎系数为 4.97% ~ 11.05%,凋萎系数为 1.85% ~ 5.87%。抗旱性很强的科尔沁沙地树种山杏和小叶锦鸡儿的最低临界土壤含水量分别是 0.82% 和 0.87%。本试验的结果显示,绿玉树海大 3^{#-7} 和上海绿-2 的凋萎系数分别为 0.3% 和 0.4%,其抗旱性强于科尔沁沙地最抗旱的树种山杏和小叶锦鸡儿。可见一些绿玉树个体具有极强的抗旱性。

由于绿玉树是热带植物,对低温敏感,现有品种只能在我国海南、广东湛江和云南西双版纳等少数热带地区栽培。而这些地区冬季为旱季,常有严重冬旱。因为绿玉树具有极强的耐旱性,足以抵御华南南部的冬旱。这就是绿玉树在华南野外旱季能正常生长的原因。

供试绿玉树的抗旱性,不仅在无性系间具有很大差异,而且在同一无性系不同个体间也存在很大差异。而一般认为,由于绿玉树在原产地以外为无性繁殖植物,遗传多样性很少,无性系间,尤其是无性系内个体间的差异应该很小。这样,本研究的结果似乎不好解释。然而,根据笔的调查,目前在华南沿海发现的老龄绿玉树都分布在海边,由于绿玉树是非常奇特的药用植物,因此有可能被船员由原产地带到船上,船返回以后,船员便把它们插在岸边。

由于商船由绿玉树原产地至海南岛之间的往返是重复进行的,因此绿玉树枝条也有可能被重复带至并被扦插。由于原产地的无性系具有多样性,因此华南沿海的绿玉树也就具备多样性。

参考文献:

- [1] Maugh T H, II. Perhaps we can grow gasoline [J]. Science, 1976, 194: 46.
- [2] Nielson P E, Nishimura H, Otvos J W et al. Plant crops as a source of fuel and hydrocarbon-like materials [J]. Science, 1977, 198: 924 - 944.
- [3] David D, Biesboer, Paul G. Mahlberg. Sterol synthesis and identification in cultures of *Euphorbia tirucalli* L [J]. Plant Cell Cultures: Results and Perspectives, 1980, 351 - 357.
- [4] 蒋丽娟. 引进植物绿玉树(*Euphorbia tirucalli* L.) 的繁殖技术及提高抗寒性的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学 2002.
- [5] Taylor S E, Calvin M. Hydrocarbons from plants: biosynthesis and utilization [J]. Comments on Agriculture and Food Chemistry, 1987, 1(1): 1 - 26.
- [6] 吴创之, 马隆龙. 生物质能现代化利用技术[M]. 北京: 化学工业出版社 2003.
- [7] 李 凌. 绿玉树春季乳汁的碳氢化合物及甾醇的 GC-MS 分析[J]. 林业科学, 2007, 43(3): 90 - 95.
- [8] 李 凌, 李 政, 黄静洁. 2 种来源绿玉树夏季乳汁中碳氢化合物和甾醇的气相色谱-质谱分析[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2007, 29(2): 102 - 05.
- [9] 张继义, 付 丹, 魏珍珍, 等. 科尔沁沙地几种乔灌木树种耐受极端土壤水分条件与生存能力野外实地测定[J]. 生态学报, 467 - 474.
- [10] 王志会, 夏新莉, 尹伟伦. 不同种源的柠条锦鸡儿的生理特性与抗旱性[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(9): 27 - 32.
- [11] 夏江林, 彭珍宝, 范水平, 等. 36 个稀有树种的耐性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(3): 45 - 72.