

张俊,刘娟,汤丰收,等.不同花生品种抗旱生理特性的差异[J].江苏农业科学,2015,43(12):114-117.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.034

不同花生品种抗旱生理特性的差异

张俊,刘娟,汤丰收,臧秀旺,张忠信,苗利娟,徐静

(河南省农业科学院经济作物研究所/农业部黄淮海油料作物重点实验室/河南省油料作物遗传改良重点实验室/
花生遗传改良国家地方联合工程实验室,河南郑州 450002)

摘要:以远杂 9307、远杂 9102、豫花 9936、远杂 0005、豫花 9803 5 个花生品种为材料,在人工干旱和正常条件下研究 5 个花生品种的生理特性差异。结果表明,远杂 9307 抗旱系数最高,豫花 9936、豫花 9803 次之,远杂 0005、远杂 9102 抗旱系数较低。在干旱条件下,远杂 9307 叶片内脯氨酸、可溶性蛋白、可溶性糖含量均最高,MDA 含量最低;远杂 9102 叶片内脯氨酸、可溶性蛋白、可溶性糖含量均最低,MDA 含量最高。综合评价,远杂 9307 抗旱性最好,豫花 9936、豫花 9803 抗旱性一般,远杂 0005、远杂 9102 抗旱性较差。

关键词:花生;品种;抗旱;生理特性

中图分类号: S565.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0114-03

中国是缺水较为严重的国家,全国约有 47% 的土地面积为干旱、半干旱地区,占总耕地面积的 51%^[1]。水资源不足且分配不均是我国的基本国情之一,因此用水缺乏已成为限制农业生产的重要因素^[2-3]。花生是世界上重要的油料和经济作物,也是食用植物油和蛋白质的重要来源之一。花生是我国的优势油料和经济作物,在国民经济和社会发展中占有重要地位,在增加农民收入和参与国际竞争中起重要作用^[1]。我国花生主要种植于干旱半干旱地区,干旱问题严重限制着我国花生生产水平的进一步提高,水资源缺乏严重影响植株生长发育,导致减产甚至死亡^[4],我国每年因此造成的损失不可估量。据统计全国约 20% 以上减产是由于干旱造成的。干旱除降低产量,还影响花生的品质、加剧了黄曲霉的污染。现阶段干旱已成为限制我国花生分布最广、危害最大的因素^[5]。

前人已从干旱胁迫对花生生长发育的影响方面做了较多研究,如生育初期轻度干旱能够刺激根系下扎,促进根系生长,有利于提高花生后期对干旱的抵抗能力,但随着干旱程度的增加,根系生长受到抑制^[6-8];除了形态方面的研究之外,还开展了生理特性等相关研究。李玲等研究认为,植物激素与花生的抗旱性相关,植物体内脱落酸含量增加,有利于花生抵御干旱^[9];其他生理特性和抗旱性的研究,主要集中在抗氧化酶的活性和渗透调节方面,许多研究表明,花生的抗旱性与干旱胁迫下体内抗氧化酶的活性、渗透调节物质的含量呈显著正相关^[10]。

实践证明,选用抗旱品种、实现良种良法配套,是提高干

旱条件下作物产量的重要途径之一。作物抗旱性是一种受多种因素影响的复杂生物学性状,对作物进行抗旱鉴定并从中筛选出抗旱品种是改良作物抗旱性的基础^[11]。因此,研究不同花生品种抗旱生理特性十分重要。目前,花生抗旱材料还比较短缺,远远不能满足抗旱育种工作的要求,及时对现有品种进行抗旱筛选是十分必要的。本研究选择 5 个典型花生品种,以人工模拟干旱鉴定试验为基础,通过测定不同时期抗氧化酶、渗透调节物质以及产量等抗旱生理相关指标,探讨了干旱对花生抗旱指标值及产量的影响,旨在明确不同花生品种对干旱胁迫的敏感性和响应差异,筛选抗旱品种,为品种改良、良种良法配套、提高旱地花生的产量水平提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试花生品种为远杂 9307、远杂 9102、豫花 9936、远杂 0005、豫花 9803,由河南省农业科学院提供。

1.2 试验设计

试验在河南省农业科学院原阳基地进行,干旱处理设置于全自动防雨干旱棚内,干旱棚内设有种植池,规格为长 1.7 m、宽 3.3 m、深 1.8 m。土壤类型为沙壤土,中等肥力水平,前茬花生,冬季深耕翻土。干旱棚上设有防雨棚,由电脑控制,下雨时会自动控制防雨棚将旱池盖住,以防降雨对试验的影响。干旱处理出苗后全生育期不浇水,其他正常田间管理。同时设计正常水分作为对照,全生育期保持正常水分,种植池规格与旱池一致。

5 个花生品种每品种种植 2 行,行距 33 cm,穴距 17 cm,每穴 1 棵,3 次重复。于 5 月上旬足墒播种(保证各池含水量一致)。

1.3 样品采集

采集各时期的主茎倒 3 叶,取样后液氮速冻,于 -80 ℃超低温冰箱冷藏,用于测定相关指标。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 渗透调节物质的测定 可溶性糖含量的测定采用蒽

收稿日期:2014-12-05

基金项目:国家现代农业产业技术体系(编号:CARS-14);河南省现代农业产业技术体系(编号:S2012-5);国家科技支撑计划(编号:2014BAD11B04)。

作者简介:张俊(1984—),男,山东淄博人,硕士,助理研究员,从事花生高产栽培生理研究。E-mail:zhangjun0722@163.com。

通信作者:汤丰收,研究员,主要从事花生高产栽培生理研究及示范推广。E-mail:fshtang@126.com。

酮法^[12],可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝染色法^[13],脯氨酸含量的测定采用水合茚三酮法^[14]

1.4.2 丙二醛的测定 丙二醛(MDA)的含量测定采用硫代巴比妥酸法^[15]。

1.4.3 花生产量构成因素的测定 产量构成因素:收获后将不同处理荚果晾晒干,测定产量构成因素;性状相对值=干旱胁迫下测定值/正常水分下测定值;抗旱系数=水分胁迫下产量/正常供水产量。

2 结果与分析

2.1 干旱对不同花生品种产量构成的影响

从表 1 可以看出,远杂 9307 的饱果率相对值、单株结果

表 1 不同花生品种产量及其构成因素

| 品种 | 处理 | 饱果率 (%) | 饱果率相对值 | 单株结果数 (个) | 单株结果数相对值 | 荚果产量 (kg/hm ²) | 抗旱系数 | 抗旱评价 |
|---------|----|---------|--------|-----------|----------|----------------------------|------|------|
| 豫花 9803 | 干旱 | 65.64 | 0.80 | 9.33 | 0.76 | 2 321.1 | 0.54 | 中 |
| | 对照 | 82.27 | | 12.24 | | 4 286.3 | | |
| 豫花 9936 | 干旱 | 74.42 | 0.87 | 12.17 | 0.73 | 2 376.3 | 0.55 | 中 |
| | 对照 | 85.05 | | 16.67 | | 4 293.8 | | |
| 远杂 0005 | 干旱 | 60.60 | 0.73 | 9.13 | 0.69 | 1 485.8 | 0.41 | 弱 |
| | 对照 | 83.52 | | 13.15 | | 3 602.3 | | |
| 远杂 9102 | 干旱 | 63.53 | 0.75 | 8.03 | 0.57 | 1 433.3 | 0.40 | 弱 |
| | 对照 | 84.79 | | 14.20 | | 3 602.1 | | |
| 远杂 9307 | 干旱 | 76.22 | 0.87 | 12.27 | 0.77 | 2 564.4 | 0.65 | 强 |
| | 对照 | 87.58 | | 16.04 | | 3 952.9 | | |

2.2 干旱对不同花生品种可溶性蛋白含量的影响

叶片内的可溶性蛋白是体内各种活性酶类的总和,叶片可溶性蛋白含量变化可以反映植株抗旱性的生理指标之一^[16]。可溶性蛋白在一定范围内可调节干旱胁迫下的细胞渗透压,以保持细胞内外的渗透平衡,从而抵抗干旱胁迫带来的伤害^[17]。从表 2 可以看出,正常条件下,5 个花生品种叶片中的可溶性蛋白质含量从苗期至成熟期呈先升高后降低的变化趋势,花针期达到峰值,成熟期叶片中的可溶性蛋白质含量降到最低,干旱条件下变化趋势与正常条件下一致。在整个生育时期可溶性蛋白质含量较高的品种有远杂 0005、远杂 9307。不论在干旱条件下还是正常条件下,远杂 9307 叶片可溶性蛋白的含量均最高,远杂 9102、远杂 0005 叶片可溶性蛋白含量较低。

表 2 不同花生品种可溶性蛋白质含量比较

| 品种 | 处理 | 可溶性蛋白质 (mg/g) | | | |
|---------|----|---------------|------|------|------|
| | | 苗期 | 花针期 | 结荚期 | 成熟期 |
| 远杂 0005 | 干旱 | 3.25 | 6.49 | 4.78 | 3.58 |
| | 对照 | 3.21 | 4.86 | 3.24 | 2.71 |
| 豫花 9803 | 干旱 | 3.94 | 7.59 | 5.28 | 4.24 |
| | 对照 | 3.45 | 5.37 | 3.55 | 2.97 |
| 豫花 9936 | 干旱 | 4.02 | 7.53 | 5.40 | 4.11 |
| | 对照 | 3.32 | 5.36 | 3.43 | 2.81 |
| 远杂 9307 | 干旱 | 4.21 | 8.88 | 6.64 | 4.81 |
| | 对照 | 3.59 | 5.81 | 3.80 | 3.04 |
| 远杂 9102 | 干旱 | 3.58 | 6.92 | 4.51 | 3.46 |
| | 对照 | 3.27 | 4.98 | 3.25 | 2.72 |

2.3 干旱对不同花生品种丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的主要产物,过量的积累可

数相对值均最高,且干旱和正常情况下的实际值在供试品种中也最高。在模拟干旱条件下,远杂 9307、豫花 9936 产量较高,分别为 2 564.4 kg/hm² 和 2 376.3 kg/hm²;远杂 9102 产量最低,仅为 1 433.3 kg/hm²。干旱条件下,豫花 9936、远杂 9307 比远杂 9102 分别增产 78.92%、65.80%。正常生长条件下,豫花 9936 产量也最高,为 4 293.8 kg/hm²,远杂 9102 产量最低,仅为 3 602.1 kg/hm²。正常生长条件下,豫花 9936、远杂 9307 较远杂 9102 分别增产 19.20%、9.74%。远杂 9307 抗旱系数最大,为 0.61,属强抗旱品种,豫花 9936、豫花 9803 抗旱系数分别为 0.55、0.54,属中度抗旱品种。表明远杂 9307 抗旱性较好,豫花 9936、豫花 9803 次之,远杂 9102、远杂 0005 抗旱性较差。

使细胞质膜受损,从而诱发细胞代谢紊乱。从表 3 可以看出,随着生育期的推进,花生叶片丙二醛的含量逐渐上升,至成熟期叶片中丙二醛的含量达到最大值。不同处理分析,干旱较正常条件能加剧体内 MDA 的积累,不同品种在不同生育时期均表现为干旱条件下叶片 MDA 含量高于正常条件。品种间比较,远杂 9307 不论在干旱条件下还是正常条件下,叶片内 MDA 积累量均为最低;其次为豫花 9936、豫花 9803;远杂 0005、远杂 9102 叶片内 MDA 积累量较多。表明远杂 0005、远杂 9102 对干旱胁迫较敏感,豫花 9936、豫花 9803 居中,远杂 9307 耐旱性较强。

表 3 不同花生品种丙二醛含量比较

| 品种 | 处理 | 丙二醛含量(μmol/g) | | | |
|---------|----|---------------|-------|-------|-------|
| | | 苗期 | 花针期 | 结荚期 | 成熟期 |
| 远杂 0005 | 干旱 | 18.47 | 45.07 | 71.07 | 94.08 |
| | 对照 | 15.72 | 38.39 | 52.59 | 75.97 |
| 豫花 9803 | 干旱 | 16.48 | 40.08 | 65.93 | 91.27 |
| | 对照 | 14.94 | 35.51 | 51.87 | 74.48 |
| 豫花 9936 | 干旱 | 15.86 | 38.60 | 64.91 | 88.34 |
| | 对照 | 13.45 | 35.12 | 50.65 | 72.93 |
| 远杂 9307 | 干旱 | 12.92 | 37.26 | 61.48 | 83.05 |
| | 对照 | 11.30 | 34.49 | 47.97 | 71.28 |
| 远杂 9102 | 干旱 | 17.90 | 43.36 | 75.18 | 91.10 |
| | 对照 | 14.41 | 36.99 | 52.15 | 71.91 |

2.4 干旱对不同花生品种脯氨酸含量的影响

植物体内脯氨酸是一种重要渗透调节物质,其含量在一定程度上反映了植物的抗逆性,抗旱性强的品种往往积累较多的脯氨酸,以维持叶片一定水势。因此,脯氨酸含量可以作

为抗旱育种的生理指标。在逆境条件下,植物体内脯氨酸的含量明显增加。从表 4 可以看出,随着花生生育期的推进,花生叶片脯氨酸含量呈先上升后下降的变化趋势,在花针期含量达到最高,干旱、正常生长条件下趋势一致。干旱胁迫可使叶片脯氨酸含量增加,不同品种增加量有所不同,远杂 9307 正常生长条件下含量较高,在干旱生长条件下增幅最大,远杂 9102 在正常生长条件下含量最低,受干旱胁迫后增幅最小。说明远杂 9307 具有较强的脯氨酸积累能力,能有效进行渗透调节,抗旱性较强。

表 4 不同花生品种脯氨酸含量比较

| 品种 | 处理 | 脯氨酸含量(μg/g) | | | |
|---------|----|-------------|--------|--------|--------|
| | | 苗期 | 花针期 | 结荚期 | 成熟期 |
| 远杂 0005 | 干旱 | 55.52 | 156.65 | 144.03 | 102.11 |
| | 对照 | 46.53 | 107.67 | 110.36 | 78.61 |
| 豫花 9803 | 干旱 | 62.12 | 180.90 | 169.32 | 111.04 |
| | 对照 | 47.80 | 116.89 | 117.40 | 82.80 |
| 豫花 9936 | 干旱 | 68.72 | 202.90 | 169.21 | 118.99 |
| | 对照 | 45.82 | 134.93 | 120.44 | 79.84 |
| 远杂 9307 | 干旱 | 72.68 | 213.60 | 183.34 | 125.58 |
| | 对照 | 47.26 | 134.54 | 126.57 | 84.81 |
| 远杂 9102 | 干旱 | 54.67 | 154.85 | 133.18 | 94.50 |
| | 对照 | 45.28 | 106.10 | 107.35 | 72.86 |

2.5 干旱对不同花生品种可溶性糖含量的影响

可溶性糖是植物在干旱胁迫下进行渗透调节的重要物质之一。从表 5 可以看出,可溶性糖含量随生育进程的推进呈单峰曲线变化,在花针期达到峰值,不同处理表现一致。干旱胁迫下,可溶性糖含量显著增加,其中花针期、结荚期增加量最大。不同花生品种间比较,干旱胁迫下,远杂 9307 叶片内可溶性糖含量最高,其次为豫花 9936、豫花 9803,远杂 0005、远杂 9102 叶片内可溶性糖含量较低。表明在受干旱胁迫时,远杂 9307 表现出较高的渗透调节能力,因而具有较好的抗旱能力,远杂 0005、远杂 9102 的抗旱性较差。

表 5 不同花生品种可溶性糖含量比较

| 品种 | 处理 | 可溶性糖含量(mg/g) | | | |
|---------|----|--------------|-------|-------|-------|
| | | 苗期 | 花针期 | 结荚期 | 成熟期 |
| 远杂 0005 | 干旱 | 37.60 | 52.97 | 65.60 | 46.06 |
| | 对照 | 32.43 | 38.74 | 50.23 | 41.42 |
| 豫花 9803 | 干旱 | 40.15 | 60.13 | 72.22 | 50.13 |
| | 对照 | 33.60 | 40.23 | 51.99 | 43.47 |
| 豫花 9936 | 干旱 | 43.90 | 64.25 | 76.48 | 51.60 |
| | 对照 | 34.50 | 41.88 | 54.12 | 44.71 |
| 远杂 9307 | 干旱 | 47.28 | 68.41 | 83.76 | 55.26 |
| | 对照 | 35.65 | 44.67 | 56.14 | 46.86 |
| 远杂 9102 | 干旱 | 36.57 | 50.78 | 60.62 | 42.37 |
| | 对照 | 33.33 | 42.63 | 52.00 | 40.16 |

3 讨论与结论

干旱胁迫影响了细胞内外的渗透压,较高含量的渗透调节物质可降低渗透势和维持一定膨压,因此渗透调节被认为是植物适应逆境的主要生理机制之一。可溶性糖、可溶性蛋白和脯氨酸是最重要渗透调节物质,干旱胁迫下含量的增加,能降低渗透势,延缓叶片衰老,抵抗干旱造成的伤害^[9,18-19]。

前人利用不同方法,在不同条件下进行了干旱对花生生

长发育及产量影响的研究。姚君平等认为,早熟花生各时期受干旱胁迫,均能降低产量,其中结荚期干旱减产最为明显^[20]。邵媛媛等研究表明,干旱胁迫下花生质膜由于过氧化作用受到严重的损伤,干旱胁迫导致花生叶片功能下降,加快衰老进程,进而影响产量^[21]。张正斌等研究认为,植物器官衰老或在逆境下遭受伤害,往往发生膜脂过氧化作用,进而造成 MDA 的过度积累,因此 MDA 含量可以反映植物遭受逆境伤害的程度^[22]。

本研究中干旱胁迫对不同品种的产量均产生了较大影响。正常生长条件下,豫花 9803、豫花 9936 产量最高,远杂 9307 次之,表明这 3 个品种高产潜力较大;干旱胁迫下,远杂 9307 产量最高,抗旱系数最大,豫花 9803、豫花 9936 的产量、抗旱系数也较高,表明这 3 个品种在干旱条件下具有较好的稳产能力。干旱胁迫下远杂 9307 丙二醛含量最少,表明其膜系统受干旱胁迫伤害较低,抗旱能力较强。结合渗透调节物质分析,干旱胁迫后远杂 9307 叶片内可溶性蛋白、游离脯氨酸、可溶性糖含量均较高,说明干旱条件下,远杂 9307 能有较高含量的渗透调节物质,维持正常的渗透压,叶片功能较为正常,代谢功能较强,延长了叶片功能期,减少了 MDA 的积累,减缓衰老,降低了干旱胁迫对植株造成的伤害。远杂 9307 经济性状和生理生化特征均表现了良好的抗旱性,在适应性上有较强的优势。

不同花生品种在产量、生理特性上表现出不同的抗旱性,试验结果表明,花生产量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、游离脯氨酸含量与 MDA 含量,受干旱影响大,品种间差异明显,不同程度上反应了品种的抗旱能力,均可以作为抗旱鉴定的指标。

远杂 9307 无论处于干旱或是正常生长条件,各个生育时期,脯氨酸含量、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量均高于其他供试品种,结合产量构成等性状分析,远杂 9307 抗旱性较为突出,能够较好地适应干旱环境。豫花 9936、豫花 9803 抗旱性中等,远杂 0005、远杂 9102 抗旱性较弱。

参考文献:

[1] 蒲伟凤,纪展波,李桂兰,等. 作物抗旱性鉴定方法研究进展(综述)[J]. 河北科技师范学院学报,2011,25(2):34-39.

[2] 黄英. 我国水资源的可持续利用[J]. 西南民族大学学报:人文社科版,2004,25(6):106-108.

[3] 王国庆,金君良,鲍振鑫,等. 气候变化对华北粮食主产区水资源的影响及应对策略[J]. 中国生态农业学报,2014(8):898-903.

[4] 郭晓丽,时冉冉,王广才,等. 干旱胁迫对不同高粱品种生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(2):91-93.

[5] 姜慧芳,段乃雄. 花生抗旱机制的研究进展[J]. 中国油料,1997,19(3):73-76,81.

[6] 姚君平,罗瑶年,杨新道,等. 早、中熟花生不同生育阶段土壤水分亏缺对植株生育和产量的影响[J]. 花生科技,1985(2):1-8.

[7] 丁红,张智猛,戴良香,等. 干旱胁迫对花生根系生长发育和生理特性的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(6):1586-1592.

[8] 杨国枝,田明宝,郑芝荣,等. 花生茎节茸毛及其与抗旱性关系的研究[J]. 花生科技,1990(4):1-4.

[9] 李玲,潘瑞炽. CCC 提高花生幼苗抗旱性的研究[J]. 植物学报,1991,33(1):55-60.

陈建保,段伟伟. 马铃薯加工专用薯脱毒种薯的生产现状及改进措施——以乌兰察布地区夏波蒂原种(G_2)生产为例[J]. 江苏农业科学, 2015,43(12):117-119.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.035

马铃薯加工专用薯脱毒种薯的生产现状及改进措施 ——以乌兰察布地区夏波蒂原种(G_2)生产为例

陈建保,段伟伟

(内蒙古乌兰察布职业学院马铃薯工程系,内蒙古集宁 012000)

摘要:通过实地调查揭示马铃薯加工专用薯脱毒种薯主要生产区的生产现状,认为该生产区域存在种薯生产不严格、种薯生产企业门槛较低等现象。应加强该地区马铃薯加工专用薯脱毒种薯整个生产过程的监管力度,建立第三方检测监督机制,逐步形成从土地选择到种薯销售全过程的检验监督制度,提高种薯质量。

关键词:马铃薯;种薯生产;调查分析;改进措施

中图分类号: S532.09 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0117-03

内蒙古自治区乌兰察布市是我国最大的马铃薯脱毒种薯、商品薯生产和鲜薯加工基地^[1]。1976 年,经全国马铃薯专家的论证和多次实地考察,建立我国首个马铃薯原种场。该地区从 20 世纪 80 年代开始在马铃薯生产中推广应用马铃薯脱毒种薯^[2],至 2008 年马铃薯良种繁育已基本形成组培、脱毒快繁、温室扦插、网室栽培、原种繁育、一级种薯生产、二级种薯生产的完整体系^[3]。经过几年的努力,该地区马铃薯脱毒种薯利用率由不足 20% 发展至 50%,种薯质量和数量均有所提高^[3-4]。根据乌兰察布市对马铃薯产业的发展需求,建立符合该市实际生产情况马铃薯脱毒种薯繁育推广体系、脱毒种薯产业化经营体系,是乌兰察布市马铃薯产业健康快速发展的必然选择^[2]。了解该地区不同马铃薯种薯种植机构对马铃薯加工专用薯脱毒种薯的生产情况,笔者经几

年时间到田间、企业走访调查,并对调查资料进行整理。

1 调查方法、时间、内容、设计

1.1 调查方法与时间

通过企业访谈、实地考察、资料查询等方法进行调查。调查时间为 2011 年 4 月至 2014 年 12 月。

1.2 调查内容

以乌兰察布市不同马铃薯加工专用脱毒种薯夏波蒂原种(G_2)生产企业为调查对象,对其脱毒原种生产的企业条件、环境条件、生产中种薯质量控制等因素进行调查分析。

1.3 调查设计

1.3.1 调查企业划分 生产原种(G_2)超过 1 万 t/年的企业为大型种薯生产企业;生产原种(G_2)在 0.3 万~1 万 t/年的企业为中型种薯生产企业;生产原种(G_2)不足 0.3 万 t/年的企业为小型种薯生产企业。

1.3.2 植株田间去杂去劣、隔离空间设计标准 设计隔离空间时,应远离一级良种 G_3 、二级良种 G_4 、商品薯和其他品种,马铃薯脱毒种薯原种(G_2)生产隔离为 800 m 以上。

设计去杂去劣面积时,以 13.3 hm² 面积为 1 个单位,每

收稿日期:2015-05-14

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学技术研究项目(编号: NJ10309)。

作者简介:陈建保(1963—),男,硕士,高级农艺师,从事蔬菜和马铃薯应用技术研究、教学和推广。E-mail:salt2008@vip.sina.com。

[10]李德全,邹琦,程炳嵩. 土壤干旱下不同抗旱性小麦品种的渗透调节和渗透调节物质[J]. 植物生理学报,1992,18(1):37-44.

[11]Fan T L, Balta M, Rudd J, et al. Canopy temperature depression as a potential selection criterion for drought resistance in wheat[J]. Agricultural Sciences in China, 2005, 4: 793-800.

[12]李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化原理和实验技术[M]. 北京:高等教育出版社,2004:260-261.

[13]王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

[14]张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003.

[15]郝再彬,徐仲,苍晶. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社,2002.

[16]周录英,李向东,王丽丽,等. 钙肥不同用量对花生生理特性及产量和品质的影响[J]. 作物学报,2008,34(5):879-885.

[17]余叔文,汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 2版. 北京:科学出版社,2003.

[18]郭振飞,潘瑞炽. 三唑酮提高花生幼苗抗旱性的效应[J]. 中国油料,1989(2):14-17.

[19]程小毛,罗翠芹. 不同土壤水分处理对香樟幼苗生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):171-172.

[20]姚君平,杨新道,周元富. 花生不同生育阶段土壤干旱对植株生育和产量的影响[J]. 花生科技,1984(4):15-18.

[21]邵媛媛,王龙龙,谢传胜. PEG6000 胁迫对花生叶片生理指标的影响[J]. 现代农业科技,2009(17):15,17.

[22]张正斌,山仑. 作物生理抗逆性的若干共同机理研究进展[J]. 作物杂志,1997(4):10-12.