

Effect of Seaweed Extract on Droughty Resistance of Sugarcane Seedling

Diwen Chen^{1,2}, Yong Jiang¹, Junhua Ao¹, Wenling Zhou¹, Ying Huang¹, Dachun Shen¹, Qing Wang¹, Zhenrui Huang¹, Qiwei Li¹, Hong Shen²

¹Guangdong Key Lab of Sugarcane Improvement & Bio-Refinery, Guangdong Provincial Bioengineering Institute (Guangzhou Sugarcane Industrial Research Institute), Guangzhou Guangdong

²College of Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong
Email: chendiwen@126.com

Received: Dec. 18th, 2017; accepted: Jan. 5th, 2018; published: Jan. 24th, 2018

Abstract

A hydroponic experiment was conducted to explore the effects of various rates of seaweed extracts (prepared from brown alga) on sugarcane growth and physiological response under stimulated drought stress. Yuetang 94-128 was selected based on seedling growth under drought and were planted in pots containing 10 liter of Hoagland solution. The seedlings were subjected to drought levels using 0% or 10% PEG6000 mixed with Hoagland solution. Three seaweed extract treatments consisting of 0%, 0.5%, and 1% (V/V) of the seaweed extract level in full strength Hoagland solution were applied. The activity of peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), the content of MDA and electric conductivity (EC) of leaves were measured after 3 days with treatments; the leaf dehydration rate (LDR), the relative water content (RWC), plant height and fresh weight were measured after 10 days with treatments. The results showed that the antioxidant enzymes activity in sugarcane leaves of POD, SOD and CAT were improved, the MDA content, the electric conductivity and the leaf dehydration rate were significantly decreased, while the relative water content, plant height, biomass, leaf SPAD value were greatly increased with the application of seaweed extract under drought stress ($p < 0.05$), which implied that seaweed extract has a potential for drought-resistant modulation.

Keywords

Sugarcane, Drought Stress, Seaweed Extract, Antioxidase Activity, Drought Resistance

海藻提取物对甘蔗幼苗抗旱性的影响

陈迪文^{1,2}, 江永¹, 敖俊华¹, 周文灵¹, 黄莹¹, 沈大春¹, 王庆¹,
黄振瑞¹, 李奇伟¹, 沈宏²

¹广东省生物工程研究所(广州甘蔗糖业研究所), 广东省甘蔗改良与生物炼制重点实验室, 广东 广州

文章引用: 陈迪文, 江永, 敖俊华, 周文灵, 黄莹, 沈大春, 王庆, 黄振瑞, 李奇伟, 沈宏. 海藻提取物对甘蔗幼苗抗旱性的影响[J]. 植物学研究, 2018, 7(1): 60-67. DOI: 10.12677/br.2018.71009

²华南农业大学资源与环境学院, 广东 广州
Email: chendiwen@126.com

收稿日期: 2017年12月18日; 录用日期: 2018年1月5日; 发布日期: 2018年1月24日

摘要

本文研究海藻提取物对甘蔗苗期叶片抗氧化酶活性、株高、生物量及叶片SPAD值的影响, 为明确海藻提取物缓解甘蔗苗期干旱胁迫提供依据。采用水培方式以粤糖94-128幼苗为研究对象, 在10% PEG6000模拟干旱胁迫条件下分别用浓度为0%、0.5%和1% (V/V)的海藻提取物施用于营养液, 处理3天后分别测定甘蔗苗期叶片过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性以及丙二醛(MDA)含量, 处理10天后分别测定株高、生物量鲜重及叶片SPAD值。研究表明, 在干旱胁迫下施用海藻提取物能提高叶片POD、SOD和CAT等抗氧化酶活性, 降低叶片MDA含量, 使叶片脱水速率得到显著降低, 相对含水量得到显著提高, 电导率显著下降, 增加甘蔗株高和生物量, 显著提高叶片SPAD值($p < 0.05$)。因此, 海藻提取物有望成为一种新的甘蔗抗旱调节剂。

关键词

甘蔗, 干旱胁迫, 海藻提取物, 抗氧化酶活性, 抗旱性

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

甘蔗是我国最重要的糖料作物, 既对蔗区农业经济和农民收入提供了有效支撑, 同时也为满足我国食糖需求量提供了保障。但甘蔗生产上常年面临着严重影响甘蔗产量和品质的非生物因素——干旱[1]。甘蔗生物量大, 植株体含水量高达70%, 整个生育期对水分的需求量很大, 因此缺水干旱对甘蔗生长极为不利。近年来干旱灾害频发, 尤其是季节性干旱严重影响甘蔗产量和品质, 致使甘蔗农业和制糖工业生产受到严重的阻碍, 造成了巨大的经济损失[2]。甘蔗抗旱性的研究日趋受到国内外研究人员的重视。海藻提取物是从海藻中提取的一类具有促进作物生长、提高作物抗逆性的生物刺激素, 含有钙、铁、镁、锌等矿质营养元素, 含有褐藻糖胶、木聚糖、葡聚糖等海藻多糖, 以及糖醇、氨基酸、维生素、甜菜碱以及酚类化合物等, 此外, 还含有生长素、细胞激动素、赤霉素、脱落酸等天然激素类物质[3], 从20世纪90年代开始其广泛在农业领域应用[4] [5] [6] [7]。海藻提取物既可单独施用, 也可与化学肥料配施, 它不仅能改善土壤状况[8] [9], 提高肥料的利用效率[10], 促进植物生长发育[11] [12] [13], 还可以提高作物的抗逆性[14] [15] [16]。在其施用量很少的情况下就能发挥很明显的作, 目前在多种作物上研究应用表明其对于提高作物抗旱性效果显著, 如番茄[17]、小麦[18]、烟草[19]、黄瓜[20]和大豆[21]等, 但甘蔗上未见其应用相关研究报道。鉴于海藻提取物在其他作物上的抗旱效果显著, 我们尝试将其在甘蔗上展开应用研究。以期海藻提取物在甘蔗农业生产上进行应用提供理论基础, 对甘蔗产业的可持续性发展具有非常重要的理论和现实意义。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料准备

本试验所用海藻提取物为华南农业大学资源环境学院根层调控实验室提供的棕褐色液态样品，其海藻酸含量 15%，pH7.0。供试甘蔗品种为粤糖 94-128。甘蔗在日光温室内培养，将甘蔗砍成单芽茎段，挑选好芽茎段，将茎段铺在育苗盘的石英砂上再覆盖一层石英砂进行育苗。待出苗后长到 4~5 片叶时移栽到纯净水中培养 1 周后转入 1/2 霍格兰营养液中培养 2 周，再转入霍格兰营养液培养 2 周后进行试验处理。采用聚乙二醇(PEG6000)加入营养液作为模拟干旱环境，根据之前的试验结果选择 10%PEG 浓度作为干旱胁迫[22]。

2.2. 试验处理

试验设置 6 个处理：1) CK：不胁迫，不施用海藻提取物；2) SE1：不胁迫，海藻提取物稀释 100 倍，即海藻提取物占营养液体积比为 1.0%；3) SE2：不胁迫，海藻提取物稀释 200 倍，即海藻提取物占营养液体积比为 0.5%；H300；4) PEG：10% PEG 胁迫处理，每 1 L 营养液加入 PEG6000 (聚乙二醇) 100 g，不施用海藻提取物；5) PEG + SE1：10% PEG 胁迫，海藻提取物稀释 100 倍，海藻提取物占营养液体积比为 1.0%；6) PEG + SE2：10%PEG 胁迫，海藻提取物稀释 200 倍，海藻提取物占营养液体积比为 0.5%。每个处理移栽 6 株幼苗作为 6 次重复，其中 3 株用于生理指标测定，3 株用于生物量相关指标分析。

2.3. 测定指标及方法

处理 3 天后取 3 株植株正 1 叶进行叶片抗氧化酶、电导率、等生理指标分析，取正 2 叶进行离体脱水速率测定，正 3 叶用于叶片相对含水量测定。

过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)及丙二醛(MDA)含量均采用试剂盒方法测定(购自南京建成生物工程研究所)。

电导率测定方法(EC)：称 0.5 g 叶片剪碎加入 25 ml 纯水在 32℃恒温 2 h 后用电导率仪测定原电导率，然后在沸水浴中保持 20 min 后测定总电导率，电导率 = 原电导率/总电导率 × 100% [23]。

离体叶片脱水速率(LDR)测定方法：取一片叶片称量脱水前鲜重 W₁，将其室温放置 12 h 后再次称重 W₂，离体叶片脱水速率 = (脱水前鲜重 W₁ - 脱水后鲜重 W₂)/脱水时间(12 小时) [23]。

叶片相对含水量(RWC)采用饱和称量法：选取正 3 叶片将其摘下后迅速称其鲜质量(M_f)，用蒸馏水浸泡 4 h 后擦干测定叶片饱和质量(M_t)，然后于 105℃下杀青 30 min 后，在 70℃下烘干至恒量，测定叶片干质量(M_d)。按公式 $RWC = (M_f - M_d) / (M_t - M_d) \times 100\%$ 计算叶片相对含水量[23]。

剩余 3 株甘蔗于处理 10 d 后收获，收获时测量正 2 叶片 SPAD 值、植株株高和鲜重生物量。叶片 SPAD 值用 SPAD502 仪测量，直尺测量株高，擦干根系水分后称取植株鲜重。

所有数据通过 Excel 整理收集，采用 SPSS19.0 进行统计分析，方差分析采用邓肯比较。

3. 结果与分析

3.1. 不同处理对甘蔗幼苗叶片抗氧化酶活性的影响

根据表 1 结果所示，在 PEG 模拟干旱胁迫下，SOD、POD 和 CAT 含量显著低于正常对照处理(CK)，说明叶片受到干旱胁迫后抗氧化酶活性发生改变。正常处理下施用海藻提取物处理(SE1/SE2)的 SOD 酶活性显著高于对照处理，而 POD 和 CAT 与对照差异不显著，三种酶活性在 SE1 与 SE2 之间差异不显著。干旱胁迫下加入不同浓度海藻提取物的两个处理的 SOD、POD 和 CAT 含量均显著高于 PEG 胁迫处理，

Table 1. Effects of different treatments on antioxidant enzyme activity of sugarcane leaves
表 1. 不同处理对甘蔗幼苗叶片抗氧化酶活性的影响

处理 Treatments	SOD (U/g)	POD (U/g·min)	CAT (mg/g·min)
CK	32.14b	12.85a	2.49a
PEG	19.24c	10.53b	2.11b
SE1	37.25a	12.44a	2.98a
SE2	35.81a	12.20a	2.88a
PEG + SE1	32.05b	12.94a	2.49a
PEG + SE2	31.11b	12.49a	2.54a

注：每列数字后字母不同则表示存在 5% 显著差异。Note: The different letter in a line means significant at 5%.

且与正常对照处理无显著差异，而两个不同浓度的海藻提取物处理(SE1/SE2)之间并无显著差异。说明在干旱胁迫下施用 0.5%~1.0% 的海藻提取物能提高叶片抗氧化酶活性，使其恢复到正常水平。

3.2. 不同处理对甘蔗幼苗叶片 MDA 含量的影响

如图 1 所示，干旱胁迫下，甘蔗幼苗叶片 MDA 含量显著高于正常对照 CK 处理，说明蔗叶受到干旱胁迫而累积了大量的 MDA，是正常对照处理的两倍之多。非干旱胁迫下施用海藻提取物处理 MDA 含量相比正常对照并无显著差异。在干旱胁迫下，施用海藻提取物处理的 MDA 含量相比不施用海藻提取物处理显著下降，但仍高于正常对照处理，说明干旱胁迫下施用海藻提取物对于降低叶片 MDA 含量具有较好的作用，但不能完全清除干旱造成的 MDA 积累。

3.3. 不同处理对甘蔗幼苗叶片水分及质膜透性的影响

结果如表 2 所示，在干旱胁迫下，甘蔗幼苗离体叶片脱水速率显著高于正常对照 CK，达到其两倍之多。叶片相对含水率则相比正常处理显著下降，同时电导率显著增加，这些结果说明干旱胁迫导致甘蔗脱水速度加快，含水量下降，细胞质膜透性增加。非干旱胁迫下施用海藻提取物对于 3 个指标没有显著影响。而干旱胁迫下加入海藻提取物处理相比不施用海藻提取物处理可以使叶片脱水速率得到显著降低，相对含水量也得到显著提高，电导率显著下降，但这 3 个指标仍未恢复到正常对照处理水平。

3.4. 不同处理对甘蔗幼苗株高的影响

从图 2 的结果可以看出，在处理 10 天后，干旱胁迫处理的甘蔗幼苗株高显著低于正常对照处理，而干旱胁迫下施用海藻提取物的两个处理甘蔗株高均显著高于 PEG 胁迫处理，且与对照处理无显著差异；非胁迫下施用海藻提取物处理甘蔗株高相比对照有所增加，但无显著差异。这些结果表明，干旱胁迫抑制了甘蔗生长，施用海藻提取物有利于促进甘蔗生长并一定程度上缓解干旱胁迫对甘蔗株高的不利影响。

3.5. 不同处理对甘蔗幼苗生物量鲜重的影响

从图 3 可以看出，在处理 10 天后，PEG 胁迫处理的甘蔗幼苗鲜重显著低于正常对照及其他所有处理，其中 SE1 和 SE2 两个非胁迫下海藻提取物处理与正常对照处理之间无显著差异，干旱胁迫下施用海藻提取物处理(PEG + SE1、PEG + SE2)生物量鲜重比 PEG 处理有所提高但差异不显著，而且与 CK 差异也不显著。这些结果表明，干旱胁迫抑制了甘蔗生物量鲜重积累，施用海藻提取物有利于促进甘蔗生长并一定程度上缓解干旱胁迫带来的不利影响。

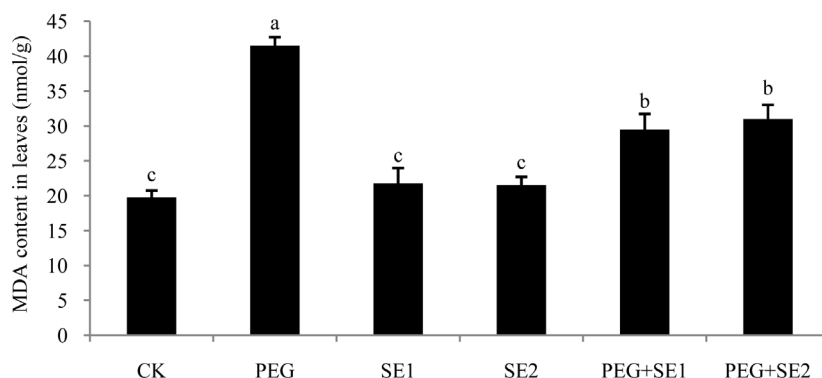


Figure 1. Effects of different treatments on MDA content of sugarcane leaves. Note: The different letter on the column diagram means significant at 5%

图 1. 不同处理对叶片 MDA 含量的影响。注：柱形图上方小写不同字母表示 5% 差异显著水平

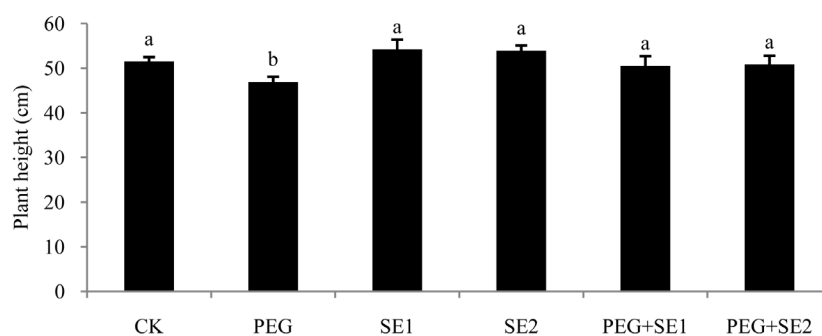


Figure 2. Effects of different treatments on plant height of sugarcane seedlings. Note: The different letter on the column diagram means significant at 5%

图 2. 不同处理对甘蔗幼苗株高的影响。注：柱形图上方小写不同字母表示 5% 差异显著水平

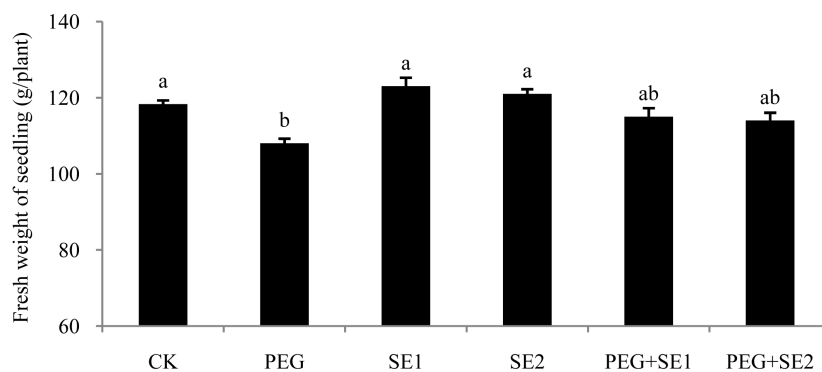


Figure 3. Effects of different treatments on fresh weight of sugarcane seedlings. Note: The different letter on the column diagram means significant at 5%

图 3. 不同处理对甘蔗幼苗鲜重的影响。注：柱形图上方小写不同字母表示 5% 差异显著水平

3.6. 不同处理对甘蔗幼苗叶片 SPAD 值的影响

从图 4 可以看出，在处理 10 天后，PEG 胁迫处理的甘蔗幼苗 + 1 叶 SPAD 值显著低于正常对照及其他所有处理，其中 PEG + SE1 和 PEG + SE2 两个处理显著高于 PEG 处理，且与正常对照处理无显著差异。这些结果可以说明，干旱胁迫下甘蔗叶片叶绿素含量降低，而施用海藻提取物的处理可以提高叶绿素含量，从而促进光合作用，有利于增强抗旱性。

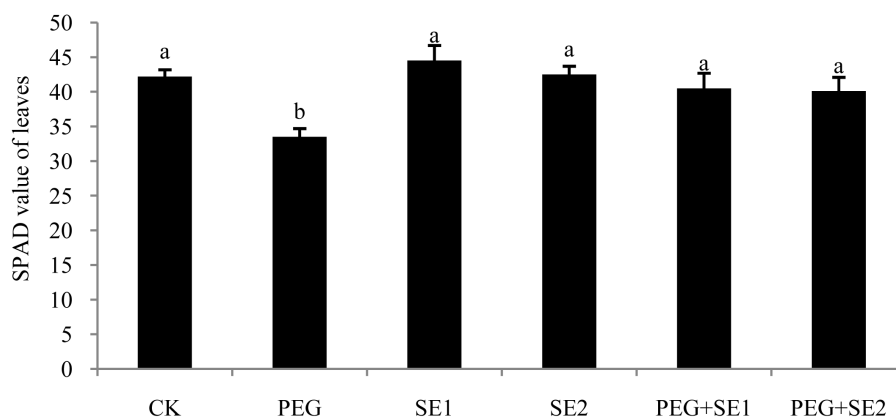


Figure 4. Effects of different treatments on SPAD value of sugarcane leaves. Note: The different letter on the column diagram means significant at 5%

图 4. 不同处理对甘蔗叶片 SPAD 的影响。注：柱形图上方小写不同字母表示 5% 差异显著水平

Table 2. Effects of different treatments on relative water content and conductivity of sugarcane leaves

表 2. 不同处理对甘蔗幼苗叶片水分及电导率的影响

处理 Treatments	离体叶片脱水速率 LDR (mg/h)	相对含水量 RWC (%)	电导率 EC (%)
CK	68.3c	61.1a	18.3c
PEG	128.2a	53.9c	40.91a
SE1	72.6c	60.1a	18.71c
SE2	68.3c	60.0a	17.83c
PEG + SE1	98.1b	57.1b	25.42b
PEG + SE2	93.7b	57.7b	22.37b

注：每列数字后字母不同则表示存在 5% 显著差异。Note: The different letter in a line means significant at 5%.

4. 讨论与结论

干旱胁迫是植物最常见的逆境胁迫，也是限制植物生长的重要因素之一。干旱胁迫造成的伤害大多与超氧阴离子自由基等活性氧有关，植物在遇到胁迫时，活性氧物质加速积累，细胞渗透性增加及膜脂过氧化，造成膜系统损伤[24]。超氧化物歧化酶(SOD)是动植物体内天然存在的超氧自由基清除因子，它可以把有害的超氧自由基转化为过氧化氢，之后过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)会立即将过氧化氢分解为水，三种酶形成一个抗氧化系统[25] [26] [27] [28]。因此本研究也针对这三种酶在干旱胁迫下甘蔗叶片中的变化情况进行分析，结果表明 SOD、POD 和 CAT 三种酶活性在干旱胁迫下均会显著降低，MDA 含量显著增加，而施用海藻提取物会显著提高三种抗氧化酶活性，减少 MDA 含量，使其恢复到接近正常水平。他人的一些相关研究也表明海藻提取物处理明显提高了干旱胁迫下番茄的抗旱性，主要是提高了番茄叶片可溶性糖含量和 SOD 酶活性，叶肉细胞的粘滞性增强，从而降低了自由基对细胞膜的伤害[17]。干旱条件下施用海藻糖能减轻干旱胁迫对质膜的伤害，减缓小麦叶片含水量的降低，降低 MDA 含量[29]。干旱胁迫下施加外源褐藻胶寡糖的小麦苗长、根长、鲜重和相对含水量得到显著增加。此外，抗氧化酶活性明显增强，MDA 含量显著减少[18]。外源海藻糖处理后的烟草幼苗在干旱胁迫下可明显提高叶片的相对含水量和叶绿素的含量，降低电导率和 MDA 的含量，提高 POD、CAT 和 SOD 酶活性[19]。这些结果与本研究结果均一致，因此，海藻提取物具有作为抗旱物质开发研究的可能性[30]。本研究采用水培+PEG 模拟干旱胁迫，与田间试验的环境存在差异，同时本研究只针对苗期进行试验，后期效果如何并不清楚。因此，将进一步在田间种植条件下，对整个生育期进行试验。

本研究表明, 在干旱胁迫下施用 0.5%~1.0% 的海藻提取物能提高叶片 POD、SOD 和 CAT 等抗氧化酶活性, 降低叶片 MDA 含量, 使叶片脱水速率得到显著降低, 相对含水量也得到显著提高, 电导率显著下降, 增加甘蔗株高和生物量, 提高叶片 SPAD 值。因此, 在干旱胁迫下, 施用海藻提取物有利于缓解干旱胁迫给甘蔗带来的伤害, 增强甘蔗苗期抗旱性。

致 谢

本试验所用海藻提取物为华南农业大学资源环境学院根层调控实验室耿银银提供, 广州甘蔗糖业研究所实验员方屈群与李美容参与生理指标测试分析, 在此一并致谢。

基金项目

广东省省级科技计划(2017A070701030, 2014B070705002); 广东省科学院院属骨干科研机构创新能力建设专项(2017GDASCX-0105); 现代农业产业技术体系专项(CARS-170203); 广东省甘蔗改良与生物炼制重点实验室开放运行(2017B030314123)。

参考文献 (References)

- [1] Vasantha, S., Alarmelu, S. and Hemaprabha, G. (2005) Evaluation of Promising Sugarcane Genotypes for Drought. *Sugar Tech*, **7**, 82-83. <https://doi.org/10.1007/BF02942536>
- [2] 李杨瑞, 杨丽涛. 20 世纪 90 年代以来我国甘蔗产业和科技的新发展[J]. 西南农业学报, 2009, 22(5): 1469-1476.
- [3] Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., *et al.* (2015) Seaweed Extracts as Biostimulants in Horticulture. *Scientia Horticulturae*, **196**, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- [4] Verkleij, F.N. (1992) Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: A Review. *Biological Agriculture & Horticulture*, **8**, 309-324. <https://doi.org/10.1080/01448765.1992.9754608>
- [5] Crouch, I.J. and van Staden, J. (1993) Evidence for the Presence of Plant Growth Regulators in Commercial Seaweed Products. *Plant Growth Regulation*, **13**, 21-29. <https://doi.org/10.1007/BF00207588>
- [6] Friedlander, M. and Ben-Amotz, A. (1990) Acclimation of Brown Seaweeds in an Outdoor Cultivation System and Their Cytokinin-Like Activity. *Journal of Applied Phycology*, **2**, 145-154. <https://doi.org/10.1007/BF00023376>
- [7] 陈大清, 李亚男. 氯化钙和海藻糖浸种对杂交种子人工老化的保护效应[J]. 华中农业大学学报, 1997(4): 19-21.
- [8] Alam, M.Z., Braun, G., Norrie, J., *et al.* (2013) Effect of Ascophyllum Extract Application on Plant Growth, Fruit Yield and Soil Microbial Communities of Strawberry. *Canadian Journal of Plant Science*, **93**, 23-36. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-260>
- [9] Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., *et al.* (2009) Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, **28**, 386-399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- [10] Castaings, L., Marchive, C. and Meyer, C. (2011) Nitrogen Signalling in Arabidopsis: How to Obtain Insights into a Complex Signalling Network. *Experimental Botany*, **62**, 1391-1397. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq375>
- [11] Rayorath, P., Jithesh, M.N., Farid, A., *et al.* (2008) Rapid Bioassays to Evaluate the Plant Growth Promoting Activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a Model Plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Journal of Applied Phycology*, **20**, 423-429. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9280-6>
- [12] 孙锦, 韩丽君, 于庆文, 等. 海藻提取物对菠菜硝酸盐积累的影响及机理[J]. 海洋科学, 2006(4): 6-9.
- [13] 张运红, 吴礼树, 耿明建, 等. 几种寡糖类物质对菜心产量和品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2009(2): 164-168.
- [14] Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., *et al.* (2009) Effect of Seaweed Extract on the Growth, Yield and Nutrient Uptake of Soybean (*Glycine max*) under Rainfed Conditions. *South African Journal of Botany*, **75**, 351-355. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.10.009>
- [15] 周红梅, 李艳霞, 王春兰, 等. 海藻提取物对小白菜生物量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 2008(4): 61-63.
- [16] Kumar, G. and Sahoo, D. (2011) Effect of Seaweed Liquid Extract on Growth and Yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology*, **23**, 251-255. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9660-9>
- [17] 孙锦, 韩丽君, 于庆文. 海藻提取物对番茄抗旱性的影响及机理研究[J]. 西北农业学报, 2006(1): 127-134.

- [18] 刘航. 褐藻胶寡糖提高小麦抗旱能力的初步研究[J]. 天然产物研究与开发, 2015(9): 1520-1525.
- [19] 徐向丽, 易克, 蒋红梅, 等. 外源海藻糖对干旱胁迫下烟草幼苗抗旱性的影响[J]. 安徽农业科学, 2010(33): 18675-18677.
- [20] 胡慧芳, 马有会. 外源海藻糖提高黄瓜抗旱性研究初探[J]. 沈阳农业大学学报, 2008(1): 83-85.
- [21] 关洪斌, 王晓兰, 智艳阳. 海藻糖对大豆植物抗性的影响[J]. 贵州农业科学, 2007(1): 13-15.
- [22] 黄莹, 敖俊华, 陈迪文, 等. 钾对水分胁迫下甘蔗幼苗生理和光合特性的影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(6): 49-54.
- [23] 王学奎. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 第2版, 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [24] 谭晓荣, 吴兴泉, 戴媛, 等. 小麦幼苗叶片活性氧清除能力对干旱胁迫的响应[J]. 河南农业科学, 2007(1): 27-30.
- [25] 罗俊, 林彦铨, 张木清. 甘蔗活性氧代谢对水分胁迫的响应[J]. 福建农业大学学报, 2000(4): 405-410.
- [26] 张木清, 陈如凯, 高三基, 等. 甘蔗基因型对水分胁迫的形态生理响应[J]. 中国农业科学, 1997, 30(6): 72-77.
- [27] 罗俊, 林彦铨, 吕建林, 等. 水分胁迫对甘蔗叶片光合性能的影响[J]. 中国农业科学, 2000(4): 100-102.
- [28] 何静丹, 李志刚, 覃铃铃, 等. 自然降温对不同生长期甘蔗生理生化指标的影响[J]. 南方农业学报, 2011(10): 1189-1192.
- [29] 康恩宽, 白宝良, 南张杰, 等. 海藻天然活性物质对小麦苗期抗旱性的调节作用[J]. 北京农学院学报, 2007(1): 12-15.
- [30] 孙杰, 韩丽君, 史大永, 等. 海藻提取物的抗旱性研究[J]. 海洋科学, 2006(6): 40-45.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: br@hanspub.org