

海藻肥对番茄抗旱性的影响

孙 锦¹, 韩丽君², 于庆文¹

(1. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 兰州 730070; 2. 中国科学院海洋研究所, 266000)

摘 要: 番茄苗期用不同浓度的海藻肥处理番茄幼株, 结果表明 2.0 g/L(克/升)的海藻肥可显著提高番茄幼株的抗旱性, 进一步进行浓度与抗旱指标的相关性测验表明, 浓度与离体叶片吸水量的相关性极显著; 在土壤含水量为 10.6% 的水分胁迫下, 用 2.0 g/L(克/升)的海藻肥处理日光温室番茄植株, 可使番茄最大节水率达到 22.6%。

关键词: 海藻肥; 番茄; 抗旱性

中图分类号: S641.2; S142⁺.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2005)03-0064-03

海藻肥取材于深海区域的大型经济藻类^[1], 它含有丰富的氨基酸、矿物质、多糖、维生素及生理活性物质, 对提高作物产量、改善品质和提早成熟并在水果保鲜和抵抗病虫害等方面均有明显的效果^[3~4]。自 1880 年有学者第一次报道了施用海藻肥的对比试验结果并清楚地说明了海藻作为肥料的优越性后的一个多世纪, 海藻肥已经引起许多海藻学家和农学家的注意。近年来利用海藻的特殊生化特性和各种有效组分来影响作物和果树、蔬菜的生长发育已成为研究热点, 其研究大部分集中在使用技术和应用效果等方面, 对海藻肥抗旱性的系统研究鲜见报道。本文通过海藻肥对番茄抗旱性影响的研究, 以便进一步了解海藻肥的抗旱性能及作用机制, 为生产提供试验依据和应用方法。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验用海藻肥为中国科学院海洋研究所提供的海藻抗逆专用型增产素(抗旱专用), 供试作物为霞光番茄, 由甘肃省农业科学院蔬菜研究所提供。

1.2 试验方法

1.2.1 海藻肥浓度对番茄幼株抗旱性的影响 试验在番茄苗期进行。番茄按常规方法营养钵育苗, 营养钵规格为 10 cm × 10 cm(厘米)。栽培基质由腐熟菇渣、泥炭、水洗沙、腐熟羊粪按 3:2:3:2 比例组成, 先过筛后混合均匀, 再在混合基质中加入磷酸二氢钾 200 g/m³(克/立方米)、生物有机肥 25 kg/m³(公斤/立方米), 并用 50% 多菌灵可湿性粉剂 50 g/m³(克/立

方米)消毒, 然后覆膜 3 d(天), 装钵备用。试验设 7 个处理, 在番茄幼苗 80% 具有 6 片真叶时开始喷雾处理。7 个处理分别为: 3.0 g/L(克/升)(代号 A1)、2.5 g/L(克/升)(代号 A2)、2.0 g/L(克/升)(代号 A3)、1.5 g/L(克/升)(代号 A4)、1.0 g/L(克/升)(代号 A5)、0.5 g/L(克/升)(代号 A6)和清水处理(代号 A7)。以清水处理为对照(CK), 重复 3 次, 随机排列, 每小区 20 株, 间隔 7 d(天)喷雾处理 1 次, 共处理 3 次, 每小区每次用量 150 mL(毫升)稀释液。在最后一次处理后进行模拟干旱处理, 处理前使每个小区土壤含水量达到饱和, 然后控水, 当钵内基质含水量达到 7.0%(由预备试验确定的 50% 植株发生中度萎蔫时的基质绝对含水量)左右时, 随机抽取 10 株番茄幼株, 以距生长点向下第 4 叶作为被调查叶片, 调查各处理的相关指标。

1.2.2 水分胁迫下海藻肥对日光温室番茄产量、抗旱系数和节水率的影响 试验设在甘肃省永昌县一标准西北型日光温室内, 前茬作物为西瓜。试验地土壤为砂壤土, 肥力中等, 有机质含量为 13.4 g/kg(克/公斤), 全氮 0.8 g/kg(克/公斤), 有效磷 5 mg/kg(毫克/公斤), 速效钾 182 mg/kg(毫克/公斤), 阳离子交换量 80 mol/kg ~ 10 mol/kg(摩尔/公斤), pH 值 8.6。灌溉方式为滴灌。于 2002 年 8 月 12 日育苗, 9 月 8 日定植, 高垄双行栽植, 667 m²(平方米)保苗 3 700 株, 管理方法为常规管理。试验设 5 个土壤水分胁迫处理, 分别为: 12.2%(代号为 B1)、11.5%(代号为 B2)、10.6%(代号为 B3)、9.2%(代号为 B4)、8.3%(代号为 B5), 以正常灌溉水平的土壤含水量 13.7%(代号为 B6)为对照(CK), 重复 3 次, 随机排列, 小区面积 21.4 m²(平方米)。试验期间通过灌水次数和灌水量来控制土壤含水量(由预备试验预先得到该土壤结构上述含水量所对应的灌水次数和灌水量)。以试验 1.2.1 得出的海藻肥浓度于番茄初花期第一次喷雾处理, 以后间隔 7 d(天)处理 1 次, 共处理 3 次。为了避免各小区之间土壤含水量相互影响, 在小区之间设立了保护行(不栽植作物)。温室内管理常规, 各处理拉秧时统计该处理的总产量(由于各处理的拉秧时间不同)。

1.2.3 测定指标及方法 干重/鲜重采用烘干法, 抗旱系数^[4](抗旱系数=处理产量/对照产量), 离体叶片吸水量(常



第一作者简介: 孙锦, 1972 年生, 助理研究员, 1995 年毕业于西南农业大学园艺系, 同年分配于甘肃省农业科学院蔬菜研究所工作至今。先后主持和参加国家、省部级科研项目 7 项, 获奖 3 项。出版专著 2 部, 公开发表论文 10 余篇。主要从事温室工程、蔬菜栽培、蔬菜生理等方面的研究与推广工作。

* 国家高技术研究与发展计划(863)支持项目部分内容, 项目编号:

2004AA620530

收稿日期: 2004-11-23

温和室内环境下,在蒸馏水中浸泡叶片 15 min(分钟)后,用吸水纸吸干叶片表面的水分,然后称重。吸水量=叶片饱和鲜重-鲜重,离体叶片脱水速率(在常温和室内环境下,使离体叶片自然脱水 12 h(小时),然后称重。脱水速率=(脱水前鲜重-脱水后鲜重)/脱水时间),总叶绿素采用乙醇、丙酮混合液浸泡法测定^[5],游离脯氨酸含量采用茚三酮比色法^[9],土壤绝对含水量采用干燥法^[9]。

2 结果与分析

2.1 海藻肥浓度对番茄幼株抗旱性的影响

2.1.1 对番茄幼株干重/鲜重比的影响 干重/鲜重比反映的是植株干物质积累水平,干物质积累越多,说明植株在干旱条件下的抗性越好。试验结果(表 1)表明,各处理均与对照(A7)达到极显著水平,并且 A2、A3 处理与其他处理达到显著水平,说明施用海藻肥不同浓度均可以提高番茄的干重/鲜重比值,但以 2.5 g/L、2.0 g/L(克/升)浓度处理对提高番茄干重/鲜重比的效果最好。

2.1.2 对番茄幼株离体叶片脱水速率的影响 脱水速率反映的是离体叶片在一定时间内的水分散失快慢,反映了植物细胞内自由水和束缚水的状况^[7]。脱水速率大,说明叶片的保水能力弱,抗旱性弱,反之则强。试验结果(表 1)表明,各处理与对照均达到极显著水平,说明使用海藻肥后均可以降低叶片脱水速率,提高叶片的保水能力。进一步进行方差分析表明,处理 A3 与 A2 脱水速率差异显著, A3 与 A1、A4、A6 及对照(CK)差异达到极显著水平,说明在 A3 浓度下叶片脱水速率最小,保水能力最强,其次为 A2、A4、A5、A6 浓度处理,脱水速率最大浓度为 A1,达到 2.970 g/h(克/小时)。

2.1.3 对番茄幼株离体叶片吸水量的影响 叶片吸水量的大小表明离体叶片在干旱条件下吸水的多少,从另一方面说明叶片失水量的大小。吸水量越大,叶片失水量越多,保水能力越弱,抗旱性越弱,反之则越强。试验结果表明:A1、A2、A3 叶片吸水量较小,与 A4、A5、A6 及对照(A7)的差异显著,但 A1、A2、A3 之间无差异, A4、A5、A6、对照(A7)之间无差异;这说明 A1、A2、A3 浓度处理的叶片吸水量较少,失去水分量的相应较少,保水能力较强,抗旱性也就较强。

2.1.4 海藻肥对番茄总叶绿素和脯氨酸含量的影响 叶绿素含量的水平在一定程度上反映的是作物在干旱条件下光合作用的能力,叶绿素含量越高叶片光合能力越强,对干旱的抗性越强,反之则弱。由表 1 试验数据可以看出, A3 处理总叶绿素含量最高,达到 2.18 mg(毫克)/100 g(克),与其他处理差异达到极显著水平, A5 处理极显著低于其他处理,仅为 1.87 mg(毫克)/100 g(克), A1、A2、A4、A6 和 CK(对照)之间差异不显著。说明在 A3 浓度下对提高叶片叶绿素的含量最明显,在干旱条件下能显著提高番茄叶片的叶绿素含量,从而增强其抗旱能力。

脯氨酸是重要的渗透调节物质,其含量水平反映的是植物细胞对干旱的调节能力,脯氨酸含量高抗旱性强^[8]。由表 1 试验数据可以看出, A2、A3 处理的脯氨酸含量较高,分别为 34.38 mg(毫克)/100 g(克)和 36.91 mg(毫克)/100 g(克),并与其他处理达到极显著水平,其次为 A1、A4、A6、A7, A5 最低,仅为 12.64 mg(毫克)/100 g(克),说明 A2、A3 在干旱条件下可增加番茄叶片的脯氨酸含量,从而增强细胞在干旱条件

下的渗透调节能力。

2.1.5 抗旱性综合评价 作物在干旱条件下,很难用单一指标进行衡量抗旱性的大小,为了更全面准确地评价不同处理的抗旱性大小,利用模糊数学中隶属函数值的方法^[8]进行抗旱性的综合评价(表 1)。抗旱隶属函数值和抗旱隶属函数值平均值的计算方法如下:

$$X_{ij} = (X_j - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad A$$

$$X_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad B$$

$$X_i = \sum X_{ij} / n \quad C$$

式中 X_{ij} 表示 i 处理 j 指标的抗旱隶属函数值, X_j 表示表示 i 处理 j 指标的测定值, X_{jmax} 和 X_{jmin} 分别表示各处理中指标的最大值和最小的测定值, X_i 为 i 处理的抗旱隶属函数值的平均值, n 为指标数。由于干重/鲜重、总叶绿素、游离脯氨酸含量与抗旱性呈正相关,计算抗旱隶属函数值时用 A 式;叶片吸水量、离体叶片失水速度与抗旱性呈负相关,计算时用 B 式。

由表 1 可知, A3 处理的抗旱隶属函数值的平均值最大为 0.917, 其抗旱名次为 1, 其次为 A3、A2、A4、A6、A5、A1, 抗旱隶属函数值的平均值最小的为对照(A7), 其值为 0.298。说明在干旱条件下,使用海藻肥均能提高番茄植株的抗旱能力,其中以 A3 处理浓度对提高番茄幼株抗旱性的能力最强。

表 1 海藻肥使用浓度对番茄抗旱性的影响

处理	干重/鲜重	脱水速率 (g/hr)	吸水量 (g)	总叶绿素 (mg/100g)	脯氨酸 (mg/100g)	隶属函数 平均值	抗旱 名次
A1	0.122A	2.970A	5.1A	2.07A	30.51A	0.444	6
A2	0.146AB	2.013AB	5.2A	2.10A	34.38B	0.836	2
A3	0.144AB	1.713B	6.0A	2.18B	36.91B	0.917	1
A4	0.127A	2.383A	6.6B	1.92A	24.48c	0.568	3
A5	0.126A	2.384A	6.5B	1.87c	12.64D	0.464	5
A6	0.127A	2.783A	7.1B	2.10A	16.28D	0.490	4
A7(CK)	0.075C	3.017C	9.0B	2.02A	12.78D	0.298	7

注:含有相同大写字母的为在 1%水平下不显著,不同字母的为极显著。

2.1.6 海藻肥浓度与抗旱指标的相关性 将浓度作为变量,抗旱指标作为因变量求相关函数和相关系数。结果表明,离体叶片吸水量与浓度呈直线负相关($y = -0.8286x + 7.5333$, $r = -0.9646^{**}$),脱水速率与浓度呈曲线相关($y = 0.7053x^2 - 2.0445x + 3.7898$, $r = 0.8400^{**}$),脯氨酸含量与浓度呈曲线相关($y = -4.1879x^2 + 23.16x + 1.215$, $r = 0.8584^{**}$),干重/鲜重、总叶绿素与浓度的相关性不明显。其中浓度与离体叶片吸水量相关系数极显著,浓度与脱水速率和脯氨酸含量相关系数显著。由图 1、图 2、图 3 看出,随着浓度的增加,叶片吸水量随之减少,脱水速率先降低后升高,脯氨酸含量先升高后降低,并且在 A3 浓度下,脱水速率和脯氨酸含量达到阈值。因此,在水分胁迫下,使用海藻肥增强番茄抗旱性主要是

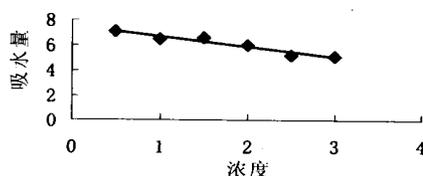


图 1 不同浓度下离体叶片吸水量变化趋势

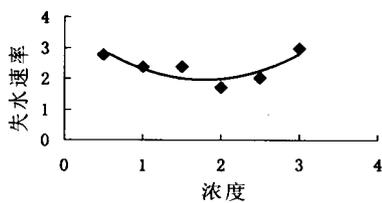


图2 不同浓度下叶片失水速率变化趋势

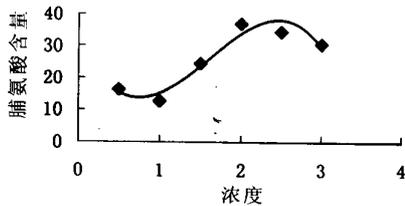


图3 不同浓度下脯氨酸含量变化趋势

因为海藻肥增强了叶肉细胞的保水能力, 在干旱条件下失水较少, 从而降低了番茄叶片在干旱条件下的吸水量; 在适宜的浓度下, 降低了番茄叶片的失水速率, 提高了叶片脯氨酸含量, 从而增强了番茄叶片的保水力和渗透调节能力。上述综合因素共同作用, 提高了番茄的抗旱性。

表2 施用海藻肥对番茄的节水效应

处理	小区产量			平均产量 (kg/21.4m ²)	较CK (±%)	抗旱 系数	显著性		节水率 (%)
	I	II	III				0.01	0.05	
B6(CK)	126.3	129.4	128.3	128.0		1.00	a	A	
B1	124.4	127.6	126.9	126.3	-1.33	0.99	a	A	16.1
B2	123.3	121.7	131.5	125.5	-1.95	0.98	a	A	10.9
B3	122.6	126.3	127.6	125.5	-1.95	0.98	a	A	22.6
B4	102.4	87.9	80.6	90.3	-29.4	0.71	b	B	32.8
B5	90.0	84.5	79.8	86.6	-32.3	0.68	b	B	39.4

2.2 水分胁迫下海藻肥对日光温室番茄产量、抗旱系数和节水率的影响

产量是考察抗旱性首要的指标, 任何抗旱措施必须以不影响产量为前提。不同土壤含水量下番茄的产量、抗旱系数和节水率见表2。由表2可以看出, 随着土壤含水量的降低, 番茄产量和抗旱系数也随之降低, 在B1~B3土壤含水量下番茄产量降低的幅度较低, 为1.33%~1.95%, 由B3以后的B4、B5番茄产量骤然降低, 其产量降低幅度达到29.4%和32.3%。图4、图5清楚地说明了水分胁迫下产量和抗旱系数的这一变化趋势。对表2的产量数据进行方差分析表明, B6、B1、B2、B3与B4、B5间差异达到极显著水平, B6、B1、B2、B3之间差异不显著, B4、B5之间差异不显著, 说明使用海藻肥后, 在B1、B2、B3水分胁迫下其产量与非胁迫条件(对照)下的产量差异不明显, 但从B3开始随着水分胁迫的加剧, 产量急剧下降。因此, 可以认为B3为施用海藻肥后番茄可以忍受的最低土壤含水量。因此, 与B3对应的节水率(22.6%)即为在水分胁迫下施用海藻肥使番茄达到的最大节水率。节水率的计算公式如下:

$$W_i = |(Y_i - Y_j) / Y_j| \times 100\%$$

式中 W_i 表示 i 处理与对照的节水率, Y_i 表示 i 处理的土壤绝对含水量, Y_j 表示正常灌水条件下的土壤绝对含水量。

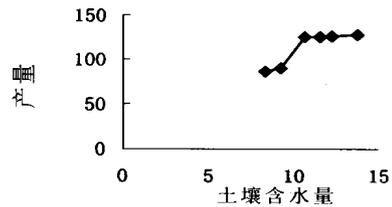


图4 水分胁迫下番茄产量的变化趋势

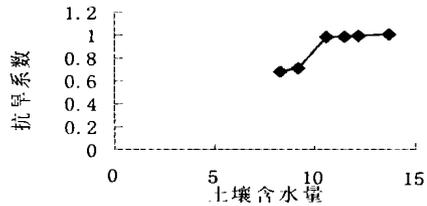


图5 水分胁迫下番茄抗旱系数变化趋势

3 讨论

有研究表明, 可溶性糖可使细胞原生质粘度增大、弹性增强、细胞液浓度增大、水分的吸收能力和保水能力提高, 并保持水解酶、蛋白酶和脂酶的稳定, 从而使质膜结构免受破坏^[9], 进而提高植株的抗旱性。通过浓度与各指标的相关性测验表明, 浓度与叶片吸水量呈直线负相关, 相关系数达到极显著, 而海藻肥中含有丰富的海藻多糖, 很容易被作物叶片吸收。因此, 有理由推测海藻肥增强作物抗旱性是由于海藻多糖被叶片吸收, 发挥了上述可溶性多糖的生理作用。此外, 脱水速率和脯氨酸含量与浓度呈曲线相关且相关系数显著, 这种规律与植物生长调节剂作用规律相似。已知海藻肥中含有多种植物生长调节剂如生长素、细胞分裂素、赤霉素、脱落酸、乙烯等^[10], 具体有哪种或哪几种植物生长调节剂作用或协同作用, 还是植物生长调节剂与海藻多糖共同作用, 其机制还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 秦青, 张文举等. 海藻有机肥研究进展[J]. 中国农学通报, 2001(1): 46~47.
- [2] 李书琴, 王孝举. 海藻肥液体肥的研究[J]. 海洋科学, 1995, (3): 4~6.
- [3] Blunden G. Enhanced leaf chlorophyll levels in plant treated with seaweed extract[J]. J Appl phycol, 1997, 8(6): 535~543.
- [4] 何丹等. 玉米苗期抗旱性鉴定研究[J]. 绵阳经济技术高等专科学校学报, 1999(3): 21~22.
- [5] 白宝璋等. 植物生理学测试技术. 北京: 中国科学技术出版社, 1993, 37~38, 145~146.
- [6] 刘明军等. 海藻肥在黄瓜上的抗旱效应研究. 甘肃农业大学学报, 2003(4): 450~454.
- [7] 江龙. 作物抗旱性的研究方法[J]. 贵州农业科学, 1999, 27(5): 70~72.
- [8] 路贵和等. 作物抗旱性鉴定方法与指标研究进展[J]. 山西农业科学, 1999, 27(4): 39~43.
- [9] 李广敏, 关军锋. 作物抗旱生理与节水技术研究[M]. 北京: 气象出版社, 2001, 64~65.
- [10] 吴光斌等. 海藻作物生长调节剂的应用概况[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2003(1): 28~32.