

# 盐胁迫对三种叶用蔬菜生长及品质的影响

王 爽, 李晓晓, 于成志, 林 多, 杨延杰

(青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘 要:**以苦苣、叶用莴苣和油麦菜为试验材料,用 NaCl 溶液浇灌栽培基质模拟创造盐胁迫环境,设 3 个盐胁迫梯度(2.0、3.0、4.0 mS/cm,处理代号 T1、T2、T3),以无 NaCl 胁迫的相同基质栽培植株为对照,研究盐胁迫对 3 种叶用蔬菜植株形态、生物量积累以及营养品质的影响,以期筛选适宜盐碱地栽培的叶用蔬菜种类。结果表明:低浓度盐胁迫对叶菜各指标抑制不显著或有促进作用,高盐胁迫下叶菜植株形态、生理指标以及营养品质均受到不同程度抑制,其中生物量积累受到抑制最为显著;叶用莴苣对盐胁迫反应敏感,栽培 EC 值不宜高于 1.2 mS/cm;苦苣敏感程度次之,可以适应 EC 1.2~2.0 mS/cm 盐胁迫;油麦菜对盐胁迫适应性最强,在 EC 1.2~3.0 mS/cm 范围内均可正常生长。

**关键词:**盐胁迫;叶用蔬菜;生长;营养品质

**中图分类号:**S 636 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0013-04

土壤盐渍化是农作物生产中常遇到的自然逆境之一<sup>[1]</sup>。目前,我国有各类盐碱地约 9 913 万 hm<sup>2</sup>,约为世界盐碱土面积的 10%<sup>[2]</sup>,约占全国可耕地面积的 25%<sup>[3]</sup>。盐碱化面积呈不可逆的逐年增加趋势<sup>[4-5]</sup>,限制了许多作物的种植和发展,给农业的可持续发展造成巨大威胁。蔬菜生产中,严重的土壤盐渍化常导致蔬菜出苗延迟,缺苗断垄,生长不整齐,产量和品质下降<sup>[1]</sup>。

叶菜类蔬菜是指以植物肥嫩的叶片、叶柄为食用对象的蔬菜,简称叶菜<sup>[6]</sup>,富含大量营养物质,且生长速度快、周期短,在我国蔬菜的生产和供应中占据了重要地位<sup>[7]</sup>。由于叶表面积大、含水量高、组织脆嫩等原因,叶菜在流通和销售过程中常发生黄化、脱帮和腐烂等问题,损耗十分严重<sup>[8]</sup>,因此适宜在消费地周边种植。了解不同叶菜抗盐性的差异,可以更好的利用盐碱地,对周边市场进行供应。目前对于盐胁迫对叶菜影响的研究多集中于种子期及幼苗期,对于商品期研究较少<sup>[9-11]</sup>,该试验以苦苣、叶用莴苣和油麦菜 3 种主栽叶菜为试验材料,通过对其植株形态、生物量积累和营养品质的研究测定,揭示其对盐胁迫的适应性,为盐碱地区叶菜类

蔬菜种植提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试叶菜蔬菜分别为苦苣‘极品荷兰苦苣’、叶用莴苣‘鑫农玻璃生菜’、油麦菜‘四季红香油麦’,种子分别由瑞克斯旺(中国)种子有限公司、北京鑫农丰农业技术研究所和青县纯丰蔬菜良种繁育场提供。

### 1.2 试验方法

试验于 2014 年 3—5 月在青岛普瑞有机农业发展有限公司日光温室中进行。种子直播于 72 孔穴盘,育苗基质为腐熟菇渣:珍珠岩=3:1,常规管理。幼苗长至三叶一心时,取生长势相同的幼苗移植入地上式栽培槽中,双行定植,株行距为 25 cm×30 cm。栽培槽长 6.2 m、宽 0.72 m,栽培槽底和侧壁以 PE 膜作为隔盐层,槽内上层为腐熟菇渣,下层铺垫炉渣(菇渣:炉渣=3:1)。以栽培基质 EC (1.2±0.2) mS/cm 作为对照,以浇灌 NaCl 溶液调节栽培基质 EC 值,设置 T1:(2.0±0.2) mS/cm、T2:(3.0±0.2) mS/cm、T3:(4.0±0.2) mS/cm 3 个盐胁迫强度处理,定期监测和调整各处理 EC 值,使处理基质 EC 值维持稳定。常规管理,当植株达到商品成熟期时,进行植株形态指标、生理指标的测定。

### 1.3 项目测定

常规方法测定株幅、株高、叶长、叶宽、叶片数、干鲜重,并计算含水量和相对生长量。

以可食用部分叶片为样本,以蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[12]</sup>;考马斯亮蓝 G-250 法测定可溶性蛋白质含

**第一作者简介:**王爽(1989-),女,硕士研究生,研究方向为蔬菜营养生理。E-mail:443590765@qq.com.

**责任作者:**杨延杰(1972-),男,博士,副教授,研究方向为蔬菜栽培生理与设施园艺。E-mail:yangyanjie72@163.com.

**基金项目:**青岛市民生计划资助项目(13-1-3-97-nsh);山东省研究生教育创新计划资助项目(SDYC10032);青岛农业大学应用型人才培养特色名校建设工程教学研究资助项目(XJG2013006,XJG2013127)。

**收稿日期:**2015-07-24

量<sup>[12]</sup>;2,6-二氯酚靛酚滴定法测定抗坏血酸含量<sup>[12]</sup>。

#### 1.4 数据分析

采用 Excel 2010 进行数据处理,DPS 进行显著性分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜植株形态的影响

由表 1 可知,随盐浓度升高,苦苣形态指标呈下降趋势,从 T2 处理开始,各项形态指标均显著低于对照处理,其中株幅和叶片数与对照相比分别下降 13.0%和 16.3%。高盐浓度胁迫(T3 处理)下,叶用莴苣形态生长受到显著抑制作用,具体表现为与对照相比株幅下降 13.6%,叶片长度下降 14.4%。低浓度盐胁迫(T1 处理)对油麦菜形态生长有促进作用,株幅与对照相比增加 17.0%,差异达显著水平;高盐胁迫对油麦菜生长无显著抑制作用,具体表现为,高盐胁迫(T3 处理)下,油麦菜各项形态指标与对照处理相比无显著性差异。表明盐胁迫会抑制苦苣形态生长,随盐浓度增加,抑制作用明显;中、低浓度盐胁迫对叶用莴苣形态生长作用不明显,高盐浓度则产生显著抑制作用;油麦菜可以适应中低浓度盐胁迫,中、低浓度盐胁迫可促进其形态生长,随盐浓度升高无显著抑制作用。

表 1 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜植株形态的影响

Table 1 Effect of salt stress on plant morphology of three species of leafy vegetables

种类	处理	叶长	叶宽	叶片数	株幅
Variety	Treatment	Leaf length	Blade width	Leaf number	Plant width
		/cm	/cm	number	/cm
苦苣 '极品荷兰苦苣'	CK	18.11a	6.22a	47.00a	36.51a
	T1	16.51ab	5.67ab	42.00ab	35.11ab
	T2	15.50bc	5.03b	39.33bc	31.76b
	T3	14.15c	4.94b	35.00c	31.94b
叶用莴苣 '鑫农玻璃生菜'	CK	24.35a	12.93a	19.33a	43.93a
	T1	23.46ab	11.78a	19.67a	41.93ab
	T2	21.68ab	13.81a	21.00a	39.10b
	T3	20.84b	10.97a	17.33a	37.97b
油麦菜 '四季红香油麦'	CK	30.99ab	4.97a	19.33a	56.33bc
	T1	30.75ab	5.18a	20.33a	65.88a
	T2	32.08a	5.78a	19.67a	54.49c
	T3	28.32b	4.99a	16.33a	57.85b

注:纵向不同小写字母表示同一种类不同处理  $P<0.05$  的差异显著水平,下同。

Note: Different lowercase letters show the significance level ( $P<0.05$ ) in longitudinal of the different treatments at the same species, the same below.

#### 2.2 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜生物量积累的影响

由表 2 可知,随盐胁迫浓度升高,苦苣和油麦菜植株鲜重呈现先升高后降低的趋势,分别在 T1 处理和 T2 处理达到最大值,与对照相比分别增加 26.86%和 25.56%,差异达显著水平。叶用莴苣随盐胁迫浓度升高,植株鲜重呈下降趋势,降幅为 17.32%~56.38%。与对照相比,苦苣和叶用莴苣干重随盐浓度增加呈下降趋势,油麦菜则表现为先升高后降低,其最大值出现在

T1 处理,干重为 10.32 g 显著高于对照处理。

随着盐胁迫浓度增加,3 种叶用蔬菜含水量呈现先升高后下降的趋势,苦苣和叶用莴苣在 T1 处理达到最大值,显著高于对照处理;油麦菜最大值出现在 T2 处理,但与对照相比无显著差异。表明低浓度盐胁迫对苦苣和油麦菜的鲜重形成和干物质积累有一定促进作用,随盐胁迫浓度升高,3 种叶用蔬菜生物量积累均受到显著抑制作用。与其它 2 个品种相比,油麦菜对于盐胁迫的适应能力较强。

表 2 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜生物量积累的影响

Table 2 Effect of salt stress on biomass accumulation of three species of leafy vegetables

种类	处理	鲜重	干重	含水量
Variety	Treatment	Fresh weight/g	Dry weight/g	Water content/%
苦苣 '极品荷兰苦苣'	CK	102.62b	4.60a	95.52b
	T1	130.18a	4.25ab	96.73a
	T2	85.01c	3.79b	95.56b
	T3	76.24c	3.54b	95.46b
叶用莴苣 '鑫农玻璃生菜'	CK	368.52a	16.92a	95.41b
	T1	304.70b	11.35b	96.28a
	T2	185.60c	8.24c	95.57b
	T3	160.74c	7.54c	95.31b
油麦菜 '四季红香油麦'	CK	170.22b	8.07b	95.25ab
	T1	213.72a	10.32a	95.17b
	T2	227.24a	9.82a	95.67a
	T3	134.31c	7.38b	94.50c

#### 2.3 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜相对生长量的影响

相对生长量是衡量蔬菜长势的一个重要指标。通过图 1 可以看出,3 种叶菜各盐胁迫处理相对生长量与对照之间均存在显著差异,苦苣 T1 处理相对生长量显著高于对照,为对照的 1.3 倍,T2、T3 处理显著低于对照,降幅分别为 21.10%、31.51%;叶用莴苣随盐浓度升高长势显著减弱,相对生长量较对照下降 18.31%~73.80%;油麦菜 T1、T2 处理相对生长量显著高于对照,分别升高 30.17%和 39.66%,T3 显著低于对照 24.74%。由此,从相对生长量来看,低浓度盐胁迫对于油麦菜和苦苣生长有显著促进作用,随盐浓度升高,抑制作用显著;而叶用莴苣对于盐胁迫的适应性较差,较低盐胁迫即对叶用莴苣有显著抑制作用。

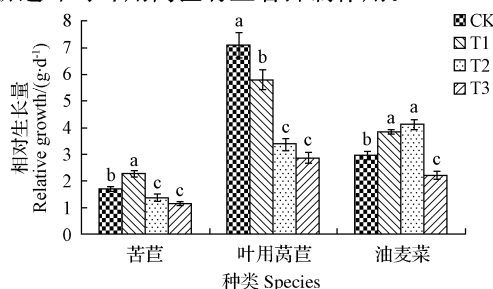


图 1 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜相对生长量影响

Fig. 1 Effect of salt stress on the relative growth of three species of leafy vegetables

由图 2 可知,低盐胁迫下苦苣生长正常,随着盐浓度的增加,其生长受到显著抑制,植株细弱,叶片较小,根系生长也受到抑制。叶用莴苣对于盐胁迫反应敏感,

低浓度下生长即受到抑制,中、高浓度下受抑制严重。油麦菜有较强的耐盐性,低、中浓度盐胁迫生长优于对照,高盐胁迫下植株生长受到抑制。

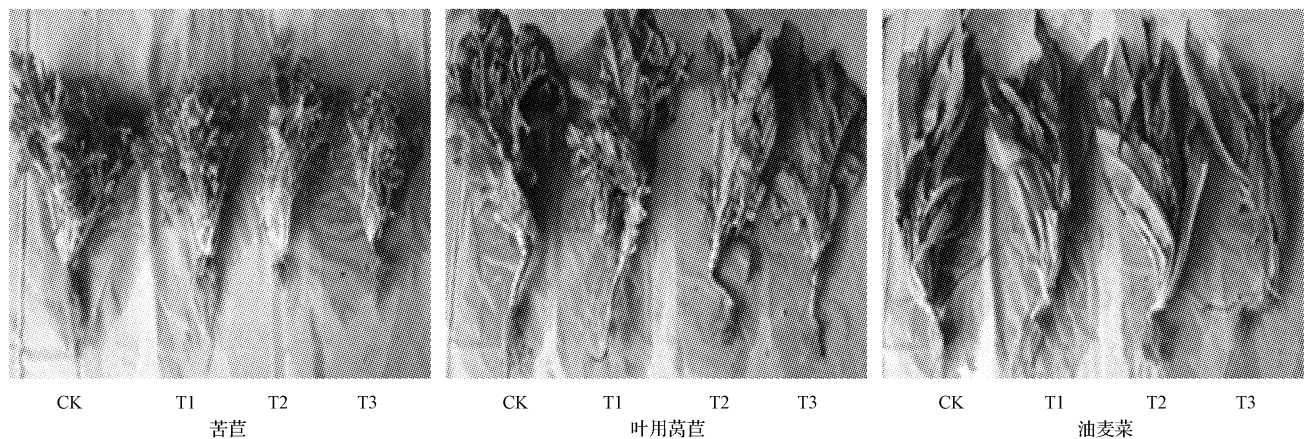


图 2 盐胁迫下不同种类叶菜生长

Fig. 2 The growth of three species of leafy vegetables under salt stress

2.4 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜营养品质的影响

由表 3 可以看出,3 种叶用蔬菜在不同盐胁迫条件下,营养指标表现不同。苦苣在盐胁迫条件下,维生素 C 含量显著高于对照处理,可溶性糖和蛋白质含量与对照相比无显著性差异。叶用莴苣随盐浓度增加,可溶性糖、可溶性蛋白质和维生素 C 含量均呈下降趋势,在 T2 处理下,3 项营养指标均显著低于对照处理,分别下降

27.6%、11.5%和 20.0%。油麦菜可溶性糖含量随盐浓度增加呈先升后降的趋势,最大值出现在 T1 处理,与对照相比增加 24.5%,显著高于对照;可溶性蛋白质含量随盐浓度升高无显著性差异;高盐浓度(T3 处理)下,维生素 C 含量达到最大值时是对照的 1.49 倍。这表明,盐胁迫对于 3 种叶用蔬菜的营养品质有不同程度的影响,对叶用莴苣的影响最为显著。

表 3 盐胁迫对 3 种叶菜类蔬菜营养品质的影响

Table 3 Effect of salt stress on nutritional quality of three species of leafy vegetables

种类 Variety	处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar content/(mg · (100g) <sup>-1</sup> FW)	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content/(mg · g <sup>-1</sup> FW)	维生素 C 含量 Vitamin C content/(mg · (100g) <sup>-1</sup> FW)
苦苣‘极品荷兰苦苣’	CK	0.467 2a	2.150 1a	81.255 3b
	T1	0.321 3ab	2.073 2a	93.345 8a
	T2	0.165 6b	2.055 2a	99.615 2a
	T3	0.300 1ab	1.805 6a	97.425 7a
叶用莴苣‘鑫农玻璃生菜’	CK	2.143 8a	3.113 2a	118.723 1a
	T1	1.555 3b	2.891 8ab	109.195 5a
	T2	1.552 9b	2.755 1b	94.952 4b
	T3	1.405 1b	2.795 3b	95.495 1b
油麦菜‘四季红香油麦’	CK	2.105 8b	2.815 2a	112.821 1c
	T1	2.622 6a	2.920 8a	145.641 4b
	T2	1.705 1b	2.691 1a	165.305 6a
	T3	1.675 8b	2.675 3a	167.832 2a

3 讨论与结论

盐胁迫对植物生长的影响涉及渗透胁迫、离子毒害等综合反应<sup>[13]</sup>,植株受到盐胁迫时常因碳同化量减少、渗透调节和维持生长能耗增加等原因,导致植株生长量减少、品质下降<sup>[14-16]</sup>。其中干鲜重和相对生长量是表现植株对盐胁迫适应性最直接的指标<sup>[17-19]</sup>,盐胁迫下植株吸水、生长受到抑制,造成干鲜重的降低和相对生长量的减小。含水量随盐浓度升高而降低,同样说明高盐胁迫抑制植株吸水,造成植株含水量和鲜重的降低。

不同浓度盐胁迫下 3 种叶菜在不同浓度盐胁迫下植株形态、生物量积累和营养品质等多方面存在差异,苦苣在 EC 1.2~2.0 mS/cm 范围内生长和品质均正常,可以适应低浓度盐胁迫;叶用莴苣在 1.2 mS/cm 盐胁迫 EC 下干鲜重和相对生长量即显著低于对照,随着盐浓度增加,植株形态、生物量积累和营养品质也显著降低;油麦菜对盐胁迫有较强的适应性,在 EC 1.2~3.0 mS/cm 范围内植株形态和生物量积累均处于正常水平,其营养品质在 EC 不高于 4.0 mS/cm 的范围内均与对照无差



异。结合对3种叶菜植株形态、生物量积累和营养品质的显著性分析,低于2.0 mS/cm的盐胁迫对叶菜生长无显著抑制,当盐胁迫EC高于3.0 mS/cm,3种叶菜均受到显著抑制,其中对于生物量积累的抑制最为显著。

综上所述,叶用莴苣对盐胁迫反应敏感,适宜EC值不宜高于1.2 mS/cm;苦苣敏感度次之,可以适应EC 1.2~2.0 mS/cm盐胁迫;油麦菜对盐胁迫适应性最强,在EC 1.2~3.0 mS/cm范围内均可正常生长。因此在该试验盐胁迫范围内,油麦菜更适合在盐碱地进行栽培生产。

### 参考文献

- [1] 任艳芳,何俊瑜,何师加.盐胁迫对莴苣种子萌发和幼苗生长的影响[J].北方园艺,2008(8):35-36.
- [2] 范远,任长忠,李品芳,等.盐碱胁迫下燕麦生长及阳离子吸收特征[J].应用生态学报,2011(11):2875-2882.
- [3] 郭伟,王庆祥,于立河.混合盐碱胁迫对小麦种子萌发的影响[J].种子,2011(5):37-41.
- [4] ROZEMA J, FLOWERS T J. Crops for a salinized world[J]. Perspectives in Science, 2008, 322: 1478-1480.
- [5] 张毅,石玉,胡晓辉,等.外源Spd对盐碱胁迫下番茄幼苗氮代谢及主要矿质元素含量的影响[J].应用生态学报,2013,24(5):1401-1408.
- [6] 羊杏平.叶菜在都市高效农业中的地位和作用[J].江苏农业科学,2007(3):1-4.
- [7] 中国农业科学院蔬菜研究所.中国蔬菜栽培学[M].北京:农业出版社,1987:496-504.
- [8] 张克宏,杜俊娟.叶菜类蔬菜气调保鲜包装研究[J].包装工程,2007,28(1):49-52.
- [9] 原红娟,陈丽.盐胁迫对几种叶菜生理生化指标的影响[J].北方园艺,2011(24):52-54.
- [10] 徐芬芬,赵亚楠,陈海燕,等.几种蔬菜萌发期耐NaCl胁迫能力的比较[J].种子,2012(4):104-105.
- [11] 曹玲,王艳芳,陈宝悦,等.主要蔬菜作物耐盐性比较[J].华北农学报,2013(S1):233-237.
- [12] 王学奎.植物生理与生物化学实验原理和技术[M].2版.北京:高等教育出版社,2006:196-206.
- [13] MUNNS R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant, Cell and Environment, 2002, 25(2):239-250.
- [14] 罗庆云,於丙军,刘友良.大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验[J].大豆科学,2001,20(3):177-182.
- [15] 李艳波,陈月艳,孙国荣,等.盐碱胁迫下星星草种子萌发过程中氮代谢的初步研究[J].植物研究,1999,19(2):153-158.
- [16] 孟庆英,张必弦,张海玲,等.NaCl胁迫下番茄若干生理指标的变化[J].北方园艺,2008(11):30-33.
- [17] 刘凤荣,陈火英.盐胁迫下不同基因型番茄可溶性物质含量的变化[J].植物生理与分子生物学报,2004,30(1):99-104.
- [18] 李卫欣.不同基因型南瓜的耐盐机理及耐盐品种筛选研究[D].保定:河北农业大学,2006.
- [19] 陈国峰,王亚军.维生素C在新陈代谢中的生理功能[J].中国食物与营养,2014,20(1):71-74.

## Effect of Salt Stress on Plant Growth and Nutritional Quality of Three Species of Leafy Vegetables

WANG Shuang, LI Xiaoxiao, YU Chengzhi, LIN Duo, YANG Yanjie

(Horticultural College, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract:** *Cichorium enfivia* L., *Lactuca sativa* L. and *Lactuca sativa* var *longifolia* f. Lam were taken as experimental materials. Sodium chloride solution in cultivation matrix simulation was applied to create salt stress environment, 3 salt stress intensities (2.0, 3.0, 4.0 mS/cm) were set in this paper and the same cultivation matrix without sodium chloride solution was taken as control. Through the research of salt stress on plant morphology, biomass accumulation and nutritional quality of three species of leafy vegetables, the suitable species were screened out for saline-alkali land cultivation. The results showed that the low concentration of salt stress on leaf vegetables had no significant inhibition and even had a promoting influence, but the plant morphological, physiological indexes and nutritional quality had been inhibited with different degree under the high concentration of salt stress. The most significant inhibition appeared in biomass accumulation. *Lactuca sativa* L. was sensitive to salt stress, the cultivation of EC value should not be higher than 1.2 mS/cm. The second was *Cichorium enfivia* L., which could adapt to EC value from 1.2 mS/cm to 2.0 mS/cm. *Lactuca sativa* var *longifolia* f. Lam had the strongest adaptability to salt stress, it could normally grow in the EC value from 1.2 mS/cm to 3.0 mS/cm.

**Keywords:** salt stress; leafy vegetables; plant growth; nutritional quality