

NaCl 处理对番茄幼苗光合作用和叶绿素荧光的影响

高 芸, 程智慧, 孟焕文

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 以 6 叶期幼苗为试材, 通过水培试验研究了 50, 100, 200, 400 mg/L NaCl 对番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 叶片光合色素含量、光合速率及叶绿素荧光参数的影响。结果表明: 叶片光合色素含量随盐处理时间的延长而增加, 气孔导度随盐浓度的增加而降低。各处理蒸腾速率在盐处理 5 d 后趋于稳定, 但均低于对照, 且盐浓度越大, 蒸腾速率越低。盐处理初期 (1 d), 各处理的光合速率均低于对照, 且盐浓度越大光合速率越低; 盐处理 3 d 后光合速率开始恢复, 并保持相对稳定; 但处理 11 d 或 13 d 后又呈现下降趋势。NaCl 处理期间, 各处理的 F_v/F_m 值与 F_v/F_o 值和 F_o 与 F_m 分别有相似的变化趋势, 在盐处理 9 d 后各处理趋向接近; q_N 值呈下降趋势, 但随盐浓度的增加而增大。

关键词: 番茄; 盐分; 光合色素; 光合速率; 叶绿素荧光

中图分类号: S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)01-0194-06

世界上盐土面积约占陆地表面的 6%。在我国西北地区, 盐害是农业生产的主要威胁之一。在盐土上植物的特殊适应机制和提高盐生生态系统生产力等研究, 一直是植物生理生态学研究的热点问题^[1~3]。盐胁迫对植物的危害表现在多个方面, 其内部机制表现在影响植物叶绿素和类胡萝卜素的含量、叶绿素对光能的吸收能力、 Mg^{2+} 对两个光系统之间激发能分配的调节能力以及荧光淬灭速率等^[4], 但适度的盐分可能有利于植物生长或产量的提高^[5]。番茄是重要的蔬菜作物, 了解盐胁迫下番茄幼苗光合作用和叶绿素荧光参数的变化, 可为番茄耐盐性研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料及其培养

以栽培番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 中杂 9 号为供试品种, 温床播种, 土壤育苗, 当幼苗长至 3 片真叶时选整齐一致的幼苗移入室内通气水培装置, 加 Hoagland 营养液继续培养。当幼苗长至 6 叶 1 小时开始盐处理。培养室温度白天 25℃, 夜间 18℃。光照强度 110 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 每天照光 12 h。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理方法 在水培营养液中加入不同浓度的 NaCl 进行盐分处理。NaCl 质量浓度设 0、50、100、200、400 mg/L 共 5 个水平, 每处理 80 株苗, 加营养液 16 L。于处理后 1、3、5、7、9、11、13、15 d 分别取样测定幼苗光合生理指标的变化。试验期

间每天向营养液中补充无离子水及营养液至标记刻度, 以维持各处理盐分浓度稳定。

1.2.2 光合色素的测定 取各处理定量功能叶圆片 (约 6 cm^2), 每处理取样 4 株, 不同时期轮换植株取样。将样品转入离心管中, 加提取缓冲液 (50 mmol/L HEPES-KOH, 5 mmol/L MgCl_2 , 80% 乙醇, pH 7.4) 在 70℃ 提取 10 min, 收集上清液, 继续用缓冲液提取, 直至叶圆片变为白色, 收集合并上清液, 并记录提取液总体积, 用分光光度计分别在 665、649、470 nm 测定 OD 值, 根据 Hartmut 等^[6] 的公式计算叶绿素和类胡萝卜素含量。

1.2.3 净光合速率、气孔导度和蒸腾速率的测定 光合性能参数净光合速率 (P_n)、气孔导度 (G_s) 和蒸腾速率 (T_r) 用英国 PP-system 公司生产的 CIRAS-1 便携式光合仪测定。每处理 4 株, 每株测功能叶上对生的 2 片小叶, 于上午 10:00~12:00 测定。

1.2.4 叶绿素荧光参数的测定 用 FMS2.02 型脉冲调制荧光仪 (Hansatech, UK) 测定功能叶初始荧光 (F_o)、最大荧光 (F_m) 等。叶片暗适应 30 min 后首先用弱测量光测定初始荧光 (F_o), 随后给一个强闪光 [6 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 脉冲时间 0.7 s] 测最大荧光 (F_m), 然后在自然光下适应 30 min, 当荧光基本稳定时测稳态荧光 (F_s), 之后再加一次强闪光 [6 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 脉冲时间 0.7 s], 记录光适应下的最大荧光 (F_m), 同时将叶片遮光, 暗适应 3 s 后打开远红光, 5 s 后测定 F_o' , 计算出 F_v 、 F_v/F_m

收稿日期: 2007-03-11

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30370977)

作者简介: 高 芸 (1974-), 女, 甘肃平凉人, 硕士研究生, 主要从事蔬菜生理生态研究。

(C)1994-2022 China Academic Electronic Journal Service. All rights reserved. http://www.cnki.net
通讯作者: 程智慧 (1958-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事蔬菜生理生态方面的教学和研究。E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

F_m 、 F_v/F_o 等参数。所有指标均重复测定 4 株。

含量为 4.977~34.654 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; 叶绿素 b 含量较低,为 3.137~10.653 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (表 1); 类胡萝卜素含量极微(未列举)。

2 结果与分析

2.1 盐处理对番茄幼苗叶片光合色素含量的影响

供试番茄叶片中的光合色素以叶绿素 a 为主,

表 1 不同浓度盐处理对番茄光合色素和气孔传导的影响

Table 1 Effects of salinity treatment on photosynthetic pigment and stomata conductance in tomato plant

NaCl 浓度 NaCl concentration (mg/L)	处理天数 Duration of treatment (d)	功能叶光合色素($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) Photosynthetic pigment content in function leaf		气孔导度 Stomata conductance [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
		叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	
0	1	6.946±0.122	6.564±0.561	400.0±87.2
	3	29.403±0.633	4.975±0.671	45.0±37.7
	5	32.836±0.542	8.851±0.766	89.0±64.4
	7	5.834±0.451	4.977±0.229	75.7±3.5
	9	8.386±0.475	5.483±0.454	90.7±28.2
	11	6.848±0.888	3.848±1.007	119.7±106.8
	13	6.049±1.408	3.137±1.177	111.0±33.8
	15	8.133±1.492	5.999±0.561	180.7±189.9
50	1	6.591±0.444	6.760±0.454	374.0±186.2
	3	30.613±0.184	6.340±0.174	47.7±6.7
	5	34.654±4.569	10.653±0.733	60.0±6.0
	7	5.650±1.201	7.006±0.781	70.0±3.6
	9	9.087±0.306	5.927±0.086	77.0±33.8
	11	7.827±0.091	4.736±0.251	88.7±16.2
	13	8.109±0.370	5.323±0.788	106.7±19.6
	15	10.362±0.647	6.867±0.826	104.3±17.6
100	1	15.847±1.578	—	146.0±110.9
	3	29.611±0.678	5.643±0.344	48.0±16.0
	5	30.582±1.831	8.507±1.996	55.0±2.6
	7	6.010±0.563	7.419±0.162	50.7±23.5
	9	11.023±0.816	6.614±0.146	46.7±3.1
	11	8.436±0.131	5.652±0.914	61.3±35.3
	13	9.221±1.167	5.898±1.306	65.7±7.5
	15	10.677±0.828	7.397±1.115	84.3±7.2
200	1	15.566±2.950	—	81.0±6.2
	3	31.668±1.609	8.037±1.275	39.0±8.5
	5	26.140±2.342	7.393±1.649	21.7±21.5
	7	6.290±0.556	6.920±0.310	36.7±11.6
	9	8.560±0.208	5.540±0.661	48.0±30.3
	11	8.362±0.217	5.273±0.184	47.0±4.4
	13	8.495±0.628	5.566±0.668	52.0±32.5
	15	11.823±1.404	8.419±1.785	61.7±32.3
400	1	11.291±7.249	—	70.0±3.0
	3	29.902±1.022	6.906±0.721	19.3±8.5
	5	31.611±1.871	10.257±1.602	15.7±3.2
	7	6.569±0.726	7.123±0.184	22.3±9.0
	9	8.257±0.074	5.201±0.420	35.7±3.5
	11	8.748±0.625	5.607±0.828	44.3±18.0
	13	8.476±3.468	5.118±2.769	40.3±9.2
	15	10.295±1.275	7.216±1.642	42.0±6.2

注:表内数值=平均值±标准方差;“—”为数据缺失。

Note: values in the table=average value ± standard deviation; “—” indicates data lost.

在盐分处理下,叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量均比对照有不同程度的增加;光合色素的增加与盐分浓度的关系不大,但随盐分处理时间的增加而增加。50 mg/L NaCl 处理 5、7、11 d,叶绿素 a 比其相应对照增加 5.5%、13.5%、14.3%;叶绿素 b 比其相应对照增加 20.3%、20.1%、23.1%。100 mg/L NaCl 处理 7、9、11 d,叶绿素 a 比对照增加 20.7%、31.4%、23.2%;叶绿素 b 比对照增加 27.2%、20.6%、46.9%。200 mg/L NaCl 处理 7、9、11 d,叶绿素 a 比对照增加 26.3%、2.1%、22.1%;叶绿素 b 比对照增加 18.6%、1.0%、37.1%。400 mg/L NaCl 处理 5、7、11 d,叶绿素 a 在 7、11、13 d 比其相应对照增加 32.0%、27.7%、40.1%;叶绿素 b 比其相应对照增加 15.9%、22.1%、45.8%。

2.2 盐处理对番茄幼苗叶片气孔导度、蒸腾速率和光合速率的影响

盐处理使番茄功能叶的气孔导度(G_s)较其相应对照均明显降低,随着盐浓度的增加 G_s 的降幅

增大(表 1)。50 mg/L NaCl 处理 5、7、9 d, G_s 较其相应对照降低 32.6%、7.5%和 15.1%;100 mg/L NaCl 处理相应天数, G_s 分别降低 38.2%、33.0%和 48.5%;200 mg/L NaCl 处理相应天数, G_s 分别降低 75.6%、51.5%和 47.1%;400 mg/L NaCl 处理相应天数, G_s 分别较其相应对照降低 82.4%、70.5%和 60.6%。

盐处理对番茄功能叶蒸腾速率(Tr)的影响与对 G_s 的影响趋势基本相似(图 1A)。处理 5、9 和 11 d,各处理的 Tr 都较明显地低于对照,而且随着盐浓度的增加增幅变小。 Tr 和 G_s 相关性分析表明,两者呈显著性线性相关($r=0.8418, p=0.05$)。

盐处理 1 d,各处理的光合速率(P_n)均低于对照,且盐浓度越大, P_n 越小;盐处理 3 d,各处理的 P_n 上升,与对照相比降幅减小;盐处理 5 d 时,50 mg/L NaCl 处理的 P_n 超过对照;盐处理 7 d 时各处理间 P_n 差异缩小;在处理 13 d 后 P_n 均呈下降趋势(图 1B)。

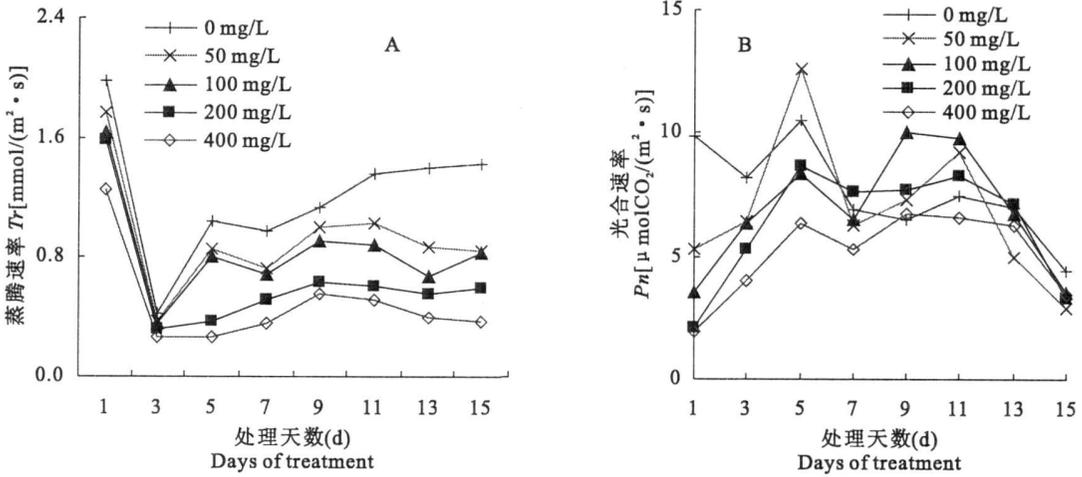


图 1 盐处理对番茄幼苗叶片 Tr (A)和 P_n (B)的影响

Fig.1 Effects of different salinity concentration on Tr (A) and P_n (B) of tomato seedling leaf

2.3 盐处理对番茄幼苗叶片叶绿素荧光变化的影响

PS II 光化学效率 F_v/F_m 和 PS II 潜在活性 F_v/F_o 值(图 2A、图 2B),在盐处理 1 d 时,50 mg/L NaCl 处理高于对照,200 mg/L 和 400 mg/L NaCl 处理小于对照;处理 3 d 时,除 200 mg/L NaCl 处理与对照有相近的升幅趋势,其余处理均低于对照且呈下降趋势;处理 5 d 时,各处理的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 上升至高峰,200 mg/L NaCl 处理的升幅最大;处理 7 d 和 9 d 时,50 mg/L NaCl 处理与对照变化相近,且高于对照;其余处理均在处理 7 d 时降到低谷且低于对照。到处理 9 d 后各处理间差异缩

小,趋向一致。

初始荧光 F_o 变化趋势如图 3-A 所示。盐处理 1 d 各处理的 F_o 均小于对照;处理 3 d 时,100、400 mg/L NaCl 处理的 F_o 增至高于对照;处理 5 d 后所有处理趋向接近。

最大荧光 F_m 变化趋势与 F_o 相似(图略)。盐处理 1 d,各处理的 F_m 均小于对照;处理 3 d 时各处理 F_m 均大于对照,其中 100 和 400 mg/L NaCl 处理增幅较大。以后各处理 F_m 值比对照有升有降,100 mg/L NaCl 处理 9 d 和 11 d 时 F_m 值分别比对照高 26.2%和 7.6%。

非光化学猝灭 q_N 的变化趋势如图 3-B 所示。

处理期间各处理的 qN 值均呈与对照相似的下降趋势, 但均大于对照, 且 qN 值增幅与盐处理浓度有

关, 即盐浓度越大, qN 值越大。

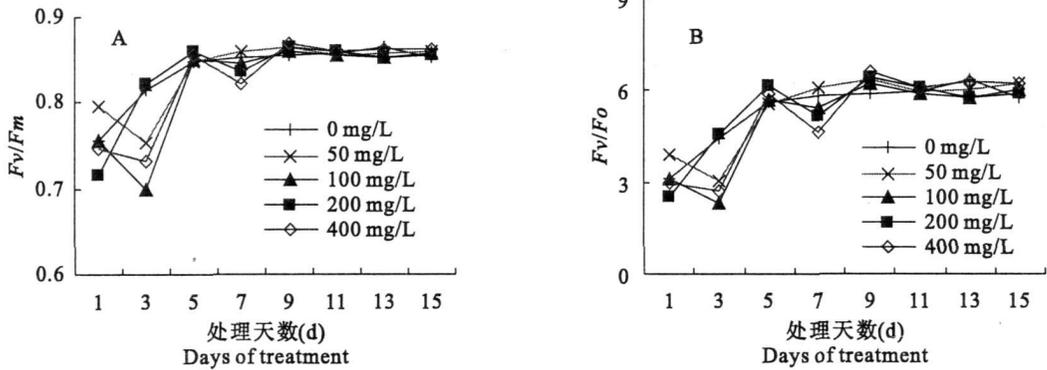


图 2 不同浓度盐处理对番茄幼苗叶片 F_v/F_m (A) 和 F_v/F_o (B) 的影响

Fig. 2 Effects of different salinity concentration on F_v/F_m (A) and F_v/F_o (B) in tomato seedling leaf

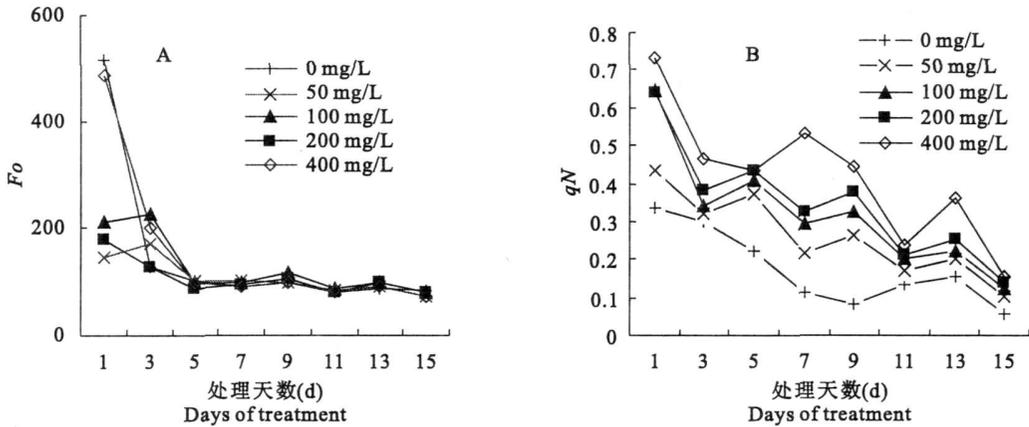


图 3 不同浓度盐处理对番茄幼苗叶片 F_o (A) 和 qN (B) 的影响

Fig. 3 Effects of different salinity concentration on F_o (A) and qN (B) in tomato seedling leaf

3 讨论

3.1 盐处理使番茄叶片光合色素含量增加

本试验表明, 盐处理使番茄幼苗叶片叶绿素 a、叶绿素 b 比对照均有不同程度的增加, 这与前人关于番茄^[6]、苋菜^[7]、大豆^[8]、水稻^[9]、苇状羊茅^[10]、刚果臂形草^[11]、杂交酸模^[12]叶片中叶绿素含量随盐浓度的升高而增加的研究结果一致。本试验中光合色素增加与盐浓度关系不大, 却随盐处理时间增加而呈增加的趋势, 可能与本试验盐处理浓度较低有关。盐处理引起叶片叶绿素含量增加可能由于促使细胞积累脯氨酸而有利于叶绿素的合成^[13]; 或破坏了细胞膜的透性, 使叶绿素分子大量渗漏^[14]。

3.2 盐处理引起番茄叶片 G_s 、 Tr 和 P_n 的变化

盐胁迫对光合作用的抑制主要表现在使气孔关闭, 光化学反应下降, CO_2 同化受限^[15]。在盐害初期, 盐胁迫对光合作用的限制主要表现为气孔限制, 从而影响植物的光合作用^[16]。但在长期盐胁迫下

还会产生非气孔因素^[17]。卢元芳等研究认为^[18], NaCl 胁迫下菠菜幼苗叶片的净光合速率、蒸腾速率及气孔导度下降, 长期处理的叶片中 CO_2 浓度升高, 气孔阻力下降, 水分利用率降低, 光合的非气孔限制因素增加。郑国琦等研究表明^[19], 盐胁迫使枸杞叶片气孔导度下降, 轻度胁迫下光合速率的下降主要是受气孔关闭的制约, 而胁迫加重时叶肉细胞中 CO_2 浓度升高的情况下, 光合速率仍呈下降趋势, 此时气孔对光合的制约较小, 而 Na^+ 和 Cl^- 的大量积累对光合酶活性产生了直接的毒害作用。

本试验中, 盐处理使番茄功能叶的 G_s 较对照降低, 而且随着盐浓度增加 G_s 降幅增大, 这可能与番茄为适应盐逆境而减少水分蒸腾散失有关。番茄功能叶的 Tr 与 G_s 的变化趋势相似, 盐胁迫处理 3 d 后, G_s 和 Tr 与其对照有相似变幅, 但在 5、9、11 d 时, 各处理都有较明显的上升, 而且随盐浓度的增加升幅变缓。 G_s 通过灵敏地调节蒸腾作用, 实现对逆境的抵抗和适应。 G_s 变化对 P_n 有直接影响, 在 5、

9、11 d 时, P_n 与 G_s 变幅相对应, 各处理的 P_n 达到不同程度的峰值, 说明气孔因素对光合的促进和抑制作用明显。

3.3 盐处理对番茄叶片叶绿素荧光的影响

叶绿素荧光信号可反映逆境因子对光合作用的影响^[20], 分析叶绿素荧光参数的变化有助于探明光合机构受影响的部位^[21]。有关 NaCl 处理对 PS II 活性的影响, 目前缺乏统一的认识^[22]。多数研究认为, 盐胁迫下植物都会有 F_v/F_m 和 F_v/F_o 的下降及 q_N 的上升, 而且 q_N 对 NaCl 反应较敏感。这主要是由于 NaCl 胁迫使叶片中的离子平衡及细胞结构遭到破坏, 毒性物质产生, 叶绿素活性和光酶活性下降^[23]。 F_v/F_m 常被用作标明环境胁迫程度的指标和探针^[24~26], F_v/F_m 降低表明植物受到了光抑制^[27], 而 PS II 失活或被破坏则导致初始荧光 F_o 的升高^[28]。 q_N 反映了 PS II 天线色素吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散掉的光能部分^[29,30]。

本试验中, 盐处理 1 d, 50 mg/L NaCl 处理的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 比对照大, 200 和 400 mg/L NaCl 处理的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 比对照小; 各处理的 P_n 均比对照低。说明盐处理在短期内已影响了光合电子传递和与暗反应有关酶的活性, 甚至直接使光合机构受损。在处理 5 d 时各处理的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 大于对照, 但处理间差异小, 可能是番茄对盐处理产生了一定的适应性反应。在处理 7 d 以后, F_v/F_m 和 F_v/F_o 比对照有低有低, P_n 也有升有降, 说明较长时间的盐处理使 PS II 处在损伤与修复的变化中。

植物在逆境下 PS II 天线色素吸收的过量光能不能及时耗散, 将使光合机构造成失活或破坏, 非光化学猝灭 (q_N) 是植物的一种自我保护机制。本试验处理期间各盐浓度处理的 q_N 值均大于对照, 且 q_N 值随着盐浓度的增加而增大。说明盐处理对番茄幼苗造成了一定的逆境。

参考文献:

- [1] Gosset D R, Banks S W, Millhollon E P, et al. Antioxidant response to NaCl stress in a control and an NaCl-tolerant cotton cell line grown in the presence of paraquat, both ionine sulfoximine, and exogenous glutathione [J]. *Plant Physiology*, 1996, 112; 803-809.
- [2] Hernandez J, Campillo A, Jimenez A, et al. Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants[J]. *New Phytologist*, 1999, 141; 241-251.
- [3] Hernandez J, Jimenez A, Mullineux P, et al. Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences [J]. *Plant, Cell and Environment*, 2000, 23; 853-862.
- [4] 张其德, 温晓刚, 卢从明. Effects of CO₂ doubling on some photosynthetic functions of spring wheat under salt stress[J]. *植物生态学报*, 2000, 24; 308-311.
- [5] 张余良, 邵玉翠, 严晔端, 等. 微咸水灌溉农作物生长的改善技术研究[J]. *农业环境科学学报*, 2006, 25(增刊); 295-300.
- [6] Romero A R, Soria T, Cuartero J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions[J]. *Plant Science*, 2001, 160; 265-272.
- [7] Wang Y, Nil N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress [J]. *Hortic Sci Biotechnol*, 2000, 75; 623-627.
- [8] 於丙军, 李锁娜, 刘友良. 大豆苗期盐离子效应的比较[J]. *南京农业大学学报*, 2002, 25(1); 5-9.
- [9] 王仁雷, 华春, 刘友良. 盐胁迫对水稻光合特性的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2002, 25(4); 11-14.
- [10] 董晓霞, 赵树慧, 孔令安, 等. 苇状羊茅盐胁迫下生理效应的研究[J]. *草业科学*, 1998, 15(5); 10-13.
- [11] 郇树乾, 刘国道, 张绪元, 等. NaCl 胁迫对刚果臂形草种子萌发及幼苗生理效应的研究[J]. *中国草地*, 2004, 26(6); 45-49.
- [12] 董晓霞, 郭洪海, 孔令安. 杂交酸模耐盐性鉴定的生理指标筛选[J]. *山东农业科学*, 1999, (6); 22-24.
- [13] 赵可夫. 植物抗盐生理 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 24-27, 230, 231.
- [14] 王学征, 韩文灏, 于广建. 盐胁迫对番茄幼苗生理生化指标影响的研究[J]. *北方园艺*, 2004, 3; 48-49.
- [15] Munns R, Termaat A. Whole plant responses to salinity [J]. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1986, 13; 143-160.
- [16] Ziska J H, Seemann J R, DeJong T M. Salinity induced limitations on photosynthesis in *prunus salicina*, a deciduous tree species [J]. *Plant physiology*, 1990, 93; 864-870.
- [17] Jacob J, Lawlor D W. Stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in phosphate deficient sunflower, maize and wheat plants [J]. *Journal of Experimental Botany* 1991, 241; 1001-1011.
- [18] 卢元芳, 冯立田. NaCl 胁迫对菠菜叶片中水分和光合气体交换的影响 (简报) [J]. *植物生理学通讯*, 1999, 35(4); 293-294.
- [19] 郑国琦, 许兴, 徐兆桢, 等. 盐胁迫对枸杞光合作用的气孔与非气孔限制 [J]. *西北植物学报*, 2002, 22(6); 1355-1359.
- [20] Luo J, Zhang M Q, Lv J L, et al. Effects of water stress on the chlorophyll a fluorescence induction kinetics of sugarcane genotypes [J]. *Journal of Fujian Agricultural University*, 2000, 29(1); 18-22.
- [21] Hu W H, Yu J Q. Effects of Chilling under Low Light on Photosynthesis and Chlorophyll Fluorescence Characteristic in Tomato Leaves [J]. *Acta Horticulture Sinic*, 2001, 28(1); 41-46.
- [22] 朱新广, 张其德. NaCl 对光合作用影响的研究进展 [J]. *植物学通报*, 1999, 16(4); 332-338.

- [23] 冯建灿, 胡秀丽, 毛训甲. 叶绿素荧光动力学在研究植物逆境生理中的应用[J]. 经济林研究, 2002, 4(20): 14—19.
- [24] Chen Y Z, Pen C L. Application of Measuring Chlorophyll Fluorescence in *Dunaliella salina* [J]. Journal of Institute of South China Botany, CAS, 1994, 9: 45—101.
- [25] Chen Y Z, Li X P, Xia L, et al. The application of chlorophyll fluorescence technique in plant environment stress[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 1995, 3(4): 79—86.
- [26] Hong S S, Xu D Q. Light induced increase in initial fluorescence parameters to strong light between wheat and soybean leaves [J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42: 684—688.
- [27] Krause G H, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics Annual Review [J]. Plant Physiology, 1991, 43: 313—349.
- [28] Demming B, Bjorkman O. Comparison of effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (F_7k) and photon yield of O_2 evolution in leaves of plants [J]. Planta, 1987, 171: 171—184.
- [29] 徐志防, 罗广华. 强光及外源活性氧对莴苣叶绿素荧光的影响[J]. 植物生理学报, 1998, 24(3): 279—284.
- [30] 张守仁. 叶绿素荧光诱导动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 444—448.

Impact of NaCl treatment on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of tomato seedlings

GAO Yun, CHENG Zhi-hui^{*}, MENG Huan-wen

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Impact of NaCl treatment on content of photosynthetic pigment, intensity of photosynthesis (P_n) and chlorophyll fluorescence parameters of tomato (cv. Zhongza No. 9) seedling at 6[—] leaf stage were studied under hydroponic culture with 0, 50, 100, 200 or 400 mg/L of NaCl added, respectively. The results showed that the content of photosynthetic pigment was increased in the duration of salt treatment. G_s was decreased with the increase of salt concentration. After 5[—] day salt treatment, although the higher salt treatment was found with lower Tr value and Tr value of all treatments was found lower than the control, they all tended to little difference. At the beginning (1[—] day) of salt treatment, P_n of all the treatments was lower than the control, and appeared lower with higher salt concentration. P_n was getting resuming after 3[—] day salt treatment and maintained a relative stable level until got dropping after 11[—] or 13[—] day treatment. The similar change trends were found between F_v/F_m and F_v/F_o , and between F_o and F_m during salt treatment, and each index among all the treatments was tend to close after 9[—] day salt treatment. qN appeared a decreasing trend and increased with the increase of salinity concentration.

Key words: tomato; salinity; photosynthetic pigment; photosynthesis rate; chlorophyll fluorescence