

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.18179

不同盐分胁迫对京郊设施黄瓜生产的影响

文方芳¹, 韩宝², 李桐³, 廖洪¹, 朱文², 张扬⁴, 刘自飞¹, 张雪莲¹, 张梦佳¹

(1. 北京市土肥工作站, 北京 100029; 2. 北京市房山区种植业技术推广站 102412; 3. 北京市大兴区农业技术推广站, 北京 102600; 4. 北京市大兴区土肥工作站, 北京 102600)

摘要: 连续2年在北京市房山区和大兴区4个基地, 开展了设施菜田土壤不同盐分胁迫下对黄瓜的株高、茎粗、产量和品质影响的研究。以土壤电导率(EC)为指标, 盐分胁迫处理分别为处理1(T1) $0.21 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 、处理2(T2) $0.375 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 、处理3(T3) $0.532 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 、处理4(T4) $0.914 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 、处理5(T5) $1.108 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 。结果表明: 1) 黄瓜苗期安全范围是EC值 $0.25 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 幼苗缓苗快, 株高与茎粗达到最佳水平。2) EC值在 $0.5 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 范围时, 黄瓜的产量和维生素C含量随着土壤盐分的增加而增加; 当EC值大于 $0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时, 则随着盐分的增加而下降。硝酸盐变化趋势则刚好相反。黄瓜全生育期安全范围是EC值 $0.5 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 可确保黄瓜高产与品质提高。3) 土壤盐分与黄瓜产量呈负相关 ($y = -123.76x + 164.86$, $r = 0.870$, $P = 0.002$)。当土壤盐分上升至 $0.8 \sim 0.9 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 甚至超过 $1 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时, 可能会造成20%~60%的黄瓜减产。

关键词: 盐分胁迫; 设施; 黄瓜

随着北京市农业实施“调转节”, 设施产业的地位越来越重要。然而, 农田面积却逐年降低, 2016年京郊设施农业播种面积仅为3.77万 hm^2 , 与2015年相比减少了8.27%^[1]。设施菜田常年处于半封闭或封闭状态, 没有自然淋溶过程, 在蒸发和蒸腾的双重作用下, 大量的、不能被作物所吸收的养分以无机盐的形式在土壤中不断积累, 最终导致土壤发生次生盐渍化。次生盐渍化也成为了制约设施产业可持续发展的主要连作障碍因子。据调查, 京郊设施土壤盐分水平范围为 $0.174 \sim 1.657 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 新建设施大棚在第3或第4年就出现了土壤次生盐渍化, 5年以上的老设施大棚土壤盐分超标率远高于新建设施大棚, 且主要是硫酸盐类型^[2]。农业农村部发布的《2018年耕地质量检测保护工作要点》明确指出, 今后要加强北方设施土壤连作障碍等退化耕地的综合修复治理。

设施菜田土壤次生盐渍化的修复治理措施包括测土配方施肥, 严格控制含氯化肥的施用与用量; 选择适宜的有机肥种类, 5年以上新菜田选择禽粪肥, 5年以上老菜田选择秸秆类或畜粪肥, 提前半个月施用; 采用地膜或秸秆覆盖; 改变作畦

方式; 秸秆粉碎还田; 大水洗盐; 施用盐土改良剂; 选择耐盐类作物, 在休闲期种植一茬小菜或玉米等。

采取常规盐渍化修复措施能缓解土壤次生盐渍化的程度, 但对于京郊设施生产中特定的作物, 苗期与全生育期的盐分安全范围如何, 当土壤盐分超过多少安全阈值会造成减产和品质降低研究较少^[3]。本文在京郊设施菜田土壤次生盐渍化调研基础上, 探讨不同盐分胁迫水平条件下对特定设施蔬菜生产的影响, 有助于评价区域土壤次生盐渍化状况、预防及防治土壤次生盐渍化和指导设施蔬菜生产。

1 材料与方法

1.1 试验设计

大多数盐分胁迫都是在实验室内开展, 多采用NaCl为盐类胁迫剂模拟试验^[4-5], 而京郊设施菜田土壤次生盐渍化类型为硫酸盐类。因此, 本试验采取客土的方法, 通过提前取样化验, 挑选符合京郊设施土壤盐分类型与试验盐分等级的地块, 以保证符合生产实际。黄瓜是设施果类蔬菜中对盐分最敏感的作物, 选取京郊农户最常栽种的黄瓜品种中农26号为研究对象, 分别在房山和大兴开展盐分胁迫试验与定点监测试验。

盐分胁迫试验在房山区泰华芦村14号棚进行,

收稿日期: 2018-05-14; 录用日期: 2018-08-11

作者简介: 文方芳(1984-), 女, 四川绵阳人, 高级农艺师, 硕士研究生, 从事土壤肥料技术推广工作。E-mail: carol8492@126.com。

供试土壤为轻壤土, 试验时间为 2016 年 3 月 20 日到 2018 年 1 月 10 日, 连续 4 茬栽种黄瓜。共设置了 <0.25、0.25 ~ 0.5、0.5 ~ 0.8、0.8 ~ 1、1 ~ 1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 共 5 个盐分等级。具体做法: 在设施内先按试验小区开沟挖土槽, 80 cm 宽, 30 cm 深, 跨度 8.5 m, 畦宽 140 cm, 土槽为南北走向。用质量好、结实的旧棚膜铺在土槽内, 与四周隔绝, 以防止各处理间相互渗漏、侧漏, 棚膜底部每隔 10 cm 打眼, 防止积水。再将预先测定符合试验盐分等级的土壤通过客土回填到对应的土槽内。其中 T1 为园区粮田土, EC 值 $0.21 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 有机质 $18.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $36.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $49.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 7.3。T2 ~ T5 均为园区内设施菜田土壤, EC 值分别为 0.375、0.532、0.914、1.108 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 土壤养分平均为有机质 $30.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $174 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $207 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 7.91, 试验区两头设置保护行。所有处理的施肥、滴灌等生产管理措施均一致, 追肥第一次在根瓜膨大期滴灌追施果菜专用水溶肥 (22:8:22) $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 第二次在根瓜收获期追施果菜专用水溶肥 (22:8:22) $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 之后每 6 ~ 7 d 追施果菜专用水溶肥 (18:8:26) $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 共追肥 8 次。

定点监测包括大兴区立春基地 3 号棚, 棚室面积 467 m^2 , 有机质 $12.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $64.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $241 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 8.29, 栽种黄瓜 2 955 株, 监测时间 2016 年 1 月 27 日至 2017 年 10 月 20 日; 绿得金基地 H3 号棚, 棚室面积 667 m^2 , 有机质 $28.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $166 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $354 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 7.76, 栽种黄瓜 2 541 株, 监测时间 2016 年 2 月 15 日至 2017 年 11 月 28 日; 青云龙腾 5 号棚, 棚室面积 800 m^2 , 有机质 $34.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $324 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $312 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 7.61, 栽种黄瓜 2 955 株, 监测时间 2016 年 3 月 1 日至 2017 年 10 月 15 日。3 个监测点统一栽种中农 26, 连续种 4 茬黄瓜, 施肥、滴灌, 所有生产管理措施均一致。底施有机肥 $45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 过磷酸钙 $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 每次追施 $94.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 尿素和 $84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 硫酸钾, 共追肥 8 次。

1.2 样品采集

盐分胁迫试验中, 黄瓜定植后随机选取 5 株,

在每一茬的第 7、14、21、28、35 d 测定作物株高与第 35 d 的茎粗, 每个处理随机取 6 个成熟果实测定品质。定点监测试验中, 土壤采用“S”法取样, 深度 0 ~ 20 cm, 5 点混合而成。

1.3 测定项目与方法

收获期, 盐分胁迫试验每个处理按畦计产; 监测点按实测计产。果实 V_c 用 2, 6-二氯酚靛酚容量法测定, 硝酸盐用紫外分光光度法测定。土壤电导率 (EC 值) 用电导仪测定法 (水土比 5:1) 测定。

1.4 统计分析

采用 Excel 2013 进行数据处理与做图。

2 结果与分析

2.1 盐分胁迫对黄瓜株高与茎粗的影响

一般黄瓜苗龄为 30 ~ 40 d, 从表 1 可以看出, 冬春茬黄瓜在第 28 d 进入快速生长期, 在第 35 d 的各处理株高最高不超过 184 cm; 秋冬茬黄瓜快速生长期提前一周, 到第 35 d 株高可达 205 cm 以上。T3 处理的株高均明显高于其他处理, 在第 35 d 时分别达到 129, 218, 182 和 243 cm。T1 和 T5 处理黄瓜苗相对较矮小。

移栽后的第 35 d, T3 处理幼苗最壮, 较弱的是 T1 和 T5。结合株高与茎粗表明, 当土壤 EC 值在 0.25 ~ 0.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 范围时, 最适宜黄瓜幼苗生长, 缓苗快 (表 2)。

2.2 盐分胁迫对黄瓜产量与品质的影响

由于连续 4 茬栽种黄瓜, 期间未进行倒茬和土壤消毒, 除冬春茬较好管理外, 在秋冬茬均出现红蜘蛛、病毒性黄斑等病虫害, 因此仅对 4 茬处理畦的总产量进行比较。由表 3 可知, T3 处理畦总产量最高, 为 204 kg; 相比于 T3 处理, T4 和 T5 处理分别减产 4% 和 11%。当 EC 值在 0.5 ~ 0.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 范围时, 黄瓜的产量和 V_c 含量随着土壤盐分的增加而增加; 当 EC 值大于 0.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时, 则随着盐分的增加而下降。硝酸盐变化趋势则与此相反, 即当 EC 值在 0.5 ~ 0.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 范围时, 黄瓜中的硝酸盐含量随着盐分的增加而降低; 当 EC 值大于 0.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时, 则随着盐分的增加而增加。结果表明, 在连续 4 茬的黄瓜全生育期中, T3 处理的产量和品质均为最好, 即适宜中农 26 号黄瓜全生育期安全范围是 0.5 ~ 0.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

表 1 不同茬口黄瓜株高 (cm)

茬口	处理	第 7 d	第 14 d	第 21 d	第 28 d	第 35 d
2016 年上茬	T1	13.4 ± 3.79	16.5 ± 4.25	25.6 ± 5.97	55.3 ± 7.55	107 ± 6.10
	T2	12.5 ± 2.92	15.3 ± 2.72	26.4 ± 3.06	63.1 ± 4.49	118 ± 9.99
	T3	16.0 ± 1.87	19.0 ± 1.41	31.2 ± 4.31	71.9 ± 2.79	129 ± 8.67
	T4	15.5 ± 3.30	18.6 ± 3.65	27.6 ± 4.18	64.3 ± 4.92	124 ± 8.17
	T5	14.5 ± 1.73	16.2 ± 1.29	25.4 ± 2.56	56.8 ± 5.75	112 ± 8.99
2016 年下茬	T1	11.7 ± 7.72	26.6 ± 9.80	64.1 ± 14.5	147 ± 11.8	206 ± 1.47
	T2	12.8 ± 7.05	32.1 ± 8.96	67.2 ± 15.7	149 ± 13.3	217 ± 1.59
	T3	13.8 ± 6.18	35.1 ± 8.36	75.2 ± 3.89	163 ± 1.99	218 ± 0.94
	T4	13.9 ± 4.58	33.5 ± 7.58	70.8 ± 5.39	158 ± 3.92	217 ± 0.97
	T5	12.6 ± 7.41	28.1 ± 9.14	67.6 ± 12.2	154 ± 10.1	217 ± 0.85
2017 年上茬	T1	19.2 ± 2.12	41.4 ± 5.85	64.0 ± 8.76	108 ± 10.9	168 ± 1.52
	T2	16.5 ± 5.05	35.2 ± 12.0	58.4 ± 14.3	97.8 ± 14.8	171 ± 0.69
	T3	13.8 ± 2.06	32.9 ± 5.05	57.2 ± 5.42	105 ± 7.15	182 ± 0.72
	T4	15.9 ± 2.40	34.8 ± 6.43	59.0 ± 9.39	101 ± 12.1	175 ± 0.94
	T5	11.7 ± 2.12	26.5 ± 5.91	45.7 ± 13.1	87.6 ± 19.2	164 ± 1.22
2017 年下茬	T1	12.7 ± 1.26	30.2 ± 4.84	70.5 ± 10.7	134 ± 17.3	218 ± 18.4
	T2	12.5 ± 1.69	30.8 ± 4.39	66.5 ± 8.44	138 ± 12.2	227 ± 14.0
	T3	13.6 ± 1.50	35.7 ± 4.53	76.0 ± 11.7	148 ± 10.7	243 ± 15.8
	T4	13.3 ± 1.77	36.7 ± 5.10	84.3 ± 13.3	162 ± 16.1	242 ± 19.2
	T5	12.1 ± 1.18	31.2 ± 2.62	68.1 ± 8.45	136 ± 18.1	222 ± 14.6

注: 均值 ± 标准差, n=5。下同。

表 2 不同盐分胁迫处理下第 35 d 黄瓜茎粗 (mm)

处理	2016 年上茬	2016 年下茬	2017 年上茬	2017 年下茬
T1	8.15 ± 0.51	9.26 ± 0.94	10.3 ± 1.52	9.36 ± 1.06
T2	9.19 ± 1.03	10.3 ± 0.97	10.2 ± 0.69	9.94 ± 0.72
T3	10.3 ± 1.23	10.5 ± 0.85	10.3 ± 0.72	10.8 ± 1.20
T4	9.15 ± 1.39	9.93 ± 0.97	10.0 ± 0.94	10.2 ± 0.57
T5	8.65 ± 0.82	9.03 ± 1.59	10.1 ± 1.22	9.72 ± 1.12

表 3 不同盐分胁迫处理黄瓜产量与品质

处理	处理畦 总产量 (kg)	Vc (mg · 100 g ⁻¹)	Vc (mg · 100 g ⁻¹)	硝酸盐 (mg · kg ⁻¹)	硝酸盐 (mg · kg ⁻¹)
		变化幅度	平均值	变化幅度	平均值
T1	198 ± 2.35	3.96 ~ 6.95	5.07	24.1 ~ 82	43.1
T2	198 ± 2.21	4.00 ~ 7.69	5.38	24.6 ~ 72	45.2
T3	204 ± 1.46	4.00 ~ 7.90	5.63	22.6 ~ 62	40.2
T4	196 ± 1.72	3.74 ~ 6.73	4.71	31.6 ~ 88	49.4
T5	181 ± 2.76	3.74 ~ 5.37	4.54	37.9 ~ 96	55.7

2.3 监测点土壤盐分与黄瓜产量的关系

连续 4 茬 3 个监测点中, 有 3 个离群值, 在统计中剔除, 土壤盐分与黄瓜产量的关系见图 1。两者的相关性分析表明, 土壤盐分 (x) 与黄瓜产量 (y) 呈负相关 ($y = -123.76x + 164.86$, $r = 0.870$, $P =$

0.002), 即当盐分超出一定范围, 盐分越高产量越低。当土壤 EC 介于 0.648 ~ 0.755 dS · m⁻¹ 时, 平均产量为 76 t · hm⁻²; 当 EC 上升至 0.803 ~ 0.921 dS · m⁻¹ 时, 平均减产 20%; 而当 EC 超过 1 dS · m⁻¹ 时, 将减产近 60%。

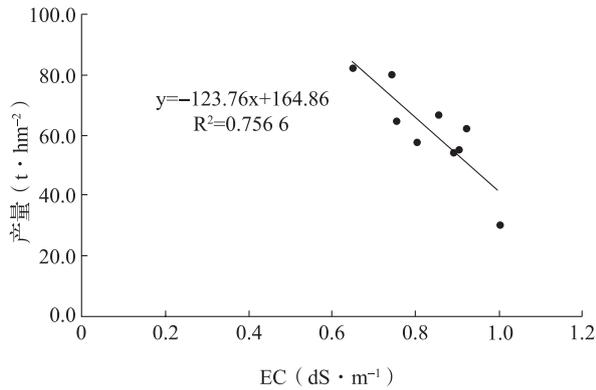


图1 不同茬口监测点土壤盐分与黄瓜产量的关系

3 讨论与结论

3.1 不同盐分胁迫与黄瓜生产的关系

以土壤 EC 值超过 $0.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 为作物生育障碍临界点, 京郊新建的设施大棚到第 3 年 15.2% 的地块电导率超标; 到第 4 年有 42.4% 的地块超标, EC 最高可达 $1.657 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 5 年以上的老菜田 80% 都超过障碍临界点, 土壤表面的绿藻和紫球藻连片出现, 土壤发板且不易耕作, 作物生理性病害发生频繁^[2]。

北京地区的设施黄瓜生产中, 一般来说, 底肥常施用 3 ~ 6 t 的商品有机肥或鸡粪, 追肥氮磷钾选择 3 个配比, 前期 16:8:34, 中期 18:0:24, 后期 15:0:10, 每次用量 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 共追施 20 ~ 25 次, 黄瓜产量可达 $82.5 \sim 97.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。尽管黄瓜可获得高产, 但土壤养分大量盈余, 有效

氮、磷、钾均超过 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。肥料的长期超量使用是导致设施土壤发生次生盐渍化的主要原因。黄瓜是果类蔬菜中对盐最敏感的作物, 在苗期会因外界盐分过高而出现生理性干旱、苗弱、缓苗慢、死苗率高等现象, 最终导致产量下降。而这一现象在盐分胁迫试验中得到了充分的验证。

一般来说, EC 值与土壤各养分含量呈正相关, 即盐分越高的土壤, 则硝态氮含量越高^[6]。在一定范围内, 适当增加盐分, 可提高作物的可溶性糖和蛋白质含量, 有利于黄瓜品质的提高。但是, 当氮含量超出了作物合成氨基酸或蛋白质的能力时, 过多的氮则以硝态氮的形式在作物体内聚集起来, 而且蛋白质合成越多会消耗更多的碳水化合物, 减少 Vc 的形成, 而不利于改善黄瓜品质。本文结论与前人所得结论一致^[7]。

3.2 设施菜田土壤盐分评价

前人采用土壤 EC 来评价作物对盐分的反应^[7-11] (表 4)。大多数学者并未针对特定作物进行分级, 但一致认为 $0.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 是作物生长好坏的盐分临界值, 当超出 $0.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时, 盐分越高, 作物越容易受到抑制, 严重时枯萎死亡。而针对黄瓜生产的盐分临界值, 张金锦等^[7]认为当土壤 EC 超过 $2.03 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 黄瓜生长就会受抑制, 并出现 10% ~ 30% 的减产, 但京郊设施菜田土壤盐分最高仅为 $1.657 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 。李宇虹等^[11]通过非生物学试验认为当土壤盐分介于 $0.6 \sim 0.9 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 是黄瓜的可调控范围, 但缺少实际生产验证。

表 4 土壤 EC 评价汇总表

评价等级	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	植物反应	文献来源
	>0.5	吸收水分养分开始受阻	李先珍等 ^[8]
	1	作物出现生理性障碍	张春兰等 ^[9]
	3	作物枯萎死亡	
无盐度	<0.25	一般作物正常	高峻岭等 ^[10]
低盐度	0.25 ~ 0.6	敏感作物有障碍	
中盐度	0.6 ~ 0.8	多数作物受阻	
高盐度	0.8 ~ 1.0	仅耐盐作物能生长	
超高盐度	≥ 1.0	仅极耐盐作物能生长	
等级 1	<2.03	盐分影响忽略不计或有轻微增产	张金锦等 ^[7]
等级 2	2.03 ~ 3.76	植株生长减少 0% ~ 15%, 产量下降 10% ~ 30%	
等级 3	3.76 ~ 5.32	植株生长减少 15% ~ 30%, 产量下降 30% ~ 50%	
等级 4	5.32 ~ 6.15	植株生长减少 30% ~ 60%, 产量下降 50% ~ 70%	
等级 5	>6.15	植株生长减少大于 60%, 产量下降大于 70%	
	0.3	苗期临界值	李宇虹等 ^[11]
	0.6	全生育期临界值	
	0.6 ~ 0.9	可调控范围	

本文综合连续两年的4茬设施黄瓜盐分胁迫试验和定点监测试验,得出京郊设施黄瓜(中农26号)生产菜田土壤盐分分级的建议:黄瓜是对盐分非常敏感的果类蔬菜,苗期安全范围是EC值 $0.25 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$,幼苗可迅速缓苗。在整地定植前,应尽量减少底肥施用量,尤其是高肥力菜田可减少底肥中化肥的投入,严格控制含氯化肥的使用。选择秸秆类肥、牛羊粪等有机肥,少选用鸡粪,提前半个月施入,最多不超过 $30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,为黄瓜幼苗创造低盐安全的土壤环境。全生育期安全范围是EC值 $0.5 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$,可确保黄瓜高产与品质提高。当土壤盐分上升至 $0.8 \sim 0.9 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$,甚至超过 $1 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时,可能会造成 $20\% \sim 60\%$ 的减产,在结瓜期应定时测定土壤盐分,若盐分过高则仅浇水不带肥,追肥遵循少量多次的原则。

参考文献

- [1] 北京市统计局. 2017北京市统计年鉴[G]. 2017.
- [2] 文方芳. 种植年限对设施大棚土壤次生盐渍化与酸化的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016, (4): 49-53.
- [3] 宋科, 徐四新, 罗国安, 等. 土壤可溶性盐含量对黄瓜种子萌发及其幼苗生长发育的影响[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(3): 593-597.
- [4] 张润花, 郭世荣, 李娟. 盐胁迫对黄瓜根系活力、叶绿素含量的影响[J]. 长江蔬菜, 2006, (2): 47-49.
- [5] 费伟, 陈火英, 曹忠, 等. 盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2005, 23(1): 5-9.
- [6] 黄绍文, 高伟, 唐继伟, 等. 我国主要菜区耕层土壤盐分总量及离子组成[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(4): 965-977.
- [7] 张金锦, 段增强, 李汛. 基于黄瓜种植的设施菜田土壤硝酸盐型次生盐渍化的分级研究[J]. 土壤学报, 2012, 49: 673-680.
- [8] 李先珍, 王耀林, 张志斌. 京郊蔬菜大棚土壤盐离子积累状况研究初报[J]. 中国蔬菜, 1993, (4): 15-17.
- [9] 张春兰, 张耀东, 朱建春, 等. 施用稻草对防治保护地土壤盐渍化的作用[J]. 土壤肥料, 1994, (3): 146-148.
- [10] 高峻岭, 宋朝玉, 黄绍文, 等. 青岛市设施蔬菜施肥现状与土壤养分状况[J]. 山东农业科学, 2011, (3): 68-72.
- [11] 李宇虹, 陈清. 设施果类蔬菜土壤EC值动态及盐害敏感性分析[J]. 中国蔬菜, 2014, (2): 15-20.

Effects of different salt stress on greenhouse cucumber growth in Beijing suburbs

WEN Fang-fang¹, HAN Bao², LI Tong³, LIAO Hong¹, ZHU Wen², ZHANG Yang⁴, LIU Zi-fei¹, ZHANG Xue-lian¹, ZHANG Meng-jia¹ (1. Beijing Soil Fertilizer Extension Service Station, Beijing 100029; 2. Fangshan Planting Technology Promotion Station, Beijing 102412; 3. Daxing Planting Technology Promotion Station, Beijing 102600; 4. Daxing Soil Fertilizer Extension Service Station, Beijing 102600)

Abstract: The effects of different salt stress on the plant height, diameter, yield and quality of cucumber were studied for two consecutive years in four bases in Fangshan and Daxing district of Beijing. Soil electrical conductivity (EC) was used as an indicator, and the salt stress treatments were $0.21 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ for treatment 1 (T1), $0.375 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ for treatment 2 (T2), $0.532 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ for treatment 3 (T3), $0.914 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ for treatment 4 (T4) and $1.108 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ for treatment 5 (T5). The result showed that the safe value of soil salt for cucumber seedlings was between $0.25 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, in which the plant height and diameter may reach the best level. When the EC value was in the range of $0.5 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, the cucumber yield and vitamin C content increased with the increasing of soil salinity. While when the EC value was greater than $0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, it decreased with the increasing of soil salinity. The change of nitrate was on the opposite with them. The safe range of soil salt for cucumber during the whole growing period was $0.5 \sim 0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, which may ensure both the high yield and quality of cucumber. Soil salt content negatively correlated with cucumber yield ($y = -123.76x + 164.86$, $r = 0.870$, $P = 0.002$). When the soil salinity is increased to $0.8 \sim 0.9 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, or even more than $1 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, it may cause a $20\% \sim 60\%$ yield reduction in cucumber production.

Key words: salt stress; greenhouse; cucumber