

设施菜地土壤次生盐渍化的成因、危害及其分类 与分级标准的研究进展^①

张金锦^{1,2}, 段增强^{1*}

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 近 30 年来, 我国设施蔬菜栽培发展迅速, 已成为我国农业中最有活力的新兴产业之一。但在长期的设施蔬菜生产过程中, 普遍存在着不合理施肥、养分比例失调、肥效下降、资源浪费严重等问题, 致使土壤养分富集, 盐分积累现象日趋严重。本文对我国设施菜地土壤次生盐渍化的现状、发生原因及其对作物的危害进行综述和分析, 在此基础上制定设施菜地土壤次生盐渍化分类与分级的标准的建议及初步构架, 旨在为防治设施菜地土壤次生盐渍化, 实现设施菜地土壤的质量调控与可持续利用提供理论指导和科学依据。

关键词: 设施菜地; 土壤次生盐渍化; 分类与分级; 标准

中图分类号: S155.4[†]1

本文研究的设施菜地土壤(保护地土壤)是指玻璃温室、日光温室、塑料大棚等园艺设施栽培土壤的总称^[1]。上世纪 70 年代设施蔬菜栽培在中国得到了大面积普及推广, 80 年代蓬勃发展, 到 90 年代形成了塑料大棚与日光温室等设施发展的高潮, 使中国北纬 32°~45°地区都有设施农业生产^[2]。目前我国已形成了东北南部、华北、西北及以山东为主的黄淮地区等多块初具规模的设施农业生产基地^[3], 以日光温室和塑料大棚为主体。据有关资料统计, 到 2008 年底我国设

施栽培面积已突破 $3.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 其中设施蔬菜年种植面积又比 2000 年翻了近一番, 达到 $3.47 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ^[4]。根据相关调查, 大棚生产每公顷利润在 9.0 万元以上, 温室种植每公顷利润近 13.5 万元, 温室、大棚种植是露地菜生产利润的 3~4 倍^[5]。

从表 1 数据分析上看, 设施农业具有物质投入水平高、产品价格高、经济效益高的特点。所以设施栽培在我国的发展非常迅速, 由图 1 可见设施蔬菜栽培在我国的发展趋势。

表 1 设施农业与传统农业效益比较分析

Table 1 Benefit comparison between facility and traditional agriculture

种植类型	项目	主产品产量	总收入	价格	活劳动投入	物质投入	生产总成本	利润率
大棚蔬菜	合计	1 864.07	2 945.23	1.58	764.85	684.96	1 449.81	1.03
	平均	372.80	589.05	1.58	152.97	136.99	289.96	1.03
露地蔬菜	合计	1 265.45	847.85	0.67	233.45	264.10	608.65	0.39
	平均	253.09	169.67	0.67	46.69	52.82	121.73	0.39
大棚与露地之差		598.62	2 097.38	0.91	531.40	420.86	841.16	0.64

资料来源: 中国农业科学院农业经济与发展研究所根据北京市农研中心经管站提供的数据整理(2006)。注: 样本数为 5, 折合成相同面积后进行比较, 主产品产量单位为: kg/hm^2 , 价格单位为: 元/kg, 其他项目单位为: 元/ hm^2 。

①基金项目: 江苏省农业三项工程项目(SX(2010)104)资助。

* 通讯作者(zqduan@issas.ac.cn)

作者简介: 张金锦(1985—), 女, 山东日照人, 博士研究生, 主要从事设施农业土壤次生盐渍化方面的研究。E-mail: jjzhang@issas.ac.cn

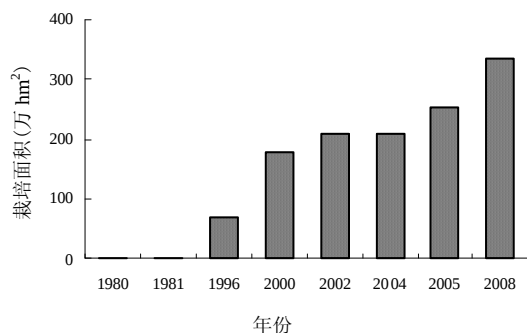


图 1 自 1980 年至 2008 年我国设施蔬菜栽培面积变化趋势表

Fig. 1 Area change of facility vegetable field

然而, 设施农业的高投入、高强度的生产方式同时也带来了一些问题: 设施菜地土壤 N、P 富集, 养分失衡, 土壤酸化, 微生物区系改变, 土壤次生盐渍化严重, 其中土壤盐分积累是设施栽培最突出的问题, 是设施栽培中最大的土壤障碍因子, 且随种植年限增加, 次生盐渍化程度日趋严重, 部分种植年限长 (一般 5~8 年以上) 的设施菜地已不能再继续生产^[6-8]。

1 设施菜地土壤次生盐渍化的现状

随着设施栽培年限的增加, 设施菜地土壤次生盐渍化现象不断出现并日益加重, 严重影响了蔬菜的产量和品质, 阻碍蔬菜生产的可持续发展^[9-10]。目前, 对设施菜地土壤的积盐现象的报道较多^[11-13], 在对山东、辽宁、江苏、四川的实地调查中发现, 温室、大棚栽培条件下, 土壤表面均有大面积白色盐霜出现, 有的甚至出现块状紫红色胶状物 (紫球藻), 土壤盐化板结, 作物长势差, 甚至绝产, 其中以山东、江苏两省设施土壤的盐渍化程度最为严重^[11]。表 2 为设施土壤耕层 (0~20 cm) 含盐量及电导率。

2 设施菜地土壤次生盐渍化的成因

2.1 集约化多肥栽培

表 2 设施土壤耕层 (0~20 cm) 含盐量及电导率^[11]

Table 2 Salt contents & EC at the top of facility soils (0~20 cm)

地区	样本数	类型	含盐量 (g/kg)	电导率 (mS/cm)
山东寿光	18	GH	0.68 ~ 6.01	0.26 ~ 1.56
		OF	0.52 ~ 0.66	0.10 ~ 0.14
辽宁新民	20	GH	0.61 ~ 2.64	0.14 ~ 0.80
		OF	0.33 ~ 0.67	0.08 ~ 0.19
江苏常州	11	GH	0.56 ~ 6.69	0.18 ~ 1.71
		OF	1.03 ~ 1.06	0.30
四川双流	15	GH	0.65 ~ 2.27	0.14 ~ 0.50
		OF	0.39 ~ 0.60	0.08 ~ 0.12

注: GH, 设施土壤; OF, 露地土壤。

不合理地大量投肥是造成设施菜地土壤次生盐渍化的重要原因之一^[12-13]。在设施栽培条件下, 为了使蔬菜高产, 人们往往大量施用化肥。吕福堂等^[14]报道, 聊城市日光温室施肥量为大田的 5~10 倍, 个别甚至达到 20 多倍。据在山东寿光县的调查结果显示, 农民半年内向大棚土壤投入化肥在 3 000~4 500 kg/hm² 的现象非常普遍, 甚至用量更多^[15]。永年县日光温室冬春茬黄瓜种植投入的肥料残余量竟高达 90%^[16-17]。化肥的投入远远超过了蔬菜正常生长需要的量而逐渐在土壤中积累, 与其他肥料相比, N 肥是设施农业生产中施用最多、最集中的肥料, 其结果直接导致了 N 肥在土壤中的大量残留。表 3 的分析结果表明, 经过几年的设施农业管理和栽培, 与露地土壤相比, 无论是在耕层土壤 (0~20 cm 和 20~30 cm 土层) 还是深层土壤 (30~40 cm 和 40~50 cm 土层) 中, 设施菜地有效 N 的含量都极显著 ($p<0.01$) 高于露地土壤, 设施菜地土壤的 0~20、20~30、30~40、40~50 cm 土层的有效 N 含量分别比露地土壤的对应土层平均高出 22.8、18.2、12.1、7.6 倍。

表 3 夏季设施菜地与露地各土层有效 N 含量及 t-检验分析结果^[18]

Table 3 Available nitrogen contents under different layers in summer greenhouse and open-field vegetable soils and t-test analysis

土层 (cm)	土壤	含量 (mg/kg)			T	SD	CV (%)
		最小值	最大值	平均值			
0~20	温室	247.1	435.5	324.0	12.61**	69.1	21.3
	露地	7.8	21.2	13.7		5.8	42.1
20~30	温室	52.9	200.9	129.4	6.32**	54.9	42.4
	露地	5.1	8.9	6.8		1.7	24.9
30~40	温室	31.0	153.8	75.6	5.00**	39.2	51.9
	露地	3.8	10.2	5.8		3.0	51.6
40~50	温室	28.5	111.3	56.7	4.24**	33.0	58.2
	露地	4.2	12.4	6.6		3.9	58.7

另外,施肥比例不合理也是一个重要原因,例如重施 N 肥轻施 P、K 肥,导致土壤养分失衡,进一步影响蔬菜的正常吸收利用,势必引起土壤中 N 素的过剩、积累,导致土壤次生盐渍化的发生^[19]。

2.2 设施菜地特殊的水分运移形式

设施菜地是人为创造的反季节生产的小环境,封闭的环境大大降低了降雨对土壤的自然淋溶作用,菜地内施用的大量矿质肥料既不能随雨水流失,也不能随雨水淋溶到土壤深层,而是残留在土壤耕层内。加之设施菜地内长期处于高温状态,土壤水分蒸发量较大,致使土壤上层水分迅速消耗并促使下层水分和地下水向上移动来补充上层水分的消耗,从而使盐分随水被带至表层,加速了表层土壤盐分的积累。程美廷等^[20]对永年县日光温室的定点观察表明,土壤水分在耕层内运行的方向,除灌水后一天左右的时间外,其余时间都是向着地表方向运动的,按照“盐随水来,盐随水去,水散盐留”的规律,盐分必然会在表土积聚。

2.3 肥料表施

据分析,设施菜地内土壤溶液的电导率从下层向地表方向呈梯度递增,表层土壤的电导率一般较下层土壤高 1~3 倍^[20]。李文庆等^[21]研究表明,山东大棚土壤各土层的含盐量都比对照相应土层的高,其 0~5、5~10 cm 两土层与对照差异达到极显著水平,其他土层与对照差异仅达显著水平。由于蔬菜根系一般分布较浅,肥料多表施,造成表土积盐现象严重。

2.4 土壤温度和湿度高

因长期浅灌、土表施肥和浇水频繁,设施菜地内湿度一直保持在较高水平,使菜地土壤团粒结构受到破坏,大孔隙减少,通透性变差,盐分不能渗透到土壤深层,加剧了盐分向表层积聚。另外设施土壤温度较高,原生矿物的风化加速、盐基离子的释放增加,更进一步加深设施菜地土壤次生盐渍化^[20]。

2.5 地下水位升高,矿化度增加

设施栽培过程中,由于用水不合理,灌水次数频繁,引起地下水位上升,使设施菜地土壤的地下水位较其邻近露天土壤为高,加之,排水不畅,土壤固粒结构被破坏,大孔隙减少,通透性变差,毛管作用增强,盐分表积逐渐加剧,造成土壤板结和次生盐渍化的发生^[22-23]。

2.6 有机肥的施用量及施肥方法不当

施入设施菜地的没有经过腐熟或腐熟度不高的有机肥,会在较高的温度下迅速分解挥发,释放出大量的氨气、硫化氢,毒害棚室内的蔬菜,而一些硫酸盐、

有机盐及其他无机盐等残留在耕层土壤中,会增加设施菜地土壤含盐量,加重表层盐分的积累^[24-25]。

3 设施菜地土壤次生盐渍化的基本特性

设施菜地次生盐渍化盐分组成以 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 为主,这是设施土壤次生盐渍化的主要特征,这个特征使其有别于滨海盐渍化土和内陆盐碱土。而土壤盐分集中在地表及耕作层是设施土壤次生盐渍化最明显的特征。其他主要次生盐渍化离子有阴离子: Cl^- 、 CO_3^{2-} ; 阳离子: Mg^{2+} 、 K^+ (Na^+)。图 2 为江苏宜兴设施菜地土壤中各盐分离子含量 (mg/kg) 占全盐量的百分比的示意图^[18],如图所示的各盐分离子的百分比代表了多数地区设施菜地土壤次生盐渍化的盐分比例,由图中不难看出该类型的设施菜地次生盐渍化的三大成盐贡献离子分别为: SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Ca^{2+} 。

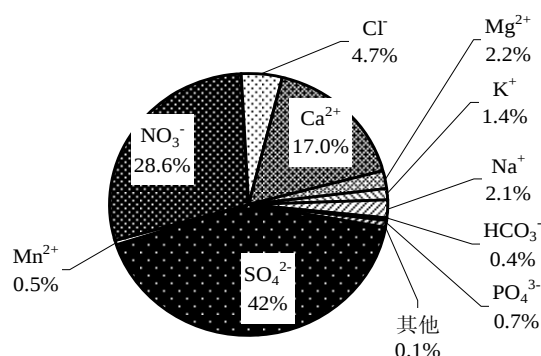


图2 江苏宜兴设施菜地土壤中各盐分离子含量占全盐量的百分比

Fig. 2 Salt ions' percentage in facility vegetable soil in Yixing, Jiangsu Province

4 土壤次生盐渍化的危害

4.1 对设施蔬菜的直接危害

4.1.1 生理干旱 设施土壤发生次生盐渍化,土壤中可溶性盐类过多,渗透势增高而使土壤水势降低,引起植物根细胞吸收土壤水分困难或者是脱水^[26]。因此,盐害的通常表现是生理干旱,尤其是在高温强光照射情况下,生理干旱现象表现得更为严重。蔬菜发生生理干旱后易引起生长发育不良,植株抗病性下降,病虫害加重等后果,严重影响蔬菜的产量和品质。

4.1.2 影响蔬菜对养分的吸收 作物所需的养分一般都是伴随水分进入植物体内,盐分过多,影响作物吸收水分,因此也影响作物对养分的吸收。硝酸盐积累,可引起蔬菜对各营养元素吸收不平衡,酸性土

中硝酸盐积累可引起 Fe、Mn 中毒和发生 Zn、Cu 缺乏症;石灰性土壤则可能引起 Fe、Zn 和 Cu 等元素的缺乏。土壤溶液中 Na^+ 、 Cl^- 大量存在,会抑制植物对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{Fe}^{2/3+}$ 等离子的吸收,破坏植物体内的矿质营养过程,植物的营养状况失去平衡^[27]。从离子毒害性的角度分析,土壤 NO_3^- 过量累积,使蔬菜体内硝酸盐积累,品质变劣,降低蔬菜的市场竞争力;人体摄入的硝酸盐在细菌作用下可还原成亚硝酸盐,亚硝酸盐可与人和动物摄取的胺类物质在胃腔中形成强力致癌物——亚硝胺,从而诱发消化系统癌变,危害人类自身的健康; Cl^- 还会对作物产生直接的毒害作用,如 Cl^- 使作物体内的叶绿素含量降低,蔬菜淀粉及糖分降低,品质变劣,产量降低^[27-33]。张玺等^[34]通过盆栽试验对几种蔬菜的耐 Cl^- 能力进行了研究,结果发现,高 Cl^- 浓度使西红柿生长受到抑制,对产量有较大的影响,产量与土壤离子浓度之间存在极显著负相关关系,相关系数为 $-0.986\ 2^{**}$ 。

4.2 对设施菜地土壤质量的影响

土壤中的盐分可抑制土壤微生物的活动,影响土壤养分的有效化过程,从而间接影响土壤对作物的养分供应。随着土壤含盐量的增加,首先抑制土壤微生物活动,降低土壤中硝化细菌、磷细菌和磷酸还原酶的活性,从而使 N 的氨化和硝化作用受抑制^[35],土壤有效 P 含量减少,硫酸铵和尿素中氨的挥发随之增加。如氯化物盐类能显著地抑制氨化作用,当土壤中 NaCl 达到 $2.0\ \text{g/kg}$ 时,氨化作用大为降低,达到 $10\ \text{g/kg}$ 时氨化作用几乎完全被抑制,而硝化细菌对盐类的危害更加敏感。

4.3 污染环境

土壤发生次生盐渍化,会对周围生态环境造成不良影响。土壤中的部分盐离子,在大水漫灌条件下会被淋溶到深层土壤或地下水中,对地下水造成污染。在长期设施栽培条件下, N 素淋溶可导致地下水硝态氮污染。另外,过量的硝态氮还造成氮氧化物等温室气体的大量释放,使温室内有害气体聚集量增加,对蔬菜生长产生直接危害^[20]。土壤 P 素的过量累积对环境也会带来潜在的威胁:一方面在质地较粗的土壤中可以发生 P 素的淋失;另一方面,土壤侵蚀和地表径流会将表土中的 P 素带入水体,引起富营养化。

5 分类与分级的初步研究

设施菜地土壤次生盐渍化已成为国内外设施栽培普遍存在的问题,次生盐渍化的发生不仅严重危害蔬

菜的生长发育导致蔬菜产量、品质的下降,而且还阻碍设施土壤的可持续利用。农户的需要和农业可持续发展的要求,急需我们解决这一问题。

针对这一问题,笔者对大量的设施菜地土壤次生盐渍化的形成机理、发生规律及其危害的研究进行归纳总结,在此基础上,初步提出对设施菜地土壤次生盐渍化过程进行分类与分级的设想,逐步研究其分类和分级标准,以期最终制定出一套设施菜地次生盐渍化分类与分级的标准。

该项工作的开展,需全面考虑我国设施蔬菜的栽培状况,包括设施栽培土壤的类型,栽培蔬菜及其品种,肥水管理状况等因素,考虑到不同地区、不同种植模式下设施菜地栽培状况存在较大差异,为简化分类、分级标准研究的工作进程,我们先将设施菜地的次生盐渍化分为硝酸盐类和非硝酸盐类两大类,分类依据是硝酸盐在绝大多数设施菜地次生盐渍化中绝对贡献率^[23]。然后将非硝酸盐类分为硫酸盐类、氯盐类,理论依据为:虽然 NO_3^- 在绝大多数的次生盐渍化温室土壤的盐离子中占主要部分,具有普遍性,但在某些地区,由于所施肥料或土壤类型不同而有一些例外。例如一些地区偏重施用硫酸钾作为 K 肥的主要来源,会使得这些地区的 SO_4^{2-} 残留比较严重,从一些研究^[36-37]中可以看出,有些土壤中 SO_4^{2-} 含量已经高于 NO_3^- 的含量,成为设施菜地次生盐渍化的一个重要因子。而有些地区的设施菜地次生盐渍化土壤中 Cl^- 的贡献率最大。然后我们要把次生盐渍化的主要贡献阳离子考虑进来,这样就能进一步细化分类,硫酸盐类可分为硫酸钙类、硫酸镁类;氯盐类可分为氯化钙类、氯化镁类。这样就完成了设施菜地次生盐渍化的初步分类,然后借鉴和吸收草地盐渍化的分级指标和方法^[38],以蔬菜生物产量相对下降百分数、可食部分产量下降相对百分数, pH 相对变化量等为指标初步进行土壤次生盐渍化的分级,这需要长期定位实验及大量盆栽试验的支持,此项工作尚在进行中。

6 结语

就设施菜地次生盐渍化问题国内外研究者做了大量的研究并取得了积极成果。研究领域包括:次生盐渍化发生原因、机理、规律、危害、防治等等。然而,对于农户而言,至今缺少一个容易掌握的科学合理的量化指标来明确其设施菜地次生盐渍化的状况,因此构建设施菜地土壤次生盐渍化分类与分级标准,并建立一个分类与分级标准的数据库,能指引农户根据蔬

菜生长状况、产量、品质等信息自行诊断设施菜地土壤次生盐渍化状况; 并有针对性地及时作出调整和修复, 这对减少设施菜地土壤次生盐渍化造成的损失, 提高农户收入, 促进设施菜地土壤的可持续利用, 减少对地下水二次污染等都有积极、深远的意义; 并可以对设施菜地土壤酸化、重金属污染、病虫害等诸多土壤环境问题的研究和解决起到积极的借鉴和支持作用。

参考文献:

- [1] 张俊侠, 孙德平, 司友斌. 设施土壤蔬菜栽培的障碍因子研究. 安徽农学通报, 2001, 7(4): 52-54
- [2] 冯承伟, 董仁杰. 中国设施农业工程技术与装备. 农业机械, 2003(4): 19-22
- [3] 怀风涛, 齐晓宁, 王其存, 鲍强, 刘兆永, 王洋. 北方保护地蔬菜生产现状及技术对策. 吉林蔬菜, 2000(3): 36-37
- [4] 李建伟. 农业部种植业管理司经济作物处数据. http://www.nx.xinhuanet.com/misc/2009-10/13/content_17933478.htm
- [5] 蒋和平, 王有年, 辛岭. 北京设施农业发展现状、问题与对策. 北京农学院学报, 2009, 24(3): 28-31
- [6] 葛晓光. 对我国北方蔬菜温室生产发展中几个问题的思考. 中国蔬菜, 1998(4): 1-5
- [7] 于锡宏, 于广健. 高寒地区节能光温室存在问题及其解决途径. 北方园艺, 2002(5): 14-15
- [8] 杜新民, 吴忠红, 张永清, 裴雪霞. 不同种植年限日光温室土壤盐分和养分变化研究. 水土保持学报, 2007, 21(2): 78-80
- [9] 夏立忠, 李忠配, 杨林章. 大棚栽培番茄不同施肥条件下土壤养分和盐分组成与含量的变化. 土壤, 2005, 37(6): 620-625
- [10] 王艳群, 彭正萍, 薛世川, 杨云马, 周亚鹏, 赵立宾. 过量施肥对设施农田土壤生态环境的影响. 农业环境科学学报, 2005, 24(增刊): 81-84
- [11] 余海英, 李廷轩, 周建民. 设施土壤盐分的累积、迁移及离子组成变化特征. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 642-650
- [12] 李文庆, 贾继文, 李贻学. 大棚蔬菜种植对土壤理化及生理性状影响规律研究//谢建昌等编著. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997
- [13] Zhang YG, Jiang Y, Liang WJ. Accumulation of soil soluble salt in vegetable greenhouses under heavy application of fertilizers. Agricultural Journal, 2006, 1(3): 123-127
- [14] 吕福堂, 司东霞, 张秀省. 日光温室土壤盐分和养分的变化趋势. 中国蔬菜, 2004(3): 14-16
- [15] 贾继文, 李文庆, 陈宝成. 山东省蔬菜大棚土壤养分状况与施肥现状的调查研究//谢建昌等编著. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997
- [16] 梁成华, 唐咏, 须湘成. 沈阳市郊区蔬菜保护地土壤盐分动态研究//谢建昌等编著. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997. 283-288
- [17] Buresh RJ, Flordelis E. Nitrate Accumulation and loss in a mungbean/lowland rice cropping system. Soil Science Society of America, 1989, 53: 477-482
- [18] 郇恒福. 次生盐渍化温室土壤调控与可持续利用研究——以江苏宜兴为例(博士学位论文). 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2007
- [19] Li WQ, Zhang MS, Van Der Zee. Salt contents in soils under plastic greenhouse gardening in China. Pedosphere, 2001, 11(4): 359-367
- [20] 程美廷. 温室土壤盐分积累盐害及其防治. 土壤肥料, 1990(1): 1-4
- [21] 李文庆, 李光德, 骆洪义. 大棚栽培对土壤盐分状况影响的研究. 山东农业大学学报, 1995, 26(2): 165-169
- [22] 张妙仙, 杨劲松. 地下水埋深对土壤及地下水盐分影响的信息统计分析. 土壤, 2001, 33(5): 239-242
- [23] 刘广明, 杨劲松, 李冬顺. 地下水蒸发规律及其与土壤盐分的关系. 土壤学报, 2002, 39(3): 384-389
- [24] 廖文华, 王新军, 刘建玲. 磷肥和有机肥施用对白菜产量及磷素径流流失潜能的影响. 河北农业大学学报, 2008, 31(3): 11-16
- [25] 孙瑞娟, 王德建, 林静慧. 有机肥施用对水田土壤溶液氮磷动态变化及环境的潜在影响. 土壤, 2009, 41(6): 907-911
- [26] 张士功, 刘国栋, 刘更另. 渗透胁迫和缺磷对小麦幼苗生长的影响. 植物生理学通讯, 2001, 37(2): 103-105
- [27] 李海云, 王秀峰, 邢禹贤. 设施土壤盐分积累及防治措施研究进展. 山东农业大学学报, 2001, 32(4): 535-538
- [28] Seok HE., Setter TL., Dittommaso A., Weston LA., Differential growth response to salt stress among selected ornamentals. Journal of Plant Nutrition, 2007, 30(7): 1109-1126
- [29] White PJ, Broadley MR. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review. Annals of Botany, 2001, 88: 967-988
- [30] Renault S, Croser C, Franklin JA, Zwiazek JJ. Effects of NaCl and Na₂SO₄ on red-osier dogwood seedlings. Plant and Soil, 2001, 233(2): 261-268
- [31] Pantalone, VR. Kenworthy WJ, Slaughter LH, James BR. Chloride tolerance in soybean and perennial Glycine accessions. Euphytica, 1997, 97(2): 235-239
- [32] Lacerda CF, Cambraia J, Oliva MA, Ruiz HA. Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during

- salt stress recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 2005, 54: 69–76
- [33] Chartzoulakis K., Klapaki G. Response of two greenhouse pepper hybrids to nacl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 2000, 86: 247–260
- [34] 张玺, 程奕, 李玉华, 张仲国, 陆真元. 长期施用含氯化肥对蔬菜产量和品质影响的研究. *天津农业科学*, 2004, 10(3): 12–14
- [35] 唐泳, 梁成华, 刘志恒, 须湘成. 日光温室蔬菜栽培对土壤微生物和酶活性的影响. *沈阳农业大学学报*, 1999, 30(1): 16–19
- [36] 李刚, 张乃明, 毛昆明, 史静, 余丽娜. 大棚土壤盐分累积特征与调控措施研究. *农业工程学报*, 2004, 20(3): 44–47
- [37] 高砚芳, 段增强, 郇恒福. 宜兴市温室土壤理化性质的调查和分析. *土壤*, 2007, 39(6): 968–972
- [38] 中华人民共和国农业部. 天然草地退化、沙化、盐渍化的分级指标 (GB 19377-2003). 北京: 中国标准出版社

Preliminary Study on Classification & Grading Standards and Causes & Hazards of Secondary Salinization of Facility Vegetable Soils

ZHANG Jin-jin^{1,2}, DUAN Zeng-qiang¹

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China)

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: As one of the most productive industries, Facility Vegetable Cultivation has developed rapidly in China during the recent three decades. However, the problems, such as the widespread irrational using fertilization, nutrient imbalance, declined fertilizer efficiency, serious resource waste and so on, also resulted in the serious enrichment of soil nutrients and salt accumulation. In this paper, the status, causes, hazards of the second salinization in Chinese facilities vegetable soils were reviewed and analyzed. On this basis we proposed to develop a standard for the classification and grading of soil second salinization and gave a framework of this standard, aiming to provide theoretical guidance and scientific basis for the prevention /control of the second salinization and for the sustainable use of facility vegetable soils.

Key words: Facility vegetable soils, Secondary salinization, Classification & grading, Standards