

张绪美,管永祥,沈文忠,等. 不同施肥方式对设施土壤次生盐渍化及蔬菜生产的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(23):137-142.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.23.033

# 不同施肥方式对设施土壤次生盐渍化及蔬菜生产的影响

张绪美<sup>1</sup>,管永祥<sup>2</sup>,沈文忠<sup>1</sup>,曹亚茹<sup>1</sup>,曾晓萍<sup>2</sup>,马金骏<sup>2</sup>,胡青青<sup>1</sup>

(1. 江苏省太仓市农业技术推广中心,江苏太仓 215400; 2. 江苏省农业技术推广总站,江苏南京 210036)

**摘要:**为缓解蔬菜大棚土壤次生盐渍化,通过添加土壤改良剂(微生物菌肥和稻糠菌基质肥),并在土壤中选种蔬菜,探讨土壤改良剂对次生盐渍化土壤理化性质及蔬菜生长的影响。结果表明,施用稻糠菌基质肥处理与对照不施任何肥料和改良剂处理相比,土壤硝酸盐含量降幅高达 26.68%,土壤容重降幅可达 21.01%,孔隙度可增加 38.38%;土壤有机质、全氮、速效钾、有效磷等的含量分别增加 20.68%、43.56%、22.17%、21.60%,差异达显著水平( $P < 0.05$ )。施用微生物菌肥和稻糠菌基质肥均能促进蔬菜植株生长,提升蔬菜产量与品质,施用稻糠菌基质肥处理收益增幅可达 35.35%。由此可见,稻糠菌基质肥和微生物菌肥均能有效改良次生盐渍化土壤,稻糠菌基质肥效果更佳,可在设施蔬菜生产中推广应用。

**关键词:**设施土壤;次生盐渍化;土壤改良剂;蔬菜;微生物菌肥;稻糠菌基质肥

**中图分类号:** S156.4<sup>+</sup>4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)23-0137-05

设施栽培因复种指数高、长期使用化肥和相对封闭的环境使其缺乏自然淋洗等原因导致土壤次生盐渍化,成为限制设施蔬菜发展的主要土壤障碍因子,阻碍了设施农业生产的可持续发展<sup>[1-2]</sup>。次生盐渍化不仅直接危害作物的正常生长,还容易引发其他相关的生产问题<sup>[3-6]</sup>。

研究表明,水旱轮作可以使土壤中的盐分随水的下渗加上作物的吸收利用,可以达到洗盐、压盐的效果。但受水资源及设施建设的限制,有些田块进行长时间淹水难度较大<sup>[7]</sup>。微生物肥料中有机碳源含量丰富,增加有机碳源可以促进土壤生物多样性的恢复,有助于抑制病原菌种群数量的增长。前人在通过添加有机物料改良土壤、优化土壤微生物区系来克服次生盐渍化方面做了大量有益的尝试,但效果不尽一致<sup>[8-11]</sup>。探讨不同农艺调控措施结合对设施栽培土壤控制盐分、改良土壤、提高蔬菜产量和品质具有重要的实践意义。

据统计,2015 年江苏省太仓市蔬菜播种面积为 1.60 万  $\text{hm}^2$ <sup>[12]</sup>,在太仓市社会经济发展中起着十分重要的作用。近年来,土壤次生盐渍化是限制大棚作物连作的主要障碍因子<sup>[13]</sup>。已有研究表明,太仓典型设施蔬菜地土壤全盐含量平均值为 3.38 g/kg,已达轻度盐化水平<sup>[14-15]</sup>,主要致盐离子为  $\text{NO}_3^-$ <sup>[15]</sup>。

本研究在太仓市郊选择设施栽培前茬为旱作且土壤盐渍化较严重的田块,在充分湿润栽培条件下,对比分析施加常规

化肥、微生物菌肥、稻糠菌基质肥对土壤理化性状及对蔬菜生长的影响,并探索有效的农艺组合模式,以期达到既能改良土壤,又能充分利用资源,取得良好的经济、社会和环境效益的目的,为评价土壤改良剂和水(湿)旱轮作处理对次生盐渍化土壤改良效果及对植株养分的利用效果提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试大棚种植年限为 8 年,供试蔬菜品种为火箭牌竹叶蔬菜。供试土壤为水稻土,土种为潮灰土,土壤基础化学指标:pH 值为 4.33,有机质含量为 26.6 g/kg,总氮含量为 1.50 g/kg,硝态氮含量为 46.4 mg/kg,全盐含量为 5.04 g/kg。

### 1.2 试验设计

试验于 2017 年 4 月 10 日至 9 月 27 日在太仓市沙溪镇塘桥现代农业园区进行。共设置 4 个处理:(1)不施任何肥料和改良剂(记作 CK);(2)常规化肥(记作 CF),一次性基施 2 250  $\text{kg}/\text{hm}^2$  复合肥( $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=12:5:8$ );(3)微生物菌肥(记作 OF),一次性基施 7 500  $\text{kg}/\text{hm}^2$  微生物菌肥(粉剂,有效活菌数  $\geq 2$  亿/g,有机质含量  $\geq 55\%$ ,总养分含量  $\geq 5\%$ ,购百容蓝天碧水生物科技有限公司);(4)稻糠菌基质肥(记作 ROF),一次性基施 16 500  $\text{kg}/\text{hm}^2$  稻糠菌基质肥(其中含粉碎后的米糠 15 000  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,有机物料腐熟剂 1 500  $\text{kg}/\text{hm}^2$ )。

各处理设置 3 个重复小区,小区面积为 26  $\text{m}^2$ ,共计 12 个试验小区,四周种植保护行,随机区组排列。蔬菜种植采用条播方式,播种量为 300  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,播种后灌水至土壤湿润,覆膜保湿,种子萌芽出土后揭膜,苗高达 36 cm 时刈割,整个生产周期共计刈割 7 次,每次刈割后均不追肥,且整个生产周期不防治病虫害。

收稿日期:2018-09-04

基金项目:2017 年江苏省重点研发计划(现代农业)(编号:BE2017380)。

作者简介:张绪美(1977—),女,山东德州人,博士,高级农艺师,主要从事土壤改良与修复治理、新型肥料研究与推广。E-mail: xmzhang09@126.com。

通信作者:管永祥,推广研究员,主要从事生态农业、新型农业技术推广与推广。E-mail:gyx5598@126.com。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 土壤测定 采集 0~20 cm 层土壤,混合均匀风干后测定土壤各项指标。采用重铬酸钾容量法测定土壤有机质含量<sup>[16]</sup>;凯氏定氮法测定全氮含量<sup>[16]</sup>;钼锑抗比色法测定速效磷含量<sup>[16]</sup>;火焰光度计法测定速效钾含量<sup>[16]</sup>;酸度计测定土壤 pH 值(水土质量比为 2:1)<sup>[16]</sup>;醋酸钠-火焰光度法测定土壤阳离子交换量(CEC)<sup>[16]</sup>;分光光度法测定土壤 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等的含量<sup>[16]</sup>;酚二磺酸法测定土壤硝酸盐含量<sup>[16]</sup>;环刀法测定土壤容重、土壤孔隙度<sup>[17]</sup>。

1.3.2 植株测定 薤菜每次刈割时,各处理随机抽取薤菜样本(样本量≥60),用蒸馏水洗净、擦干。紫外分光光度法测定植株硝酸盐含量<sup>[18]</sup>,用常规直尺测量株高、根系长度,用天平称量法测定株质量、根质量、生物量。

1.4 数据处理

使用 Excel 2009 进行数据整理与分析,利用 SPSS - Statistics 17.0 对数据进行显著性分析,采用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤性质的影响

2.1.1 对土壤理化性状的影响 由表 1 可知,ROF 处理可明显提高土壤的 pH 值和 CEC,随着取样时间的延长,pH 值由原来的 4.33 增加到 6.10,增加 40.88%;而 CEC 增加

16.20 cmol/kg,增幅达 264.71%。OF、ROF 处理土壤容重降低,土壤孔隙度增加。与 CK 相比,2017 年 9 月 27 日的 OF、ROF 处理孔隙度分别增加 11.62%、38.38%;容重分别下降 7.97%、21.01%。与 CF 相比,OF、ROF 孔隙度分别增加 10.84%、37.41%;容重分别下降 7.30%、20.44%。可见,ROF 处理效果优于 OF 和 CF 处理。

土壤硅铝率是土壤中 SiO<sub>2</sub> 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量的比值,固态的矿物铝在酸性条件下极易被活化而易于被植物吸收,土壤酸化能够加速土壤中铝的活化,使得土壤溶液中活性铝明显增加,铝被认为是酸化土壤中引起农作物减产的重要原因之一<sup>[19]</sup>。而土壤中的 SiO<sub>2</sub> 含量是稳定的,变化较小,因此可用硅铝率的变化来反映酸性土壤结构的改变,硅铝率越高,表明土壤中活性铝含量越低,植物生长受影响越小;硅铝率越低,表明土壤中活性铝含量越高,植物生长受影响越大<sup>[20]</sup>。与 CK 相比,2017 年 9 月 27 日的 OF 和 ROF 处理的土壤硅铁率、硅铝率及硅铁铝率均明显增高;OF 处理土壤中硅铁率、硅铝率及硅铁铝率分别提高 20.44%、12.04%、15.22%;ROF 处理的土壤硅铁率、硅铝率及硅铁铝率分别提高 151.82%、97.08%、129.35%,差异达显著水平( $P<0.05$ )。与 CK 相比,CF 处理对土壤硅铁率、硅铝率及硅铁铝率没有显著影响(表 1)。说明 OF 与 ROF 处理均能提高土壤的保肥作用,而 ROF 效果更优。

表 1 不同处理对土壤理化性状的影响

取样时间	处理	pH 值	孔隙度 (%)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	硅铝率	硅铁率	硅铁铝率	CEC (cmol/kg)
2017 年 4 月 10 日	CK	4.33	28.4±0.23a	1.38±0.13a	1.37±0.02a	2.75±0.05a	0.91±0.00a	6.07±0.43a
	CF	4.33	28.3±0.87a	1.38±0.08a	1.37±0.06a	2.75±0.08a	0.91±0.03a	6.07±0.29a
	OF	4.33	28.3±1.29a	1.37±0.03a	1.37±0.11a	2.77±0.11a	0.92±0.01a	6.09±0.65a
	ROF	4.33	28.4±0.93a	1.38±0.09a	1.37±0.05a	2.76±0.13a	0.91±0.02a	6.12±0.86a
2017 年 9 月 27 日	CK	4.34	28.4±0.55a	1.38±0.01c	1.37±0.03a	2.74±0.09a	0.92±0.03a	6.04±0.98a
	CF	4.35	28.6±1.23a	1.37±0.10c	1.39±0.07a	2.78±0.12a	0.92±0.01a	6.14±0.32a
	OF	4.75	31.7±0.96b	1.27±0.07b	1.65±0.07b	3.07±0.03b	1.06±0.01ab	9.11±0.23b
	ROF	6.10	39.3±0.54c	1.09±0.09a	3.45±0.08c	5.40±0.06c	2.11±0.02b	22.32±0.03c

注:表中数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 2~表 4 同。

2.1.2 对土壤养分及盐分含量的影响 土壤有机质是评价土壤肥力的重要指标之一,也是影响土壤结构、土壤保水保肥、供肥性、养分有效性和土壤通气性等理化性状的关键因子<sup>[21]</sup>。由表 2 可知,与 CK 相比,OF 和 ROF 处理土壤有机质含量在第 1 次、第 7 次刈割时分别增加 12.78%、11.95% 和 20.30%、20.68%。而 CF 处理的有机质含量与 CK 相比明显减少,在第 1 次、第 7 次刈割时分别减少 3.08%、7.33%。与 CK 相比,CF、OF、ROF 处理土壤全氮、有效磷、速效钾等的含量均有不同程度的提高。在第 1 次和第 7 次刈割时,ROF 处理的土壤全氮含量增幅最大,分别达 38.05%、43.56%;CF、OF、ROF 处理 2 次刈割的有效磷含量分别增加 12.72% 和 14.50%、5.61% 和 7.45%、20.8% 和 21.6%;速效钾含量分别增加 12.86% 和 14.78%、11.25% 和 11.53%、15.45% 和 22.17%。此外,与 CK 相比,各处理第 1 次和第 7 次刈割在不同程度上降低了土壤中硝酸盐含量,CF、OF、ROF 处理 2 次刈割的硝酸盐含量分别降低 2.49% 和 2.82%、7.48% 和

23.43%、14.92% 和 26.68%,ROF 处理缓解土壤盐渍化的效果最明显。硝态氮和铵态氮是氮肥在土壤中存在的 2 种主要无机氮形态,作物对它们均能吸收利用<sup>[22]</sup>。对比第 1 次刈割与第 7 次刈割结果可以看出,土壤中硝酸盐氮含量明显降低,说明薤菜能够通过根系吸附土壤中原有氮素,将无机氮素转化为有机氮素<sup>[23-24]</sup>,从而降低土壤中氮素的残留量,达到减少土壤盐分含量、缓解土壤次生盐渍化的目的。

2.2 不同处理对薤菜植株性状的影响

2.2.1 对薤菜生长的影响 由表 3 和表 4 可知,第 1 次刈割,CF、OF、ROF 处理的薤菜高度比 CK 分别增加 0.56%、9.62%、7.91%,根系长度分别增加 2.11%、17.05%、20.74%。第 7 次刈割时,CF 和 OF 处理薤菜的高度比 CK 分别增加 6.83%、31.64%,而 ROF 处理的植株高度略有降低;OF 和 ROF 处理的根系长度比 CK 分别增加 10.27%、0.17%,而 CF 处理的根系长度降低 9.43%。表明 CF、OF、ROF 处理在一定程度上均可以促进薤菜根系生长和植株长

表 2 不同处理对土壤养分及盐分含量的影响

处理	有机质含量(g/kg)		全氮含量(g/kg)		有效磷含量(mg/kg)		速效钾含量(mg/kg)		硝酸盐含量(mg/kg)	
	第 1 次刈割	第 7 次刈割	第 1 次刈割	第 7 次刈割	第 1 次刈割	第 7 次刈割	第 1 次刈割	第 7 次刈割	第 1 次刈割	第 7 次刈割
CK	26.6±1.37a	25.1±1.23a	1.13±0.05a	1.01±0.00a	119.5±2.7a	100.7±0.3a	89.3±0.9a	80.9±0.8a	3 250	3 013
CF	25.78±2.18a	23.26±1.08a	1.46±0.09b	1.32±0.02b	134.7±5.3c	115.3±2.1b	102.5±5.4c	91.3±4.7b	3 169	2 928
OF	30.0±1.04b	28.10±2.06b	1.45±0.06b	1.33±0.01b	126.2±4.6b	108.2±3.0ab	99.6±1.3b	90.0±4.0b	3 007	2 307
ROF	32.0±1.36cb	30.29±2.03b	1.56±0.12b	1.45±0.05b	140.3±0.3d	122.3±5.0c	109.1±4.0d	93.4±2.3b	2 765	2 209

表 3 不同处理对薤菜生长和产量的影响(第 1 次刈割)

处理	植株高度 (cm)	根系长度 (cm)	单株质量 (g)	单根质量 (g)
CK(N=71)	37.53±0.65a	5.69±0.20a	4.12±0.32a	0.40±0.03a
CF(N=70)	37.74±0.70a	5.81±0.24a	3.86±0.22a	0.44±0.03a
OF(N=60)	41.14±1.26b	6.66±0.34b	4.59±0.62a	0.40±0.05a
ROF(N=64)	40.50±0.71b	6.87±0.20b	3.92±0.19a	0.38±0.02a

注:N 表示样本量。表 4 同。

表 4 不同处理对薤菜生长和产量的影响(第 7 次刈割)

处理	植株高度 (cm)	根系长度 (cm)	单株质量 (g)	单根质量 (g)
CK(N=71)	34.99±2.83a	11.98±0.82a	12.47±2.63a	3.21±0.64a
CF(N=70)	37.38±3.16a	10.85±1.08a	14.72±5.13ac	3.40±0.86a
OF(N=60)	46.06±2.24b	13.21±0.98a	29.81±6.51bc	4.12±0.86a
ROF(N=64)	34.21±3.38a	12.00±1.07a	17.85±6.33ac	3.71±0.88a

高,但结果不尽相同。第 1 次刈割时,与 CK 相比,CF、ROF 处理单株质量分别降低 6.31%、4.85%,而 OF 处理单株质量增加 11.41%。第 7 次刈割时,CF、OF、ROF 处理的单株质量均明显增加,增幅分别达 18.04%、139.05%、43.14%。OF 处理的薤菜单株质量第 7 次刈割增质量趋势最明显。第 1 次刈割时,与 CK 相比,CF 处理单根质量增加 10.00%,OF 处理保持不变,ROF 处理减少 5.00%;第 7 次刈割时,CF、OF、ROF 处理的单株质量均增加,增幅分别达 6.25%、28.35%、15.58%。表明 OF 处理能促进薤菜植株生长和根系增长,而 ROF 处理对薤菜生长的影响有待进一步研究。

不同处理下薤菜植株性状相关性分析结果(表 5 至表 8)表明,薤菜地上生物量与植株高度、地下生物量关系密切。随着地上生物量增加,植株高度、根系长度呈增加趋势(CK 处理第 1 次刈割除外);相反,随地下生物量降低,植株高度、根

系长度呈下降趋势(CK 处理第 1 次刈割除外),说明根系对地上生物量有决定作用。

表 6 CF 处理薤菜植株性状相关性分析

植株性状	刈割次数	相关系数		
		根系长度	地上生物量	地下生物量
植株高度	1	0.194	0.865 **	0.747 **
	7	0.669 **	0.858 **	0.930 **
根系长度	1		0.123	0.295
	7		0.477	0.684 **
地上生物量	1			0.836 **
	7			0.981 **

表 7 OF 处理薤菜植株性状相关性分析

植株性状	刈割次数	相关系数		
		根系长度	地上生物量	地下生物量
植株高度	1	0.543 *	0.681 **	0.128
	7	0.282	0.720 **	0.577 *
根系长度	1		0.098	0.523 *
	7		0.394	0.419
地上生物量	1			0.13
	7			0.966 **

表 5 CK 处理薤菜植株性状相关性分析				
植株性状	刈割次数	相关系数		
		根系长度	地上生物量	地下生物量
植株高度	1	-0.189	0.601 **	0.649 **
	7	0.711 **	0.751 **	0.591 *
根系长度	1		-0.095	-0.092
	7		0.708 *	0.637 **
地上生物量	1			0.849 **
	7			0.911 **

注:\* 表示在 0.05 水平显著相关,\*\* 表示在 0.01 水平显著相关。表 6 至表 8 同。

2.2.2 对薤菜品质的影响 由表 9 可知,在第 1 次和第 7 次刈割时,CF 处理薤菜的硝酸盐含量比 CK 分别增加 25.82%、73.34%;OF 处理硝酸盐含量比 CK 分别减少 626、1 409 mg/kg,降幅分别达 13.07%、46.78%;ROF 处理硝酸盐

表 8 ROF 处理薤菜植株性状相关性分析

植株性状	相关系数		
	根系长度	地上生物量	地下生物量
植株高度	0.038	0.551 *	0.466
	0.524 *	0.703 **	0.810 **
根系长度		0.149	0.288
		0.344	0.469
地上生物量			0.838 **
			0.961 **

表 9 不同处理对薤菜硝酸盐含量及可溶性蛋白含量的影响

处理	硝酸盐含量(mg/kg)		可溶性蛋白含量(mg/g)	
	第 1 次刈割	第 7 次刈割	第 1 次刈割	第 7 次刈割
CK	4 791	3 012	0.19	0.23
CF	6 028	5 221	0.21	0.26
OF	4 165	1 603	0.18	0.21
ROF	4 093	2 024	0.24	0.28

表 10 不同处理对薤菜产量及经济效益的影响

处理	刈割日期							总产量 (t/hm <sup>2</sup> )	总收益 (万元/hm <sup>2</sup> )	成本 (万元/hm <sup>2</sup> )	收益增幅 (%)
	05-07	05-29	06-18	07-12	08-04	08-24	09-19				
CK	1 158	2 638	2 758	2 519	2 475	1 956	1 489	224.91	23.19	0	
CF	1 340	2 714	2 835	2 715	2 544	2 001	1 523	235.07	24.32	0.30	
OF	1 733	3 205	3 402	3 500	3 325	3 058	2 028	303.77	31.44	1.98	22.64
ROF	1 814	3 479	3 669	3 586	3 413	3 200	2 332	322.38	33.44	2.10	30.48

注:表中总收益为以苏州地区同期市场平均批发价为参考计算的 7 次刈割经济总收入;成本主要为各处理肥料成本及施肥时所用到的劳动力成本;收益增幅是与 CF 处理相比。

象普遍发生,土壤次生盐渍化及其导致的菜农绝收等问题尤为突出。针对上述问题,本研究采用管永祥等提出的“轮、控、改、替”技术模式<sup>[26]</sup>进行设施蔬菜土壤改良探索,以期从根本上破解阻碍太仓市设施蔬菜高效绿色生产的难题。“轮”指轮作换茬,用地养地相结合的一种重要栽培技术措施,是解决次生盐渍化最重要、最根本的技术。“控”指控病控盐,降低土壤盐渍化水平和控制病虫害发生;“改”指生物改良,通过有益微生物和生物刺激素等新型物质的应用,生态活化土壤养分,重构土壤微生物菌群平衡及修复土壤团粒结构等。“替”指替代升级,包括蔬菜品种、肥料、土壤、植保、人工等 5 个方面的替代升级<sup>[26]</sup>。本研究通过种植薤菜改茬轮作,吸附土壤中原有氮素,将无机氮素转化为有机氮素,从而降低土壤中氮素的残留量,改善土壤次生盐渍化状况,达到控制盐分的目的;施用微生物菌肥和稻糠菌基质肥,替代了部分化肥,改善土壤理化性质;最终形成了“轮、控、改、替”设施蔬菜防治土壤盐渍化技术模式。

微生物菌肥和稻糠菌基质肥既能提高土壤 pH 值、增加土壤有机质和养分含量,又能降低土壤表层盐分含量,达到改良土壤的目的,这与前人研究结论<sup>[27-29]</sup>相一致。王婧等通过大田试验,研究了微生物菌肥(菌剂)对盐渍土壤微生物、土壤含盐量及食葵产量的影响发现,微生物菌肥可降低 0~40 cm 土层盐分含量,同时可改善土壤微生态系统,促进土壤微生物繁殖,提高细菌和放线菌的数量,并提高细菌优势菌多样性,且极显著提高食葵产量<sup>[30]</sup>。顾金凤研究发现,微生物

含量分别减少 698、988 mg/kg,降幅分别达 14.57%、32.80%。ROF 处理的可溶性蛋白含量在第 1 次和第 7 次刈割均最高,与 CK 相比,分别增加 26.32%、21.74%;OF 处理的可溶性蛋白含量与 CK 相比分别减少 5.26%、8.70%。可见,ROF 处理可以降低硝酸盐含量,增加可溶性蛋白含量,进而提升薤菜品质。可能与稻糠菌基质肥施入土壤后,改善了土壤性状,促进土壤释放出有效养分,进而促进植株对养分的吸收利用有关<sup>[25]</sup>。

2.2.3 不同处理对薤菜产量和经济效益的影响 与 CK 处理相比,CF、OF、ROF 处理 7 次刈割均能提高薤菜产量,CF、OF、ROF 处理总产量分别比 CK 处理增加 4.51%、35.06%、43.34%,OF、ROF 处理经济总收益与 CF 处理相比,增幅分别为 22.64%、30.48%(表 10),明显增加了种植户的收入。

3 讨论

目前,太仓市蔬菜生产中化肥、农药超量使用,耕作制度不科学,生产环境微生态遭到不同程度破坏,蔬菜连作障碍现

菌肥中含有大量有益微生物和有机质,有机质在分解过程中产生有机酸,能够改善盐渍化土壤理化性质和提高微生物活性,增强土壤肥力,对改良盐渍化土壤起到积极作用<sup>[31]</sup>。

稻糠菌基质肥施用效果显著,可能与其改善土壤微生物环境、提升土壤有机质含量有关<sup>[32]</sup>。刘杰等将生物稻糠作为土壤调理剂对冷浸田土壤进行改良试验发现,稻糠处理对土壤速效养分、土壤还原性物质及微生物活性改善效果明显,并认为稻糠的施用增加了土壤通透性,同时补充有机碳,不仅可消减土壤还原性物质毒害,还能增加微生物活性并培肥土壤<sup>[33]</sup>。稻糠菌基质肥能够更好地发挥微生物菌对土壤有害物质的改良作用,达到培肥土壤、改善土壤性质的目的。另一方面,增施含功能型微生物的有机物料,在改善土壤理化性状的同时,能促进植株生长并实现增产作用,还能提高作物品质,大幅减少化肥投入,具有较好的经济、社会和生态效益。因此选用微生物菌肥与稻糠菌基质肥等作为土壤培肥改良基质,对设施土壤肥力提升、次生盐渍化防治以及作物增产增收有很大的开发潜力、研究空间和推广价值。

选择合适的蔬菜品种进行轮作,通过作物吸盐、降盐等减少土壤含盐量,达到控盐的目的,最终降低土壤盐渍化水平。研究表明,湿润栽培水芹可使土壤 pH 值升高、EC 值下降,有效地缓解了土壤酸化和盐分积累<sup>[34]</sup>。在甘肃省靖远县盐渍化湿地种植 53.3 hm<sup>2</sup> 茭白,可有效改良县域土地盐渍化状况,随着茭白种植年限的增加,盐渍化湿地土壤盐分离子含量均明显减少,其中以表层土壤(0~10 cm)盐分离子(Na<sup>+</sup>和

$\text{Cl}^-$ ) 含量减少最为明显<sup>[35]</sup>。有研究表明,密植较疏植能更有效地减少土壤盐分离子含量,主要由于密植增加了根系在土壤中的分布密度,增加了土壤孔隙度和导水性,进而促进了盐分向下淋溶<sup>[36]</sup>。而薺菜性喜高温多湿的环境,在长江沿岸及以南地区种植更为适宜,因其具有耐高温的特性,可保障当地市场的薺菜正常供应;其生长周期长,需肥量大、耐盐吸肥能力强,通过根系吸附土壤中原有氮素,将无机氮素转化为有机氮素,从而降低土壤中氮素的残留量,改善土壤次生盐渍化状况<sup>[37]</sup>,选择在次生盐渍化较严重的土壤上种植具有耐盐、耐盐、省肥效果。冯均科等研究表明,淹水栽培薺菜后土壤耕作层的水溶性盐总量从 2.1 mg/kg 下降到 0.4 mg/kg,降低 80.9%,说明淹水栽培能较好地缓解耕作层土壤的盐渍化<sup>[38]</sup>。本研究中薺菜可以缓解土壤盐渍化的结果与之相一致。研究表明,薺菜在生长过程中只要保持土壤充分湿润,其栽培操作相对容易、生产成本较低,在水利资源较的差地块也可以有较好的表现。另一方面在高温条件下薺菜可以正常生长,避免了高温季设施蔬菜空茬或绝收的问题<sup>[39]</sup>。

#### 4 结论

(1)施用稻糠菌基质肥和微生物菌肥对土壤理化性状产生明显影响。ROF 处理土壤 pH 值提高 40.88%,CEC 增加 16.20 cmol/kg,增幅达 264.71%。与 CK 相比,OF、ROF 处理孔隙度分别增加 11.62%、38.38%,容重分别下降 7.97%、21.01%。OF 处理硅铁率、硅铝率及硅铁铝率分别提高 20.44%、12.04%、15.22%,ROF 处理分别提高 151.82%、97.08%、129.35%,而 CF 处理对土壤硅铁率、硅铝率及硅铁铝率几乎没有影响。

(2)施用稻糠菌基质肥和微生物菌肥可以有效供给薺菜生长所需的氮、磷、钾养分。第 7 次刈割时,与 CK 相比,ROF 处理全氮含量增幅高达 43.56%;CF、OF、ROF 处理有效磷含量增幅分别高达 14.50%、7.45%、21.6%;速效钾含量增幅分别高达 14.78%、11.53%、22.17%。OF、ROF 处理有机质含量在第 1 次、第 7 次刈割时分别增加 17.78%、11.95% 和 20.30%、20.68%;CF 处理有机质含量平均减少 3.08%、7.33%。

(3)稻糠菌基质肥和微生物菌肥对土壤次生盐渍化均有明显的缓解作用,但稻糠菌基质肥缓解效果更佳。与 CK 相比,OF 和 ROF 处理硝酸盐含量显著下降,下降幅度分别高达 23.43%、26.68%。

(4)施用稻糠菌基质肥和微生物菌肥均能提高薺菜产量,OF、ROF 处理与 CF 处理相比,总收益增幅分别为 22.64%、30.48%,明显增加了种植户的收入。

#### 参考文献:

- [1] 余海英,李廷轩,周健民. 设施土壤次生盐渍化及其对土壤性质的影响[J]. 土壤,2005,37(6):581-586.
- [2] 王金龙,阮维斌. 4 种填闲作物对天津黄瓜温室土壤次生盐渍化改良作用的初步研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(9):1849-1854.
- [3] 瞿云明. 丽水莲都蔬菜土壤次生盐渍化现状调查[J]. 浙江农业科学,2017,58(12):2188-2189.

- [4] 何文寿. 设施农业中存在的土壤障碍及其对策研究进展[J]. 土壤,2004,36(3):235-242.
- [5] 赵彩琴. 保护地次生盐渍化的危害及防治[J]. 陕西农业科学,2005(2):82-83.
- [6] 张晓虎,李新平. 设施农业土壤次生盐渍化研究进展[J]. 商洛学院学报,2008,22(5):50-54.
- [7] 夏月明,朱玉萍,吴明兴,等. 夏季大棚水芹连作障碍防治技术研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(1):158-160.
- [8] 马利平,高 芬,乔雄梧. 家畜沤肥浸渍液对黄瓜枯萎病的防治及作用机理探析[J]. 植物病理学报,1999,29(3):270.
- [9] 蔡燕飞,廖宗文,章家恩,等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(3):349-353.
- [10] 蔡燕飞,廖宗文. FAME 法分析施肥对番茄青枯病抑制和土壤健康恢复的效果[J]. 中国农业科学,2003,36(8):922-927.
- [11] 张树生,杨兴明,黄启为,等. 施用氨基酸肥料对连作条件下黄瓜的生物效应及土壤生物性状的影响[J]. 土壤学报,2007,44(4):689-694.
- [12] 太仓统计局. 太仓统计年鉴[M]. 2015:44.
- [13] 李廷轩,张锡洲,王昌全,等. 保护地土壤次生盐渍化的研究进展[J]. 西南农业学报,2001,14(增刊1):103-107.
- [14] 张绪美,沈文忠,李 梅. 太仓市水稻表层 EC 分布特征分析[J]. 土壤,2014,46(3):577-579.
- [15] 张绪美,沈文忠,胡青青. 太仓市郊大棚菜地土壤盐分累积与分布特征研究[J]. 土壤,2017,49(5):987-991.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [17] 刘多森,李伟波. 土壤容重和孔隙度的简易测定法[J]. 土壤通报,1983(4):44-47.
- [18] 罗雪华,蔡秀娟. 紫外分光光度法测定蔬菜硝酸盐含量[J]. 华南热带农业大学学报,2004,10(1):13-16.
- [19] 左永忠,宋 珍,安连荣,等. 活性铝对山杏幼苗生长影响的研究[J]. 经济林研究,1997,15(2):33.
- [20] 李育鹏,胡海燕,李兆君,等. 土壤调理剂对红壤 pH 值及空心菜产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(6):21-26.
- [21] 杨滨娟,黄国勤,王 超,等. 稻田冬种绿肥对水稻产量和土壤肥力的影响[J]. 中国生态农业学报,2013,21(10):1209-1216.
- [22] 余光辉,张杨珠,万大娟. 几种硝化抑制剂对土壤和小白菜硝酸盐含量及产量的影响[J]. 应用生态学报,2006,17(2):247-250.
- [23] 王朝晖,李生秀,田霄鸿. 不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(1):22-28.
- [24] 曹明阳,胡雪峰,闫呈龙,等. 施肥对薺菜硝态氮累积和土壤酶活性的影响[J]. 上海大学学报(自然科学版),2015,21(4):503-514.
- [25] 李仁发,潘晓萍,蔡顺香,等. 施用有机肥对降低蔬菜硝酸盐残留的影响[J]. 福建农业科技,1999(6):14-15.
- [26] 管永祥,曾晓萍,钱晓晴,等. 江苏省设施瓜菜“轮、控、改、替”全程绿色高效生产技术体系[J]. 长江蔬菜,2018(12):30-32.
- [27] 张晓虎,李新平. 设施农业土壤次生盐渍化研究进展[J]. 商洛学院学报,2008,22(5):50-54.
- [28] 张瑞福,颜春荣,张 楠,等. 微生物肥料研究及其在耕地质量提升中的应用前景[J]. 中国农业科技导报,2013,15(5):8-16.
- [29] 葛 诚. 微生物肥料生产应用基础[M]. 北京:中国农业科学出版社,2000:1-28.
- [30] 王 婧,逢焕成,李玉义,等. 微生物菌肥对盐渍土壤微生物区

王 涛, 黄语燕, 陈永快, 等. 高温胁迫下外源壳聚糖对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 142–146.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.23.034

# 高温胁迫下外源壳聚糖对黄瓜幼苗生长的影响

王 涛, 黄语燕, 陈永快, 廖水兰, 刘 现, 康育鑫

(福建省农业科学院数字农业研究所, 福建福州 350003)

**摘要:**以夏之光黄瓜品种为试验材料, 研究用不同浓度壳聚糖(0、25、50、100、200 mg/L)在高温(昼一夜温度周期为 36 ℃—28 ℃)条件下处理 1、3 d 及恢复常温 2 d 后, 黄瓜幼苗形态指标和生理指标的变化。结果表明, 在高温胁迫环境下, 外源壳聚糖能够增加黄瓜幼苗的茎粗、叶面积和根体积, 提高壮苗指数和根冠比, 降低丙二醛含量, 提高叶绿素、脯氨酸和可溶性蛋白含量, 增强抗氧化酶[超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)]活性, 缓解高温胁迫对黄瓜幼苗的伤害, 以 100 mg/L 壳聚糖处理的效果最优。

**关键词:** 黄瓜; 高温胁迫; 壳聚糖; 生长; 生理

**中图分类号:** S642.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)23-0142-05

黄瓜(*Cucumis sativus* L.), 又名胡瓜、青瓜等, 为葫芦科植物, 广泛分布于我国, 是我国设施栽培的主要蔬菜种类之一<sup>[1]</sup>。黄瓜原产于温带和热带地区, 性喜温, 不耐寒冷和高温, 生长适温为 10~32 ℃, 超过 35 ℃会导致伤害<sup>[2]</sup>。在夏秋季节, 尤其在我国南方利用日光温室和塑料大棚进行栽培时, 午后室内温度常常高于 40 ℃, 容易造成植株生理代谢失调、光合作用下降、生长发育不良, 从而使黄瓜的产量和品质受到显著影响<sup>[3]</sup>。因此, 提高黄瓜的耐热性对于设施栽培具有重要的意义。

壳聚糖是一种通过甲壳素脱乙酰化得到的聚葡萄糖胺<sup>[4]</sup>。甲壳素在自然界中含量丰富, 是地球上除了纤维素外的第二大可再生资源, 是一种非常经济的化学物质, 被认为是一种很有前景的非生物胁迫抗性诱导剂<sup>[5]</sup>。研究发现, 外源壳聚糖处理可以提高盐胁迫下黄瓜<sup>[6]</sup>、豇豆<sup>[7]</sup>的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性, 并可显著减轻盐害症

状。曲丹阳等研究发现, 壳聚糖可以促进镉胁迫下玉米幼苗的根系生长和叶片光合作用, 增加根系抗氧化酶活性和提高内源激素水平, 还可以调控镉胁迫下玉米幼苗叶片中的抗坏血酸-谷胱甘肽(AsA-GSH)循环<sup>[8-10]</sup>。朱云林等研究发现, 在水稻苗期喷洒壳聚糖可以提高水稻幼苗的抗寒性, 减少或避免低温对水稻幼苗的伤害<sup>[11]</sup>。王聪等研究表明, 外源壳聚糖可减缓 NaCl 胁迫下菜用大豆干质量的下降, 显著降低叶绿体 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量, 显著提高抗氧化酶活性, 促进菜用大豆叶绿体内的 AsA-GSH 循环<sup>[12-14]</sup>。此外, 壳聚糖还可作为作物的生长调节剂, 促进大豆<sup>[15]</sup>、玉米<sup>[16]</sup>、小麦<sup>[17-18]</sup>等作物种子的萌发、幼苗的生长发育, 从而提高农作物的产量。

目前, 壳聚糖诱导植物抵抗低温、干旱、重金属、盐害等非生物胁迫的研究已有大量报道, 而对高温胁迫的抗性研究较少。本试验以夏之光黄瓜为材料, 在高温条件下研究壳聚糖对黄瓜幼苗生长、生理代谢的影响, 探讨外源壳聚糖对黄瓜抵抗高温逆境的生理作用, 以期壳聚糖在设施栽培中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

本试验在福建省农业科学院玻璃温室及生理生化实验室内进行。

### 1.2 试验方法

试验时间为 2018 年 8 月 8—28 日。试验黄瓜品种为夏

系和食葵产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 30(11): 2186–2191.

[31] 顾金凤. 微生物菌肥对盐渍化土壤的改良研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2013.

[32] 李 乐, 孙 海, 刘政波, 等. 微生物肥料的作用、机理及发展方向[J]. 东北农业科学, 2016, 41(4): 63–69.

[33] 刘 杰, 罗尊长, 肖小平, 等. 土壤调理剂对冷浸田土壤特性及水稻生长的影响[J]. 土壤, 2016, 48(3): 529–533.

[34] 齐露露. 轮作与施用生物炭对设施土壤性质的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.

[35] 顾淑琴. 茭白品种对比试验[J]. 甘肃农业, 2013(16): 84–84.

[36] 董 放. 沿黄灌区引种茭白对盐渍化湿地改良效果的研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.

[37] 赵小英, 刘明月, 肖 杰, 等. 氮钾钼对薹菜硝酸盐积累和硝酸还原酶活性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2003, 29(3): 239–242.

[38] 冯均科, 王雪花, 朱培森. 薹菜淹水栽培对大棚土壤盐分和 pH 值的影响[J]. 上海蔬菜, 2017(4): 63–64.

[39] 章 丽. 上海郊县设施菜地土壤次生盐渍化调查及 S3-1 菌株与蔬菜的改良作用[D]. 上海: 上海师范大学, 2018.