

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

夏立忠 李忠佩 杨林章
(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 试验选择具有 3 年棚龄的大棚和砂壤质地的旱耕人为土, 进行不同施肥条件下, 土壤养分与盐分变化的冬春两茬西红柿栽培小区试验, 对施肥引起的土壤养分与水溶性盐分含量及盐基离子组成的变化进行了系统的定量分析。试验结果表明, 在整个生育期采用地膜覆盖的条件下, 施用尿素可以快速增加土壤速效 N 素的含量和水溶性铵盐的含量水平。羊圈厩肥的 P、K、Ca 和 Mg 等元素含量较高, 其施用会很快增加土壤速效态 P、K 的含量和土壤水溶性 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等盐基离子的含量。回归分析显示, 施用 1 kg 尿素 N 或 1 t 羊圈厩肥引起土壤电导率增加量分别为 6.45×10^{-4} mS/cm 和 5.45×10^{-3} mS/cm。土壤盐基离子含量的增加, 主要由于水溶性 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量的增加而引起。施用尿素不但增加土壤水溶性 NH_4^+ 的含量, 而且通过 NH_4^+ 的交换作用增加了土壤 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的含量水平。

关键词 大棚施肥; 养分、盐分累积; 盐分组成变化

中图分类号 S158.3

设施栽培条件下, 养分的高量投入和自然降雨淋洗过程的削弱或消失, 引起耕层土壤养分含量的提高和盐分的累积^[1]。过量的盐分累积会引起作物生理干旱, 从而造成不同程度的减产, 影响设施栽培产品的产量、品质 and 经济效益。养分投入量和不同养分元素的比例, 以及不同品种肥料的组合, 会直接产生不同的土壤养分、盐分的累积效应。本项试验旨在探讨特定的土壤, 在不同 N、P、K 比例和有、无机肥比例条件下, 大棚栽培西红柿产生的耕层土壤养分、盐分的累积趋势, 为大棚栽培的合理施肥提供决策依据^[2], 同时进一步定量分析施肥与土壤盐分组成及含量的动态变化, 从而明确次生盐渍化的形成机理。

1 材料与方法

试验点选择江苏丹阳市横塘镇司马巷村。该村

保护地塑料大棚栽培已有近 10 年历史, 栽培主要为蔬菜, 种类包括茄果类、叶菜类, 番茄是该地主要栽培作物之一。本研究选择番茄作为试验作物, 番茄 L-402 为供试品种, 钢架塑料大棚 (50 m × 7 m) 内覆地膜栽培, 供试土壤为长江冲积母质发育并经人为熟化的旱耕人为土, 质地为砂性壤土, 其基本肥力性质如表 1 所示, 已有 3 年大棚栽培历史。试验分秋春两季, 分别于 2000 年 8 月 31 日至 12 月 30 日及 2001 年 4 月 10 日至 7 月 30 日进行。

1.1 试验设计

秋季试验采用化学 N 肥与有机肥两因子三水平设计, 随机区组排列, 小区按 2 m × 4 m 设置, 3 次重复。化学 N 肥为尿素, 三水平分别为: N0: 纯 N 0.0 kg/hm², N1: 纯 N 255 kg/hm², N2: 纯 N 600 kg/hm²; 有机肥采用腐熟的羊圈厩肥 (M), 其基本养分组成见表 2, 施用量分别为: M0: 0 kg/hm²,

表 1 供试土壤基本肥力状况 (烘干基)

Table 1 Nutrient contents of the soil tested (oven-dried)

有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	速效 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
18.24	1.26	161.75	75.50	146

注: 速效 N 为 NH_4^+-N 与 NO_3^--N 之和。

表 2 羊圈厩肥的基本养分组成(烘干基)

Table 2 Nutrient contents of sheep manure (oven-dried)

有机质(g/kg)	全 N (g/kg)	速效 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
98.4	7.66	68.86	6404.6	17109.58

M1: 26250 kg/hm², M2: 52500 kg/hm²。9 个处理组合分别为: N0M0、N0M1、N0M2、N1M0、N1M1、N1M2、N2M0、N2M1、N2M2, 各处理 P、K 肥统一按 P₂O₅ 50 kg/hm² 和 K₂O 100 kg/hm² 施入钙镁磷肥和氯化钾作基肥, 羊圈厩肥一同作基肥一次施入, 尿素 50 % 作基肥, 50 % 作追肥。不施肥为 CK。夏季试验取 N0、N1 和 M0、M1、M2 组合, 共 6 个处理, 不施肥为 CK, 其余同秋季试验, 各小区计实际经济产量并于试验后统计总产。试验前后分别采集耕层土样, 风干、粉碎、过筛备用。

1.2 分析方法

土壤有机质采用重铬酸钾-硫酸消解法; 全 N 采用硫酸-重铬酸钾消化蒸馏法; 速效 N 采用 20 % NaCl 提取, Zn 粉还原蒸馏法; 速效 P 采用碳酸氢钠提取钼兰比色法; 速效 K 采用中性醋酸铵提取火焰光度法。采用 1:5 土水比振荡提取水溶性离子, 原子吸收光谱法测定 K⁺、Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺ 含量, 紫外分光吸收法测定 NO₃⁻ 含量, 钼锑抗比色法测定 PO₄³⁻ 含量, 纳氏试剂比色法测定 NH₄⁺ 含量, 硫酸钡比浊法分析 SO₄²⁻ 含量^[3]。

2 结果与讨论

2.1 施肥对土壤养分含量的贡献

设施栽培条件下, 土壤有机质含量水平与施肥管理有密切关系。已有调查表明, 现有设施栽培土壤有机质含量与露天菜地没有明显的差别, 而不同设施栽培土壤因有机肥施用量的不同, 有机质水平

差异较大^[1]。与露天栽培相比, 设施栽培条件下, 温热条件较好, 有利于有机质矿化, 同等施肥条件下设施栽培土壤有机质含量可能较低。表 3 表明, 土壤有机质含量与厩肥施用量成显著的线性相关, 回归系数为 1.36×10^{-2} , 相当于每增施 1 t 厩肥可提高耕层土壤有机质含量 0.01 g/kg。说明增施有机肥可以快速提高设施栽培土壤有机质含量。

从表 3 还可以看出, 土壤全 N 含量水平与厩肥和尿素的施肥水平均呈极显著的线性相关, 其回归系数分别为 6.20×10^{-4} 和 4.58×10^{-3} , 每吨厩肥和每千克尿素可分别提高土壤全 N 含量达 6.20×10^{-4} g/kg 和 4.58×10^{-3} g/kg。通过施用尿素和有机肥能快速提高土壤 N 素含量水平。而厩肥与尿素增加土壤 N 素的形态有明显的不同, 进一步分析显示, 尿素不仅提高土壤全 N 含量, 而且显著地提高了土壤速效态 N 素含量, 每增施 1 kg 尿素态 N 可提高土壤速效态 N 含量约 0.71 mg/kg。而厩肥施用量的增加没有明显提高土壤速效态 N 素的含量, 从表 1 可以看到厩肥的速效态 N 素含量甚至低于供试土壤速效 N 素含量。可见, 厩肥虽然向土壤提供了 N 素, 但并不能提高土壤速效 N 素含量以满足作物生长的阶段需求, 化学态 N 素补充对提高设施栽培作物产量是必需的。

厩肥施用量的增加与土壤速效态 P 和 K 的含量呈显著的线性正相关。每增施 1 t 厩肥能提高土壤速效 P、K 含量分别为 0.52 mg/kg 和 7.08 mg/kg。尿素态 N 素的施用还可以提高土壤速效态 K 含量水

表 3 土壤有机质和养分元素含量与肥料施用量的二元线性回归分析

Table 3 Binary linear regression analysis of fertilizer application rate and variation of soil organic matter and nutrient contents

指标	二元线性回归系数与显著性检验					
	厩肥		尿素		常数项	
	回归系数	0.05	回归系数	0.05	回归系数	0.05
有机质 (g/kg)	1.36×10^{-2}	0.028	—	ns	2.64	0.00
全 N (g/kg)	6.20×10^{-4}	0.001	4.58×10^{-3}	0.022	1.28	0.00
速效 N (mg/kg)		ns	0.71	0.00	310.91	0.00
速效 P (mg/kg)	0.52	0.00	—	ns	55.48	0.00
速效 K (mg/kg)	7.08	0.00	0.28	0.00	154.76	0.00

注: 采用 SPSS 11.0 统计,下同; ns 表示相关性不显著。

平,而与土壤速效 P 的含量无明显的相关性,主要由于土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 水平的提高,增加了对土壤吸附态 K 的交换释放。可见厩肥能快速改善设施栽培土壤速效态 P、K 的供应,厩肥与尿素的配合施用可满足设施栽培作物高产的养分需求。然而,偏施尿素会增加土壤养分元素含量的不均衡性;过量施用尿素和厩肥,会造成土壤养分元素的富集,引起土壤盐分的快速增加,引起作物生理病害。

2.2 不同施肥处理的盐分累积特征

以电导率为因变参数(Dependent),同时以厩肥和化肥施用量为自变量(Independent),进行二元线性回归分析,结果表明施用厩肥与尿素,均能显著提高土壤电导率值,其回归系数分别为 5.45×10^{-3} 和 6.45×10^{-4} ,说明施用 1 t 厩肥和 1 kg 尿素态 N 可使土壤电导率值分别增加 5.45×10^{-3} 和 6.45×10^{-4} mS/cm。按每公顷施用 600 kg 尿素态 N 素计算,该茬番茄的栽培可提高土壤电导率值达 0.39 mS/cm,而 52.5 t 厩肥可使土壤电导率增加 0.29 mS/cm。可见,高量的尿素和厩肥施用量均能快速提高土壤电导率,使土壤水溶性盐类增加较快。施用有

机肥,养分释放慢,而且形成的矿质-有机复合体有利于增加土体对盐分的缓冲性,所以一般有利于稳定土壤电导率水平^[4]。本试验采用的厩肥熟化程度高,养分和盐分含量也较高,土壤电导率变化明显。

试验后,各处理土壤样品电导率变化幅度较大,f 检验表明,各处理间差异显著($P = 0.000$);进一步多重比较显示,空白 CK 和单施 26.25 t/hm² 厩肥土壤样品的电导率值为最低,均低于 0.80 mS/cm,不会产生盐渍化危害^[5];施用 255.00 kg/hm² 的尿素 N 时或 52.5 t/hm² 厩肥时,土壤电导率均略高于 0.8 mS/cm,可能会产生轻度生理缺水;而当尿素施用量达 600 kg/hm² 时,土壤电导率值高达 1 mS/cm 以上,已经构成作物生长的生理缺水,必须通过适量灌溉手段加以矫正(表 4)。可见,当尿素 N 施用量达 255.00 kg/hm² 或厩肥施用量达 26.25 t/hm² 时,继续增加 N 肥或厩肥用量会引起盐渍化生理障碍加重,从而不利于设施栽培。这一结论与文献[2]提出的最佳经济产量的 N 肥适宜用量基本吻合,可见过量施肥对产量的影响与盐渍化状况是密切联系的。

表4 不同处理土壤样品电导率统计值

Table 4 Variation of electric conductivity of soils due to treatments (Mean and Std. Error)

处理	电导率均值 (mS/cm)	标准误差	处理	电导率均值 (mS/cm)	标准误差
N0M0	0.54 a	0.026	N2M1	1.24 c	0.06
N1M0	0.82 b	0.07	N2M2	1.17 c	0.12
N1M1	1.03 bc	0.08	N0M1	0.64 ab	0.08
N1M2	0.83 b	0.05	N0M2	0.81 b	0.11
N2M0	0.89 b	0.12			

注:不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.3 不同施肥处理的盐基离子组成变化

2.3.1 不同施肥条件下土壤水溶性盐类含量与组成的变化

进一步对所有样品的各类盐基离子含量与电导率进行相关性分析,结果表明,水溶性 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 NH_4^+ 类阳离子的变化与土壤电导率的变化都呈极显著的正相关;阴离子以水溶性

SO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} 的含量与电导率呈正相关,而 NO_3^- 与电导率的变化无显著相关性。可见,土壤电导率的变化与水溶性 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 含量的增加有关(表 5)。

对不同处理土壤样品的水溶性盐基离子含量进行统计分析(表 6),结果表明施肥显著地改变了

表5 电导率变化与各类盐基离子变化的相关性

Table 5 Variation of soil electric conductivity in relation to contents of salts in soil

盐基离子	NH_4^+	K^+	Na^+	$(1/2)\text{Ca}^{2+}$	$(1/2)\text{Mg}^{2+}$	PO_4^{3-}	NO_3^-	SO_4^{2-}
电导率	0.662**	0.796**	0.792**	0.967**	0.939**	0.748**	0.056	0.681*

注:SPSS11.0 Pearson 相关分析;* 5 %水平上显著;** 1 %水平上显著。

供试土壤的水溶性盐基离子组成，其中水溶性 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 PO_4^{3-} 含量变化显著；不同处理间土壤水溶性 Na^+ 、 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 含量虽有变化，但无显著的差异。总体而言，各处理土壤水溶性 NH_4^+ 含量与尿素N的施用量有明显的正相

关；而 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 和 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 含量随着厩肥施用量的增大而增加（表 6）。 NH_4^+ 主要产生于尿素酰胺态 N 的铵化作用，而在好氧条件下， NH_4^+ -N 很快被转化成 NO_3^- -N，因此一般旱地土壤 NO_3^- -N 为无机 N 素的主要形态。本试验大棚

表 6 不同处理土壤样品水溶性盐基离子含量变化(平均值±标准误差, cmol/kg)

Table 6 Variation of content of water soluble salts in soil in relation to treatments

处理	NH_4^+	K^+	Na^+	$(1/2)\text{Ca}^{2+}$	$(1/2)\text{Mg}^{2+}$	PO_4^{3-}	NO_3^-	SO_4^{2-}
N0M0	$0.134 \pm 0.036\text{a}$	$0.098 \pm 0.024\text{a}$	0.930 ± 0.248	$1.211 \pm 0.321\text{a}$	$0.456 \pm 0.123\text{a}$	$0.016 \pm 0.001\text{a}$	0.483 ± 0.005	0.325 ± 0.020
N0M1	$0.271 \pm 0.077\text{ab}$	$0.310 \pm 0.011\text{b}$	1.072 ± 0.132	$1.838 \pm 0.234\text{ab}$	$0.710 \pm 0.100\text{bc}$	$0.024 \pm 0.003\text{ab}$	0.474 ± 0.015	0.485 ± 0.040
N0M2	$0.411 \pm 0.252\text{ab}$	$0.530 \pm 0.076\text{c}$	1.366 ± 0.218	$2.137 \pm 0.259\text{b}$	$0.847 \pm 0.062\text{c}$	$0.035 \pm 0.005\text{bc}$	0.488 ± 0.001	0.530 ± 0.053
N1M0	$0.783 \pm 0.243\text{b}$	$0.265 \pm 0.030\text{b}$	1.257 ± 0.267	$2.388 \pm 0.224\text{bcd}$	$0.838 \pm 0.080\text{c}$	$0.025 \pm 0.002\text{ab}$	0.493 ± 0.003	0.455 ± 0.003
N1M1	$0.475 \pm 0.101\text{ab}$	$0.506 \pm 0.054\text{c}$	1.719 ± 0.155	$3.140 \pm 2.14\text{cd}$	$1.100 \pm 0.040\text{d}$	$0.034 \pm 0.004\text{bc}$	0.489 ± 0.002	0.570 ± 0.056
N1M2	$0.795 \pm 0.129\text{bc}$	$0.707 \pm 0.008\text{de}$	1.433 ± 0.188	$2.721 \pm 2.64\text{cd}$	$0.960 \pm 0.037\text{cd}$	$0.035 \pm 0.002\text{bc}$	0.478 ± 0.004	0.496 ± 0.029
N2M0	$1.758 \pm 0.008\text{de}$	$0.348 \pm 0.060\text{b}$	1.033 ± 0.114	$2.306 \pm 2.92\text{bc}$	$0.813 \pm 0.158\text{bc}$	$0.026 \pm 0.005\text{b}$	0.476 ± 0.010	0.433 ± 0.071
N2M1	$2.277 \pm 0.473\text{e}$	$0.574 \pm 0.035\text{cd}$	1.676 ± 0.022	$3.173 \pm 1.32\text{d}$	$1.057 \pm 0.063\text{cd}$	$0.036 \pm 0.005\text{bc}$	0.473 ± 0.008	0.470 ± 0.014
N2M2	$1.434 \pm 0.391\text{cd}$	$0.836 \pm 0.075\text{e}$	1.683 ± 0.110	$3.137 \pm 3.48\text{d}$	$1.066 \pm 0.086\text{cd}$	$0.042 \pm 0.002\text{c}$	0.479 ± 0.006	0.620 ± 0.139
F检验(P)	0.000	0.000	0.065	0.001	0.001	0.001	0.476	0.245

注：LSD 多重比较，同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

栽培条件下，整个生长期内覆地膜，情况明显不同。统计表明，尿素施用量（作自变量）与水溶性铵盐增加呈显著的正相关，且不同处理间水溶性 NH_4^+ 含量有显著差别；而 NO_3^- 含量并没有明显的变化，且各处理间未见显著性差异。一般施入土壤的尿素很快被转化为 NO_3^- -N， NO_3^- 也是设施栽培土壤盐渍化的主要原因^[6,7]。露地内覆地膜，阻隔了土壤与空气之间的气体交换，不利于硝化过程的进行，使 N 素保持为 NH_4^+ -N 的形态，从而在不同 N 素投入水平下， NH_4^+ -N 的含量变化较大， NH_4^+ 也成为引起土壤水溶盐含量变化的重要盐基离子。对照处理土样水溶性 NH_4^+ 含量仅为 (0.134 ± 0.036) cmol/kg，而 N2M1 处理水溶性 NH_4^+ 含量达 2.277 cmol/kg，为空白处理的 17 倍。从施肥品种来看，其他施肥条件相同情况下，随着尿素 N 施用量的增加，土壤水溶性 NH_4^+ 含量均显著增加；在不施尿素态 N 条件下，随着厩肥施用量的增加，土壤水溶性 NH_4^+ 含量呈增加的趋势，但处理间差异不明显；而随着尿素 N 的施用，厩肥对土壤水溶性铵盐含量的影响规律不明显，主要因为厩肥的有机 N 矿化和无机 N 同化过程的平衡影响了土壤水溶性铵盐含量，表现

为高量尿素态 N 施用条件下土壤对水溶性铵盐变化的缓冲性。

施肥对土壤水溶性 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量的影响，呈近似的变化趋势。随着厩肥施用量的增加，土壤水溶性 K、Ca 和 Mg 盐类含量变化较大；尿素态 N 施用量增加同样会增加土壤水溶性 K、Ca 和 Mg 盐的含量，这一趋势在尿素 N 施用量低于 255 kg/hm² 时比较明显，而当尿素 N 施用量为 255 ~ 600 kg/hm² 时，同样厩肥施用量条件下增幅明显降低（图 1）。可见，尿素 N 和厩肥对土壤水溶性 K、Ca 和 Mg 盐类含量影响的机制明显不同。厩肥 K、Ca、Mg 以及磷酸根盐类含量较高，增加厩肥的施用直接增加了土壤水溶性盐基离子的含量。而尿素 N 对水溶态 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量的影响主要是由于形成的 NH_4^+ 对物理吸附态盐基离子的交换作用。

2.3.2 水溶性盐基离子组分对水溶性盐基总量的相对贡献率 土壤盐分的增加，降低了土壤的水势，当盐分总量增加到一定程度时，阻碍了作物根系对水分的吸收能力，表现为作物生理干旱。众多的研究表明，土壤盐分总量可以通过土壤电导率的指标得以衡量^[8,9]。以土壤电导率与施肥量的线

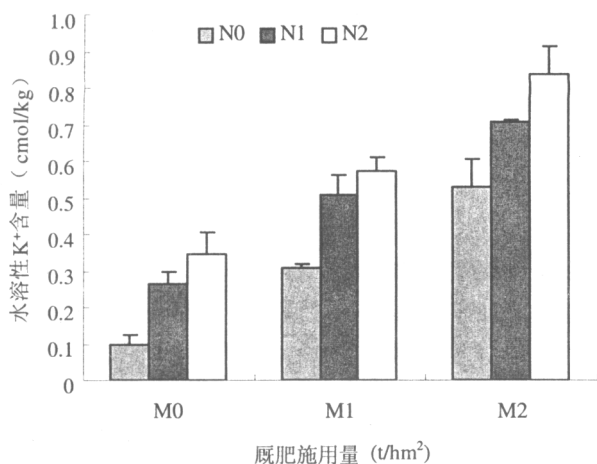


图 1 一定尿素 N 使用条件下脲肥施用对土壤水溶性 K 盐含量影响

Fig. 1 Contents of water soluble K⁺ in soil in relation to N (urine) application rate

性回归, 可以计算不同施肥条件下土壤电导率的变化幅度。同时, 以不同盐基离子含量与施肥量的线性回归和电导率变化与盐基离子组分含量的线性回归, 可以计算出一定施肥条件下盐基组分含量的变化对电导率变化的相对贡献, 以此衡量盐基组分含

量变化对盐分总量的相对贡献率。电导率与 Na^+ 、 PO_4^{3-} 的线性回归系数经检验没有达到显著性水平 ($P>0.05$), 而 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量的变化成为影响电导率变化的主要盐基成分。对各盐基离子组成变化引起电导率变化的相对贡献率分析可以看出, 该类土壤交换性盐基离子组成以 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 为主 (表 7), 因此其含量的变化对电导率变化的贡献占绝对优势。由于脲肥带入和尿素 N 形成的 NH_4^+ 替换出的 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 类盐基离子对电导率变化的贡献率达 68.75 % ~ 100 %。 NH_4^+ 含量的变化对电导率变化的贡献率占 0 ~ 31.25 %。在同样脲肥施用量的条件下, 尿素 N 施入量越高, NH_4^+ 增加对电导率变化的相对贡献率越大。脲肥施用量和尿素 N 施入量按同比例增加时, 铵盐的变化对电导率变化的相对贡献率基本一致, 而引起电导率实际变化值增加。因此, 可以认为上述施肥条件下, 该类土壤水溶性 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量的变化是引起盐基离子总量变化的主要因子; 随着尿素 N 施入量的增加, 水溶性 NH_4^+ 含量的增加成为引起土壤盐基离子总量变化的重要因子, 并且对其他水溶性盐基离子的解析产生影响, 两者叠加效应, 增加了土壤水溶性盐基离子的总量。

表 7 不同处理电导率变化的回归计算值 (mS/cm) 和盐基组分对盐分总量相对贡献率 (%)

Table 7 Change in soil electric conductivity in relation to treatments, and percentage of each salt fraction to total salt

处理	电导率增加值 (相对于 N0M0)	NH_4^+	K^+	$(1/2)\text{Ca}^{2+}$	$(1/2)\text{Mg}^{2+}$
N0M1	0.14	0	28.57	35.71	35.71
N0M2	0.28	0	28.57	39.29	35.71
N1M0	0.16	31.25	12.50	37.50	25.00
N1M1	0.30	16.67	20.00	40.00	30.00
N1M2	0.44	11.36	25.00	36.36	31.82
N2M0	0.32	31.25	12.50	34.38	21.88
N2M1	0.46	21.74	19.57	36.96	26.09
N2M2	0.60	16.67	21.67	36.67	28.33

3 结论

(1) 设施栽培条件下, 尿素 N 肥和脲肥的施用可以以较快的速度改变土壤有机质含量和养分元素含量。过量施用肥料会引起土壤养分的快速富集, 同时高度富集的养分元素成为土壤水溶性盐基离子总量提高的根本原因。因此, 设施栽培必须真正地

强调因土合理施肥, 在提高经济产量的同时, 提高养分利用率, 降低土壤养分元素的过量富集。

(2) 在大棚加地膜覆盖的条件下, 尿素 N 施用量的增加, 会提高土壤水溶性 NH_4^+ 的含量, 而且由于 NH_4^+ 的代换作用, 提高了其他类水溶性盐基离子的含量, 引起土壤水溶性盐基离子总量的快速

增加, 加快土壤次生盐渍化。

(3) 施肥引起该类土壤水溶性 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量的变化, 是水溶性盐基离子总量快速增加的主要原因。羊圈粪肥富含 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 类盐基离子, 其施用量的增加会引起土壤水溶性盐基离子总量的提高, 过量施用同样会引起土壤次生盐渍化。

致谢: 本文分析工作由教剑英高级实验师、宗海宏实验师完成, 在此表示感谢。

参考文献

- 1 夏立忠, 杨林章, 王德建. 苏南设施栽培中旱作人为土壤养分与盐分状况的研究. 江苏农业科学, 2001, (6): 43 ~ 46
- 2 夏立忠, 杨林章. 大棚番茄优化施肥与土壤养分和盐分的变化特征. 中国蔬菜, 2003, (2): 4 ~ 7
- 3 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996
- 4 徐力刚, 杨劲松, 张妙仙, 陈德明, 李冬顺. 微区作物种植条件下不同调控措施对土壤水盐动态的影响特征, 土壤, 2003, 35 (3): 227 ~ 231
- 5 内海修一著, 王志刚, 王维璟译. 保护地园艺环境与作物生理. 北京: 农业出版社, 1984
- 6 薛继澄, 李加金, 毕德义, 马爱军, 陈平娥. 保护地栽培土壤硝酸盐积累对辣椒生长和锰含量的影响. 南京农业大学学报, 1995, 18 (1): 53 ~ 56
- 7 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
- 8 李廷轩, 张锡洲, 王昌全, 何艳. 保护地土壤次生盐渍化的研究进展. 西南农业学报, 2001, 14 (增刊): 103 ~ 107
- 9 葛箐萍, 霍云鹏, 蔡柏岩. 大棚土壤剖面 EC_{25c} 值变化研究. 土壤通报, 1999, 30 (2): 80 ~ 81

CHANGES IN COMPOSITION AND CONTENT OF NUTRIENTS AND WATER SOLUBLE SALTS IN SOIL UNDER PLASTIC GREENHOUSE TOMATO CULTIVATION IN RELATION TO FERTILIZATION

XIA Li-zhong LI Zhong-pei YANG Lin-zhang

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract A three-year old plastic greenhouse with sandy loam soil was selected for an experiment on effects of fertilization on soil nutrients and salts in the soil under two consecutive croppings of tomato (spring and winter tomato) and the mechanism of soil salinization was elucidated quantitatively. In the autumn of 2000, nine treatments (N0M0, N0M1, N0M2, N1M0, N1M1, N1M2, N2M0, N2M1 and N2M2, where N stands for urea, and N0: N 0 kg/hm², N1: N 255 kg/hm² and N2: N 600 kg/hm²; and M for sheep manure and M0: 0 kg/hm², M1: 26250 kg/hm² and M2: 52500 kg/hm²) were arranged at random each having three replicates, and in the following winter six treatments N0M0, N0M1, N0M2, N1M0, N1M1 and N1M2 were laid out. During the experiment the field was covered with plastic sheet to keep warmth and water regime. The results showed that over-supply of urea or sheep manure led to fast accumulation of nutrients and salts. The increase in the content of water soluble NH_4^+ , which resulted from transformation of the urea applied, led to increase in water soluble K^+ 、 Ca^{2+} and Mg^{2+} through exchange of ammonium cations. Sheep manure with high contents of water soluble K^+ 、 Ca^{2+} and Mg^{2+} supplied the soil with high quantity of K^+ 、 Ca^{2+} and Mg^{2+} .

Key words Plastic greenhouse, Soil salinization, Urea, Sheep manure