

深耕及增施有机肥对设施菜地土壤肥力的影响

马俊艳¹, 左强², 王世梅¹, 谷佳林², 吴建新², 邹国元²

(1. 南京农业大学 资源与环境学院, 江苏 南京 210095; 2. 北京市农林科学院 植物营养与资源环境所, 北京 100097)

摘要:为克服设施菜地土壤耕作层变薄、理化性质恶化的现状, 试验设置了浅翻(CK)、深翻(D)、浅翻+有机肥(OF)、深翻+有机肥(DOF)、浅翻+有机肥+秸秆(OFS)、深翻+有机肥+秸秆(DOFS)6个处理, 研究了深耕及增施有机肥对土壤耕作层理化性质的影响。结果表明: 经深翻或施有机肥后, 土壤容重显著下降、含水量增加, 其中深翻+有机肥+秸秆(DOFS)处理效果最为明显, 相对空白对照而言, DOFS处理容重降低了 0.201 g/cm^3 , 含水量增加 5.88% 。施有机肥和秸秆提高了土壤有机质、全氮和速效养分含量, 其中OFS处理的效果最为明显, 且C/N值分别增加了0.47和1.12, 差异显著。表明在设施栽培条件下, 适时深耕和增施有机肥料对于保持土壤耕层厚度、创造良好的根际环境具有重要的现实意义。

关键词:深耕; 有机肥; 容重; 养分

中图分类号: S 162 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2011)24-0186-05

近年来, 设施栽培作为北方蔬菜生产的主要模式, 发展很快, 在蔬菜周年供应中的地位日益重要。绝大多数温室、大棚由于环境条件所限, 多年来采用旋耕犁翻地, 犁齿只有20 cm长, 耕作厚度只有20 cm左右。长期则出现了土壤耕层变薄, 犁底层加厚, 表层土壤紧实度增加, 养分富集、病虫草害严重等问题^[1-3]。土壤紧实度增加, 使土壤耕层固定在一定的范围内, 影响根系的伸展, 造成植株生长发生障碍。再加上设施内常处于封闭或半封闭状态, 有气温高、湿度大、复茬指数高等特点, 随着种植年限的增加, 土壤理化性状发生显著变化, 出现土壤环境恶化等不良现象, 直接导致连作障碍, 设施菜地生产效益下降、产品品质差, 有些地方甚至危及到农业设施的继续使用。

如何保持和提高土壤肥力, 并充分发挥其生产能力一直是土壤学家和农学家关注的主要问题。土壤耕作措施作为农业综合技术措施之一, 对改良土壤和提

高水肥利用率具有重要作用^[4]。目前, 有学者对保护性耕作下土壤养分动态变化进行了大量的研究, 证实有机肥或秸秆还田在提高土壤肥力、作物增产方面有显著效果^[5-8], 秸秆覆盖对土壤养分有明显的改善作用^[9-11], 但针对保护地菜田深翻耕作下对土壤养分影响的研究还很欠缺。该试验拟通过对土壤进行深翻和增施有机肥料2种农业措施, 来研究其在克服土壤耕层变薄、提升土壤肥力方面的作用, 旨在为构建设施农业土壤的可持续管理策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在北京市顺义区李桥镇沿河特菜基地的生产温室进行, 土壤类型为潮土, 质地为粘土, 供试土壤理化性质见表1。供试作物为花椰菜品种“富贵塔”。

1.2 试验方法

试验共设6个处理, 3次重复, 小区面积为 $5\text{ m} \times 4.5\text{ m}$, 试验小区随机排列。6个处理分别为: CK: 浅翻(15~20 cm)不施肥; D: 深翻(30~35 cm)不施肥; OF: 浅翻+施有机肥; DOF: 深翻+施有机肥; OFS: 浅翻+施有机肥+秸秆和秸秆腐熟剂; DOFS: 深翻+施有机肥+秸秆和秸秆腐熟剂。

试验所用有机肥为经发酵之后的猪粪(N、 P_2O_5 、 K_2O 含量分别为1.31%、5.90%、7.05%), 施肥量为 $30\ 000\text{ kg/hm}^2$; 秸秆(N、 P_2O_5 、 K_2O 含量分别为2.02%、0.99%、6.46%)来自北京市京圃园固体废弃物消纳基地, 施用量为 $7\ 500\text{ kg/hm}^2$ (干重); 秸秆腐熟剂为北京市京圃园生物工程有限公司生产的有机废物

第一作者简介: 马俊艳(1984-), 女, 山西孝义人, 在读硕士, 现从事土壤改良方面的研究工作。E-mail: majunyan2006@126.com。

责任作者: 邹国元(1970-), 男, 博士, 研究员, 现主要从事循环农业研究工作。E-mail: gyzou@163.com。

基金项目: 北京市政府购买科技服务资助项目(20080901); 北京市科技课题资助项目(D1011050465100002); 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(20100314); 北京市科委科技人员服务企业资助项目(2009GJA00026)。

收稿日期: 2011-10-10

发酵菌曲,施用量为 30 kg/hm^2 。有机肥与秸秆和秸秆腐熟剂作为底肥一次性施入土壤后进行翻耕,在花椰菜莲座后期进行 1 次尿素追肥(肥料的施用量为 187.5 kg/hm^2)。花椰菜采用平畦种植模式,株行距为

$50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$,定植后进行 1 次大水漫灌,灌溉量为 $400 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;在其生长阶段采用滴灌方式浇水,每次灌溉量为 $80 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

表 1

供试土壤基础理化性状

Table 1

The physical and chemical properties of soil foundation

土层 Soil layer/cm	容重 Soil bulk density/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	有机质 Organic matter/%	全氮 Total N/%	速效磷 Available P/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	速效钾 Available K/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
0~15	1.23	2.93	0.19	323.02	434.85
15~30	1.46	2.43	0.15	305.61	376.06

1.3 项目测定

测定花椰菜整个生育期内土壤养分变化情况,在花椰菜种植前、收获后各进行 1 次土样采集,采样深度为 0~90 cm,分 0~15、15~30、30~60、60~90 cm 4 层;在花椰菜的生长期,每隔 1 个月采 1 次土样,直到花椰菜收获,共取了 3 次土样,采样深度为 0~60 cm,分 0~15、15~30、30~60 cm 3 层。土样按“S”型布点原则采样,采取 5 个样点混合均匀后带回实验室,以备测试用。种植前、收获后的土壤测试项目包括容重、含水量、速效磷、速效钾、有机质和全氮;在花椰菜生长期内的土壤测试项目为土壤速效磷和速效钾。测试方法:土壤容重采用环刀法;含水量采用烘干法;土壤有机质测定采用重铬酸钾氧化法(外加热法);全氮用硫酸消煮-凯氏定氮法测定;速效磷测定采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法;速效钾测定采用 0.1 mol/L 醋酸铵浸提-火焰光度法^[12]。

1.4 数据处理

统计分析采用 SAS 8.1 (SAS Inst, 1999) 软件和 Excel 进行,当 F 检验显著时,进行不同处理间的方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对土壤物理性质的影响

2.1.1 对土壤容重的影响 土壤容重综合反映了土壤颗粒和土壤孔隙状况^[13],是土壤物理性质的重要指标之一,受到各种自然因素和人工管理措施的影响。由表 2 可知,随着土层深度的增加,土壤容重呈现出增长的趋势。在 15~30 cm 的土层,深翻处理的 D、DOF、DOFS 分别比浅翻处理的 CK、OF、OFS 降低了 0.055 、 0.034 、 0.002 g/cm^3 ,表明土壤经过深翻后,容重有了一定程度的降低;浅翻条件下,OFS、OF 处理与 CK 处理相比,土壤容重分别降低了 0.139 、 0.067 g/cm^3 ;深翻条件下,DOFS、DOF 处理比 D 处理分别降低了 0.086 、 0.046 g/cm^3 ,且 DOFS、OFS、DOF 相对 CK 处理,达到了显著水平;在土壤的上表层(0~15 cm),土壤容重的变化规律与下表层(15~30 cm)相一致,说明向土壤中施有机肥或有机肥和秸秆同样也可以起到降低土壤容重的效果,石健康等^[14]有相似的

研究结论。土壤容重降低,孔隙度增加,透水性和透气性增强,有助于改善根际土壤的微生物环境,促进植物根系的生长,增强植物的抗倒伏能力和抗虫害能力。

2.1.2 对土壤含水量的影响 由表 2 可知,各处理 0~15 cm 土层的土壤含水量低于 15~30 cm 土层。在土壤的同一层内,各处理间含水量存在差异,其中 CK 处理含水量最低,而 DOFS 处理的含水量最高。DOFS 相对于 D 处理而言,土壤上、下表层的含水量分别增加了 1.45% 和 1.66% ;OF 相对于 CK 处理而言,上表层土壤的含水量增加了 1.27% ,且差异显著;得出施有机肥或有机肥和秸秆都可以提高土壤的持水能力,出现此现象是因为秸秆或有机肥具有保水能力,被施入土壤中能够提高保墒、蓄水能力。将 DOFS、DOF 和 D 与 OFS、OF、CK 处理的含水量进行对比可知,土壤经深翻后,土壤的含水量有了一定程度的增加,但差异不显著,可能是因为土壤含水量易受外界环境条件的影响,从而导致效果不明显。土壤增施有机肥和秸秆结合深翻后,蓄水能力得到了进一步增强,能够持续稳定地提供作物生长期所需水分,对提高作物抗旱能力是有益处的。

2.2 不同处理对土壤养分的影响

2.2.1 对土壤有机质含量的影响 由图 1 可知,无论是在浅翻还是深翻条件下,施用有机肥料或秸秆对 0~15 cm 土壤有机质含量均有影响。其中,OFS 和 DOFS 处理分别比 CK 和 D 处理提高了 0.54 和 0.46 个百分点,OF 和 DOF 处理分别比 CK 和 D 处理增加了 0.44 和 0.15 个百分点,但差异不显著,可能与该试验进行时间周期较短有关。同样在 15~30 cm 的土层,不同施肥处理对有机质含量的影响也呈现出相同的变化规律。因此说明向土壤中施入有机肥和秸秆的施肥处理可以提高土壤中有机质的含量。原因可能有 2 点:一是因为有机肥和秸秆当中含有丰富的有机物质,当被施入土壤后有机物质会转化为有机质,从而增加了土壤中有机质的含量;二是有机肥中含有各种微生物和酶类物质,施入土壤中能够增加土壤中微生物的多样性,促进有机质的腐殖化过程。

表 2

不同处理方式下土壤容重及含水量

Table 2

Soil bulk density and water content as affected by different treatments

处理 Treatment	容重 Soil bulk density/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$		含水量 Water content/%	
	0~15 cm	15~30 cm	0~15 cm	15~30 cm
浅翻(CK) Traditional tillage	1.058a	1.228a	12.96c	15.90b
深翻(D) Deep tillage	1.039a	1.173ab	13.40bc	15.94b
浅翻+有机肥(OF) Traditional tillage+Organic fertilizer	1.022a	1.161ab	14.23ab	16.13b
深翻+有机肥(DOF) Deep tillage+Organic fertilizer	1.016a	1.127bc	14.43ab	16.53ab
浅翻+有机肥+秸秆(OFS) Traditional tillage+Organic fertilizer+Straw	1.015a	1.089c	14.47ab	17.39a
深翻+有机肥+秸秆(DOFS) Deep tillage+Organic fertilizer+Straw	0.979a	1.087c	14.85a	17.60a

注:同列数值后不同字母表示差异达 5% 显著水平,下同。

Note: Values followed by different letters in the same column mean significant at 5% level, the same as below.

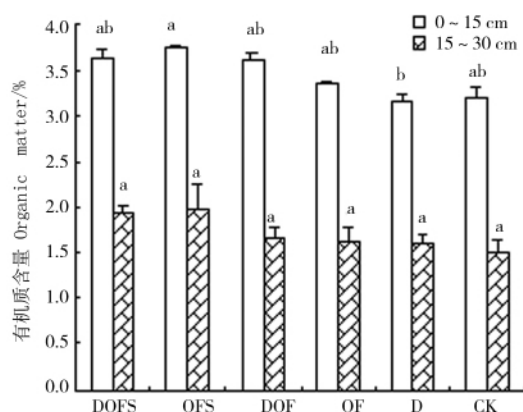


图 1 不同处理下 0~15 cm 和 15~30 cm 土壤有机质含量

Fig. 1 Organic matter content of 0~15 cm and 15~30 cm under different treatments

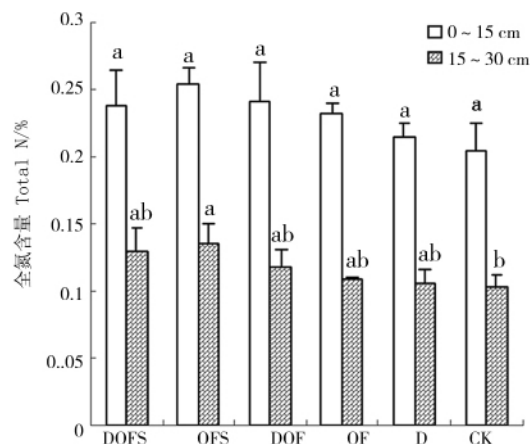


图 2 不同处理下 0~15 cm 和 15~30 cm 土壤全氮含量

Fig. 2 Total N content of 0~15 cm and 15~30 cm under different treatments

2.2.2 对土壤全氮含量的影响 由图 2 可知,0~15 cm 土壤全氮含量明显高于 15~30 cm,在不同处理方式下土壤 0~15 cm 的全氮水平变化不显著,而土壤 15~30 cm 的变化达到了显著水平。15~30 cm 土层在浅翻的前提下,施有机肥和秸秆处理的全氮含量最高,不施肥处理的含量最低,施有机肥的介于二者之间,相对于 CK 处理而言,OFS 处理的全氮含量提高了 0.033 个百分点,且差异达到显著水平,OF 处理提高了 0.006 个百分点,但差异不显著;同在深翻条件下,全氮含量的变化趋势为 DOFS>DOF>D,得出施有机肥或施有机肥和秸秆相对于不施肥处理来说,能够显著提高下表层土壤的全氮含量。

2.2.3 对土壤碳氮比的影响 土壤碳氮比可反映土壤碳、氮的耦合关系,是评价土壤质量水平的一个重要指标^[15]。由图 3 可知,同在浅翻的耕作方式下,0~15 cm 土层,增施有机肥后土壤 C/N 值由空白对照的

8.3 增加到 9.1;土壤 15~30 cm 的 C/N 值由 7.3 增加到 9.0,且差异都显著。原因可能是向土壤中增施有机肥后,有机碳含量显著增加,而氮含量相对保持不变,从而导致 C/N 值增加显著;在增施有机肥和秸秆后,土壤 C/N 比值相对空白对照也呈增高趋势。由以上试验数据可知,向土壤中增施有机肥和秸秆,有利于增加土壤的碳氮比值。

2.2.4 对土壤速效磷含量的影响 图 4、5 为作物生长期,土壤表层速效磷含量的变化情况。将 0~15 cm 土层不同处理在同一时期内的速效磷含量(图 4)进行比较,得出变化趋势为 OFS>OF>CK;DOFS>DOF>D,其中 12 月份不同处理的土壤速效磷含量差异比较大,OFS、OF 处理相对于 CK 处理而言,速效磷含量分别增加了 125.81 和 42.67 mg/kg;DOFS 和 DOF 处理比 D 处理分别提高了 50.59 和 83.58 mg/kg,可知,向土壤中增施有机肥或在此基础上增施秸秆,可以提高

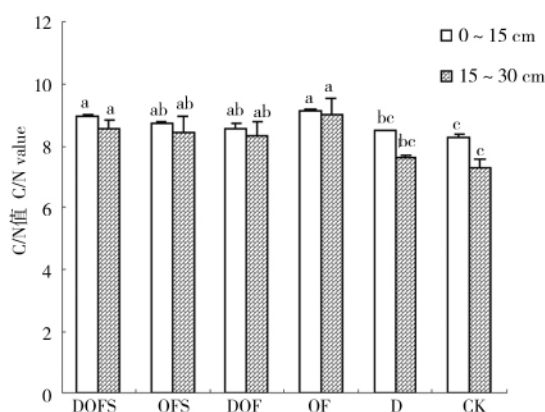


图3 不同处理下 0~15 cm 和 15~30 cm 土壤 C/N 值

Fig. 3 C/N value of 0~15cm and 15~30cm under different treatments

土壤中速效磷含量,尤其是在作物生长后期。王林权等^[16]进行的土培试验表明,施用有机肥可以显著提高土壤速效磷的含量,与该研究结论相一致。原因可能有二方面:一是施入的肥料中本身就含有一定数量的磷;二是肥料施入土壤后,增加了土壤有机质含量,而有机质在分解过程中产生了有机酸类物质,促进了无机磷的溶解。另外,由数据还可以看出,在不施肥处理的前提下,0~15 cm 土层 CK 处理的速效磷含量高于 D 处理,而 15~30 cm 的速效磷 D 处理高于 CK 处理,这可能是因为在深翻的过程中,土壤上下、土层混合,导致上表层土壤的速效磷含量降低。

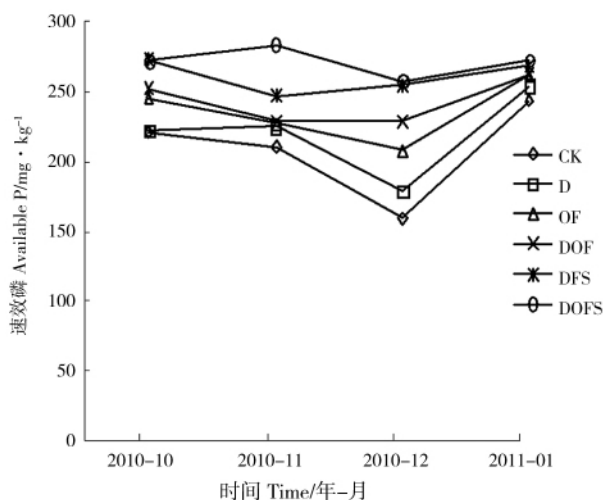


图4 不同处理下 0~15 cm 土壤速效磷含量

Fig. 4 Available P content of 0~15 cm under different treatments

2.2.5 对土壤速效钾含量的影响 由图 6、7 可知,在作物生育期内随着时间的延续,土壤速效钾含量呈降低趋势。由图 6 可知,在深翻条件下,增施有机肥和秸秆可以提高土壤速效钾含量,其中在 11 月和 12 月份,DOFS 处理土壤速效钾含量要明显高于 D 处理,且分别增加了 73.62% 和 76.84%;而增施有机肥同样也能达到增加土壤中速效钾含量的目的,浅翻耕作方式下的变化规律同深翻相一致。这主要是因为有机肥或腐熟

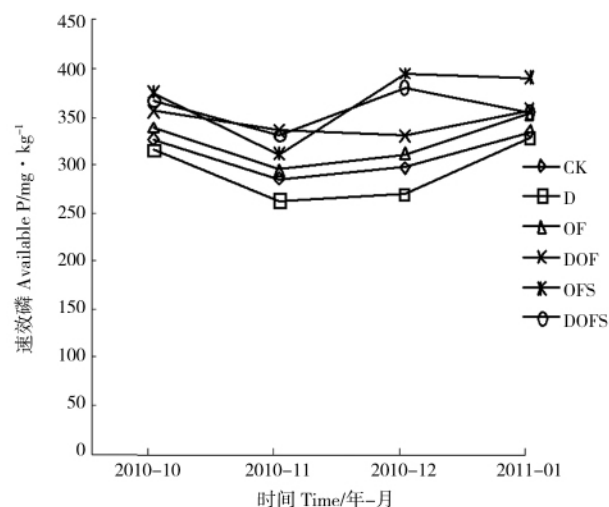


图5 不同处理下 15~30 cm 土壤速效磷含量

Fig. 5 Available P content of 15~30 cm under different treatments

的秸秆当中,有能够被作物吸收利用的速效钾,当施入土壤后,就能够显著增加土壤中速效钾的含量,且秸秆翻耕施入土壤后,秸秆与土壤充分混合,加速有机质腐化,腐殖化过程产生的有机酸类物质能够减少钾的固定,提高土壤中速效钾的含量。同样由数据知,在不施有机肥的条件下,D 处理相对于 CK 处理而言,土壤上表层速效钾含量有所降低,可能是由于土壤进行深翻后,上表层土壤的速效钾均匀分布于整个耕作层间,导致表层土壤速效钾含量有所降低。

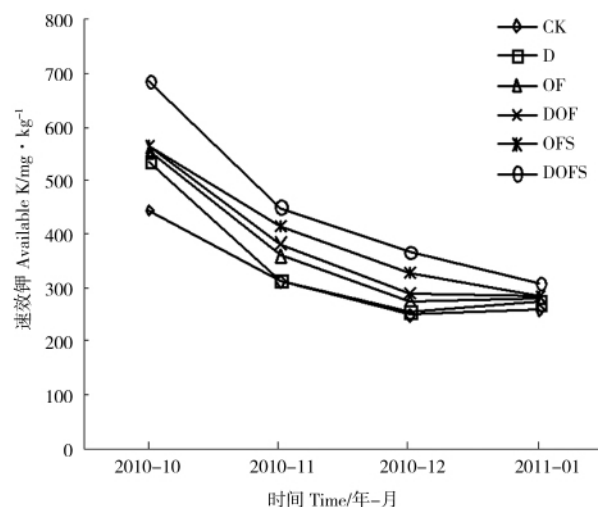


图6 不同处理下 0~15 cm 土壤速效钾含量

Fig. 6 Available K content of 0~15 cm under different treatments

3 结论与讨论

近年来土壤耕层变薄、犁底层加厚、表层土壤养分富集已经成为设施蔬菜生产的障碍因子之一。该试验研究表明,深翻或增施有机肥和秸秆都可有效降低土壤容重,使耕层厚度增加,增加土壤孔隙度和含水量,改善根际土壤环境,其中深翻与增施有机肥和秸秆

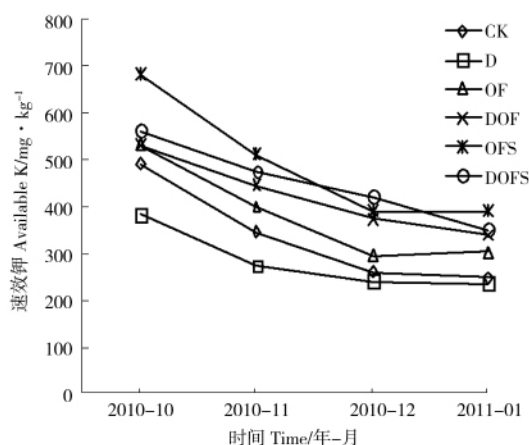


图7 不同处理下15~30 cm土壤速效钾含量

Fig. 7 Available K content of 15~30 cm under different treatments

相结合降低土壤容重的效果最为明显。梁金凤等^[17]、王振忠等^[18]的研究表明,深翻或秸秆还田对土壤物理性状的改善具有积极作用,能降低土壤容重,提高土壤蓄水保水能力,促进作物根系向深处生长,为高产奠定了物质基础,与该研究结果一致。

在该试验条件下,施有机肥和秸秆均可以提高耕层土壤中有机质、全氮和速效养分含量。刘建新^[19]、孟春雷^[20]的研究结果表明,果园进行秸秆还田后,土壤有机质含量明显增加,微生物活动增强,土壤有效养分明显增加。同时,该试验研究结果表明,不施肥料,单对土壤进行深翻后,降低表层土壤养分含量。设施园艺栽培中长期免耕会导致土壤板结,犁底层上移,从而造成表层土壤养分富集^[1-3],细菌滋生泛滥,从而影响作物的生长和产量。建议对土壤进行适时深翻,同时深翻与有机肥施用相结合,创造深厚的耕作层,使肥料均匀分布于土壤中,提高肥料的利用率,为设施农业的持续发展提供指导。

参考文献

- [1] 刘世平,沈新平,黄细喜.长期少免耕土壤供肥特征与水稻吸肥规律的研究[J].土壤通报,1996,27(3):133-135.
- [2] 王璐,吴建福,潘晓华.不同耕作方式下施用有机肥对稻田土壤肥力及抛栽水稻产量的影响[J].江西农业大学学报,2009,31(3):455-460.
- [3] 王英,滕齐辉,崔中利.免耕水稻土壤中细菌多样性及其空间分布的研究[J].土壤学报,2007,44(1):137-143.
- [4] 付国占,李潮海,王俊忠,等.残茬覆盖与耕作方式对夏玉米光合产物生产与分配的影响[J].华北农学报,2005,20(3):62-66.
- [5] 杜永林.江苏秸秆全量还田少免耕稻作技术及其应用探讨[J].耕作与栽培,2005(5):47-50.
- [6] 刘世平,张洪程,戴其根,等.免耕套种与秸秆还田对农田生态环境及小麦生长的影响[J].应用生态学报,2005,16(2):393-396.
- [7] 朱杰,牛永志,高文玲,等.秸秆还田和土壤耕作深度对直播稻田土壤及产量的影响[J].江苏农业科学,2006(6):388-391.
- [8] 远红伟,陆引罡,刘均霞,等.不同耕作方式对玉米生理特征及产量的影响[J].华北农学报,2007,22(增刊):140-143.
- [9] 石书兵,马林,刘建喜,等.奇台县保护性耕作实施效果分析[J].新疆农业科技,2005,10(5):37-38.
- [10] 刘金海,党占平,曹卫贤.不同覆盖和播种方式对渭北旱地小麦产量及土壤水分的影响[J].麦类作物学报,2005,25(4):91-94.
- [11] Ottman M J, Doerge T A, Martin E C. Durum grain quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain fill [J]. Agronomy Journal, 2000, 92: 1035-1041.
- [12] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [13] Logsdon S D, Karlen D L. Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage [J]. Soil and Tillage Research, 2004, 78: 143-149.
- [14] 石健康,姜立新,戴昌浩.稻草还田的效应研究[J].作物研究,2006(1):66-67.
- [15] 许泉,芮雯奕,刘家龙.我国农田土壤碳氮耦合特征的区域差异[J].生态与农村环境学报,2006,22(3):57-60.
- [16] 王林权,周春菊,王俊儒,等.鸡粪中的有机酸及其对土壤速效养分的影响[J].土壤学报,2002,39(2):268-275.
- [17] 梁金凤,齐庆振,贾小红,等.不同耕作方式对土壤性质与玉米生长的影响研究[J].生态环境学报,2010,19(4):945-950.
- [18] 王振忠,吴敬民,陈留跟,等.稻麦两熟地区秸秆全量直接还田施肥技术的增产培肥效果[J].江苏农业科学,2003,19(3):151-156.
- [19] 刘建新.覆草对果园土壤肥力及苹果产量与品质的影响[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):102-105.
- [20] 孟春雷.土壤蒸发及水热传输研究综述[J].土壤通报,2007,38(2):374-378.

Effect of Deep Tillage and Organic Fertilizer Application on Soil Fertility in Facility Vegetable Field

MA Jun-yan¹, ZUO Qiang², WANG Shi-mei¹, GU Jia-lin², WU Jian-xin², ZOU Guo-yuan²

(1. Institute of Resources and Environment, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095; 2. Institute of Plant Nutrition and Resource, Beijing Academy of Agriculture and Forest Science, Beijing 100097)

Abstract: In order to overcome the present situation of cultivate layer getting thinner, soil physical and chemical properties getting worse in greenhouse, carried out in Beijing suburbs. Treatments included traditional tillage(CK), deep tillage(D), traditional tillage+organic fertilizer(OF), deep tillage+organic fertilizer(DOF), traditional tillage + organic manure+straw(OFS), deep tillage+organic fertilizer+straw(DOFS). The results showed that after deep plough or applying the organic fertilizer, soil bulk density decreased significantly, water content increased. Among six treatments, the effect of DOFS treatment was best. Compared to the CK treatment, soil bulk density reduced by 0.201 g/cm³, water content increased by 5.88%. Applying organic fertilizer and straw could increase the organic matter, total nitrogen and available nutrients, the effect of OFS was obvious, and C/N value improved significantly by 0.8 and 1.7 as compared to CK treatment. The results of the study indicated that deep tillage timely and organic fertilizer application were of great importance to keep the thickness of cultivate layer and create a good rhizosphere environment under facilities cultivating conditions.

Key words: deep tillage; organic fertilizer; soil bulk density; nutrient