

设施蔬菜栽培对土壤团聚体组成及稳定性的影响

王洪娟, 梁成华*, 杜立宇

(沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 100866)

摘要: 土壤团聚体的数量和稳定性是衡量和评价土壤肥力的重要指标。以栽培年限为 1、5、10、15、20 a 的日光温室土壤为研究对象, 探讨了设施蔬菜栽培对土壤团聚体组成及稳定性的影响。结果表明, 随着温室使用年限的增加, 供试土壤中 >0.25 mm 机械稳定性团聚体含量和土壤团聚体机械稳定性先降低后趋于稳定, 温室土壤降幅大于露地土壤; >0.25 mm 水稳性团聚体含量和土壤团聚体水稳性先升高后趋于稳定, 温室土壤的升幅高于露地土壤。有机质有利于提高土壤团聚体的水稳性; 游离氧化铁、游离氧化铝、无定形氧化铝含量与 >2 mm 团聚体含量呈正相关关系, 其中游离氧化铁与 >2 mm 团聚体含量呈显著的正相关关系, 无定形氧化铁和络合态氧化铁含量与 <0.25 mm 微团聚体含量呈正相关关系。

关键词: 设施蔬菜栽培; 土壤团聚体; 稳定性; 无机胶结剂

中图分类号: S152.4 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)12-0051-05

Effects of Cultivation in Greenhouse on Composition and Stability of Soil Aggregate

WANG Hong-juan, LIANG Cheng-hua*, DU Li-yu

(Soil and Environment College, Shenyang Agriculture University, Shenyang 100866, China)

Abstract: The number and status of soil aggregates are the important indexes to measure and evaluate the soil fertility. The solar greenhouses in which the vegetable was cultivated for 1, 5, 10, 15 and 25 years, respectively, were chosen, and the effect of cultivation in solar greenhouse on composition and stability of soil aggregate was discussed. The results showed that with the increase of cultivation years, the content of >0.25 mm aggregate with mechanical stability in the soil and the mechanical stability of soil aggregate reduced year by year, and greenhouse soil dropped more than outdoor soil; the content of >0.25 mm aggregate with water stability and the water stability of soil aggregate raised year by year, and the growth of greenhouse soil was higher than the outdoor soil. The organic matter helped to improve the water stability of soil aggregate; the free iron oxide, the free alumina, amorphous alumina and >2 mm aggregate content was positively related; the free iron oxide and >2 mm aggregate content was significantly positive correlation; amorphous iron oxides, complexing iron oxide and <0.25 mm micro aggregate content was positively related.

Key words: facility vegetable growing; soil aggregate; stability; inorganic grouting agent

设施蔬菜栽培是高寒地区蔬菜生产中极为重要的一种栽培方法, 温室内的环境条件和蔬菜的栽培

管理与露地有很大差异。在设施蔬菜栽培中, 由于受频繁灌溉、特殊耕作及环境条件的影响, 土壤理化

收稿日期: 2013-05-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171977)

作者简介: 王洪娟(1987-), 女, 辽宁本溪人, 在读硕士研究生, 研究方向: 农业环境与生态。E-mail: whj19870109@163.com

* 通讯作者: 梁成华(1958-), 男, 辽宁沈阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事污染土壤修复与利用、农业生态与环境方面的研究。
E-mail: liang110161@163.com

性质发生变化、盐分积累、养分富集,这对土壤环境造成严重威胁^[1]。近年来,设施蔬菜栽培土壤肥力退化问题受到土壤研究者的高度关注,其研究重点主要集中在设施土壤酸化、次生盐渍化、养分变化及板结等方面,而有关土壤团聚体稳定性的研究鲜有报道。土壤团聚体即土壤结构体,是土壤的重要组成部分,其影响土壤的孔隙性、持水性、通透性和抗蚀性^[2-5],在土壤保水保肥方面具有不可忽视的作用^[6-8]。为此,以辽宁省朝阳市温室土壤及相临的露地土壤为研究对象,探讨设施蔬菜栽培对土壤团聚体组成及稳定性的影响,以期制定土壤改良措施、提高土壤肥力提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计及样品采集

试验于 2011 年 11 月 13 日在辽宁省朝阳市日光温室和相临露地进行。日光温室栽培的蔬菜以番茄为主,相邻露地旱田土壤以种植玉米为主。土壤质地属褐壤土,其基本理化性质用常规法测定^[9],见表 1。本试验以温室种植年限为试验因子,设置 5 个年限,分别为 1、5、10、15、25 a。同一种植年限的温室和露地农田各选 3 个(块)作为重复,每个温室和每块露地农田随机选取 6 个样点。在 0~20 cm 土层中取原状土,剥去土块外面与土铲接触变形部分,取保持原状土壤结构的土样约 2 kg,放入塑料密封袋带回实验室备用。

表 1 供试土壤的基本理化性质

种植年限/a	处理	有机质含量/(g/kg)	pH	速效 P 含量/(g/kg)	速效 K 含量/(g/kg)	硝态 N 含量/(g/kg)
1	温室	1.77	7.30	0.14	1.66	0.29
	露地	1.62	8.19	0.03	0.54	0.13
5	温室	4.35	7.05	0.13	1.55	0.28
	露地	3.13	7.80	0.03	0.46	0.13
10	温室	6.11	6.82	0.14	1.35	0.28
	露地	3.48	7.56	0.03	0.38	0.12
15	温室	6.99	7.33	0.14	1.81	0.30
	露地	4.32	7.80	0.02	0.28	0.11
25	温室	9.47	8.04	0.14	2.33	0.38
	露地	4.90	8.14	0.02	0.25	0.08

1.2 测定项目及方法

把原状结构土样在室内自然风干,期间沿裂隙掰成小块。根据沙维诺夫法进行干筛^[9],测定土壤机械稳定性团聚体的组成。根据约得法进行湿

筛^[10],测定土壤水稳性团聚体的组成,有机碳含量的测定采用外热源法^[11]。团聚体稳定性指标采用平均质量直径(MWD)和破坏率。其中, $MWD = \sum X_i W_i$ ($i=0,1,2,\dots,n$),式中 X_i 为每一级别的平均直径(mm), W_i 为每一级别团聚体的百分比含量^[12];团聚体破坏率=(>0.25 mm 风干团聚体含量- >0.25 mm 水稳性团聚体含量)/ >0.25 mm 风干团聚体含量 $\times 100\%$ 。游离氧化铁、铝采用连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠提取^[13],无定形氧化铁、铝采用 pH 值 3.2 的草酸-草酸铵缓冲液提取^[14],络合态氧化铁、铝采用焦磷酸钠提取^[15],均采用试铁灵联合比色法显色。

1.3 数据分析

数据采用 Excel 2003 软件处理,数据相关性和方差分析均采用 SPSS 16.0 软件进行。

2 结果与分析

2.1 设施蔬菜栽培对土壤团聚体组成的影响

一般 >0.25 mm 的团聚体称为土壤团粒结构体,是土壤中较为理想的团聚体。它的通气性、保肥性、保温性、机械弹性和水稳性均优,其数量与土壤肥力状况呈正相关关系^[16-17]。由表 2 可以看出,无论是露地土壤还是温室土壤中, >0.25 mm 的团聚体含量均随着种植年限的延长而降低(除 25 a 栽培处理),各年限之间差异达极显著水平($P<0.01$)。

表 2 土壤中 >0.25 mm 团聚体的含量 %

种植年限/a	处理	测定方法	
		干筛	湿筛
1	温室	73.52	9.34
	露地	63.56	5.75
5	温室	65.87	17.33
	露地	56.73	10.00
10	温室	59.49	23.66
	露地	52.48	14.95
15	温室	51.52	26.07
	露地	50.64	18.61
25	温室	58.81	27.75
	露地	61.22	13.55

湿筛法获得的团聚体是土壤中的水稳性团聚体,水稳性团聚体对保持土壤结构的稳定性有重要作用,同时其含量也是衡量土壤抗侵蚀能力的指标之一^[18]。由表 2 可以看出,各种种植年限土壤中 >0.25 mm 水稳性团聚体含量均低于 30%,说明供试土壤的结构性较差。

为了进一步准确、客观地分析设施蔬菜栽培对土壤团聚体的影响,以设施蔬菜栽培土壤中 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量比露地栽培土壤的高出量为衡量指标进行分析。由图 1 可以看出,干筛条件下, $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量的高出量随着种植年限的增加而逐年降低。1~10 a 时, $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量的高出量分别为 9.96%、9.14%、7.01%;10 a 之后破坏速度加快,15 a 时的高出量仅为 0.88%;25 a 时,温室土壤大团聚体的含量已经少于露地。由此可以看出,温室内频繁的耕作加快了大团聚体的破碎,其对团聚体的破坏作用明显高于露地。湿筛条件下,温室土壤中 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量比露地土壤高出量的变化趋势与干筛条件下相反,其随着种植年限的增加而增加。1~10 a 时,温室土壤中 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量增加速度缓慢,分别较陆地土壤高 3.59%、7.33%、8.71%;10~15 a 时,高出量处于平缓阶段;15 a 以后,高出量增幅明显增大;25 a 时,高出量最大,为 14.20%。表明,设施蔬菜栽培在一定程度上改善了土壤水稳性团聚体的组成。

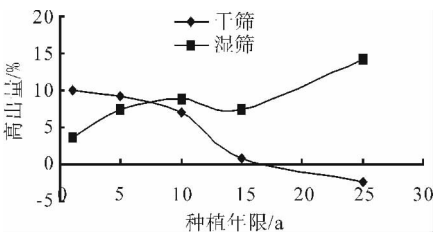


图 1 不同种植年限下温室土壤 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量比露地土壤的高出量

2.2 设施蔬菜栽培对土壤团聚体稳定性的影响

2.2.1 土壤 MWD 质量直径是反映土壤团聚体大小分布状况的常用指标,为了更加准确、全面、定量地反映土壤的结构性,以 MWD 作为衡量指标进行分析。MWD 值越大表示团聚体的平均粒径团聚度越高,稳定性越强^[19-20]。如表 3 所示,干筛条件下,温室土壤团聚体的 MWD 值均高于露地土壤,且随着种植时间的延长 MWD 值先逐渐降低后趋于平稳,温室土壤 MWD 降幅高于露地土壤,降幅为 13.14%~33.33%。湿筛条件下,温室土壤团聚体 MWD 值高于露地土壤,且随着种植年限的延长 MWD 值先明显升高后趋于平稳,25 a 时最大,为 0.37,分别是 1、5、10、15 a 的 1.06、1.16、1.42、2.18 倍。由此可以看出,温室蔬菜栽培降低了土壤团聚体的机械稳定性,但却在一定程度上提高了土壤团聚体的水稳性。

表 3 土壤团聚体的 MWD 值 mm

种植年限/a	处理	测定方法	
		干筛	湿筛
1	温室	2.30	0.17
	露地	1.66	0.14
5	温室	2.00	0.26
	露地	1.59	0.18
10	温室	1.75	0.32
	露地	1.54	0.24
15	温室	1.52	0.35
	露地	1.31	0.27
25	温室	1.67	0.37
	露地	1.47	0.22

2.2.2 土壤团聚体破坏率 土壤的破坏率也是衡量土壤稳定性的一个重要指标。由表 4 可以看出,露地土壤的破坏率高于温室土壤,并且随着种植年限的增加,其比温室土壤破坏率的增幅逐渐增加,分别为 3.66%、8.68%、11.28%、13.85%、25.05%;种植 15 a 之后,破坏率的变化相对稳定。这表明温室栽培初期,团聚体水稳性较差,随着种植年限的延长,团聚体水稳性逐渐增加,抵抗灌水浸泡和降雨击打的能力逐年增强。

表 4 土壤团聚体破坏率

种植年限/a	处理	破坏率/%
1	温室	87.30
	露地	90.95
5	温室	73.69
	露地	82.37
10	温室	60.50
	露地	71.51
15	温室	49.98
	露地	63.25
25	温室	52.81
	露地	77.87

2.3 有机质与铁、铝氧化物对土壤团聚体的影响

有机质和铁、铝氧化物是土壤团聚体重要的胶结剂,是土壤团聚体分布及其稳定性的重要影响因素。本研究在湿筛条件下,分析有机质与铁、铝氧化物对土壤团聚体的影响。

温室内有机肥的大量施入以及枯枝落叶的大量积累,使有机质在土壤中积累^[21]。本研究中,供试土壤有机质的平均含量(x)与水稳性团聚体 MWD 值(y)之间的回归方程为 $y=34.557x-4.422$,相关系数 $r=0.968$ ($n=5, df=4, r_{0.05}=0.704$),两者呈显著正相关关系,说明有机质有利于增加水稳性团聚体 MWD 值,提高土壤团聚体的水稳性,这一结

论与其他研究者的研究结果相同^[22]。因此,在温室蔬菜栽培过程中应该注重有机肥的施入,这不仅可以提高土壤的通气、透水性,还可以为蔬菜生长提供充足的养分,进而提高温室蔬菜栽培的产量及质量。

据报道^[23],除有机质外,铁、铝氧化物也是土壤团聚体重要的胶结剂,然而关于铁、铝氧化物在土壤团聚体分配中的作用以及作用方式的研究较少,本研究发现(表 5),游离氧化铁、氧化铝和无定形氧化铝主

要集中在 >2 mm 团聚体中,其含量与 >2 mm 团聚体含量呈正相关关系;无定形氧化铁和络合态氧化铁主要集中在 <0.25 mm 的微团聚体中,其含量与 <0.25 mm 微团聚体含量呈正相关关系;络合态氧化铝的分布比较广泛,除了 $2\sim0.25$ mm 粒径外,均呈正相关关系。其中游离氧化铁与 >2 mm 团聚体含量的相关性达显著水平,其他均不显著。由此可以看出,游离氧化铁对大团聚体具有很强的胶结能力。

表 5 铁、铝氧化物与土壤团聚体含量的相关系数

团聚体粒径/mm	游离氧化铁	无定形氧化铁	络合态氧化铁	游离氧化铝	无定形氧化铝	络合态氧化铝
>2	0.988*	-0.459	-0.342	0.451	0.463	0.390
$2\sim0.25$	-0.041	-0.061	-0.777	-0.475	-0.267	-0.616
$0.25\sim0.053$	-0.572	0.878	0.736	-0.877	-0.834	0.727
<0.053	-0.039	0.936	0.447	-0.334	-0.201	0.250

注: * 表示相关性在 0.05 水平上显著。

3 结论与讨论

土壤团聚体是土壤的重要组成部分,控制土壤水、气、热及养分的保持和运移,影响土壤的众多理化性质。近几十年来,国内外学者对土壤团聚体的形成机制、影响因素及其与农业管理措施之间的关系做了大量研究。耕作是影响土壤团聚体稳定性的重要因素,增加耕作强度可促进土壤有机质周转,减少土壤团聚作用的发生^[24],同时还可以使受团聚体保护的有机质矿化,减少稳定性胶结剂的产生。据报道,在同样条件下,常规耕作使团聚体稳定性降低,大团聚体的比例减少,微团聚体的比例增加^[25];少耕能增大孔隙和生物通道,改善土壤水分的运移和有效性^[26];免耕更有助于提高土壤团聚体的稳定性。本研究结果表明,干筛条件下,随着种植时间的延长 >0.25 mm 团聚体含量先降低后趋于平稳,温室降幅高于露地土壤,这是因为温室内频繁的耕作加快了大团聚体的破碎,降低了温室土壤团聚体的机械稳定性;湿筛条件下, >0.25 mm 团聚体含量随着种植年限的增加先增加后趋于平稳,温室土壤的增幅高于露地土壤,说明团聚体破坏率逐年降低,且温室土壤破坏率低于露地土壤,经相关性分析发现,有机质含量与水稳性团聚体 MWD 值呈显著的正相关关系。除了有机质,铁、铝氧化物也对团聚体的团聚起到了重要的作用,游离氧化铁最为突出,其含量与 >2 mm 团聚体呈显著正相关关系。由此可知,温室内频繁的耕作降低了土壤团聚体的机械稳定性,随着种植时间的延长,机械稳定性降低。然而水稳性团聚体含量及其稳定性随着种植时间的延长而逐年增加。

参考文献:

- [1] 赵风艳,吴凤芝,刘德,等. 大棚菜地土壤理化特性的研究[J]. 土壤肥料,2000,2(5):11-13.
- [2] 蔡立群,齐鹏,张仁陆. 保护性耕作对麦—豆轮作条件下土壤团聚体组成及有机碳含量的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(2):141-145.
- [3] 陈恩凤,周礼恺,武冠云. 微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评判土壤肥力水平中的意义[J]. 土壤学报,1994,31(1):18-25.
- [4] 卢金伟,李占斌. 土壤团聚体研究进展[J]. 水土保持研究,2002,9(1):81-85.
- [5] 杨如萍,郭贤仕,吕军峰,等. 不同耕作和种植模式对土壤团聚体分布及稳定性的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(1):252-256.
- [6] 史奕,陈欣,闻大中. 东北黑土团聚体水稳定性研究进展[J]. 中国生态农业学报,2005,13(4):95-98.
- [7] 李阳兵,谢德体. 不同土地利用方式对岩溶山地土壤团粒结构的影响[J]. 水土保持学报,2001,15(4):122-125.
- [8] 郑子成,李廷轩,张锡洲,等. 不同土地利用方式下土壤团聚体的组成及稳定性[J]. 水土保持学报,2009,23(5):228-236.
- [9] 刘军,王益权,王益. 长期培肥过程中壤土物理性质演变规律[J]. 土壤通报,2004,35(5):542-543.
- [10] 刘孝义. 土壤物理及土壤改良研究法[M]. 上海:上海科学技术出版社,1982.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [12] 周虎,吕贻忠,杨志臣,等. 保护性耕作对华北平原土壤团聚体特征的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(9):1973-1979.

(下转第 58 页)

势。因此,在低山丘陵区植被恢复实践中,应根据不同植被在不同坡面表现出的特点和优势,通过多种植被的有效结合以实现区域植被的高效恢复。

参考文献:

- [1] 王鸣远,关三和,王义.毛乌素沙地过渡地带土壤水分特征及其植物利用[J].干旱区资源与环境,2002,16(2):37-44.
- [2] 夏江宝,曲志远,朱玮,等.鲁中山区不同人工林土壤水分特征[J].中国水土保持科学,2005,3(3):45-50.
- [3] 王彦平,李学红,宋卫土.呼伦贝尔半干旱草原土壤水分及干旱特征分析[J].天津农业科学,2012,18(5):61-63.
- [4] 杨秀春,徐斌,严平,等.农牧交错带不同农田耕作模式土壤水分特征对比研究[J].水土保持研究,2005,19(2):125-129.
- [5] 张斌,赵从举,陈浩,等.海南西部桉树人工林春季土壤水分时空变化研究[J].天津农业科学,2012,18(3):51-53.
- [6] 聂立水,李吉跃,戴伟.北京西山油松栓皮栎混交林的土壤水分特征[J].林业科学,2007,43(增刊1):43-47.
- [7] 张晶晶,王力.黄土高原高塬沟壑区坡面表层土壤水分研究[J].水土保持研究,2011,31(1):93-97.
- [8] 樊金拴,陈原国.渭北黄土高原核桃林地的土壤水分特征[J].中国水土保持科学,2005,3(2):76-80.
- [9] 莎仁图雅,田有亮,郭连生.大青山区阳坡油松人工林土壤水分特征研究[J].干旱区资源与环境,2009,23(3):162-165.
- [10] 马维伟,王辉,连树清.兰州北山侧柏人工林地土壤水分研究[J].土壤,2009,41(1):102-106.
- [11] 张扬,吴发启,张进,等.陕西省优质苹果园表层土壤水分特征[J].西北农业学报,2010,19(10):91-95.
- [12] 孙迪,夏静芳,关德新,等.长白山阔叶红松林不同深度土壤水分特征曲线[J].应用生态学报,2010,21(6):1405-1409.
- [13] 杨永辉,赵世伟,刘娜娜,等.宁南黄土丘陵区不同植被措施的土壤水分特征[J].中国水土保持科学,2006,4(2):24-28.
- [14] 徐敬华,陈云明,邓岚.黄土丘陵半干旱区典型人工林土壤水分特征[J].水土保持通报,2010,30(3):48-52.
- [15] 姚贤良,程云生.土壤物理学[M].北京:农业出版社,1986.
- [16] Van Reeuwijk L P. Procedures for Soil Analysis[M]. Wageningen: ISRIC, 1995: 121-128.
- [17] McKeague J A, Day J H. Dithionite and oxalate extractable iron and aluminum as aides in differentiating various classes of soils[J]. Can J Soil Sci, 1966, 4(6): 13-32.
- [18] 孙艳,王益权,刘军,等.日光温室蔬菜栽培对土壤团聚体稳定性的影响——以陕西省泾阳县日光温室土壤为例[J].土壤学报,2011,48(1):169-174.
- [19] 祁迎春,王益权,刘军,等.不同土地利用方式土壤团聚体组成及几种团聚体稳定性指标的比较[J].农业工程学报,2011,27(1):340-341.
- [20] 魏朝富.有机肥对紫色水稻土水稳性团聚体的影响[J].土壤通报,1995,26(3):114-116.
- [21] 王清奎,汪思龙.土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J].土壤通报,2005,36(3):415-420.
- [22] Nimmo J R, Perkins K S. Aggregates stability and size distribution[M]. Wisconsin: Soil Science Society of America, Inc., 2002: 317-328.
- [23] 李小刚,崔志军,王玲英,等.盐化和有机质对土壤结构稳定性及阿特伯格极限的影响[J].土壤学报,2002,39(4):550-559.
- [24] Plante A F, McGill W B. soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencier[J]. Soil Tillage Res, 2002, 6(6): 79-92.
- [25] 李朝霞,蔡崇法,史志华,等.鄂南第四纪粘土红壤团聚体的稳定性及其稳定机制初探[J].水土保持学报,2004,18(6):69-72.
- [26] Six J, Elliott E T, Paustian K, et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 1998, 6(2): 1367-1377.
- [27] Pikul J L, Chilom J G, Rice J, et al. Organic matter and water stability of field aggregates affected by tillage in South Dakota[J]. Soil Sci Soc Am J, 2009, 73(1): 197-206.
- [28] 赵红,袁培民,吕贻忠,等.施用有机肥对土壤团聚体稳定性的影响[J].土壤,2011,43(2):306-311.

(上接第 54 页)