

灌溉方式对设施土壤总有机碳及其腐殖质组分的影响

杨 洋, 张玉龙, 安 晶

(沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110866)

摘要: 通过 13 年连续的番茄栽培灌溉试验, 分析了沟灌、滴灌和渗灌 3 种灌溉处理 0—80 cm 土层土壤有机碳及其腐殖质组分(胡敏酸、富里酸、胡敏素等)含量, 探讨了不同灌溉方法对温室土壤有机质变化的影响。结果表明: 3 种灌溉处理土壤总有机碳、腐殖质各组分含量剖面变化特征一致, 均随土层加深而降低, 且这一变化主要集中在 0—50 cm 土层, 50—80 cm 土层变化较小。土壤总有机碳及其组分各灌溉处理间差异明显, 将土壤剖面分为 0—20, 20—80 cm 上、下 2 个层次, 总体上总有机碳含量上层为渗灌 > 沟灌 > 滴灌, 下层滴灌 > 沟灌 > 渗灌; 腐殖酸含量上层滴灌 > 沟灌 > 渗灌, 下层为渗灌 > 滴灌 > 沟灌; 胡敏素上层为沟灌 > 滴灌 > 渗灌, 下层为渗灌 > 滴灌 > 沟灌。滴灌处理既能使 0—40 cm 土层土壤有机碳含量保持较高水平, 土壤腐殖质含量又高于沟灌、渗灌处理, 这对于提升设施土壤肥力水平、保证番茄养分供应是有利的。

关键词: 灌溉方式; 土壤有机碳; 土壤腐殖质组分; HA/FA

中图分类号: S275 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2017)05-0273-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbxb.2017.05.042

Effects of Irrigation Methods on Total Organic Carbon and Humus Components of Greenhouse Soil

YANG Yang, ZHANG Yulong, AN Jing

(College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866)

Abstract: Soil organic carbon (SOC) and humus components (humic acid, fulvic acid, and humin etc.) in the soil layer of 0—80 cm under three irrigation modes (furrow irrigation, drip irrigation and subsurface irrigation) were studied through 13 years of continuous tomato cultivation irrigation experiment. And the effect of irrigation methods on the properties of soil organic matters in greenhouse was evaluated. The results demonstrated that SOC content and the contents of humus components in three treatments declined with the increasing of soil depths. This kind of change mainly concentrated in the 0—50 cm soil layer, and the change in 50—80 cm soil layer was less. However, the SOC and its components were significant different among irrigation methods. The soil profile was divided into two layers, the upper (0—20 cm) and the lower (20—80 cm). The total SOC contents in the upper layer of three irrigation methods was in the order of subsurface irrigation > furrow irrigation > drip irrigation, and in the lower layer the order was drip irrigation > furrow irrigation > subsurface irrigation. For soil humus acid contents of three irrigation methods, in the upper layer the order was drip irrigation > furrow irrigation > subsurface irrigation, and in the lower layer, the order was subsurface irrigation > drip irrigation > furrow irrigation. For soil humin contents of three irrigation methods, in the upper layer the order was furrow irrigation > drip irrigation > subsurface irrigation, and the humin content in the lower layer was in the order of subsurface irrigation > drip irrigation > furrow irrigation. Drip irrigation could make the SOC content remain at a high level in the 0—40 cm soil layer, and soil humus content was higher than that of the other two irrigation methods, and this was beneficial to improve the soil fertility level and ensure the nutrient supply of tomato.

Keywords: irrigation methods; soil organic carbon; humus components; HA/FA

设施农业具有高投入、高产出、高经济收益的特点, 近年来其面积迅速扩大, 至 2014 年底全国已达 387 万 hm^2 。为了获得高产, 在蔬菜栽培过程中人们

往往以大水大肥的方式进行水肥管理, 加之设施内长期无降水淋洗、处于相对封闭的高温高湿状态, 致使土壤有机质和其他养分物质随着设施使用年限增长

不断积累,酸化、板结、养分失衡、次生盐渍化和重金属累积等一系列土壤退化问题随之产生^[1-3]。

有机质数量及其组分是评价设施土壤质量十分重要的指标^[4-5]。随着设施农业面积的扩大和土壤退化问题加剧,人们越来越重视设施土壤有机质含量变化及其与土壤物理化学性质的关系。设施土壤有机质数量、组分的变化除与有机物质来源有关外,还与设施内的水热条件密切相关。例如,设施蔬菜生产过程中土壤水分几乎全部来源于灌溉,而灌溉方法不同,其单次灌水数量、灌水湿润部位及湿润体积各异,必然直接影响到土壤水热条件的剖面分布,进而导致土体内水分、盐分等物质的运移状况不同并对土壤腐殖质产生复杂的影响,这已经被已有研究结果所证实^[6-9]。然而,到目前为止有关胡敏酸(HA)、富里酸(FA)和胡敏素(HM)含量及其与土壤含水量、温度、pH 等因素间关系的研究多集中于露地大田土壤,也得出了腐殖质各组分与土壤温度呈负相关关系^[10-12]、与土壤湿度间的关系因土壤条件不同而异等研究结果^[13-16],而对设施土壤的研究还相对较少。

本文以连续 13 年采用相同方案进行的设施番茄栽培灌溉试验土壤为材料,测定了不同灌溉处理不同深度土层土壤总有机碳及腐殖质组分含量,通过比较其剖面分布特征,探讨了灌溉方式对设施土壤有机质数量、组分的影响,以期从改善土壤有机质性状的角度为设施蔬菜栽培选择合理的水分管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

长期定位灌溉试验连续 13 年以同一方案在位于沈阳东郊的沈阳农业大学校内科研基地塑料大棚内进行。供试蔬菜为番茄,品种为辽源多丽,土壤类型为草甸土、质地为黏壤土。1998 年试验开始前测得 0—20 cm 土层土壤有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为 22.70,1.30,1.86,17.60 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为 96.91,103.10,164.00 mg/kg,pH 为 6.80。

1.2 试验设计

试验共设沟灌、滴灌和渗灌 3 个处理,4 次重复。小区面积 8.25 m²、随机排列。小区间埋 0—60 cm 深塑料薄膜以防水分互渗。滴灌灌水管平铺地表,滴头距植株根部 5 cm 左右,滴头间距 30 cm。渗灌灌水管为发汗式微孔渗水管,埋于地下 30 cm 深处。沟灌所用管材、灌水方法同当地设施蔬菜栽培。3 种灌水处理所设灌水控制上限、下限相同,均为土壤水吸力 6,40 kPa。试验期间,由埋在小区中部、埋深 20 cm 的张力计读数指示各小区灌水,单次灌水量计算公式:

$$Q = (\theta_2 - \theta_1) \times H \times R \times S \quad (1)$$

式中: Q 为小区单次灌水量(m³); θ_2 、 θ_1 分别为灌水控制上限、下限含水量(m³/m³),使用相应的土壤水吸力由水分特征曲线计算求得; H 为计划湿润层厚度(0.3 m); R 为计划湿润比(计划灌水湿润土壤体积与计划湿润土层体积的比值),沟灌、滴灌和渗灌分别设为 1.0,0.5,0.5; S 为小区面积(8.25 m²)。番茄生育期内沟灌、滴灌、渗灌处理 13 年间一茬番茄栽培实际平均小区灌水量为 2 295.9,1 912.7,1 691.5 m³/hm²,灌水次数分别为 6 次、11 次、12 次,即平均单次灌水量为 383.2,73.9,141.0 m³/hm²。

每年栽培一茬番茄,5 月中旬定植,8 月中旬拉秧、结束试验。试验期间,各处理移栽前整地、起垄以及施用有机肥和化肥的种类、数量、方法相同;具体方案为整地时撒施腐熟有机肥(鸡粪)37 500 kg/hm² 为底肥,番茄定植时沟施尿素和硫酸钾各 300 kg/hm²、磷酸二铵 225 kg/hm² 为基肥,番茄第 1 穗、第 2 穗果实膨大时 2 次各追施尿素 150 kg/hm²。试验结束后,塑料大棚保持覆盖状态至翌年下茬番茄栽培开始前。

1.3 土样采集

灌溉试验连续进行 13 年后于该塑料大棚内采集土壤样品。采样深度依次为 0—10,10—20,20—30,30—40,40—60,60—80 cm,各小区按“S”形随机布点、同一土层多点取样混合为一个样品。采集的土样经风干、研磨、过筛后备用。

1.4 测定指标与方法

土壤腐殖质的提取和分组采用修改的 Kumada 法^[17]测定。土壤有机碳、胡敏素用元素分析仪(Elementar Vario EL III, Germany),胡敏酸和富里酸用 TOC 分析仪(Phoenix-8000, Tekmar-Dohrmann, American)测定。

1.5 数据处理与分析

使用 SPSS 17.0 软件分析数据;用 Origin 和 Excel 软件绘制图表。腐殖酸、胡敏酸、富里酸和胡敏素等腐殖质组分含量均以碳计,无特殊说明试验数据为 4 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同处理总有机碳的变化

由图 1 可知,3 种灌溉处理土壤有机碳含量剖面分布特点一致,即在 0—50 cm 土层随深度增加直线降低,到 50 cm 深处减小至较低水平且在 50—80 cm 土层表现出不再随深度变化的趋势。分析原因主要灌水后有机物料等经微生物分解后被水分携带向下层土体迁移所致。0—50 cm 土层土壤有机碳含量随土层深度增加变化的趋势方程为:

$$C_F = 0.423H + 27.506 \quad (2)$$

$$C_D=0.361H+24.839 \tag{3}$$

$$C_S=0.485H+28.384 \tag{4}$$

式中: C_F 、 C_D 、 C_S 分别为沟灌、滴灌和渗灌处理不同深度土层土壤有机碳含量(g/kg); H 为土层深度平均值(cm)。上述 3 个方程相关系数分别为-0.992,-0.979,-0.972,均达到 1% 显著水平($r_{0.01}=0.959,n=5$)。由上述 3 个方程可知,滴灌处理上层土壤有机碳含量低、随深度增加下降速度相对缓慢;渗灌上层土壤有机碳含量高、但下降迅速,到 30—50 cm 土层深度时显著低于沟灌和滴灌处理;而沟灌土壤有机碳含量居于滴灌和渗灌处理之间。

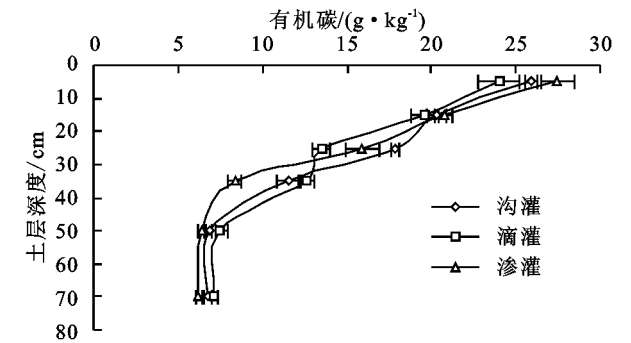
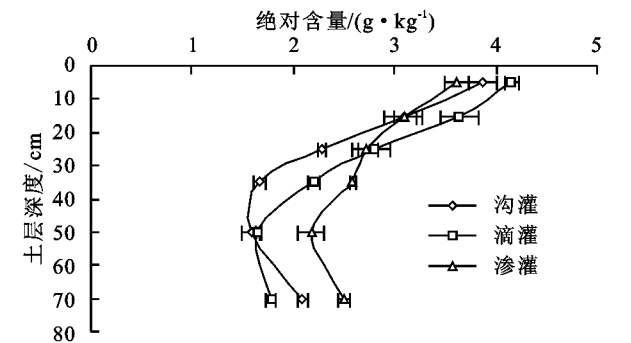


图 1 不同灌溉处理总有机碳含量的剖面分布

沟灌、滴灌和渗灌处理不同土层土壤有机碳含量变化范围分别为 6.93~25.92,7.46~24.02,6.42~27.45 g/kg。0—30 cm 土层土壤有机碳含量渗灌>沟灌>滴灌;30—80 cm 土层则土壤有机碳含量滴灌>沟灌>渗灌;综合分析认为,低含水量更利于土壤总有机碳的积累。



2.2.2 不同处理胡敏酸与富里酸含量及其比值的变化 土壤腐殖酸可分为胡敏酸(HA)和富里酸(FA)两部分。一般来说 HA/FA 数值越大,腐殖质的腐殖化程度越高、品质越好^[18]。由图 3 可知,不同灌溉处理的土壤 FA 含量均随土层深度增加而下降,至 50 cm 深处趋于稳定;3 种灌溉处理比较,0—20 cm 土层滴灌处理土壤 FA 含量高于沟灌和渗灌,20 cm 土层以下渗灌>滴灌>沟灌;上层土壤 FA 滴灌高于渗灌,30 cm 以下则渗灌高于滴灌处理。

与 FA 相比,HA 不仅含量高且表现出随土层深度

Duncan 检验结果表明,0—10 cm 土层土壤有机碳含量渗灌与滴灌处理间差异显著,而滴灌与沟灌、渗灌与沟灌处理间差异不显著;10—20 cm 土层各灌溉处理间差异均不显著;20—30 cm 土层滴灌处理显著低于沟灌和渗灌处理、沟灌和渗灌处理间差异不显著;30—50 cm 土层渗灌处理显著低于滴灌和沟灌处理、而滴灌与沟灌处理间差异不显著,50—80 cm 土层 3 种处理间均无显著差异。

2.2 不同处理腐殖酸的变化

2.2.1 不同处理腐殖酸含量的变化 由图 2 可知,3 种灌溉处理土壤腐殖酸含量剖面变化特点相同,即表层含量最高、随着土层深度的增加而降低,至 50 cm 以下随着土层深度的加深而增加。

比较同一土层不同灌溉处理土壤腐殖酸绝对含量,0—20 cm 土层滴灌高于沟灌、沟灌高于渗灌,20—30 cm 土层滴灌高于渗灌、渗灌高于沟灌,30—80 cm 土层渗灌高于滴灌与沟灌处理;即总体上滴灌上层土壤腐殖酸含量高而下层含量低、渗灌处理上层土壤腐殖酸含量低而下层含量高于另外 2 种灌溉处理。各灌溉处理土壤腐殖酸相对含量总体上呈随土层加深而增加的变化趋势,这是由于土壤腐殖质总量随土层深度增加下降的速度快于腐殖酸含量下降速度所致。各灌溉处理间比较,0—20,40—60 cm 土层各处理间差异不大,20—40 cm 土层渗灌显著低于沟灌处理,滴灌与沟灌间差异不显著,60—80 cm 土层滴灌处理与沟灌间差异显著。

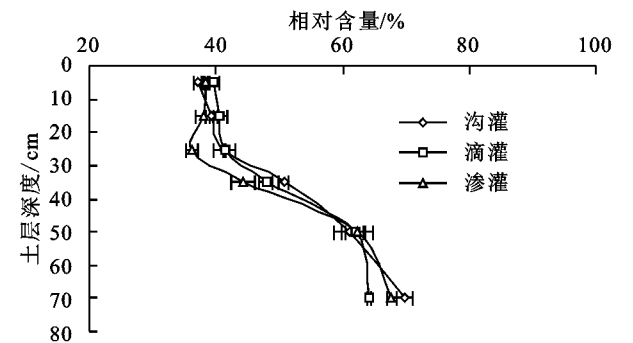


图 2 不同灌溉处理土壤腐殖酸含量的剖面分布

增加呈先减少、再增加的趋势。在 0—20 cm 土层 HA 含量滴灌>沟灌>渗灌,20—30 cm 土层滴灌>渗灌>沟灌,40 cm 以下渗灌>沟灌>滴灌。在 0—30 cm 土层滴灌大于渗灌处理,而在 30—50 cm 土层则渗灌高于滴灌。沟灌 HA 含量在上层(0—20 cm)、下层(30—50 cm)均居于滴灌和渗灌处理之间,20—40 cm 土层含量最低。由此可见,滴灌有利于上层土壤的 FA 和 HA 积累、而渗灌更有利于下层土壤 FA 和 HA 积累;沟灌与滴灌、渗灌相比,除 0—10 cm 土层外,其他深度土层 FA、HA 含量大都低于滴灌和渗灌处理。

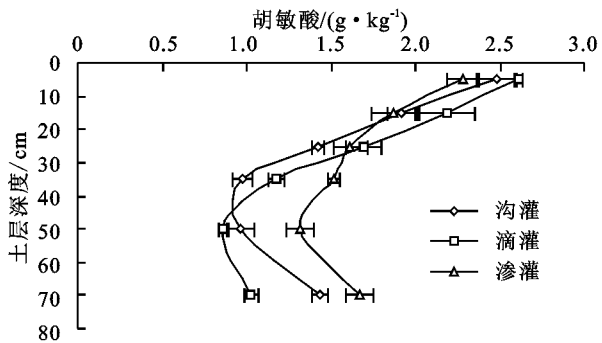
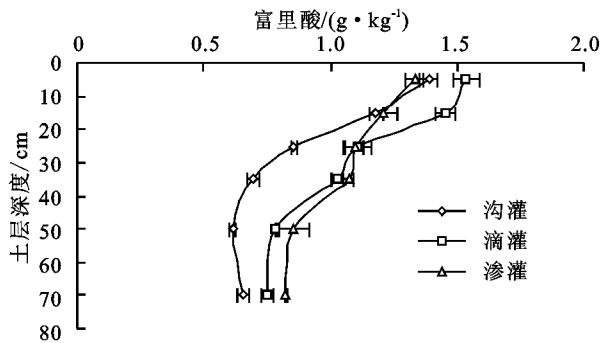


图 3 不同灌溉处理土壤胡敏酸和富里酸含量的剖面分布

由图 4 可知,3 种灌溉处理土壤的 HA/FA 均随土层深度增加呈先减小、后增加的变化趋势,其中沟灌和渗灌处理的 HA/FA 剖面变化特点更为相似、在 20—30 cm 土层均有一较小的峰值出现。另外,根据 HA/FA 变化情况可以将该剖面分为 0—30、30—80 cm 两个深度层次;0—30 cm 土层土壤 HA/FA 各灌溉处理间差异较小,而 30—80 cm 土层其差异增大、沟灌和渗灌处理显著大于滴灌处理。就 HA/FA 而论,沟灌处理更有利于 0—30 cm 土层土壤有机质腐殖化,30—80 cm 土层土壤有机质腐殖化程度滴灌处理低于沟灌和渗灌处理,即沟灌和渗灌可能更有利于深层土壤腐殖物质品质的改善。

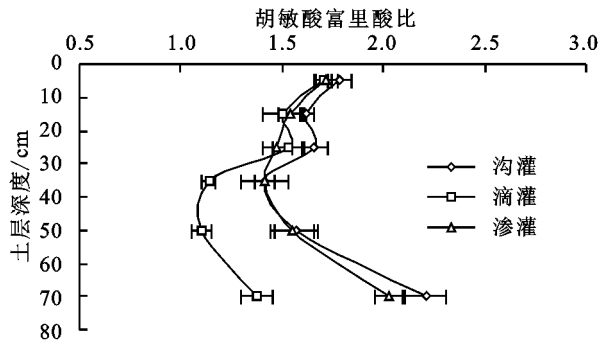


图 4 不同灌溉处理土壤胡敏酸富里酸比剖面分布

2.3 不同处理胡敏素的变化

胡敏素(HM)与腐殖酸一样,都是土壤腐殖质的主

要成分,但其分子量更大、性质更稳定,在自然状态下多与黏土矿物相结合形成复合体的形式存在^[19]。由图 5 可知,供试土壤的 HM 绝对含量在 0—50 cm 土层呈直线下降,在 50—80 cm 土层变化缓慢且趋于一定值。各灌溉处理比较,0—10 cm 土层土壤 HM 含量沟灌>滴灌>渗灌,10—20 cm 土层滴灌>渗灌>沟灌,而 20—80 cm 土层则渗灌>滴灌>沟灌。差异显著性检验结果表明,0—10 cm 土层渗灌处理土壤 HM 含量显著低于沟灌和滴灌处理,而滴灌和沟灌处理间差异不显著,30—80 cm 土层渗灌处理显著高于滴灌和沟灌处理,10—20 cm 土层各处理间差异均不显著。说明渗灌处理利于下层而不利于上层胡敏素的形成、沟灌和滴灌处理较渗灌处理利于上层而不利于下层土壤胡敏素的形成。

胡敏素占腐殖质总量的比例(即胡敏素相对含量)在一定程度上能够反映土壤有机质的稳定性。由图 5 可知,各灌溉处理胡敏素相对含量总体上表现出随土层深度增加逐渐减小的趋势,在 0—30 cm 土层,滴灌和沟灌处理的分布规律相似,其胡敏素相对含量趋于稳定,而渗灌处理则表现出缓慢增加趋势;30—80 cm 土层,各灌溉处理 HM 相对含量随土层加深均直线下降。在 20—40 cm 土层灌溉处理间土壤 HM 相对含量差异显著,总体上渗灌处理显著高于滴灌和沟灌处理。

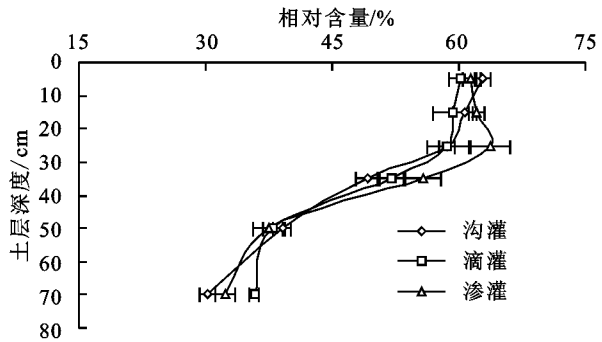
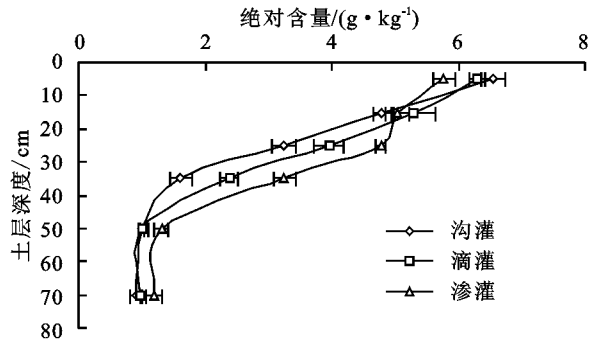


图 5 不同灌溉处理土壤胡敏素含量的剖面分布

3 讨论

经 13 年连续以同一灌溉试验方案进行设施蔬菜栽培后,各灌溉处理土壤总有机碳和腐殖质各组分含量均随土层的加深而降低,且 0—50 cm 土层下降迅

速,50—80 cm 土层下降平缓趋于稳定,这与已有大多数研究结果相一致^[20]。这是由于 0—50 cm 土层土壤受施肥、灌溉、耕翻等生产措施影响较大,而 50—80 cm 土层受人为因素影响较小所致;每季番茄栽培

均施用有机肥、且番茄收获后都为上层土壤留下相当数量的根茬等有机物质;在此过程中受耕作搅动、灌水淋洗作用的影响,腐殖质等有机物质向下扩散迁移;结果就形成了在某一深度范围内上层有机碳及腐殖质含量高、且随深度增加而快速下降的特点。

此外,同一土层深度不同灌溉处理间土壤总有机碳和腐殖质组分含量差异明显,0—20 cm 土层总有机碳含量渗灌>沟灌>滴灌,腐殖酸和胡敏素含量滴灌>沟灌>渗灌;20—80 cm 土层总有机碳含量滴灌>沟灌>渗灌,腐殖酸和胡敏素含量渗灌>滴灌>沟灌。这与每一灌溉方法调控农田土壤水分状况效果不同直接相关。就本研究而言,3种灌溉方法不仅灌水时水流进入土层位置及其流动方向、一次灌水量多少、被湿润土壤体积大小及其占某一深度土层的比例不同,而且前后2次灌水时间间隔、番茄整个生育期灌水次数也不相同,这必然导致灌水后田间土壤水热状况、水分运移过程乃至水分消耗构成各异。

就当前设施农业生产中应用广泛的滴灌而言,灌溉水自地表向下流动进入计划湿润层,单次灌水量较小,灌水后计划湿润土层部分被湿润、部分保持相对干燥状态,且干湿交替频繁,这使得该土层水热条件更有利于微生物活动;这可能是0—20 cm 土层土壤总有机碳含量低于渗灌和沟灌处理,而结构相对复杂、稳定性更高的腐殖酸和胡敏素数量高于渗灌和沟灌处理的主要原因。该灌溉处理20—80 cm 土层含水量相对较低,水、气、热条件更有利作物根系生长,致使土壤总有机碳含量高于渗灌、而腐殖质含量低于渗灌处理。

渗灌与滴灌不同,灌水后整个表层土壤保持相对干燥状态,而渗灌管附近、特别是渗灌管理深30 cm 以下土层水分含量高且保持相对稳定,致使该灌溉处理上层(0—20 cm)土壤有机物质分解较慢、总有机碳积累较多但腐殖质含量相对较低,较深土层(30—80 cm)土壤总有机碳含量低于滴灌和沟灌处理,而腐殖酸高于滴灌和沟灌处理。

沟灌一次灌水量大、灌溉定额也远高于另外2种灌溉处理,表层乃至较深范围的下层土壤水分含量随灌水间隔发生高低交替变化,灌水后上层土壤短时间水分含量过高、对土壤微生物活动产生抑制作用,而随着土壤水分消耗和水分再分配过程的进行、土壤条件逐渐变得有利于微生物活动。此外,水分移动的携带作用也可能会使土壤某些有机物质发生移动,从而对土壤有机质数量、组分产生更为复杂的影响。由于这样的原因,沟灌处理各土层总有机碳和腐殖质组分含量均居于滴灌和渗灌处理之间。

4 结论

本文以连续13年的番茄栽培灌溉试验为研究对

象,通过分析比较不同层次土壤总有机碳、腐殖质组分的含量,探讨了不同灌溉方式对设施土壤腐殖质数量、组分的影响,其结果表明,土壤有机碳含量滴灌处理上层低、下层高,渗灌处理上层高、下层低,沟灌处理上层、下层均居中;土壤腐殖质含量滴灌上层高、下层居中,渗灌上层低、下层高,沟灌上层居中、下层低;土壤胡敏素含量滴灌上层、下层均居中,渗灌上层低、下层高,沟灌上层高、下层低。相比较而言,滴灌不利于上层土壤有机碳积累、但有利于有机碳腐殖化,渗灌有利于上层土壤有机碳积累但不利土壤腐殖化,沟灌居于两者之间。综合评价灌溉方式对土壤腐殖质的影响,滴灌效果优于沟灌和渗灌;长期应用滴灌方式进行设施蔬菜栽培,上层(0—40 cm)土壤总有机碳含量能够维持在一较高水平,且腐殖酸、胡敏酸及胡敏素含量也高于沟灌和渗灌处理灌溉的土壤,这对于设施蔬菜栽培的营养供应和土壤质量提升都有利。

参考文献:

- [1] 罗勤,陈竹君,闫波,等.水肥减量对日光温室土壤水分状况及番茄产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(2):449-457.
- [2] 袁洪波,程曼,庞树杰,等.日光温室水肥一体灌溉循环系统构建及性能试验[J].农业工程学报,2014,30(12):72-78.
- [3] 袁德玲,张玉龙,唐首锋,等.不同灌溉方式对保护地土壤水稳性团聚体的影响[J].水土保持学报,2009,23(3):125-128.
- [4] 孟凡荣,窦森,尹显宝,等.施用玉米秸秆生物炭对黑土腐殖质组成和胡敏酸结构特征的影响[J].农业环境科学学报,2016,35(1):122-128.
- [5] 余健,房莉,卞正富,等.土壤碳库构成研究进展[J].生态学报,2014,34(17):4829-4838.
- [6] 于森.不同开垦年限水田土壤腐殖质组成及结构特征的研究[D].长春:吉林农业大学,2014.
- [7] 邸博,张玉龙,陈重,等.不同灌溉方法对保护地土壤温度的影响[J].节水灌溉,2009(8):29-32.
- [8] 姬景红,张玉龙,黄毅,等.灌溉方法对保护地土壤有机氮组分及剖面分布的影响[J].水土保持学报,2007,21(6):99-104.
- [9] 姬景红,张玉龙,张玉玲,等.灌溉方法对保护地土壤有机氮矿化特性的影响[J].土壤学报,2009,46(5):869-877.
- [10] 余婉霞.设施菜地土壤磷与有机碳的转化及其相互关系[D].武汉:武汉理工大学,2014.
- [11] 刘斌.黑龙江省湿地土壤腐殖质组分和碳密度研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [12] 樊德祥,依艳丽,贺忠科,等.沈阳市郊日光温室土壤有机碳组成特征研究[J].土壤通报,2008,39(4):748-751.
- [13] 任玲.覆膜滴灌有机培肥土壤有机碳的变化特征研究[D].长春:吉林农业大学,2016.