

不同生长年限对月季土壤不同层次活性有机质及碳库管理指数的影响

张玉军¹, 郭风民¹, 姜桂英², 孙桂琴^{1*}, 王升¹, 李楠¹

(1. 郑州市城市园林科学研究所, 河南 郑州 450051;

2. 河南农业大学资源与环境学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 为探索不同生长年限月季不同土层活性有机质及碳库管理指数 (carbon management index, CMI) 的变化特征, 选取草坪土 (CK)、1 ~ 5、6 ~ 10、11 ~ 15 年 4 个不同生长年限月季的处理, 测定并分析土壤高、中、低活性有机质及 CMI 变化特征。结果表明, 不同土层土壤有机质及活性有机质含量在 6 ~ 10 年处理中最高。0 ~ 20 cm 土层, 有机质达到 12.9 g/kg, 高、中、低活性有机质分别达到 1.3、3.3、7.0 g/kg; 20 ~ 40 cm 土层, 有机质达到 5.7 g/kg, 高、中、低活性有机质分别达到 1.4、1.5、2.4 g/kg。在 0 ~ 20 cm 土层, CMI 均随种植年限的增加而增加; 在 20 ~ 40 cm, CMI 在 6 ~ 10 年的种植年限中最大。整体来看, 月季土壤的有机质及活性有机质随种植年限的增加而增大是在一定年限内的, 6 ~ 10 年的种植年限月季对土壤有机质的活性状况和土壤碳库质量的提升效果最好。

关键词: 不同年限; 月季; 不同土层; 活性有机质; 碳库管理指数

土壤有机质含量不仅是表征土壤肥力的重要指标, 也是重要的碳库, 土壤有机碳库对全球气候变化具有重要作用^[1]。但是, 土壤有机质对反应土壤的质量变化以及对异质性复合物的矿化和合成的转化速率反映不灵敏^[2]。溶解性有机碳、微生物生物量、轻组有机质等活性有机质被认为对土壤碳的变化较非活性有机质敏感得多, 与土壤性质的关系比总有机质密切^[3-5]。Logninow 等^[6]提出有机质被不同浓度的 KMnO_4 氧化的数量, 把易氧化有机质分为高、中、低 3 个程度不同的等级。Lefroy 等^[7]在此基础上进一步提出碳库管理指数的概念 (carbon management index, CMI), 近年来逐渐成为评价土壤质量和土壤管理的重要指标, 目前已成为研究国内外不同土地利用方式下碳库变化应用最广泛的方法^[8-10]。

月季作为 50 多个城市的市花, 是我国十大传统名花之一, 有极佳的观赏性, 是重要的园林花

卉^[11]。程文娟等^[12]研究发现, 不同种植年限的玫瑰, 土壤有机质含量随着种植年限的增加有缓慢降低的趋势。颜安等^[13]研究发现, 土壤有机碳含量随着开垦年限呈现先增加后降低的趋势。连续多年的种植, 土壤肥力变化特征对月季的品质及观赏性有很大的影响, 因此研究不同种植年限月季土壤的肥力变化特征具有重要意义。尽管目前不同土地管理措施下土壤活性有机质和土壤碳库管理指数变化方面的研究开展较多^[14-15], 但对不同种植年限下月季土壤不同土层活性有机质及与碳库管理指数的研究尚未见报道。本研究以郑州市月季公园的不同种植年限月季为研究对象, 研究不同种植年限月季土壤不同土层的活性有机质与碳库管理指数的变化特征。本研究对于月季栽培的精细化管理、园林土壤的可持续利用及生态系统碳库变化和相应的生态环境效应评价具有重要的理论意义和实践价值。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究以郑州市城市园林科学研究所的月季公园为依托, 单位自 1980 年创建以来, 一直以月季为主要栽培研究对象。郑州市月季公园位于东经

收稿日期: 2019-06-03; 录用日期: 2019-07-21

基金项目: 郑州市财政专项 (2018); 郑州市建设科技项目计划 (2018212)。

作者简介: 张玉军 (1991-), 男, 河南南阳人, 助理工程师, 硕士, 主要从事土壤质量评价与绿地生态修复研究。E-mail: 1041101979@qq.com。

通讯作者: 孙桂琴, E-mail: ywangliu@163.com。

113° 37', 北纬 34° 46', 属于暖温带大陆性季风气候。四季分明, 光照充足, 年平均气温 14.5℃, 年均降水量 615 mm, 年蒸发量 1 450 mm, 年均日照时数 2 324 h。试验地土壤为潮土, 成土母质为黄河冲积物。月季公园月季栽培管理方式统一, 每年 1 月份月季修剪后为月季基肥施肥期, 基肥施复合肥 750 kg/hm², 有机肥 3 000 kg/hm²; 4、9 月为追肥期, 追施复合肥 225 kg/hm²; 其中复合肥的 N:P₂O₅:K₂O=17:17:17, 有机肥的有机质含量≥45%, N、P、K 含量≥6%。

1.2 试验设计

基于时空互代法, 2018 年 1 月份月季修剪后施肥前, 本研究选取 4 种不同种植年限的月季土壤作为供试样地, 每个种植年限处理月季选择 3 个地块做重复, 每个地块 35 m², 所选处理地块月季种植前为草坪, 选取 4 个处理分别为: (1) 草坪土对照; (2) 1~5 年种植年限月季土壤; (3) 6~10 年种植年限月季土壤; (4) 11~15 年种植年限月季土壤。月季品种为绯扇, 采样时先除去地面凋落物, 按照“S”型选 12 点, 钻取 0~20、20~40 cm 土层土样分别进行混合。将样品中的可见植物残体、土壤动物及石块等挑出, 将采集的新鲜土样自然风干后过 0.25 mm 筛, 测定总有机质和活性有机质含量。

1.3 测定项目与方法

土壤有机质含量采用重铬酸钾—外加热法。活性有机质含量测定根据 Logninow 等^[6]提出的测定方法, 按照 KMnO₄ 氧化剂的浓度 (33、167、333 mmol/L) 将活性有机质分为 3 组, 分别称为高活性有机质、中活性有机质和低活性有机质, 不能被 KMnO₄ 氧化的称为非活性有机质。

具体方法: 称取过 0.25 mm 筛的风干土样 1.5 g 于 100 mL 离心管中, 加入 333 mmol/L (或 167、33 mmol/L) KMnO₄ 25 mL, 在温度 25℃ 条件下振荡 1 h, 离心 5 min (转速 2 000 r/min), 取上清液用去离子水按 1:250 稀释, 然后将稀释液在 565 nm 比色, 重复 3 次。根据 KMnO₄ 浓度的变化计算活性有机碳含量 (氧化过程中 1 mmol/L MnO₄⁻ 消耗 0.75 mmol/L 或 9 mg 碳)。各指标的计算参考徐明岗等^[9]的方法:

碳库管理指数 (CMI) = CPI × LI × 100;

碳库指数 (CPI) = 样品总有机质含量 / 参照土壤总有机质含量;

活度指数 (LI) = 样品的不稳定性 / 对照的不稳定性;
碳库活度 (L) = 样品中的活性有机质 / 样品中的非活性有机质。

式中: CPI 为土壤管理措施对土壤有机质的影响, 其参照土壤为对照处理土壤; L 为土壤碳的不稳定性; LI 为碳损失及其对稳定性的影响; CMI 为综合反映人为影响下土壤碳库指标和土壤碳库活度两方面对土壤有机质性质的影响。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 和 DPS 7.05 进行数据统计与分析, LSD 法进行方差分析, 采用 Origin 8.5 进行图形绘制。

2 结果与分析

2.1 不同年限月季土壤有机质含量的变化

如图 1 所示, 土壤有机质含量总体与土层深度呈现负相关关系。0~20 cm 土层, 1~5 年的月季土壤有机质含量与 CK 相比无显著差异, 6~10 年的月季土壤有机质含量显著高于 CK 处理, 达到 12.9 g/kg, 11~15 年的月季土壤有机质含量比 CK 相比, 明显降低; 这表明月季种植年限对土壤有机质的影响很显著, 月季在一定的种植年限内对土壤有机质具有一定的累积作用, 但超过一定年限范围后, 月季种植年限越长, 对土壤有机质的累积作用越弱。在 20~40 cm 土层, 与 CK 相比, 1~5 年、11~15 年的月季土壤有机质含量显著降低, 其中 6~10 年的土壤有机质含量最大, 达到 5.7 g/kg。

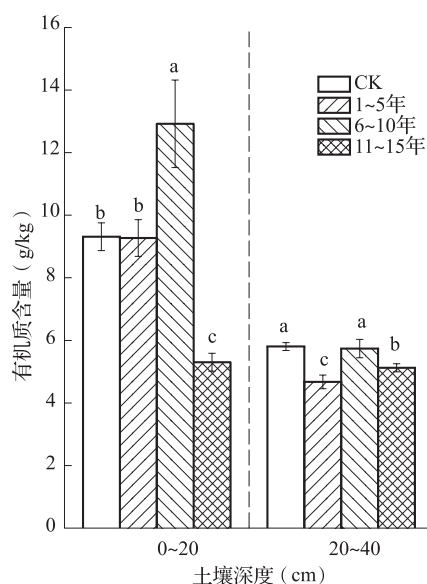


图 1 不同年限土壤不同层次有机质含量

注: 小写字母不同表示同一层次不同处理间差异显著 ($P<0.05$), 下同。

2.2 不同土层土壤活性有机质含量的变化

土壤活性有机质用来指示土壤质量,反映土壤有机质的有效性。图2显示,相同月季种植年限下

土壤活性有机质的含量依次表现为高活性有机质 < 中活性有机质 < 低活性有机质。

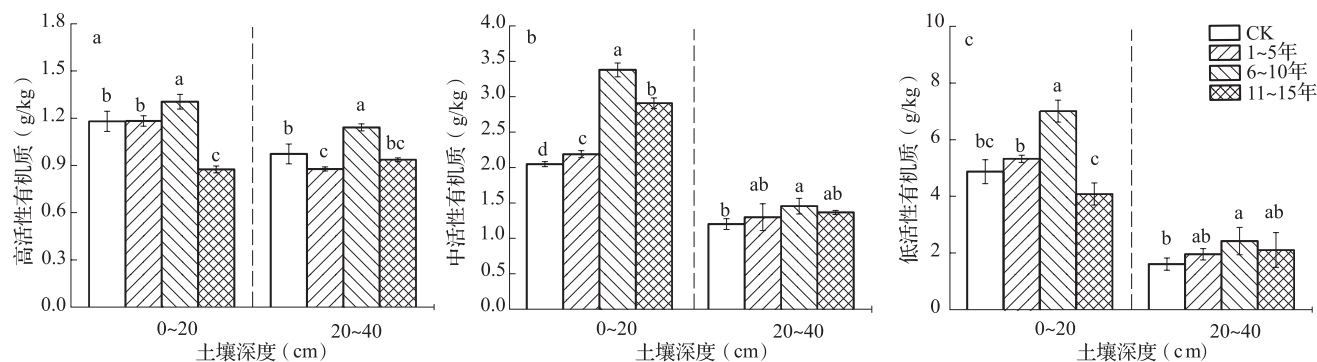


图2 不同种植年限不同土层土壤高活性、中活性和低活性有机质含量

随土层的加深,土壤高活性有机质总体上表现为逐渐降低的趋势(图2a)。其中0~20 cm土层,土壤高活性有机质表现为先增加后降低的趋势,与CK相比,6~10年的月季土壤高活性有机质显著提高,达到1.3 g/kg,11~15年显著降低,降到0.9 g/kg。20~40 cm土层,与CK相比,6~10年的月季土壤高活性有机质显著提高,达到1.4 g/kg。

中活性有机质随土层的加深,降低的幅度较大(图2b)。其中0~20 cm土层,与CK相比,土壤中活性有机质含量均显著提高,提高幅度在不同年限的月季土壤有所不同,6~10年的月季土壤中活性有机质最大,达到3.4 g/kg。20~40 cm土层,6~10年的月季土壤中活性有机质含量明显较高,达到1.5 g/kg,其他处理土壤中活性有机质含量变化不大。

低活性有机质随土层的加深,变化比较显著(图2c)。在各个土层,低活性有机质的变化趋势一致。与CK相比,不同种植年限月季土壤低活性有机质6~10年的变化显著,其他种植年限的月季土壤低活性有机质没有显著差异。其中0~20 cm土层,6~10年的土壤低活性有机质达到7.0 g/kg;20~40 cm土层,6~10年低活性有机质达到2.4 g/kg。整体来看,在各个土层,6~10年的土壤活性有机质含量最高。

2.3 不同土层的不同活性组分分布比例

如图3所示:在不同土层,土壤不同活性有机质所占的比例差别很大。其中0~20 cm土层低

活性有机质占的比例最大,达到38.8%~44.9%;20~40 cm土层非活性有机质占的比例最大,达到

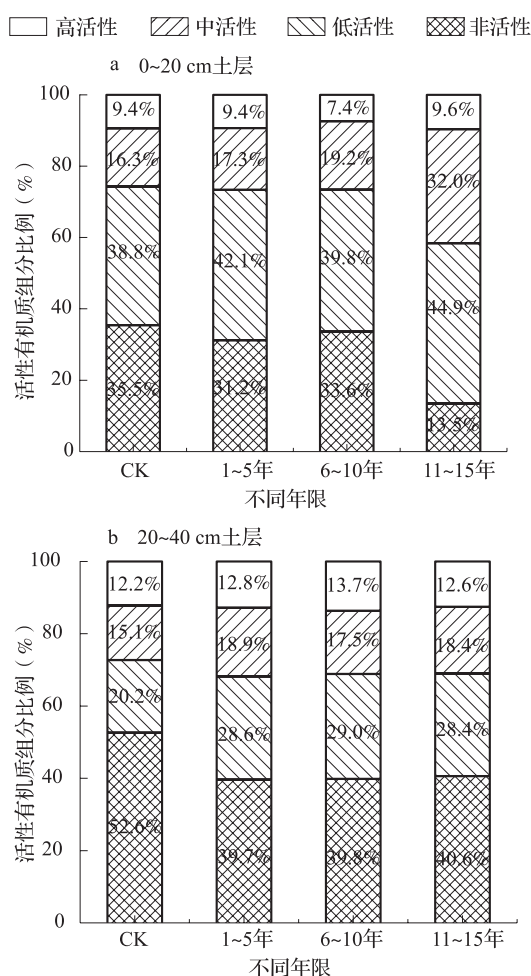


图3 不同种植年限不同土层活性有机质组分比例

39.7% ~ 52.6%。说明上层土的活性有机质占有有机质的比例较大,随着土层的加深,土壤有机质中活性有机质的比例随之降低。

如图 3a 所示:在 0 ~ 20 cm 土层,与 CK 相比,各个年限的土壤非活性有机质比例均有所下降,活性有机质组分比例增加。11 ~ 15 年的非活性有机质比例降低幅度最大,降到 13.5%,6 ~ 10 年的高活性有机质所占比例有所降低,降到了 7.4%。整体来看,各个年限主要增加到了低活性有机质和中活性有机质所占的比例。如图 3b 所示:在 20 ~ 40 cm 土层,与 CK 相比,各个年限主要增加了低活性有机质和中活性有机质所占的比例,其中低活性有机质的比例达到了 28.6% ~ 29.0%,中活性有机质的比例达到 17.5% ~ 18.9%。6 ~ 10 年的高活性有机质增幅最大,达到 13.7%。

2.4 不同年限月季对不同土层土壤碳库管理指数的影响

碳库指数、活度指数、碳库活度以及土壤碳库管理指数是一组相互关联的指标,碳库管理指数是土壤管理措施引起土壤有机质变化的指标,它

是系统的、敏感的土壤碳变化监测指标,能够反映栽培措施使土壤质量下降或更新的程度^[16]。从表 1 可以看出,在 0 ~ 20 cm 土层,相比 CK 处理,碳库指数呈现先上升再下降趋势,其中 6 ~ 10 年最大,达到 1.4,说明 6 ~ 10 年土壤有机质含量提升最明显。在 20 ~ 40 cm 土层,与 CK 相比,6 ~ 10 年变化不大,其他年限的碳库指数均降低。说明随着土层的加深,土壤有机质含量的累积效果在降低,其中 6 ~ 10 年的土壤有机质积累效果最好。

从表 1 可知,在 0 ~ 20 cm 土层,与 CK 相比,不同种植年限月季土壤在高、中、低活性有机质的碳库管理指数均大于 100,且均以 11 ~ 15 年的碳库管理指数最大,分别达到 153.6、294.4、173.7。在 20 ~ 40 cm 土层,高活性有机质的碳库管理指数以 6 ~ 10 年最大,达到 121.9;1 ~ 5 年、11 ~ 15 年的高活性有机质碳库管理指数均小于 100。与 CK 相比,不同种植年限月季土壤的中、低活性有机质碳库管理指数均有一定程度的提高,其中 6 ~ 10 年最大,分别达到 128.8、188.1。

表 1 不同年限月季不同土层土壤碳库指数、碳库活度、活度指数、碳库管理指数

土壤 层次 (cm)	处理	碳库 指数	高活性有机质			中活性有机质			低活性有机质		
			碳库 活度	活度 指数	碳库管 理指数	碳库 活度	活度 指数	碳库管 理指数	碳库 活度	活度 指数	碳库管 理指数
0 ~ 20	CK	1.0	0.3	1.0	100.0	0.5	1.0	100.0	1.1	1.0	100.0
	1 ~ 5 年	1.0	0.3	1.1	112.3	0.6	1.2	119.8	1.4	1.2	122.5
	6 ~ 10 年	1.4	0.2	0.8	115.3	0.6	1.2	172.0	1.2	1.1	150.1
	11 ~ 15 年	0.6	0.7	2.7	153.6	2.4	5.2	294.4	3.3	3.1	173.7
20 ~ 40	CK	1.0	0.2	1.0	100.0	0.3	1.0	100.0	0.4	1.0	100.0
	1 ~ 5 年	0.8	0.2	1.5	92.4	0.4	1.5	118.9	0.7	1.9	151.3
	6 ~ 10 年	1.0	0.3	1.2	121.9	0.3	1.3	128.8	0.7	1.9	188.1
	11 ~ 15 年	0.9	0.2	1.1	97.9	0.4	1.4	123.0	0.7	1.8	160.8

3 讨论

城市园林绿化的精细化管理越来越引起人们的关注,月季在城市园林中的应用越来越多,目前对不同种植年限的月季缺乏精细化的管理。本研究通过分析不同种植年限月季的土壤有机质发现,土壤有机质含量随种植年限的变化而变化;整体来看,有机质含量随着土层的加深而降低。在土壤表层,月季在一定的种植年限内对土壤有机质具有一

定的累积作用,但超过一定年限范围后,月季种植年限越长,对土壤有机质的累积作用越弱。徐坤等^[17]研究发现土壤有机质在一定年限内随种植年限的增加而增大,随土层深度增加而显著减小,与本研究结果一致。超过 10 年土壤有机质含量降低,可能是因为月季种植需肥量大,土壤有机质积累速度小于分解速率,再加上园林花卉种植重化肥轻有机肥,致使土壤有机质含量随种植年限的增加而减少。土壤活性有机质相对总有机质对土壤管理

措施响应更为敏感,不同活性有机质表现不同的变化特征,整体来看,6~10年月季土壤对活性有机质提高最显著。种植月季土壤的活性有机质低于草坪土壤的活性有机质的现象,可能是草坪土处于免耕状态,免耕等保护性耕作因减少土壤扰动,降低了土壤有机碳的分解,能显著提高耕层大团聚体的数量及其稳定性,提高了土壤的活性有机质含量^[18],杨永辉等^[19]的研究也表明了免耕处理明显提高了土壤活性有机碳含量。土壤活性有机质整体随土层的加深呈下降趋势,这可能是因为上层根系及土壤生物活动频繁,根系和土壤生物分泌物及其残体中的活性成分相对较多所致。CMI综合反映人为影响下土壤碳库指标和土壤碳库活度两方面对土壤有机质性质的影响。本研究发现,在0~20 cm表层土壤,各组分有机质的CMI随种植年限逐渐增加,随着种植年限的增加,逐渐改善了表层土壤的碳库质量,增强了土壤碳汇功能,邱莉萍等^[20]对不同封育草地的研究与本研究的结果一致。在20~40 cm土层,6~10年的土壤活性有机质的CMI最大,可能是因为6~10年的月季已经有了较大的根冠比,根分泌物增多,增加了20~40 cm土层的土壤碳库。0~5年、11~15年高活性有机质的CMI低于100,这可能与水分管理等措施也有关系,水分管理等措施直接影响着土壤中有有机碳的累积效果^[21]。

4 结论

月季土壤的有机质及活性有机质在一定年限内随种植年限的增加而增大,超过10年,逐渐减低,对10年以上的月季的管理要适当的增施有机肥。月季不同种植年限的不同活性有机质在0~20 cm土层的比例上升,CMI均高于100,表明随种植年限的延长,对土壤有机质的改善也在加深,提高了土壤的碳汇能力;在20~40 cm土层,6~10年的有机质、活性有机质及CMI均最大,表明6~10年月季对土壤深层有机质的改善效果最好。整体来看,种植6~10年的月季对土壤的碳汇增加效果最好。

参考文献:

- [1] 查同刚. 土壤理化分析[M]. 北京:中国林业出版社, 2017. 79-80.
- [2] Lützow M, Kögel K I, Ekschmitt K, et al. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39: 2183-2207.
- [3] 王清奎,汪思龙,冯宗炜,等. 土壤活性有机质及其与土壤质量的关系[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 513-519.
- [4] 庞学勇,包维楷,吴宁. 森林生态系统土壤可溶性有机质(碳)影响因素研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(3): 390-398.
- [5] 文炯,罗尊长,李明德,等. 土壤活性有机质及其与土壤养分的关系[J]. 湖南农业科学, 2009, (1): 57-60.
- [6] Lognini W, Wisniewski W, Gonet S S, et al. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation[J]. Polish Journal of Soil Science, 1987, 20: 47-52.
- [7] Lefroy B R D, Blair C, Strong M W. Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and ¹³C natural isotope abundance[J]. Plant and Soil, 1993, 155: 399-402.
- [8] 张玉军,董士刚,刘世亮,等. 有机物替代部分化肥对土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 河南农业科学, 2018, 47(1): 43-47.
- [9] 徐明岗,于荣,孙小凤,等. 长期施肥对我国典型土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(4): 459-465.
- [10] 邱莉萍,张兴昌,程积民. 土地利用方式对土壤有机质及其碳库管理指数的影响[J]. 中国环境科学, 2009, 29(1): 84-89.
- [11] 吴海东,郭风民,孙桂琴,等. 郑州地区月季夏季扦插关键技术研究[J]. 河南科学, 2016, 34(12): 2002-2006.
- [12] 程文娟,肖辉,肖茜,等. 不同种植年限玫瑰大棚土壤中养分变化研究[J]. 山西农业科学, 2018, 46(5): 791-794.
- [13] 颜安,李周晶,武红旗,等. 不同耕作年限对耕地土壤质地和有机碳垂直分布的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(1): 291-295.
- [14] 张永春,汪吉东,聂国书,等. 不同量秸秆机械化还田对稻麦产量及土壤碳活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(6): 833-838.
- [15] 王娇,张玉龙,张玉玲,等. 不同灌溉方式对有机肥碳矿化及土壤活性有机质含量影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(1): 37-41.
- [16] 王晶,张旭东,解宏图,等. 现代土壤有机质研究中新的量化指标概述[J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1809-1812.
- [17] 徐坤,李世忠. 不同种植年限苜蓿地土壤理化性状[J]. 草业科学, 2015, 32(11): 1767-1773.
- [18] 田慎重,王瑜,李娜,等. 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(22): 7116-7124.
- [19] 杨永辉,武继承,丁晋利,等. 长期免耕对不同土层土壤结构与有机碳分布的影响[J]. 农业机械学报, 2017, 48(9): 173-182.

- [20] 邱莉萍, 张兴昌, 程积民. 不同封育年限草地土壤有机质组分及其碳库管理指数 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 (5): 1166-1171.
- [21] 姜桂英, 张玉军, 魏喜, 等. 不同碳饱和水平下典型农田土壤有机质的红外光谱特征 [J]. 中国农业科学, 2018, 51 (16): 3117-3129.

Effects of different Chinese rose growth years on labile organic matter and carbon management index in different soil depths

ZHANG Yu-jun¹, GUO Feng-min¹, JIANG Gui-ying², SUN Gui-qin^{1*}, WANG Sheng¹, LI Nan¹ (1. Zhengzhou Institute of Urban Landscape and Architecture, Zhengzhou Henan 450051; 2. College of Resources and Environmental Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan 450002)

Abstract: In order to explore the changes of soil labile organic matter (LOM) and carbon management index (CMI) in Chinese rose with different growth years, four treatments with different growth duration as turf soil (CK), 1 ~ 5, 6 ~ 10 and 11 ~ 15 a was carried out. The soil highly (HLOM), moderately (MLOM) and lowly labile organic matter (LLOM) and carbon management index (CMI) were determined and analyzed. The results showed that, the soil organic matter (SOM) and LOM content under 6 ~ 10 a treatment in different soil layers were the highest. Therein, at 0 ~ 20 cm, the SOM content was 12.9 g/kg, and the HLOM, MLOM, and LLOM content were 1.3, 3.3, 7.0 g/kg, respectively; at 20 ~ 40 cm, the SOM was 5.7 g/kg, the HLOM, MLOM, and LLOM content were 1.4, 1.5, 2.4 g/kg, respectively, under the 6 ~ 10 a treatment. At 0 ~ 20 cm, the CMI was increased with the planting years; at 20 ~ 40 cm, the CMI was the highest one under 6 ~ 10 a treatment. Generally, the SOM and LOM content was increased in a certain period of time, and which was the best one under 6 ~ 10 a treatment.

Key words: different planting years; Chinese rose; different soil layer; labile organic matter; carbon management index