

高原高寒区域花卉种植对土壤养分含量空间分布的影响

柳文杰, 杨红, 杨文凤*, 王忠红 (西藏农牧学院资源与环境学院, 西藏林芝 860000)

摘要 [目的]探究高原高寒区域种植不同花卉对土壤养分空间分布特征的影响。[方法]以西藏东南部米林农场为研究对象,采集花卉种植前后的剖面土壤样品(0~10、10~20、20~30、30~40和40~50 cm),测定土壤有机碳、全氮、全磷和全钾含量。[结果]花卉种植前,土壤有机碳、全氮、全磷及全钾含量随土壤深度的增加呈降低趋势,即表现出明显的养分“表聚现象”。土壤平均有机碳含量表现为油菜>大花黄牡丹>月季>菊花>野韭菜,全氮平均含量表现为菊花>野韭菜>大花黄牡丹>油菜>月季,全磷平均含量表现为油菜>大花黄牡丹>菊花>野韭菜>月季,全钾平均含量表现为大花黄牡丹>菊花>油菜>月季>野韭菜。花卉种植1年后,土壤有机碳、全氮、全磷及全钾含量均有所提高,可见,种植以上花卉可以提高土壤养分含量。其中,土壤有机碳含量增加幅度以月季样地最大,即种植月季后,土壤有机碳含量平均增加了10.08 g/kg,以野韭菜样地最小,其增加值仅为5.18 g/kg;土壤全氮含量增加幅度以野韭菜最小,其增加值为0.04 g/kg,其他各样地增加幅度一致,均提高了0.08 g/kg;土壤全磷含量增加幅度以月季最大,即种植月季后,土壤全磷含量平均增加了0.09 g/kg,以油菜最小,其全磷含量增加了0.04 g/kg;土壤全钾含量提高幅度以油菜最高,野韭菜最低,其增加值分别为1.88和0.89 g/kg。就土壤养分垂直空间变异性而言,种植花卉前后土壤有机碳空间变异系数分别为0.29~0.34和0.35~0.40,土壤全氮空间变异系数分别为0.29~0.32和0.31~0.37,土壤全磷空间变异系数分别为0.23~0.32和0.25~0.39,土壤全钾空间变异系数分别为0.33~0.48和0.34~0.43;由此可见,花卉种植在一定程度上改变了土壤有机碳、全氮、全磷在土壤垂直剖面上的分布特征,而土壤全钾含量在花卉种植前后比较稳定。[结论]在高原高寒区域种植花卉可有效提高土壤养分含量,改善土壤肥力,但不同花卉种植对土壤养分含量的影响存在差异。

关键词 米林农场;花卉;有机碳;全氮;全磷

中图分类号 S158.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)12-0137-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.12.035

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of Flower Planting on Spatial Distribution of Soil Nutrient Content in Alpine Region of Plateau

LIU Wen-jie, YANG Hong, YANG Wen-feng et al (Resources & Environment College, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Linzhi, Tibet 860000)

Abstract [Objective] To explore the effects of planting different flowers on the spatial distribution characteristics of soil nutrients in the alpine region of the plateau. [Method] Taking Milin farm in Southeast Tibet as the research object, the profile soil samples (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 and 40-50 cm) before and after flower planting were collected to determine the contents of soil organic carbon, total nitrogen, total phosphorus and total potassium. [Result] Before flower planting, the contents of soil organic carbon, total nitrogen, total phosphorus and total potassium decreased with the increase of soil depth. The average organic carbon content of soil was rape > rhubarb peony > rose > chrysanthemum > wild leek, the average content of total nitrogen was chrysanthemum > wild leek > rhubarb peony > rape > rose, the average content of total phosphorus was rape > rhubarb peony > chrysanthemum > wild leek > rose, the average content of total potassium was rhubarb peony > chrysanthemum > rape > rose > wild leek. After one year of flower planting, the contents of soil organic carbon, total nitrogen, total phosphorus and total potassium were increased. It could be seen that planting the above flowers could improve the content of soil nutrients. Among them, the increase range of soil organic carbon content was the largest in rose plot, that was, after planting rose, the average increase of soil organic carbon content was 10.08 g/kg, and the smallest in wild leek plot, with an increase value of only 5.18 g/kg. The increase range of soil total nitrogen content was the smallest in wild leek, with an increase value of 0.04 g/kg, which was the same in other places, with an increase of 0.08 g/kg. The increase of soil total phosphorus content was the largest in rose, that was, after planting rose, the average increase of soil total phosphorus content was 0.09 g/kg, and rape was the smallest, and its total phosphorus content increased by 0.04 g/kg. The increase range of soil total potassium content was the highest in rape and the lowest in wild leek. The increase values were 1.88 and 0.89 g/kg respectively. In terms of vertical spatial variability of soil nutrients, in this study, the spatial variability coefficients of soil organic carbon before and after planting flowers were 0.29~0.34 and 0.35~0.40, soil total nitrogen were 0.29~0.32 and 0.31~0.37, soil total phosphorus were 0.23~0.32 and 0.25~0.39, and soil total potassium were 0.33~0.48 and 0.34~0.43, respectively. It could be seen that flower planting has changed the distribution characteristics of soil organic carbon, total nitrogen and total phosphorus in the vertical profile of soil to a certain extent, while the content of soil total potassium was relatively stable before and after flower planting. [Conclusion] Planting flowers in alpine areas on the plateau can effectively improve soil nutrient content and soil fertility, but the effects of different flower planting on soil nutrient content are different.

Key words Milin farm; Flowers; Organic carbon; Total nitrogen; Total phosphorus

土壤作为植物生长发育的基础和关键场所,是不均一变化的独立生态系统,因受五大成土因素(气候、生物、母质、地形、时间)和人类活动等的影响,具有时空异质性^[1-2]。土地利用方式作为人类干预土壤自然活动、影响土壤肥力变化最普遍、最直接和最深刻的客观因素^[3-4]。种植不同作物可能会通过改变土壤物理性状^[5]、动物和微生物群落^[6-7],从而改变土壤养

分状况,这将影响植物生长发育所必需的营养元素含量及种类、影响土壤肥力和改变土壤中的生命物质组成^[8]。

研究表明,花卉种植可有效修复被污染的土壤,提高土壤养分,改善土壤肥力,同时花卉中的植物精油可有效抑制土壤中的病原微生物^[9]。刘家女等^[10]研究表明,紫茉莉、凤仙、金盏菊和蜀葵等对土壤重金属表现出较强的耐受性和积累性,可有效降低土壤中的重金属含量,修复被重金属污染的土壤。程文娟等^[11]研究表明,种植玫瑰后土壤盐分、全磷、速效氮、速效磷、速效钾含量随着种植年限的增加而逐渐增加。可见,花卉种植既能提高土壤肥力,又可以抑制土壤

基金项目 林芝农业科技园区花卉景观设计与应用(一期)(603320005)。

作者简介 柳文杰(1995—),女,甘肃永靖人,硕士研究生,研究方向:森林培育。* 通信作者,副教授,硕士生导师,从事园林花卉研究。

收稿日期 2021-07-28

中的病原微生物。

笔者立足青藏高原高寒气候条件,在藏东南林芝市雅鲁藏布江与尼洋河交汇处农场进行不同种类的花卉种植试验,为阐明同一时期内,土壤类型和质地相同的土壤在种植不同花卉后,土壤养分的空间变化情况提供基础数据,为土壤养分分区管理和精准施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 研究区位于藏东南林芝市米林农场,在雅鲁藏布江与尼洋河交汇处,平均海拔 2 860 m,年均气温 8.5 ℃,年均降雨量 780 mm。高原紫外线强,年温差小,昼夜温差大,农场面积约 653.33 hm²。2019 年开始种植月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜等花卉。种植花卉前在土壤中施有机肥(亲土 1 号),用量 675 kg/hm²。土壤为砂壤土。

1.2 样品采集 土壤样品采集分为花卉种植前和花卉种植后,2019 年花卉种植前,在规划种植月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜的样地分别采集 0~10、10~20、20~30、30~40 和 40~50 cm 深度的土壤样品,每个样地采集 3 个重复;2020 年花卉种植后,在种植月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜的样地分别采集 0~10、10~20、20~30、30~40 和 40~50 cm 的土壤样品,每个样地采集 3 个重复。采集的土壤样品带回实验室,去除植物成分和石块等非土壤成分后自然风干,并过 0.25 mm 筛,测定化学指标。

1.3 测定指标与方法 土壤有机碳(organic carbon, OC)采用重铬酸钾-外加加热法测定,即称取土壤 0.05~0.10 g 样品,加入 5 mL 1/6 K₂Cr₂O₇ 和浓 H₂SO₄,180 ℃ 条件下消煮 5 min,消煮液冷却后转移至 250 mL 三角瓶中备用,转移液用 0.2 mol/L 的 Fe₂SO₄·7H₂O 滴定,根据空白样品消耗的 Fe₂SO₄·7H₂O 的量计算样品中的有机碳含量;土壤全氮(total nitrogen, TN)含量测定采用半微量凯氏法,即称取土壤样品 1.0 g,加入催化剂和 10 mL 浓 H₂SO₄ 高温(420 ℃)共煮 1 h,然后采用定氮仪(UDK149 型,意大利 VELP 公司)在 10 mol/L 碱性溶液中碱解蒸馏 3 min,蒸馏液用 20 g/L 的

H₃BO₃ 吸收,吸收液用 0.01 mol/L HCl 滴定。根据空白样品所消耗 HCl 的量计算样品全氮含量。土壤全磷(total phosphorus, TP)和全钾(total potassium, TK)含量测定采用 H₂SO₄-HClO₄ 法,即称取过 0.149 mm 筛的风干土壤样品 0.5~1.0 g,样品经水润湿后加 8 mL 浓 H₂SO₄ 摇匀,再加 10 滴 72% HClO₄,摇匀后消煮,消煮液冷却后定容至 100 mL 容量瓶中(事先加入 30 mL 蒸馏水),静置过夜,上清液中的磷采用磷钼蓝比色法测定。上清液中的钾稀释 5 倍后采用火焰光度法测定。

1.4 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据处理,养分含量及生理指标之间的差异分析采用单因素方差分析(One-way ANOVA)法进行,显著性分析采用配对样本 *T* 检验。作图及相关性分析采用 Origin9.0(Originlab 公司,美国)进行。

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳含量空间分布特征 土壤有机碳含量是评价土壤肥力水平的重要条件,对植物生长起着至关重要的作用^[12]。由表 1 可知,5 种花卉种植前后土壤有机碳含量均随土壤深度的增加呈降低趋势,即 0~10 cm>10~20 cm>20~30 cm>30~40 cm>40~50 cm。其中,月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜种植前的土壤有机碳含量分别为 17.94~38.52、16.48~38.13、14.73~37.45、17.37~38.60 和 16.69~34.87 g/kg,其垂直空间变异系数分别为 0.32、0.29、0.32、0.34 和 0.34;月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜种植后的土壤有机碳含量分别为 22.83~54.37、18.21~56.55、15.49~53.07、18.24~52.91 和 17.98~47.36 g/kg,垂直空间变异系数分别为 0.35、0.39、0.40、0.39 和 0.37。可见,同一种花卉,种植后的土壤有机碳垂直空间变异性大于种植前,说明花卉种植使得土壤有机碳含量产生较大波动。

花卉种植后土壤有机碳含量有所增加,其中,月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜种植后较种植前分别增加了 37.40%、33.19%、30.20%、33.54% 和 19.36%。可见,在该研究范围内,花卉种植可明显提高土壤有机碳含量,增加土壤肥力。

表 1 花卉种植前后土壤有机碳含量空间分布特征

Table 1 Spatial distribution characteristics of soil organic carbon content before and after flower planting

g/kg

土壤深度 Soil depth cm	月季 Rose		油菜 Rape		大花黄牡丹 Rhubarb peony		菊花 Chrysanthemum		野韭菜 Wild leek	
	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting
0~10	38.52±2.82 a	54.37±4.97 a	38.13±2.45 a	56.55±6.82 a	37.45±1.96 a	53.07±4.64 a	38.60±4.10 a	52.91±5.15 a	34.87±3.53 a	47.36±6.87 a
10~20	32.35±2.05 b	45.43±4.06 b	33.61±1.32 b	46.31±4.21 b	32.40±1.72 b	44.68±3.41 b	33.32±3.20 b	45.02±3.76 b	30.63±2.29 b	39.98±2.90 b
20~30	25.83±1.05 c	35.08±2.77 c	30.01±0.51 c	39.76±3.17 b	30.60±1.96 b	39.04±2.00 b	25.65±1.90 c	36.39±2.87 c	25.06±1.78 c	30.50±2.17 c
30~40	20.11±0.68 d	27.45±1.19 d	24.75±0.80 d	29.57±2.14 c	23.86±0.67 c	28.77±1.26 c	18.84±1.14 d	26.17±1.54 d	20.76±1.46 d	23.86±1.64 cd
40~50	17.94±0.12 d	22.83±0.60 d	16.48±0.36 e	18.21±0.86 d	14.73±0.30 d	15.49±0.24 d	17.37±0.90 d	18.24±0.68 e	16.69±0.51 d	17.98±0.08 d
平均 Average	26.95	37.03	28.59	38.08	27.81	36.21	26.77	35.75	26.76	31.94
SD	8.55	12.93	8.36	14.82	8.78	14.57	9.15	13.96	9.16	11.88
CV	0.32	0.35	0.29	0.39	0.32	0.40	0.34	0.39	0.34	0.37

注:同列不同小写字母表示不同土壤深度间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different soil depths at 0.05 level

2.2 土壤全氮含量空间分布特征 由表 2 可知,在垂直剖面上,5 种花卉种植前后土壤全氮含量均随土壤深度的增加呈

降低趋势。其中,月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜种植前 40~50 cm 深度分别较 0~10 cm 深度降低 51.85%、

55.93%、54.92%、52.94%和 53.44%，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜种植后 40~50 cm 深度分别较 0~10 cm 深度降低 58.78%、58.21%、60.00%、54.30%和 54.07%。且 5 种花卉在种植前后，0~10 cm 深度土壤全氮含量均显著高于其他各层次 ($P<0.05$)。

种植花卉可明显提高土壤全氮含量，其中，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜种植后较种植前分别增加了 10.67%、10.13%、9.76%、8.51%和 4.60%。可见，在该研究范围内，花卉种植可明显提高土壤全氮含量，增加土壤肥力。

表 2 花卉种植前后土壤全氮含量空间分布特征

Table 2 Spatial distribution characteristics of soil total nitrogen content before and after flower planting

g/kg

土壤深度 Soil depth cm	月季 Rose		油菜 Rape		大花黄牡丹 Rhubarb Peony		菊花 Chrysanthemum		野韭菜 Wild leek	
	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting
0~10	1.08±0.13 a	1.31±0.15 a	1.18±0.15 a	1.34±0.10 a	1.22±0.14 a	1.35±0.12 a	1.36±0.14 a	1.51±0.16 a	1.31±0.20 a	1.35±0.13 a
10~20	0.85±0.08 b	0.92±0.08 b	0.90±0.08 b	1.02±0.07 b	0.91±0.09 b	1.05±0.08 b	1.04±0.09 b	1.14±0.10 b	0.92±0.08 b	1.03±0.08 b
20~30	0.68±0.06 c	0.70±0.06 c	0.73±0.06 bc	0.80±0.05 c	0.77±0.06 c	0.87±0.06 c	0.90±0.07 bc	0.91±0.06 c	0.81±0.07 bc	0.83±0.06 c
30~40	0.59±0.05 cd	0.67±0.06 c	0.63±0.04 cd	0.65±0.04 d	0.67±0.05 cd	0.68±0.04 d	0.78±0.06 cd	0.82±0.05 c	0.70±0.05 c	0.74±0.05 c
40~50	0.52±0.04 d	0.54±0.04 c	0.52±0.03 d	0.56±0.03 d	0.55±0.03 d	0.54±0.03 e	0.64±0.05 d	0.69±0.02 d	0.61±0.03 c	0.62±0.03 d
平均 Average	0.75	0.83	0.79	0.87	0.82	0.90	0.94	1.02	0.87	0.91
SD	0.23	0.30	0.26	0.31	0.26	0.32	0.27	0.32	0.27	0.29
CV	0.30	0.37	0.32	0.36	0.32	0.35	0.29	0.32	0.31	0.31

注：同列不同小写字母表示不同土壤深度间差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different soil depths at 0.05 level

2.3 土壤全磷含量空间分布特征 由表 3 可知，种植花卉前，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜样地剖面土壤全磷含量分别为 0.32~0.80、0.41~0.81、0.50~0.87、0.41~0.85、0.39~0.88 g/kg，且大花黄牡丹和野韭菜样地的表层 (0~10 cm) 土壤全磷含量显著 ($P<0.05$) 高于其他各层，月季、油菜和菊花样地 0~10 cm 层次除与 10~20 cm 层差异不显著外 ($P>0.05$)，与其他各层差异也达显著水平 ($P<0.05$)。种植花卉后，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜样地剖面土

壤全磷含量分别为 0.36~1.05、0.43~0.90、0.53~1.00、0.51~0.92、0.45~0.99 g/kg，且除油菜样地外，其他各样地表层 (0~10 cm) 土壤全磷含量显著高于其他各层 ($P<0.05$)。

就各样地种植花卉前后土壤全磷平均含量而言，种植花卉后土壤全磷含量有所提高，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜种植后较种植前分别增加了 15.25%、5.97%、10.61%、6.35%、9.68%。

表 3 花卉种植前后土壤全磷含量空间分布特征

Table 3 Spatial distribution characteristics of soil total phosphorus content before and after flower planting

g/kg

土壤深度 Soil depth cm	月季 Rose		油菜 Rape		大花黄牡丹 Rhubarb Peony		菊花 Chrysanthemum		野韭菜 Wild leek	
	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting
0~10	0.80±0.08 a	1.05±0.11 a	0.81±0.07 a	0.90±0.08 a	0.87±0.08 a	1.00±0.13 a	0.85±0.09 a	0.92±0.11 a	0.88±0.08 a	0.99±0.11 a
10~20	0.70±0.07 ab	0.77±0.07 b	0.79±0.06 ab	0.81±0.06 ab	0.74±0.06 b	0.80±0.06 b	0.78±0.08 a	0.81±0.07 b	0.71±0.06 b	0.80±0.08 b
20~30	0.64±0.04 b	0.70±0.05 b	0.72±0.04 b	0.74±0.04 bc	0.65±0.04 b	0.71±0.05 bc	0.56±0.04 b	0.59±0.04 c	0.58±0.05 c	0.59±0.05 c
30~40	0.46±0.03 c	0.50±0.03 c	0.62±0.03 c	0.69±0.04 c	0.54±0.03 c	0.59±0.04 cd	0.50±0.04 b	0.54±0.03 c	0.51±0.04 c	0.58±0.04 c
40~50	0.32±0.01 d	0.36±0.02 d	0.41±0.02 d	0.43±0.02 d	0.50±0.02 c	0.53±0.02 d	0.41±0.02 c	0.51±0.03 c	0.39±0.02 d	0.45±0.02 d
平均 Average	0.59	0.68	0.67	0.71	0.66	0.73	0.63	0.67	0.62	0.68
SD	0.19	0.26	0.16	0.18	0.15	0.19	0.20	0.18	0.19	0.21
CV	0.32	0.39	0.24	0.25	0.23	0.26	0.30	0.27	0.31	0.31

注：同列不同小写字母表示不同土壤深度间差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different soil depths at 0.05 level

2.4 土壤全钾含量空间分布特征 由表 4 可知，在种植花卉前，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜样地剖面土壤全钾含量分别为 5.54~16.65、5.24~16.31、7.56~17.13、5.09~19.22、5.97~16.39 g/kg，且土壤全钾含量均表现为明显的“表聚”现象，即 0~10 cm 层高于深层土壤，其中，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜样地 0~10 cm 土壤层分别高于 40~50 cm 土壤层 200.54%、211.26%、126.59%、277.60%、174.54%。在种植花卉后，月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野

韭菜样地剖面土壤全钾含量分别为 6.34~18.65、7.19~19.47、7.52~18.58、6.04~20.18、6.31~18.05 g/kg，且 0~10 cm 土层显著高于其他各土壤层 ($P<0.05$)。

种植花卉可有效提高土壤全钾含量，种植月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜前，各样地土壤全钾平均含量分别为 10.58、11.13、12.03、11.58 和 10.39 g/kg，种植月季、油菜、大花黄牡丹、菊花和野韭菜后，各样地土壤全钾平均含量分别为 12.29、13.01、13.14、12.76 和 11.28 g/kg。可见，花卉种植后

土壤全钾含量较种植前明显增加。

表 4 花卉种植前后土壤全钾含量空间分布特征

Table 4 Spatial distribution characteristics of soil total potassium content before and after flower planting

g/kg

土壤深度 Soil depth cm	月季 Rose		油菜 Rape		大花黄牡丹 Rhubarb Peony		菊花 Chrysanthemum		野韭菜 Wild leek	
	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting	种植前 Before planting	种植后 After planting
0~10	16.65±2.43 a	18.65±2.62 a	16.31±2.40 a	19.47±2.55 a	17.13±2.76 a	18.58±2.39 a	19.22±3.10 a	20.18±2.21 a	16.39±2.41 a	18.05±2.25 a
10~20	12.76±1.63 b	15.00±1.80 b	13.97±1.66 a	15.35±1.80 b	14.98±2.05 a	15.56±1.68 b	14.83±2.16 b	15.98±1.26 b	12.33±1.22 b	13.56±1.46 b
20~30	9.70±0.56 c	11.75±1.41 bc	10.41±0.92 b	12.72±1.23 bc	11.64±1.40 b	14.02±1.43 b	10.36±0.97 c	11.38±0.70 c	9.58±0.73 c	9.30±0.97 c
30~40	8.27±0.89 cd	9.73±1.05 c	9.70±0.61 b	10.33±0.92 cd	8.85±0.86 c	10.01±0.86 c	8.39±0.64 cd	10.21±0.53 c	7.66±0.54 cd	9.18±0.59 c
40~50	5.54±0.73 d	6.34±0.22 d	5.24±0.12 c	7.19±0.44 d	7.56±0.35 c	7.52±0.33 c	5.09±0.30 d	6.04±0.31 d	5.97±0.30 d	6.31±0.22 d
平均 Average	10.58	12.29	11.13	13.01	12.03	13.14	11.58	12.76	10.39	11.28
SD	4.28	4.75	4.25	4.70	4.03	4.40	5.54	5.45	4.11	4.59
CV	0.40	0.39	0.38	0.36	0.33	0.34	0.48	0.43	0.40	0.41

注:同列不同小写字母表示不同土壤深度间差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different soil depths at 0.05 level

3 结论与讨论

花卉种植前,土壤有机碳、全氮、全磷及全钾含量随土壤深度的增加呈降低趋势,即表现出明显的养分“表聚现象”。其中,垂直剖面上有机碳含量的空间变异性以菊花和野韭菜最高,其变异系数均为 0.34,油菜样地土壤有机碳垂直空间变异系数最小,为 0.29;土壤全氮含量在剖面上的垂直空间变异性以油菜和大花黄牡丹样地最大,其变异系数均为 0.32,菊花样地最小,为 0.29;土壤全磷含量垂直空间变异性以月季最大,其变异系数为 0.32,油菜样地最小,为 0.24;土壤全钾含量垂直空间变异系数以菊花样地最大,其空间变异系数为 0.48,大花黄牡丹样地垂直空间变异性最小,为 0.33。种植花卉后,土壤有机碳、全氮、全磷及全钾含量随土壤深度的增加呈降低趋势。其中,土壤有机碳垂直空间变异系数在 0.35~0.40,土壤全氮垂直空间变异系数为 0.31~0.37,土壤全磷垂直空间变异系数为 0.25~0.39,土壤全钾垂直空间变异系数为 0.34~0.43。

花卉种植 1 年后,土壤有机碳、全氮、全磷及全钾含量均有所提高,可见,种植以上花卉可以提高土壤养分含量。其中,土壤有机碳含量增加幅度以月季样地最大,即种植月季后,土壤有机碳含量平均增加了 10.08 g/kg,以野韭菜样地最小,其增加值仅为 5.18 g/kg;土壤全氮含量增加幅度以野韭菜最小,其增加值为 0.04 g/kg,其他各样地增加幅度一致,均提高了 0.08 g/kg;土壤全磷含量增加幅度以月季最大,即种

植月季后,土壤全磷含量平均增加了 0.09 g/kg,以油菜最小,其全磷含量增加了 0.04 g/kg;土壤全钾含量提高幅度以油菜最高,野韭菜最低,其增加值分别为 1.88 和 0.89 g/kg。

参考文献

- [1] SUO Y Y, YUAN Z Q, LIN F, et al. Local-scale determinants of elemental stoichiometry of soil in an old-growth temperate forest [J]. Plant and soil, 2016, 408 (1/2): 401-414.
- [2] OERTER E J, BOWEN G J. Spatio-temporal heterogeneity in soil water stable isotopic composition and its ecohydrologic implications in semiarid ecosystems [J]. Hydrological processes, 2019, 33 (12): 1724-1738.
- [3] 徐新朋, 赵士诚, 张云贵, 等. 吉林省玉米种植区土壤养分空间变异特征研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 (6): 1342-1350.
- [4] 赵明松, 李德成, 张文凯, 等. 淮北平原农田土壤养分空间变异特征: 以安徽省蒙城县为例 [J]. 土壤通报, 2016, 47 (3): 611-617.
- [5] 刘莹, 李洁, 赵凌霄, 等. 黄河故道区域不同种植模式及秸秆还田方式对土壤的改良效果 [J]. 作物杂志, 2020 (6): 109-115.
- [6] 常海涛, 刘任涛, 陈蔚, 等. 内蒙古乌拉特荒漠草原红砂灌丛林引入柠条后地面节肢动物群落结构分布特征 [J]. 草业学报, 2020, 29 (12): 188-197.
- [7] 曹小青. 不同林分白皮复合模式对土壤理化性质及微生物群落结构的影响 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.
- [8] 吴宇伦, 赵雪松, 宋王芳, 等. 花生和玉米种植模式对科尔沁沙地土壤养分和生物特性的影响 [J]. 安徽农业科学, 2022, 50 (5): 48-54, 60.
- [9] 曹斐姝, 涂春艳, 张超兰, 等. 花卉植物对 Cd、As、Pb 污染农田的修复及其精油应用 [J]. 广西植物, 2021, 41 (12): 2033-2042.
- [10] 刘家女, 周启星, 孙挺. Cd-Pb 复合污染条件下 3 种花卉植物的生长反应及超积累特性研究 [J]. 环境科学学报, 2006, 26 (12): 2039-2044.
- [11] 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.
- [12] ELZEIN A, BALESDENT J. Mechanistic simulation of vertical distribution of carbon concentrations and residence times in soils [J]. Soil science society of America journal, 1995, 59 (5): 1328-1335.

(上接第 123 页)

- [14] 沈文庵, 徐朗莱, 叶茂炳, 等. 抗坏血酸过氧化物酶活性测定的探讨 [J]. 植物生理学报, 1996, 32 (2): 203-205.
- [15] 高俊凤. 植物生理学实验技术 [M]. 北京: 世界图书出版公司, 2000.
- [16] 明萌, 何静雯, 卢丹, 等. 低温胁迫对“琉球红”杜鹃生理特性的影响 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45 (23): 29-31, 88.
- [17] 郑春芳, 刘伟成, 魏龙, 等. 外施褪黑素对低温胁迫下红树植物秋茄光合作用的抗坏血酸-谷胱甘肽循环的调控 [J]. 植物生理学报, 2019, 55 (8): 1211-1221.
- [18] ZHENG C F, TANG J W, CHEN J N, et al. Mechanisms on inhibition of photosynthesis in *Kandelia obovata* due to extreme cold events under climate change [J]. Ecological processes, 2016, 5: 1-11.
- [19] 郑春芳, 陈继浓, 仇建标, 等. 烯效唑对低温胁迫下秋茄幼苗光合作

- 与抗氧化系统的影响 [J]. 植物生理学报, 2016, 52 (1): 109-116.
- [20] LIU W C, ZHENG C F, CHEN J N, et al. Cold acclimation improves photosynthesis by regulating the ascorbate-glutathione cycle in chloroplasts of *Kandelia obovata* [J]. Journal of forest research, 2019, 30 (3): 755-765.
- [21] 李晓, 冯伟, 曹晓春. 叶绿素荧光分析技术及应用进展 [J]. 西北植物学报, 2006, 26 (10): 2186-2196.
- [22] 李红, 郑春芳, 陈继浓, 等. 不同温度下秋茄树幼苗叶绿素荧光参数对光强的响应 [J]. 浙江林业科技, 2020, 40 (2): 17-22.
- [23] 薛晓敏, 韩雪平, 王来平, 等. 苯噻草酮对苹果坐果和光合生物学特征的影响 [J]. 应用生态学报, 2021, 32 (2): 557-563.
- [24] 郭菊兰, 朱耀军, 文菟玉, 等. 秋茄幼苗光合特性对寒害的响应 [J]. 林业科学研究, 2018, 31 (6): 63-68.
- [25] 郑春芳, 陈威, 刘伟成, 等. 低温胁迫下红树植物秋茄幼苗光合特性及蔗糖代谢的恢复机制 [J]. 生态学杂志, 2020, 39 (12): 4048-4056.