

光照对土壤微观结构及土壤元素影响

杨晨曦^{1,2,3,4}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: 1098002212@qq.com

收稿日期: 2021年3月13日; 录用日期: 2021年4月14日; 发布日期: 2021年4月21日

摘要

光照具有一定的能量, 因此能够在辐射土壤时改变土壤的微观结构与土壤中所含的元素。本文通过研究在白光照射下, 土壤中全氮与有机碳的变化, 结果表明: 光照对土壤中有机碳具有活化作用; 光照使得土壤中原有有机质暴露, 加速了有机质的分解, 从而使有机碳总含量下降。通过研究光照对土壤微观结构的变化, 结果表明: 红外光对土壤结构没有影响, 紫外光会改变土壤结构。

关键词

光照, 土壤, 全氮, 有机碳, 微观结构

Effect of Light on Soil Microstructure and Soil Elements

Chenxi Yang^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Land and Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: 1098002212@qq.com

Received: Mar. 13th, 2021; accepted: Apr. 14th, 2021; published: Apr. 21st, 2021

Abstract

Light has certain energy, so it can change the soil microstructure and the elements in the soil when

文章引用: 杨晨曦. 光照对土壤微观结构及土壤元素影响[J]. 土壤科学, 2021, 9(2): 54-59.

DOI: 10.12677/hjss.2021.92007

it radiates the soil. In this paper, the changes of total nitrogen and organic carbon in the soil under white light were studied. The results showed that: the light had an activation effect on the organic carbon in the soil; the light exposed the organic matter in the soil, accelerated the decomposition of organic matter, and reduced the total content of organic carbon. The results show that the infrared light has no effect on the soil structure, and the ultraviolet light can change the soil structure.

Keywords

Light, Soil, Total Nitrogen, Organic Carbon, Microstructure

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人类及社会的发展,人地矛盾随着发展速度的加快愈加突出,其中耕地问题是现代发展进程中的具有战略性的重大问题[1][2]。我国由于人均耕地面积少而使得耕地问题愈加严重,为了提升粮食产量,大量的使用农药及化肥成为了提升作物产量的主要手段[3][4]。

在使用化肥过程中,其中N元素是目前农作物需求最多的大量元素,然而,施入土壤的氮肥除了被作物吸收利用外,还存在有微生物固定,矿物质吸附,氮气挥发和反硝化等作用,最终大量的氮以 NO_3^- -N的形式残存于土壤中[5]。土壤中碳是影响作物生长的重要制约因素,植物可通过光合作用从空气中吸收二氧化碳进行光合作用,光合作用一般能满足作物的基本需求。然而,通过根系从土壤中吸收有机质中的水溶性有机碳同样是作物生长的重要过程[6]。土壤碳库是陆地生态系统中最大碳库,现阶段研究表明全球土壤有机碳库约为1500~2000 Pg,无机碳库约为700~1000 Pg [5]。基于此,土壤中富含大量的有机碳,然而作物如何有效利用土壤中的有机碳成为了重要的研究问题。

光照是植物生长过程不可或缺的,然而植物在光合作用中利用光照外,土壤同样受到光辐射作用。光激发可实现从分子态到离子态等活性态的转变,使元素从惰性状态活化为活性状态,元素活性增强有利元素与外界相互交互[7]。例如,紫外光照射能促进氮素的光化学转化,张植桢[8]等人发现紫外光能促进无机氮转化,光强度越大无机氮的形态转化现象愈加越显著。基于此,研究光照对土壤微观结构与土体元素的影响具有重要的现实意义。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料

试验土样采集自陕西省渭南市富平县(东经 $109^{\circ}12'10''$,北纬 $34^{\circ}42'31''$),取表层0~15 cm,各土样均按S形线路选取5个采样点,将土样混合均匀放在干净地面上,通过室内避光风干,将风干后土壤过1 mm筛,所得土壤用于土壤基本理化性质测定、室内光照试验。其中实验土壤初始理化性质如下:全氮含量0.6 g/kg,速效钾4.08 mg/kg,有效磷3.94 mg/kg,有机碳3.22 g/kg。

2.2. 试验方法

实验于实验室纸箱中进行,纸箱尺寸:65×65×50 (cm),纸箱周围均用加厚铝箔覆盖,防止环境其

他光线进入箱体。纸箱内放置有 LED 灯，光照强度为 $1.14 \times 10^6 \text{ W m}^{-2}$ ，光照温度 $28 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 。土样放于直径 10 cm 培养皿中。

2.3. 测试方法

采样时间为 2018 年 1 月 25 日至 4 月 19 日，每周采样 1 次，采样 10 周，将培养皿中土壤取出，放入自封袋内保存。

土壤全氮含量用全自动间断化学分析仪(cleverchem200, 德国)测定。土壤有机碳使用加热氧化法进行测定。土壤微观结构采用环境扫描电镜测定。

3. 结果与讨论

3.1. 光照对全氮的影响

研究成果表明水体中的 NO_3^- 和 NO_2^- 均具有光化学活性， NO_3^- 和 NO_2^- 在阳光辐射下可光解生成羟基 ($\bullet\text{OH}$) 和氮氧化物 (NO_2 、 NO) 等活性物质 [9]，可以和多数有机物发生快速反应，从而显著影响地球 C、N 和重金属的生物。

图 1 列出了不同光照时间全氮的变化情况，由图 1 可以看出，土壤中全氮的含量基本保持在 0.9 g/kg 左右并呈波动趋势，其中第三周的全氮为 1.8 g/kg。相比于第二周的 0.879 g/kg 呈现显著上升，这可能是由于采样不均匀或所采集土样含有氮肥，从而导致全氮含量显著增加。由光照 10 周后全氮总体含量上可知，其在光照后相比于光照前全氮含量增加了 0.3 g 左右，表明光照对于土壤中全氮含量提升明显。其中全氮含量的波动可能是由于土壤母质中的氮素在光照的作用下，活化为土壤中的无机氮，不稳定的无机氮不断分解形成氮气。

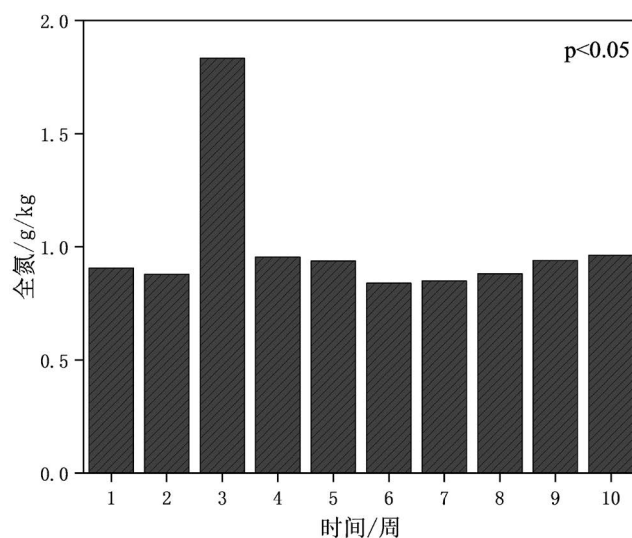


Figure 1. Effect of light on soil total nitrogen
图 1. 光照对土壤全氮的影响

3.2. 光照对有机碳的影响

土壤有机碳一般主要是指有机残体经微生物作用形成的一类特殊的、复杂的、性质比较稳定的高分子有机化合物 [10] [11]。

在持续光照下，有机碳的变化列于图 2，由图 2 可知，土壤中有机碳在开始阶段呈下降趋势，这可

能是由于实验土壤中没有凋落物来源，同时在光照实验前，磨制土样破坏了土壤团聚体结构，使得土壤中原有有机质暴露，加速了有机质的分解。在第 6 周后，实验土壤中有机质含量呈上升趋势，光照可使土壤中难降解有机物发生光化学转化，从而产生有机碳。因此上述结果这可能是由于土壤中原有残存的难分解腐殖质等降解，腐殖质的分解为土壤提供了活性有机碳，从而补充了因光照产生的活性有机碳消耗。然而在第 10 周光照后，土壤中有机质含量为 1.80 g/kg，仍然小于初始土样的 3.22 g/kg，表明所取试样土壤中的凋零物与难分解的动植物残体较少，因此在持续光照下逐渐分解，然而所分解形成的有机碳仅能补充部分原有有机碳的分解，有机碳总体在光照 10 周后小于初始值。这其中动植物残体少而未能在光照下分解形成有机碳的原因可能是在实验前磨制土样时，动植物残体均被移除，导致随着时间的推移，有机碳总体呈下降趋势。

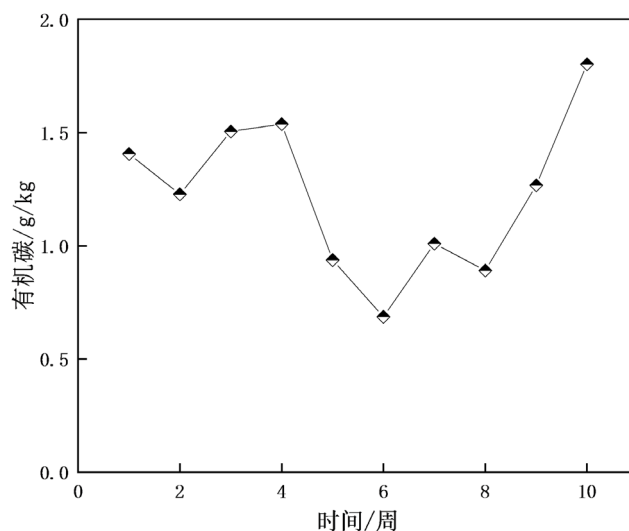


Figure 2. Effect of light on soil organic carbon
图 2. 光照对土壤有机碳的影响

3.3. 光照对土体微观结构的影响

光照具有能量，其中紫外光波长短，能量大，它的作用集中体现在化学作用上；红外光的能量低，红外光通过热辐射作用使得在物体上发生热效应，一般来说红外光的波长最接近生物的波长，易于产生共振现象，从而加热物体，因此其主要体现为热效应，它的能量起到的是一个激发化学键的作用，并不能打断化学键。基于上述光照性能的不同，为了研究光照对土体微观结构的影响，选用红外光与紫外光照射土体，并通过扫描电镜观察光照前后土壤微观结构的变化，探究能量与热量对土体结构变化的影响。

3.3.1. 红外光照对土体微观结构的作用

图 3 为土体在红外光照射前后的微观结构变化。如图所示，光照前后其粒径大小约为 100~200 μm ，其粒径大小基本没有变化，并且通过 SEM 图片可知，土壤的基本结构并未发生变化。因此，基于微观结构的分析可知，红外光照对土体没有改变，这其中可能的原因是红外光照仅为土体提供了热辐射，从而使土体温度升高，然而这种温度升高与自然界温度升高类似，然而由于缺少自然界的其他作用，如植物、风、动物等作用，因此不足以改变土体的微观结构，由此我们可以得出结论：红外光照仅能为土体提供热量，其热量变化并不足以改变土体微观结构，因此红外光对于土体微观结构没有影响。

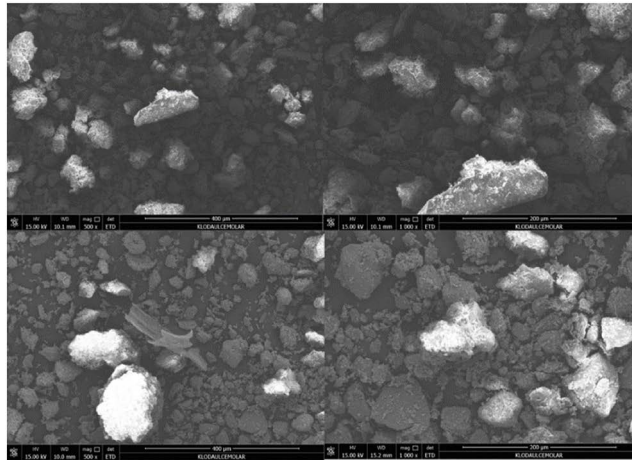


Figure 3. Microstructure of soil before and after infrared illumination
图 3. 红外光照前后土体微观结构

3.3.2. 紫外光照对土体微观结构的作用

由于紫外光穿透能力较差，因此土壤颗粒越大，紫外光穿透能力越弱。基于此，通过研究光照下大颗粒与小颗粒的变化，从而研究紫外光照对土体微观结构的影响。由图 4 可知，在紫外光照下，土体的微观结构有所变化，其中土体的粒径有所下降。这其中可能的原因是紫外光能量强，在这种光照下赋予了土体能量，这种能量可能破坏了不同矿物质中的化学键与改变了键角，基于这种改变，土体的微观结构可能会发生变化，这种微观结构的变化反应在表面就是表面粗糙度的改变及粒径变小。因此，基于上述分析可知，紫外光照对于土体微观结构具有影响。

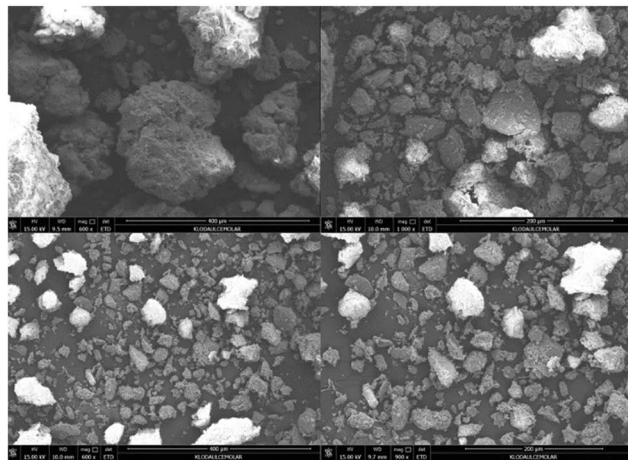


Figure 4. Microstructure of soil before and after UV irradiation
图 4. 紫外光照前后土体微观结构

4. 结论

通过室内光照实验研究光照对土壤中全氮、有机碳与微观结构的影响，探讨光照对于农业生产中除光合作用外的影响，实验结果如下：

1) 在光照对土壤照射一周后，土壤中全氮增加了 0.3 g/kg，继续增加光照时长，土壤中全氮仅呈现波动状态。

2) 在初始阶段, 光照对于土壤中有机碳具有降低作用, 而随着光照时间增加, 土壤中腐殖质等动植物残体会分解, 部分增加土壤中有机碳, 然而总体依旧呈下降趋势。

3) 红外光由于仅有热辐射作用, 因此未改变土壤微观结构; 紫外光由于其能量高, 可能破坏了不同矿物质中的化学键与改变了键角, 从而使得土壤微观结构变化。

参考文献

- [1] 向雁, 陈印军. 中原现代农业科技示范区耕地保护问题与对策研究[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(12): 152-160.
- [2] 孟相伟. 我国耕地保护问题中的地方政府责任研究[D]: [硕士学位论文]. 辽宁师范大学, 2016.
- [3] 杨帆, 孟远夺, 姜义, 崔勇, 李荣, 董燕, 孙钊. 2013 年我国种植业化肥施用状况分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1): 217-225.
- [4] 李宇轩. 中国化肥产业政策对粮食生产的影响研究[D]: [博士学位论文]. 中国农业大学, 2014.
- [5] 李亚玉. 光照对土壤有机质稳定性的影响[D]: [硕士学位论文]. 华中农业大学, 2015.
- [6] 徐秋芳, 姜培坤. 不同森林植被下土壤水溶性有机碳研究[J]. 水土保持学报, 2004(6): 84-87.
- [7] 陈慰宗, 杨一心, 宋应谦, 等. 可见光激发钷配合物的荧光光谱[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2001, 31(5): 390-391.
- [8] 张植桢. 紫外光对土体氮素转化影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 华中农业大学, 2010.
- [9] Zafiriou, O.C. and True, M.B. (1979) Nitrate Photolysis in Seawater by Sunlight. *Marine Chemistry*, **8**, 33-42.
[https://doi.org/10.1016/0304-4203\(79\)90030-6](https://doi.org/10.1016/0304-4203(79)90030-6)
- [10] 苗娟, 周传艳, 李世杰, 闫俊华. 不同林龄云南松林土壤有机碳和全氮积累特征[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 625-631.
- [11] 辛琨, 颜葵, 李真, 胡杰龙, 邱明红. 海南岛红树林湿地土壤有机碳分布规律及影响因素研究[J]. 土壤学报, 2014, 51(5): 1078-1086.