

油页岩有机碳矿化特征及在栽培基质中应用可行性分析

王永健, 伏耀龙, 王益权, 喻建波, 徐海, 王金贵, 张育林

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 探讨油页岩有机碳矿化分解过程、有机碳组分变化特征以及环境因素作用规律可为评价油页岩在栽培基质中应用的可行性提供科学依据。试验在室内控制温度和水分条件下, 分析了洗盐和未洗盐油页岩有机碳矿化动态变化特征。结果表明: 油页岩基质在 60 d 培养期间, 温度升高 10℃ 使未洗盐基质总矿化量分别增加 2%~28% (100% 田间持水量)、2%~22% (80% 田间持水量) 和 1%~15% (60% 田间持水量); 洗盐基质则分别增加 2%~17% (100% 田间持水量)、1%~5% (80% 田间持水量) 和 7%~14% (60% 田间持水量)。将第 60 d 基质中活性有机碳含量进行回归分析, 发现两种不同供试油页岩活性有机碳含量与温度和水分之间均呈正相关关系; 未洗盐油页岩活性有机碳含量与温度和水分间相关性不显著, 而洗盐后油页岩活性有机碳含量与温度和水分之间相关性显著 ($P=0.0214$)。用一级动力学方程拟合油页岩基质有机碳矿化动态得到未洗盐基质分解速率常数最大达 $1.2 \times 10^{-3}/\text{d}$, 洗盐基质其分解速率常数介于 $0.5 \times 10^{-3} \sim 0.7 \times 10^{-3}/\text{d}$ 。油页岩在长达 60 d 的培养过程中表现为有机碳持续分解、活性有机碳递增, 证实其在基质栽培中的应用将对养分持续供给和维护作物根系生理活性发挥重要作用。

关键词: 温度; 水分; 油页岩基质; 有机碳; 田间持水量

中图分类号: S146⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0137-07

油页岩是自然界蕴藏丰富的有机矿藏资源, 仅陕西省已探明油页岩储量 6.4 亿 t, 居全国第五位。主要分布在铜川、渭南、延安、榆林、咸阳等市, 仅铜川一地储藏量约 5 亿 t^[1], 探求有机矿藏资源在农业以及其它行业中有效利用途径具有极为重要的实际意义。油页岩因富含有机物质在农业上具有重要用途。已有研究报道, 油页岩被作为添加剂用于新型肥料生产, 用于土壤改良^[2~4]等方面。油页岩作为无土栽培基质的主要成分, 在设施农业和城市屋顶立体美化等方面有着更为广阔的应用前景。在以往关于栽培基质的众多研究工作中, 就基质类型、组配与性状对作物生育以及产量影响给予了足够的重视, 而对在栽培过程中基质有机物分解转化特征及其转化产物对作物生长的影响的关注显得非常欠缺, 忽略基质本身营养转化与供给情况, 是基质栽培系统中营养管理内容研究显得不够全面^[5], 导致营养配方的制定缺乏明确的针对性和科学性; 同时基质中有机碳矿化过程, 释放 CO₂ 气体直接影响到根际空气质量和作物根系生长发育, 影响设施栽培技术的广泛普及与健康发展。尽管已有研究得出固形物料作为栽培基质时其理化性状表现出较大的差

异^[6~9]。但是, 仅这些研究工作显然是很不够的。有机物料的物理、化学性状与物料在栽培过程中的变化规律一起构成栽培基质选料的依据才是科学的。油页岩中富含有机碳, 其有机碳的稳定性与矿物质结合状态, 以及油页岩中易矿化态有机碳含量和矿化分解特征等都应当是评价油页岩在农业上, 尤其是在栽培基质中开发利用价值的主要科学依据。探讨油页岩有机碳分解转化规律, 对于进一步指导研制和开发优质新型栽培基质, 推动无土栽培高新技术产业化健康发展无疑具有极为重要的科学意义。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试油页岩采自陕西铜川, 将油页岩经风干、研磨, 通过 2 mm 筛备用。供试基质的基本性状详见表 1。根据油页岩的化学性状, 供试的基质分为未洗盐和用 5:1 水样比进行洗盐处理两种, 其中后者进行洗盐处理是为了淋洗油页岩基质中过多的盐分, 使盐分含量降低到适合绝大多数植物生长的范围内。

收稿日期: 2009-02-20

基金项目: 陕西省科技厅科技计划 (2005K-G16)

作者简介: 王永健 (1982-), 男, 硕士研究生, 河北乐亭人, 主要从事环境保护与农产品安全生产研究。E-mail: wyjleting@126.com。

通讯作者: 王益权 (1957-), 男, 教授, 博士生导师, 陕西旬邑人, 主要从事土壤物理与改良方面的教学和科研工作。E-mail: soilphysics@163.com。

表 1 供试油页岩的主要理化性状

Table 1 Main physical and chemical characters of the tested oil shale

供试基质 Tested matrix	全盐 Total salt (g/kg)	田间持水量 Field capacity(%)	有机碳 Organic carbon (g/kg)	活性有机碳 Active organic C (g/kg)	硝态氮 Nitrate nitrogen (mg/kg)	全氮 Total N (g/kg)	碳氮比 C/N	pH
未洗盐 Unwashed-salt	8.70	51.6	273.8	13.06	37.70	1.35	203/1	5.65
洗盐 Washed-salt	1.18	49.9	257.8	12.17	35.89	1.22	211/1	5.89

1.2 基质培养试验与测试方法

油页岩中有机碳含量相对较高,其中易矿化分解的有机碳含量对于作物生长影响才是至关重要的。土壤学上关于有机碳研究方面,学者们对于用活性有机碳作为土壤质量评价指标给予了极大关注。但是,由于对于活性有机碳的概念目前表述的不尽完全相同,活性有机碳的测试方法也还不统一、科学界对于测试条件缺乏界定与统一,使得测试结果重现差等问题,限制了活性有机碳作为土壤质量评价方面的指标。为了准确地测定油页岩中有机碳的可矿化量、掌握矿化过程动态特征及相关影响因子,本研究采用了模拟栽培条件,室内控制条件培养法,用碱液吸收法测定有机碳矿化过程中 CO₂ 的释放量^[10];分别称取经过粉碎过 2 mm 筛的未洗盐和经洗盐后的油页岩基质 10.0 g 放入康维皿外室,在内室中加入 0.5 mol/L NaOH 溶液 5.0 mL,以便吸收在培养期间有机碳矿化释放的 CO₂。为了探求环境因素对于油页岩有机碳矿化过程的影响,本试验采用 2 个温度水平和 3 个含水量水平的双因子完全试验方案。培养温度处理设定为 20℃ (T₁) 和 30℃ (T₂),水分处理分别设定为相当于油页岩田间持水量 100%(W₁)、田间持水量 80%(W₂)和田间持水量 60%(W₃)3 个水平。然后将装置置于恒温培养箱中在控制条件下进行不同时间段连续培养试验。在培养期间分别在 5、10、15、25、45 和 60 d 后从中取出 2 个重复。加入 1 mol/L BaCl₂ 溶液后用 0.05 mol/L HCl 溶液准确滴定康维皿内室剩余 NaOH 溶液量,用公式 1 计算有机碳的矿化量。同时每组设置 2 个空白试验。

培养过程中 CO₂-C 的释放量采用下式计算:

$$\text{CO}_2\text{-C} = \frac{(V_0 - V) \times C_{\text{HCl}} \times 44 \times \frac{12}{44}}{2} \times \frac{1}{m(1 - a\%)} \quad (1)$$

式中,CO₂-C 为培养期间基质有机碳的矿化释放量(mg/g);V₀ 为空白标定时消耗的标准盐酸的体积(mL);V 为样品滴定时消耗的标准盐酸的体积(mL);C_{HCl}为标准盐酸浓度(mol/L);m 为供试样品质量(g);a%为烘干后基质含水量。

活性有机碳测定用 0.2N K₂Cr₂O₇-1:3H₂SO₄ 130℃~140℃氧化法^[10,11],有机碳测定用重铬酸钾外加热法^[12]。

1.3 数据处理

利用一级反应方程(见公式 2)拟合基质有机碳含量随培养时间的动态过程,并计算出有机碳分解速率常数。

$$C_t = C_0 \times e^{kt} \quad (2)$$

式中,C_t 为任一时段 t 内有机碳矿化量(g/kg);C₀ 为初始有机碳含量(g/kg);k 为有机碳的分解速率常数(d⁻¹);t 为培养时间(d)。

所有数据用 SAS8.0 version 进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 水热条件对油页岩有机碳矿化过程的影响

有机物质的矿化规律以及养分释放速率首先直接关系到基质栽培管理中制定合理的营养管理措施,深入研究基质栽培过程中有矿藏资源有机碳分解速率和环境条件间的关系不仅是评价其在农业可利用价值的需要,也倍受栽培管理者高度重视。栽培基质中有机物的矿化是一个重要的生物化学过程,与其温度和水分以及 pH 等条件密切相关。

图 1~3 和图 4~6 分别是未洗盐基质和经洗盐后基质在不同水分和温度处理下 CO₂-C 累积释放量的动态变化过程。由此可以看出,在恒温培养过程中油页岩有机碳的矿化过程均呈现出随着培养时间的延长不断被矿化分解、CO₂-C 累积释放量持续递增趋势。即使在长达 60 d 的培养时间里,油页岩有机物矿分解与 CO₂ 释放过程也未能达到极值,证明油页岩中有机碳不完全是性质稳定的,而是可以逐渐被矿化分解的。正因为如此油页岩用于栽培基质将对于调节根际营养、促进栽培作物生长发挥重要作用,具备了在农业上应用的基本要求。

从图 1~6 也可以得出,油页岩有机碳矿化分解量明显受水热条件重要作用。有机碳在各种水分处理情况下均有在 30℃ 条件下 CO₂-C 累积释放量明显高于在 20℃ 条件下 CO₂-C 累积释放量的基本特

征;洗盐过程影响了油页岩碳矿化速率,表现出未洗盐油页岩 CO₂-C 累积释放量大于洗盐后基质(见表 2),洗盐过程使得油页岩中总有机碳遭到淋洗所致(见表 1),其中被淋洗的有机碳是能溶于水的活

性有机碳。通过对各培养阶段相同水分条件下不同温度处理效应分析对比得出,未洗盐油页岩在 3 个水分处理下,在 30℃ 要比 20℃ 温度 CO₂-C 总释放量分别增加 2%~28%(W₁)、2%~22%(W₂)和 1%

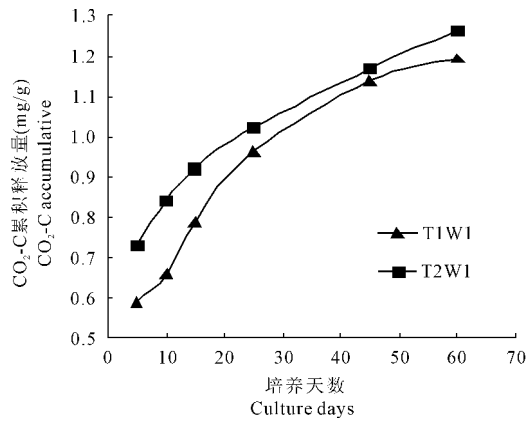


图 1 田间持水量 100%未洗盐基质有机碳累积矿化量

Fig.1 Unwashed-salt matrix CO₂-C accumulation at 100% field capacity

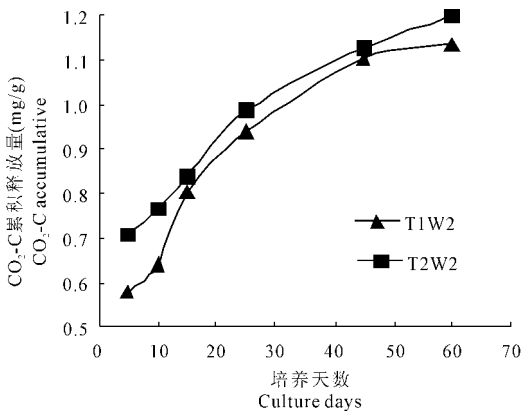


图 2 田间持水量 80%未洗盐基质有机碳累积矿化量

Fig.2 Unwashed-salt matrix CO₂-C accumulation at 80% field capacity

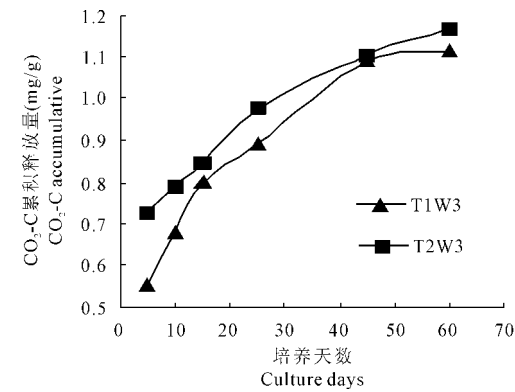


图 3 田间持水量 60%未洗盐基质有机碳累积矿化量

Fig.3 Unwashed-salt matrix CO₂-C accumulation at 60% field capacity

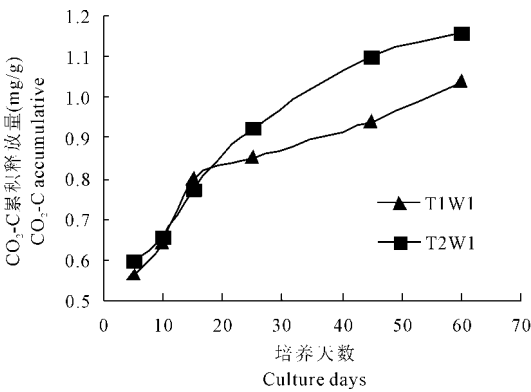


图 4 田间持水量 100%洗盐基质有机碳累积矿化量

Fig.4 Washed-salt matrix CO₂-C accumulation at 100% field capacity

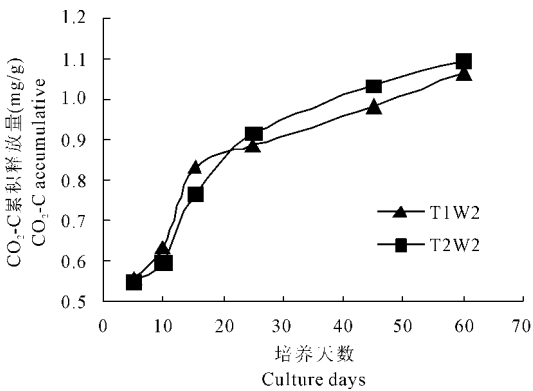


图 5 田间持水量 80%洗盐基质有机碳累积矿化量

Fig.5 Washed-salt matrix CO₂-C accumulation at 80% field capacity

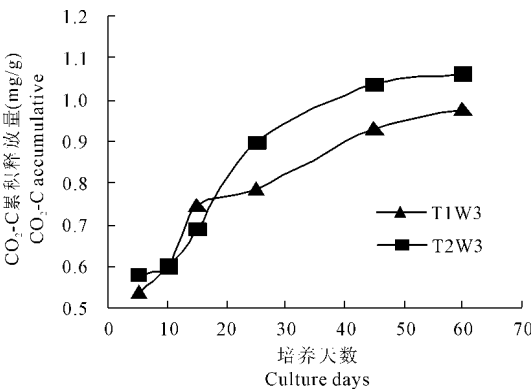


图 6 田间持水量 60%洗盐基质有机碳累积矿化量

Fig.6 Washed-salt matrix CO₂-C accumulation at 60% field capacity

~15%(W₃);洗盐基质则分别增加 2%~17%(W₁)、1%~5%(W₂)和 7%~14%(W₃),增幅随着基质含水量降低而降低趋势,说明在培养水分条件满足情况下其温度效应才更为明显,若受水分条件制约温度效应也有明显减小。

在本试验 60 d 培养期间里不同水分处理下,洗盐基质在 30℃ CO₂-C 累积释放量比 20℃ 时高 2.70%~11.55%;以高水分处理 W1 的增加幅度最

大。未洗盐基质增加了 4.85%~5.64%。分析表明,油页岩在温度为 30℃和水分处理为 W1 时有机碳矿化量最大(见表 2)。若将油页岩在温室栽培的基质中使用,受高温高湿环境影响其有机碳矿化量高,对于养分供给可能有益,但有可能会因高矿化作用影响作物根际空气质量,必须结合栽培环境探求适宜的油页岩用量。

表 2 在历时 60 d 的培养后各处理条件下基质矿化 CO₂-C 的累计释放量
Table 2 CO₂-C accumulation in the tested matrix under different treatment conditions after 60-day cultivation

供试基质 Tested matrix	温度 Temperature (℃)	CO ₂ -C 的累计释放量 CO ₂ -C accumulation (mg/g)		
		田间持水量 100% 100% field capacity	田间持水量 80% 80% field capacity	田间持水量 60% 60% field capacity
未洗盐 Unwashed-salt	20	1.19	1.14	1.11
	30	1.26	1.20	1.17
洗盐 Washed-salt	20	1.04	1.06	0.98
	30	1.16	1.09	1.06

对于有机物料的矿化分解特征不仅要关注在一段时间的累计结果,更应关注其在培养过程中矿化速率的变异性。通过不同培养时段对不同处理油页岩间 CO₂ 累计释放量进行方差分析得出:对于未经洗盐的基质而言,在水分含量为 W₁ 时,两个水平温度间效应差异达极显著水平($P_1=0.0094$);当基质水分含量为 W₂ 和 W₃ 时,两个水平温度间效应差异均达显著水平($P_2=0.0136$, $P_3=0.0185$)。对于洗盐后基质而言,当基质含水量分别为 W₁ 和 W₂ 时只有在第 25 天以后两个温度水平间才呈现出显著性差异,而在含水量为 W₃ 时,两个温度水平间在整个培养过程均有极显著差异($P=0.0085$)。综合上述分析,未洗盐基质在整个培养过程中 CO₂-C 累积释放量受温度影响差异大到显著或极显著;洗盐基质只有在第 25 天后才出现明显差异性,说明在培养前期被矿化分解的是油页岩原有的活性有机碳,因洗盐影响活性有机碳减少,才使得在培养前期有机碳的矿化过程对温度反映不够明显。在培养过程中原有活性有机碳被矿化分解后,油页岩会在培养过程中产生新的活性有机碳,使得矿化过程对温度才有了明显的反应。

进一步对于两种供试基质作比较,20℃培养条件下,两种供试基质之间在其含水量为 W₃ 水平下均出现极显著差异($P=0.009$),在较高水平的两种水分处理条件下均未出现显著差异。而 30℃培养条件下,由于温度的升高矿化强度高,不同基质间有机碳累积释放量在 3 个水分条件下均出现极显著差

异。
2.2 水热条件与油页岩活性有机碳的关系

无论在大田栽培还是在设施栽培系统中,只有活性有机碳的含量对于保证作物根区养分持续供应、维持生物活性和根区生态系统平衡起着主要作用。土壤学上所谓活性有机碳是指在一定时空条件下受植物、微生物影响强烈、具有一定溶解性,且在土壤中移动较快、不稳定、易氧化、易分解、易矿化,其形态和空间位置对植物和微生物有较高活性的那部分土壤碳素^[13],其组分并非是一种单纯的化合物,而是土壤有机碳中具有相似特性和对土壤养分、植物生长乃至环境、大气和人类产生较高有效性的那部分有机碳。活性有机碳逐渐地取代有机物质总量作为评价土壤质量、成为反映生态因子变化最为灵敏的指标。

油页岩中虽然总有机碳含量很高,但活性有机碳含量仅为 12.17~13.06 g/kg 左右。在不同水热条件下培养 60 d 后,虽然油页岩中有机碳已经程度不同地被矿化分解,但其活性有机碳的含量不仅没有减少,相反其活性有机碳含量明显增加(见表 3),未洗盐处理的基质中温度升高 10℃在不同水分条件下分别增加 32.08%~34.30%(100%田间持水量)、32.39%~34.84%(80%田间持水量)和30.09%~32.16%(60%田间持水量);洗盐处理的基质中温度升高 10℃在不同水分条件下则分别增加26.95%~27.94%(100%田间持水量)、25.90%~28.84%(80%田间持水量)和 25.47%~29.66%(60%田间

持水量);而油页岩在培养过程中活性有机碳递增的现象再次证实其在设施栽培基质中具有重要的应用价值。

对于影响土壤有机碳周转因素的众多研究得出,随着温度升高有机质的分解周转速率也增加,但水分与有机质分解周转之间的关系尚存在分歧。有

学者认为,有机质的分解率随湿度的升高而增加^[14],也有学者认为,水分并不影响有机质的形成与性质^[15]。将经过 60 d 培养后的油页岩中活性有机碳含量与温度(T)和水分 $W(\%)$ 之间的关系进行回归分析,方程见表 4。

表 3 在历时 60 d 的培养后各处理基质活性有机碳变化

Table 3 Active organic carbon in the tested oil-shale under different treatment conditions after 60-day cultivation

供试基质 Tested matrix	温度 Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	活性有机碳含量 Active organic carbon content (g/kg)		
		田间持水量 100% 100% field capacity	田间持水量 80% 80% field capacity	田间持水量 60% 60% field capacity
未洗盐 Unwashed-salt	20	17.25	17.27	16.99
	30	17.54	17.61	17.26
洗盐 Washed-salt	20	15.45	15.31	15.27
	30	15.57	15.68	15.78

表 4 活性有机碳含量与温度(T)和水分(W)之间的回归方程

Table 4 Regression equation of active organic carbon content with temperature(T)and water(W)

供试基质 Tested matrix	回归方程 Regression equation	R^2
未洗盐 Unwashed-salt	$y_1=16.1300+0.0260T+0.5500W+0.0500TW$	0.8241
洗盐 Washed-salt	$y_2=12.7567+0.1113T+2.4000W-0.0975TW$	0.9919*

注:表中*表示差异达到了显著($P<0.05$)。

Note: In table 4 the * means 5% significance.

从所得模型看出:在培养期间,两种不同供试油页岩活性有机碳含量与温度和水分之间均呈正相关关系,其中未洗盐油页岩活性有机碳含量与温度和水分间关系不显著($P=0.2519$),而洗盐后油页岩活性有机碳含量与温度和水分之间存在显著相关关系($P=0.0214$)。油页岩在长达 60 d 的培养过程中表现为有机碳持续分解、活性有机碳递增过程,证实其在基质栽培中应用将对于养分持续供给和维护作物根系生理活性等方面发挥重要作用。

2.3 不同水热条件对油页岩基质有机碳分解速率的影响

有机碳的分解速率将作为反映栽培基质中养分供应速率和强度的主要指标,其分解速率受微生物活性、底物的有效性、温度和水分条件共同决定。

在培养过程中供试油页岩基质有机碳含量变化动力学过程均符合一级反应方程(见表 5)。首先清楚地表现为温度对油页岩分解速率影响程度比水分的影响显著,如未洗盐基质在 T_2W_1 时分解速率常数最大,达到 $1.2\times10^{-3}/\text{d}$,比 T_1W_1 时分解速率常数增长了 50%,未洗盐基质在 20°C 时,不同水分之间(T_1W_1 和 T_1W_2)有机碳分解速率常数,均为 $0.8\times$

$10^{-3}/\text{d}$ 。

在培养条件下洗盐后的油页岩中有机碳分解速率常数普遍低于未洗盐基质,其分解速率常数介于 $0.5\times10^{-3}/\text{d}\sim0.7\times10^{-3}/\text{d}$ 之间,平均比未洗盐油页岩有机碳分解速率小一半左右。基质有机碳的分解速率常数与有机碳含量并无显著的相关性。洗盐后油页岩有机碳分解速率对温度和水分条件反映不够敏感。这些变化特征可以作为在栽培基质配置过程和营养管理制定时作为参考。

3 结 论

1) 无论经过了洗盐还是未经洗盐的油页岩在培养长达 60 d 的过程中,其有机碳的矿化分解均呈现以不同速率持续进行着,未曾出现过停滞的极值,有机碳的持续分解体现了油页岩在栽培基质中具有一定应用价值。

2) 油页岩基质在培养过程中不只是发生着有机碳总量的矿化递减过程,也发生着有机碳组成的变化,主要是活性有机碳递增过程,证实油页岩有机碳的降解活化将对于维持栽培基质中养分持续供给和维护作物根系生理活性具有极为重要的作用。

表 5 不同培养条件下基质有机碳分解一级反应方程拟合

Table 5 Simulation of matrix organic carbon decomposition by first—order reaction equation

供试基质 Tested matrix	培养条件 Cultivation condition	拟合参数 Simulation parameter		
		C_0	k	R^2
未洗盐 Unwashed-salt	T ₁ W ₁	272.8	0.8×10^{-3}	0.969
	T ₁ W ₂	273.1	0.8×10^{-3}	0.977
	T ₁ W ₃	273.5	0.6×10^{-3}	0.994
	T ₂ W ₁	270.5	1.2×10^{-3}	0.951
	T ₂ W ₂	271.3	1.1×10^{-3}	0.921
	T ₂ W ₃	271.1	0.9×10^{-3}	0.890
洗盐 Washed-salt	T ₁ W ₁	255.9	0.6×10^{-3}	0.908
	T ₁ W ₂	257.1	0.5×10^{-3}	0.961
	T ₁ W ₃	255.1	0.5×10^{-3}	0.714
	T ₂ W ₁	256.4	0.7×10^{-3}	0.931
	T ₂ W ₂	255.0	0.6×10^{-3}	0.852
	T ₂ W ₃	256.3	0.5×10^{-3}	0.920

3) 油页岩有机碳周转过程明显地受温度影响,其次是水分条件,洗盐抑制了油页岩有机碳周转速率。因此,油页岩在高温高湿设施栽培基质中应用时必须需要充分考虑其分解特征与转化条件,以便确定合理的油页岩用量和制定科学的营养管理方案。

参 考 文 献:

[1] 陈志勤. 陕西油页岩必须加快开发利用[J]. 西部大开发, 2006, (10): 9.

[2] 柳 蓉, 刘招君. 国内外油页岩资源现状及综合开发潜力分析[J]. 吉林大学学报, 2006, 36(6): 892—898.

[3] 何永光, 宋 岩. 油页岩的综合利用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2005, (1): 53—56.

[4] 徐顺福. 一种值得重复利用的资源——油页岩[J]. 炼油技术与工程, 2004, 34(3): 25—28.

[5] 孙 敏, 奥岩松. 几种固形物料的物理、化学性状及其栽培基质化评价[J]. 华北农学报, 2004, 19(1): 102—106.

[6] 陈振德. 几种常见的育苗基质主要特性的研究[J]. 土壤, 1997,

(2): 107—108.

[7] 陈振德. 蔬菜穴盘育苗基质的选配及其理化特性的研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(2): 192—197.

[8] 黄 云, 廖铁军, 欧国武, 等. 大棚蔬菜无土栽培固体基质筛选的研究[J]. 西北农业学报, 2002, 11(1): 87—91.

[9] 籍秀梅. 锯末基质发酵腐熟的理化性质及对辣椒幼苗生长发育影响[J]. 河北农业大学报, 2001, 35(1): 65—68.

[10] 文启孝. 土壤有机质研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1984.

[11] 袁可能. 土壤有机矿质复合体中腐殖质氧化稳定性的初步研究 I. 土壤有机矿质复合体中腐殖质氧化稳定性的初步研究[J]. 土壤学报, 1963, (3): 286—293.

[12] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[13] 沈 宏, 曹铁宏, 胡正义. 土壤活性有机碳的表征及其生态效应[J]. 生态学报, 1999, 18(3): 32—38.

[14] 肖辉林. 气候变化与土壤有机质的关系[J]. 土壤与环境, 1999, 8(4): 300—304.

[15] 程励励. 土壤条件对新形成土壤腐殖物质的影响[J]. 土壤, 1990, 22(1): 7—11.

Analysis of mineralization characters of oil shale organic carbon and feasibility of its application to culture matrix

WANG Yong-jian, FU Yao-long, WANG Yi-quan, YU Jian-bo, XU Hai, WANG Jin-gui, ZHANG Yu-lin
(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To explore mineralization decomposition process, components' change characteristics of organic carbon of oil shale and the role of environmental factors can provide adequate scientific basis for the feasibility and the value of oil shale in matrix application. With oil shale for culture matrix (or Medium), we studied organic carbon mineralization characteristics of the dynamic changes in the interior control conditions during the cultivation. We also discussed the influences of organic carbon mineralization under different temperature, water and salt washing conditions. The result showed that during the 60 d cultivation of the oil shale matrix, temperature increased by 10 degree Centigrade and it had

made the total mineralization increased by 2%~28% (100%FC), 2%~22% (80%FC) and 1%~15%(60% FC in the unwashed-salt matrix respectively and 2%~17% (100%FC), 1%~5% (80%FC) and 7%~14%60%FC) in the washed-salt matrix. Through regression analysis of the active organic matter content of the matrix, it was found that in the two kinds of tested oil shale matrix the active organic carbon content had positive correlation with both temperature and water; in unwashed-salt matrix, the active organic carbon content had no significant correlation with temperature or water, but there were significant correlation on washed-salt matrix ($P=0.0214$). The dynamics of oil shale matrix organic carbon mineralization preferably followed the first-order kinetics, and the most constant of the unwashed-salt matrix decomposition rate constant was $1.2\times10^{-3}/\text{d}$, while the washed-salt matrix was between $0.5\times10^{-3}/\text{d}\sim0.7\times10^{-3}/\text{d}$. During the 60-day period of oil shale cultivation experiment, the organic matter released slowly and the active organic matter content increased as time went on. It was proved that the matrix played an imperative function in supplying nutrients continuously to plant and maintaining roots physiological activity in substrate culture.

Keywords: temperature; water; oil shale matrix; organic carbon; field capacity

(上接第 126 页)

[8] Don Lamker. Precision agriculture-lessons learned[R]. Proceedings of international conference on engineering and technological sciences 2000, Beijing: New World Press, 2000;342-344.

[9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999.

[10] 白由路.基于 Arc/info 的土壤养分图的制作技术[A].精准农业与土壤养分管理[M].北京:中国大地出版社,2002.

[11] 陈立平.精准农业变量施肥理论与实践研究[D].北京:中国农业大学,2003.

[12] Oliver M A. Kriging: A method of interpolation for geographical information systems[J]. International Journal of Geographic Information Systems, 1990, 4(4):313-332.

[13] <http://cclab.caas.ac.cn/jrepository/articletext.jsp?id=591>.

³S-based large-scale soil nutrients mapping research

——Taking Wuzhong State Agro-Hi-Tech Zone as an example

WANG Fang¹, LI You-hong¹, MI Li-na², LIU Ru-liang¹

(1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Ningxia Academy of Agroforestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750004, China; 2. The Environmental Protection Bureau of Yinchuan, Yinchuan, Ningxia 750000, China)

Abstract: Taking Wuzhong State Agro-Hi-Tech Demonstration Zone as an example, this paper explained the large-scale soil nutrients mapping based on Quickbird image, Arcgis 9 desktop and DGPS, as well as necessary field and lab works. The approach followed DGPS-based field 100 m grid soil sampling, ASI soil testing, Quickbird-based field surveying for farmland and settlement boundary, and soil nutrients database, spatial interpolation and soil mapping. This ³S-based soil nutrients mapping approach, integrated into ArcGis geodatabase framework, was efficient and accurate. It facilitated greatly single and comprehensive nutrient assessment and fertilization recommendation.

Keywords: soil nutrient map; ArcGis; precision agriculture database