

## 课后作业 3

吴潇然 地理信息科学 2018011881

**Q3: 土壤的  $\delta^{13}\text{C}$  与植被的  $\delta^{13}\text{C}$  比谁更高?**

A3: 土壤的  $\delta^{13}\text{C}$  更高, 约高出 1‰。

呼吸作用对于 C 元素而言是有机物转化为  $\text{CO}_2$  的过程, 会发生动力学非平衡分馏, 即在化学反应过程中, 由于  $^{12}\text{C}$  比  $^{13}\text{C}$  的原子质量更轻,  $^{12}\text{C}$  更容易参与呼吸作用反应过程从而发生约 1‰的同位素分馏。若不考虑土壤呼吸(植物根呼吸和土壤微生物呼吸), 土壤中的 C 元素几乎全部来自于植物, 则土壤与植被的  $\delta^{13}\text{C}$  相等; 考虑土壤呼吸, 产物  $\text{CO}_2$  携带较多  $^{12}\text{C}$  逸出土壤, 土壤中的  $\delta^{13}\text{C}$  相对富集, 最终土壤的  $\delta^{13}\text{C}$  比植被的  $\delta^{13}\text{C}$  高约 1‰。

**Q4: 什么情况是厌氧条件?**

A4: 浅层土壤的水淹环境和深层土壤环境。

厌氧条件是指土壤中的氧气严重不足, 使得土壤呼吸(包括植物根呼吸和土壤微生物呼吸)难以发生, 有机物无法完全分解的环境。浅层土壤接近大气, 可获得氧气, 因此常产生厌氧条件的是水淹环境, 如沼泽、水稻土等。深层土壤由于距大气较远, 难以直接获得氧气, 也会形成厌氧条件。

**Q5: 甲烷氧化:  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  谁的  $\delta^{13}\text{C}$  更高?**

A5: 甲烷的  $\delta^{13}\text{C}$  更高。

甲烷的氧化过程是  $\text{CH}_4$  逐步转化为  $\text{CO}_2$ , 该过程会发生动力学非平衡分馏, 在化学反应过程中, 由于  $^{12}\text{C}$  比  $^{13}\text{C}$  的原子质量更轻,  $^{12}\text{C}$  更容易参与反应过程从而发生同位素分馏, 故  $^{13}\text{C}$  在反应物中富集, 甲烷的  $\delta^{13}\text{C}$  更高。

**Q6:  $T \uparrow \rightarrow C_i/C_a? \rightarrow \delta^{13}\text{C}_{\text{plant}}?$**

A6:  $C_i/C_a$  下降,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{plant}}$  上升。

$C_i$  是植物气孔中的  $\text{CO}_2$  浓度,  $C_a$  为大气中的  $\text{CO}_2$  浓度。随着温度升高, 植被为了减少水分散失, 会通过关闭气孔以降低蒸腾作用, 而时光合作用仍在消耗气孔内的  $\text{CO}_2$ , 且气孔得不到大气的补充, 因此  $C_i$  比低温时更低,  $C_a$  不变, 故  $C_i/C_a$  下降。根据公式:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{plant}} = \delta^{13}\text{C}_{\text{atm}} - a - (b - a)C_i/C_a$ ,  $a$  与  $b$  是经验定值, 当  $C_a$  不变时,  $C_i/C_a$  下降,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{plant}}$  上升。

**Q7: WUE 与  $\delta^{13}\text{C}_{\text{plant}}$  什么关系?**

A7: 正相关

WUE (water use efficiency) 是植物水分利用率, 是指蒸腾单位水分能固定的碳;  $\delta^{13}\text{C}_{\text{plant}}$  是植被中  $^{13}\text{C}$  含量。两者公式如下:

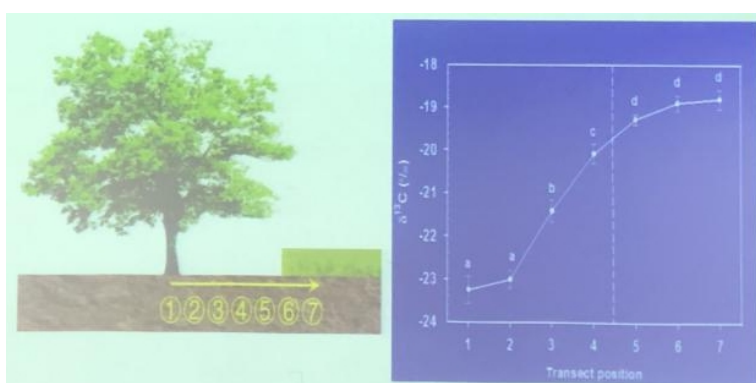
$$WUE = \frac{C_a(1 - C_i/C_a)}{(e_i - e_a)1.6}, \delta^{13}C_{\text{plant}} = \delta^{13}C_{\text{atm}} - a - (b - a)C_i/C_a$$

由公式可知， $C_a$  不变时，WUE 和  $\delta^{13}C_{\text{plant}}$  均与  $C_i/C_a$  呈负相关，因此在其他条件相同时，两者为正相关。

**Q8: 为什么  $\delta^{13}C_{\text{plant}}$  没变，但是 WUE 增加？**

A8: 根据公式  $WUE = C_a \times (29 + \delta^{13}C_{\text{plant}} - \delta^{13}C_{\text{atm}})/39.36$  可知，影响 WUE 的因子除了  $\delta^{13}C_{\text{plant}}$  还有  $C_a$ 、 $\delta^{13}C_{\text{atm}}$ ，因此在其他条件不变时， $C_a$  增加或  $\delta^{13}C_{\text{atm}}$  减小也会使 WUE 增加。

**Q9: 土壤  $\delta^{13}C$  从树干位置到外缘直到草地，逐渐增加，为什么？**



A9: C3 植物与 C4 植物有不同的固碳模式，C3 植物的 Rubisco 酶对  $^{12}C$  有显著的选择性，因此在相同环境下，C3 植物的  $\delta^{13}C$  会低于 C4 植物，通常木本植物是 C3 植物，草本植物是 C4 植物。从树干位置到外缘直到草地的空间路径上，可以理解为 C4 植被的凋落逐渐减少，C3 植被凋落物逐渐增加，由于土壤的 C 元素几乎都来自植被，因此当地土壤与表层植被的  $\delta^{13}C$  几乎相同，故在此方向上，土壤  $\delta^{13}C$  逐渐增加，且近似于 C3 植物  $\delta^{13}C$  到 C4 植物  $\delta^{13}C$  的过渡过程。

**Q10: 有研究者利用牧民手里的毛毡的  $\delta^{13}C$  研究当地几百年前的植被，请问可研究哪些问题？相关原理是什么？**

A10: 可以进行以下研究

(1) 毛毡测年

利用羊毛制成的毛毡保留有当时的  $^{14}C$ ，根据  $^{14}C$  的衰变周期可以对毛毡进行定年。

(2) 植被变化研究

C3 植被与 C4 植被的  $\delta^{13}C$  有差异，通过草→羊→毛毡的 C 元素传递路径，可以利用羊毛的  $\delta^{13}C$  推测所吃的草的类型，即当时的植被环境。

(3)  $CO_2$  历史变化研究

如能通过 (2) 推定当时植被的  $\delta^{13}C$ ，可以进一步根据公式  $\delta^{13}C_{\text{plant}} = \delta^{13}C_{\text{atm}} - a - (b - a)C_i/C_a$ ，在通过其他方式获得  $\delta^{13}C_{\text{atm}}$  或  $C_a$  中的一个量后推知另一个量。