



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108629128 A

(43)申请公布日 2018.10.09

(21)申请号 201810438414.0

(22)申请日 2018.05.09

(71)申请人 中国科学院南京土壤研究所
地址 210008 江苏省南京市玄武区北京东路71号

(72)发明人 彭新华 朱巧红 潘艳斌

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 唐循文

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006.01)

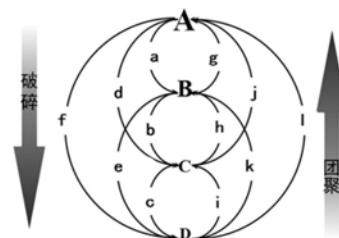
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种确定稀土元素示踪团聚体周转速率的方法

(57)摘要

一种确定稀土元素示踪团聚体周转速率的方法,把土壤过筛,分成4份;各份土壤之间使用不同的稀土元素的来标记;标记好的土壤平衡后烘干过筛,收集4个粒级团聚体;从每个稀土元素标记的团聚体中选取一个粒级,重新组合成新的土壤;新组合的土壤培养一定时间后,利用稀土元素质量守恒定律计算该时间段的团聚体周转速率。本发明不需要特殊仪器装备,回收率高,重现性好,操作方便。



4个粒级团聚体之间存在12种变化的路径。

1. 一种确定稀土元素示踪团聚体周转速率的方法,其特征在于步骤为:

第一步:把土壤过筛为<2mm样品,分成4份;

第二步:各份土壤之间使用不同的稀土元素的来标记:将稀土氧化物溶于水中,通过喷洒方式把稀土氧化物于土壤表面,一边喷洒一边混匀,用于标记的稀土元素浓度设置为不低于土壤背景值的20倍;

第三步:标记好的土壤放置4℃冰箱中平衡7天,使土壤与稀土氧化物充分接触,然后移至40℃烘箱中烘干24h,烘干后过5mm筛,再用Elliot's方法湿筛,收集>2mm、0.25-2mm、0.053-0.25mm、<0.053mm四个粒级团聚体,对应的粒级分别记为A、B、C和D;

第四步:从每个稀土元素标记的团聚体中选取一个粒级,重新组合成新的土壤,在这个新组合的土壤中,不同粒级团聚体由不同稀土元素标记,利用标记的团聚体组合而成的土壤,通过计算稀土元素示踪团聚体周转速率,开展团聚体形成与破碎过程的研究,具体为:

粒径由大到小和由小到大,共存在12条各级团聚体周转路径,分别记为a-f 6种破碎方向的路径和g-l 6种形成方向的路径,周转起始时间 t_1 到周转终止时间 t_2 ,各团聚体的变化用转移矩阵 $K(t_2-t_1)$ 表示,如式1所示:

$$K(t_2-t_1) = \begin{bmatrix} 1-a-d-f & g & j & l \\ a & 1-g-b-e & h & k \\ d & b & 1-j-h-c & i \\ f & e & c & 1-l-k-i \end{bmatrix} \quad (1)$$

字母a-l均为各级团聚体迁移的比例,粒级A、B、C和D在时间 t_1 和 t_2 的重量比例分别为: $A(t_1)$ 表示粒级A在 t_1 时刻的重量比例, $B(t_1)$ 表示粒级B在 t_1 时刻的重量比例, $C(t_1)$ 表示粒级C在 t_1 时刻的重量比例, $D(t_1)$ 表示粒级D在 t_1 时刻的重量比例, $S(t_1)$ 分别对应A、B、C和D的 t_1 时刻重量比例,如式2所示; $A(t_2)$ 表示粒级A在 t_2 时刻的重量比例, $B(t_2)$ 表示粒级B在 t_2 时刻的重量比例, $C(t_2)$ 表示粒级C在 t_2 时刻的重量比例, $D(t_2)$ 表示粒级D在 t_2 时刻的重量比例, $S(t_2)$ 分别对应A、B、C和D的 t_2 时刻重量比例,如式3所示:

$$S(t_1) = \begin{bmatrix} A(t_1) \\ B(t_1) \\ C(t_1) \\ D(t_1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$S(t_2) = \begin{bmatrix} A(t_2) \\ B(t_2) \\ C(t_2) \\ D(t_2) \end{bmatrix} \quad (3)$$

土壤通过一定时间(t_2-t_1)后,各粒级团聚体发生了变化,即时间 t_1 的土壤各粒级团聚体含量 $S(t_1)$ 经过 $K(t_2-t_1)$ 的转换变化,获得时间 t_2 的土壤各粒级团聚体含量 $S(t_2)$,这一关系用公式4来表征:

$$S(t_2) = K(t_2-t_1) S(t_1) \quad (4)$$

团聚体粒级A、B、C和D的周转速率TR分别为:

$$TR(A) = \frac{|a_{t_1}+d_{t_1}+f_{t_1}-(a_{t_2}+d_{t_2}+f_{t_2})|}{t_2-t_1} \quad (5)$$

$$\text{TR(B)} = \frac{|g_{t_1} + b_{t_1} + e_{t_1} - (g_{t_2} + b_{t_2} + e_{t_2})|}{t_2 - t_1} \quad (6)$$

$$\text{TR(C)} = \frac{|j_{t_1} + h_{t_1} + c_{t_1} - (j_{t_2} + h_{t_2} + c_{t_2})|}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

$$\text{TR(D)} = \frac{|l_{t_1} + k_{t_1} + i_{t_1} - (l_{t_2} + k_{t_2} + i_{t_2})|}{t_2 - t_1} \quad (8)$$

式5-8中字母a-1均为各级团聚体迁移的比例,下标 t_1 和 t_2 分别表示两个不同时刻。

2. 根据权利要求1所述一种确定稀土元素示踪团聚体周转速度的方法,其特征在于用于标记的稀土元素浓度设置为 $500\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3. 根据权利要求1所述一种确定稀土元素示踪团聚体周转速度的方法,其特征在于所述步骤二为:首先将 La_2O_3 、 Sm_2O_3 、 Gd_2O_3 和 Nd_2O_3 与蒸馏水混合,然后利用涡旋仪充分混匀,制成悬浊液,把悬浊液喷洒在 $<2\text{mm}$ 土壤中,并使土壤颗粒与稀土氧化物充分均匀接触。

一种确定稀土元素示踪团聚体周转速率的方法

技术领域

[0001] 本发明技术应用于实验室和田间开展团聚体形成过程的研究,特别是从事土壤结构改良,定向培育土壤地力有重要作用。

背景技术

[0002] 土壤结构是土壤肥力的物质基础,反映土壤水分和养分储存和运输的能力。同时,土壤结构也是根系、土壤动物和微生物等土壤生物的活动场所。良好的土壤结构有利于水肥高效利用和作物生长,并提高了土壤抗侵蚀能力。土壤结构阻碍微生物对有机质的分解,对有机碳具有物理保护作用,成为土壤固碳重要机制之一。因此,在保障粮食安全,防治土壤侵蚀,应对全球变化等方面,土壤结构发挥重要作用,其形成稳定机制与功能的研究日益受到重视。

[0003] 团聚体是土壤结构的核心单元,促进团粒结构形成一直为土壤学研究热点。团聚体形成主要包括土壤动物、根系、微生物和有机质等生物因素和粘土矿物、三氧化物和钙镁阳离子等非生物因素;团聚体破碎主要受耕作、干湿交替和冻融交替等外部环境因素的影响。因此,团聚体形成与破碎过程涉及土壤固碳、肥力和抗蚀等功能,是土壤学重要过程之一,对粮食安全保障与生态环境保护有重要意义。

[0004] 然而,在过去几十年里,由于缺乏合适的示踪技术,团聚体周转研究一直没有突破,也无法建立团粒结构定向培育理论体系。

发明内容

[0005] 解决的技术问题:针对上述技术空白,本发明提供一种团聚体周转速率的计算方法,通过稀土元素示踪团聚体周转技术,可追踪团聚体形成与破碎过程。

[0006] 技术方案:一种确定稀土元素示踪团聚体周转速率的方法,步骤为:

[0007] 第一步:把土壤过筛为 $<2\text{mm}$ 样品,分成4份;

[0008] 第二步:各份土壤之间使用不同的稀土元素的来标记:将稀土氧化物溶于水中,通过喷洒方式把稀土氧化物于土壤表面,一边喷洒一边混匀,用于标记的稀土元素浓度设置为不低于土壤背景值的20倍;

[0009] 第三步:标记好的土壤放置 4°C 冰箱中平衡7天,使土壤与稀土氧化物充分接触,然后移至 40°C 烘箱中烘干24h,烘干后过 5mm 筛,再用Elliot's方法湿筛,收集 $>2\text{mm}$ 、 $0.25\text{--}2\text{mm}$ 、 $0.053\text{--}0.25\text{mm}$ 、 $<0.053\text{mm}$ 四个粒级团聚体,对应的粒级分别记为A、B、C和D;

[0010] 第四步:从每个稀土元素标记的团聚体中选取一个粒级,重新组合成新的土壤,在这个新组合的土壤中,不同粒级团聚体由不同稀土元素标记,利用标记的团聚体组合而成的土壤,通过计算稀土元素示踪团聚体周转速率,开展团聚体形成与破碎过程的研究,具体为:

[0011] 粒径由大到小和由小到大,共存在12条各级团聚体周转路径,分别记为a-f 6种破碎方向的路径和g-l 6种形成方向的路径,周转起始时间 t_1 到周转终止时间 t_2 ,各团聚体的

变化用转移矩阵 $K(t_2-t_1)$ 表示,如式1所示:

[0012]

$$K(t_2 - t_1) = \begin{bmatrix} 1 - a - d - f & g & j & l \\ a & 1 - g - b - e & h & k \\ d & b & 1 - j - h - c & i \\ f & e & c & 1 - l - k - i \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0013] 字母a-1均为各级团聚体迁移的比例,粒级A、B、C和D在时间 t_1 和 t_2 的重量比例分别为: $A(t_1)$ 表示粒级A在 t_1 时刻的重量比例, $B(t_1)$ 表示粒级B在 t_1 时刻的重量比例, $C(t_1)$ 表示粒级C在 t_1 时刻的重量比例, $D(t_1)$ 表示粒级D在 t_1 时刻的重量比例, $S(t_1)$ 分别对应A、B、C和D的 t_1 时刻重量比例,如式2所示; $A(t_2)$ 表示粒级A在 t_2 时刻的重量比例, $B(t_2)$ 表示粒级B在 t_2 时刻的重量比例, $C(t_2)$ 表示粒级C在 t_2 时刻的重量比例, $D(t_2)$ 表示粒级D在 t_2 时刻的重量比例, $S(t_2)$ 分别对应A、B、C和D的 t_2 时刻重量比例,如式3所示:

[0014]

$$S(t_1) = \begin{bmatrix} A(t_1) \\ B(t_1) \\ C(t_1) \\ D(t_1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0015]

$$S(t_2) = \begin{bmatrix} A(t_2) \\ B(t_2) \\ C(t_2) \\ D(t_2) \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0016] 土壤通过一定时间 (t_2-t_1) 后,各粒级团聚体发生了变化,即时间 t_1 的土壤各粒级团聚体含量 $S(t_1)$ 经过 $K(t_2-t_1)$ 的转换变化,获得时间 t_2 的土壤各粒级团聚体含量 $S(t_2)$,这一关系用公式4来表征:

$$S(t_2) = K(t_2-t_1) S(t_1) \quad (4)$$

[0018] 团聚体粒级A、B、C和D的周转速率TR分别为:

[0019]

$$TR(A) = \frac{|a_{t_1} + d_{t_1} + f_{t_1} - (a_{t_2} + d_{t_2} + f_{t_2})|}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

[0020]

$$TR(B) = \frac{|g_{t_1} + b_{t_1} + e_{t_1} - (g_{t_2} + b_{t_2} + e_{t_2})|}{t_2 - t_1} \quad (6)$$

[0021]

$$TR(C) = \frac{|j_{t_1} + h_{t_1} + c_{t_1} - (j_{t_2} + h_{t_2} + c_{t_2})|}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

[0022]

$$TR(D) = \frac{|l_{t_1} + k_{t_1} + i_{t_1} - (l_{t_2} + k_{t_2} + i_{t_2})|}{t_2 - t_1} \quad (8)$$

[0023] 式5-8中字母a-1均为各级团聚体迁移的比例,下标 t_1 和 t_2 分别表示两个不同时刻。

[0024] 优选的,上述用于标记的稀土元素浓度设置为 $500\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

[0025] 优选的,所述步骤二为:首先将 La_2O_3 、 Sm_2O_3 、 Gd_2O_3 和 Nd_2O_3 与蒸馏水混合,然后利用涡旋仪充分混匀,制成悬浊液,把悬浊液喷洒在 $<2\text{mm}$ 土壤中,并使土壤颗粒与稀土氧化物充分均匀接触。

[0026] 有益效果:本发明不需要特殊仪器装备,回收率高,重现性好,操作方便。

附图说明

[0027] 图1为稀土元素标记团聚体的过程示意图;

[0028] 图2.培养前后团聚体周转路径及其比例(%)图。

具体实施方式

[0029] 实施例1

[0030] 为了验证该技术,以发育于第四纪红黏土的红壤为例:

[0031] 表1:稀土元素在各粒级团聚体中的浓度分布(mg kg^{-1})

团聚体粒级	重复 1	重复 2	重复 3	均值±标准差
>2 mm	350	348	356	351±5
[0032] 0.25-2 mm	355	340	377	364±11
0.053-0.25 mm	390	340	333	369±36
<0.053 mm	380	429	450	419±36

[0033] 注:表中数据为均值±标准差。

[0034] 表2稀土元素的回收率

	湿混法	
	回收率 (%)	浓度 (mg kg^{-1})
[0035] 标记过程	70±4	350±37
湿筛过程	105±3	366±27

[0036] 注:表中数据为均值±标准差。

[0037] 团聚体周转路径与周转时间的计算

[0038] 通过湿筛,团聚体可以分为四级,其中:A为 $>2\text{mm}$ 大团聚体;B为 $2-0.25\text{mm}$ 小团聚体;C为 $0.25-0.053\text{mm}$ 微团聚体;D为 $<0.053\text{mm}$ 粉粘粒级团聚体。存在12条各级团聚体周转路径,分别为a-f 6种破碎方向的路径和g-l 6种形成方向的路径。时间 t_1 到 t_2 各团聚体的变化可以用转移矩阵 $K(t_2-t_1)$ 表示,如式1所示。

[0039]

$$K(t_2 - t_1) = \begin{bmatrix} 1 - a - d - f & g & j & l \\ a & 1 - g - b - e & h & k \\ d & b & 1 - j - h - c & i \\ f & e & c & 1 - l - k - i \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0040] 字母a-l均为各级团聚体迁移的比例。粒级A、B、C和D在时间 t_1 和 t_2 的重量比例分别为: $A(t_1)$ 表示粒级A在 t_1 时刻的重量比例, $B(t_1)$ 表示粒级B在 t_1 时刻的重量比例, $C(t_1)$ 表示粒级C在 t_1 时刻的重量比例, $D(t_1)$ 表示粒级D在 t_1 时刻的重量比例, $S(t_1)$ 分别对应A、B、C和D

的 t_1 时刻重量比例,如式2所示; $A(t_2)$ 表示粒级A在 t_2 时刻的重量比例, $B(t_2)$ 表示粒级B在 t_2 时刻的重量比例, $C(t_2)$ 表示粒级C在 t_2 时刻的重量比例, $D(t_2)$ 表示粒级D在 t_2 时刻的重量比例, $S(t_2)$ 分别对应A、B、C和D的 t_2 时刻重量比例,如式3所示:

[0041]

$$S(t_1) = \begin{bmatrix} A(t_1) \\ B(t_1) \\ C(t_1) \\ D(t_1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0042]

$$S(t_2) = \begin{bmatrix} A(t_2) \\ B(t_2) \\ C(t_2) \\ D(t_2) \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0043] 土壤通过一定时间(t_2-t_1)后,各粒级团聚体发生了变化,即时间 t_1 的土壤各粒级团聚体含量 $s(t_1)$ 经过 $K(t_2-t_1)$ 的转换变化,获得时间 t_2 的土壤各粒级团聚体含量 $s(t_2)$ 。这一关系可以用公式4来表征:

$$[0044] \quad S(t_2) = K(t_2-t_1) S(t_1) \quad (4)$$

[0045] 团聚体粒级A、B、C和D的周转速率TR分别为:

[0046]

$$TR(A) = \frac{|a_{t_1}+d_{t_1}+f_{t_1}-(a_{t_2}+d_{t_2}+f_{t_2})|}{t_2-t_1} \quad (5)$$

[0047]

$$TR(B) = \frac{|g_{t_1}+b_{t_1}+e_{t_1}-(g_{t_2}+b_{t_2}+e_{t_2})|}{t_2-t_1} \quad (6)$$

[0048]

$$TR(C) = \frac{|j_{t_1}+h_{t_1}+c_{t_1}-(j_{t_2}+h_{t_2}+c_{t_2})|}{t_2-t_1} \quad (7)$$

[0049]

$$TR(D) = \frac{|l_{t_1}+k_{t_1}+i_{t_1}-(l_{t_2}+k_{t_2}+i_{t_2})|}{t_2-t_1} \quad (8)$$

[0050] 式5-8中字母a-1均为各级团聚体迁移的比例,下标 t_1 和 t_2 分别表示两个不同时间。

[0051] 为了验证该技术,以发育于第四纪红黏土的红壤为例:

[0052] 表3标记后各团聚体粒级比例、稀土元素浓度及其含量

[0053]

团聚体粒级	团聚体比例 (%)	标记稀土元素	稀土元素标记浓度 (mg/kg)	稀土元素含量 (mg/100 kg 土)
2-5 mm	7.7	Gd	337	2595
0.25-2 mm	29.8	La	342	10183
0.053-0.25 mm	52.8	Sm	425	22439
<0.053 mm	9.7	Nd	577	5600

[0054] 表4混匀后且培养前(记为时间 t_1)各团聚体粒级比例和稀土元素浓度

[0055]

团聚体粒级	团聚体比例 (%)	Gd (mg/kg)	La (mg/kg)	Sm (mg/kg)	Nd (mg/kg)
2-5 mm	1.7	232.1	15.0	16.1	11.5
0.25-2 mm	24.7	36.5	190.6	74.7	23.3
0.053-0.25 mm	43.6	20.1	58.3	252.1	27.4
<0.053 mm	30.0	13.4	84.4	247.8	98.7

[0056] 表5培养7天后(记为时间 t_2)各团聚体粒级比例和稀土元素浓度

[0057]

团聚体粒级	团聚体比例 (%)	Gd (mg/kg)	La (mg/kg)	Sm (mg/kg)	Nd (mg/kg)
2-5 mm	3.8	140.4	51.5	98.7	36.7
0.25-2 mm	14.3	56.7	110.5	140.7	47.5
0.053-0.25 mm	48.0	17.0	82.0	178.4	35.7
<0.053 mm	33.9	11.4	106.2	250.5	63.4

[0058] 根据表3、4和5,可计算各粒级某个稀土元素含量占某个稀土元素含量的比例,计算过程如下:

[0059] 培养前(记为 t_1 时间)各粒级团聚体的转移矩阵:

[0060] $a_{t1} = (24.7 \times 36.5) / 2595 \times 100 = 34.7\%$

[0061] $b_{t1} = (43.6 \times 58.3) / 10183 \times 100 = 25.0\%$

[0062] $c_{t1} = (30 \times 247.8) / 22439 \times 100 = 33.1\%$

[0063] $d_{t1} = (43.6 \times 20.1) / 2595 \times 100 = 33.8\%$

[0064] $e_{t1} = (30 \times 84.4) / 10183 \times 100 = 24.9\%$

[0065] $f_{t1} = (30 \times 13.4) / 2595 \times 100 = 15.5\%$

[0066] $g_{t1} = (1.7 \times 15) / 10183 \times 100 = 0.3\%$

[0067] $h_{t1} = (24.7 \times 74.7) / 22439 \times 100 = 8.2\%$

[0068] $i_{t1} = (43.6 \times 27.4) / 5600 \times 100 = 21.3\%$

[0069] $j_{t1} = (1.7 \times 16.1) / 22439 \times 100 = 0.1\%$

[0070] $k_{t1} = (24.7 \times 23.3) / 5600 \times 100 = 10.3\%$

[0071] $l_{t1} = (1.7 \times 11.5) / 5600 \times 100 = 0.3\%$

[0072] 培养7天(记为t2时间)各粒级团聚体的转移矩阵:

[0073] $a_{t2} = (14.3 \times 56.7) / 2595 \times 100 = 31.2\%$

[0074] $b_{t2} = (48 \times 82) / 10183 \times 100 = 38.7\%$

[0075] $c_{t2} = (33.9 \times 250.5) / 22439 \times 100 = 37.8\%$

[0076] $d_{t2} = (48 \times 17) / 2595 \times 100 = 31.4\%$

[0077] $e_{t2} = (33.9 \times 106.2) / 10183 \times 100 = 35.4\%$

[0078] $f_{t2} = (33.9 \times 11.4) / 2595 \times 100 = 14.9\%$

[0079] $g_{t2} = (3.8 \times 51.5) / 10183 \times 100 = 1.9\%$

[0080] $h_{t2} = (14.3 \times 140.7) / 22439 \times 100 = 9.0\%$

[0081] $i_{t2} = (48 \times 35.7) / 5600 \times 100 = 30.6\%$

[0082] $j_{t2} = (3.8 \times 98.7) / 22439 \times 100 = 1.7\%$

[0083] $k_{t2} = (14.3 \times 47.5) / 5600 \times 100 = 12.1\%$

[0084] $l_{t2} = (3.8 \times 36.7) / 5600 \times 100 = 2.5\%$

[0085] 培养0天和7天的团聚体周转矩阵即图2所示。根据0天和7天团聚体周转矩阵,公式5-8分别获得7天培养中A、B、C和D粒级的周转速率(day^{-1}):

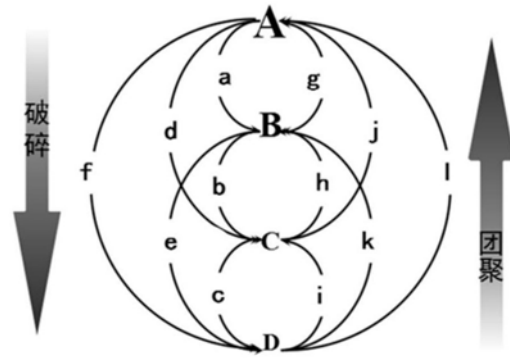
[0086] $TR(A) = \frac{|0.347+0.338+0.115 - (0.312+0.314+0.149)|}{7} = 0.0092$

[0087] $TR(B) = \frac{|0.003+0.25+0.249 - (0.019+0.387+0.354)|}{7} = 0.0369$

[0088] $TR(C) = \frac{|0.001+0.082+0.331 - (0.017+0.09+0.378)|}{7} = 0.0100$

[0089] $TR(D) = \frac{|0.003+0.103+0.213 - (0.025+0.121+0.306)|}{7} = 0.0189$

[0090] 本发明并不局限于前述的具体实施方式。本发明扩展到任何在本说明书中披露的新特征或任何新的组合,以及披露的任一新的方法或过程的步骤或任何新的组合。



4个粒级团聚体之间存在12种变化的路径。

图1

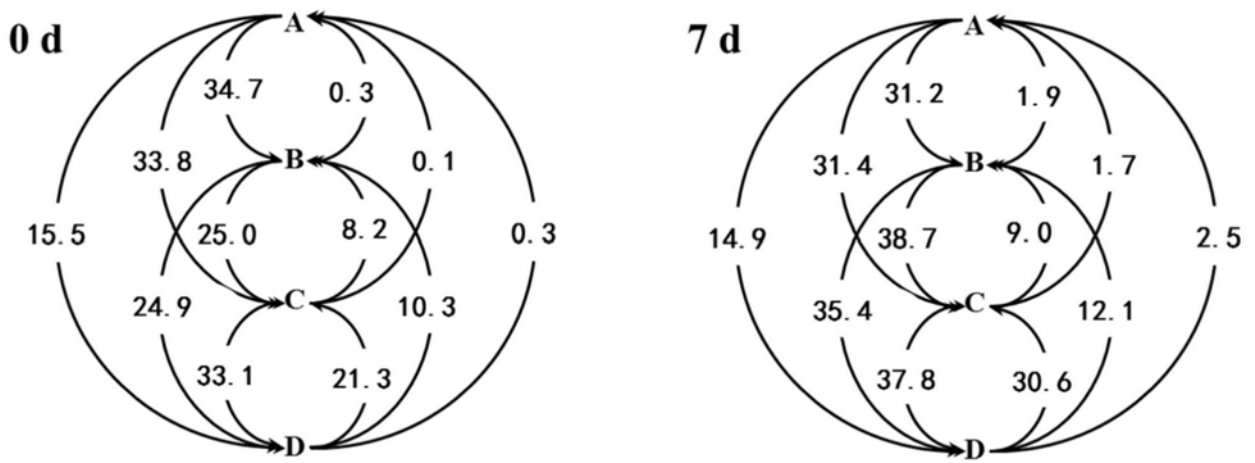


图2