

关于草原生态系统中养分循环的计算

张小川 蔡蔚祺 徐 琪

(中国科学院南京土壤所)

摘 要

本文依据植物生态学的某些原理,参照文献中有关草原生态系统中营养物质循环的工作方法,提出了计算草原生态系统中养分循环的8个公式,以及公式中涉及到的系统中立枯凋落物归还量、残落物消失量、从活根向死根的年转移量和地下根系的降解速率等的计算公式。文章用循环图表示养分在草原生态系统中的循环。

目前,关于草原生态系统中物质循环的研究,主要应用了分室模型理论来研究^[1-5],并进而用数学模型来模拟这些过程^[6,7]。

干旱、半干旱草原区,营养元素输入(主要是降雨)和输出(主要是流失和挥发)生态系统的数量较小,并基本相抵,可以认为,营养元素在土壤—植物之间的循环是自然草原生态系统中物质循环的主要过程。

可以把草原生态系统划分成六个库(或分室):地上植物活体、立枯、残落物(凋落物)、地下活根、死根和土壤库等。有了关于草原生态系统植物地上部分年生产力、地下部分最大生物量及其周转率、植物体中元素浓度百分数等资料后,便可以着手计算养分循环了。我们在研究草原生态系统中养分循环时,逐步形成了下述计算方法。

地上、地下部分植物体对土壤养分的吸收为循环过程的第一步:

地上部分对土壤中元素年净吸收量($g \cdot m^{-2}$) = 群落地上部分最大生物量 ($g \cdot m^{-2}$) × 植物活体中元素的浓度(%) = 元素在群落地上部分活体中的最大含量($g \cdot m^{-2}$)^[1-4]……(1)

地下部分对土壤中元素的年净吸收量($g \cdot m^{-2}$) = 根系最大生物量 ($g \cdot m^{-2}$) × 根系周转率 × 根系中元素的平均浓度(%) = 根系中元素的最大含量 ($g \cdot m^{-2}$) × 根系周转率^[1-4]……(2)

地上植物体吸收营养元素后,紧接着的循环过程便是养分元素从地上植物活体向立枯和凋落物转移,最终回归土壤库。为了计算元素从地上活体向立枯和凋落物转移及残落物向土壤的归还量,需知道立枯向凋落物的年归还量及地表残落物的年消失量。因为第一年地上部分活体将在生长季节末全部枯死成为立枯,在同一地点经二次(间隔一年)调查,记录样方(可为 $1 m^2$)内立枯和残落物的量,则:

立枯向凋落物年归还量(L, $g \cdot m^{-2}$) = 第一年地上植物群落活体生物量(季节末) + 第一年测定时立枯量 - 第二年同时期立枯量^[3,4]……(A)

残落物年消失量(LD, $g \cdot m^{-2}$) = L + 第一年地上残落物量 - 第二年同时期残落物量……(B)

因已假定地上部分植物体在生长季节末全部转变成立枯^[3],故:

元素从地上活体向立枯的转移量($g \cdot m^{-2}$) = 生长季节末地上部分生物量 × 该时植物体中元素浓度(%) = 生长季节末地上部分中元素含量($g \cdot m^{-2}$)^[3]……(3)

从L和LD的值可计算:

元素从立枯向凋落物的年转移量 ($g \cdot m^{-2}$) = L × 第一年和第二年立枯中元素浓度平均值 (%) [3,4] (4)

元素从残落物向土壤年归还量 ($g \cdot m^{-2}$) = LD × 残落物中元素浓度平均值 (%) [3,4] (5)

营养元素除向立枯和残落物转移外,地上活体中元素也可在植物生理机制控制下,在枯死前向地下根系转移。当然大部分金属元素是不向下转移的,而氮的这种途径的转移可能比较显著[8]。如把从植物体中养分的淋失忽略不计,则有下面关系式:

元素从地上部分向地下部分的转移量 ($g \cdot m^{-2}$) = 地上部分植物活体中元素最大含量 ($g \cdot m^{-2}$) - 生长季节末地上部分活体中元素含量 ($g \cdot m^{-2}$) (6)

最后,我们再讨论一下营养元素在地下植物体中的循环的计算。在草原植物生长季节经多次测定地下根系的生物量,将测定值中的最大值减去最小值,即得根系生物量的年净增加量,由于对地下部分生物量的测定存在许多困难[9],所测得的生物量包括了死根和活根的生物量。以根系生物量的年净增加量除以地下部分最大生物量便是根系的周转值[9]。此值年度之间有变动,须经多年测定求得平均值。

假定根系最大生物量中70%为活根,其余部分为死根[1,9],则从根系最大生物量可得到活根和死根的量。如果第一年根系最大生物量中活根生物量为 X_1 ($g \cdot m^{-2}$, 下同),死根生物量为 Y_1 ; 第二年根系最大生物量中活根生物量为 X_2 ,死根量为 Y_2 。则考虑一下地下根系在活根转变为死根,死根分解后元素归还土壤及根系吸收元素生物量增加之间的复杂关系,近似的有以下关系式:

$$\begin{cases} Y_1 - \frac{Y_1 + Y_2}{2} \times 365D + R - \frac{R}{2} \times 365D = Y_2 \\ X_2 - X_1 + R = RP \end{cases}$$

其中D为死根系的分解速率 ($g \cdot g^{-1} \cdot day^{-1}$), R为从活根向死根系生物量的年转移量, RP 为地下部分生物量的年净增加量,即年净生产力。也就是说第一次测定时死根生物量,加上与第二次测定期间死根系的新增加量 (R), 减去此期间死根系的消失量 [$(Y_1 + Y_2 + R)/2 \times 365D$], 应该等于第二次测定时死根系的生物量; 根系的年净生产力除了两次测定之间活根生物量的净增加 ($X_2 - X_1$) 外, 还应包括一年内从活根向死根的转移量 (R)。由此得出:

$$\begin{cases} R = RP + X_1 - X_2 \dots\dots\dots (C) \\ D = \frac{2(Y_1 - Y_2 + R)}{365(Y_1 + Y_2) + 365R} \dots\dots\dots (D) \end{cases}$$

我们通过公式计算得到内蒙古锡林河流域典型干草原区,根系在地下的分解速率,基本和实测结果相符。利用上面两公式可以计算:

元素从活根向死根的年转移量 ($g \cdot m^{-2}$) = R × 根系中元素平均浓度 (%) (7)

元素从死根向土壤的年转移量
 $(g \cdot m^{-2}) = \frac{(Y_1 + Y_2 + R) \times 365 \times D}{2}$

× 根系中元素平均浓度 (%) (8)

(下转第162页)

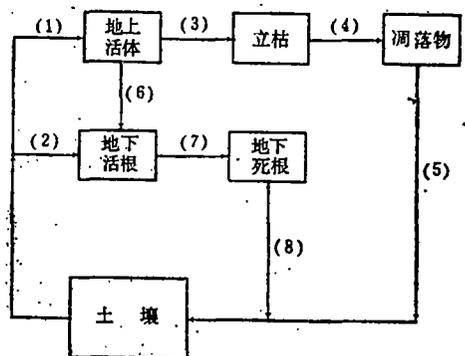


图1 草原生态系统中营养元素循环图 (括号内各数字为计算公式编号)

参 考 文 献

- [1] USDA Soil Survey Staff, Soil Taxonomy, Castle House Publications Ltd., 1975.
- [2] Smith, G. D., Rationale for Concepts in Soil Taxonomy, p. 118, SMSS /SCS USDA, 1986.
- [3] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类基金课题组, 中国土壤系统分类(二稿), 土壤学进展, 土壤系统分类研讨会特刊, 76—79页, 1987.
- [4] 陈天祚, 福建古田站水面蒸发计算方法的探讨, 地理研究, 2(2), 66—66页, 1983.
- [5] Ikawa, H. and Kourouma, L., Soil Taxonomy Review and Use in the Asian and Pacific Region. pp. 121—125. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, Taipei, 1985.
- [6] 斯特拉勒, A. N., 斯特拉勒, A. H. 著(中译本), 现代自然地理学, 226页, 科学出版社, 1983.

(上接第159页)

至此,我们就完成了营养元素在植被系统各分室间循环的数量关系计算,从而可以勾绘出营养元素的循环图(见图1),借以形象地表示元素的循环过程^[2,4,5]。

以上提供的计算营养元素在草原生态系统中循环和流动的数量关系的方法,有助人们了解各循环途径在生态系统物质循环中所起作用的相对大小,和评价生态系统的功能特点。营养物质循环的研究,是生态学研究的重要内容之一,受到许多学科领域中研究人员的重视,在土壤学研究,尤其是在土壤发生、成土过程和土壤地球化学研究中,也有其不可忽视的地位。

参 考 文 献

- [1] Woodmansee, R. G. and D. A. Duncan, Ecology, (61) 4: 893-904. 1980.
- [2] Mishra, L. C., Plant and Soil, 53(3) 361-371, 1979.
- [3] Risser, P. G. et al, Ecology, 63(5) 1342-1351, 1982.
- [4] Bokhari, U. G. and J. S. Singh, Annals of Botany, 39 (160) 273-285, 1975.
- [5] Tiwari, S. C., J. of the Indian Soc. of Soil Sci. 33(3) 550-560, 1985.
- [6] Cole, C. V. et al, Ecology, 58(1) 1-15, 1977.
- [7] Reuss, J. O. et al, Ecology, 58(2) 379-388, 1977.
- [8] Morton, A. J., J. of Ecology, 65(3) 993-999, 1977.
- [9] S.B. 查普曼等(阳含熙等译), 植物生态学的方法。科学出版社, 1980.