

Minerva Access is the Institutional Repository of The University of Melbourne

Author/s:

Cui, X;Chen, S;Chen, Z

Title:

CO₂ release from typical *stipa grandis* grassland soil

Date:

2000-01-01

Citation:

Cui, X., Chen, S. & Chen, Z. (2000). CO₂ release from typical *stipa grandis* grassland soil. Chinese Journal of Applied Ecology, 11 (3), pp.390-394

Persistent Link:

<https://hdl.handle.net/11343/354544>

大针茅典型草原土壤 CO₂ 排放规律的研究^{*}

崔骁勇^{**} 陈四清 陈佐忠 (中国科学院植物研究所, 北京 100093)

【摘要】 采用静态室/碱吸收法研究了内蒙古大针茅典型草原土壤呼吸的时空动态. 大针茅群落地上部和地下部生物量的时空变异不同步, 用地上部生物量不能很好地预测群落的根系量. 群落土壤呼吸具有明显的时空动态, 控制群落土壤呼吸空间变异与时间变异的因子是不同的. 土壤呼吸的季节变化与地上部生物量及土壤水分状况关系密切. 根据大针茅群落分别计算了大针茅群落 1995、1997 和 1998 年的年 CO₂ 排放总量, 分别为 180、45.8 和 225 gC·m⁻²·a⁻¹, 年际变异很大. 过度放牧大大降低了群落的生物量, 也降低了土壤 CO₂ 排放量. 讨论了建立以降水量为驱动因子的草地群落土壤呼吸动态模型的可能性.

关键词 草地 大针茅 土壤呼吸 模型

CO₂ release from typical *Stipa grandis* grassland soil. CUI Xiaoyong, CHEN Siqing and CHEN Zuozhong (Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093). -Chin. J. Appl. Ecol., 2000, 11(3): 390~394.

Determinations on the soil respiration in a typical *Stipa grandis* grassland of Inner Mongollica by the method of static chamber/alkaline absorbing show that there existed great spatial and temporal variances of soil respiration, and the factors controlling these variances were different. The seasonal variance of soil respiration had a close relationship with the aboveground biomass of *S. grandis* and the status of soil moisture. The total amount of annual CO₂ release in 1995, 1997 and 1998 was estimated as 180, 45.8 and 225 gC·m⁻²·yr⁻¹, respectively. Overgrazing greatly decreased the biomass of the community, and also decreased the CO₂ release from the soil. The possibility of establishing a dynamic model of soil respiration in grassland with precipitation as a driven factor was discussed.

Key words Grassland, *Stipa grandis*, Soil respiration, Model.

1 引言

碳素循环是生态系统最重要的物质循环过程之一, 而且与系统的能量流动过程紧密关联, 因此一直是生态系统结构和功能研究的核心. 尤其是近年来全球变化生态学的兴起, 人们在密切关注大气 CO₂ 浓度升高及其带来的巨大影响的同时, 也对陆地和海洋生态系统碳素循环过程与特征进行着越来越深入的探讨^[16, 17]. 土壤呼吸是陆地生态系统碳素循环的主要环节, 也是人类活动影响大气 CO₂ 浓度升高的关键生态学过程^[13]. 目前的研究集中在森林和农田生态系统, 草地研究较少, 且主要分布在北美和印度的湿润草地, 而在干旱和半干旱的温带典型草原区的工作十分缺乏^[9, 18]. 典型草原区面积很大, 是全球变化敏感地区^[11], 又是受人类影响最严重的区域之一, 其碳素绝大部分分布在土壤中, 因此土壤呼吸过程就显得更为重要^[3, 12]. 在我国, 这一区域的试验研究尚属空白. 本文通过实地观测研究, 试图阐明典型草原区的主要植物群落之一的大针茅草原土壤呼吸速率及其规律, 为构建草地生态系统碳素循环模型, 了解草地生态系统的碳素收支状况及其对大气 CO₂ 浓度变化的贡献和对全球变化的响应提供资料.

2 研究地点和方法

2.1 试验地点

大针茅草原是典型草原区分布面积最广的草原类型之一, 本文的研究地点位于内蒙古自治区锡林郭勒盟的白音锡勒牧场, 试验在中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站的大针茅围栏样地内进行, 样地内已经连续 20 年禁止放牧. 关于该地区的土壤、气候和植被条件见陈佐忠等^[2].

2.2 土壤呼吸的测定方法

土壤呼吸的测定采用静态室碱吸收法. 气室为直径 25cm, 高 40cm 的圆柱形白铁桶, 顶端密封. 测定的当日早晨先选择 9 个植被差异较大的地点, 剪去直径 25cm 范围内的植物, 并小心清除地表的凋落物, 然后安置密闭气室. 气室内放置一盛有 20~25ml 浓度为 1mol·L⁻¹ 左右 NaOH 溶液的玻璃杯, 气室下端旋入土壤约 2~3cm, 气室顶部加上重物, 以保持气密性. 同时在植被生长比较一致的 3 个点上如上述方法安置碱吸收室, 只是保留地表凋落物. 剪下的植物带回室内, 分成活体和立枯两部分烘干称重. 24h 后取回碱液, 先用过量的 BaCl₂ 沉淀 CO₃²⁻, 然后以溴甲酚绿-甲基橙为指示剂, 用 1mol·L⁻¹ 左右的盐酸滴定. 密闭室下的植物根系分 0~10、10~20、20~30cm 3 层取出, 烘干称重. 试验在 1998 年 6 月下旬到 9 月下旬, 每月的 4、

^{*} 国家自然科学基金重大(49790020)和重点资助项目(39730110).

^{**} 通讯联系人. 现在中国林业科学院森林生态环境与保护研究所工作.

1999-03-18 收稿, 1999-06-07 接受.

14、24日安置气室.

2.3 数据处理

数据统计采用 SPSS 统计软件,生物量、土壤呼吸速率及环境因子的空间变异是将每期测定的结果(9~15 个点的数据)计算变异系数,时间动态则是将每期的测定值平均后作为一个时间点的数据,图 1、3、4、5 的数据为均值.各因子对土壤呼吸变异的贡献等于两者间的相关指数 $R(r^2)$.

3 结果与分析

3.1 大针茅群落生物量动态

观测发现外貌上比较均匀的样地在取样样方面积尺度上存在较大的空间变异性(表 1).相邻地取 5 个 1m² 的样方时,地上部活体生物量的变异系数在 10~37%之间;取样样方面积为 4.91×10⁻²m² 时,在 200m² 范围内取的 8~12 个样方,其变异系数在 8~37%之间.立枯变异最大时达到 51%.

群落地下生物量分布也具有很大的空间变异性.其中 0~10cm 层次的生物量最大,变异也最剧烈.9 个样方的极差最大时达到了最小值的 2.4 倍,变异系数在 12%~34%之间.10~20cm 和 20~30cm 的根系量变异也很大,但它们的生物量所占比例较小,因而 0~20cm 和 0~30cm 内根系量基本上由 0~10cm 决定,其变异性也基本取决于表层的变异.

表 1 大针茅群落地上地下生物量和土壤呼吸的空间变异(%)
Table 1 Spatial heterogeneity of aboveground and belowground biomass of *Stipa grandis* community

日期 Date (D/M)	地上部 Aboveground biomass		根 系 Root biomass				土壤呼吸速率 Soil respiration rate
	活体 Living biomass	立枯 Standing dead	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~30 cm	
25/6	30	38	34	62	29	34	26
5/7	20	40	18	28	30	13	13
25/7	23	51	32	30	52	29	15
5/8	17	33	27	27	30	20	7
15/8	30	22	26	30	48	23	9
25/8	10	32	25	33	23	18	8
5/9	31	22	22	22	27	16	5
15/9	37	37	12	31	26	15	10
25/9	36	37	16	30	31	14	11

大针茅群落地上部生物量从 6 月底到 9 月下旬呈一单峰变化曲线.7 月底以后植物进入旺盛生长阶段,地上部活体和总生物量增长速度最快,到 8 月中旬生物量达到最大值,随后直线下降.地上部立枯量随生育期的推进而直线增加,6 月底只占地上部总生物量的 25.4%,到 10 月初地上部全部死亡,立枯量达到了 100%.地上部活体和立枯量的季节动态可以分别用二次多项式($R=0.7059^{**}$)和直线($R=0.9023^{***}$)方程来拟合(图 1).

比较两种不同取样面积的生物量时间动态发现,

虽然两者的测定值相差较大,但是相关性很好,达到了 1%显著水平(图 2).

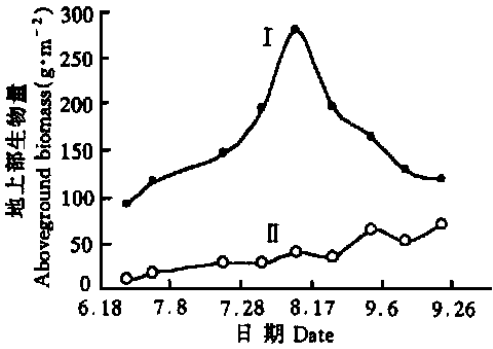


图 1 大针茅群落地上部生物量的季节动态
Fig.1 Seasonal dynamics in aboveground biomass of *S. grandis* community.
I. 活体 Living biomass; II. 立枯 Standing dead.

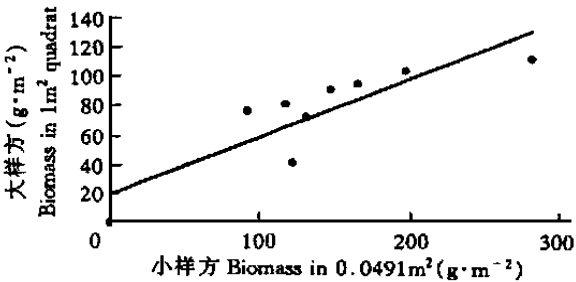


图 2 不同大小样方测定的群落地上生物量的比较
Fig.2 Comparison of aboveground biomass determined by two sizes of quadrats.

群落地下生物量在 7~9 月间出现了两个高峰值,分别在 8 月初和 9 月初.两个高峰的峰值相差不大,后者略高.从剖面分布看,表层 10cm 根系量有很明显的时间动态,而 10~20 和 20~30cm 的根系量在整个生育期内保持基本稳定,说明这两层内的根系生长和死亡的速率基本保持平衡(图 3).

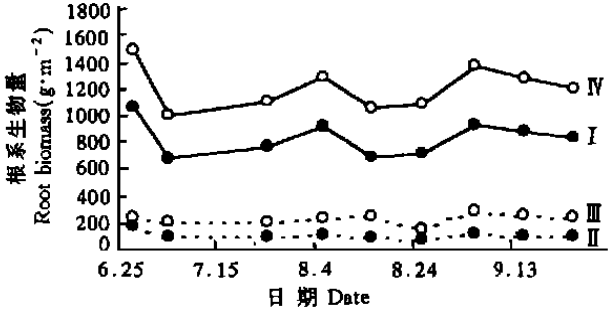


图 3 大针茅群落根系量的季节动态
Fig.3 Seasonal pattern of root biomass of *Stipa grandis* community.
I. 0~10cm, II. 10~20cm, III. 20~30cm, IV. 0~30cm.

样方数据显示,各时期群落地上部与地下部生物量的空间分布不一致,两者之间的相关性差(r 变化在 $-0.12\sim0.92$,数据未列出).图 1 和图 3 显示两者的季节变化趋势也大不相同.

3.2 大针茅群落土壤呼吸的时空动态

群落土壤呼吸具有明显的空间变异性. 生长季内多次测定的结果显示其变异系数在 5~26% 之间(表 1).

群落土壤呼吸在 6 月底到 7 月底期间呈直线上升的态势, 随后变化趋于平稳, 8 月底出现一个小峰, CO_2 排放速率达 $394.6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 然后较快地降低(图 4). 根据图中曲线面积估计测定期间大针茅群落土壤呼吸排放 CO_2 总量约 $625.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

表 2 土壤呼吸与植物的生物量及环境因子的相关性
Table 2 Correlation coefficients of soil respiration rate with plant biomass and environmental factors

影响因子 Factors	季节动态 Seasonal variation	空间变异 Spatial variation
地上生物量 Aboveground biomass		
活体 Living biomass	0.79 *	-0.27~0.76
立枯 Standing dead	-0.08	-0.44~0.68
总量 Total	0.69 *	-0.20~0.72
根系生物量 Root biomass		
0~10cm	-0.50	-0.43~0.44
0~20cm	-0.50	-0.40~0.71
0~30cm	-0.46	-0.49~0.71
地温 Soil temperature		
5cm	0.21	nd *
15cm	0.20	nd
25cm	0.24	nd
土壤含水量 Soil water content		
0~10cm	0.88 **	nd
10~20cm	0.89 **	nd
20~30cm	0.82 **	nd

nd: 每次地温只测 1 个点, 土壤含水量 3 个点, 故不计算土壤呼吸空间变异与地温及土壤含水量的关系.

* nd: There was only one temperature data and three water content data for a soil layer every time. So the spatial variation coefficients of soil respiration rate with soil temperature and water content were not calculated.

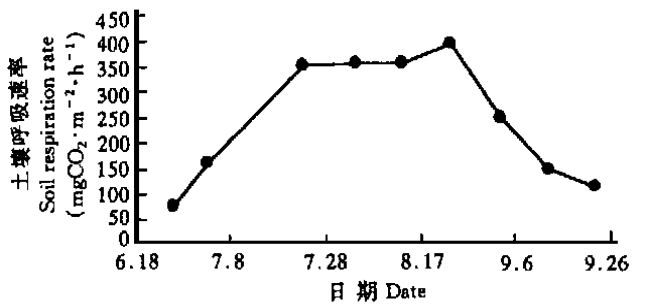


图 4 大针茅群落土壤呼吸的季节动态
Fig. 4 Seasonal dynamics of soil respiration rate for *Stipa grandis* community.

3.3 土壤呼吸与植物及环境条件的关系

如表 2 所示, 土壤呼吸的季节变化与群落地下生物量动态之间呈中度负相关, 而与地上部活体干重及总生物量有明显的正相关性. 土壤呼吸的时间变异与地温变化趋势不一致, 而与土壤含水量高度正相关(图 5 和图 4), 其中 10~20cm 土层的含水量可以解释土

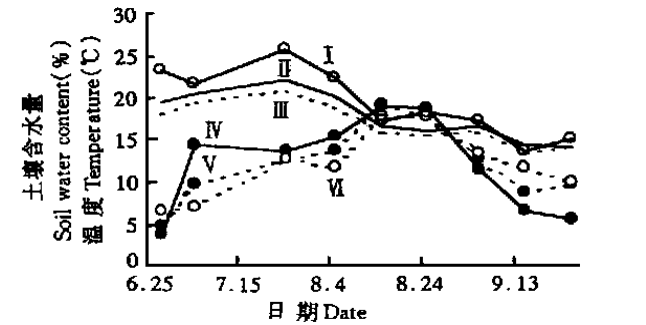


图 5 土壤不同层次的温度和含水量的季节变化
Fig. 5 Changes of temperature and water content in different soil layers. I. T5cm, II. T15cm, III. T25cm, IV. W0~10cm, V. W10~20cm, VI. W20~30cm.

壤呼吸变异的 80%.

土壤呼吸具有较大的空间变异性, 单次测定的多点间变异系数最大值可达 26%(表 1). 这种变异与根系生物量的空间变异性相关性不稳定, 变化在 -0.49~0.71 之间, 与地上部活体生物量的相关系数也在 -0.27~0.76 之间变化.

3.4 大针茅群落土壤呼吸的模拟模型

虽然本文与常规的草地群落调查的样方不一样, 但是两种样方的地上部生物量之间有很好的相关性(图 2), 因此可以转换. 据此建立群落土壤呼吸与地上部活体生物量的关系模型:

$$y = -0.1004x_1^2 + 23.107x_1 - 940.13$$
$$(R = 0.8331^{***}) \quad (1)$$

另外土壤水分状况对群落呼吸的贡献很大(表 2), 以 10~20cm 土层含水量建立两者的关系方程:

$$y = 24.293x_2 - 50.591 (R = 0.8004^{***}) \quad (2)$$

式中 y 为土壤呼吸速率($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$); x_1 为群落地上部活体干重($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$); x_2 为 10~20cm 土壤重量含水量(%). 逐步回归表明土壤呼吸速率与土壤水分含量的关系更密切.

1995 和 1997 年的降水量只有 290.1 和 298.9 mm, 1998 年降水量达到 507.1mm, 它们分别代表了干旱和丰水年份. 表 3 显示群落地上部生物量和土壤呼吸总量随降水量升高而升高, 干旱年份的土壤呼吸总量大大低于丰水年份. 由于 1995 年的样方生物量没有区分立枯, 所以地上生物量数值偏高, 在生长后期更突出, 因此计算出的土壤呼吸量也偏大. 自由放牧区长期过牧, 即使在丰水年份也得不到恢复, 其土壤呼吸量也较低.

表3 不同年份大针茅群落地上部生物量的季节动态和估测的年CO₂释放量
Table 3 Seasonal dynamics of aboveground biomass and annual total amount of CO₂ released from *S. grandis* community in different years

年份 Year		日期 Date (D/M)										年 CO ₂ 排放量 Total amount of CO ₂ released (gC·m ⁻² ·yr ⁻¹)	
		1/5	15/5	1/6	15/6	1/7	15/7	1/8	15/8	1/9	15/9	1/10	
1995	围栏地 Fenced area	—	12.0	19.3	20.2	64.6	98.3	116.5	96.2	108.2	88.9	33.0	180
1997	围栏地 Fenced area	3.42	32.0	21.8	74.4	63.4	59.54	40.1	—	—	—	—	45.8
1998	围栏地 Fenced area	—	28.5	69.6	73.1	78.8	86.2	—	112.6	94.6	72.2	40.1	225
1998	放牧区 Grazing area	—	20.8	38.0	48.9	53.6	3.7	—	59.1	65.9	44.9	31.5	52.1

4 讨 论

4.1 群落生物量的时空变异

大针茅群落地上生物量在8月中旬达到了最大值,土壤呼吸也处于高峰期,而根系生物量此时却处于低谷,这与原来观测到的群落根系动态不一致^[2].原因可能是1998年群落降水过多(为建站以来的最高值),而且集中在7、8月(分别为206.7和130.7mm),而日照百分率只有39%和35%.这种水分有余而光照不足的条件促进了地上部生长而不利于根系扩展.同时土壤温度较常年略低,适宜于微生物活动.本文采用的冲洗法不能完全分离死根和活根,因此死亡根系的迅速分解进一步降低了地下生物量,同时也增加了微生物对土壤呼吸的贡献.此外,集中降水也有利于土壤CO₂的溶解和释放,因而大大提高了土壤呼吸速率^[5].

4.2 区分根系贡献率的方法的可行性

许多文献采用在根系量变异很大的多点测定土壤呼吸的方法来区分根系和土壤微生物对土壤呼吸的贡献^[1,4].该方法假定根系呼吸与根系量呈正比,而微生物呼吸不随根系量变化而变化,因此将根系量与土壤呼吸速率关系曲线外推到根系量为零时的土壤呼吸值即是微生物的呼吸速率.在本试验中也选择了地上部及根系量相差很大(C·V·达36%)的点,但发现两者间不具有稳定的相关关系.其原因可能是:1)方法本身没有考虑微生物与根系间的复杂关系,2)土壤微生物的贡献是土壤呼吸的主要来源.在其它类型草地的研究中看到根系呼吸所占比例为13%~68%,变异极大.典型草原上没有数据.3)根系测定方法难以区分活根和死根.这两种根的CO₂排放规律是不一样的.4)根系量的差异仍然不够大,或重复数太少.5)其它因素决定着土壤呼吸速率.9月15日的根系量与土壤呼吸相关度较高($r=0.711^*$,数据未列出),由此推算,此时的微生物呼吸量为 $74.58\text{mgCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$,约占土壤呼吸总量的50%.

4.3 土壤呼吸季节动态与空间变异的决定因子

土壤呼吸的季节动态与植物地上生物量以及0~30cm土壤含水量有明显的正相关性.本地区属于干旱

半干旱的典型草原区,水分是限制群落生产力和土壤生物活性的主导因素,土壤贮水量与植物地上生物量显著正相关^[7].尤其是在植物的快速生长期,空气和土壤温度的昼夜变化剧烈,往往白天温度过高而夜间温度过低,从而限制了植物及土壤微生物的活动,表现为温度与土壤呼吸的弱相关性(表2),这与Yoneda和Okata^[19]的结果一致.而土壤呼吸的空间变异与上述因子的关系都不很紧密.这说明控制土壤呼吸时空动态的主导因子是不同的.Redmann^[14]的研究也有相同的结果.Robertson等^[15]发现即使是多年耕种的农田,土壤呼吸的空间变异也很大,而且与土壤性质无关.深入的机理尚待进一步探索.

4.4 根据降水量和地上生物量动态构建土壤呼吸的季节和年排放模型

本研究试图构建生态系统季节和年CO₂排放动态及排放量模型.前人已经根据土壤呼吸速率与环境因子的相关性构建了许多数学模型,以预测不同生态系统的CO₂排放量.本文的研究看到半干旱草原地区大针茅群落的土壤呼吸速率与地上部生物量及土壤水分状况关系密切,并据此建立了两个数学模型.并根据实测的群落生物量用模型(1)估算了1995、1997和1998年群落土壤CO₂排放量.模型计算的结果显示1998年围栏禁牧地的年CO₂排放量与Raich和Schlesinger^[13]报导的草地一般排放量的推测相一致,略高于用CENTURY模型对同一地区羊草草原的推算值 $181.03\pm46.32\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}[6]$.

长期研究发现,典型草原大针茅群落地上部干重可以用土壤贮水量进行全生育期的动态模拟^[7].所以以土壤水分参数为自变量,可以推算群落生物量和土壤呼吸季节动态.虽然没有1995和1997年的土壤水分资料,但根据以往在同一地区的研究,土壤水分与降水有密切的相关性.因此用模型(2)计算的年CO₂排放趋势应该与模型(1)的结果一致.当然,更为复杂的模型,如在内蒙古典型草原羊草上根据气候、土壤和植物参数建立的生物量动态模拟模型^[10]和根据降水量推算的土壤水分动态模型^[8]的构建,可以更加准确地计算和预测土壤呼吸的变化趋势,这方面的研究正在

开展.

参考文献

- 1 Behera N, Joshi SK, Pati DP. 1990. Root contribution to soil metabolism in a tropical forest soil from Orissa, India. *For Ecol Man*, **36**(2~4): 125~134
- 2 Chen Z-Z (陈佐忠), Huang D-H (黄德华), Zhang H-F (张鸿芳). 1988. A study on the model of interrelation between underground biomass and precipitation of *Leymus Chinensis*. *Research on Grassland Ecosystem No. 2* (草原生态系统研究(第2集)), Beijing: Science Press. 20~25.
- 3 Graetz D. 1994. A global perspective. In: Meyer WB, Turner BL eds. *Changes in land-use and land cover*. London: Cambridge Univ. Press. 125~145.
- 4 Kucera CL and Kirkham DR. 1971. Soil respiration studies in tallgrass prairie in Missouri. *Ecol*, **52**: 912~915
- 5 Lemon ER. 1983. CO₂ and Plant—The response of plants to rising levels of atmospheric carbon dioxide. Boulder: Westview Press, Inc, USA. 134~135.
- 6 Li L-H (李凌浩), Liu X-H (刘先华), Chen Z-Z (陈佐忠). 1998. Study on the carbon cycle of *Leymus chinensis* steppe in the Xilin River basin. *Acta Bot Sin* (植物学报), **40**: 955~961 (in Chinese)
- 7 Li S-L (李绍良). 1988. The growth of plants at grassland and the water condition in the chestnut soil. *Research on Grassland Ecosystem No. 2* (草原生态系统研究(第2集)). Beijing: Science Press. 10~19 (in Chinese)
- 8 Li Y-N (李英年). 1998. Simulation studies on dynamics of soil water content in alpine meadow area. *Acta Agre Sin* (草地学报), **6**(2): 78~83 (in Chinese)
- 9 Liu S-H (刘绍辉), Fang J-Y (方精云). 1997. Effect factors of soil respiration and the temperature's effects on soil respiration in the global scale. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **17**(5): 469~476 (in Chinese)
- 10 Liu Y-L (刘以连), Chou Z-M (丑自明). 1994. Dynamic model for simulating the growth of *Leymus chinensis* in meadow steppe in Inner Mongolia. *Agric Meteor* (中国农业气象), **15**(2): 43~46 (in Chinese)
- 11 Lu D-R (吕达仁), Chen Z-Z (陈佐忠), Wang G-C (王庚辰) et al. 1997. Inner Mongolia semi-arid grassland soil-vegetation-atmosphere interaction. *Clim Environ Res* (气候与环境研究), **2**(3): 199~209 (in Chinese)
- 12 Ojima DE, Parton WJ, Schimel DS et al. 1993. Assessment of C budget for grasslands and drylands of the world. *Water, Air Soil Poll*. **70**: 95~109
- 13 Raich WJ, Schlesinger WH. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tullus*, **44B**: 81~99
- 14 Redmann RE. 1978. Soil respiration in a mixed grassland ecosystem. *Can J Soil Sci*, **58**: 119~123
- 15 Robertson GP, Klingensmith KM, Klug MJ et al. 1997. Soil resources, microbial activity, and primary production across an agricultural ecosystem. *Ecol Appl*, **7**: 158~170
- 16 Sampson RN, Apps M, Brown S et al. 1993. Terrestrial biospheric carbon fluxes—quantification of sinks and sources of CO₂. *Water, Air, Soil Poll*, **70**: 3~15
- 17 Schlesinger WH. 1995. An overview of the carbon cycle. In: Lai R ed. *Soils and Global Change*. Florida: CRC Press. 9~25
- 18 Singh JS and Gupta SR. 1997. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *Bot Rev*, **43**: 449~528
- 19 Yoneda T and Okata H. 1987. An assessment of root respiration in a *Solidago altissima* community. *Nat Soci Appl Sci*, **36**: 147~158

作者简介 崔骁勇,男,1970年11月出生,博士,助研.主要从事植物营养和植物生态学研究.发表论文10余篇.E-mail:xi-aoyongcui@263.net

《面向二十一世纪的生态学》出版

由浙江大学王兆骞、胡秉民、严力蛟主编的《面向二十一世纪的生态学》已于1999年7月由中国环境科学出版社出版发行.

《面向二十一世纪的生态学》一书是在宁波会议“面向二十一世纪的生态学学术讨论会”征集的交流论文基础上,再经过会后征文,经编委会和有关专家审阅、修改,最终精选、编辑而成的.全书共收录论文100篇,计69万字,定价70.00元.内容涉及生态旅游、生态农业、休闲渔业、水体富营养化、生态建筑、可持续发展、生态评估、小流域治理、土壤侵蚀模型、经济生态阈、景观生态、自然保护区、生态规划、绿色食品、EM技术、生态县建设等基础、农业、环境、水产、林业各领域的生态学理论研究和实践应用.根据论文来源和内容,本书设专题综述、研究报告和生态实践三大部分.

目前我单位尚有少量余书,以每册40.00元优惠价(含邮费)出售,需要者请将书款按每册40.00元邮汇:310029 杭州凯旋路268号浙江大学生态所徐佩君老师 电话:(0571)6971154.款到即寄书.需要正式发票者请在汇款单中或来函中说明.

(浙江大学生态研究所 严力蛟供稿)