

松嫩草原水淹恢复演替过程中羊草无性系种群构件的物质生产与贮藏*

李海燕 杨允菲**

(东北师范大学草地科学研究所 植被生态科学教育部重点实验室, 长春 130024)

【摘要】 在松嫩平原羊草草甸, 对水淹恢复演替过程中半径为 0.5、1、3、5 和 10 m 的羊草无性系种群斑块分蘖株的物质生产和根茎的物质贮藏进行了研究. 结果表明, 0.5、1、3、5 m 斑块各圈和 10 m 中间及边缘根茎的物质贮藏以 1 龄级、不同斑块各圈分蘖株的物质生产以 1、2 龄级对种群的贡献最大, 其物质贮藏和生产所占比例均逐圈增加. 整体上, 年轻龄级分蘖株和根茎具有旺盛的物质生产力和贮藏力. 无性系斑块由中心至外围的物质生产和贮藏规律与斑块扩展趋势具有一致性. 0.5~ 10 m 斑块分蘖株物质生产力和根茎贮藏力的变异以最外圈最大. 在水淹羊草草甸的恢复过程中, 不同大小羊草无性系种群构件的物质生产和贮藏策略为种群不断扩展和群落进展演替奠定了物质基础.

关键词 羊草 无性系种群 物质生产和贮藏 恢复演替 水淹草甸

文章编号 1001- 9332(2005) 12- 2339- 05 中图分类号 Q948 文献标识码 A

Matter production and storage of *Leymus chinensis* clonal populations in restoration succession process of flooded meadow in Songnen Plain of China. LI Haiyan, YANG Yunfei (Key Laboratory for Vegetation Ecology of Education Ministry, Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(12): 2339~ 2343.

In this paper, the tiller matter production and the rhizome matter storage of *Leymus chinensis* clonal populations in the patches with radius of 0.5, 1, 3, 5 and 10 m were studied in the restoration succession process of flooded meadow in Songnen Plain. The results indicated that in each patch, 1 and 2 age classes had the most tiller matter production, while in the patches except in the center of 10 m patch, the rhizome matter storage of 1 age class was predominant. The proportion of the matter production and storage increased with increasing patch radius. On the whole, young tillers and rhizomes had vigorous matter productivity and storage capacity. From the center to the edge of each patch, the matter production and storage were consistent with the trend of patch expansion, and the variation of tiller matter productivity and rhizome matter storage capacity was the biggest at the edge of each patch. The matter production and storage strategies of *L. chinensis* clonal population modules settled the matter basis for population expansion and progressive succession of community in the restoration succession process of flooded meadow.

Key words *Leymus chinensis*, Clonal population, Matter production and storage, Restoration succession, Flooded meadow.

1 引 言

偶然发生的自然和人为事件明显地改变了生境中的资源环境, 扭转了原有的生态过程, 重建了生态格局, 形成了不同的生态系统干扰类型. 研究生态系统受干扰后退化的原因、退化生态系统恢复与重建的技术与方法、生态学的过程与机理已成为恢复生态学的主要任务^[8]. 各类干扰对草原的生态作用及被干扰后的恢复过程已成为当前草原生态学的重点研究问题^[8, 31]. 草原在水淹演替恢复过程中, 植被构成中种群的物质生产和贮藏对于演替的恢复进程至关重要.

羊草(*Leymus chinensis*) 是一种优良牧草, 为典

型的无性系植物. 近 10 余年来, 有关无性系植物的生态学研究发展较快^[7]. 国内外学者在无性系生长、繁殖特性、分蘖株结构及生态可塑性等方面开展了广泛的研究^[1~ 3, 5, 7, 9, 10, 19~ 21, 25, 26]. 不同干扰条件下羊草无性系种群动态及年龄结构已有较多报道^[13, 17, 18, 22~ 24, 27]. 对于水淹过程中羊草草地群落和种子库的结构和动态有一定的研究^[14~ 16, 30], 但水淹条件下羊草无性繁殖特性方面迄今尚少有报道^[6]. 本文采用按分蘖节营养繁殖的世代数划分龄级的方法^[23], 根据松嫩草原水淹恢复演替过程中形

* 国家重点基础研究发展规划项目(G 1999043407) 和国家自然科学基金资助项目(30270260, 30470272).

** 通讯联系人. T el: 0431 5098994; E-mail: yangyf@ nenu. edu. cn
2005- 01- 13 收稿, 2005- 06- 29 接受.

成的不同大小的羊草无性系斑块,对羊草无性系种群不同龄级构件分蘖株的物质生产和根茎的物质贮藏进行了测定和分析,探讨了种群构件的物质生产和贮藏规律及羊草无性系的空间扩展规律,为水淹草原恢复过程中无性系植物种群生态学的深入研究奠定理论基础,并为畜牧业生产提供科学积累.

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

本实验在松嫩平原南部的吉林省长岭种马场(44°45'N, 123°31'E)天然羊草草甸上进行.该地地势平坦,土壤为碱化草甸土,每年7~8月份雨季常有积水,1994年10月至1995年9月间被排洪淹没,地表常年积水,样地在水淹前为羊草群落,在低洼地段芦苇(*Phragmites communis*)占较大比重,水淹后所有中、旱植物全部消失.翌年便进入水淹后的自然恢复演替状态,并围封禁牧.几年来,低洼芦苇地段于冬季收割,以羊草为主的地段于秋季收割.由于羊草、芦苇、寸草苔(*Carex duriuscula*)等植物均为典型的无性系植物,植被的恢复演替速度较快,经过8年的恢复,有的羊草无性系已连成一片,但寸草苔仍密布在群落底层,呈现出羊草和芦苇以大小不同的无性系斑块镶嵌在寸草苔群落之中的外貌特征.

2.2 研究方法

于2002年8月中旬,在土壤基本一致的地段上,依次对10 m、5 m、3 m、1 m和0.5 m为半径的独立羊草无性系斑块,由斑块的中心至外围作单位面积取样.5个斑块等级中,最小的两个等级作中心和边缘2圈取样,另3个等级均等地作3圈取样.斑块中心作为第一圈,依次向外分圈取样并编号.每圈挖取样方3个,样方面积为0.25 m×0.25 m.各等级取3个无性系斑块.将样方内的全体地上部分连同地下部分一起挖出,回室内用水轻轻冲洗干净.注意保持地上与地下部分的自然联系,以便于鉴别与测定.

样品中的羊草分蘖株、根茎按分蘖节营养繁殖再生的世代数划分龄级^[14],计数分蘖株数量;逐样方测量各龄根茎的累积长度;将分蘖株、根茎样品于70℃烘干,逐样方称其生

物量.
数据采用数理统计处理,分蘖株数量和生物量、根茎长度和生物量等均换算成1 m²的数据指标,取各样方平均数,计算其年龄谱.由于羊草种群分蘖株和根茎的生物量分别体现种群地上和地下部分的物质生产及贮藏状况,为种群构件的生长扩展、占据各部分空间和群落的进展演替提供物质保障.各龄分蘖株的单株生物量和根茎单位长度生物量则反映单株的物质生产力和根茎的物质贮藏力.因而本文将分蘖株和根茎的生物量、单株生物量和根茎单位长度生物量作为衡量无性系种群构件物质生产与贮藏的指标.

3 结果与分析

3.1 羊草无性系种群各龄级分蘖株的生物量和生产力

各斑块各圈均以年轻的1、2龄级对种群物质生产和群落演替的贡献最大,贡献率达63.6%~95.5%;老龄的4龄级最小,贡献率仅为0~10.1%.单株的物质生产力3 m、10 m斑块中心以4龄级、其它斑块各圈均以1龄级或2龄级的贡献最大(表1、2).整体上反映了年轻龄级具有旺盛的物质生产能力,对种群和群落的贡献均较大.

0.5~5 m斑块中种群水平物质生产和各斑块单株生产力的变异均以最外圈最大,前者变异系数为41.34%~74.86%,后者为28.14%~72.18%,原因在于越往外扩展,无性系边缘的分蘖株分布越不均匀(表1、2).从0.5 m~5 m斑块中心,种群水平各龄级羊草分蘖株的物质生产量逐圈增加.由此可见,在水淹演替的恢复过程中,各无性系斑块羊草种群分蘖株的生产格局为种群由中心向外围的逐步扩展奠定了物质基础.各圈分蘖株生产力均值间则没有明显的规律性变化,表明种群能够通过调节分蘖株生产力来适应水淹所形成的各类变境以及割草的干扰.

表 1 不同无性系斑块羊草种群分蘖株的生物量
Table 1 Tiller biomass in *Leymus chinensis* populations in different clonal patches

斑块半径 SP(m)	圈数 Circle	龄 级 Age class [M ±SD, g•m ⁻²] (%)				合计 Total	变异系数 CV(%)
		1	2	3	4		
0.5	1	20.9±9.3(24.6)	33.3±6.6(39.0)	27.0±19.0(31.6)	4.1±4.2(4.8)	85.2±23.2(100)	27.23
	2	17.4±9.7(45.0)	18.5±7.9(47.8)	2.8±3.0(7.2)	0	38.7±16.0(100)	41.34
1	1	28.0±10.1(25.1)	46.7±15.4(41.8)	29.2±10.9(26.1)	7.8±6.8(7.0)	111.6±24.8(100)	22.22
	2	14.2±7.6(43.0)	16.9±11.6(51.0)	2.0±3.0(6.0)	0	33.1±18.6(100)	56.19
3	1	40.5±16.0(24.5)	69.5±22.5(42.0)	46.6±18.1(28.2)	8.7±9.4(5.3)	165.3±45.0(100)	27.22
	2	29.3±18.4(41.4)	38.2±26.9(54.1)	3.2±3.2(4.5)	0	70.7±39.9(100)	56.44
	3	15.6±12.4(41.9)	19.3±15.0(52.0)	2.3±5.1(6.1)	0	37.2±23.5(100)	63.17
5	1	60.5±38.3(27.6)	96.2±38.0(44.0)	54.1±25.0(24.7)	8.1±5.0(3.7)	218.9±82.5(100)	37.69
	2	39.5±12.4(34.0)	51.6±16.7(44.4)	22.4±14.7(19.2)	2.9±3.3(2.5)	116.4±28.6(100)	24.57
	3	15.0±10.4(40.2)	16.8±12.2(44.9)	5.6±9.2(15.0)	0	37.4±28.0(100)	74.86
10	1	31.3±17.5(21.4)	52.9±15.5(36.3)	47.0±18.8(32.1)	14.8±16.2(10.1)	145.9±32.1(100)	22.00
	2	26.8±10.9(19.8)	64.2±25.0(47.3)	37.7±19.3(27.8)	6.8±6.6(5.1)	135.6±46.1(100)	34.00
	3	17.2±6.7(49.3)	16.1±10.6(46.2)	1.6±1.8(4.5)	0	34.9±10.3(100)	29.51

SP: Semidiameter of patches. 下同 The same below.

表 2 不同无性系斑块羊草种群各龄级分蘖株的生产力
Table 2 Productivity of the tillers in *Leymus chinensis* populations in different clonal patches

斑块半径 SP(m)	圈数 Circle	龄 级 Age class($\text{g}\cdot\text{tiller}^{-1}$)				平 均 Mean \pm SD	变异系数 CV(%)
		1	2	3	4		
0.5	1	0.1569	0.1657	0.1516	0.1438	0.1660 \pm 0.0389	23.46
	2	0.1483	0.1554	0.1208	0	0.1872 \pm 0.1351	72.18
1	1	0.1605	0.1564	0.1378	0.1333	0.1529 \pm 0.0350	22.88
	2	0.1290	0.1267	0.1244	0	0.1398 \pm 0.0556	39.77
3	1	0.1675	0.1453	0.1433	0.2038	0.1544 \pm 0.0357	23.11
	2	0.1484	0.1483	0.1106	0	0.1477 \pm 0.0329	22.28
	3	0.2160	0.2338	0.2130	0	0.1868 \pm 0.0603	32.28
5	1	0.1668	0.1611	0.1485	0.1105	0.1593 \pm 0.0200	12.54
	2	0.1544	0.1403	0.1480	0.1150	0.1473 \pm 0.0154	10.45
	3	0.1585	0.1352	0.1500	0	0.1399 \pm 0.0394	28.14
10	1	0.1675	0.1526	0.1581	0.1729	0.1636 \pm 0.0437	26.70
	2	0.1495	0.1549	0.1434	0.1283	0.1517 \pm 0.0338	22.29
	3	0.1533	0.1416	0.1113	0	0.1654 \pm 0.0747	45.14

表 3 不同无性系斑块羊草种群根茎生物量的累积结构
Table 3 Accumulated structure of rhizome biomass in *Leymus chinensis* populations in different clonal patches

斑块半径 SP(m)	圈数 Circle	龄 级 Age class [$\text{M}\pm\text{SD}, \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$](%)				合 计 Total	变异系数 CV(%)
		1	2	3	4		
0.5	1	3.9 \pm 1.7(99.5)	0.0 \pm 0.1(0.5)	0	0	3.9 \pm 1.7(100)	43.59
	2	1.6 \pm 1.3(100)	0	0	0	1.6 \pm 1.3(100)	81.25
1	1	8.8 \pm 2.3(86.8)	1.3 \pm 0.6(13.2)	0	0	10.1 \pm 2.4(100)	23.76
	2	2.8 \pm 2.3(94.6)	0.2 \pm 0.3(5.4)	0	0	3.0 \pm 2.6(100)	86.67
3	1	12.1 \pm 2.8(77.3)	2.8 \pm 1.5(18.2)	0.7 \pm 0.2(4.5)	0	15.7 \pm 4.0(100)	25.48
	2	6.9 \pm 3.0(93.5)	0.5 \pm 0.7(6.5)	0	0	7.4 \pm 3.1(100)	41.89
	3	2.8 \pm 2.6(98.9)	0.1 \pm 0.1(1.1)	0	0	2.9 \pm 2.5(100)	86.21
5	1	39.8 \pm 7.3(60.7)	20.2 \pm 6.4(30.7)	5.0 \pm 2.7(7.7)	0.6 \pm 1.3(0.9)	65.6 \pm 15.0(100)	22.87
	2	5.5 \pm 2.8(71.1)	1.9 \pm 1.7(24.4)	0.4 \pm 0.5(4.6)	0	7.7 \pm 3.6(100)	46.75
	3	3.4 \pm 2.7(88.5)	0.4 \pm 0.9(11.5)	0	0	3.8 \pm 3.4(100)	89.47
10	1	4.9 \pm 2.1(29.2)	3.9 \pm 1.9(23.3)	5.0 \pm 2.1(29.6)	2.6 \pm 1.5(17.9)	16.4 \pm 5.3(100)	32.32
	2	9.5 \pm 3.3(54.1)	5.2 \pm 2.1(29.4)	2.7 \pm 1.7(15.3)	0.2 \pm 0.6(1.2)	17.6 \pm 1.7(100)	9.66
	3	3.1 \pm 1.6(96.7)	0.1 \pm 0.2(3.3)	0	0	3.2 \pm 1.7(100)	53.13

表 4 不同无性系斑块羊草种群各龄级根茎的贮藏力
Table 4 Storage capability of rhizomes in *Leymus chinensis* populations in different clonal patches

斑块半径 SP(m)	圈数 Circle	龄 级 Age class($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$)				平 均 Mean \pm SD	变异系数 CV(%)
		1	2	3	4		
0.5	1	0.3291	0.1075	0	0	0.3342 \pm 0.0466	13.95
	2	0.2543	0	0	0	0.2550 \pm 0.1472	57.75
1	1	0.4019	0.2762	0	0	0.3757 \pm 0.0331	8.82
	2	0.2763	0.2195	0	0	0.2772 \pm 0.0969	34.97
3	1	0.3898	0.3396	0.4054	0	0.3812 \pm 0.0356	9.33
	2	0.3485	0.3237	0	0	0.3708 \pm 0.1447	39.02
	3	0.4769	0.5000	0	0	0.4202 \pm 0.3340	79.48
5	1	0.3018	0.3793	0.3087	0.2910	0.3107 \pm 0.0549	17.65
	2	0.2651	0.1537	0.7299	0	0.2828 \pm 0.1277	45.16
	3	0.3801	0.6161	0	0	0.5961 \pm 0.4127	83.20
10	1	0.6006	0.5207	0.4677	0.5206	0.4474 \pm 0.0836	18.68
	2	0.4322	0.3574	0.3341	0.3015	0.4146 \pm 0.1202	28.22
	3	0.2419	0.1974	0	0	0.2754 \pm 0.0782	28.40

3.2 羊草无性系种群各龄级根茎的生物量和物质贮藏力

各无性系斑块羊草种群根茎的相关指标见表 3 和表 4. 根茎的物质贮藏除 10 m 斑块中心外, 其它均以 1 龄级对种群的贡献最大, 贡献率为 46.5%~100%, 且各斑块逐圈增加. 单位长度根茎的贮藏力除 3 m 中心和 5 m 中间圈以 3 龄级最高外, 其它均以 1 龄级或 2 龄级最高. 总体上, 年轻龄级根茎具有

旺盛的物质贮藏能力, 对种群的贡献最大. 同时反映出无性系斑块由中心至外围斑块扩展趋势与物质贮藏规律的一致性.

从 0.5~5 m 斑块各圈根茎物质贮藏总量、各斑块各圈平均贮藏力的变异均以最外圈最大, 前者变异系数为 81.25%~89.47%, 后者为 28.40%~83.20%. 原因在于种群越往外扩展, 无性系边缘的根茎分布越不均匀. 除 3 m、5 m 斑块边缘外, 其它

各圈层羊草种群根茎的平均贮藏力均逐圈减少. 可见, 羊草种群能够通过调节根茎的物质贮藏力来适应水淹过程中形成的异质性小生境.

4 讨 论

在松嫩平原羊草草甸水淹恢复演替过程中, 分蘖株物质生产和根茎贮藏的格局与无性系斑块由中心向外围的扩展趋势相适应, 奠定了斑块向外扩展的物质基础, 并逐步取代底层寸草苔而成为群落的优势种. 在水淹恢复演替的初期, 生长空间充足, 种间竞争较小, 羊草种群分蘖株在一个生长季可繁殖多个世代^[21]. 可见, 羊草种群能够根据环境条件的变化调整其种群的无性繁殖策略, 从而增强在群落中的竞争力以提高对环境的适应性.

羊草无性系斑块各圈分蘖株物质生产力和根茎物质贮藏力均以 1 龄级或 2 龄级最高, 大体反映出年轻龄级的分蘖株和根茎具有旺盛的物质生产能力和贮藏能力, 也体现了种群扩展过程中物质的优先分配原则^[11]. 各无性系斑块边缘分蘖株和根茎分布的不均匀性, 使分蘖株生产力和根茎贮藏力的变异均以最外圈最大. 3 m、10 m 斑块中心单株物质生产力以 4 龄级最高, 3 m 中心和 5 m 中间圈根茎贮藏力以 3 龄级最高, 不同于其它各圈. 可见, 羊草无性系种群通过调整其构件的物质生产力和贮藏力, 来适应水淹过程中形成的异质性小生境, 体现了种群内部严格的调节机制.

根据对根茎年龄的划分标准^[23], 1 龄级根茎是当年生长季内形成的. 本研究仅在 8 月中旬测定, 分蘖株的物质生产量为根茎物质贮藏量的 3.3~24.2 倍, 距生长季末期的停止生长期还有近 40 d 的时间. 随着生长季的进程及植物体对气候变化的响应, 地上物质将不断地向地下根茎部位转移, 根茎的物质贮藏量将不断增加, 其单位长度贮藏力也将有所变化.

0.5~5 m 斑块各圈羊草分蘖株物质生产量和根茎贮藏量的差异明显, 而 10 m 斑块中心及中间圈则差异很小, 处于接近水淹干扰前稳定群落中的种群物质生产量水平^[20]. 可见, 在定居时间较长的无性系斑块中心及近中心较大区域内, 种群构件的生产量和贮藏量已相对稳定. 羊草无性系发展到一定时期, 能够通过严格的种群调节机制来调控其构件的分布及物质的分配, 以稳定其在群落中的地位.

无性系植物在自然界中占有较大比重^[12]. 羊草是长根茎型典型的无性系植物, 在我国北方草地广

泛分布. 本研究的水淹干扰后的羊草无性系是由种子定居后, 通过营养繁殖不断扩展的情况, 也证明自然界中的无性系植物. 它们的种子一旦有定居机会, 就可以通过营养繁殖不断扩大其种群的生态位空间, 并易在局部地区繁荣, 形成单优势种小群落. 但是, 由于无性系植物种类、环境条件和干扰形式的不同, 其营养繁殖力、构件的年龄结构及其物质生产和贮藏, 以及增长速度都存在一定异同^[4, 20, 28, 29].

参考文献

1 Cain M L. 1990. Models of clonal growth in *Solovoidago altissima*. *J Ecol*, **78**: 27~460

2 Dong M (董 鸣). 1999. Effects of severing rhizome on clonal growth in rhizomatous grass species *Psammochloa villosa* and *Leymus secalinus*. *Acta Bot Sin* (植物学报), **41**(2): 194~198 (in Chinese)

3 Dong M (董 鸣), A L T B (阿拉腾宝), Xing X R (邢雪荣), et al. 1999. Genet features and ramet population features in the rhizomatous grass species *Psammochloa villosa*. *Acta Phytocool Sin* (植物生态学报), **23**(4): 302~310 (in Chinese)

4 Li H (李 红), Yang Y F (杨允菲), Qiao X B (乔喜波). 2000. Age structure of tillers of *Hordeum brevisulatum* clone in the Songnen Plain of China. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(3): 403~407 (in Chinese)

5 Li H (李 红), Yang Y F (杨允菲). 2000. Quantitative analysis on modules of *Hordeum brevisulatum* clone in alkaliized meadow in the Songnen Plain, China. *Acta Prata Sin* (草业学报), **9**(4): 13~19 (in Chinese)

6 Li H Y (李海燕), Yang Y F (杨允菲). 2004. Age structures of modules on *Leymus chinensis* clonal populations in the process of restoration succession after the flooded meadow in the Songnen Plains, China. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **24**(10): 2171~2177 (in Chinese)

7 Liu Q (刘 庆), Zhong Z C (钟章成). 1995. Advances in ecological research of clonal plant population and some related concepts. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **14**(3): 40~45 (in Chinese)

8 Liu Z M (刘志民), Zhao X Y (赵晓英), Liu X M (刘新民). 2002. Relationship between disturbance and vegetation. *Acta Prata Sin* (草业学报), **11**(4): 1~9 (in Chinese)

9 Maillette L. 1992. Seasonal model of modular growth in plants. *J Ecol*, **80**: 123~130

10 McGraw JB, Garbutt K. 1990. Demographic growth analysis. *Ecology*, **71**(3): 1199~1204

11 Pan R Z (潘瑞炽), Dong Y D (董愚得). 1995. Plant Physiology. Third edition. Beijing: Higher Education Press. 176~178 (in Chinese)

12 Silvertown J W, et al. 1982. Trans. Zhu N (祝 宁). 1987. Introduction to Plant Population Ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press. 23~26 (in Chinese)

13 Wang R Z (王仁忠), Li J D (李建东). 1995. Dynamic population models of the ecological dominance during the retrogressive succession of *Leymus chinensis* grassland. *Acta Phytocool Sin* (植物生态学报), **19**(2): 170~174 (in Chinese)

14 Wang Z W (王正文), Xing F (邢 福), Zhu T C (祝廷成), et al. 2002. The responses of functional grassland to flooding disturbance on Songnen Plain, Northeast China. *Acta Phytocool Sin* (植物生态学报), **26**(6): 708~716 (in Chinese)

15 Wang Z W (王正文), Zhu T C (祝廷成). 2002. The seed bank features and its relations to the established vegetation following flooding disturbance on Songnen Steppe. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **22**(9): 1392~1398 (in Chinese)

16 Xin X P (辛晓平), Gao Q (高 琼), Li Y Y (李宜垠), et al. 1999. Fractal analysis of grass patches under grazing and flood disturbance in an alkaline grassland. *Acta Bot Sin* (植物学报), **41**(3): 307~313 (in Chinese)

17 Xin X P (辛晓平), Xu B (徐 斌), Shan B G (单保庆), et al.

2000. Patch dynamics and scale transition analysis of grassland in restoration succession. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **20**(4): 587~593(in Chinese)

18 Xin X-P(辛晓平), Yang Z-Y(杨正宇), Tian X-Z(田新智). 2000. Patch dynamics of alkaline *Leymus chinensis* grassland under grazed and ungrazed conditions. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报), **24**(6): 656~ 661(in Chinese)

19 Yang Y-F(杨允菲), Li J-D(李建东). 2001. Structure of ramets in clonal population of *Carex duriuscula* on Songnen Plain of China. *Acta Prata Sin*(草业学报), **10**(1): 35~ 41(in Chinese)

20 Yang Y-F(杨允菲), Liu G-C(刘庚长), Zhang B-T(张宝田). 1995. An analysis of age structure and the strategy for asexual propagation of *Aneurolepidium chinense* population. *Acta Bot Sin*(植物学报), **37**(2): 147~ 153(in Chinese)

21 Yang Y-F(杨允菲), Zhang B-T(张宝田), Li J-D(李建东). 2003. Structure of the modules on *Leymus chinensis* clones under cultivated condition in the Songnen Plains of China. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **14**(11): 1847~ 1850(in Chinese)

22 Yang Y-F(杨允菲), Zhang B-T(张宝田). 1992. An analysis of seasonal variation of vegetative propagation and the relationships between biomass and population density of *Aneurolepidium chinense* in Songnen Plain. *Acta Bot Sin*(植物学报), **34**(6): 443~ 449(in Chinese)

23 Yang Y-F(杨允菲), Zheng H-Y(郑慧莹), Li J-D(李建东). 1998. Methods of study on age structure of clonal population in rhizome type grass. *J Northeast Normal Univ*(Nat Sci)(东北师范大学学报·自然科学版), **30**(1): 49~ 53(in Chinese)

24 Yang Y-F(杨允菲), Zheng H-Y(郑慧莹). 1998. Comparison analysis on the experimental communities during progressive succession on alkaline patches in the Songnen Plain of China. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报), **22**(3): 214~ 221(in Chinese)

25 Yang Y-F(杨允菲), Lang H-Q(郎惠卿). 1998. A study of population regulation of *Phragmites communis* as a clonal plant in different ecological conditions. *Acta Prata Sin*(草业学报), **7**(2): 1~ 9(in Chinese)

26 Yang Y-F(杨允菲), Li J-D(李建东), Zheng H-Y(郑慧莹). 1997. Vegetative propagation characters of clonal of *Hierochloa glabra* in Songnen Plain. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **8**(6): 571~ 574(in Chinese)

27 Yang Y-F(杨允菲), Li J-D(李建东). 1994. Effects of different utilization methods on reproductive characters of *Aneurolepidium chinense*. *Grassl China*(中国草地), (5): 34~ 37(in Chinese)

28 Yang Y-F(杨允菲), Zheng H-Y(郑慧莹). 2000. Age structure on clone population of *Calamagrostis pseudophragmites* in the Songnen Plain of China. *Acta Prata Sin*(草业学报), **9**(3): 8~ 13(in Chinese)

29 Yang Y-F(杨允菲), Zheng H-Y(郑慧莹), Li J-D(李建东). 1998. Comparison of age structures of the tillers in the *Leymus chinensis* population, a clonal grass species under different ecological conditions. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **18**(3): 302~ 308(in Chinese)

30 Zhang B-T(张宝田), Yang Y-F(杨允菲). 2003. Dynamics of community on the restoring process of flooded disturbance in *Leymus chinensis* meadow of the Songnen Plain in China. *Acta Prata Sin*(草业学报), **12**(2): 30~ 35(in Chinese)

31 Zhang J-E(章家恩), Xu Q(徐琪). 1999. Major issues in restoration ecology researches. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **10**(1): 109~ 113(in Chinese)

作者简介 李海燕, 女, 1975 年生, 博士生. 主要从事植物种群生态学研究. 发表论文 5 篇. E-mail: Lihy697@nenu.edu.cn