

不同生境囊果苔草种群分蘖株的数量特征

贾风勤¹, 金希堂², 李紫薇¹, 张 维¹

(1 伊犁师范学院 化学与生物科学学院, 新疆 伊犁 835000; 2 霍城县科学技术局, 新疆 伊犁 835000)

[摘 要] 【目的】研究伊犁四爪陆龟保护区不同生境下囊果苔草无性系种群分蘖株的年龄结构及其数量特征。【方法】通过野外采样、室内测定的方法, 对坡顶、沟底和繁育区 3 种生境内囊果苔草各龄级分蘖株的数量、高度、生物量、生产力等数量性状进行系统分析。【结果】不同生境对囊果苔草营养分蘖株的年龄结构影响不明显。坡顶样地囊果苔草种群营养分蘖株由 3 个龄级组成, 沟底样地和繁育区样地均由 2 个龄级组成, 生殖分蘖株仅存在于繁育区且只有 1 龄级。3 个样地中, 分蘖株的数量、高度、生物量均以 1 龄株占明显优势, 均为增长型年龄结构; 平均单株生产力也以 1 龄株最高, 并随龄级增加呈现不同程度下降。不同生境内囊果苔草种群营养分蘖株的数量特征呈现出较大程度的变异。【结论】3 个样地中营养分蘖株的数量、高度、生物量和生产力均以 1 龄株占优势, 均呈增长型年龄结构; 1 龄株以其较高的生产力和数量在种群中占据了主要地位。

[关键词] 囊果苔草; 分蘖株; 生物量; 年龄结构

[中图分类号] S543⁺. 901

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)04-0205-06

Quantitative characters of *Carex physodes* clonal population in different habitats of *Testudo horsfieldi* nature reserve in Yili

JIA Feng-qin¹, JIN Xi-tang², LI Zi-wei¹, ZHANG Wei¹

(1 Chemistry and Biological Science of Yili Normal University, Yili, Xinjiang 835000, China;

2 Science and Technology Bureau Huocheng County, Yili, Xinjiang 835000, China)

Abstract: 【Objective】The research was to study age structure and other quantitative characters of *Carex physodes* clonal population in different habitats of *Testudo horsfieldi* nature reserve in Yili. 【Method】Based on field investigation and laboratory analysis, quantitative characters such as the number, height, biomass and productivity of *C. physodes* tillers on hill top, valley floor and in reproductive zone were studied. 【Result】The vegetative tillers consist of three age classes in hill top plots and two age classes in valley floor and reproductive zone respectively. The reproductive tillers have only one age class that is found only in reproductive plots. The age structure of the vegetative tillers shows no obvious difference in different habitats, and the one-year-old tillers have the largest set number, height and biomass. The quantitative characters show an increasing type of age structure in clonal population of *C. physodes* in different habitat. The one-year old tillers have the highest productivity among clones of all the three age classes, and with ages the productivity reduces gradually. There are large differences of quantitative characters of *C. physodes* clonal population in different habitats. 【Conclusion】The one-year old tillers are predominant in clonal populations of *C. physodes* in *T. horsfieldi* nature reserve with high productivity and large amount.

Key words: *Carex physodes*; tillers; biomass; age structure

* [收稿日期] 2010-12-23

[基金项目] 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2009211A11)

[作者简介] 贾风勤(1973—), 女, 河南扶沟人, 讲师, 主要从事资源植物学研究。E-mail: jfqanan@sina.com

囊果苔草(*Carex physodes*)是一种重要的早春优质牧草,在新疆伊犁霍城县境内的四爪陆龟保护区中有广泛分布,是国家Ⅰ级保护动物四爪陆龟栖息环境中的主要植物。囊果苔草属于典型的短命植物。短命植物是新疆植物区系组成的一个独特类群,它们可以在降水稀少、夏季酷热、冬季严寒,但冬春又有一定雨雪的严酷自然条件下生存^[1-4]。伊犁河谷有短命植物 160 种以上,成为新疆短命植物物种多样性最丰富的地区,由于短命植物往往与沙质、沙壤质和沙砾质的生境相联系,几乎从不进入无沙覆盖的黏质土龟裂地中^[1],因此,可以通过短命植物生长过程中环境水分条件的变化及其对偶然性降水的极大敏感性,来判断立地环境水热条件的变化情况。

囊果苔草是一种具有短根茎的多年生无性系禾草,无性繁殖能力强,多以株丛或单株形式分布于四爪陆龟保护区山前荒漠中^[5],往往可以形成单优势群落,在囊果苔草的短根茎上萌发的芽有 2 种生长途径:一是向上生长形成 1 龄级分蘖株;二是形成新根茎,继续留在土壤中。在 1 龄级分蘖株的分蘖节上产生的芽向上生长为 2 龄级分蘖株,同样,在 2 龄级分蘖节上生长的为 3 龄级分蘖株^[6],这些由根茎或分蘖节上的芽萌发生长形成的分蘖株即为无性系,无性系植物依靠营养繁殖子代进行亲代的补充更新。

国外对无性系生物的生态及数量特征等的研究较早,国内自 20 世纪 80 年代开始,陆续有一些学者进行了这方面的研究^[7-15],但对短命植物囊果苔草无性系分蘖株的年龄结构、营养繁殖特性及其数量性状方面的研究还鲜有报道。为此,本研究通过对囊果苔草无性系的实地调查,系统分析了分蘖株年龄结构的诸多数量性状,以揭示不同扰动情况下无性系营养繁殖和持续补充更新的特性,为根茎无性系禾草趋同适应的进化生态学研究奠定基础,并为生产实践中囊果苔草的利用和管理提供理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

伊犁四爪陆龟保护区位于北纬 44°06′~44°18′,东经 80°48′~81°58′,海拔 700~1 100 m^[16],为天山支脉阿拉斯山山前荒漠草原地带。年均气温 9.4℃,无霜期 165 d,年均降水量 220 mm,蒸发量 1 521 mm。保护区面积约 300 km²,地貌呈垄状长岗形,为山前倾斜平原向山地的过渡带,土壤为灰钙土^[5]。

在保护区内,选设 3 个囊果苔草单优势种群的不同生境作为研究样地,一个是坡顶样地,即山前荒

漠草原垄状长岗地势较为平坦的坡顶地段,放牧期间囊果苔草被牲畜频繁采食,相对干扰强度最大;一个是沟底样地,即垄状长岗所形成的沟底地段,放牧期间采食活动不频繁,相对干扰强度居中;一个是繁育区样地,即围封禁牧繁育区地段,相对干扰强度最小,样地上囊果苔草群落均以数 m² 至数十 m² 大小不等的斑块镶嵌于苦豆子群落及其他群落中。在斑块中心一般为单一囊果苔草,边缘伴生少量毛穗旱麦草(*Eremopyrum distans*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)、角果毛茛(*Ceratocephalus testiculatus*)和野燕麦(*Avena fatua*),以短命和类短命植物为主^[2]。

1.2 研究方法

1.2.1 试验方法 2010-05-29—30,于囊果苔草籽实成熟期,在单优势种群斑块上按单位面积取样。取样面积为 25 cm×25 cm,每样地 4~6 次重复。取样时将样方内植株的地上部分连同地下根茎部分一并挖出,于室内用流水轻轻冲洗干净,保持地上植株与地下根茎、分蘖节与植株和根茎之间的自然联系,以利于鉴别与计数。3 块样地均未达到过度放牧干扰的强度,属于一般放牧干扰范围。

1.2.2 分蘖株龄级的划分标准及鉴别 分蘖株龄级以分蘖节营养繁殖存活的世代进行划分,按形态特征进行鉴别。具体方法为:由根茎顶端或根茎节间向上生长的分蘖株为 1 龄株,由 1 龄株分蘖节产生的分蘖株为 2 龄株,由 2 龄株分蘖节产生的分蘖株为 3 龄株,依此类推,对样方进行逐一划分^[6]。不同龄株在分蘖节的不同位置上有明显的株痕,从上到下为低龄级至高龄级株痕。在确定高龄级分蘖株及根茎年龄时,尤其要重视株痕龄级的识别。

1.2.3 分蘖株各数量指标的测算 根据分蘖株是否进行生殖生长来区分营养分蘖株和生殖分蘖株。

测定同一龄级分蘖株的累计长度,取其与该龄级分蘖株数之比作为该龄级分蘖株株高。

分别计数每个样方内各龄级分蘖株数量,将各龄级分蘖株分别放置,风干后称质量即得其地上生物量。用各龄级分蘖株平均单株质量作为该龄级分蘖株的生产力^[7,11]。

营养分蘖株平均单株生产力=营养分蘖株平均单株质量=单位面积营养分蘖株总质量/营养分蘖株数。

生殖分蘖株平均单株生产力=生殖分蘖株平均单株质量=单位面积生殖分蘖株总质量/生殖分蘖株数。

1.2.4 数据处理 分别统计各龄级分蘖株数量、株

高、生物量、平均单株质量,并换算成 1 m×1 m 常规单位面积的数量指标^[7]。取各样方的平均值,并计算标准差(SD)和变异系数 CV(%),用平均值表示各龄级分蘖株基本数量指标的组成,标准差反映重复取样间的变异程度,变异系数反映重复取样间的相对变异程度,将标准差和变异系数有机结合在一起,能更客观、真实地反映重复取样时样地内和样地间各龄级分蘖株在数量、质量、株高上的变异程度。各龄级某指标所占比例为其平均值与合计值之比。

2 结果与分析

2.1 不同生境囊果苔草种群分蘖株数量的年龄结构

从表 1 可以看出,四爪陆龟保护区囊果苔草种群营养分蘖株最多由 3 个龄级组成,最少由 2 个龄级组成;生殖分蘖株仅存在 1 个龄级。3 个样地中营养分蘖株均以 1 龄级最多,2 龄级次之,3 龄级最少。其中,1 龄级营养分蘖株在沟底达 82.5%,在坡

顶和繁育区分别高达 92.4%和 97.1%;随着龄级的增加,各龄级营养分蘖株所占比例均大幅度下降,坡顶 3 龄级营养分蘖株仅占 0.5%,沟底和繁育区最高龄级均为 2 龄级,分别占 17.5%和 2.9%;3 个样地营养分蘖株数量的年龄结构均表现为增长型。从表 1 还可以看出,各样地囊果苔草无性系种群不同龄级营养分蘖株数量的变异系数为 19.7%~181.3%。随着龄级的增加,变异系数迅速增加,具体表现为:样地间 1 龄级营养分蘖株的变异系数较为接近,分别为 20.3%,19.7%和 28.3%;2、3 龄级营养分蘖株的变异系数表现出明显差异,变化幅度为 41.4%~181.3%;在同一样地内,坡顶样地 1、3 龄级和繁育区 1、2 龄级营养分蘖株的变异系数差值分别达 94.7%和 153%。由此说明,无论在样地间还是在样地内,普遍具有 1 龄级分蘖株最多且数量相对变化不大的特点,而高龄级分蘖株因受不同强度干扰,在数量性状上表现出了较大的生态可塑性。

表 1 不同生境囊果苔草种群分蘖株数量的年龄结构

Table 1 Age structures of tillers on the number character of *C. physodes* populations in different habitats

生境 Habitat	分蘖株类型 Type of tiller	1 龄级 1st age		2 龄级 2nd age		3 龄级 3rd age		各龄级株数比例/% Ratio		
		株数 Number of tillers	CV/%	株数 Number of tillers	CV/%	株数 Number of tillers	CV/%	1	2	3
坡顶 Hill top	营养 Vegetative	1 516.0±308.4	20.3	116.0±91.8	79.1	8.0±9.2	115.0	92.4	7.1	0.5
沟底 Vellay floor	营养 Vegetative	904.0±177.9	19.7	192.0±79.5	41.4	—	—	82.5	17.5	—
繁育区	营养 Vegetative	354.7±100.4	28.3	10.7±19.4	181.3	—	—	97.1	2.9	—
Reproductive zone	生殖 Reproductive	120.0±148.6	123.8	—	—	—	—	100	—	—

2.2 不同生境囊果苔草种群分蘖株高度的年龄结构

表 2 结果显示,3 个样地囊果苔草种群营养分蘖株高度均以 1 龄株最大,且均随着龄级的增大逐渐减小。坡顶样地上 1 龄株平均株高为 6.79 cm,其株高所占比例为 50.37%,分别为 2、3 龄级分蘖株的 1.4 和 3.7 倍;在沟底样地上,1、2 龄株平均株高分别为 5.61 和 5.06 cm,变化不明显,但仍以 1 龄株为大;在繁育区样地上,1、2 龄级营养分蘖株平

均株高之比为 1.75:1,明显以 1 龄株占优势,且该样地 1 龄株株高为所有分蘖株之首。由此可见,囊果苔草种群分蘖株株高为增长型结构。由样地内与样地间囊果苔草种群分蘖株高度的标准差和变异系数可以看出,各样地高龄株的标准差显著高于低龄株,如坡顶样地 3 龄级分蘖株和繁育区样地生殖分蘖株标准差高于其平均值即 1.83 和 4.59,说明高龄级分蘖株株高在各龄级分蘖株中差异最大。

表 2 不同生境囊果苔草种群分蘖株高度的年龄结构

Table 2 Age structures and spectrum of tillers on the height of *C. physodes* populations in different habitats

生境 Habitat	分蘖株类型 Type of tiller	1 龄级 1st age		2 龄级 2nd age		3 龄级 3rd age		各龄级株高所占比例/% Ratio		
		株高/cm Height of tillers	CV/%	株高/cm Height of tillers	CV/%	株高/cm Height of tillers	CV/%	1	2	3
坡顶 Hill top	营养 Vegetative	6.79±1.47	21.65	4.86±0.76	15.64	1.83±2.31	126.23	50.37	36.05	13.58
沟底 Vellay floor	营养 Vegetative	5.61±2.12	37.78	5.06±2.27	44.86	—	—	52.58	47.42	—
繁育区	营养 Vegetative	9.01±4.15	46.06	5.14±9.46	184.05	—	—	63.68	36.32	—
Reproductive zone	生殖 Reproductive	4.59±5.17	112.60	—	—	—	—	100	—	—

2.3 不同生境囊果苔草种群分蘖株生物量的年龄结构

从表 3 可以看出,分蘖株生物量的年龄结构与

分蘖株数量相似,也表现为 1 龄株>2 龄株>3 龄株。1 龄株生物量远大于其他龄级,1 龄级营养分蘖株对种群生物量的贡献最大,平均约有 95.82%的

养分是由 1 龄分蘖株同化积累的,最大的贡献比例达 98.12%,最小也有 92.56%,均在种群总生物量的 90%以上;坡顶、沟底、繁育区 3 种生境下,2 龄株对种群总生物量的贡献比例分别为 3.13%,7.44%和 1.88%;3 龄株的养分积累量最少,仅占 0.08%;由于生殖株中只存在 1 龄株,因此所有的生物量积累均由其完成。由此说明,囊果苔草种群养分的重

要生产者 是 1 龄株,2 龄株对种群生物量的贡献居于次要地位,3 龄株对种群生物量的贡献几乎可以忽略不计,种群生物量组成也表现为明显的增长型年龄结构。幼龄株的生物量高,是种群具有较大营养繁殖潜力、可持续生存和发展的具体表现,也反映了四爪陆龟保护区囊果苔草种群具有的强大生命力。

表 3 不同生境囊果苔草种群分蘖株生物量的年龄结构

生境 Habitat	分蘖株类型 Type of tiller	各龄级分蘖株生物量/g Biomass of tillers in different age class			各龄级生物量所占比例/% Ratio		
		1	2	3	1	2	3
坡顶 Hill top	营养 Vegetative	26.186±3.696	0.848±0.439	0.021±0.024	96.79	3.13	0.08
沟底 Vellay floor	营养 Vegetative	20.064±7.277	1.612±1.584	—	92.56	7.44	—
繁育区	营养 Vegetative	14.879±5.914	0.285±0.473	—	98.12	1.88	—
Reproductive zone	生殖 Reproductive	1.167±0.984	—	—	100	—	—

2.4 不同生境囊果苔草各龄级分蘖株的生产力

由表 4 可知,3 个样地囊果苔草种群平均单株质量(平均单株生产力)为 32.0 mg,总趋势为龄级越高,生产力越低。其中,干扰最严重的坡顶样地 1 龄级营养分蘖株的生产力是 17.5 mg,2 龄株为 11.6 mg,3 龄株为 1.3 mg,1 龄株的生产力分别为 2、3 龄株的 1.51 和 13.46 倍;沟底 2 个龄级分蘖株生产力

的比重分别为 72.47%和 27.53%;在无干扰的围封禁牧繁育区,1、2 龄株生产力的差别则更大,前者是后者的 4.22 倍。由此可见,无论样地情况如何,均以 1 龄级分蘖株的生产力最高,生产力随着龄级的增加呈不同程度下降,1 龄级分蘖株以其较高的生产力和较多的数量在种群中占据优势地位。

表 4 不同生境囊果苔草种群各龄级分蘖株的生产力

生境 Habitat	分蘖株类型 Type of tiller	各龄级平均单株质量/mg Average weight per ramet		
		1	2	3
坡顶 Hill top	营养 Vegetative	17.5±2.2	11.6±9.5	1.3±1.5
沟底 Vellay floor	营养 Vegetative	22.9±9.4	8.7±9.0	—
繁育区 Reproductive zone	营养 Vegetative	42.2±15.6	10.0±16.1	—
	生殖 Reproductive	13.9±20.9	—	—

2.5 不同生境囊果苔草种群分蘖株数量特征的变异性

将同一样地的所有调查样方数据进行合并,可

得囊果苔草种群分蘖株的各数量特征及其变异系数如表 5 所示。

表 5 不同生境囊果苔草种群分蘖株数量特征的变异性

生境 Habitat	分蘖株类型 Type of tiller	数量 Number			株高 Height		
		平均值 Mean	SD	CV/%	平均值/cm Mean	SD	CV/%
坡顶 Hill top	营养 Vegetative	546.67	254.83	46.61	4.49	2.45	54.57
沟底 Vellay floor	营养 Vegetative	548.00	254.83	46.50	5.34	4.14	77.53
繁育区	营养 Vegetative	182.67	117.76	64.47	7.08	11.54	162.99
Reproductive zone	生殖 Reproductive	120.00	148.60	123.83	4.59	5.17	112.63
生境 Habitat	分蘖株类型 Type of tiller	生物量 Biomass			生产力 Biomass per tillers		
		平均值/g Mean	SD	CV/%	平均值/g Mean	SD	CV/%
坡顶 Hill top	营养 Vegetative	9.02	3.40	37.69	10.13	2.20	21.72
沟底 Vellay floor	营养 Vegetative	10.84	8.54	78.78	15.80	17.33	109.68
繁育区	营养 Vegetative	7.58	5.94	78.36	26.10	17.16	65.75
Reproductive zone	生殖 Reproductive	1.17	0.98	83.76	13.90	20.90	150.36

从表 5 可以看出,无论是种群营养分蘖株的株高、生物量还是生产力,基本均表现为坡顶样地小于

沟底和繁育区样地,变异系数变化趋势与之相同;沟底样地养分蘖株数量和株高的变异系数较繁育区低,生物量和生产力的变异系数则较繁育区高,说明干扰程度的大小对囊果苔草种群分蘖株有明显影响。在强干扰生境下,4 个数量特征变异情况相近,分蘖株的各项指标分配较均匀;在干扰强度小或无的生境中,由于低龄级分蘖株表现出优势生长,高龄株生长很慢或没有生长,因此使样地内分蘖株的数量特征呈现出较大程度的变异。

3 结 论

1)四爪陆龟保护区囊果苔草种群营养分蘖株最多由 3 个龄级组成,最少由 2 个龄级组成,生殖分蘖株仅存在 1 个龄级。在 3 个样地养分蘖株数量的年龄结构中,均以 1 龄级占最大比重,2 龄级次之,3 龄级最小,3 个样地养分蘖株数量的年龄结构均表现为增长型种群。

2)四爪陆龟保护区囊果苔草种群营养分蘖株的高度均以 1 龄级最大,且随着龄级的增加而逐渐减小。坡顶样地和繁育区均以 1 龄级分蘖株的株高占明显优势,沟底样地 1、2 龄级分蘖株株高相差不大。

3)四爪陆龟保护区囊果苔草种群养分的主要生产者 是 1 龄株,2 龄株对种群生物量的贡献居于次要地位,3 龄株对种群生物量的贡献几乎可以忽略不计,3 个样地分蘖株生物量组成表现为明显的增长型年龄结构。囊果苔草种群平均单株质量,即平均单株生产力以 1 龄级分蘖株最高,并随着龄级的增加有不同程度下降,1 龄级分蘖株以其较高的生产力和数量在种群中占据了优势地位。

4)囊果苔草种群营养分蘖株的数量特征,表现为坡顶样地养分蘖株数量和株高的变异系数较沟底和繁育区样地低,生物量和生产力则恰好相反。说明在干扰强度小或无的生境中,由于低龄级分蘖株表现出优势生长,高龄株生长很慢或没有生长,因此样地内分蘖株的数量特征呈现出较大程度的变异。

[参考文献]

[1] 夏 阳,张立运,杨维康.新疆荒漠类草地自然保护区的植被及特征[J].干旱区研究,1997,14(3):41-47.
Xia Y,Zhang L Y,Yang W K. The vegetation and its features in the desert grassland nature reserve of Xinjiang [J]. Arid Zone Research,1997,14(3):41-47. (in Chinese)

[2] 徐远杰,陈亚宁,李卫红,等.中国伊犁河谷种子植物区系分析[J].干旱区研究,2010,27(3):331-337.

Xu Y J,Chen Y N,Li W H,et al. Analysis on the Spermatophyte floras in the Yili river valley of China [J]. Arid Zone Research,2010,27(3):331-337. (in Chinese)

[3] 毛祖美,张佃民.新疆北部早春短命植物区系纲要[J].干旱区研究,1994,11(3):1-26.
Mao Z M,Zhang D M. The conspectus of ephemeral flora in northern Xinjiang [J]. Arid Zone Research,1994,11(3):1-26. (in Chinese)

[4] 王 焯.新疆早春短命及类短命植物的物候观测[J].干旱区研究,1993,10(3):34-39.
Wang Y. Phenological observation of the early spring ephemeral and ephemeroid plant in Xinjiang [J]. Arid Zone Research,1993,10(3):34-39. (in Chinese)

[5] 胡汝翼.中国天山自然地理[M].北京:中国环境科学出版社,2004:424.
Hu R J. Physical geography of the Tiansan Mountains in China [M]. Beijing:China Environmental Science Press,2004:424. (in Chinese)

[6] 杨允菲,郝慧莹,李建东.根茎禾本无性系种群年龄结构的研究方法[J].东北师范大学学报,1998,30(1):49-53.
Yang Y F,Zheng H Y,Li J D. Methods of study on age structure of clonal population in rhizome type grass [J]. Journal of Northeast Normal University,1998,30(1):49-53. (in Chinese)

[7] 杨允菲,李建东.松嫩平原寸草苔无性系种群分株的结构[J].草业学报,2001,10(1):35-41.
Yang Y F,Li J D. Structure of ramets in clonal population of *Carex duriuscula* on Songnen Plains of China [J]. Acta Prataculturae Sinica,2001,10(1):35-41. (in Chinese)

[8] 郭力华,杨允菲,李建东.松嫩平原不同生境寸草苔种群生殖分株的数量特征及生殖分配动态[J].草业学报,2005,14(2):63-68.
Guo L H,Yang Y F,Li J D. Quantitative characters and reproductive allocation dynamics on reproductive ramets of *Carex duriuscula* populations in different habitats in the Songnen Plains of China [J]. Acta Prataculturae Sinica,2005,14(2):63-68. (in Chinese)

[9] 李小钊,刘晓东,邢军会,等.毛果苔草生殖分蘖株生长及生殖分配的表型可塑性调节[J].东北林业大学学报,2009,37(9):54-56.
Li X L,Liu X D,Xing J H,et al. Phenotypic plasticity of reproductive tiller growth and reproductive allocation in *Carex lasiocarpa* [J]. Journal of Northeast Forestry University,2009,37(9):54-56. (in Chinese)

[10] 杨允菲,刘庚长,张宝田.羊草种群年龄结构及无性繁殖对策的分析[J].植物学报,1995,37(2):147-153.
Yang Y F,Liu G C,Zhang B T. An analysis of age structure and the strategy for asexual propagation of *Aneurolepidium chinense* population [J]. Acta Botancia Sinica,1995,37(2):147-153. (in Chinese)

[11] 张春和,李建东.星星草群落地上生产结构、现存量季节动态和净初级生产力的研究[J].草业学报,1995,4(1):36-43.
Zhang C H,Li J D. Seasonal dynamics of productive structure

standing crops and net primary productivity of *Puccinellia community* [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 1995, 4(1): 36-43. (in Chinese)

[12] 柳海鹰,李政海,刘玉虹,等. 羊草草原在放牧退化与围封恢复过程中群落性状差异的变化规律 [J]. 内蒙古大学学报:自然科学版, 2000, 31(3): 314-318.

Liu H Y, Li Z H, Liu Y H, et al. The changing laws of community nature of *Leymus chinensis* steppe in process of grazing degradation and enclosing recovery [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, 2000, 31(3): 314-318. (in Chinese)

[13] 杨允菲,郑慧莹,李建东. 放牧干扰对根茎冰草无性系种群年龄结构的影响 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 71-75.

Yang Y F, Zheng H Y, Li J D. The effects of grazing on age structure in clonal populations of *Agropyron michnoi* [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(1): 71-75. (in Chinese)

[14] 杨允菲,张宝田,李建东. 松嫩平原栽培条件下羊草无性系构

件的结构 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1847-1850.

Yang Y F, Zhang B T, Li J D. Structure of the modules on *Leymus chinensis* clones under cultivated condition in the Songnen Plains of China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(11): 1847-1850. (in Chinese)

[15] 李 红,杨允菲,乔喜波. 松嫩平原野大麦无性系分蘖株的年龄结构 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 403-407.

Li H, Yang Y F, Qiao X B. Age structure tillers of *Hordeum brevisulatum* clone in Songnen Plains of China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(3): 403-407. (in Chinese)

[16] 史海涛. 四爪陆龟生态学研究概况及保护现状 [J]. 四川动物, 1998, 17(2): 66-69.

Shi H T. Studies on ecology of *Testudo horsfieldi* gray and status of its conservation [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 1998, 17(2): 66-69. (in Chinese)

(上接第 204 页)

[6] 韩果萍,周华凤. 木脂素类化合物的药理研究进展 [J]. 陕西师范大学学报:自然科学版, 2005, 33(6): 142-144.

Han G P, Zhou H F. Current pharmacology research advances of Lignans [J]. *Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition*, 2005, 33(6): 142-144. (in Chinese)

[7] Rosalia F, Giulia G, Monica G, et al. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctium lappa*) seeds, roots and leaves [J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2010, 51(2): 399-404.

[8] Duh P D. Antioxidant activity of burdock (*Arctium lappa* Linne); Its scavenging effect on free-radical and active oxygen [J]. *JAOCS*, 1998, 75(4): 455-461.

[9] Chen F A, Wu A B, Chen C Y. The influence of different treatments on the free radical scavenging activity of burdock and variations of its active components [J]. *Food Chemistry*, 2004, 86(4): 479-484.

[10] Tumay Y, Belma A, Sahlan O, et al. Antimicrobial and antioxidant activities of *Russula delica* Fr [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2009, 47(8): 2052-2056.

[11] 樊青玲,张耀兮,李天才. 藜叶中黄酮类化合物体外抗氧化活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(4): 672-675.

Fan Q L, Zhang Y X, Li T C. Study on antioxidant activity *in vitro* of Flavonoids from *Chenopodium album* L. leaves [J]. *Natural Product Research and Development*, 2009, 21(4): 672-675. (in Chinese)

[12] Wei Q, Ma X H, Zhao Z, et al. Antioxidant activities and chemical profiles of pyroligneous acids from walnut shell [J]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2010, 88(2): 4205-4211.

[13] Sinha A K. Colorimetric assay of Catalase [J]. *Analytical Biochemistry*, 1972, 47(2): 389-394.

[14] Ozsoy N, Can A, Yanardag R, et al. Antioxidant activity of *Smilax excelsa* L. leaf extracts [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110(3): 571-583.

[15] Su M S, Shyu Y T, Chien P J. Antioxidant activities of citrus herbal product extracts [J]. *Food Chemistry*, 2008, 111(4): 892-896.

[16] Sumaira S, Muhammad R K, Rahmat A K. Evaluation of antioxidant activities of various solvent extracts of *Carissa opaca* fruits [J]. *Food Chemistry*, 2010, 122(4): 1205-1211.

[17] 廖红梅,肖建青,刘锡葵. 野生蔬菜马齿苋抗氧化活性 [J]. 食品科技, 2010, 35(6): 214-221.

Liao H M, Xiao J Q, Liu X K. Antioxidant activity of the wild edible vegetable; *Portulaca oleracea* [J]. *Food Science and Technology*, 2010, 35(6): 214-221. (in Chinese)

[18] 邓 靖,莫正昌,汲广全,等. 蛇菰提取物体外抗氧化活性研究 [J]. 食品科学, 2010, 31(5): 23-25.

Deng J, Mo Z C, Ji G Q, et al. Antioxidant activity of extract from *Balanophora spicata* Hayata *in vitro* [J]. *Food Science*, 2010, 31(5): 23-25. (in Chinese)