

松嫩平原碱化草甸朝鲜碱茅 (*Puccinellia chinampoensis*) 种群生殖分蘖株的生长规律

孙 菊, 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: 朝鲜碱茅 (*Puccinellia chinampoensis*) 是一种耐盐碱丛生型禾草, 广泛分布于松嫩平原碱化草甸。采用每隔 3d 对朝鲜碱茅种群中处于抽穗初期的生殖分蘖株随机挂一次标签, 于籽实蜡熟期同时进行大样本取样与测定的方法, 定量分析了 5 次所标记的生殖分蘖株的数量性状的变化规律及生殖分蘖株的生长规律。结果表明, 在朝鲜碱茅种群中, 虽然抽穗时间只相隔 3d, 但生殖分蘖株的各数量性状均具有较大的表型可塑性, 总的变化趋势是抽穗时间相隔越长, 差异越大。其中, 5 次样本中的相邻平均花序生物量之间的差异均达到了显著水平。延长生殖生长 16d, 平均分蘖株高增加了 23.16%, 花序长增加了 25.70%, 分蘖株生物量增加了 74.99%, 花序生物量增加到 2.63 倍, 生殖分配增加了 93.25%。随着生殖生长时间的延长, 朝鲜碱茅种群生殖分蘖株高、分蘖株生物量和花序生物量均呈指数增加, 花序长和生殖分配呈直线增加, 生殖生长比率呈先增加后降低的抛物线变化。不同时间进入生殖生长阶段的生殖分蘖株均具有相同的生长规律。其中, 花序长均随分蘖株高的增加呈指数异速增长, 花序生物量均随分蘖株生物量的增加呈直线同速增长。分蘖株的生殖生长越延长, 对现实种群的贡献就越大, 对未来种群的贡献更大。

关键词: 朝鲜碱茅; 生殖分蘖株; 延长生殖生长; 生物量; 生殖分配; 生长规律

文章编号: 1000-0933(2008)02-0500-08 **中图分类号:** Q145, Q945, Q948, S812 **文献标识码:** A

Quantitative analysis of prolonged reproductive growth of the tillers of *Puccinellia chinampoensis* population in alkalized meadow in the Songnen Plains of China

SUN Ju, YANG Yun-Fei *

Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Key Laboratory of Vegetation Ecology, Ministry of Education, Changchun 130024, China
Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2): 0500 ~ 0507.

Abstract: It is a universal phenomenon that most individuals in a plant population flower in a relatively short period of time as influenced by photoperiod. *Puccinellia chinampoensis* is a salt-tolerant tuft grass. The flowering stage of *P. chinampoensis* populations lasts for about 20 days in alkalized meadow in the Songnen Plains of China, while the rippling stage lasts for only a few days.

Large samples of reproductive tillers of *P. chinampoensis* population were randomly marked with labels every three days at the early earing stage, and the samples marked at five times were reaped together at the dough stage. The differences of the quantitative characters with time were compared among the five samples. Regressive analyses between the means of the quantitative characters and the time of prolonged reproductive growth, and correlation analyses between the growth and the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 30470272, 30770397)

收稿日期: 2006-11-06; **修订日期:** 2007-02-01

作者简介: 孙菊 (1981 ~), 女, 辽宁省沈阳市人, 硕士, 主要从事植物种群生态学研究. E-mail: sunj254cool@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangyf@nenu.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30470272, 30770397)

Received date: 2006-11-06; **Accepted date:** 2007-02-01

Biography: SUN Ju, Master, mainly engaged in plant population ecology. E-mail: sunj254cool@163.com

production of every sample were made. The fitted equations with the highest R^2 were selected from linear, power, exponential and quadratic functions as the models to describe the relationships. The early earing stage was defined as the date when spikes reached about one centimeter from top leaf. The reproductive growth stage was defined as the period from early earing to dough stage. The time of prolonged reproductive growth for each of the samples was defined as the time difference between its reproductive growth time and that of the last sample.

Results of statistical analysis showed that there were significant differences among the five samples in spike biomass and the longer the reproductive growth time, the larger the variances of the quantitative characters, reflecting large phenotypic plasticity of the reproductive tillers in *P. chinampoensis* population. As the time of reproductive growth prolonged by 16 days, the mean height of tillers increased by 23.16%, and the mean length of spikes by 25.70%, the mean biomass of tillers by 74.99%, the mean biomass of spikes by 1.63 times and the mean reproductive allocation by 93.25%. Prolonged time of reproductive growth had a positive effect on the growth and production of tillers, especially the increase of spike biomass and the allocation of nutrients to spikes.

Results of regressive analysis showed that tiller height, tiller biomass and spike biomass of *P. chinampoensis* population increased exponentially with the time of prolonged reproductive growth, and spike length and reproductive allocation increased linearly, while reproductive growth ratio increased first and then decreased, namely a parabola pattern. By comparing increasing rate (coefficient) 'b' in the regressive equations, it was indicated that the assimilated products in the tillers were first allocated to the growth and development of spikes, and then to that of tillers. When the contributions to present population and future population were estimated by tiller biomass and spike biomass respectively, the longer the time of prolonged reproductive growth, the larger the contribution to present and future populations.

There was the same growth regulation among the reproductive tillers in *P. chinampoensis* population with different earing dates. Spike length increased exponentially with tiller height in an allometry way, and spike biomass increased linearly with tiller biomass in an isogony way. Regular changes of increasing rate 'b' in the correlation equations indicated that there were orderly processes in the growth of tiller height and spike length, and matter production and transmission. When the five samples were combined and analyzed as one single sample, the regulating process of increasing rate was not detected.

Key Words: *Puccinellia chinampoensis*; reproductive tiller; prolonged reproductive growth; biomass; reproductive allocation; growth regulation

1 年生植物无论生育期长短,均在种子成熟后死亡。在温带地区,多年生禾本科植物的生殖分蘖株也均在籽实成熟后死亡,并且普遍存在着整个种群在相对集中的时间内成熟的现象。由于个体生长的不整齐性,使种群的开花期总是要持续一定的时间。相对而言,越早开花的个体,生殖生长期越长,越晚开花的个体,生殖生长期越短,致使不同生殖分蘖株在生殖生长时间上具有一定的差异。有关具有不同生殖生长时间的个体的生长、生产和生殖分配,以及对现实种群和未来种群的贡献等研究,迄今尚未见报道。

朝鲜碱茅(*Puccinellia chinampoensis*)是碱茅属多年生丛生型禾草,具有较强的耐盐碱能力,在松嫩平原广泛分布于碱化草甸上,并经常形成大面积的单优群落^[1]。朝鲜碱茅的叶量大、营养丰富、适口性强,各种家畜均喜食,还具有耐践踏性、强再生性、春季返青早、秋季果后营养期长等生物学特性,是耐盐碱植被中饲用价值较高的优良牧草^[2],也是生物治理改良盐碱地中比较理想的草种之一^[3~5]。有关朝鲜碱茅的引种驯化、品种选育及生理特性等已经做了多方面的研究^[6~8],对其种群有性生殖及营养繁殖特性的定量分析等方面也开展了广泛的研究^[9~13]。本文在上述研究的基础上,通过定期挂标签并于籽实成熟期同时取样测定的方法,定量分析了具有不同生殖生长时间的朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的各数量性状的变化规律,以及各时间段生殖分蘖株的生长规律,为丰富植物种群调节理论提供科学积累。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

研究地区位于松嫩平原南部的吉林省长岭种马场,东北师范大学草地生态定位站内实验区内,地理位置为 $44^{\circ}45'N, 123^{\circ}31'E$ 附近^[14,15]。该地区为半干旱季风气候,年平均气温为 $4.9^{\circ}C$, 年均降雨量为 470.6 mm , 主要集中在 6~8 月份,年蒸发量为 $1\ 668\text{ mm}$, 约为降水量的 3.5 倍,无霜期 150 d 左右^[16]。主要植被类型为羊草 (*Leymus chinensis*) 草甸,在极度退化的碱斑地上分布着大片的盐生植物群落,主要的盐生植物有碱蓬 (*Suaeda glauca*; *S. corniculata*; *S. heteropter*)、碱地肤 (*Kochia sieversiana*)、碱蒿 (*Artemisia anethifolia*)、獐毛 (*Aeluropus litoralis* var. *sinensis*)、野大麦 (*Hordeum brevisubulatum*)、星星草 (*Puccinellia tenuiflora*)、朝鲜碱茅 (*P. chinampoensis*) 等,有时形成单优势种群落,有时形成两种或几种比例不同的混生群落^[7]。

1.2 研究材料和方法

研究样地设在具有代表性的朝鲜碱茅成片生长的单优势种群落地段。2006 年,从 5 月 29 日朝鲜碱茅种群进入抽穗期开始,到 6 月 14 日抽穗期结束,每隔 3d 对处于抽穗初期的朝鲜碱茅生殖分蘖株进行大样本随机地挂一次标签,共挂 5 次。抽穗初期的标准拟定为花序顶端伸出旗叶鞘 1 cm 左右。于 6 月 29 日,全体样本的籽实进入蜡熟期,将所有样本同时从分蘖节处剪下,逐一测量其分蘖株高、花序长。标记序号分置,于 $80^{\circ}C$ 烘至恒重后称生物量。每次标记的样本均测量 30 个分蘖株。

统计生殖分蘖株高、分蘖株生物量、花序长、花序生物量、生殖生长比率和生殖分配等 6 项指标的平均数 (M) 和标准差 (SD)。其中, M 为种群水平数量指标量度, SD 用以反映其变异度。将花序长占生殖分蘖株高的百分数作为生殖生长比率 (RR) 的数量指标;花序生物量占生殖分蘖株生物量的百分数作为生殖分配 (RA) 的数量指标,计算公式分别为:

$$\text{生殖生长比率}(RR) = (\text{花序长}/\text{生殖分蘖株高度}) \times 100\%$$

$$\text{生殖分配}(RA) = (\text{花序生物量}/\text{生殖分蘖株生物量}) \times 100\%$$

将抽穗初期至籽实蜡熟期的取样时间作为特定生殖生长时间的衡量标准,由 5 月 29 日,6 月 2 日、6 日、10 日、14 日到取样时间 6 月 29 日,其生殖生长时间分别为 31、27、23、19、15d。把各次样本的生殖生长时间与最后一次标记样本的时间差值 16、12、8、4、0d 分别作为其延长生殖生长时间。对 5 次样本的各数量指标分别作时间差异的新复极差多重比较。将每次样本各数量指标的平均值分别与延长生殖生长时间进行回归分析,对每次样本的生长与生产进行相关分析。采用直线函数、幂函数、指数函数和二次函数中拟合度最高的作为回归或相关分析的描述模型。

2 结果与分析

2.1 分蘖株数量性状的表型可塑性

经统计和多重比较(表 1),在 5 次样本中,虽然抽穗时间只相隔 3d,但相邻平均花序生物量之间的差异均达到了显著水平。在其他数量性状中,存在相邻 2 个或 3 个数值未达到差异显著,但总的变化趋势是抽穗时间相隔越长,差异越大。

就 5 月 29 日与 6 月 14 日两次样本的数量性状相比,延长生殖生长 16d,平均分蘖株高增加了 23.16%,花序长增加了 25.70%,分蘖株生物量增加了 74.99%,花序生物量增加到 2.63 倍,生殖分配增加了 93.25%。由此反映出,在朝鲜碱茅种群中,生殖分蘖株的各数量性状均具有较大的表型可塑性,即生殖分蘖株的生长具有较大的表型可塑性。还反映出延长生殖生长有利于生殖分蘖株的生长和物质生产,尤其有利于花序生物量的增加及营养物质向花序的分配。

2.2 分蘖株的数量特征与延长生殖生长时间的关系

经回归分析(图 1),随着生殖生长时间的延长,朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的平均分蘖株高、分蘖株生物量和花序生物量均呈指数增加($p < 0.01$),平均花序长和生殖分配均呈直线增加($p < 0.01$ 或 $p < 0.05$),生殖生长比率呈先增加后降低的抛物线函数关系($p < 0.05$)。根据方程计算,当生殖生长时间延长 8.31d 时,生殖

接表 1,图 1

生长比率达到最大的理论值。由此反映出,在朝鲜碱茅种群中,具有不同生殖生长时间的生殖分蘖株的各数量性状的变化过程均具有较强的有序性,只是所遵循的规律不尽相同。

2.3 花序长与分蘖株高的关系

经相关分析,在直线函数、幂函数和指数函数等 3 种函数中,不同抽穗初期取样以及 5 次取样作为一个样本的朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的花序长与分蘖株高之间均呈极显著的正相关($p < 0.01$),拟合度最高的均为指数函数。各拟合方程参数、确定系数及显著性检验见表 2,观测值和拟合曲线见图 2。从表 2 中可以看出,在 5 次样本中,以 6 月 6 日,即延长生殖生长时间为 8d 的方程参数 a 值最大, b 值最小,并且随着生殖生长时间的延长和缩短, a 值均呈依次减小趋势, b 值均呈依次增大趋势。与 a 值最小, b 值最大的 6 月 14 日,即相对生殖生长时间最短的样本相比,2 次样本的 a 值相差 2.4 倍, b 值相差 2.1 倍。在 5 次取样的全体样本中, a 值和 b 值均介于 5 次分样本之间。

表 2 朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的花序长(y)与分蘖株高(x)之间的指数方程参数及其显著性检验

Table 2 Parameters and significance tests of exponential equations on relationships between spike length (y) and tiller height (x) of reproductive tillers in *Puccinellia chinampoensis* population

抽穗时间 Earring date (month-day)	延长时间 Prolonged time (d)	样本数 Samplings	方程参数 Parameter of equation		确定系数 Determination coefficient R^2	显著性 Significance P
			a	b		
05-29	16	30	4.7393	0.0177	0.7935	<0.01
06-02	12	30	6.2742	0.0144	0.7282	<0.01
06-06	8	30	8.9851	0.0104	0.7149	<0.01
06-10	4	30	7.7402	0.0112	0.4863	<0.01
06-14	0	30	3.7509	0.0220	0.8783	<0.01
05-29 ~ 06-14	—	150	6.5110	0.0140	0.7235	<0.01

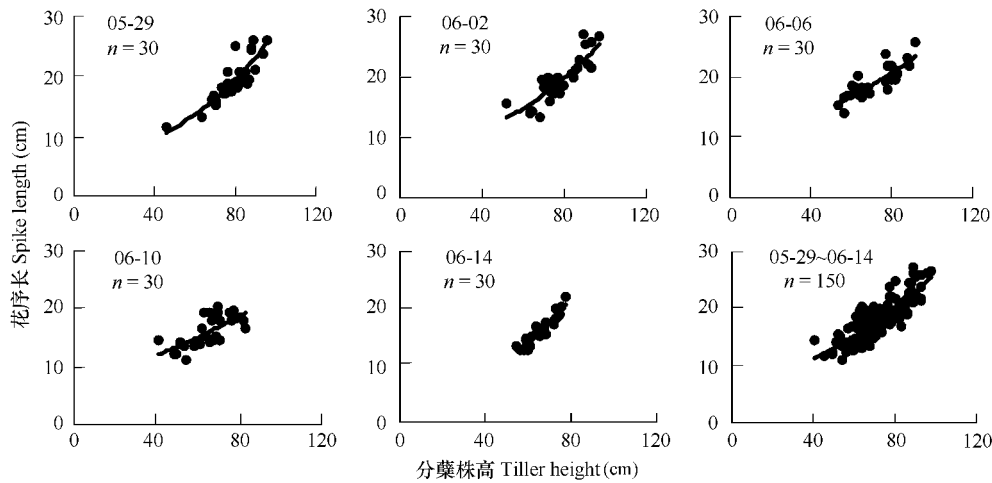


图 2 朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的花序长(y)与分蘖株高(x)的观测值及拟合曲线

Fig.2 Observed data and simulated curves on relationships between spike length (y) and tiller height (x) of reproductive tillers in *Puccinellia chinampoensis* population

2.4 花序生物量与分蘖株生物量的关系

经相关分析,在直线函数、幂函数和指数函数等 3 种函数中,不同时间进入抽穗初期的朝鲜碱茅种群的花序生物量与分蘖株生物量之间均呈极显著的正相关($p < 0.01$),拟合度最高的均为直线函数。将 5 次取样作为一个样本($n = 150$),拟合度最高的为幂函数($R^2 = 0.8317$),其次为直线函数($R^2 = 0.7960$),为了比较方便,这里采用了直线函数作为描述模型。各拟合方程参数、确定系数及显著性检验见表 3,观测值和拟合曲线见

图 3。从表 3 中可以看出,5 次样本中方程的截距 a 值没有规律性变化,但增长速率 b 值随着生殖生长时间的延长呈逐渐增大的趋势。在 16d 的时间里, b 值增加了 46.66%。在全体样本中, a 值比 5 次分样本的均小, b 值均大。

表 3 朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的花序生物量(y)与分蘖株生物量(x)之间的直线方程参数及其显著性检验
Table 3 Parameters and significance tests of linear equations on relationships between spike biomass (y) and tiller biomass (x) of reproductive tillers in *Puccinellia chinampoensis* population

抽穗时间 Earring date (month-day)	延长时间 Prolonged time (d)	样本数 Samplings	方程参数 Parameter of equation		确定系数 Determination coefficient R^2	显著性 Significance P
			a	b		
05-29	16	30	30.5160	0.3713	0.7597	<0.01
06-02	12	30	1.9505	0.2951	0.9198	<0.01
06-06	8	30	8.1167	0.2930	0.8722	<0.01
06-10	4	30	-6.5614	0.2705	0.9293	<0.01
06-14	0	30	-22.5790	0.2549	0.9368	<0.01
05-29~06-14	—	150	-41.5650	0.3825	0.7960	<0.01

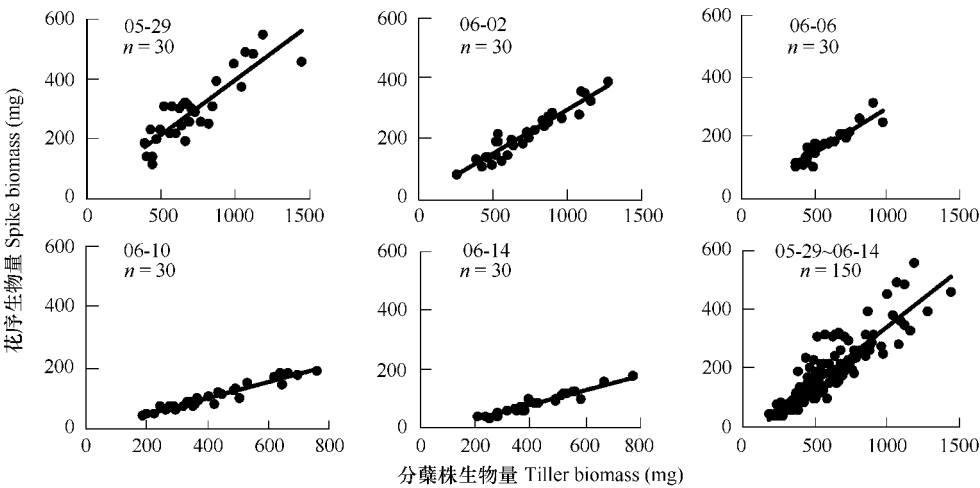


图 3 朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的花序生物量(y)与分蘖株生物量(x)的观测值及拟合曲线
Fig.3 Observed data and simulated curves on relationships between spike biomass (y) and tiller biomass (x) of reproductive tillers in *Puccinellia chinampoensis* population

3 讨论

3.1 延长生殖生长的时间量度

植物受光周期的影响,一般在相对集中的时间内开花结实,但任何植物种群的花期都要有一个或长或短的时间范围。在松嫩平原碱化草甸上,朝鲜碱茅种群的不同生殖分蘖株进入抽穗初期的时间可以从 5 月末一直持续到 6 月中旬,花期可以持续 20d 左右。据观察,不论生殖分蘖株个体抽穗早晚,整个种群的籽实都是在相对十分集中的时间内成熟,甚至一夜大风就可以将花序上的籽粒全部吹落。植物的生殖生长时间应该从幼穗分化开始计时,至籽实成熟,但在外部形态上很难判断和标记。而从抽穗初期到籽实成熟,是植物生殖生长过程的最活跃和最重要的时期,因此,用这段时间作为生殖生长时间的衡量标准,则种群中抽穗越早的分蘖株生殖生长的时间就越延长。用各样本与最后标记样本的生殖生长时间之差作为延长生殖生长时间的量度,既具有可操作性,也可以实现对延长生殖生长的定量化分析。

3.2 种群花期的持续时间

由于形成时间的差异和养分输送的有序性,即使是同一个多花的花序,各花也不是同时开放,而且种群中

不同植株花序形成的时间也不尽相同,由此导致种群花期总是要持续一定的时间。朝鲜碱茅种群的生殖分蘖株抽穗时间的不整齐性,主要有两种原因:一是在松嫩平原,朝鲜碱茅具有较长的果后营养期,从7月中旬至9月末均可不断地产生分蘖芽,其中,部分分蘖芽在适宜的条件下发育成拔节的分蘖株,而那些没有拔节的分蘖株可以越冬,翌年继续生长,称为冬性分蘖株。有研究报道,朝鲜碱茅的生殖分蘖株100%为冬性分蘖株^[17],因而冬性分蘖株的形成时间和生长状况必然参差不齐;二是由于群落的微地形总是存在或大或小的差异,不同分蘖丛以及同一分蘖丛不同位置的分蘖株,在返青时间和生长过程中的受光条件上必然也存在一定的差异。返青越早,生长条件越优越的分蘖株,进入抽穗期的时间也越早,反之越晚。由此共同导致了朝鲜碱茅种群不同分蘖丛和同一分蘖丛的不同分蘖株进入生殖生长的初始时间不同。

3.3 延长生殖生长对种群贡献的解析

在种群水平的数量指标平均数的量度上,不同时间抽穗的朝鲜碱茅的生殖分蘖株,其各数量性状在可塑性变化过程中均具有较强的有序性。随着生殖生长时间的延长,分蘖株高、分蘖株生物量和花序生物量均呈指数增加,花序长和生殖分配呈直线增加,生殖生长比率呈抛物线型变化。一般来说,无论参数的具体数值大小,指数增加属于加速的增加过程,直线增加是匀速的增加过程,抛物线是定时发生逆转的变化过程。在图1中,花序生物量和分蘖株生物量的增长速率分别为 $b=0.0822$ 和 $b=0.0418$,前者是后者的2倍。这里把花序生物量的变化视为生殖器官的生长和物质积累过程,把分蘖株生物量的变化视为物质生产过程,则比较结果表明,在延长生殖生长时间里,朝鲜碱茅种群的生殖分蘖株,总是将物质生产优先用于花序的生长和物质积累。如果用分蘖株的生物量衡量对现实种群物质生产的贡献状况,用花序生物量和生殖分配衡量对未来种群的贡献状况。本研究表现出,生殖生长时间越延长越有利于生殖分蘖株的物质生产,尤其有利于花序生物量积累,这就意味着分蘖株的生殖生长越延长,对现实种群的贡献就越大,对未来种群的贡献更大。

3.4 从参数的规律变化解析植物体与花序生长的有序调节过程

植株高度是植物体生长状况的重要量度,花序长度是生殖生长状况的重要量度。不同时间进入生殖生长阶段的朝鲜碱茅种群生殖分蘖株,其花序长随着分蘖株高的增加均呈指数增加,表明尽管不同时间抽穗开花的分蘖株的分蘖株高和花序长均存在较大的表型可塑性,但它们均遵循着相同的指数异速生长规律。表2中,随着生殖生长时间的延长,5次样本拟合方程的增长速率 b 值呈先减小后增大的变化趋势,与生殖生长比率先增加后降低的变化趋势完全相反,意味着 b 值的变化也可以反映出花序长与分蘖株高的相对生长过程,以及对增长速率的有序调节过程。全体样本中拟合度最高的与5次分样本一致,也是指数函数,只是 b 值介于5次分样本之间,表明全体样本真实地来自于一个整体,但作为一个样本对待时,则掩盖了其增长速率的调节过程。

3.5 从参数的规律变化解析物质生产与养分转移的有序调节过程

分蘖株生物量是个体物质生产状况的重要量度,花序生物量是生殖生长和养分积累状况的重要量度,不同时间进入生殖生长阶段的朝鲜碱茅种群生殖分蘖株,其花序生物量随着分蘖株生物量的增加均呈直线增长,表明尽管不同时间抽穗开花的分蘖株的分蘖株生物量和花序生物量均存在较大的表型可塑性,但它们均遵循着相同的直线同速生长规律。表3中,随着生殖生长时间的延长,5次样本拟合方程的增长速率 b 值呈逐渐增大的变化趋势,反映出朝鲜碱茅种群对于不同时间进入生殖生长的分蘖株,在物质生产和向花序的养分运输上,其增长速率保持着循序渐进的调节过程。全体样本中拟合度最高的函数与5次分样本不同,虽然为了比较方便舍其最而取其次在统计学上仍然有效,并确定系数仅差0.0357,但按照方法中“采用拟合度最高的作为相关分析的描述模型”的原则,全体样本的幂函数与5次分样本的直线函数已属于不同的规律,而且全体样本中直线方程的 a 值比5次分样本的均小, b 值均大,表明当作为一个样本对待时,也掩盖了其增长速率的调节过程。

References:

- [1] Zheng H Y, Li J D. Salt-tolerant plant and restoration of the alkali- saline grassland in Songnen plain. Beijing: Science Press, 1993. 40—44.

- [2] Jia S X. China Forage Plant Flora. Beijing: Agricultural Press, 1987. 131—164.
- [3] Guo X, Liu G Y, Chen G R, *et al.* Studies on the adaptability of *Puccinellia chinampoensis* and *Puccinellia tenuiflora* and their soil improvement in central plants. *Pratacultural Science*, 1997, 14(4):17—19.
- [4] Xu H G, Zhang P, Li L H. Regional experiment of *Puccinellia tenuiflora* (Turcz) Coribn et Merr and *Puccinellia chinampoensis* Ohwi in each county of Hetao area. *Journal Sichuan Grassland*, 1999, (4):22—27.
- [5] Guo X, Zhang L. Study of economic characters of *Puccinellia Chinampoensis* and *Puccinellia tenuiflora*. *He' nan Agricultural Science*, 1996, (11):34—36.
- [6] Zhang Y X, Mei Y X, Li J, *et al.* The cultivation and use of *Puccinellia Chinampoensis* in Kherchin Pasture. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities*, 2004, 19(6): 648—649.
- [7] Guo X Y, Zhou C, Yang Y F, *et al.* Characteristic on physiological ecology of photosynthesis of in alkalized meadow in Songnen Plains of China. *Journal Northeast Normal University*, 2005, 37(3):73—76.
- [8] Yun R, Zheng H Y. Comparative studies on the saline-alkali resistant characters on *Puccinellia chinampoensis* and *Aeluropus Littoralis* var. *sinensis* of alkalization meadow in Songnen Plain. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, (4):322—329.
- [9] Yang Y F, Zhu L, Li J D. Quantitative analysis on reproduction characters of *Puccinellia Chinampoensis* population in alkalized meadow in the Songnen Plain of China. *Acta Agrestia Sinica*, 1995, 3(1):35—41.
- [10] Yang Y F, Zhu L. Analysis on the mechanism of seed dispersal of *Puccinellia Chinampoensis* on alkalized meadow in the Songnen Plain of China. *Acta Botanica Sinica*, 1995, 37(3):222—230.
- [11] Zhang C H, Yang Y F, Li J D. The quantitative analysis of vegetative propagation after fruiting on two species *Puccinellia* population. *Classland of China*, 1996(1):31—35.
- [12] Liu P Y, Yang Y F. Quantitative analysis on the relationship between the above-ground biomass and density in the population of *Puccinellia chinampoensis* in the alkalized meadow in the Songnen Plain of China. *Journal Northeast Normal University*, 2000, 32(1):60—66.
- [13] Liu P Y, Zhang Q L, Yang Y F. Biomass structure and quantitative relations models of modules in clonal population of *Puccinellia chinampoensis* in Songnen Plain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(4):543—548.
- [14] Zhang C H, Yang Y F. Analysis of quantitative characters on reproductive tillers in *Hierochloe glabra* population in the Songnen Plain China. *Acta Pratacultural Sinica*, 2001, 10(3):1—7.
- [15] Zhang C H, Yang Y F. Strategy of reproductive allocation and seed production on reproductive ramet in *Carex duriuscula* populations in the Songnen Plain of China. *Acta Pratacultural Sinica*, 2001, 10(2):7—13.
- [16] Zhang C H, Li J D. Seasonal dynamics of productive structure, standing crops and net primary productivity of *Puccinellia* community. *Acta Pratacultural Sinica*, 1995, 4(1):36—43.
- [17] Yang Y F, Zhu L. Analysis of winter dormancy characters of vegetative forms in fifteen perennial grass species population in the Songnen Plain of China. *Acta Pratacultural Sinica*, 1994, 3(2):26—31.

参考文献:

- [1] 郑慧莹,李建东. 松嫩平原的草地植被及其利用保护. 北京:科学出版社,1993.40~44.
- [2] 贾慎修. 中国饲用植物志. 北京:中国农业出版社,1987.131~164.
- [3] 郭孝,刘国英,陈桂荣,等. 朝鲜碱茅和星星草在中原地区适应性及改土效果的研究. *草业科学*, 1997,14(4):17~19.
- [4] 徐恒刚,张萍,李临杭. 星星草、朝鲜碱茅在河套地区各旗县的区域试验. *四川草原*,1999,(4):22~27.
- [5] 郭孝,张莉. 朝鲜碱茅与星星草经济性状的研究. *河南农业科学*, 1996,(11):34~36.
- [6] 张玉霞,梅园雪,李军,等. 科尔沁草原碱茅栽培与利用. *内蒙古民族大学学报*, 2004,19(6): 648~649.
- [7] 郭晓云,周婵,杨允非,等. 松嫩草原碱化草甸朝鲜碱茅光合生理生态特性的研究. *东北师范大学学报*,2005,37(3): 73~76.
- [8] 恽锐,郑慧莹. 松嫩平原碱化草甸朝鲜碱茅、猿毛耐盐碱特性的比较研究. *植物生态学报*,1996,(4):322~329.
- [9] 杨允非,祝玲,李建东. 松嫩平原碱化草甸朝鲜碱茅种群生殖特性的定量分析. *草地学报*,1995,3(1):35~41.
- [10] 杨允非,祝玲. 松嫩平原碱化草甸朝鲜碱茅种子散布机制的分析. *植物学报*,1995,37(3):222~230.
- [11] 张春华,杨允非,李建东. 两种碱茅种群果后营养繁殖的定量分析. *中国草地*,1996(1):31~35.
- [12] 刘佩勇,杨允非. 松嫩平原碱化草甸朝鲜碱茅种群地上生物量与密度关系的定量分析. *东北师范大学学报*,2000,32(1):60~66.
- [13] 刘佩勇,张庆灵,杨允非. 松嫩平原朝鲜碱茅无性系种群构件生物量结构及相关模型分析. *应用生态学报*.2004,15(4):543~548.
- [14] 张春华,杨允非. 松嫩平原光稈茅香种群生殖分蘖株数量特征分析. *草业学报*,2001,10(3):1~7.
- [15] 张春华,杨允非. 松嫩平原草苔种群生殖分株的种子生产与生殖分配策略. *草业学报*,2001,10(2):7~13.
- [16] 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. *草业学报*, 1995, 4(1): 36~43.
- [17] 杨允非,祝玲. 松嫩平原十五种多年生禾草种群营养繁殖体冬眠特征的分析. *草业学报*,1994,3(2):26~31.

表 1 不同时间抽穗的朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的数量特征(M ± SD)及其显著性检验

Table 1 Quantitative characters of reproductive fillers and their significance tests in <i>Puccinellia chinampoensis</i> populations with different earing time									
抽穗时间 Earing date (month-day)	延长时间 Prolonged time (d)	样本数 Samplings	分蘖株高 Tiller height (cm)	分蘖株生物量 Tiller biomass (mg)	花序长 Spike length (cm)	花序生物量 Spike biomass (mg)	生殖生长比率 Reproductive growth ratio (%)	生殖分配 Reproductive allocation (%)	
05-29	16	30	79.82 ± 10.47a	713.95 ± 256.97a	19.84 ± 4.14a	295.58 ± 109.46a	24.72 ± 2.81b	37.52 ± 5.09a	
06-02	12	30	78.58 ± 10.66a	721.39 ± 255.74a	19.76 ± 3.54a	214.84 ± 78.69b	25.11 ± 2.47b	29.85 ± 3.69b	
06-06	8	30	70.33 ± 10.78b	553.75 ± 156.41b	18.89 ± 2.59a	170.36 ± 49.07c	27.02 ± 2.20a	30.84 ± 3.04b	
06-10	4	30	64.57 ± 10.28c	414.75 ± 159.22c	16.15 ± 2.62b	105.61 ± 44.67d	25.23 ± 3.42b	25.31 ± 2.90c	
06-14	0	30	64.81 ± 6.25c	408.00 ± 136.10c	15.78 ± 2.40b	81.43 ± 35.84e	24.26 ± 1.69b	19.42 ± 2.75d	
平均值 Mean	—	5	71.62 ± 9.69	562.37 ± 192.89	18.09 ± 3.06	173.56 ± 63.55	25.27 ± 2.52	28.59 ± 3.49	

不同字母表示差异显著($p < 0.05$) The different letters indicate significant difference at $p < 0.05$; the same below

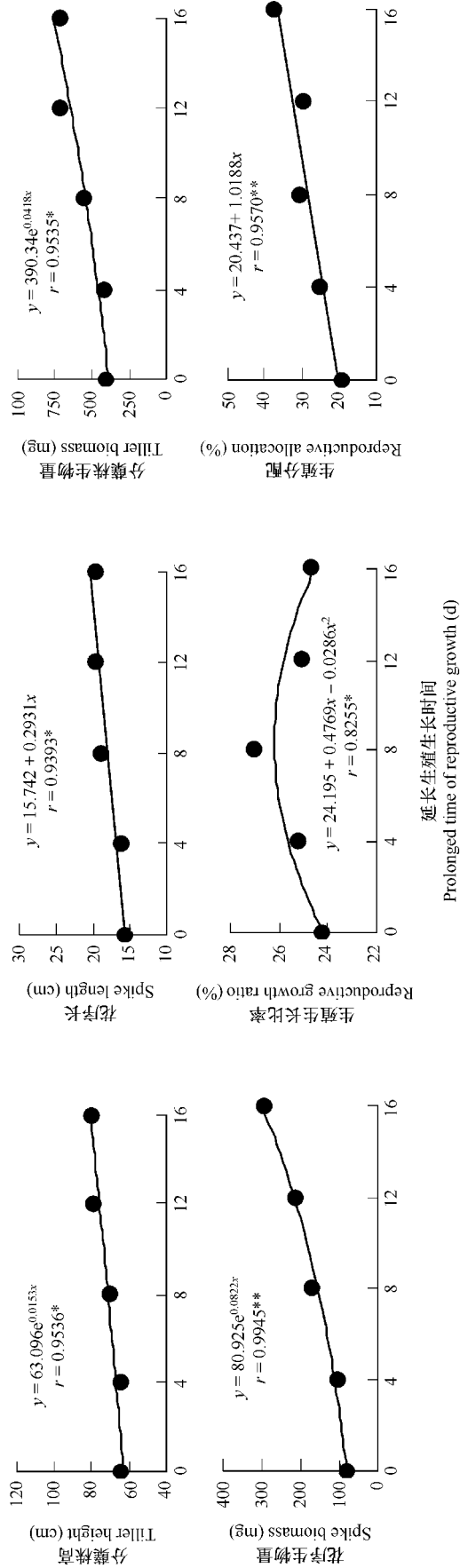


图 1 朝鲜碱茅种群生殖分蘖株的数量性状(y)与延长生殖生长时间(x)的观测值及拟合曲线
Fig. 1 Observed data and simulated curves of relationships between quantitative characters (y) of reproductive tillers and prolonged time (x) of reproductive growth in *Puccinellia chinampoensis* population