

松嫩盐碱草地植物种群的土壤营养位季节动态

王博文¹, 王洪峰², 张伟溪¹, 岳中辉^{1,3}, 倪红伟⁴, 阎秀峰^{1,*}

(1. 东北林业大学林木遗传育种与生物技术教育部重点实验室, 东北林业大学生命科学学院, 哈尔滨 150040;

2. 东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040; 3. 哈尔滨师范大学生命科学与技术学院, 哈尔滨 150025;

4. 黑龙江省科学院自然与生态研究所, 哈尔滨 150040)

摘要: 针对松嫩盐碱草地的特点, 综合评价了 18 项土壤因子, 以植物的相对地上生物量为土壤营养位效能, 分析了松嫩盐碱草地植物种群的土壤营养位季节动态。伴随季节的更替, 碱蓬等强耐盐碱植物的土壤营养位中心点逐渐向土壤盐碱程度严重的一侧移动, 土壤营养位体积也逐月增加, 土壤营养位宽度的扩大是土壤营养位体积增加的主要原因。虎尾草 (*Chloris virgata*) 和羊草 (*Aneurolepidium chinense*) 的土壤营养位中心点数值和土壤营养位体积 7 月份时最大。7 月份时虎尾草的土壤营养位效能峰值明显高于其它月份的, 使得虎尾草此月份的土壤营养位体积在整个生长季内最大, 而羊草 7 月份的土壤营养位宽度和土壤营养位效能峰值都较大, 共同决定了该月份羊草的土壤营养位体积最大。除上述植物外, 其他轻度耐盐碱植物的土壤营养位中心点随季节更替的变化趋势与碱蓬等强耐盐碱植物的刚好相反, 是向土壤盐碱程度越轻的方向。其他轻度耐盐碱植物的土壤营养位宽度 8 月份时最小, 但因为此时土壤营养位效能峰值明显高于其它月份的, 它们 8 月份的土壤营养位体积仍是整个生长季内最大的。松嫩盐碱草地植物种群土壤营养位重叠也存在着明显的季节变化。

关键词: 松嫩盐碱草地; 土壤营养位; 季节变化

Seasonal dynamics of soil nutrition field for plants in Songnen alkaline grassland

WANG Bowen¹, WANG Hongfeng², ZHANG Weixi¹, YUE Zhonghui^{1,3}, NI Hongwei⁴, YAN Xiufeng^{1,*}

1 Key Laboratory of Forest Tree Genetic Improvement and Biotechnology, Ministry of Education, College of Life Sciences, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

3 College of Life Science and Technology, Harbin Normal University, Harbin 150025, China

4 Institute of Natural Resources & Ecology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150040, China

Abstract: Plant biomass and soil nutrition both directly influence Soil Nutrition Field (SNF), and change with season. Therefore the SNF can be used to detect the relationship between plant distribution and soil nutrition. According to the characteristics of Songnen alkaline grassland, eighteen soil factors were surveyed to evaluate soil nutrition status with principal component analysis. Seasonal dynamics of the SNF were calculated for several common species in terms of relative aboveground biomass as SNF efficiency.

As the season changing, the SNF center of the species with high tolerance to saline-alkaline soil, such as *Suaeda salsa* L., moved toward the serious alkalization side, and the volume of the SNF became larger as the widening of the SNF breadth. For *Chloris virgata* and *Aneurolepidium chinense*, the center and the volume of the SNF both reached the peaks in July. The SNF efficiency index peak of *C. virgata* was significantly higher than that in other months, because its SNF volume was largest in July in the whole growing season. For *A. chinense*, the SNF breadth was wider and the efficiency index peak of the SNF was higher, which caused the largest volume of the SNF in July. The SNF centers of the other weak saline-alkaline tolerant species moved to lighter alkalization side, and the largest volumes of the SNF were occurred in

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAC01A08); 黑龙江省科技攻关重点资助项目(GB07C20301); 黑龙江省自然科学基金重点资助项目(ZJN0502-01)

收稿日期: 2009-03-23; 修订日期: 2009-06-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xfyang@mail.hl.cn

August since the efficiency index peak of the SNF was notably higher than that in other months, even though the SNF breadth was the narrowest at the time. Moreover, the SNF overlaps of the plant populations also behaved differently along seasons in Songnen alkaline grassland.

Key Words: Songnen alkaline grassland; soil nutrition field; seasonal dynamics

植被与土壤的关系一直是生态学研究的重点内容^[1-6]。同一气候条件下,土壤分异导致植被的变化,尤其是盐生植被和盐渍化土壤的相关性更为明显^[7]。近些年来,伴随着人类不合理的开发利用,松嫩草地退化,尤其盐碱化程度加重^[8]。水分状况、盐分状况以及养分状况等土壤条件是决定松嫩盐碱草地各植物种群分布的主要环境因子。在此前的工作中,将多项影响植物生长和分布的土壤因子综合,以主成分分析法构造土壤营养轴,提出了土壤营养位的概念,探讨了松嫩盐碱草地几种植物在植被演替过程中的作用与地位^[9],并对松嫩盐碱草地植物种群的土壤营养位特征进行了描述^[10]。

松嫩盐碱草地土壤的水分、盐分特征伴随季节更替而有显著变化,受此影响各种植物的生长状况也表现出明显的季节动态,草地植被呈现多变的季相。从植物的土壤营养位看,一方面土壤水分、盐分特征的变化导致土壤营养轴的改变,另一方面植物生物量的变化影响土壤营养位效能参数,因而草地上各种植物的土壤营养位将表现出明显的季节动态,进而影响它们土壤营养位的分化。本文在前期工作基础上,观察松嫩盐碱草地植物种群的土壤营养位季节动态,考察季节变化对植物种群土壤营养位的影响,以期更深入、全面地了解松嫩盐碱草地各种植物在植被演替过程中的作用与地位,进而指导松嫩盐碱草地的生态恢复。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

实验地位于黑龙江省杜尔伯特蒙古族自治县他拉哈镇,北纬 45°53′—47°8′,东经 123°45′—124°42′,平均海拔 152 m,地势平坦。该地位于松嫩草原西部,属温带大陆性气候,年平均气温 3.6—4.4℃,常年有效积温 2850—2920℃,年平均降水量 400—600 mm,主要集中于 7—8 月份,蒸发量为 1600 mm,约是降雨量的 3 倍。土壤多为砂质壤土和苏打草甸土。

1.2 野外取样方法

2007 年 5—9 月每月下旬取样。依据草地上植物组成和生长情况选取从植物种类贫乏到非常丰富的 15 个类型样地,每个类型的样地中选择 5 个 50 cm × 50 cm 的样方,每个样方内计测植物的种类,收割地上部分,烘干后称取每种植物的生物量。同时,在每个样方内随机选取 5 个样点采集 0—10 cm 土壤,均匀混合,风干后分析土壤性质。5 个样方的计测结果取平均值作为一个类型的数据。

1.3 土壤指标的测定

全氮采用凯氏定氮法;碱解氮采用碱解扩散法;全磷采用 $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 法;速效磷采用 NaHCO_3 法-钼锑抗比色法;全钾采用 HF-HClO_4 消煮法;速效钾采用 NH_4OAC -火焰光度法;有机质采用重铬酸钾容量法(外加热法);含水量采用烘干称重法;pH 值采用电位法;全盐量采用电导法; Na^+ 和 K^+ 采用火焰光度计法; Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 采用原子吸收法; Cl^- 和 SO_4^{2-} 采用离子色谱法; HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 采用电位滴定法;阳离子代换量采用乙酸钠火焰光度法;交换性钠采用 $\text{NH}_4\text{OAC-NH}_4\text{OH}$ -火焰光度法。总碱度为 HCO_3^- 与 CO_3^{2-} 的含量之和。碱化度为交换性钠与阳离子代换量的比值^[11-12]。

1.4 土壤营养位的计测

参照前文^[9-10],以相对地上生物量作为土壤营养位效能指标,运用主成分分析法构造土壤营养轴进行土壤营养位分析,计算各土壤营养位测度(土壤营养位中心点、土壤营养位宽度、土壤营养位体积、绝对土壤营养位重叠以及相对土壤营养位重叠)。为便于分析,根据松嫩草地植物的耐盐碱能力以及对盐碱草地改良的重要性,将样地内植物分为“碱蓬(*Suaeda*)”、虎尾草(*Chloris virgata*)、羊草(*Aneurolepidium chinense*)和“其他”

植物。其中“碱蓬”包括碱蓬属(*Suaeda*)和碱蒿属(*Artemisia*)的一些强耐盐碱植物,而“其他”植物则包括约 21 种植物,如鹅绒萎陵菜(*Potentilla anserina*)、苔草(*Carex duriuscula*)、蔓萎陵菜(*Potentilla flagellaris*)、蒲公英(*Taraxacum sinicum*)、车前草(*Plantago depress*)、斜茎黄耆(*Astragalus adsurgens*)、黄蒿(*Artemisia scoparia*)、地瓜苗(*Lycopus lucidus*)、点地梅、马蔺(*Iris lacteal var. chinensis*)、飞蓬(*Erigeron annuus*)、驴耳凤毛菊(*Saussurea amara*)、鸡眼草(*Kummerowia striata*、*Eragrostis cilianensis*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、小根蒜(*Allium macrostemon*)、兴安胡枝子(*Lespedeza daurica*)、小叶章(*Deyeuxia angustifolia*)、全叶马兰(*Kalimeris integrifolia*)和女娄菜(*Melandrium apricum*)等。

应用 Excel、DPS 和 Matlab 6.5 软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 土壤营养指标的处理

根据松嫩盐碱草地土壤的特点及其对植物生长分布的影响,选择了可能引起松嫩盐碱草地土壤营养状况差异的 18 项土壤指标(全氮含量、碱解氮含量、全磷含量、速效磷含量、全钾含量、速效钾含量、有机质含量、含水量、pH 值、全盐量、碱化度以及可溶盐中 Na^+ 含量、 K^+ 含量、 Ca^{2+} 含量、 Mg^{2+} 含量、 Cl^- 含量、 SO_4^{2-} 含量和总碱度即 HCO_3^- 含量和 CO_3^{2-} 含量之和)。影响松嫩盐碱草地植物生长和分布的土壤因子并非单一的,而是多项土壤因子的综合作用^[9-10,13]。为了能在土壤营养轴上综合体现不同土壤类型间上述指标的差异,运用主成分分析的方法重新构造土壤指标,表征土壤营养状况。主成分分析的结果如表 1 所示,前 5 个主成分的累积贡献率为 79.917%,可以代表土壤营养状况。第一主成解释释了所有变量的 42.997%,在全盐量(0.347)、pH 值(0.340)、 Na^+ (0.336)、 K^+ (0.302)和速效磷(0.301)上的载荷较大,且为正向的。第二主成分对所有

表 1 主成分分析结果
Table 1 Principal component analysis results

项目 Item		主成分 Principal components				
		1	2	3	4	5
特征向量 Eigenvectors	全氮 Total N	-0.288	0.199	0.178	-0.043	0.228
	碱解氮 Available N	-0.174	0.358	-0.125	-0.070	0.368
	全磷 Total P	-0.132	0.347	0.354	-0.155	0.060
	速效磷 Available P	0.301	0.255	-0.053	-0.038	-0.012
	全钾 Total K	0.002	0.016	0.434	-0.410	-0.639
	速效钾 Available K	-0.059	0.274	0.412	0.431	-0.007
	有机质 Organic matter	-0.231	0.238	0.173	-0.107	0.037
	含水量 Water content	0.144	0.244	0.014	0.375	-0.376
	pH 值 pH value	0.340	-0.014	-0.015	0.117	-0.030
	全盐量 Total salt content	0.347	0.087	0.014	0.017	0.033
	Na^+	0.336	-0.019	-0.001	0.077	-0.028
	K^+	0.302	0.274	-0.098	-0.045	0.055
	Ca^{2+}	0.119	-0.223	0.472	0.184	0.303
	Mg^{2+}	-0.117	0.302	-0.078	0.475	-0.177
	Cl^-	0.209	-0.292	0.384	0.132	0.145
	SO_4^{2-}	0.183	0.283	-0.014	-0.336	-0.056
	总碱度 Total alkalinity	0.289	0.237	-0.061	-0.063	0.137
	碱化度 ESP	0.271	0.095	0.216	-0.215	0.293
特征值 Eigenvalue		7.740	2.982	1.700	1.010	0.953
贡献率 Percent of variance/%		42.997	16.565	9.445	5.614	5.296
累积贡献率 Cumulative percent of variance/%		42.997	59.562	69.008	74.621	79.917

变量的解释程度明显小于第一主成分的,为 16.565%,其中碱解氮(0.358)、全磷(0.347)以及 Mg^{2+} (0.302) 具有较大的正系数。

前 5 个主成分中,第一主成分的贡献率所占的比例最大,并且第一主成分中有较高正载荷的土壤因子多为土壤盐分因子(如全盐量、pH 值、 Na^+ 、 K^+),所以,土壤的盐碱程度越大,在土壤营养轴上的坐标值也越大,反之,位于土壤营养轴左侧(坐标值越小)的土壤盐碱程度就会较轻。

2.2 土壤营养位的季节变化

因碱蓬和虎尾草生长发育的特点^[14-15]以及研究区域的气候特点,5 月份时它们的分布很少,所以,该月份仅对羊草和“其他”植物进行了生长分布状况的调查和土壤营养位的分析。

分析“碱蓬”、虎尾草、羊草和“其他”植物 5—9 月份的土壤营养位可以看到,沿土壤营养轴从右至左依次分布着“碱蓬”、虎尾草、羊草和“其他”植物。其中“碱蓬”、虎尾草和羊草的土壤营养位函数均为单峰曲线^[15]。不同植物具有各自的土壤营养位,土壤营养位的分化是土壤营养对植物生长、分布的限制作用和植物间竞争的综合结果。对于一种植物而言,土壤营养的限制作用以及与其它植物竞争的结果因季节的不同而变化,表现为 5—9 月份间土壤营养位函数的形状不同(图 1)。

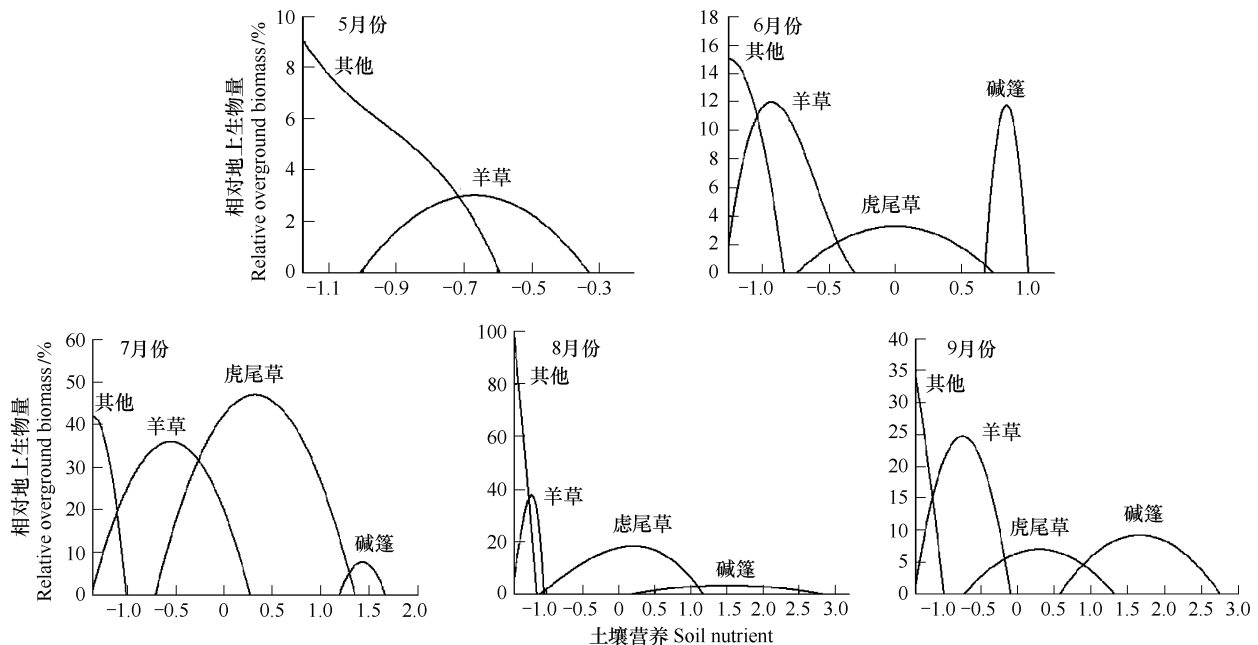


图 1 松嫩盐碱草地植物土壤营养位的季节变化

Fig. 1 Seasonal changes of soil nutrient field for plants in Songnen alkaline grassland

如表 2 所示,6—9 月份,“碱蓬”土壤营养位中心点逐渐向土壤营养轴的右侧移动,也就是说,“碱蓬”的土壤营养位效能最大值所对应的土壤盐碱程度是越来越严重的。6 月份的“碱蓬”土壤营养位中心点数值明显小于后 3 个月的,进入雨季后(7 月份)直至生长季结束“碱蓬”土壤营养位中心点数值的变化却不大,这种差异可能与降雨有着密切的关系。7—9 月份“碱蓬”的土壤营养位宽度与 6 月份的相比也是增加的,其中 8 月份增加的最明显,9 月份的次之。“碱蓬”土壤营养位的这些变化说明,伴随着季节的更替,“碱蓬”逐渐占据了土壤营养轴的右端,那些未被植物利用的空余部分。从土壤营养位体积看,9 月份“碱蓬”土壤营养位体积最大,是 8 月份的 2.32 倍、7 月份的 5.32 倍、6 月份的 5.24 倍。

虎尾草的土壤营养位中心点和土壤营养位宽度在 7、8、9 月份 3 个月相对稳定,但显著区别于 6 月份。与“碱蓬”土壤营养位变化相似的是,6 月份虎尾草土壤营养位中心点数值和土壤营养位宽度明显小于 7 月、8 月份和 9 月份的,其中,7 月、8 月份和 9 月份的虎尾草土壤营养位宽度分别较 6 月份的加宽了 39.57%、

52.83% 和 36.94%, 7 月、8 月份和 9 月份间的差异却不大。可见, 7 月份是虎尾草对土壤营养利用程度提高的转折点, 这可能与气温的升高和降雨量的增加有直接关系。虎尾草土壤营养位体积的季节变化顺序为 7 月份 > 8 月份 > 9 月份 > 6 月份, 其中 7 月份的明显大于其它月份的, 分别是 6 月、8 月份和 9 月份的 20.11 倍、2.39 倍和 6.88 倍(表 3), 此时虎尾草旺盛的生长力扮演了重要的角色。

表 2 “碱蓬”土壤营养位的季节变化

Table 2 Seasonal changes of soil nutrition field for *Suaeda*

项目 Item	6 月份 June	7 月份 July	8 月份 August	9 月份 September
土壤营养位中心点 Center point of soil nutrition field	0.837	1.432	1.505	1.660
土壤营养位宽度 Breadth of soil nutrition field	0.325	0.481	2.611	2.179
土壤营养位体积 Volume of soil nutrition field	2.545	2.508	5.753	13.347

表 3 虎尾草土壤营养位的季节变化

Table 3 Seasonal changes of soil nutrition field for *Chloris virgata*

项目 Item	6 月份 June	7 月份 July	8 月份 August	9 月份 September
土壤营养位中心点 Center point of soil nutrition field	-0.002	0.319	0.205	0.297
土壤营养位宽度 Breadth of soil nutrition field	1.486	2.074	2.271	2.035
土壤营养位体积 Volume of soil nutrition field	3.221	64.778	27.105	9.414

不同季节的羊草土壤营养位中心点在土壤营养轴上是往复变化的, 羊草土壤营养位中心点的最大值出现在 7 月份, 8 月份最小。与“碱蓬”和虎尾草相比, 羊草的土壤营养位中心点都位于土壤营养轴零点的左侧, 其数值表现为负值, 表明羊草主要是利用盐碱程度较轻的土壤。5—7 月份羊草土壤营养位宽度和土壤营养位体积都是随着季节的更替而逐渐增大的, 从 8 月份开始变小, 8 月份减少的幅度较 9 月份的大, 8 月份的土壤营养位宽度和土壤营养位体积分别较 7 月份的减少了 72.75% 和 45.64%, 9 月份的仅次于 7 月份的(表 4)。从土壤营养位中心点和土壤营养位宽度来看, 7 月份和 9 月份时羊草可以在盐碱程度相对较重的土壤上生长, 而且分布的范围也较广, 表现出对土壤积极的适应能力, 而 8 月份时羊草的分布范围明显缩小了, 并且向土壤营养轴的左侧偏移。这些变化一方面是受气候的影响, 另一方面与植物种间的竞争密切相关。8 月份时虎尾草的分布范围增大, 并向土壤营养轴的左侧偏移, 占据了一部分羊草原有的分布位置, 但是虎尾草与羊草对土壤营养的竞争并没影响到羊草的生长, 羊草的最大土壤营养位效能约为 37.77%, 略高于 7 月份的。所以, 7 月份时羊草土壤营养位体积最大由其土壤营养位宽度和土壤营养位效能峰值都较大共同决定。

表 4 羊草土壤营养位的季节变化

Table 4 Seasonal changes of soil nutrition field for *Aneurolepidium chinense*

项目 Item	5 月份 May	6 月份 June	7 月份 July	8 月份 August	9 月份 September
土壤营养位中心点 Center point of soil nutrition field	-0.670	-0.937	-0.555	-1.207	-0.748
土壤营养位宽度 Breadth of soil nutrition field	0.679	0.958	1.637	0.421	1.293
土壤营养位体积 Volume of soil nutrition field	1.365	6.933	39.548	10.774	21.480

5—8 月份间“其他”植物的土壤营养位中心点是逐渐向土壤营养轴左侧移动的, 9 月份的较 8 月份的又略向土壤营养轴右侧移动, 但是不同季节“其他”植物土壤营养位中心点数值的变化范围并不大, 最高值与最低值间的差异仅为 0.274, 小于“碱蓬”、虎尾草和羊草的。5—8 月份间, “其他”植物的土壤营养位宽度是逐

渐减小的,其中5—7月份减小的原因在于羊草土壤营养位宽度的增加,羊草在盐碱土壤上有较广泛的分布,“其他”植物与它竞争时处于劣势,而8月份时虎尾草的强势分布不但影响到了羊草分布,也排挤了“其他”植物。5—8月份“其他”植物的土壤营养位体积逐渐增加,8月份是5月份的3.29倍,这种变化趋势是因为随季节的更替,“其他”植物的土壤营养位效能峰值是逐渐增加的,8月份时可达100%(表5)。

表5 “其他”土壤营养位的季节变化
Table 5 Seasonal changes of soil nutrition field for Other

项目 Item	5 月份 May	6 月份 June	7 月份 July	8 月份 August	9 月份 September
土壤营养位中心点 Center point of soil nutrition field	-1.183	-1.263	-1.368	-1.457	-1.389
土壤营养位宽度 Breadth of soil nutrition field	0.588	0.420	0.350	0.321	0.389
土壤营养位体积 Volume of soil nutrition field	2.981	4.213	9.806	16.805	7.091

2.3 土壤营养位重叠的季节变化

限制植物生长和分布的原因除了土壤外,植物种间的竞争也是重要因素,而土壤营养位重叠对于讨论植物间的竞争是非常有用的。碱蓬-虎尾草的绝对土壤营养位重叠是逐月增加的,也就是说,随季节的更替,碱蓬与虎尾草对土壤营养利用的相似度是增加的,其中8月份和9月份较6月份和7月份的明显增加,8月份是6月份的97.94倍、7月份的3.82倍,9月份是6月的101.94倍、7月份的3.98倍。7月份的虎尾草-羊草绝对土壤营养位重叠明显高于其它3个月的,该月份羊草和虎尾草都有较大的土壤营养位宽度,更重要的是此时虎尾草的土壤营养位效能峰值是整个生长季内最高的。羊草-其他绝对土壤营养位重叠的季节变化排序为8月份>7月份>9月份>6月份>5月份(表6)。8月时虎尾草分布范围向土壤营养轴左侧的扩大,促进了羊草与“其他”植物对土壤营养利用相似度的增加。

在绝对土壤营养位重叠的基础上又计算了相对土壤营养位重叠,以讨论两种植物间的绝对土壤营养位重叠对其中一种植物的影响程度。除9月份外,碱蓬-虎尾草的绝对土壤营养位重叠对“碱蓬”的影响都大于对虎尾草的。“碱蓬”与虎尾草间的土壤营养位重叠对“碱蓬”的影响在8月份时表现的最明显,其次为7月份的,6月份的影响最小,而对虎尾草的影响9月份时最突出。7月份和8月份时虎尾草-羊草绝对土壤营养位重叠对羊草的作用较对虎尾草的明显,而6月份和9月份时却对虎尾草的影响更大。虎尾草-羊草绝对土壤营养位重叠对羊草和虎尾草的作用都是在7月份时最大,8月份时最小。不同季节间羊草-其他绝对土壤营养位重叠对羊草和“其他”植物的影响差异变化较复杂:5月份和8月份时对羊草的影响更大,而6月份、7月份和9月份时对“其他”植物的影响更明显。随季节的更替,羊草-其他绝对土壤营养位重叠对羊草和“其他”植物的影响情况也不同:对羊草的作用8月份时最大,然后依次为5月份、6月份、9月份和7月份;虽然对“其他”植物的影响也是波动变化的,但是影响力最小时出现在5月份,6月份时所表现的影响力度要高于9月份的(表6)。

3 结论与讨论

松嫩盐碱草地的“碱蓬”、虎尾草、羊草和“其他”植物具有各自的土壤营养位,它们土壤营养位的季节变化也各异。以“碱蓬”为例,伴随季节的变化,“碱蓬”的土壤营养位中心点逐渐向土壤盐碱程度严重的一侧(土壤营养轴右侧)移动,土壤营养位体积也同时增大,然而整个生长季内“碱蓬”土壤营养位效能峰值的变化却不明显,土壤营养位体积明显增加的主要原因在于土壤营养位宽度的扩大。碱蓬等强耐盐碱植物具有很强的盐渍适应能力,可以减少土壤水分的蒸发,从而抑制土壤返盐^[16-17]。随着碱蓬等强耐盐碱植物的生长,其土壤营养位宽度的扩大可能与它们对土壤环境的改造以及适应能力的增强有关,或者是由于土壤环境因子自身的季节变化^[18],也可能与环境因子(如降雨量等)对土壤养分和盐碱状况的影响有关系。正是因为土壤营

养轴右侧有未被植物利用的空白部分以及向土壤营养轴右侧延伸植物的土壤营养位效能越低,所以松嫩盐碱草地具有潜在的、可开发利用的土壤营养位^[15]。“碱蓬”土壤营养位中心点和土壤营养位宽度的季节变化特点可以为日后开发利用潜在的土壤营养位提供思路 and 方向。

表 6 松嫩盐碱草地植物土壤营养位重叠的季节变化
Table 6 Seasonal changes of overlap of soil nutrition field for plants in Songnen alkaline grassland

		绝对土壤营养位重叠 Absolute overlap of soil nutrition field				
项目 Item		5 月份	6 月份	7 月份	8 月份	9 月份
		May	June	July	August	September
碱蓬-虎尾草 <i>Suaeda-C. virgata</i>		-	0.018	0.461	1.763	1.835
虎尾草-羊草 <i>C. virgata-A. chinense</i>		-	0.481	17.678	0.039	1.893
羊草-其他 <i>A. chinense-Other</i>		0.792	2.804	3.770	6.839	3.184
相对土壤营养位重叠 Relative overlap of soil nutrition field						
项目 Item	碱蓬 <i>Suaeda</i>	虎尾草 <i>C. virgata</i>		羊草 <i>A. chinense</i>		其他 Other
	虎尾草	碱蓬	羊草	虎尾草	其他	羊草
	<i>C. virgata</i>	<i>Suaeda</i>	<i>A. chinense</i>	<i>C. virgata</i>	Other	<i>A. chinense</i>
5 月份 May	-	-	-	-	0.580	0.266
6 月份 June	0.007	0.005	0.149	0.069	0.405	0.666
7 月份 July	0.184	0.007	0.273	0.447	0.100	0.385
8 月份 August	0.307	0.065	0.001	0.004	0.635	0.407
9 月份 September	0.138	0.195	0.201	0.088	0.148	0.449

对于虎尾草和羊草而言,7 月份的土壤营养位中心点数值和土壤营养位体积都是整个生长季内最大的。与“碱蓬”的情况不同,虎尾草 7 月份的土壤营养位效能峰值(46.86%)最高,使得该月份的土壤营养位体积是整个生长季内最大的。然而,羊草土壤营养位体积 7 月份时最大是由土壤营养位宽度和土壤营养位效能峰值都较大共同决定。由图 1 可知,5—9 月份间,虎尾草和羊草的土壤营养位效能峰值都呈先增加后减少的变化趋势,分别于 7 月份和 8 月份时达到最高点,可见,虎尾草和羊草的生物量积累呈单峰式曲线变化,这与迟丽华等^[19]的研究结果相一致。

随着季节的变化,“其他”植物的土壤营养位中心点有向土壤盐碱程度较轻的一侧偏移的趋势,但变化范围较小,这与“碱蓬”土壤营养位中心点的变化刚好相反。正是因为 8 月份时“其他”植物的土壤营养位效能峰值最高,即使其土壤营养位宽度最小,该月份的“其他”植物土壤营养位体积仍是整个生长季内最大的。

松嫩盐碱草地土壤营养位相邻的两种植物会发生土壤营养位的重叠,两种植物间的绝对土壤营养位重叠也存在着明显的季节变化,也就是说两种植物对土壤营养利用的相似程度以及对土壤营养的竞争结果也都随着季节的变化而变化。植物的生长发育特性不同,不同生长时期对土壤营养的适应能力不同,植物间的生存竞争结果随之改变,它们的土壤营养位就会产生进一步的分化。

References:

- [1] Chen Y F, Dong M. Spatial pattern and correlation of vegetation characteristics and soil properties in the Mu Us sandy desert. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 26(3): 265-269.
- [2] Wen H Y, Zhao H L. Analysis on the distribution and correlation of the vegetation characteristics and soil properties over the degenerated sandy grasslands. *Arid Zone Research*, 2004, 21(1): 76-80.
- [3] Baer S G, Collins S L, Blair J M, Knapp A K, Fiedler A K. Soil heterogeneity effects on tallgrass prairie community heterogeneity: An application of ecological theory to restoration ecology. *Restoration Ecology*, 2005, 13(2): 413-424.
- [4] Li K H, Hu Y K, Wang X, Fan Y G, Wumaier W S. Relationships between aboveground biomass and environmental factors along an altitude gradient of alpine grassland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(9): 2019-2024.
- [5] Fornara D A, Tilman D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, 2008, 96(2): 314-322.

- [6] García V I, Mendoza E R. Relationships among soil properties, plant nutrition and arbuscular mycorrhizal fungi-plant symbioses in a temperate grassland along hydrologic, saline and sodic gradients. *FEMS Microbiology Ecology*, 2008, 63(3): 359-371.
- [7] Wu Z F, Zhao S L, Zhang X L. Studies on interrelation between salt vegetation and soil salinity in the Yellow River Delta. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, 18(2): 184-193.
- [8] Yan Y F, Sun G R. Study of physiological ecology of *Puccinellia tenuiflora*. Beijing: Science Press, 2000.
- [9] Yan X F, Sun G R, Li J. Soil nutrient field analysis: An approach to analyzing the relationship between plant population distribution and soil nutrition on alkaline grassland. *Bulletin of Botanical Research*, 1999, 19(4): 435-444.
- [10] Yan X F, Sun G R, Li J. Soil nutrient field analysis for plant species in Songnen alkaline grassland. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(12): 1973-1985.
- [11] Bao S D. Analysis of soil agrochemistry. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [12] China Soil Institute. Soil agrochemistry analysis method. Beijing: China Agriculture Science Press, 2000.
- [13] Xin X P, Gao Q, Li Z Q, Yang Z Y. Partitioning the spatial and environmental variations of plant community structure of alkaline grassland on Songnen plain. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(7): 775-781.
- [14] Ding H R, Hong L Z, Yang Z Q, Wang M W, Wang K, Zhu X M. Progress of study on halophyte *Suaeda salsa*. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2008, 20(8): 35-37.
- [15] Guo J X, Wang R D, Wang W. Caloric value and energy allocation of *Chloris virgata* in northeast grassland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(3): 384-386.
- [16] Lin X Z, Chen K S, He P Q, Chen J H, Huang X H. The effects of *Suaeda salsa* L. planting on the soil microflora in coastal saline soil. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 801-807.
- [17] Zhao M, Fan H, Zhao K F. Effects of NaCl, KCl and NaNO₃ on the growth and ion composition and distribution in *Suaeda salsa* (L.) Pall. *Plant Physiology Communications*, 2008, 44(2): 263-267.
- [18] Zhang C B, Shi S D. Seasonal dynamics model of *Suaeda glauca* soil microbial biomass in the degenerated grassland in Northeastern China. *Chinese Journal of Applied Environment Biology*, 2001, 7(6): 588-592.
- [19] Chi L H, Song F B. Study on seasonal dynamic of biomass and sodium and kalium element of *Leymus chinensis* and *Chloris virgata* in Songnen Plain. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2007, 23(4): 430-433.

参考文献:

- [1] 陈玉福, 董鸣. 毛乌素沙地景观的植被与土壤特征空间格局及其相关分析. *植物生态学报*, 2001, 26(3): 265-269.
- [2] 文海燕, 赵哈林. 退化沙质草地植被与土壤分布特征及相关分析. *干旱区研究*, 2004, 21(1): 76-80.
- [4] 李凯辉, 胡玉昆, 王鑫, 范永刚, 吾买尔·吾守. 不同海拔梯度高寒草地地上生物量与环境因子关系. *应用生态学报*, 2007, 18(9): 2019-2024.
- [7] 吴志芬, 赵善伦, 张学雷. 黄河三角洲盐生植被与土壤盐分的相关性研究. *植物生态学报*, 1994, 18(2): 184-193.
- [8] 阎秀峰, 孙国荣. 星星草生理生态学研究. 北京: 科学出版社, 2000.
- [9] 阎秀峰, 孙国荣, 李晶. 盐碱草地植物种群分布与土壤营养关系的一种分析方法——土壤营养位分析. *植物研究*, 1999, 19(4): 435-444.
- [10] 阎秀峰, 孙国荣, 李晶. 松嫩盐碱草地几种植物的土壤营养位分析. *生态学报*, 2001, 21(12): 1973-1985.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [12] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [13] 辛晓平, 高琼, 李镇清, 杨正宇. 松嫩平原碱化草地植物群落分布的空间和环境因素分析. *植物学报*, 1999, 41(7): 775-781.
- [14] 丁海荣, 洪立洲, 杨智青, 王茂文, 王凯, 朱小梅. 盐生植物碱蓬及其研究进展. *江西农业学报*, 2008, 20(8): 35-37.
- [15] 郭继勋, 王若丹, 王妮. 东北草原盐碱植物虎尾草的热值和能量分配特征的研究. *应用生态学报*, 2001, 12(3): 384-386.
- [16] 林学政, 陈靠山, 何培青, 沈继红, 黄晓航. 种植盐地碱蓬改良滨海盐渍土对土壤微生物区系的影响. *生态学报*, 2006, 26(3): 801-807.
- [17] 赵勐, 范海, 赵可夫. NaCl、KCl 和 NaNO₃ 对盐地碱蓬生长以及植物体内离子组成和分布的效应. *植物生理学通讯*, 2008, 44(2): 263-267.
- [18] 张崇邦, 施时迪. 退化草原碱蓬土壤微生物生物量的季节动态模型. *应用与环境生物学报*, 2001, 7(6): 588-592.
- [19] 迟丽华, 宋凤斌. 松嫩平原羊草和虎尾草生物量及钠钾元素季节性变化的研究. *农业系统科学与综合研究*, 2007, 23(4): 430-433.