

# 北方草甸群落结构和组成分析及野花组合模拟构建

房味味<sup>1</sup>, 任鸿雁<sup>1</sup>, 凌 隽<sup>2</sup>, 袁 涛<sup>1,①</sup>

(1. 北京林业大学园林学院 国家花卉工程技术研究中心 花卉种质创新与分子育种北京市重点实验室, 北京 100083;

2. 北京农学院园林学院, 北京 102206)

**摘要:** 依据基于植物性状的群落构建机制, 对位于晋冀交界处的典型北方草甸群落的垂直结构和多样性以及不同亚层物种的叶级谱、叶片形状、叶倾角、叶片数和冠(丛)径进行统计分析, 并据此采用“盒子”模型对群落垂直剖面进行模拟构建; 此外, 根据中国北方草甸常见的野生植物种类提出了不同层次适宜配置的种类。结果表明: 根据株高可将草甸群落划分为3个亚层, 其中第2亚层的种数、株(丛)数、重要值、Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和 Gleason 丰富度指数均最大, 第1亚层的各项指标均最小; 同一重要值等级下, 第2亚层植物的冠(丛)径最高、第1亚层的最低。第1亚层植物茎型为直立且不分枝或少分枝, 第2亚层植物以丛生茎型为主, 第3亚层植物以匍匐状或莲座丛状为主。3个亚层的植物均以小叶型为主; 第1亚层植物均具3~10枚叶片, 叶片一般兼具茎生叶和基生叶, 茎生叶主要为卵形和披针形, 且以斜叶型(叶倾角30°~60°)为主; 第2亚层以具3~10枚和11~30枚叶片的植物为主, 线形、披针形、卵形和阔卵形叶片均存在, 且以斜叶型为主; 第3亚层以具3~10枚叶片的植物为主, 叶片有阔卵形、卵形和披针形, 且均为平叶型(叶倾角约90°)。根据各亚层植物性状, 用长宽比较大的长方形“盒子”模拟第1亚层, 用正方形“盒子”和长宽比小于第1亚层的长方形“盒子”模拟第2亚层, 用长宽比最小的长方形“盒子”模拟第3亚层, 据此构建北方草甸群落垂直剖面的“盒子”模型。根据该模型, 人工野花组合群落适宜的配比为高大的植物种类占20%、中间层次种类占50%、低矮种类占30%, 其种数和株(丛)数可因景观需求和立地条件而异。

**关键词:** 北方草甸群落; 垂直结构; 性状; “盒子”模型; 人工群落构建; 野花组合

中图分类号: Q948.15<sup>+</sup>7; S688 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2015)02-0097-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2015.02.14

## Analyses on structure and composition of northern meadow community, and simulated construction of wildflower combination FANG Weiwei<sup>1</sup>, REN Hongyan<sup>1</sup>, LING Jun<sup>2</sup>, YUAN Tao<sup>1,①</sup>

(1. School of Landscape Architecture, National Engineering Research Center for Floriculture, Beijing Key Laboratory of Ornamental Plants Germplasm Innovation and Molecular Breeding, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. College of Landscape Architecture, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2015, 24(2): 97-103

**Abstract:** According to community construction mechanism based on plant traits, vertical structure and diversity of typical northern meadow community located at border of Shanxi Province and Hebei Province and scale spectrum, shape, inclination angle, number of leaf and crown (tuft) diameter of species in different sub-layers were statistically analyzed, and hereby, community vertical section was simulated and constructed by “Box” model. Besides, suitable configuration species in different sub-layers were proposed based on common wild species in meadow of North China. The results show that according to plant height, meadow community can be divided into three sub-layers, in which species and individual (tuft) numbers, important value, Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index and Gleason richness index of the second sub-layer are the biggest, and those of the first sub-layer are the smallest. At the same grade of important value, crown (tuft) diameter of species in the second sub-layer is the

收稿日期: 2014-09-19

基金项目: 北京市科技计划项目(Z151100001015015)

作者简介: 房味味(1990—), 女, 山西灵丘人, 硕士研究生, 主要从事园林植物应用的研究。

①通信作者 E-mail: yuantao1969@163.com

highest, and that in the first sub-layer is the lowest. Stem type of species in the first sub-layer is erect with no or less branch, that of species in the second sub-layer is mainly caespitose, and that of species in the third sub-layer is mainly stoloniferous or rosette. Leaf of species in three sub-layers is mainly microphyll type. In the first sub-layer, leaf number of species all is the range of 3–10, with both cauline leaf and basal leaf, shape of cauline leaf is mainly ovate and lanceolate, and mainly oblique leaf type (leaf inclination angle  $30^{\circ}$ – $60^{\circ}$ ). In the second sub-layer, leaf number of species is mainly the range of 3–10 and 11–30, leaf shape is linear, lanceolate, ovate and broadly ovate, and mainly oblique type type. In the third sub-layer, leaf number of species is mainly the range of 3–10, leaf shape is broadly ovate, ovate and lanceolate, and all are flat leaf type (leaf inclination angle about  $90^{\circ}$ ). Based on characters of species in each sub-layer, rectangle “Box” with the larger ratio of length to width is used for simulating the first sub-layer, square “Box” and rectangle “Box” with ratio of length to width smaller than that of the first sub-layer are used for simulating the second sub-layer, rectangle “Box” with the smallest ratio of length to width is used for simulating the third sub-layer, hereby, “Box” model of vertical section of northern meadow community is constructed. According to this model, suitable configuration of artificial wildflower combination community is 20% of high species, 50% of middle height species, and 30% of low species, and their numbers of species and individuals (tufts) can vary with landscape demand and site condition.

**Key words:** northern meadow community; vertical structure; character; “Box” model; artificial community construction; wildflower combination

野花组合是20世纪70年代兴起于欧美国家的一种新型草本花卉造景形式,是根据植物的生物学和观赏等特性,将多种草本花卉种子混配、播种后创造出的类自然界野花草甸景观。野花组合因具自然美、创建和维护成本低、景观效果稳定及生态效益好<sup>[1]</sup>等优势,目前在中国也开始流行。近年来有关野花组合的概念<sup>[2]</sup>、发展历程<sup>[1,3]</sup>、景观优势<sup>[4-5]</sup>等方面的研究较多,却鲜有学者将野花组合景观视为群落,并从群落的角度研究其创建规律及过程。在野花组合研究中,组配植物种类参与野花群落构建是其核心内容。人工构建野花组合应建立在模仿或再现自然草甸群落的基础上,因此调查研究自然群落的物种组成及其在空间、形态上的分布特点,继而根据群落构建机制配置花卉种类,是构建野花组合的有效途径。

群落构建机制是解释自然群落的组分结构及物种在空间和时间尺度上分布模式的理论,并据此研究群落构建过程中物种数量、组成机制及决定因素<sup>[6]</sup>。基于性状的群落构建机制的理论基础是:性状是物种从区域物种库内被筛选的基本单位,环境条件和物种间的相互作用可以被看作是多级嵌套的筛子;群落构架是将区域物种库中的物种经过这些嵌套筛子的过滤,只有那些具有特定性状、符合环境的特定物种才能进入小局域群落<sup>[7]</sup>,这个过程导致功能性状相似的物种被筛入相同的生态位。因此,对草甸群落的垂直结构进行分层,并研究各层级中植物种类的性状,可

为野花组合群落构成提供借鉴。

在利用基于性状的方法研究群落构建时,选取合适的性状非常重要。首先性状要能有效地捕捉各种构建过程对群落结构的影响,其次性状的测量过程不能过于繁复,同时还要防止由于实验周期过长而导致性状发生变化<sup>[8]</sup>。Pillar等<sup>[9]</sup>研究了施氮肥的样地中植物性状的分歧,认为植被高度、叶片大小和叶片形状是比较有效的检测性状;Westoby<sup>[10]</sup>也提出了叶片-高度-种子植物策略框架,强调叶片和植株高度的重要性。这些研究结果均表明,群落不同层次的叶型变化与群落内部小气候的垂直梯度变化密切相关,与群落小气候梯度变化相适应的叶型变化反映了叶型与环境条件之间的紧密联系。

本研究选择茎型、叶型、叶倾角、叶片数和冠(丛)径等指标探索性状在群落垂直结构上对光照梯度的响应模式,并模拟所选综合性状的组配方式建立“盒子”模型,以期对野花组合群落构建奠定基础。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

调查地位于河北蔚县和涞源县及山西灵丘县和广灵县交界处的“空中草原”景区,占地  $33 \text{ km}^2$ ;地理坐标为北纬  $39^{\circ}35' \sim 39^{\circ}43'$ 、东经  $114^{\circ}34' \sim 114^{\circ}37'$ ,海拔  $2\,158 \text{ m}$ ;年均气温  $6.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年降水量  $418.2 \text{ mm}$ ;

土壤为褐土或亚高山草甸土。该草本植被类型属典型草甸植被亚型。

## 1.2 研究方法

群落调查采用样方法,调查时间为2014年7月份至8月份。于地形均匀、起伏轻微的阳坡均匀布设5个面积10 m×10 m的样地,相邻样地间距离为50~200 m;在样地的4个角各设置1个面积1 m×1 m的样方,共计20个样方。调查各样方的植物种类组成以及各种类的相对密度、相对频度、株高、茎型、叶型、叶倾角、叶片数和冠(丛)径等性状。

1.2.1 重要值计算及群落各亚层物种多样性评价 草甸群落生活型较简单,基本层片较少,但仍可按高度划分亚层<sup>[11]99</sup>。参照文献[12]分别计算草本植物群落的物种重要值、群落物种多样性指数 Shannon-Wiener 指数( $H'$ )、群落均匀度指数 Pielou 指数( $J_{sw}$ )和群落物种丰富度指数 Gleason 指数( $D$ ),对群落的垂直结构进行全面分析。

1.2.2 性状指标测定 参照文献[13]、以植株光合组织最高点与地面之间的最短距离为标准测量株高。为降低样方内各种类的种内变异对测量结果的影响,仅测量该种类在该样方内最高的10株个体的株高,其平均值即为最大株高,并以此确定群落亚层。

选择植株上受光充足的叶片<sup>[13]</sup>进行测量,每种类选择5株植株,每株测量4枚叶片,计算20枚叶片所测数值的平均值。叶宽为叶片最宽处,叶长测量时排除叶柄;具茎生叶和基生叶的种类仅测量茎生叶,复叶种类则将复叶视为1片单叶进行测量。

叶型指标包括叶面积和叶片形状<sup>[14]58</sup>。叶面积=叶长×叶宽,不规则叶的叶面积采用叶形纸称重法计算;根据 Raunkiaer<sup>[15]</sup>的叶型分类系统,按照叶面积大小将叶片分为细叶、微叶、小叶、中叶、大叶和巨叶6个等级,各等级叶面积分别为0~25 mm<sup>2</sup>、26~225 mm<sup>2</sup>、226~2 025 mm<sup>2</sup>、2 026~18 225 mm<sup>2</sup>、18 226~164 025 mm<sup>2</sup>和大于164 025 mm<sup>2</sup>,并按此分类系统制作群落叶级谱表。叶片形状按叶片长宽比分为阔卵形叶、卵形叶、披针形叶和线形叶,叶片长宽比分别为约等于1.0、1.5~2.0、3.0~4.0和大于5.0<sup>[16]</sup>,按此分类等级制作群落叶片形状分布表。

目测叶倾角、叶片数和茎型。按叶片与铅垂线的夹角分为平叶型植冠(叶倾角约90°)、垂直叶型植冠(叶倾角约0°)、斜叶型植冠(叶倾角30°~60°)和泛叶型植冠(叶倾角不定),该指标随植物生长过程而变

化<sup>[14]85</sup>;叶片数分为4级:3~10枚、11~30枚、31~50枚和多于50枚;茎型按植株茎的生长状态分为匍匐、半直立、直立和丛生<sup>[13]</sup>。

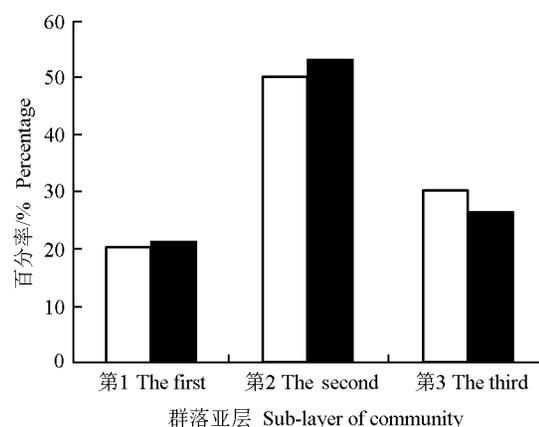
冠(丛)径分别指散生(丛生)植物的植株个体盖度<sup>[11]194</sup>,为植株最大冠(丛)和最小冠(丛)的平均直径。冠(丛)径可反映物种的叶面积、叶片形状、叶倾角和叶片数4个指标的综合状况,能够较全面的反映植物冠层遮光度。

1.2.3 “盒子”模型建立 采用“盒子”模型对群落垂直剖面进行模拟。将草甸内植物的垂直剖面模拟为近似的矩形,以矩形的长边和短边分别模拟植物的株高和冠(丛)径;矩形短边与水平线的锐角夹角反映茎的倾斜程度,夹角越大植株倾斜程度越大。用此矩形的形态形象地反映植物的综合性状,一个“盒子”即表示具有相似性状的一类植物,而数个不同规格和倾角的“盒子”则构成了群落。

## 2 结果和分析

### 2.1 北方草甸群落不同层次的物种数量、重要值和多样性分析

2.1.1 物种数量分析 调查结果显示:根据调查地植物株高,北方草甸群落可划分为3个亚层,且样方间群落各亚层植物种数和株(丛)数相近、具有相似的群落外貌,各样方各亚层植物种数和株(丛)数所占比例见图1。由图1可见:群落第1亚层、第2亚层和第3亚层的植物种数和株(丛)数比值分别为2:5:3和



□: 种数 Species number; ■: 株(丛)数 Individual (tuft) number.

图1 北方草甸群落不同亚层植物种数和株(丛)数比例  
Fig. 1 Proportion of species and individual (tuft) numbers of different sub-layers of northern meadow community

4:10:5。其中,群落第2亚层的植物种数及株(丛)数均最多、密度最大,第3亚层植物密度次之,第1亚层植物密度最小。

2.1.2 重要值分析 由于各样地的坡度、坡位和微地形条件大体一致,基本排除了异质生境对植物分布的影响<sup>[7]</sup>,因而,5个样地分别随机选择1个样方计算重要值。草甸群落不同样地不同亚层主要植物的重要值见表1,其中不包括未定种和重要值小于0.100的种类。由表1可见:各样地第2亚层的细叶薹草 [*Carex duriuscula* subsp. *stenophylloides* (V. Krecz.) S. Y. Liang et Y. C. Tang]的重要值均最大,推测与该种丛数多(即相对密度大)且单株丛径大(即相对盖度大)有关。而决定群落外貌的第1亚层的优势种

地榆(*Sanguisorba officinalis* Linn.)的重要值仅次于细叶薹草,充分说明了建群种在群落中的重要程度。3个亚层按照所有植物重要值由大至小依次排序为第2亚层、第3亚层、第1亚层,综合反映了各亚层盖度和植物密度的分布情况,与图1中各亚层的种数和株(丛)数的排序结果一致。

2.1.3 多样性分析 北方草甸群落5个样地不同亚层的种数、Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J_{sw}$ )和 Gleason丰富度指数( $D$ )见表2。由表2可见:除样地2中第3亚层的 $J_{sw}$ 值最大外,5个样地的种数及 $H'$ 、 $J_{sw}$ 和 $D$ 值均在第2亚层最大、第3亚层次之、第1亚层最小。群落的物种多样性指数与群落均匀度、物种丰富度均有关,物种丰富度越大,

表1 北方草甸群落不同样地各亚层优势种类及其重要值

Table 1 Dominant species and their important values in each sub-layer of different plots of northern meadow community

亚层 Sub-layer	种类 Species	在不同样地中的重要值 Important value in different plots				
		样地1 Plot 1	样地2 Plot 2	样地3 Plot 3	样地4 Plot 4	样地5 Plot 5
第1亚层 The first sub-layer	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	1.390	1.600	1.786	1.238	1.324
	沙参 <i>Adenophora stricta</i>	0.336	0.428	0.340	0.449	0.588
	黄花蒿 <i>Artemisia aunua</i>	0.324	0.228	0.320	0.264	0.356
第2亚层 The second sub-layer	瓣蕊唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i>	0.962	0.654	0.872	0.890	0.860
	华北蓝盆花 <i>Scabiosa tschiliensis</i>	0.574	0.790	0.840	0.861	0.594
	蓝花棘豆 <i>Oxytropis coerulea</i>	0.762	0.769	0.870	0.752	0.853
	瞿麦 <i>Dianthus superbus</i>	0.260	0.348	-	0.210	0.150
	翠雀 <i>Delphinium grandiflorum</i>	0.210	-	0.115	0.185	0.320
	翠菊 <i>Callistephus chinensis</i>	0.211	0.210	0.185	0.250	-
	火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	0.210	0.185	0.177	0.255	-
	蓬子菜 <i>Galium verum</i>	0.428	0.437	0.435	0.553	0.530
细叶薹草 <i>Carex duriuscula</i> subsp. <i>stenophylloides</i>	2.071	2.365	2.311	2.088	2.541	
第3亚层 The third sub-layer	歪头菜 <i>Vicia unijuga</i>	0.972	0.988	0.950	0.887	0.780
	并头黄芩 <i>Scutellaria scordifolia</i>	0.207	-	0.200	-	0.180
	花苜蓿 <i>Medicago ruthenica</i>	0.540	0.665	0.780	0.480	0.454
	小红菊 <i>Dendranthema chanelii</i>	1.175	1.172	0.988	1.246	1.098
	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	1.000	1.054	1.000	1.125	1.102

表2 北方草甸群落不同样地各亚层的种数(N)、Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J_{sw}$ )和 Gleason丰富度指数( $D$ )<sup>1)</sup>

Table 2 Species number (N), Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Pielou evenness index ( $J_{sw}$ ) and Gleason richness index ( $D$ ) of each sub-layer in different plots of northern meadow community<sup>1)</sup>

样地 Plot	N			$H'$			$J_{sw}$			D		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	3	9	5	0.456	1.265	0.864	0.415	0.576	0.537	1.001	3.004	1.669
2	3	8	4	0.464	1.204	0.810	0.422	0.579	0.584	1.001	2.671	1.335
3	3	8	5	0.477	1.165	0.850	0.434	0.560	0.528	1.001	2.671	1.669
4	3	9	4	0.449	1.317	0.790	0.409	0.599	0.570	1.001	3.004	1.335
5	3	7	5	0.501	1.159	0.814	0.456	0.596	0.506	1.001	2.337	1.669

<sup>1)</sup> 1st: 第1亚层 The first sub-layer; 2nd: 第2亚层 The second sub-layer; 3rd: 第3亚层 The third sub-layer.

群落均匀度越大,物种多样性数值就越高<sup>[12]</sup>,因而,群落第2亚层的物种多样性最高。这一结果也与图1中各亚层的种数和株(丛)数的排序结果一致。

## 2.2 北方草甸群落不同亚层植物性状分析

2.2.1 茎型 茎型是草本植物群落重要的外貌特征。调查结果显示:北方草甸群落第1亚层植物均为直立且不分枝或少分枝的茎型。第2亚层植物以丛生茎型为主,如细叶薹草和蓝花棘豆 [*Oxytropis coerulea* (Pall.) DC.];半直立和直立茎型也占一定优势。第3亚层植株低矮且茎短,主要呈匍匐状或莲座丛状,如小红菊 [*Dendranthema chanelii* (Lévl.) Shih] 和蒲公英 (*Taraxacum mongolicum* Hand. -Mazz.)。

2.2.2 叶型 北方草甸群落不同亚层的叶级谱和叶片形状的统计结果分别见表3和表4。

由表3可见:3个亚层植物均以小叶型占优势,其中第1和第3亚层的种类均为小叶型;第2亚层植物中小叶型占69.2%、中叶型占15.4%、细叶型和微叶型各占7.7%,且没有大叶型和巨叶型植物。

表3 北方草甸群落不同亚层植物的叶级谱<sup>1)</sup>  
Table 3 Leaf scale spectrum of species in different sub-layers of northern meadow community<sup>1)</sup>

叶级 Leaf scale	1st		2nd		3rd	
	N	P/%	N	P/%	N	P/%
细叶 Leptophyll	0	0.0	1	7.7	0	0.0
微叶 Nanophyll	0	0.0	1	7.7	0	0.0
小叶 Microphyll	3	100.0	9	69.2	4	100.0
中叶 Mesophyll	0	0.0	2	15.4	0	0.0
大叶 Macrophyll	0	0.0	0	0.0	0	0.0
巨叶 Giganphyll	0	0.0	0	0.0	0	0.0
合计 Total	3	100.0	13	100.0	4	100.0

<sup>1)</sup> 1st: 第1亚层 The first sub-layer; 2nd: 第2亚层 The second sub-layer; 3rd: 第3亚层 The third sub-layer. N: 种数 Species number; P: 百分率 Percentage.

表4 北方草甸群落不同亚层植物的叶片形状<sup>1)</sup>  
Table 4 Leaf shape of species in different sub-layers of northern meadow community<sup>1)</sup>

叶片形状 Leaf shape	1st		2nd		3rd	
	N	P/%	N	P/%	N	P/%
阔卵形 Broadly ovate	0	0.0	2	15.4	1	25.0
卵形 Ovate	2	66.7	2	15.4	1	25.0
披针形 Lanceolate	1	33.3	3	23.0	2	50.0
线形 Linear	0	0.0	6	46.1	0	0.0
合计 Total	3	100.0	13	100.0	4	100.0

<sup>1)</sup> 1st: 第1亚层 The first sub-layer; 2nd: 第2亚层 The second sub-layer; 3rd: 第3亚层 The third sub-layer. N: 种数 Species number; P: 百分率 Percentage.

由表4可见:第1亚层植物一般兼具茎生叶和基生叶,茎生叶主要为卵形和披针形;第2亚层植物中线形、披针形、卵形和阔卵形4种叶片形状均存在,分别占总数的46.1%、23.0%、15.4%和15.4%,推测与丛生植物在该亚层占优势有关;第3亚层植物叶片形状有阔卵形、卵形和披针形,无线形叶。

2.2.3 叶倾角 北方草甸群落不同亚层植物的叶倾角见表5。结果表明:斜叶型(叶倾角30°~60°)植物在第1和第2亚层均占较大比例,分别占66.7%和61.5%;而具有遮光度最大的平叶型(叶倾角约90°)的植物种类较少,反映了第1和第2亚层植物遮光度较小的特点,第2亚层植物也可能因竞争光照资源而具有较多的斜叶型;第3亚层植物叶片均呈平叶型。

2.2.4 叶片数 北方草甸群落不同亚层植物的叶片数见表6。由表6可见:第1亚层植物叶片数均为3~10枚,叶片数少且遮光度小;第2亚层植物叶片数分布等级广,具3~10枚和11~30枚叶片的种类较多,共占该亚层总种数的77.0%,该亚层盖度最大,呈现茂密的景观外貌;第3亚层种类株丛矮小,以具3~10

表5 北方草甸群落不同亚层植物的叶倾角<sup>1)</sup>  
Table 5 Leaf inclination angle of species in different sub-layers of northern meadow community<sup>1)</sup>

叶倾角 Leaf inclination angle	1st		2nd		3rd	
	N	P/%	N	P/%	N	P/%
≈90°	1	33.3	1	7.7	4	100.0
≈0°	0	0.0	2	15.4	0	0.0
30°-60°	2	66.7	8	61.5	0	0.0
不定 Unsteady	0	0.0	2	15.4	0	0.0
合计 Total	3	100.0	13	100.0	4	100.0

<sup>1)</sup> 1st: 第1亚层 The first sub-layer; 2nd: 第2亚层 The second sub-layer; 3rd: 第3亚层 The third sub-layer. N: 种数 Species number; P: 百分率 Percentage.

表6 北方草甸群落不同亚层植物的叶片数<sup>1)</sup>  
Table 6 Leaf number of species in different sub-layers of northern meadow community<sup>1)</sup>

叶片数 Leaf number	1st		2nd		3rd	
	N	P/%	N	P/%	N	P/%
3-10	3	100.0	5	38.5	3	75.0
11-30	0	0.0	5	38.5	1	25.0
31-50	0	0.0	2	15.4	0	0.0
>50	0	0.0	1	7.6	0	0.0
合计 Total	3	100.0	13	100.0	4	100.0

<sup>1)</sup> 1st: 第1亚层 The first sub-layer; 2nd: 第2亚层 The second sub-layer; 3rd: 第3亚层 The third sub-layer. N: 种数 Species number; P: 百分率 Percentage.

枚叶片的种类为主,占该亚层总种数的75.0%。

2.2.5 冠(丛)径 光照对草本植物群落的垂直结构有重要作用,根据上述草甸群落的叶片性状,用冠(丛)径反映植物冠层遮光度。由于重要值最大的3个种类的性状基本决定群落各亚层外貌,因而计算其冠(丛)径并对重要值等级相同的各亚层植物冠(丛)径进行比较,可解释群落的物种成分构成。

北方草甸群落各亚层重要值前3位的植物冠(丛)径见图2。同一重要值等级的植物冠(丛)径均在第2亚层最大、在第1亚层最小、在第3亚层居中。由于第1亚层的植物冠(丛)径最小且遮光度小,使得第2亚层的种类能获得良好的光照条件,因而第2亚层的物种多样性最高;而第2亚层植物的平均冠(丛)径最大且遮光大,因而使第3亚层的光照条件较差,因此决定了第3亚层主要由耐阴植物种类构成。

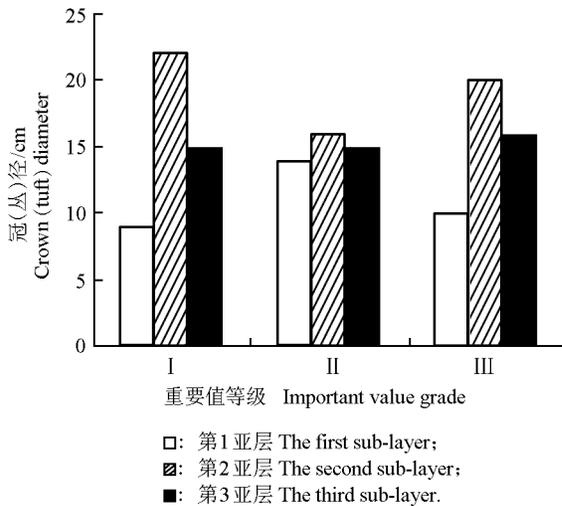
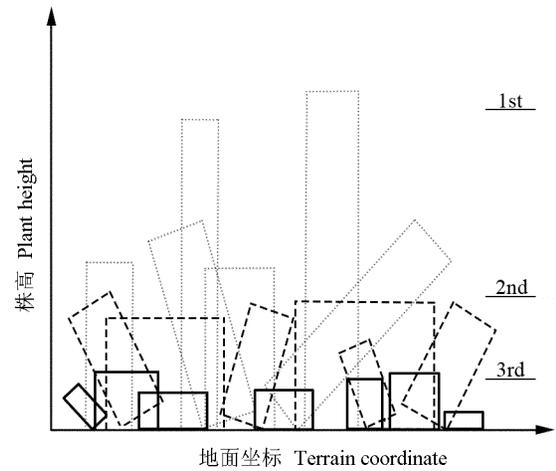


图2 北方草甸群落各亚层中重要值前3位的植物的冠(丛)径  
Fig. 2 Crown (tuft) diameter of species with the top three of important value in each sub-layer of northern meadow community

### 2.3 北方草甸群落垂直剖面的“盒子”模型

根据调查结果,采用“盒子”模型模拟北方草甸群落的垂直剖面结构(图3)。在自然草甸群落的植物配置模式中,第1亚层全部由冠径小、植株高、茎直立且不分枝或少分枝的植物构成,在“盒子”模型中为长宽比大的长方形“盒子”;第2亚层植物种类丰富,丛生植物种类密度高,模拟为正方形“盒子”,此外茎直立或倾斜的植物模拟为长方形“盒子”,但“盒子”的长宽比小于第1亚层;第3亚层为匍匐状或莲座丛状植物,模拟为长宽比最小的长方形“盒子”。



1st: 第1亚层 The first sub-layer; 2nd: 第2亚层 The second sub-layer; 3rd: 第3亚层 The third sub-layer.

图3 北方草甸群落垂直剖面“盒子”模型示意图  
Fig. 3 Schematic diagram of “Box” model of vertical section of northern meadow community

## 3 讨论和结论

### 3.1 野花组合垂直结构构成

模仿自然草甸群落的垂直结构,创建野花组合时应选择株高错落的植物种类进行配置,并且不同株高的种数和株(丛)数应有所差异,使景观具有层次感。对北方草甸群落垂直结构的分析结果显示:人工野花组合群落适宜的配比为高大的植物种类占20%、中间层次种类占50%、低矮种类占30%。实际配置时,以1 m<sup>2</sup>单位面积为例,可选择20种植物构成群落,包括4种高层种类、10种中间层种类和6种低矮种类;而各亚层的株数配比可由约40株高大植物种类、100株中间层次种类和50株低矮植物种类构成。在实际应用时可根据景观建植的立地条件与景观需求对植物配置进行适当调整,同时每种植物的配置数量还要根据对花期、花色和花型等观赏性的要求进行确定。

### 3.2 人工群落种类筛选

基于性状的“盒子”模型,不是一个针对特定种类的组合模型,而是合理组配具有某些特定性状的种类、有无限物种可以选择的模型。在自然群落中,分布于草甸群落各亚层的物种不断更替,植物种类远多于表1中的记载,因而,依据“盒子”模型所示的各亚层种类的综合性状,可参与野花组合构建的种类有:

第1亚层:地榆、拳参(*Polygonum bistorta* Linn.)、败酱(*Patrinia scabiosaefolia* Fisch. ex Trev.)、金莲花

(*Trollius chinensis* Bunge) 和缬草(*Valeriana officinalis* Linn.)等。

第2亚层:胭脂花(*Primula maximowiczii* Regel)、银莲花(*Anemone cathayensis* Kitag.)、细叶蔓草、委陵菜(*Potentilla chinensis* Ser.)、北柴胡(*Bupleurum chinense* DC.)、蓝花棘豆、野罂粟(*Papaver nudicaule* Linn.)、华北耧斗菜(*Aquilegia yabeana* Kitag.)、蓬子菜(*Galium verum* Linn.)、灯心草蚤缀(*Arenaria juncea* M. Bieb.)、香花芥(*Hesperis trichosepala* Turcz.)、穗花马先蒿(*Pedicularis spicata* Pall.)、糖芥[*Erysimum bungei* (Kitag.) Kitag.]、华北蓝盆花(*Scabiosa tschiliensis* Grün.)、翠雀(*Delphinium grandiflorum* Linn.)、蝇子草类(*Silene* spp.)、毛蕊老鹳草(*Geranium platyanthum* Duthie)、白屈菜(*Chelidonium majus* Linn.)、火绒草[*Leontopodium leontopodioides* (Willd.) Beauv.]、葛缕子(*Carum carvi* Linn.)、毛茛(*Ranunculus japonicus* Thunb.)、翠菊[*Callistephus chinensis* (Linn.) Nees]、瞿麦(*Dianthus superbus* Linn.)、水杨梅(*Geum alepicum* Jacq.)、天蓝韭(*Allium cyaneum* Regel)、硬皮葱(*Allium ledebourianum* Roem. et Schult.)和东风菜[*Doellingeria scaber* (Thunb.) Nees]等。

第3亚层:小红菊、地黄[*Rehmannia glutinosa* (Gaert.) Libosch. ex Fisch. et Mey.]、少花米口袋[*Gueldenstaedtia verna* (Georgi) Boriss.]、白头翁[*Pulsatilla chinensis* (Bunge) Regel]、紫花地丁(*Viola philippica* Cav.)、早开堇菜(*Viola prionantha* Bunge)、点地梅[*Androsace umbellata* (Lour.) Merr.]、舞鹤草[*Maianthemum bifolium* (Linn.) F. W. Schmidt]、蒲公英、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina* Linn.)和阿尔泰紫菀[*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.]等。

上述种类是北方草甸常见的野生植物种类,然而在实际构建中并不局限于对野生植物的应用,符合性状要求、观赏价值高的栽培花卉也可参与群落构建,如花菱草(*Eschscholtzia californica* Cham.)、屈曲花(*Iberis amara* Linn.)、柳穿鱼(*Linaria vulgaris* Mill.)和虞美人(*Papaver rhoeas* Linn.)等均符合第2亚层物种的性状要求,也可用于野花群落的人工构建。自然草甸群落的持续性、稳定性和景观效果对于野花组合的创建具有重要的参考价值,除了在种类组成上利用“野生”乡土植物外,尤为重要是对自然草甸群落的结构和形态进行模拟与再造,用“野态”和“野趣”丰

富并提升野花组合的表现力和美学功能。

### 3.3 “盒子”模型的意义

综合上述调查结果,初步总结出草甸群落的配置模式,将该模式模拟为“盒子”模型。“盒子”模型显示出参与草甸群落各亚层构建的植物所具有的性状,因而,在利用基于植物性状的群落构建机制指导野花组合构建时,“盒子”模型可为群落垂直结构构成和各亚层植物种类的选择提供启示和参考。

#### 参考文献:

- [1] 李旻,刘燕. 野花草地的发展历程及应用前景概述[J]. 广东农业科学, 2012, 39(3): 48-51.
- [2] 陆朱佳. 浅谈缀花草坪的品种选择及施工方案[J]. 上海农业科技, 2009(4): 124-125.
- [3] 李冰华,高亦珂. 草花混播发展历程研究[J]. 北方园艺, 2010(19): 220-222.
- [4] 方翠莲,高亦珂,白伟岚. 花卉混播的特点与研究应用[J]. 广东农业科学, 2012, 39(24): 53-55.
- [5] 窦桂平,李春成,马晶,等. 景观花卉组合在园林景观中的特点[J]. 特种经济动植物, 2013(6): 36-37.
- [6] 李远智. 亚高寒草甸不同空间尺度种内性状变异与群落构建机制研究[D]. 兰州: 兰州大学生命科学学院, 2013: 5.
- [7] WEIHER E, KEDDY P A. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns[J]. Oikos, 1995, 74: 159-164.
- [8] 陈宁. 亚高寒草甸群落组分的性状收敛与分歧模式及其影响因素[D]. 兰州: 兰州大学生命科学学院, 2013: 2.
- [9] PILLAR V D, DUARTE L D S, SOSINSKI E E, et al. Discriminating trait-convergence and trait-divergence assembly patterns in ecological community gradients[J]. Journal of Vegetation Science, 2009, 20: 334-348.
- [10] WESTOBY M. A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme[J]. Plant and Soil, 1998, 199: 213-227.
- [11] 杨持. 生态学实验与实习[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [12] 孙儒泳,李博,诸葛阳,等. 基础生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 135-137.
- [13] CORNELISSEN J H C, LAVOREL S, GARNIER E, et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide[J]. Australian Journal of Botany, 2003, 51: 335-380.
- [14] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [15] RAUNKIAER C. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography[M]. Oxford: Clarendon Press, 1934.
- [16] 郑湘如,王丽. 植物学[M]. 2版. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 120.

(责任编辑:张明霞)