

# 银川平原草甸湿地三种禾草 构件特征及其土壤生境

乔 斌, 何彤慧, 吴春燕, 苏芝屯

(宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地,  
宁夏 银川 750021)

**摘 要:**草甸湿地是银川平原干旱背景下特殊的湿地类型,对宁夏引黄灌区绿洲的健康发展至关重要。以银川平原草甸湿地常见禾草芨芨草(*Achnatherum splendens*)、赖草(*Leymus secalinus*)、拂子茅(*Calamagrostis epigejos*)为研究对象,通过野外采样、实验室分析,研究了3种禾草构件形态特征、构件生物量特征及配置比例,分析了3种禾草生境的土壤特征。结果表明:3种禾草的构件形态、构件生物量差异显著( $P<0.05$ ),其中芨芨草各构件特征值最大,赖草和拂子茅次之;3种禾草构件生物量分配策略既有共性,又存在差异( $P<0.05$ ),其生物量分配模式以种群能够实现持续生存和繁衍为终极目标;禾草生境的土壤理化性质在小尺度上各有不同,因而不同禾草常以单优群落分布,在景观格局上禾草生境则受制于银川平原草甸湿地盐渍化特征和土壤水分梯度差异。该研究为宁夏引黄灌区沟渠廊道生态建设和盐碱草地植被恢复提供了科学依据。

**关键词:**构件形态;构件生物量;土壤理化性质;草甸湿地

**中图分类号:**S 543<sup>+</sup>.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0077-06

湿地作为发育于水陆环境过渡地带的生态系统,具有高度敏感性和脆弱性<sup>[1]</sup>。我国西北干旱半干旱地区的湿地生态系统尤为敏感脆弱,一旦破坏很难恢复<sup>[2]</sup>。地处干旱地区的银川平原湿地总面积达20.67万hm<sup>2</sup>,占区域国土面积的25.83%,远高于3.77%的全国平均水平<sup>[3]</sup>。其中草甸湿地作为银川平原水陆过渡界面的特殊湿地类型<sup>[4]</sup>,在宁夏引黄灌区绿洲生态系统中发挥着重要的生态功能。湿地生态系统中,植被和土壤是重要的组成部分,也是重要的湿地生境质量指标<sup>[1]</sup>。因此,探究银川平原草

甸湿地常见禾草的生态特征,分析其生境土壤理化性质,对于揭示其生态系统功能和了解其敏感脆弱性很有必要,是值得研究的科学命题。构件理论<sup>[5-7]</sup>的提出和发展给群落水平的种群研究带来了新视角,从构件角度切入研究植物种群生态,是一种可行的方法。目前关于草地生态系统<sup>[8-11]</sup>、森林生态系统<sup>[12-13]</sup>、人工生态系统<sup>[14-16]</sup>的植物种群构件和入侵植物构件<sup>[17-18]</sup>的研究鲜有报道,但是关于湿地生态系统植物种群构件特征的研究尚鲜见报道。

在银川平原干旱背景下的草甸湿地中,禾本科的芨芨草(*Achnatherum splendens*)、赖草(*Leymus secalinus*)、拂子茅(*Calamagrostis epigejos*)为常见的草甸植物,一般分布在沟渠边坡、沟渠滞洪区、浅水滩地、田埂等中生或湿生环境。作为银川平原常见

**第一作者简介:**乔斌(1988-),男,甘肃天水人,硕士研究生,研究方向为植物生态和湿地恢复生态。E-mail:8807qiaobin@163.com.  
**收稿日期:**2016-10-08

of the plant arrangement were significantly positive correlated with the aesthetic sense and identification. Moreover, they were significantly positive correlated with talk, learning and rest in the behavior intention. While, there was a significant negative correlation between plant density degree and security sense. Based on the evaluation results, it was recommended that the landscape plant arrangement design should not be blindly use more species in the campus life areas of universities in Harbin. It should be pay more attentions to apply plant arrangement strategies such as variety heights, rich colors and open visions to universities campus in Harbin.

**Keywords:** plants arrangement; assessment; campus; landscape; living area

的草甸禾草,芨芨草、赖草、拂子茅既是重要的景观成员,也是重要的饲草来源。一方面,草甸湿地植物能有效指示银川平原绿洲生态系统的基本特点和功能特性,另一方面,银川平原的草甸湿地出现了不同程度的退化,有必要探究植物的生态特征和生境土壤性状。因此,现以银川平原常见草甸禾草芨芨草、赖草、拂子茅为研究对象,通过种群构件层面研究 3 种禾草的构件特征、构件生物量特征、构件生物量配置格局及 3 种禾草土壤生境特征、土壤主要特征因子,以期对银川平原绿洲生态保护和恢复、宁夏引黄灌区沟渠廊道生态建设、盐碱草地植被恢复等提供理论基础和实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

银川平原位于贺兰山与鄂尔多斯高原之间,是在新生代断陷盆地基础上发育的堆积平原,自古以来就是黄河自流灌溉绿洲。地处温带干旱地区,属典型的中温带大陆性气候,年平均气温  $8\sim 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年降水量  $200\text{ mm}$  左右。银川平原深居西北内陆,干旱少雨,蒸发强烈,气候干旱,荒漠草原为该区的地带性植被,但便于引黄灌溉,光、热、水、土等农业自然资源配合较好,农林牧业在银川平原得以良好的发展。在银川平原,禾本科植物芨芨草、赖草、拂子茅广泛分布于沟渠边坡、沟渠滞洪区,浅水滩地、田埂等,由于临界水域地下水位高,往往出现土壤盐渍化现象。

### 1.2 研究方法

在银川平原唐徕渠干渠沿线、艾依河沿线、贺兰山山前滞洪带等地多处采样。分别选取具有代表性的人为干扰较小或无人干扰的芨芨草、赖草、拂子茅单优种群斑块作为样地。整个采样期从 6 月中旬芨芨草、拂子茅、赖草出穗期开始,直到 9 月下旬有性生殖期结束,每月上、下旬各采样一次。共设置了 41 个样点,其中芨芨草种群 11 个,赖草种群 13 个,拂子茅种群 17 个,每个样点做 3 个重复样方,调查样方为  $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ ,记录样方中种群株高、叶长、叶宽(叶片最宽处的宽度)、茎长、茎粗(近地面植株的直径)、花序长等构件形态特征指标。构件生物量取样为  $25\text{ cm}\times 25\text{ cm}\times 40\text{ cm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 深)的样方,是在原来的草本群落调查样方中取样,对选好的构件生物量样方进行挖取后带回实验室处理。在进行植物种群样方取样的同时,在各样点用土钻分别取  $0\sim 10$ 、 $10\sim 20$ 、 $20\sim 30$ 、 $30\sim 40\text{ cm}$  共 4 个土层的土壤(植物根系大部分分布在  $30\text{ cm}$  以上的土壤中)。取土样

时将同一层土样混匀后装入自封袋中带回实验室,每层 3 次重复,同时用铝盒盛装土样带回实验室用于测土壤含水量。

### 1.3 项目测定

种群构件形态指标在野外调查时测量完成,叶长、叶宽、茎长、花序长、株高等采用卷尺测定,茎粗采用游标卡尺测定。带回实验室的种群构件生物量,去除死去的分蘖株,用水将土冲洗干净,尽量保证地上和地下部分保持自然联系。按照植物体的功能构件将其分为茎秆构件(叶鞘分入茎秆构件)、叶构件、有性生殖构件(花、种)、根茎构件。然后将各构件分开装入纸袋中,放入  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干至恒重后称量其构件生物量。采用烘干法测定土壤含水量,采用 pH 计测定土壤 pH,采用电导率仪测定土壤全盐含量,采用  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$  外加热法测定土壤有机碳(SOC)含量,采用半微量凯氏定氮法测定土壤全氮(TN)含量,采用 NaOH 碱溶-钼锑抗比色法测定土壤全磷(TP)含量,采用 NaOH- $\text{H}_3\text{BO}_3$  法测定土壤碱解氮(AN)含量,采用  $\text{NaHCO}_3$  浸提-钼锑抗比色法测定土壤有效磷(AP)含量。计算叶长/叶宽(L/W)、株高/茎粗(H/D)、叶茎比(LSR)。  $\text{LSR} = S_L/S$ ,其中,  $S_L$  为叶干生物量(g),  $S$  为茎秆干生物量(g)。根冠比(R/S)采用烘干的地下生物量与地上生物量之比来表示。

### 1.4 数据分析

用 SPSS 19.0 软件中 Kolmogorov-Smirnov 检验数据,均符合正态分布( $P>0.05$ ),再用 Levene's 检验方差齐性。数据差异性检验用单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著差法(Least-significant difference, LSD)或 Tamhane's T2 法进行,若方差齐性  $P>0.05$ ,用 LSD 法检验,若方差非齐性  $P<0.05$ ,采用 Tamhane's T2 法检验。采用主成分分析(PCA)方法对土壤因子进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 构件特征比较

2.1.1 构件形态特征比较 从表 1 可以看出,3 种禾草构件形态指标差异显著( $P<0.05$ ),其中叶长、茎长、茎粗、花序长、株高均以芨芨草最大,赖草除茎粗外,各形态指标均最小;3 种禾草的叶长差异显著( $P<0.05$ ),茎长则差异不显著( $P>0.05$ ),茎粗为芨芨草显著高于赖草和拂子茅( $P<0.05$ ),赖草与拂子茅差异则不显著( $P>0.05$ );芨芨草花序长显著大于赖草和拂子茅的花序长( $P<0.05$ ),同时赖草与拂子茅的花序长差异不显著( $P>0.05$ );株高则表现为芨

表 1

3 种禾草构件形态特征

Table 1

Morphological characteristic of modular of three gramineous species

植物名称 Plant name	叶长/cm	叶宽/cm	茎长/cm	茎粗/mm	花序长/cm	株高/cm	L/W	H/D
芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>	62.13±17.87a	4.34±1.08	25.69±12.87a	3.14±0.88a	46.56±12.23a	166.00±37.91a	15.06±6.12	53.04±18.97a
赖草 <i>Leymus secalinus</i>	15.13±5.13c	—	18.72±6.31a	2.05±0.64b	10.81±2.66b	74.01±15.80b	—	33.74±6.57b
拂子茅 <i>Calamagrostis epigejos</i>	27.07±11.86b	5.30±1.06	21.53±14.87a	1.99±0.51b	15.25±2.72b	150.41±28.61a	5.41±2.83	57.16±14.33a

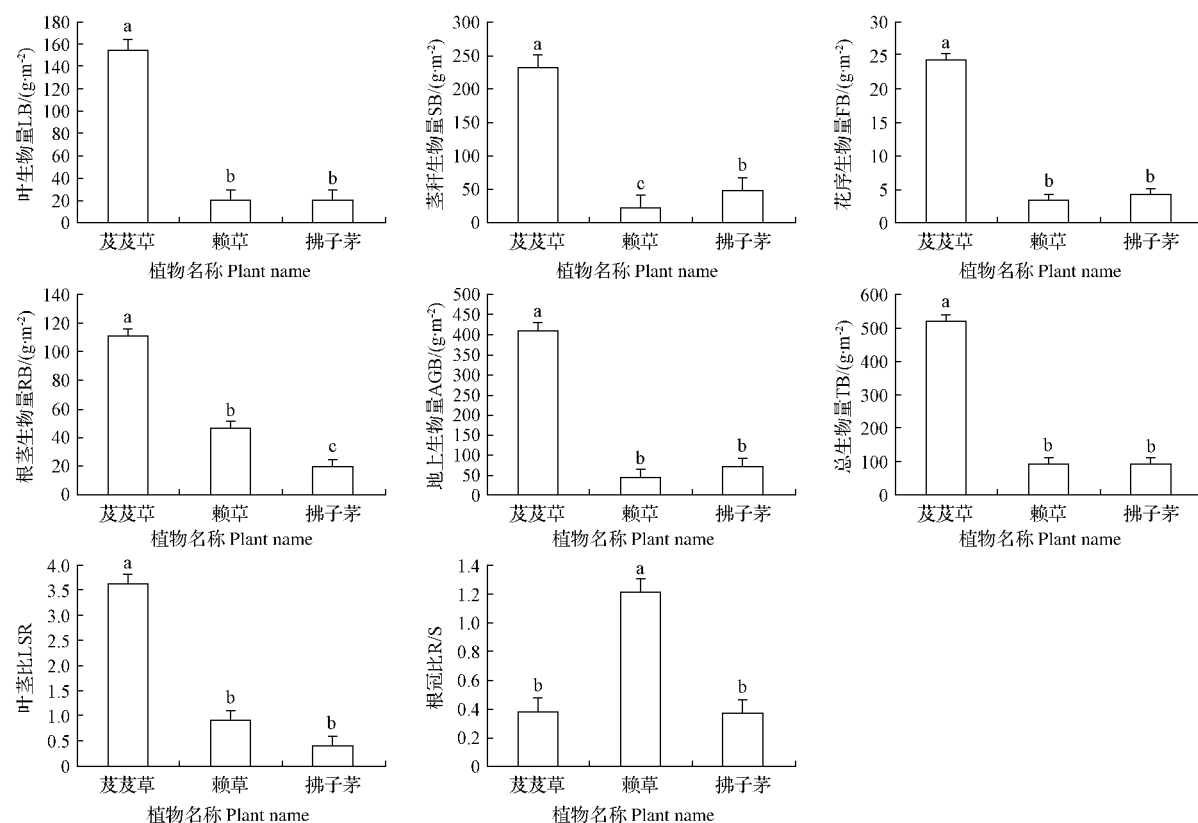
注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。表 2 同。

Note: Different lowercase letters represent significant differences counterparts ( $P<0.05$ ). Table 2 is the same.

芨芨草和拂子茅显著高于赖草( $P<0.05$ ),同时芨芨草和拂子茅株高差异均不显著( $P>0.05$ );株高/茎粗(H/D)为拂子茅>芨芨草>赖草,且赖草与芨芨草、拂子茅差异显著( $P<0.05$ )。

2.1.2 构件生物量特征比较 从图 1 可以看出,3 种禾草各构件生物量、茎叶比、根冠比均存在不同的差异性( $P<0.05$ )。具体来说,叶生物量(LB)、茎秆

生物量(SB)、花序生物量(FB)、根茎生物量(RB)、地上生物量(AGB)、总生物量(TB)均是芨芨草最大,且与赖草、拂子茅存在显著差异( $P<0.05$ );赖草和芨芨草的 LB、FB、AGB、TB 差异均不显著( $P>0.05$ ),但是 SB、RB 差异显著( $P<0.05$ );LSR 为芨芨草最大,与赖草、拂子茅差异显著( $P<0.05$ );R/S 则是赖草最大,与芨芨草、拂子茅差异显著( $P<0.05$ )。



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters represent significant differences ( $P<0.05$ ).

图 1 3 种禾草构件生物量、叶茎比及根冠比

Fig. 1 Modular biomass, leaf-stem ratio and root-shoot ratio of three gramineous species

## 2.2 生物量分配格局分析

由表 2 可知,芨芨草种群配置给茎秆的生物量

最大,比例为 31.92%~53.00%,其次是叶片和根茎,为 24.17%~33.07%和 10.92%~38.98%,有性

表 2

3 种禾草构件生物量配置格局

Table 2

Allocation patterns of modular biomass of three gramineous species

植物名称 Plant name	生物量分配格局 Biomass allocation/%				
	根茎生物量 RB	叶生物量 LB	茎秆生物量 SB	花序生物量 FB	地上生物量 AGB
芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>	24.95±14.03b	28.62±4.45a	42.46±10.54a	3.98±2.77a	75.06±14.03a
赖草 <i>Leymus secalinus</i>	51.28±11.41a	21.35±7.88b	23.75±7.15b	3.61±1.40a	48.72±11.41b
拂子茅 <i>Calamagrostis epigejos</i>	24.35±13.56b	21.78±7.63b	49.58±11.13a	4.55±1.85a	75.65±13.56a

繁殖器官(花、种)的配置比例最小,为 1.21%~6.75%;芨芨草种群配置给地上部分的生物量为 61.03%~89.09%,显著高于地下生物量(根茎生物量)。赖草种群分配于根茎的比例最大,为 39.87%~62.69%,其次是茎秆和叶片,分别为 16.60%~30.90%和 13.47%~29.23%,有性繁殖器官(花、种)的配置比例最小,为 2.21%~5.01%;地上生物量为 37.31%~60.13%,与地下生物量相近。拂子茅种群配置给茎秆的生物量最大,为 38.45%~60.71%,其次是根茎和叶片,分别为 10.79%~37.91%和 14.15%~29.41%,有性繁殖构件(花、种)为 2.70%~6.40%;拂子茅种群地上部分的配置比例为 62.09%~89.21%。就各生物量指标的配置比例而言,赖草种群的根茎生物量配置比例最大,显著高于芨芨草种群和拂子茅种群( $P<0.05$ );叶生物量的配置比例为芨芨草种群显著高于赖草种群和拂子茅种群( $P<0.05$ );茎秆生物量的配置比例为拂子茅种群>芨芨草种群>赖草种群,赖草种群茎秆的配置比例显著低于拂子茅种群和芨芨草种群( $P<0.05$ );有性繁殖器官(花、种)的配置比例表现为 3 种禾草种群差异性均不显著( $P<0.05$ );地上生物量的配置比例呈现出赖草种群显著低于芨芨草种群和拂子茅种群( $P<0.05$ )。

### 2.3 土壤因子的主成分分析

对 3 种禾草生境的土壤含水量、全盐、pH、SOC、TN、TP、AN、AP 等进行主成分分析。表 3 表明,芨芨草种群生境的土壤因子主成分分析,共提取了 3 个主成分,特征值为 2.805、2.267、1.643,累积贡献率为 83.935%;第 1 主成分上全盐的因子载荷最高,为 0.810,TP 在第 2 主成分上全磷的因子载荷最高,为 0.929,第 3 主成分上土壤含水量的因子载荷最高,为 0.879;可以看出,全盐、TP、土壤含水量是芨芨草种群土壤生境的主要特征因子。由表 4 可知,赖草种群生境的土壤因子共提取了 4 个主成分,特征值均大于 1,分别为 2.706、1.901、1.344、1.070,4 个主成分的累积贡献率达到了 87.760%;从各土壤因子在第 1、2、3、4 主成分的载荷可以看出,TP 在第 1 主成分上的因子载荷最高,为 0.810,pH 在第 2 主成分上

的因子载荷最高,达到了 0.933,第 3 主成分上土壤含水量的因子载荷最高,是 0.760,第 4 主成分上全盐的因子载荷最高,为 0.496;主成分分析全面的反映了赖草种群生境的主要土壤因子,根据各土壤因子的因子载荷情况,赖草种群生境的主要土壤因子是 TP、pH、土壤含水量、全盐。从表 5 可以看出,拂子茅种群生境的土壤因子主成分分析提取了 3 个主成分,特征值为 3.054、1.629、1.181,累积贡献率达到了 73.286%;SOC、AN、全盐在第 1 主成分的因子载荷占据前三,分别为 0.858、0.827、0.806,第 2 主成分上 AP 的因子载荷最高,是 0.837,土壤含水量在第 3 主成分的因子载荷最高,为 0.932。因此,拂子茅种群生境的主要土壤因子是 SOC、AN、全盐、AP 和土壤含水量。可见,土壤含水量、全盐是影响 3 种禾草土壤生境的共同特征因子,其次 SOC 和速效养分也是重要的特征因子。

表 3 芨芨草种群土壤生境因子主成分分析

Table 3 Principal component analysis of soil habitat factor of *Achnatherum splendens* population

主成分 Principal component	成分 1 Component 1	成分 2 Component 2	成分 3 Component 3
土壤含水量 Soil water content	-0.185	-0.048	0.879
全盐 Total salt content	0.810	0.297	0.459
pH	-0.727	0.450	-0.067
有机碳 SOC	0.636	0.661	-0.016
全氮 TN	-0.547	0.766	-0.044
全磷 TP	0.315	0.929	0.029
碱解氮 AN	-0.020	-0.163	0.750
有效磷 AP	0.885	-0.249	-0.300
特征值 Eigenvalue	2.805	2.267	1.643
方差的百分比 Percentage of variance	35.058	28.337	20.540
累积贡献率 Contribution rate/%	35.058	63.395	83.935

注:各离子对应的数据表示在各主成分上的因子载荷。下同。

Note: The data that ions correspond to show the main components of the load factor. The same below.

### 3 结论与讨论

植物的营养构件(根、茎、叶)和繁殖构件(花、果、种)都具有一定的形态特征,各构件的性状特征反映的是植物所在生态系统的功能<sup>[19]</sup>。该研究中,3 种禾草构件形态特征差异显著,体现出不同的表达特征,各物种在银川平原草甸生态系统中也发挥着

表 4 赖草种群土壤生境因子主成分分析

Table 4 Principal component analysis of soil habitat factor of *Leymus secalinus* population

主成分 Principal component	成分 1 Component 1	成分 2 Component 2	成分 3 Component 3	成分 4 Component 4
土壤含水量 Soil water content	-0.451	-0.012	0.760	0.390
全盐 Total salt content	0.592	-0.288	-0.419	0.496
pH	0.114	0.933	0.006	-0.241
有机碳 SOC	0.760	-0.319	0.129	-0.380
全氮 TN	0.570	-0.464	0.663	-0.018
全磷 TP	0.807	-0.024	-0.160	0.122
碱解氮 AN	0.688	0.599	0.322	-0.158
有效磷 AP	0.333	0.520	0.067	0.655
特征值 Eigenvalue	2.706	1.901	1.344	1.070
方差的百分比 Percentage of variance	33.829	23.760	16.796	13.374
累积贡献率 Contribution rate/%	33.829	57.589	74.385	87.760

表 5 拂子茅种群土壤生境因子主成分分析

Table 5 Principal component analysis of soil habitat factor of *Calamagrostis epigejos* population

主成分 Principal component	成分 1 Component 1	成分 2 Component 2	成分 3 Component 3
土壤含水量 Soil water content	0.244	0.074	0.932
全盐 Total salt content	0.806	-0.015	-0.371
pH	0.379	0.631	-0.107
有机碳 SOC	0.858	0.138	0.248
全氮 TN	0.792	0.147	-0.219
全磷 TP	0.358	-0.684	0.178
碱解氮 AN	0.827	-0.125	0.039
有效磷 AP	-0.158	0.837	0.140
特征值 Eigenvalue	3.054	1.629	1.181
方差的百分比 Percentage of variance	38.171	20.357	14.758
累积贡献率 Contribution rate/%	38.171	58.529	73.286

不同的生态功能。构件形态的差异很大程度上决定着植株的结构和功能,反映了植物的生存策略。生物量作为植物最基本的生物学特性和功能性状,是物质和能量累积的直观反映<sup>[11]</sup>。构件生物量分配格局则是植物对其所在环境长期适应和自然选择的结果。3种禾草中,芨芨草的各构件生物量、地上生物量、总生物量、叶茎比均最大,与赖草、拂子茅差异显著。由于3种禾草的遗传特性、个体大小存在差异,直接影响了生物量指标,前人的研究也证实不同物种间生物量差异显著<sup>[9,20]</sup>。此外,禾草生物量指标的差异还可能与芨芨草是密集丛生型禾草,而赖草、拂子茅是根茎型禾草有关。从生物量分配格局来看,3种禾草叶生物量配置比例相近,作为光合构件,为植物提供了营养物质,承担着合成有机物和存储能量的功能,因此资源配置稳定;同为无性系构件植物,无性繁殖是种群实现扩展和延续的主要手段。因此,3种禾草花序生物量配置比例小且差异不显著,其主要通过根茎营养繁殖或分蘖繁殖来实现种群繁衍;3种禾草的根茎生物量和茎秆生物量配置比例出

现了明显的“偏斜”,但又各有侧重。根茎作为营养构件,承担着吸收含水量和养分的功能,发达的根茎是3种禾草种群资源投资的重要对策,茎秆作为支撑构件,对整个植物种群的有序繁衍起到支配作用。总之,3种禾草之间生物量分配存在共性,但也存在差异。植物构件之间存在协同机制,共同调控着植物的生存、生长和繁殖<sup>[21]</sup>,使植物向着有利于种群持续生存和繁衍的方向发展。从这个意义上讲,不同植物种群构件形态间、构件生物量间的协同机制会影响到群落水平、生态系统水平物种之间的协调,对于探讨植物物种进化机制<sup>[22]</sup>、物质循环和能量流动<sup>[23]</sup>都具有重要价值。

3种禾草土壤生境既存在差异的特征因子,也有共性的特征因子,正是因为3种禾草生境的土壤特征因子存在差异,表现出不同的小生境,使得3种禾草常呈现为单优势种群落分布特点,在小尺度上表现为不同的群落斑块。共性土壤特征因子为全盐和土壤含水量,土壤全盐含量解释了银川平原草甸湿地多为盐碱湿地类型<sup>[4,24]</sup>,与缙倩倩等<sup>[2]</sup>关于西北地区的蒸散发强烈,湿地多为盐碱化湿地的论述一致。土壤含水量的梯度递减规律则客观的反映了拂子茅-赖草-芨芨草种群在景观格局上的更替分布特点。作为禾本科植物,芨芨草、赖草、拂子茅具有耐旱、耐盐碱、耐践踏等共同特点,但其对土壤生境的适应能力也存在差异。因此,在银川平原盐碱草地植被恢复和灌溉沟渠边坡生态廊道建设中,应充分考虑土壤小生境的斑块特点和景观格局上的更替效应,有序推进草甸湿地生态系统的保护与恢复。

#### 参考文献

- [1] 章光新. 水文情势与盐分变化对湿地植被的影响研究综述[J]. 生态学报, 2012(13): 4254-4260.
- [2] 缙倩倩, 屈建军, 王国华, 等. 中国干旱半干旱地区湿地研究进

展[J]. 干旱区研究, 2015(2):213-220.

[3] 赵永全, 何彤慧, 夏贵菊, 等. 不同控水条件下芦苇生长与光合特征研究[J]. 西北林学院学报, 2015(1):69-74.

[4] 夏贵菊, 何彤慧, 于骥, 等. 银川平原草甸湿地表层土盐分累积特征[J]. 农业工程学报, 2016(5):142-148.

[5] HARPER J L, White J. The demography of plants[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1974(5):419-463.

[6] 苏磊, 杨浩, 徐杰. 木本植物构件生态学研究概述[J]. 世界林业研究, 2014(2):17-22.

[7] 黎云祥, 刘玉成, 钟章成. 植物种群生态学中的构件理论[J]. 生态学杂志, 1995(6):35-41.

[8] 李金花, 李镇清. 不同放牧强度下冷蒿、星毛委陵菜的形态可塑性及生物量分配格局[J]. 植物生态学报, 2002(4):435-440.

[9] 杨昊天, 李新荣, 刘立超, 等. 荒漠草地 4 种灌木生物量分配特征[J]. 中国沙漠, 2013(5):1340-1348.

[10] 谢然, 陶冶, 常顺利. 四种一年生荒漠植物构件形态与生物量间的异速生长关系[J]. 生态学杂志, 2015(3):648-655.

[11] 陶冶, 张元明. 准噶尔荒漠 6 种短命植物生物量分配与异速生长关系[J]. 草业学报, 2014(2):38-48.

[12] 韩忠明, 韩梅, 吴劲松, 等. 不同生境下刺五加种群构件生物量结构与生长规律[J]. 应用生态学报, 2006(7):1164-1168.

[13] 陈劲松, 苏智先. 缙云山马尾松种群生物量生殖配置研究[J]. 植物生态学报, 2001(6):704-708.

[14] 李有涵, 谢昭良, 解新明. 5 个象草品种的构件生物量特征及分配动态[J]. 草业学报, 2011(5):11-18.

[15] 易自成, 黎俏文, 高嘉乐, 等. 皇竹草的分株构件及其生物量分配的相关性研究[J]. 生态科学, 2015(5):1-7.

[16] 陈哲, 周华坤, 赵新全, 等. 三江源区不同建植期人工草地甘肃马先蒿生物量分配[J]. 西北植物学报, 2011(5):995-1002.

[17] 王桔红, 陈文. 四种菊科植物开花期构件生物量及表型可塑性比较[J]. 生态学杂志, 2014(8):2031-2037.

[18] 周兵, 闫小红, 肖宜安, 等. 不同生境下入侵植物胜红蓟种群构件生物量分配特性[J]. 生态学报, 2015(8):2602-2608.

[19] PÉREZ - HARGUINDEGUY N, DÍAZ S, GARNIER E. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide[J]. Australian Journal of Botany, 2013, 61:167-234.

[20] XU B C, XU W Z, HUANG J, et al. Biomass allocation, relative competitive ability and water use efficiency of two dominant species in semiarid Loess Plateau under water stress[J]. Plant Science, 2011(6):644-651.

[21] 王国勋, 于顺利, 方伟伟, 等. 植物群落构件的协同性研究进展[J]. 生态学杂志, 2014(10):2824-2833.

[22] REICH P B, WRIGHT I J, CAVENDER - BARES J, et al. The evolution of plant functional variation: Traits, spectra, and strategies[J]. International Journal of Plant Sciences, 2003, 164:143-164.

[23] 郑绍伟, 唐敏, 邹俊辉, 等. 灌木群落及生物量研究综述[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2007(3):189-192.

[24] 吴春燕, 夏贵菊, 何彤慧, 等. 银川平原草甸湿地土壤盐分组成特征研究[J]. 北方园艺, 2016(13):168-172.

## Study on Modular Characteristic and Soil Habitat of Three Gramineous Species in Meadow Wetland in Yinchuan Plain

QIAO Bin, HE Tonghui, WU Chunyan, SU Zhitun

(Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem, Ministry of Education/Breeding Base of State Key Laboratory for Preventing Land Degradation and Ecological Restoration, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** In arid background, meadow wetland is a special wetland in Yinchuan Plain, which is essential for healthy development of Ningxia Yellow River Irrigation Region. In the study area, *Achnatherum splendens*, *Leymus secalinus*, *Calamagrostis epigejos* were the common species in the meadow wetlands of Yinchuan Plain. In this study, morphological characteristic of modular, modular biomass and allocation patterns of modular biomass of three species were discussed, and soil habitat factor of three species were also analyzed by field sampling and laboratory analysis. The results showed that modular morphology and modular biomass of different species had significant differences ( $P < 0.05$ ), in which the characteristic values of *Achnatherum splendens* population was one of the largest, *Leymus secalinus* and *Calamagrostis epigejos* followed. Allocation strategy of modular biomass in different species was not only common, but there were differences ( $P < 0.05$ ). Biomass allocation model was based on achieving sustained survival and reproduction of the species as the ultimate goal. From habitat soil physical and chemical properties, the presence on the small scale was different, and thus different gramineous species were often dominated community profile. On the landscape pattern, the soil habitat was subject to salinization of Yinchuan Plain meadow wetland and soil moisture gradient differences. The study could provide a scientific basis for ditches ecological construction of Ningxia Yellow River Irrigation Region and saline grassland restoration.

**Keywords:** modular morphology; modular biomass; soil physicochemical property; meadow wetland