

呼伦贝尔草原土壤养分与植物群落数量特征的空间异质性

张凤杰¹, 乌云娜^{1*}, 杨宝灵¹, 李海山², 胡高娃², 刘迪³

(1. 大连民族学院 生命科学学院, 辽宁大连 116600; 2. 内蒙古呼伦贝尔市新巴尔虎右旗草原工作站, 呼伦贝尔 021300;
3. 内蒙古呼伦贝尔市新巴尔虎右旗环保局, 呼伦贝尔 021300)

摘要: 在内蒙古呼伦贝尔克鲁伦河流域的中温型典型草原区, 以杭乌拉、额日根、满洲里南、哈克牧场为控制研究样点, 分析了典型草原群落不同土壤水分梯度下土壤养分空间异质性和植物群落数量变化特征。包括样地优势种盖度、植物种数、地上部现存量、枯枝落叶层现存量等 4 个群落学量化指标; 以及土壤剖面特征、全氮、速效磷和全钾等 4 个指标作为土壤养分状况的评价参数。结果表明, 群落盖度、物种数、地上部现存量、枯枝落叶层现存量与土壤水分梯度表现出一致的变化趋势; 不同的草原群落类型, 由于维持土壤养分或植被空间格局的匀质化条件的差异, 土壤养分的空间异质性呈不同程度的变化趋势, 随机性因素所占比例增加, 其中土壤全氮、有效磷二者之间表现出明显的正的相关性; 种群生物量与植株体积呈现出显著的正的线性相关关系; 土壤全 N 和有效 P 对群落的地上部现存量起着联合限制作用, 枯枝落叶层的现存量与 N、P、K 含量呈显著正相关。

关键词: 呼伦贝尔草原; 土壤养分; 植物群落; 空间异质性

中图分类号: X825

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2009)02-0173-05

The Research on the Spatial Heterogeneity of the Soil Nutrient and the Quantitative Properties of Plant Communities in Hulunbeier Steppe

ZHANG Fengjie¹, WU Yunna^{1*}, YANG Baoling¹, LI Haishan²,
HU Gaowa² and LIU Di³

(1. College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian Liaoning 116600, China; 2. Grassland Station of Xinbaerhuyou County, Hulunbeier Nei Mongol 021300, China; 3. Environmental Bureau of Xinbaerhuyou County, Hulunbeier Nei Mongol 021300, China)

Abstract: The spatial heterogeneity of the soil nutrients and the quantitative properties of plant communities in the different degraded communities in Hulunbeier steppe were investigate by dominant species in each investigation sample site and typical components in the soil. The results showed that steppe community cover-degree, species number, ground biomass, litter amount and soil moisture had similar trends; there were positive correlative relations between the total N and available P in soil; there were positive linear correlative relations between the species biomass and cubage; the compositive effects of the total N and available P in soil affected the ground biomass of plant communities, and there were positive correlative relations between the litter amount and the contents of N, P and K in soil.

Key words: Hulunbeier steppe; Soil nutrients; Plant communities; Spatial heterogeneity

空间异质性是生态系统的一个主要属性^[1], 也是产生空间格局的主要原因^[2], 近年来, 生态学

研究中的异质性(heterogeneity)问题受到生态学家的广泛关注, 空间过程越来越多的受到生态学

收稿日期: 2008-09-24 修回日期: 2008-10-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(30870423); 大连民族学院人才引进基金项目(20066207)。

作者简介: 张凤杰(1973-), 女, 在职博士, 讲师, 研究方向: 环境生态学。E-mail: zhangfengjie@dlnu.edu.cn

* 通讯作者: 乌云娜(1968-), 女, 教授, 主要从事草地生态学研究。E-mail: wuyunna@dlnu.edu.cn

研究的重视,人们已经意识到个体、种群和群落的空间结构对于生态过程的重要性^[3]。

呼伦贝尔草原位于我国最北部,西南与蒙古国接壤,西北及北与俄罗斯为界,面积 993.3 万 hm^2 ,占呼伦贝尔市总面积的 39.3%,由东向西,地跨草甸草原、典型草原和半荒漠草原 3 个地带,构成欧亚大陆草原的重要组成部分,是我国北方重要的生态屏障,对维护东北乃至华北地区的生态安全具有重要的战略意义。多年来,由于超载放牧及盲目开垦等,草原退化十分迅速,目前,呼伦贝尔草原是国家防沙治沙的重点区域。由于呼伦贝尔草原地质成因复杂,空间差异大,土壤类型丰富多样,为理解长期复杂的地质演变与成土过程对土壤有机碳、全氮含量和稳定性的影响提供了理想场所。如何用环境属性空间异质性解释植被动态是生态学中的一个重要问题^[4],呼伦贝尔草原的土地荒漠化即土地退化问题,主要是植被和土壤的退化,本文通过呼伦贝尔克鲁伦河流域群落生态学调查与土壤养分分析,比较了代表性草原群落在土壤水分梯度上土壤养分的空间异质性特征,运用美国 Penfound 盖度制,分析了植株体积与生物量的关系,旨在为进一步探索异质性与生态学过程的关系、草地群落调查方法的改进、揭示草原生态系统对人类干扰和全球气候变化的响应机制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区设在内蒙古克鲁伦河流域中温型典型草原区,地处北纬 $48^{\circ}29' \sim 49^{\circ}31'$,东经 $116^{\circ}55' \sim 120^{\circ}12'$ 。该区在气候、植物和土壤等方面具有较强的典型性。冬季寒冷干燥,夏季温和湿润,年均降水量在 200 mm 左右,雨季多集中在七、八月份,且降水量年际间变化大,湿润度由 0.7 降至 0.2,年平均气温 $-3 \sim 0^{\circ}\text{C}$,属于温带半湿润半干旱气候。草原植被类型在半湿润气候和土壤肥沃地区,以大针茅 (*Stipa grandis*) 和羊草 (*Aneurolepidium chinense*) 为主;在干旱半干旱气候地区则以克氏针茅 (*Stipa krylovii*) 和羊草为主。在不合理放牧和沙化土地上,以冷蒿 (*Artemisia frigida*) 为代表的呈退化特征的植物类型增加。土壤类型受植被、气候和地质等因素共同影响,类型丰富多样,有栗钙土、黑钙土、草原风沙土、草甸土、草甸沼泽土、盐碱化栗钙土、流动半流动沙带等。

1.2 群落调查与土壤样品采集及测定方法

1.2.1 群落学调查 利用 GPS 定位,设置杭乌拉(HWL)、额日根(ERG)、满洲里南(MZL)、哈克牧场(HKMC)4 个研究样点,选择代表性植物群落的典型地段,每个样点设置一条 100 m 样线,每隔 10 m 采集 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的样方共计 10 个,测定种类组成、种群的盖度(Penfound 法)和最高高度,每条样线上选择一个样方,采用刈割法获取种群的地上部现存量, 80°C 下烘干 24 h,获得干物质量,同时测定样方内枯枝落叶层的现存量。依据表 1 进行种群盖度与面积之间的换算^[5-6]。

表 1 种群盖度的判定基准

Table 1 Determinant norms of population coverage

种群盖度/% Population cover	盖度等级 Cover grade	换算面积/ m^2 Conversion area
100~76	4	0.875
75~51	3	0.625
50~26	2	0.375
25~11	1	0.150
10~1	1'	0.025
<1	+	0.001

进一步计算种群的地上部体积:

$$v_i = h_i \times c_i$$

式中: h_i 为种群 i 的最高高度, c_i 为种群 i 的面积。

1.2.2 土壤采集和处理 在每个样地所布设的样线处,挖约 1 m 深土壤剖面,依据日本土壤调查基制^[7]记录形态特征;采用山中式土壤硬度计测定土壤硬度,重复 5 次,取平均值;采用 TDR 式土壤水分仪测定表层土壤的水分,重复 5 次,取平均值。分层采集土壤样品,室内风干,剔除明显草根,过 20 目筛,备用。

1.2.3 土壤元素测定方法 土壤全氮采用凯氏定氮法,速效磷采用 $0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{ NaHCO}_3$ 浸提—钼锑抗比色法,全钾含量采用火焰原子吸收法^[8]。

2 结果与分析

2.1 土壤剖面形态特征的空间差异

从表 2 总体来看,各样点土壤剖面分层明显,额日根、杭乌拉、满洲里南表现出明显的石灰性土壤特征,属于栗钙土。哈克牧场土壤 A 层最发达,厚度为 48 cm,表明腐殖质程度高,土壤硬度最低,属于黑钙土。杭乌拉土壤水分含量最低,从杭乌拉到哈克牧场土壤水分梯度变化明显。从土

壤质地来看,A层以粉粘土(SiC-Silty Clay)和粘壤土(SiCL-Silty Clay Loam)为主,B层以重粘土(HC-Heavy Clay)为主。土壤表层(A层)表现出疏松的土壤质地状况。

表 2 调查样地的土壤剖面形态特征
Table 2 Form characteristics of soil section in each investigation sample site

调查地点 Investigation sample site	土壤分层/cm Soil section	土壤质地 Soil texture	土壤硬度/mm Soil rigidity	碳酸钙沉积 Calcium carbonate aggradation	土壤水分/% Soil water(0~35 cm)
杭乌拉 N49°14' 41.8" E116°55' 20.3"	A1(0-7)	SiCL	17	-(无沉积)	8.5
	A2(7-19)	SiC	18	-	
	AB(19-44)	SiC	31	-	
	Bw1(44-57)	SiC	25	-	
	Bk2(57-77)	HC	28	+++ (明显沉积)	
海拔 728.3 m	Bk3(>77)	HC	30	+++	11.4
额日根 N48°29' 28.0" E116°35' 14.5"	A1(0-7)	SiC	15	-	
	A2(7-17)	SiC	30	-	
	A3k(17-35)	SC	31	+(轻度沉积)	
	Bk1(35-54)	SC	30	+	
	Bk2(54-70)	HC	28	+	
海拔 630 m	BCK(70-85)	HC	33	+	16.8
满洲里南 N49°31' 16.5" E117°20' 31.2"	A1(0-7)	SiL	14	-	
	A2(7-22)	SiL	20	-	
	AB(22-37)	SiC	30	+	
	Bk1(37-57)	HC	32	+++	
	Bk2(57-76)	HC	31	+++	
海拔 749 m	Bk3(76-90)	HC	31	+++	17.3
哈克牧场 N49°15' 19.9" E120°12' 44.8"	A1(0-8)	SiC	16	-	
	A2(8-21)	SiC	21	-	
	A3(21-48)	HC	22	-	
	AB(48-70)	HC	28	-	
	Bk(70-95)	HC	28	-	
海拔 643 m				+(>90cm)	

注:SiL,粘土;SiCL,粘壤土;SiC粉粘土;HC重粘土;SC沙粘土;K:碳酸盐沉积;W:颜色或结构发达^[7]。
Note:SiL: Silt Loam; SiCL, Silty Clay Loam; SiC, Silty Clay; HC, Heavy Clay; SC, Sandy Clay; K means calcium carbonate aggradation; W means upgrowth of color and makeup.

2.2 土壤 N、P、K 含量的空间差异

由图 1 看出,不同样地土壤中有有效 P、全 K 含量比全 N 丰富,全氮含量一般在 0.1%~0.4%,全 K 含量在 0.08%~0.13%之间,有效磷含量在 5~14 mg·kg⁻¹。不同地区土壤养分含量存在明显差异。在同一样点的垂直尺度上,随着深度

的增加,全 N、有效 P 的含量呈下降趋势。在水平结构上,随着土壤水分的增加,全氮、有效磷的含量呈上升趋势。K 含量的变化无尺度效应和明显规律,主要是由于钾的流动性强,随水分的变化水平和垂直方向无明显差异。

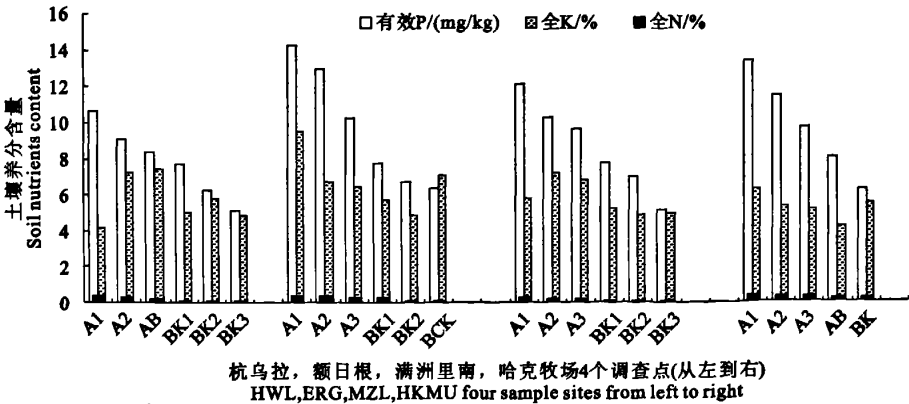


图 1 土壤养分含量的空间变化
Fig. 1 Spatial variety of nutrient contents of soil

由图 2 可以看出,土壤中全氮与有效磷之间呈现较强的正相关关系。这种现象表明,在特定区域内,土壤中全氮与有效磷的空间分布存在相关性,并有可能联合限制植物群落的生物量。

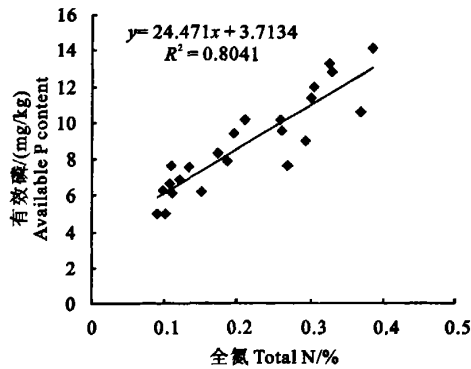


图 2 土壤全氮和有效磷之间的关系
Fig. 2 Relationship between the total nitrogen and available phosphor of soil

2.3 植物群落学特征

从表 3 的调查结果可以甄别群落类型和植被格局的演替动态。在样点额日根属于多根葱 *Allium myli folium* + 黄囊苔草 *Carex korshinskyi*

群落,群落物种数为 17 个/m²,多根葱占绝对优势,该种群的现存量为 41.85 g/m²,占群落生物量的 87.21%;多根葱是草原退化的指示物种。在样点杭乌拉,灰绿藜 *Chenopodium acuminatum* + 克氏针茅 *Stipa krylovii* + 细叶葱 *Allium anisopodium* 群落,一年生植物灰绿藜的生物量为 29.55 g/m²,其次是羊草、克氏针茅,分别占群落生物量的 36.12%、24.64%和 16.88%,群落物种数为 30 个/m²。在样点满洲里南,克氏针茅 *Stipa krylovii* + 细叶葱 *Allium anisopodium* + 羊草 *Leymus chinensis* 群落,群落中克氏针茅、细叶葱、羊草三者占群落总生物量的 42.82%,群落物种数为 43 g/m²。在样点谢尔塔拉,麻花头 *Serratara centanloides* + 羊草 *Leymus chinensis* + 黄囊苔草 *Carex korshinskyi* + 冰草 *Agropyrom cristatum* 群落,麻花头、羊草、黄囊苔草、冰草占群落总生物量的 78%。物种数最高,达到 44 个/m²。总体来看,沿着土壤水分由低到高的环境梯度,群落盖度、植物种数、地上部现存量、枯枝落叶层现存量逐渐增加,表现出一致的变化趋势。

表 3 各调查样地优势种的地上现存量与群落学特征

Table 3 Above ground existences and community characteristics of dominant species in each investigation sample site

测量指标 Index	优势种 Dominant species	样点 Sample site			
		额日根 ERG	杭乌拉 HWL	满洲里南 MZL	哈克牧场 HKMC
地上现存量/(g/m ²) Ground existences	<i>Leymus chinensis</i>		13.81	24.91	120.30
	<i>Stipa krylovii</i>		17.91	33.75	
	<i>Serratara centanloides</i>				131.33
	<i>Agropyrom cristatum</i>				73.44
	<i>Carex korshinskyi</i>	3.43			97.03
	<i>Allium anisopodium</i>			26.47	
	<i>Allium myli folium</i>	41.85			
	<i>Chenopodium acuminatum</i>		29.55		
群落学特征 Community characteristics	盖度/% Cover	28.95	58.1	76.06	93.75
	植物种数/(个/m ²) Number	17	30	43	44
	地上部现存量/(g/m ²) Ground biomass	47.99	81.80	198.80	541.18
	枯枝落叶层现存量/(g/m ²) Defoliation biomass	5.33	20.26	32.90	67.15

由图 3 可以看出,种群植株体质量与地上部干质量呈现显著的线性关系,说明在温带草原可以用草本植物的植株体积代替地上部干物质量的测定,即可以种群体积作为现存量的推测值。

2.4 地上部现存量与土壤养分的关系

土壤属性的空间异质性对植被有重要的影响^[9],土壤属性的空间分布是潜在的局地异质性的总和,它们受生物学和地质学等过程影响,使得

区域化变量在空间分布上存在差异性,因而产生异质的土壤环境^[10],异质的土壤环境又影响群落的结构组成和功能组成以及物种竞争和植被动态^[11]。

研究样点群落地上部现存量与 N 和 P 含量相关性结果见图 4,从图中可以看出,群落地上部干物质量与 N×P 的相对值呈显著的线性关系。

对于陆地生态系统养分循环,枯枝落叶的凋

落量对于植物生物量的形成,除土壤提供营养外,覆盖物同样也能提高土壤营养物质的利用率,特别是 K、N、P 等。研究发现,4 个样点枯枝落叶的现存量与 N、P、K 含量呈正相关($y = 5273.6x - 0.3031, R^2 = 0.944$),而枯枝落叶的现存量与群落地上部干物质量具有显著的正线性关系(图 5)。

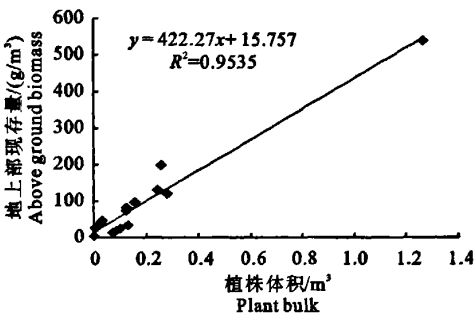


图 3 种群体积与现存量的关系

Fig. 3 Relationship between volume and existence of population

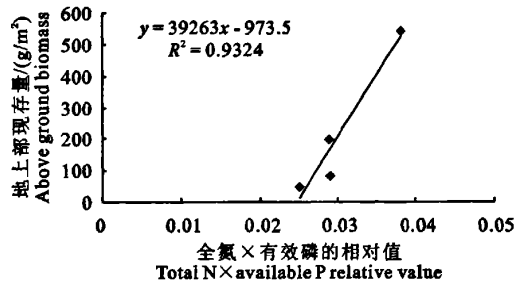


图 4 地上部现存量与全氮和有效磷的关系

Fig. 4 Relationship between aboveground existences and T-N and A-P of soil

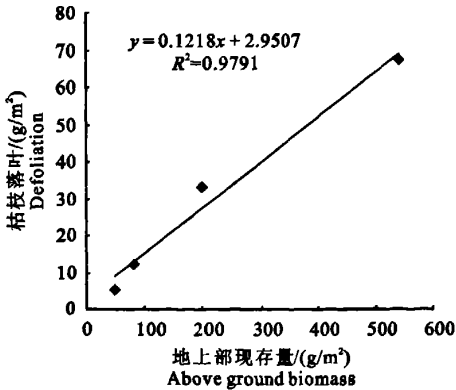


图 5 地上部现存量与枯枝落叶层现存量之间的关系

Fig. 5 Relationship between aboveground existences and existences in litter layers

3 讨论与结论

空间异质性对生态学系统的功能和过程有重要的影响,空间异质性的改变反映生态学功能和过程的变化。草原群落生态演替过程中,非生物因子土壤理化性状的空间异质性是植被空间分布差异的主要原因,其表现在沿着土壤水分从低到高的环境梯度中,4 个样点的群落盖度、植物种数、地上部现存量、枯枝落叶层现存量不断增加,表明土壤水分是空间尺度上决定草原生产力的主要制约因素,土壤水分状况受到天然降水及土壤性状的影响。

生物量指标可以说明各种植物在群落中占有的资源或活力,具有重要的生态学指示意义。本试验采用了空间特征和空间比较的途径,揭示种群体积与现存量之间呈现出明显的正的线性相关关系,表明种群体积可以作为地上部现存量的推测值。

从区域尺度来看,植物群落的演替进程增加了土壤养分的空间异质性,而土壤养分的空间异质性对物种间关系、种的分布格局以及干扰下的群落物种多样性的维持至关重要。呼伦贝尔草原群落的全氮与速效磷之间表现出明显的相关性,二者的联合作用与现存量呈现显著正相关。通过群落动态与土壤养分资源状况结合起来研究,有助于从家畜-土壤-群落系统的角度研究放牧对草原的影响及其恢复演替规律。本试验只局限于 N、P、K 3 种土壤养分指标的测定,要充分了解不同草地类型土壤养分的差异,还需对土壤其他养分指标(如 C 等)进行分析研究,同时也应结合土壤粒径、土壤结构组成和牲畜粪尿散布等进行深入研究。

枯枝落叶的现存量与群落地上部干物质量具有显著的正线性关系,表明枯枝落叶层现存量是草原植被凋落物归还与地表枯枝落叶分解动态平衡的结果。枯枝落叶的分解是一个缓慢的过程,草原生态系统中氮和磷等元素的循环周期会很长,因此草场的过载和破坏必将导致土壤生态肥力的下降,建议在牧草生长季节适当施用氮和磷肥,以补充由于枯枝落叶分解而造成的周期性营养元素的缺乏,这对于退化草原的恢复和草原生产力的提高具有良好的作用。

(下转第 183 页)

- [3] Quail P H. Phytochrome photosensory signaling networks [J]. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 2002, 3: 85-93.
- [4] 张 蕾. 光质在植物生长发育过程中的调控作用[D]. 保定: 河北大学农学系, 2000; 1-2.
- [5] 董 哲. 光质纯度对幼苗光形态建成的影响[J]. *植物生理学报*, 1989(2): 28-31.
- [6] 吴雪霞. 彩色甜椒果色遗传规律和果实主要色素含量变化的研究[D]. 扬州: 扬州大学蔬菜系, 2004; 5-7.
- [7] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002; 55-57.
- [8] 曹建康. 果树采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007; 44-46.
- [9] 赵宇瑛, 张汉锋. 花青素的研究现状及发展趋势[J]. *安徽农业科学*, 2005, 33(5): 904-905, 907.
- [10] 赵 森. 不同光质对草莓果实成熟过程中色素类物质含量的影响[J]. *浙江农业学报*, 2008, 20(1): 64-66.
- [11] 车生泉, 盛月英. 光质对小苍兰茎尖试管培养的影响[J]. *园艺学报*, 1997, 24(3): 269-273.
- [12] Puspaj Raj Poudel, Ikuro Kataoka, Ryosuke Mochioka. Effect of red and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes [J]. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 2008, 92: 147-153.
- [13] Sang-Ho Lee, Rajesh Kumar Tewari, Eun-Joo Hahn. Photon flux density and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of *Withania Somnifera* (L.) Dunal. Plantlets [J]. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 2007, 90: 141-151.
- [14] 徐 凯, 郭彦平, 张上隆. 不同光质对草莓叶片光合作用和叶绿素荧光的影响[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(2): 369-375.
- [15] 许 莉, 刘世琦, 齐连东, 等. 不同光质对叶用莴苣光合作用及叶绿素荧光的影响[J]. *植物生理学报*, 2007, 23(1): 96-100.
- [16] 陶 俊, 张上隆. 园艺植物类胡萝卜素的代谢及其调节[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2003, 29(5): 585-590.
- [17] Alba R, Pratt M, Lee H. Fruit-localized phytochromes regulate lycopene accumulation independently of ethylene production in tomato [J]. *Plant Physiol*, 2000, 123: 363-370.
- [18] Giliberto L, Perrotta G, Pallara P, *et al.* Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering time, and fruit antioxidant content [J]. *Plant Physiol*, 2005, 137: 199-208.
- [19] 李 跃, 刘延吉. 果实花青苷代谢机制及调控技术研究[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(16): 4755-4756, 4759.
- [20] 孙建设, 马宝琨, 章文才. 富士苹果果皮色泽形成的需光型研究[J]. *园艺学报*, 2000, 27(3): 213-215.
- [21] Teng S, Keurentjes J, Bentsink L, *et al.* Sucrose-specific induction of anthocyanin in biosynthesis in arabidopsis requires the MYB75 /PAP1 gene [J]. *Plant Physiology*, 2005, 139 (4) : 1840-1852.
- [22] 赵德修, 李茂寅, 邢建民, 等. 光质、光强和光期对水母雪莲愈伤组织生长和黄酮生物合成的影响[J]. *植物生理学报*, 1973, 25(2): 127-132.

(上接第 177 页)

参考文献:

- [1] Pickett STA, Cadenasso M L. Landscape ecology, spatial heterogeneity in ecological system[J]. *Science*, 1995, 269: 331-334.
- [2] Forman RTT, Godron M. Landscape Ecology[M]. New York John Wiley & Sons, Inc., 1986: 96-99.
- [3] 张大勇. 理论生态学研究[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 170-72.
- [4] 王海涛, 何兴东, 高玉葆, 等. 油蒿演替群落密度对土壤湿度和有机质空间异质性的响应[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(6): 1145-1153.
- [5] Penfound WT, Howard J A. A phytosociological study of an evergreen oak forest in the vicinity of New Orleans, Louisiana[J]. *American Midland Nature*, 1995, 23: 165-174.
- [6] Kawada. Floristic composition and plant biomass production of steppe communities in the vicinity of Kharkiv, Ukraine[J]. *Grassland Science*, 2005, 51(3): 205-213.
- [7] 日本土壤学会. 土壤调查手册(改订版)[M]. 博友社, 2003, 168.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 14.
- [9] 李新荣. 干旱沙区土壤空间异质性变化对植被恢复的影响[J]. *中国科学 D 辑(地球科学)*, 2005, 35(4): 361-370.
- [10] Gallardo A. Spatial variability of soil properties in a flood plain forest in Northwest Spain[J]. *Ecosystems*, 2003, 6: 564-576.
- [11] Li X R, Zhang Z S, Zhang J G, *et al.* Association between vegetation patterns and soil properties in the South-eastern Tengger desert, China[J]. *Arid Land Research and Management*, 2004, 18: 369-383.

呼伦贝尔草原土壤养分与植物群落数量特征的空间异质性



作者：[张凤杰](#), [乌云娜](#), [杨宝灵](#), [李海山](#), [胡高娃](#), [刘迪](#), [ZHANG Fengjie](#), [WU Yunna](#), [YANG Baoling](#), [LI Haishan](#), [HU Gaowa](#), [LIU Di](#)

作者单位：[张凤杰, 乌云娜, 杨宝灵, ZHANG Fengjie, WU Yunna, YANG Baoling \(大连民族学院, 生命科学学院, 辽宁大连, 116600\)](#), [李海山, 胡高娃, LI Haishan, HU Gaowa \(内蒙古呼伦贝尔市新巴尔虎右旗草原工作站, 呼伦贝尔, 021300\)](#), [刘迪, LIU Di \(内蒙古呼伦贝尔市新巴尔虎右旗环保局, 呼伦贝尔, 021300\)](#)

刊名：[西北农业学报](#) **ISTIC** **PKU**

英文刊名：[ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA](#)

年, 卷(期): 2009, 18 (2)

被引用次数: 10次

参考文献(11条)

1. [Pickett STA;Cadenasso M L](#) [Landscape ecology, spatial heterogeneity in ecological system](#)[外文期刊] 1995
2. [Forman RTT;Godron M](#) [Landscape Ecology](#) 1986
3. [张大勇](#) [理论生态学研究](#) 2000
4. [王海涛;何兴东;高玉葆](#) [油蒿演替群落密度对土壤湿度和有机质空间异质性的响应](#)[期刊论文]-[植物生态学报](#) 2007 (06)
5. [Penfound WT;Howard J A](#) [A phytosociological study of an evergreen oak forest in the vicinity of New Orleans, Louisiana](#) 1995
6. [Kawada](#) [Floristic composition and plant biomass production of steppe communities in the vicinity of Kharkiv, Ukraine](#) 2005 (03)
7. [日本土壤学会](#) [土壤调查手册](#) 2003
8. [鲍士旦](#) [土壤农化分析](#) 2000
9. [李新荣](#) [干旱沙区土壤空间异质性变化对植被恢复的影响](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2005 (04)
10. [Gallardo A](#) [Spatial variability of soil properties in a flood plain forest in Northwest Spain](#)[外文期刊] 2003 (6)
11. [Li X R;Zhang Z S;Zhang J G](#) [Association between vegetation patterns and soil properties in the Southeastern Tengger desert, China](#) 2004

本文读者也读过(10条)

1. [王海涛. 何兴东. 高玉葆. 卢建国. 薛莘莘. 马迪. WANG Hai-Tao. HE Xing-Dong. GAO Yu-Bao. LU Jian-Guo. XUE Ping-Ping. MA Di](#) [油蒿演替群落密度对土壤湿度和有机质空间异质性的响应](#)[期刊论文]-[植物生态学报](#)2007, 31 (6)
2. [张宁. 滕玖琳. 何兴东. 王海涛. 高玉葆. ZHANG Ning. TENG Jiu-lin. HE Xing-dong. WANG Hai-tao. GAO Yu-bao](#) [猫头刺群落对土壤养分空间异质性的响应](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#)2008, 28 (4)
3. [郑晓璐. 赵家明. 张玉刚. 吴雅琼. 靳甜甜. 刘国华. ZHENG Xiao-xuan. ZHAO Jia-ming. ZHANG Yu-gang. WU Ya-qiong . JIN Tian-tian. LIU Guo-hua](#) [呼伦贝尔草原生物量变化及其与环境因子的关系](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#)2007, 26 (4)
4. [赵慧颖. ZHAO Hui-ying](#) [呼伦贝尔草原沙化现状及防治对策](#)[期刊论文]-[草业学报](#)2007, 16 (3)
5. [徐方奎. 姜凤友. 梁占武. 潘晓. 杨童显](#) [呼伦贝尔草原35年干旱统计分析](#)[期刊论文]-[内蒙古气象](#)2007 (6)
6. [张萍. 哈斯. 王帅. 张素红. ZHANG Ping. HASI Eerdun. WANG Shuai. ZHANG Su-hong](#) [呼伦贝尔沙质草原风蚀坑积沙区的植被分带性](#)[期刊论文]-[自然资源学报](#)2008, 23 (2)
7. [张德平. 冯宗炜](#) [呼伦贝尔草原沙漠化现状、潜在危险及对策](#)[期刊论文]-[北方经济](#)2006 (15)

8. [聂浩刚](#), [岳乐平](#), [杨文](#), [李智佩](#), [扬湘奎](#), [NIE Hao-gang](#), [YUE Le-ping](#), [YANG Wen](#), [LI Zhi-pei](#), [YANG Xiang-kui](#) [呼伦贝尔草原沙漠化现状、发展态势与成因分析](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#)2005, 25(5)
9. [张丽华](#), [陈亚宁](#), [李卫红](#), [ZHANG Li-hua](#), [CHEN Ya-ning](#), [LI Wei-hong](#) [塔里木河下游生态输水对植物群落数量特征的影响](#)[期刊论文]-[干旱区研究](#)2006, 23(1)
10. [敖秦英](#), [张淑荣](#), [沃金林](#), [包双喜](#), [刘晓梅](#), [徐东春](#), [赵淑霞](#) [呼伦贝尔市农业气候资源评价](#)[期刊论文]-[现代农业科技](#)2008(2)

引证文献(10条)

1. [刘丽丹](#), [谢应忠](#), [邱开阳](#), [时项峰](#) [宁夏盐池沙地3种植物群落土壤表层养分的空间异质性](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2012(3)
2. [邱开阳](#), [谢应忠](#), [许冬梅](#), [时项峰](#), [刘丽丹](#), [齐拓野](#), [马涛](#) [毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤养分的空间异质性](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2010(22)
3. [聂林红](#), [戴全厚](#), [喻理飞](#), [肖卫平](#), [李飒](#) [茅台水源功能区不同林分类型土壤养分特征](#)[期刊论文]-[中国水土保持科学](#) 2012(3)
4. [凌敏](#), [刘汝海](#), [王艳](#), [罗先香](#), [周凤琴](#) [黄河三角洲桉柳林场湿地土壤养分的空间异质性及其与植物群落分布的耦合关系](#)[期刊论文]-[湿地科学](#) 2010(1)
5. [周婵](#), [张卓](#), [郭平](#), [白丹](#), [杨允菲](#), [李建东](#) [呼伦贝尔草原异质生境羊草有性生殖及其生物量分配的研究](#)[期刊论文]-[草原与草坪](#) 2011(5)
6. [王占军](#), [蒋齐](#), [潘占兵](#), [何建龙](#), [舒维花](#) [宁夏干旱风沙区不同密度人工柠条林营建对土壤环境质量的影响](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2012(12)
7. [陈思宇](#), [于惠](#), [冯琦胜](#), [梁天刚](#) [甘南高原土壤氮磷比空间异质性研究](#)[期刊论文]-[草地学报](#) 2013(1)
8. [王兴](#), [宋乃平](#), [杨新国](#), [杨明秀](#), [肖绪培](#) [放牧扰动下草地植物多样性对土壤因子的响应](#)[期刊论文]-[草业学报](#) 2013(5)
9. [汤爱坤](#), [刘汝海](#), [许廖奇](#), [王金玉](#), [刘一霆](#) [昌邑海洋生态特别保护区土壤养分的空间异质性与植物群落的分布](#)[期刊论文]-[水土保持通报](#) 2011(3)
10. [邱开阳](#), [谢应忠](#), [许冬梅](#), [时项峰](#), [刘丽丹](#), [齐拓野](#), [马涛](#) [毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤养分的空间异质性](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2010(22)

引用本文格式: [张凤杰](#), [乌云娜](#), [杨宝灵](#), [李海山](#), [胡高娃](#), [刘迪](#), [ZHANG Fengjie](#), [WU Yunna](#), [YANG Baoling](#), [LI Haishan](#), [HU Gaowa](#), [LIU Di](#) [呼伦贝尔草原土壤养分与植物群落数量特征的空间异质性](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2009(2)