

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.01.014.

梁婉如, 宁立波, 豆靖涛, 等. 汤河流域植物生存域研究[J]. 水土保持研究, 2023, 30(1): 312-318.

LIANG Wanru, NING Libo, DOU Jingtao, et al. Study on Plant Survival Regions in Tanghe River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(1): 312-318.

汤河流域植物生存域研究

梁婉如¹, 宁立波¹, 豆靖涛^{2,3}, 郭玉娟², 张冬冬^{2,3}, 李昂¹

(1. 中国地质大学(武汉)环境学院, 武汉 430074;

2. 河南省自然资源监测和国土整治院, 郑州 450053; 3. 河南省地质环境保护重点实验室, 郑州 450016)

摘要: 探讨汤河流域植物生存域特征, 可为地境再造技术在流域生态修复中的应用提供科学依据。该研究以多年生植物为研究对象, 将土壤水分、盐分、有机质、氮磷钾等生态因子作为限制性因子研究了优势种的生存域, 明晰了流域优势种适生的因子空间。结果表明: (1) 杨树生存域范围包含构树, 构树包含楝树。杨树作为优势度最高的优势种在研究区分布极为广泛, 而构树、楝树则相对受限, 有更高的集群度。黄荆与酸枣的生存域范围呈现出相交关系, 黄荆易于受到水分胁迫, 此即为黄荆多集中分布于土壤较为贫瘠的生境而酸枣分布更为广泛的主要原因; (2) 杨树、构树、楝树共生的生存域适宜范围为含水率 0.53%~13.73%, 含盐量 0.24~0.85 g/kg, 有机质含量 1.63~5.94 g/kg, 土壤氮磷钾综合指数 0.38~1.25。黄荆与酸枣共生的生存域适宜范围为含水率 8.64%~15.80%, 含盐量 0.21~0.77 g/kg, 有机质含量 3.83~17.08 g/kg, 土壤氮磷钾综合指数 0.51~2.43。综合以上研究结果, 可为改造地境水肥条件, 增加植物群落物种多样性提供参考。

关键词: 生存域; 优势种; 汤河流域

中图分类号: S154.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)01-0312-07

Study on Plant Survival Regions in Tanghe River Basin

LIANG Wanru¹, NING Libo¹, DOU Jingtao^{2,3}, GUO Yujuan², ZHANG Dongdong^{2,3}, LI Ang¹

(1. School of Environmental Studies, China University of Geoscience, Wuhan 430074, China;

2. Natural Resources Monitoring and Land Consolidation Institute in Henan Province, Zhengzhou 450053, China; 3. Key Laboratory of Geological Environmental Protection in Henan, Zhengzhou 450016, China)

Abstract: Exploring the plant survival regions in Tanghe River Basin can provide scientific basis for below-ground habitat reconstruction technology in the ecological restoration of the basin. Perennial plants were selected as the research objects, and ecological factors such as soil moisture, salinity, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium were taken as limiting factors to study dominant species survival regions figures, and to clarify the suitable factor space of the dominant species in the basin. The results showed that: (1) the range of *Populus L.* survival region contained *Broussonetia papyrifera* and *Broussonetia papyrifera* contained *Melia azedarach L.*, *Populus L.* was the most dominant species with the highest dominance, and widely distributed in the study area, while the distribution of *Broussonetia papyrifera* and *Melia azedarach L.* were relatively limited and highly clustered; the survival domain range of *Vitex negundo L.* and *Ziziphus jujuba* showed that the relationship of intersecting. *Vitex negundo L.* was susceptible to water stress, which was the main reason why *Vitex negundo L.* was mainly distributed in poor soil habitats and *Ziziphus jujuba* distributed more widely; (2) the suitable range of the survival domain for the symbiosis of *Populus L.*, *Broussonetia papyrifera* and *Melia azedarach L.* was 0.53%~13.73% of the variation in water content, 0.24~0.85 g/kg of the variation in salt content, 1.63~5.94 g/kg of the variation in organic matter content and 0.38~1.25 of the variation in combined soil NPK index; the suitable range of the survival domain for the

收稿日期: 2021-09-29

修回日期: 2021-10-26

资助项目: 国家自然科学基金(4177020517); 河南省自然资源厅科技创新项目(2020046364)

第一作者: 梁婉如(1998—), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向: 生态地质。E-mail: 2015305001@qq.com

通信作者: 宁立波(1966—), 男, 河南洛阳人, 副教授, 从事生态地质、环境地质科研与教学工作。E-mail: ninglibo200294@163.com

<http://stbcj.paperonce.org>

symbiosis of *Vitex negundo* L. and *Ziziphus jujuba* was 8.64%~15.80% of the variation in water content, 0.21~0.77 g/kg of the variation in salt content, 3.83~17.08 g/kg of the variation in organic matter content and 0.51~2.43 of the variation in combined soil NPK index. In conclusion, these research results could provide support for improving the water and fertility conditions in the underground habitat and increasing the diversity of plant community species.

Keywords: survival regions; dominant species; Tanghe River Basin

生存域是指同一植种长期生存的不同地段地境稳定层中各因子组合状态的集合^[1],它从多个生态因子协同作用的角度出发,克服了生态幅、生态位等^[2-7]概念对植种单一生态因子耐受性关系研究的不足,既能体现植种适宜生存的地境条件,又能反映其所在群落中的种群关系^[8],因此对于植物地境再造技术在生态修复中的应用极具指导意义。生存域这一概念最早由我国学者徐恒力^[1]提出,并根据各典型植种地境稳定层的水土条件选取了水、盐两个指标圈划生存域,得出了黑河下游地区植被分布与地境关系的一些新认识。罗长勇等^[9]在额济纳盆地生态系统的研究中分析了生存域宽度对群落结构稳定性的影响,并提出了相应的治理方案。张俊等^[10]通过生存域研究刻画了干旱半干旱区不同植种的适生环境,并用以预测地下水位变化后植种的演替趋势。目前关于植物生存域的研究多集中于西北干旱半干旱区,且限制性生态因子仅有水盐两个指标。

本文以地境结构分析为切入点,综合考虑汤河流域的地域特征,选取土壤水分、盐分、有机质、氮磷钾等限制性因子研究优势种的生存域,以期为流域生态修复提供参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

汤河发源于太行山东麓、鹤壁市张公堰牟山脚下,海拔高度为 150~400 m,流经鹤壁市山城区、安阳市汤阴县、安阳县,至安阳市内黄县西元村入卫河,是海河的二级支流。汤河流域面积 1 287.0 km²,干流全长 73.3 km。流域上游以低山丘陵为主,中下游分布河流冲积平原。研究区属北温带大陆季风性气候,气候温和,四季分明。年平均气温 13.7℃,年平均降水量 587.1 mm,主要集中在 5—9 月份,年平均相对湿度 66%,平均无霜期 283 d。土壤岩性主要为黏土、亚黏土、砂土、亚砂土。

1.2 研究方法

生存域着眼于地下生境中多个生态因子量的非线性组合状态,某一植种的生存域可以用公式表示如下:

$$R_i = f(e_i) \quad (1)$$

式中: R_i 为*i*植种的生存域; e_i 为影响*i*植种的生态因子; $e_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in})$, n 表示生态因子个数,分

别指土壤水分、盐分、有机质、氮磷钾、温度等^[11]。生存域可反映不同植物组成的群落共同生存的地境条件,故植物群落及地境条件调查为生存域研究的基础。通过圈划不同优势种的生存域,确定其适生的因子空间,为植物地境再造技术提供理论支撑。

本次研究目标为多年生植物,因为一年生草本植物根群所处层位靠近地表^[12],受太阳辐射、降雨、蒸发等因素的影响,层内水分、盐分、温度、有机质等理化指标波动较大^[13],不存在稳定的生存域。而多年生植物与本地气候条件长期适应,其根群所处层位较深,对外界干扰所产生的响应较小^[14],土层中水分、盐分、温度、有机质等理化指标涨落较小,故一次调查可以较客观反映多年水平。且调查时间为夏季(2020 年 7 月 4 日至 2020 年 7 月 24 日),植物生长茂盛,对生态因子的耐受性较高,更便于植物生存域的研究。

植物地境再造技术充分回归自然,考虑自然条件下植被长久演替所造就的优势群落及优势种^[15],故于研究区自然植物群落布设点位,排除人为活动干扰较强烈的区域。采用样方法、样坑法对研究区植物及地境结构进行调查。共布设样方 37 个,样坑 26 个(图 1)。样方大小 4 m×4 m,主要记录植物的类型、株数、基径、胸径、高度、冠幅以及生长状况等指标。样坑大小 1 m×1 m,调查内容主要包括土层岩性、质地、温度、含水率、根系分布特征和土壤肥分指示性因子含量。

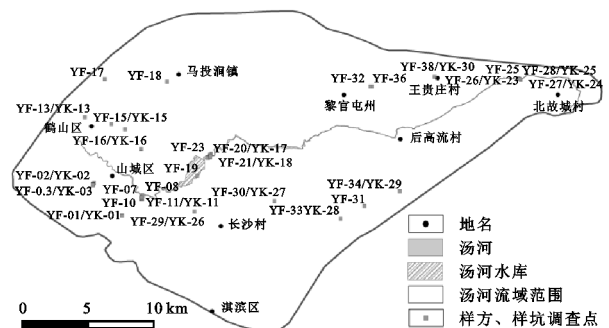


图 1 研究区调查点位示意图

汤河流域总体地貌特征较为简单,气候、地形等因子对植物群落分布、结构及演替的影响十分有限^[16]。土壤水分是决定植种能否生存,限制植种分布的决定性因素^[17],有机质、氮磷钾对植种的生长发育有重要影响^[13],同时考虑研究区夏季农田大水漫灌,易导致土壤盐碱化,故选定土壤水分、盐分、有机质、氮磷钾等生态因子作为研究的限制性因子。统计不同生活型植种对

应的根群圈范围内各限制性因子的数值大小,用含水率表示土壤水分水平,由于土壤水分在各限制性因子中占主导地位,故以含水率为横坐标,分别将含盐量、有机质含量、氮磷钾综合指数作为纵坐标。充分结合样坑点乔木层、灌木层优势种分布情况,绘制散点图,并选取点位较为集中的区域进行圈划,所得到的封闭区域就是各植种的生存域,即最适生存范围。

2 结果与分析

2.1 优势种的确定

重要值是表征植种在群落中地位和作用的数量指标^[18],是确定优势种的重要依据。重要值越大,表明该植种在群落中占的优势程度越高。研究共调查乔木 19 种 534 株,灌木 3 种 149 株,根据样方统计的各项指标,依据如下公式进行计算:

乔木重要值=(相对密度+相对优势度+相对频度)/3
(2)

灌木重要值=(相对密度+相对盖度+相对频度)/3
(3)

计算结果见表 1,表 2。研究区植物群落为乔—灌复层结构,乔木层杨树共计 76 株,占调查乔木总数的 14.50%,出现的样方数为 25 个,占总样方数的 67.57%,重要值最大,故在植物群落中占有最高的优势度,为植物群落建群种。构树共调查 302 株,占调查乔木总数的 57.63%,重要值大小仅次于杨树,出现的样方数最多,占总样方数的 81.08%。楝树共 32 株,出现的样方数为 9 个,占总样方数的 24.32%,重要值明显小于杨树和构树,但幼树数量较多,且未见大树。杨树、构树在分布范围和个体数量上占绝对优势,楝树分布范围较广,年龄结构整体属于稳定增长型,在研究区有较强的更新能力,三者 在群落主要层—乔木层中共占优势,为共建种^[19],共同决定着群落的结构特征和特殊的环境条件。灌木层黄荆共计 108 株,占调查灌木总数的 72.48%,其重要值最大且在个体数量上占绝对优势,酸枣分布广泛,出现的样方数最多,共为 11 个,占总样方数的 29.73%,两者重要值均远大于其他灌木植种,故黄荆、酸枣在灌木层中共占优势,为植物群落的亚优势种。

表 1 乔木植种样方调查统计

植种名称	植株 总数/株	频度/ %	相对 频度/%	相对优势度 (×10 ⁻³)	相对 密度/%	重要值/ %
杨树 <i>Populus</i> L.	76	67.57	19.38	610.23	14.5	31.64
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> .	302	81.08	23.26	69.64	57.63	29.28
楝树 <i>Melia azedarach</i> L.	32	24.32	6.98	22.82	6.11	5.12
泡桐 <i>Paulownia fortunei</i>	4	5.41	1.55	113.36	0.76	4.55
桑树 <i>Morus alba</i> L.	15	21.62	6.2	4.6	2.86	3.17
梧桐 <i>Firmianasimplex</i> (Linnaeus) W.Wight	8	5.41	1.55	63.14	1.53	3.13
槐树 <i>Sophora japonica</i> Linn.	13	10.81	3.1	28.89	2.48	2.82
榆树 <i>Ulmus pumila</i> L.	18	16.22	4.65	1.93	3.44	2.76
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	11	18.92	5.43	5.77	2.1	2.7
柿树 <i>Diospyros kaki</i> Thunb.	17	8.11	2.33	19.79	3.24	2.52
柏树 <i>Cupressus funebris</i> Endl.	5	8.11	2.33	34.25	0.95	2.23
核桃 <i>Juglans regia</i> L.	9	5.41	1.55	15.43	1.72	1.6
刺槐 <i>Robiniapseudoacacia</i> Linn.	6	5.41	1.55	2.81	1.15	0.99
白杜 <i>Euonymus maackii</i> Rupr.	1	2.7	0.78	3.99	0.19	0.46
白皮松 <i>Pinus bungeana</i> Zucc.ex Endl.	2	2.7	0.78	1.12	0.38	0.42
鸡桑 <i>Morus australis</i> Poir.	2	2.7	0.78	0.08	0.38	0.39
山桃 <i>Amygdalus davidiana</i> (Carrière) de Vos ex Henry	1	2.7	0.78	1.56	0.19	0.37
火炬树 <i>Rhus Typhina</i> Nutt	1	2.7	0.78	0.56	0.19	0.34
棠梨树 <i>Pyrus xerophila</i>	1	2.7	0.78	0.04	0.19	0.32

表 2 灌木植种样方调统计

植种名称	植株 总数/株	频度/ %	相对 频度/%	相对 盖度/%	相对 密度/%	重要值/ %
黄荆 <i>Vitex negundo</i> L.	108	57.14	40.00	67.33	72.48	59.94
酸枣 <i>Ziziphus jujuba</i>	39	78.57	55.00	31.57	26.17	37.58
杠柳 <i>Periplocasepium</i> Bunge	2	7.14	5.00	0.30	1.34	2.21

2.2 植物根群圈范围的确定

根群是根系吸收水分和养分的主功能区,它所囊括的土体空间又称根群圈,不同生活型植物的根群圈范围不同^[20]。单个植株生存的根群圈中各限制性生态因子的组态为植种生长状况优劣提供重要证据,由于此次调查的植种均长势良好,说明植种与地境条件的适宜度较高,故此次生存域圈划结果可反映植物适生的因子空间。由于植物真正具有吸收功能的是细根和根毛,且植物细根主要分布在 1 m 以内的深度范围^[21],故此深度范围为地境结构研究的重点。样坑调查结果显示植物细根分布有明显的“复层”结构(乔木层与灌木层)。故充分结合样坑点附近的植物类型,采用根群统计法,利用粗、中、细根在剖面上的分布特点^[22],逐一确定乔木层、灌木层的根群圈范围。

研究用修正的内梅罗综合指数法^[23]对土壤氮磷钾综合指数进行计算,公式如下:

$$F = \sqrt{\frac{(\overline{F_i})^2 + (F_{i\min})^2}{2}} \cdot (\frac{n-1}{n}) \tag{4}$$

式中: F 为土壤综合肥力指数; F_i 为各分肥力指数的平均值; $F_{i\min}$ 为各分肥力指数中最小值; n 为参评指标数。

参照《全国第二次土壤普查养分分级标准》(表 3)对所选指标参数进行标准化以消除各参数之间的量纲差别^[24],标准化处理的方法如下:

当属性值属于差的一级($c_i \leq x_a$)时, $F_i = c_i / x_a$ ($F_i \leq 1$)

当属性值属于中等一级($x_a < c_i \leq x_c$)时, $F_i = 1 + (c_i - x_a) / (x_c - x_a)$ ($1 < F_i \leq 2$)

当属性值属于较好一级($x_c < c_i \leq x_p$)时, $F_i = 2 + (c_i - x_c) / (x_p - x_c)$ ($2 < F_i \leq 3$)

当属性值属于好一级($c_i > x_p$)时, $F_i = 3$

式中: F_i 为属性分系数; c_i 为该属性测定值; x_a , x_c , x_p 为分级指标。

表 3 修正的内梅罗评定方法中氮、磷、钾分级标准			
分级 指标	水解性氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	有效磷/ (mg · kg ⁻¹)
x_a	60	50	5
x_c	120	100	10
x_p	180	200	20

各个样坑不同生活型植种的根群圈范围及对应的含水率、含盐量、有机质、氮磷钾综合指数的计算结果见表 4。

2.3 生存域的圈划结果

2.3.1 优势种生存域 根据表 4 中数据,结合在各个样坑点附近的植种类型,最终圈划出杨树、构树、楝

树等乔木优势种,黄荆、酸枣等灌木优势种的生存域见图 2—6。

表 4 研究区各限制性因子数值

样坑 编号	层位 类型	深度 区间/cm	有机质/ (g · kg ⁻¹)	含盐量/ (g · kg ⁻¹)	含水率/ %	氮磷钾 综合指数
YK-01	灌木层	30—60	6.89	0.44	11.20	0.99
	乔木层	60—90	3.98	0.33	6.07	1.02
YK-02	灌木层	30—70	10.15	0.27	10.58	0.91
	乔木层	70—90	17.22	0.27	5.65	1.92
YK-03	灌木层	20—30	39.07	0.37	14.60	2.32
	灌木层	30—60	3.03	0.27	26.73	0.91
YK-04	乔木层	60—100	2.98	0.19	27.73	0.92
	灌木层	30—60	12.20	0.21	11.43	1.09
YK-05	乔木层	60—100	9.91	0.21	9.90	1.03
	灌木层	30—50	21.05	0.20	11.95	1.31
YK-06	灌木层	30—50	16.73	0.83	24.45	1.41
	灌木层	20—60	5.13	0.14	13.10	0.97
YK-11	乔木层	60—100	5.37	0.27	14.80	1.18
	乔木层	60—100	14.88	0.26	8.73	1.33
YK-12	灌木层	30—70	15.64	0.70	12.88	0.76
	乔木层	70—100	15.65	0.26	9.63	0.78
YK-13	灌木层	30—60	11.48	1.68	39.03	1.06
	乔木层	60—100	44.86	2.14	40.08	2.65
YK-14	灌木层	30—70	12.34	0.22	20.45	1.03
	乔木层	70—100	10.56	0.24	20.73	1.05
YK-15	灌木层	40—70	7.24	0.28	14.40	0.58
	乔木层	70—100	5.40	0.18	22.03	0.44
YK-16	乔木层	60—100	4.38	0.59	18.60	1.35
	乔木层	70—100	4.23	0.49	12.17	1.25
YK-17	灌木层	40—70	2.27	0.26	10.97	1.48
	乔木层	70—100	2.85	0.33	10.03	1.50
YK-18	灌木层	30—70	6.37	0.91	14.25	1.78
	乔木层	70—100	6.22	0.87	9.67	1.32
YK-19	灌木层	30—60	6.62	0.71	15.17	1.36
	乔木层	60—100	5.40	0.59	14.53	1.10
YK-21	灌木层	30—70	3.89	0.79	1.03	0.36
	乔木层	70—100	3.11	0.69	0.53	0.41
YK-23	灌木层	40—70	4.99	0.29	5.93	0.68
	乔木层	70—100	4.37	0.31	5.37	0.57
YK-24	灌木层	30—60	1.79	0.30	5.53	0.81
	乔木层	60—100	1.63	0.24	5.95	0.79
YK-25	灌木层	20—50	9.13	1.02	13.18	2.26
	乔木层	50—80	5.62	0.83	2.53	0.66
YK-26	灌木层	30—70	8.14	1.80	23.90	1.25
	乔木层	70—100	5.94	0.70	11.03	1.16
YK-27	灌木层	30—70	3.07	0.65	10.45	0.54
	乔木层	70—100	2.11	0.70	13.73	0.38
YK-28	灌木层	30—60	6.76	0.59	13.43	0.90
	乔木层	60—100	4.69	0.53	14.30	0.61
YK-29	灌木层	30—50	5.12	1.40	10.00	0.44
	乔木层	50—80	5.49	3.27	5.73	0.39

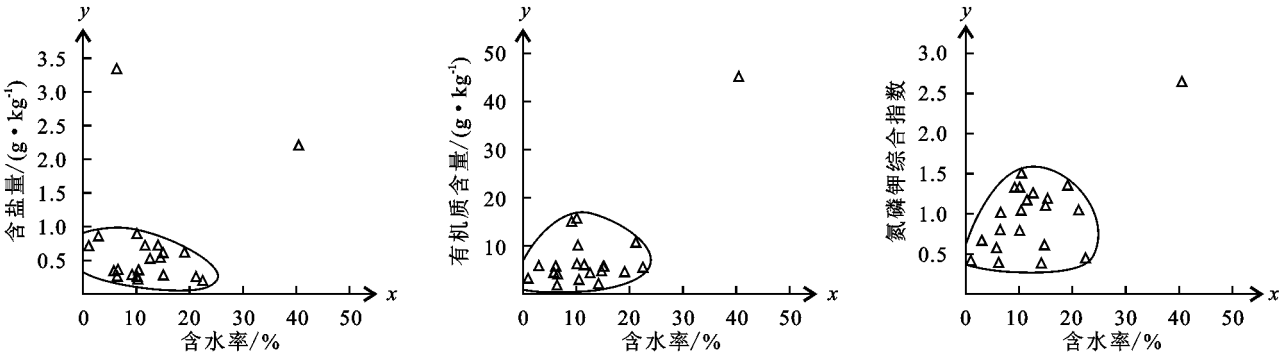


图 2 构树生存域圈划图

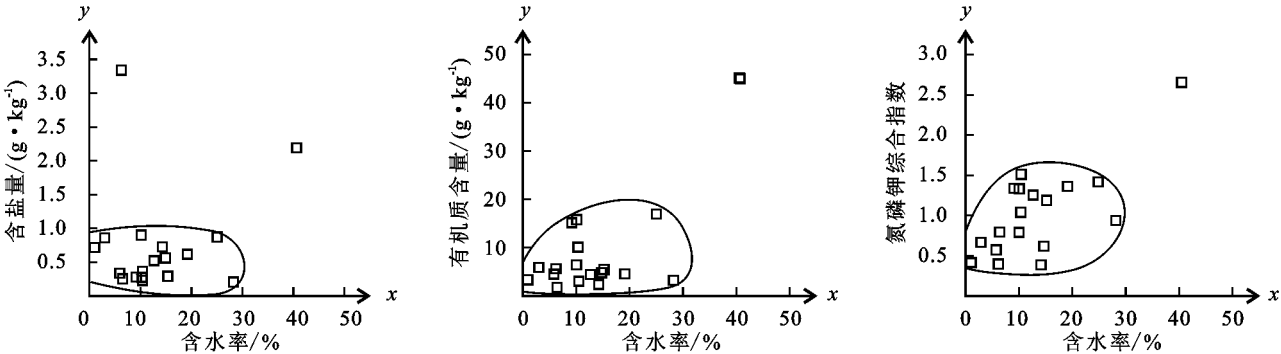


图 3 杨树生存域圈划图

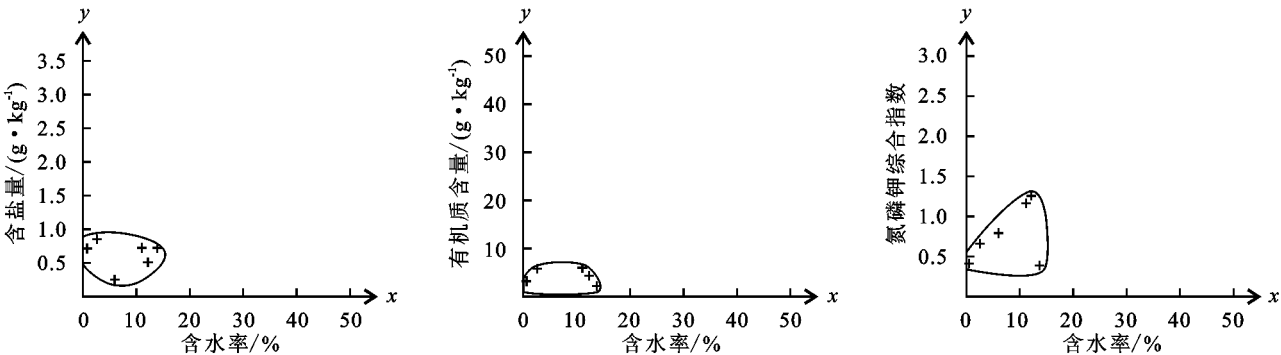


图 4 栎树生存域圈划图

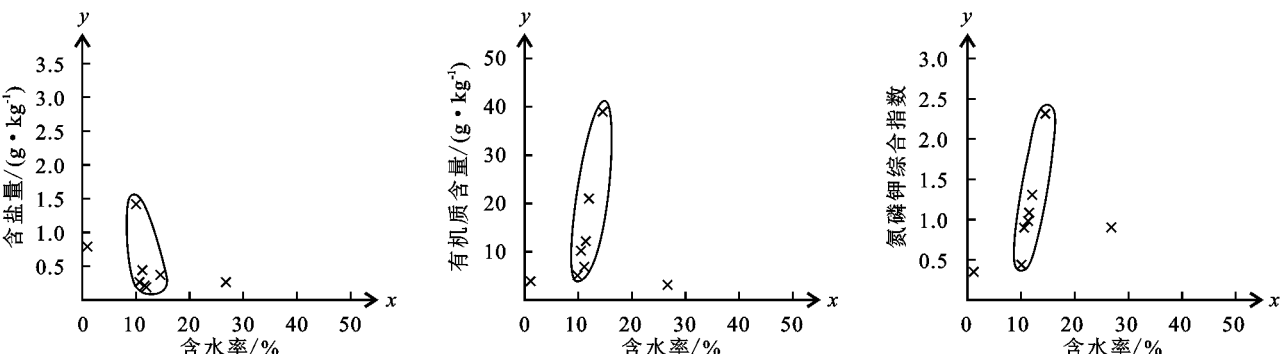


图 5 黄荆生存域圈划图

含水率与含盐量、有机质含量、氮磷钾综合指数 3 种因子的组合方式下生存域圈划范围均近似椭圆，说明研究区优势植种对水肥条件的选择是多样的，即不同土壤水分与盐分、有机质和氮磷钾的组态对优势植种可能有相同的适宜性，凡是在圈划范围内的水肥条件都可作为优势种适生的必要条件。根据圈划结

果，可得出如下认识：
(1) 杨树：含水率的适生区间为 0.53%~27.73%，反映出杨树适应能力强，不易受水分胁迫，耐旱性突出。
含盐量的适生区间为 0.19~0.89 g/kg，区间宽度较大，反映出其对土壤盐分的要求较宽松，可在轻

盐土、中盐土和重盐土中生长,有一定的耐盐性。有机质含量的适生区间为 1.63~16.73 g/kg,土壤氮磷

钾综合指数的适生区间为 0.38~1.50,反映出杨树对土壤氮磷钾的要求较有机质严格。

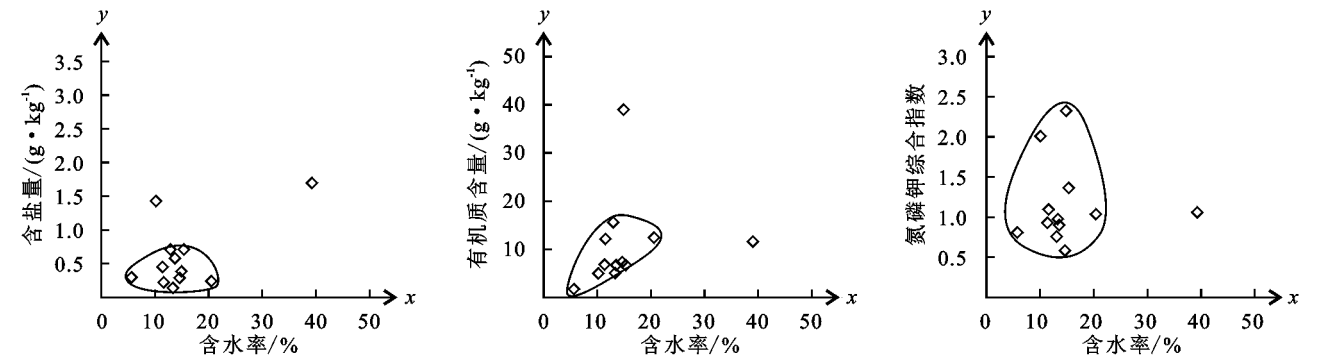


图 6 酸枣生存域圈划图

(2) 构树:含水率的适生区间为 0.53%~22.03%,反映出其耐干旱,适应性强。含盐量适生区间为 0.19~0.89 g/kg,有机质含量的适生区间为 1.63~15.65 g/kg,土壤氮磷钾综合指数的适生区间为 0.38~1.50,说明其对土壤氮磷钾的要求较严格,而对土壤盐分、有机质的要求则较为宽松。

氮磷钾的要求均较为宽松。

(3) 棟树:含水率的适生区间为 0.53%~13.73%,含盐量适生区间为 0.24~0.85 g/kg,有机质含量的适生区间为 1.63~5.94 g/kg,土壤氮磷钾综合指数的适生区间为 0.38~1.25。棟树含水率、含盐量、有机质、土壤氮磷钾综合指数的适生区间长度均小于杨树、构树,说明杨树、构树对环境有着更强的适应能力。

(5) 酸枣:含水率的适生区间为 5.53%~20.45%,含盐量的适生区间为 0.21~0.71 g/kg,有机质含量的适生区间为 1.79~15.64 g/kg,土壤氮磷钾综合指数的适生区间为 0.58~2.32。区间宽度均较大,反映出酸枣对土壤水分、盐分、有机质、土壤氮磷钾的要求均较为宽松。

(4) 黄荆:含水率的适生区间为 10.0%~14.6%,区间宽度极小,即土壤水分成为黄荆最主要的胁迫因子,对土壤水分涨落的响应则十分明显。含盐量的适生区间为 0.20~1.42 g/kg,有机质含量的适生区间为 0.36~39.07 g/kg,土壤氮磷钾综合指数的适生区间为 0.44~2.32,反映出黄荆对土壤盐分、有机质、土壤

2.3.2 优势种生存域叠加分析 将乔木层、灌木层优势种生存域圈划结果按照相同的限制性因子组合方式分别叠加在一起(图 7—8),可以看出:不同的优势种的生存域范围不尽相同,存在包含和相交(部分重合)两种情况。所谓“相交”,即重叠部分所指示的地境条件可满足两植种共生的要求,但包含区域之外的部分则仅可满足所对应植种的适生条件;所谓“包含”,即被包含植种的适生地境条件较包含植种的更为严格,包含区域内的所指示的地境条件可满足两植种共生的要求,但包含区域之外的部分则仅可满足生存域较宽的植种的适生条件。对乔木层、灌木层叠加图的认识如下:

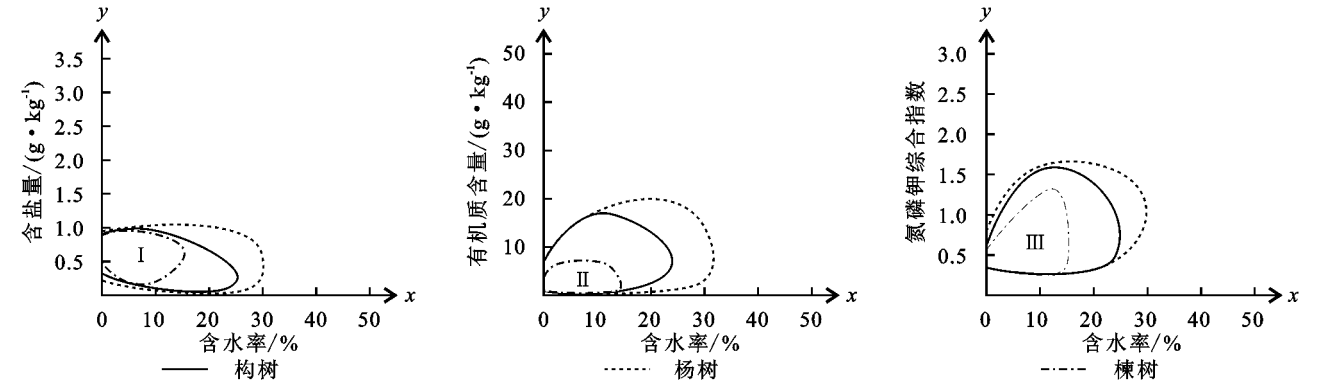


图 7 乔木层优势种生存域叠加图

(1) 乔木层优势种含水率—含盐量、含水率—有机质、含水率—土壤氮磷钾综合指数的圈划叠加结果均呈现出杨树包含构树,构树包含棟树的关系特征。杨树在研究区多呈带状或片状分布,分布范围极为广泛,构

树、棟树与之伴生,分布相较于杨树受限,有更高的集群度。为增加乔木层植种多样性,应用地境再造技术时可将杨树、构树、棟树作为汤河流域生态修复中的优选乔木植种。图 7 中的Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区(棟树的生存域)所

指示的限制性因子组态叠加结果为满足乔木层优势种共生的最适范围,即含水率为 0.53%~13.73%,含盐量

为 0.24~0.85 g/kg,有机质含量为 1.63~5.94 g/kg,土壤氮磷钾综合指数为 0.38~1.25。

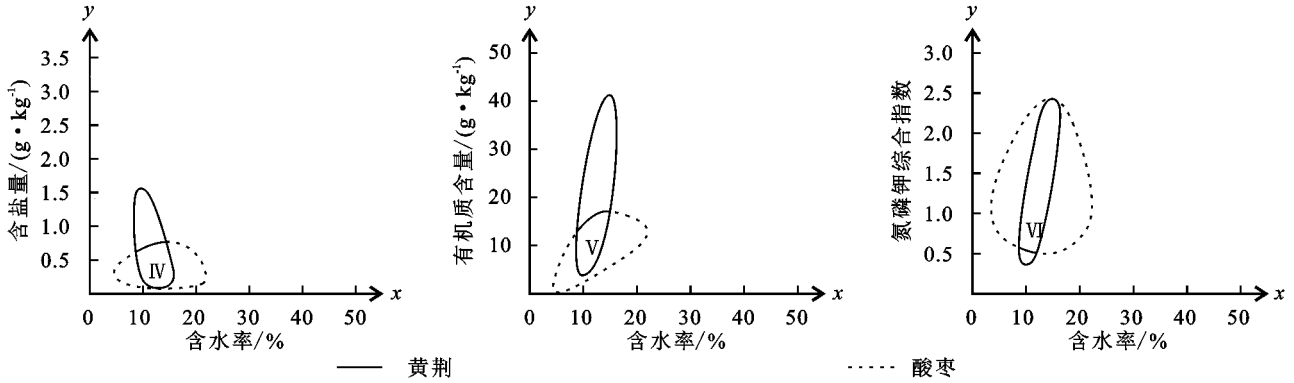


图 8 灌木层优势种生存域叠加图

(2) 灌木层优势种含水率—含盐量、含水率—有机质、含水率—土壤氮磷钾综合指数的圈划结果显示黄荆与酸枣的生存域范围呈现出相交关系特征。黄荆在含盐量、有机质和土壤氮磷钾综合指数适生区间宽度上大于酸枣,但在含水率适生区间宽度上远小于酸枣,说明黄荆易于受到水分胁迫,此即为黄荆多集中分布于土壤较为贫瘠的生境而酸枣分布更为广泛的主要原因。图 8 中的Ⅳ区、Ⅴ区、Ⅵ区所指示的限制性因子组态叠加结果为满足二者共生的最适范围,即含水率为 8.64%~15.80%,含盐量为 0.21~0.77 g/kg,有机质含量为 3.83~17.08 g/kg,土壤氮磷钾综合指数为 0.51~2.43。

(3) 总体上,乔木层优势种作为植物群落的建群种,生存域范围相对更广,主要体现在含水率、含盐量、有机质适生区间最宽,灌木层优势种作为群落的亚优势种对土壤氮磷钾有着更广的适生范围。

3 结论

(1) 杨树生存域包含构树,构树包含楝树,三者共生的生存域适宜范围为含水率 0.53%~13.73%,含盐量 0.24~0.85 g/kg,有机质含量 1.63~5.94 g/kg,土壤氮磷钾综合指数 0.38~1.25;黄荆、酸枣共生的生存域适宜范围为含水率 8.64%~15.80%,含盐量 0.21~0.77 g/kg,有机质含量 3.83~17.08 g/kg,土壤氮磷钾综合指数 0.51~2.43。

(2) 在流域生态修复时可将杨树、构树、楝树搭配种植,三者共生的范围可为改造地境水肥条件,增加乔木层植种多样性提供参考。黄荆与酸枣的生存域范围呈现出相交关系特征,两种植种受土壤水分胁迫的强弱表现出较大差异,因此在完善灌木层植物群落结构时,宜在基岩山区等土壤水肥条件较差的区域种植黄荆而在肥分条件较好的广大平原地区种植酸枣。

(3) 生存域和生态位均可以反映植物的独特的生存空间,生态位宽度较大或者生存域适生范围较广

的植物通常为植物群落的优势植种。其中生态位着重于种群时空位置和种间关系的刻画,而生存域则更偏向于植物地境稳定层中各生态因子组态的研究。由于植物在中小尺度上梯度变化的特点不明显,故对植物生存域圈划范围外的空白区域是否适宜植物生存无法作出准确判断,如何保证调查的准确性和精度仍旧值得进一步探讨。

参考文献:

[1] 徐恒力,汤梦玲,马瑞.黑河流域中下游地区植物物种生存域研究[J].地球科学:中国地质大学学报,2003,28(5):551-556.

[2] Rather Z A, Ahmad R, Dar A R, et al. Predicting shifts in distribution range and niche breadth of plant species in contrasting arid environments under climate change[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2021,193(7):1-17.

[3] Schellenberger Costa D, Gerschlauser F, Kiese R, et al. Plant niche breadths along environmental gradients and their relationship to plant functional traits[J]. Diversity and Distributions, 2018,24(12):1869-1882.

[4] Ogbemudia O, Ita E, Philips E. Geospatial variability and ecological amplitudes of plants along nutrient gradients in Imo River wetland[J]. Asian J. Environ. & Eco., 2018,7(2):1-10.

[5] Janousek C N, Thorne K M, Takekawa J Y. Vertical zonation and niche breadth of tidal marsh plants along the northeast Pacific coast[J]. Estuaries and Coasts, 2019,42(1): 85-96.

[6] 温纯,金光泽.功能多样性对典型阔叶红松林生产力的影响[J].植物生态学报,2019,43(2):94-106.

[7] Venier L A, Fahrig L. Habitat availability causes the species abundance-distribution relationship[J]. Oikos, 1996:564-570.

[8] 汤梦玲.黑河流域中下游地区植物地境稳定层及生存域研究[D].武汉:中国地质大学(武汉),2002.

- [14] 杜金龙,朱记伟,解建仓,等.近 25 a 关中地区土地利用及其景观格局变化[J].干旱区研究,2018,35(1):217-226.
- [15] 李晓雅,赵成章,曾红霞,等.党河源区土地利用变化及其生态环境效应[J].生态学杂志,2021,40(9):2904-2913.
- [16] 李晓文,方创琳,黄金川,等.西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应:以甘肃河西地区为例[J].第四纪研究,2003,15(3):280-290.
- [17] 帕茹克·吾斯曼江,郝晋珉,王楠,等.基于“三生”功能的土地利用转型及其生态环境效应:以尉犁县为例[J].干旱区地理,2021,44(6):1612-1622.
- [18] Sun R, Wu Z, Chen B, et al. Effects of land-use change on eco-environmental quality in Hainan Island, China[J]. Ecological Indicators, 2020,109:105777.
- [19] 冯涛,石培基,张学斌,等.河谷型城市“三生”空间竞争与生态环境效应:以兰州市为例[J].水土保持研究,2021,28(3):229-234.
- [20] 李君轶,傅伯杰,孙九林,等.新时期秦岭生态文明建设:存在问题与发展路径[J].自然资源学报,2021,36(10):2449-2463.
- [21] 郭少壮,白红英,孟清,等.1980—2015 年秦岭地区景观格局变化及其对人为干扰的响应[J].应用生态学报,2018,29(12):4080-4088.
- [22] 陈万旭,李江风,曾杰,等.中国土地利用变化生态环境效应的空间分异性与形成机理[J].地理研究,2019,38(9):2173-2187.
- [23] 刘纯军,周国富,黄启芬,等.基于土地利用转型的喀斯特山区流域生态环境效应评价[J].生态科学,2021,40(3):102-111.
- [24] 张芳怡,邢元志,濮励杰,等.苏州市土地利用变化的生态环境效应研究[J].水土保持研究,2009,16(5):98-103.
- [25] 孙善良,张小平.陕西省土地利用转型时空演变及其生态环境效应分析[J].水土保持研究,2021,28(6):356-363.
- [26] 高雪玲,刘康,康艳,等.秦岭山地生态系统服务功能价值初步研究[J].中国水土保持,2004,11(4):23-25,47.
- [27] 马新萍.秦岭林线及其对气候变化的响应[D].西安:西北大学,2015.
- [28] Zhang S R, Sun B, Zhao Q G, et al. Temporal-Spatial Variability of Soil Organic Carbon Stocks in a Rehabilitating Ecosystem[J]. Pedosphere, 2004,14(4):501-508.
- [29] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶,等.河北省遵化平原土壤养分的时空变异特征:变异函数与 Kriging 插值分析[J].地理学报,2000,55(5):555-566.
- [30] 余玉洋,李晶,周自翔,等.基于多尺度秦巴山区生态系统服务权衡协同关系的表达[J].生态学报,2020,40(16):5465-5477.
- [31] 王永洵,王亚飞,张静文,等.海岸带土地利用转型及其生态环境效应:以福建海岸带为例[J].环境科学学报,2021,41(10):3927-3937.

(上接第 318 页)

- [9] 崔长勇,罗晓云.额济纳盆地生态系统的地质学分析[J].资源调查与环境,2004,25(1):23-30.
- [10] 张俊,赵振宏,马洪云,等.基于物种生存域的干旱半干旱区地下水与植被关系研究[J].水土保持研究,2014,21(5):240-243.
- [11] 周爱国.中国西北干旱区额济纳盆地地质生态学研究[D].武汉:中国地质大学(武汉),2004.
- [12] 徐文秀,鲍玉海,韦杰,等.水库消落带典型草本植物根系对土壤抗冲性能的影响[J].水土保持学报,2019,33(4):65-71.
- [13] 宋永昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.
- [14] 周爱国,孙自永,马瑞.干旱区地质生态学导论[M].北京:中国环境科学出版社,2007.
- [15] 苏绘梦,黄景春,王玲,等.高陡岩质边坡植被根系发育地境特征研究[J].中南林业科技大学学报,2017,37(11):56-62.
- [16] 徐恒力,周爱国,肖国强,等.西北地区干旱化趋势及水盐失衡的生态环境效应[J].地球科学:中国地质大学学报,2000,25(5):499-504.
- [17] Zhu P, Zhang G, Wang H, et al. Soil moisture variations in response to precipitation properties and plant communities on steep gully slope on the Loess Plateau[J]. Agricultural Water Management, 2021,256:107086.
- [18] 王家鸣,许涵,李意德,等.地形异质性对尖峰岭热带山地雨林木本植物群落结构及多样性的影响[J].林业科学,2018,54(1):1-11.
- [19] 包小婷,丁陆彬,姚帅臣,等.拉萨河流域植物群落的数量分类与排序[J].生态学报,2019,39(3):779-786.
- [20] 徐恒力,孙自永,马瑞.植物地境及物种地境稳定层[J].地球科学:中国地质大学学报,2004,29(2):239-246.
- [21] 张云宇,孙晓凤,张临峰,等.帽儿山温带落叶阔叶林细根生物量,生产力和周转率[J].应用生态学报,2021,32(9):3053-3060.
- [22] 陈刚,徐恒力,孙自永,等.太湖流域生态系统结构分析及其演化研究[M].北京:地质出版社,2008.
- [23] 田绪庆,陈为峰,申宏伟.日照市城区绿地土壤肥力质量评价[J].水土保持研究,2015,22(6):138-143.
- [24] 周伟,王文杰,张波,等.长春城市森林绿地土壤肥力评价[J].生态学报,2017,37(4):1211-1220.