

不同生境下柠条根际环境植物多样性研究

赵鑫, 尚晓蕊, 李景艳, 王瑞刚, 丛靖宇* (内蒙古农业大学植物逆境生理与分子生物学自治区重点实验室, 植物基因资源挖掘与分子育种自治区工程技术研究中心, 内蒙古呼和浩特 010020)

摘要 为研究不同生态环境下柠条根际环境与植物多样性的关系, 对内蒙古生态环境不同的4个地区中柠条根际环境的植物种类进行统计分析。结果表明, 柠条根际环境有利于增加植物多样性; 不同地区不同的生态环境影响柠条根际环境的植物多样性, 年均气温、年均降水量均对植物多样性具有显著影响; 4个地区柠条根际环境的优势种多为菊科植物, 而对照区的优势种则多为禾本科植物。

关键词 不同生境; 柠条; 根际环境; 植物多样性

中图分类号 Q948.12 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)18-0151-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.037



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Plant Diversity in Rhizosphere Environment of *Caragana* in Different Habitats

ZHAO Xin, SHANG Xiao-rui, LI Jing-yan et al (Key Laboratory of Plant Stress Physiology and Molecular Biology, Inner Mongolia Agricultural University, Inner Mongolia Engineering Research Center for Plant Gene Resources Mining and Molecular Breeding, Hohhot, Inner Mongolia 010020)

Abstract In order to study the relationship between *Caragana* rhizosphere environment and plant diversity in different ecological environments, this study conducted a statistical analysis on the plant species of *Caragana* rhizosphere environments in four regions with different ecological environments in Inner Mongolia. The results showed that *Caragana* rhizosphere environment was conducive to the increase of plant diversity. Different ecological environments affected the plant diversity in *Caragana* rhizosphere, and the average annual temperature and precipitation had significant influence on the plant diversity. The dominant species were mainly Compositae in *Caragana* rhizosphere in the four areas, while the dominant species were mostly Gramineae in the control areas.

Key words Different habitats; *Caragana*; Rhizosphere environment; Plant diversity

柠条(*Caragana* spp.)为锦鸡儿属几种常见栽培种(柠条锦鸡儿(*C. korshinskii*)、中间锦鸡儿(*C. intermedia*)和小叶锦鸡儿(*C. microphylla*))的统称^[1-2]。柠条为豆科灌木,具有良好的固氮作用、耐干旱和耐贫瘠能力,能够在干旱半干旱地区正常生长,同时能够有效地防止立地土壤发生风蚀,并在一定程度上提高土壤养分含量,加快林地植被的恢复^[3]。柠条锦鸡儿为喜沙的旱生灌木,多生于荒漠、荒漠草原地带的固定、半固定沙地,在流动沙地、覆沙戈壁或丘间谷地、干河床边亦有生长。它除在局部地形成小面积的纯群落外,通常与黑沙蒿(*A. rtemisiaordosica*)或白沙蒿(*A. sphaerocephala*)混生组成柠条锦鸡儿、沙蒿放牧地,柠条锦鸡儿在这种群落中起着建群作用,常形成高大的灌木层片^[4]。柠条锦鸡儿是中西部地区防风固沙、保持水土的优良树种。因此,观察与鉴别不同地区柠条对其周围植物生长的影响,对于因地制宜地恢复草地、减少荒漠化具有极其重要的作用。

植物生长不仅受自身遗传物质的控制,还受到多变的环境因子的影响,如光、温、水分以及土壤营养物质等时空上的差异^[5]。生境是物种或物种群体赖以生存的生态环境,一个物种长期生长在某种生态环境中,受到环境条件特定的影响,在其生长过程中,通过新陈代谢,形成了在生长发育、形态结构、生理功能和生态学特性等方面对环境的适应性。生

物与生境的关系是长期进化的结果,生物有适应生境的一面,又有改造生境的一面。正是由于柠条长期处于西北等地恶劣的自然环境中,才使得柠条具有抗旱、耐寒、根系发达、萌蘖能力强等生物学特性,反过来由于柠条的林带效应也使得其种植区的自然环境也得到了极大改善,植被增多,水土保持良好。笔者分析内蒙古几个生态环境差异较大地区的柠条根际环境中植物与其对照区植物的不同,为深入研究不同生境下柠条对其周围植物多样性的影响提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

1.1.1 凉城县。凉城县位于内蒙古中南部、乌兰察布市南部,地理坐标为112°02'~113°02'E、40°10'~40°50'N,属中温带半干旱大陆性季风气候。近30年凉城县的平均气温大致呈上升的变化趋势,线性倾向率为0.185℃/10a,历年平均值为6.1℃;春季、夏季、秋季3季平均温度与年平均气温变化趋势保持一致,均呈上升趋势,春季平均温度的上升幅度最为显著,夏季次之,秋季增温幅度并不明显;冬季平均温度呈下降趋势。凉城县降水量大致呈略微减少的变化趋势,夏季降水量最为集中,占年降水量的61.7%,秋季和春季次之,分别占年降水量的21.0%与15.3%,降水量最少的为冬季,仅占2.0%;日照时数总体上呈不断减少的变化趋势。近30年年均降雨量409.6mm,年平均日照时数超过2913.3h,有效积温2600℃,多年来的数据表明凉城的降水量变化较大^[6]。选取凉城县多纳苏村的大片柠条林为试验样地。

1.1.2 乌拉特前旗。乌拉特前旗地理坐标为108°11'~109°54'E、40°28'~41°16'N,位于内蒙古自治区西部,巴彦淖尔市东南部。乌拉特前旗地处西部季风中温带亚干旱气候区,大

基金项目 内蒙古自治区科技创新引导项目“柠条遗传修饰新种质创制及其在生态修复中的推广应用”(KCBJ2018012);内蒙古自治区科技计划项目“乡土树种的收集、组学解析及其优异种质资源挖掘利用”。

作者简介 赵鑫(1998—),女,内蒙古包头人,从事植物生理生化及分子生物学研究。*通信作者,副教授,博士,从事植物生理生化及分子生物学研究。

收稿日期 2020-11-25

陆性季风气候显著,总的特点是冬寒、夏热,寒暑变化明显,日照长,平均日照时数为 3 202.5 h。无霜期短,无霜期为 127 d,年极端最高气温 38.5 ℃,最低气温-36 ℃,年平均气温 7.1 ℃,冻土深度最大值为 109 cm。多年平均降雨量为 215 mm,降水量基本特征是年内分配极不均匀,年际变化大,保证率低,春季 3—5 月降水量占全年降水量的 15% 左右。夏秋季 6—8 月降水量占全年降水量的 60% 以上,年蒸发量在 2 163~2 500 mm,是降水量的 10 倍以上^[7]。乌拉特前旗是自然灾害容易发生地区之一,多数为干旱、大风、霜冻、干热风、冰雹、雨灾等。选取乌拉特前旗乌拉山的河岸上的大片柠条林为试验样地。

1.1.3 翁牛特旗。翁牛特旗位于内蒙古自治区赤峰市中部、西辽河上游、科尔沁沙地西端,地处 117°49′~120°43′E,42°26′~43°25′N。翁旗属于典型的中温带半干旱大陆性季风气候,海拔自东向西递增,受其影响,气候由东向西出现明显的变化差异,降水由东向西呈递增趋势,翁牛特旗多年平均降水量为 353 mm,年内集中分布在夏季,占全年降水量的 69%,春季和秋季分别为 14% 和 15%,冬季仅占 1%。多年降水有明显的减少趋势,主要集中在夏季,冬季基本稳定,春季则有增加。翁牛特旗多年均温为 6.3 ℃,夏季平均温度为 21.4 ℃,冬季为-10.3 ℃。年均温呈持续升高趋势,各季节趋势与全年相近^[8]。年平均日照时数为 2 850~3 000 h,热量则由东向西呈递减趋势。翁牛特旗 46 年来气候变化的突出特点是非线性变暖^[9],自然条件复杂多样,是干旱半干旱的多灾区。选取翁牛特旗东塔拉村南部及北部的大片柠条林为试验样地。

1.1.4 四子王旗。四子王旗地处内蒙古自治区中部、乌兰察布市西北部,位于 110°20′~113°E,41°10′~43°22′N。四子王旗地处中温带大陆性季风气候区,近 30 年全旗年平均气温 4.0 ℃,年平均降水量为 315.2 mm^[10]。四子王旗全年平均日照时数为 3 126 h,夏季的日照时数变化较大,主要是由于该

季节降水量较多造成的,秋季变化较缓慢^[11]。选取四子王旗脑包沟的大片柠条林为试验样地。

1.2 试验方法

1.2.1 柠条植株的选取。观察整片柠条林,在综合考察整片柠条林所有柠条的位置以及周围植物生长数量与种类之后,选取具有普遍性的足量的柠条植株作为样本,调查观测样本四周植物组成、密度。

1.2.2 柠条植株的处理。用卷尺测量所选取柠条植株的直径与自然高度,并测量出其根茎周围宽度 75 cm 的圆环面积,将此区域圈出,并在距该柠条植株根际环境区 3 m 处选取相同面积的区域。该区域周围无其他柠条,以保证该区域既无所选取柠条植株的影响,也无其他柠条植株的影响。鉴定并统计划出区域的所有植物物种,并将该区域所有同种植物称重,统计数据。

1.3 数据处理 将每个地区数据进行处理,对比分析所有地区数据。

2 结果与分析

2.1 凉城县生境下柠条对其周围植物多样性的影响 在凉城县多纳苏村(112°8′57″E,40°29′30″N)的大片柠条林中,选取具有代表性的柠条植株,统计该植株根茎周围宽度 75 cm 的圆环内(经计算该区域面积为 4.82 m²)的植物种类及其数量。同时统计对照区(相同面积 4.82 m²)内的植物种类及其数量,具体见表 1。由表 1 可知,在柠条周围,白莲蒿(*Artemisia sacrorum* Ledeb)、驼绒藜(*Ceratoides latens* (J. F. Gmel.) Reveal et Holmgren)、冰草(*Agropyron cristatum* (Linn.) Gaertn.)和达乌里黄芪(*Astragalus dahuricus*)均比对照区域数量和重量有所减少,增加量均为负值;而兔毛蒿(*Filifolium sibiricum* (L.) Kitam.)则比对照区域有所增加,数量增加了 258.82%,重量增加了 25.61%,这说明柠条根际有利于兔毛蒿数量的增加,但对兔毛蒿的生长量则相对有抑制作用。同时,柠条有利于火绒草(*Leontopodium leontopodioides* (Willd.) Beauv.)、胡枝子(*Lespedeza*

表 1 凉城县柠条根际环境区植物与对照区域植物

Table 1 The plants in *Caragana* rhizosphere environment and control zone in Liangcheng County

序号 No.	植物种类 Plant species	柠条根际区域 Rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i>		对照区域 Control area		比对照增加 Increase than control // %	
		数量 Number // 株	重量 Weight // g	数量 Number // 株	重量 Weight // g	数量 Number	重量 Weight
1	白莲蒿	440	1 320.0	1 783	3 133.00	-75.32	-57.87
2	驼绒藜	2	2.4	5	2.41	-60.00	-0.41
3	冰草	220	32.0	482	266.50	-54.36	-87.99
4	达乌里黄芪	40	78.0	92	207.70	-56.52	-62.45
5	兔毛蒿	122	67.2	34	53.50	258.82	25.61
6	火绒草	14	7.4				
7	胡枝子	4	8.0				
8	柴胡	6	5.2				
9	苦苣菜	4	1.0				
10	狼毒	8	8.4				
11	中华苦苣菜	2	1.4				
12	亚麻			10	2.40	-100.00	-100.00
13	蓬子菜			14	2.40	-100.00	-100.00
14	牛枝子			10	49.60	-100.00	-100.00
15	迷迭香			5	2.40	-100.00	-100.00

bicolor Turcz.)、柴胡 (*Bupleurum chinense*)、苦苣菜 (*Sonchus brachyotus* D C.)、狼毒 (*Stellera chamaejasme* Linn.) 以及中华苦苣菜 (*Ixeris chinensis*) 等植物的生长,但抑制了亚麻 (*Linum usitatissimum* L.)、蓬子菜 (*Galium verum* Linn. Sp. Pl. var. *verum*)、牛枝子 (*Lespedeza potaninii* Vass.) 和迷迭香 (*Rosmarinus officinalis*) 的生长,这说明柠条根际对不同植物的生长具有不同的影响。将这些植物进行科属统计后发现,柠条根际环境中植物共有 11 种,隶属于 6 科,菊科植物居多共 5 种,在数量和重量上均为优势植物,其次是禾本科和豆科;对照区植物共 9 种,隶属于 7 科,各科植物种数相近,但在数量和重量上的优势植物仍是菊科,其次是禾本科和豆科。其他各科植物无论是在柠条根际还是对照区均无明显优势,相对而言几乎可以忽略不计(图 1)。

2.2 乌拉特前旗生境下柠条对其周围植物多样性的影响 在巴彦卓尔乌拉特前旗乌拉山高速公路收费所 (108°40'57"E,40°43'33"N) 的大片柠条林中,选取具有代表性的柠条植株,统计该植株根茎周围宽度为 75 cm 的圆环内(经计算该区域面积为 5.3 m²) 的植物种类及其数量。同时统计对照区(面积 5.3 m²) 内的植物种类及其数量(表 2)。

由表 2 可知,在柠条周围,披碱草 (*Elymus dahuricus* Turcz.)、拐轴鸦葱 (*Scorzonera divaricata* Turcz.)、银灰旋花

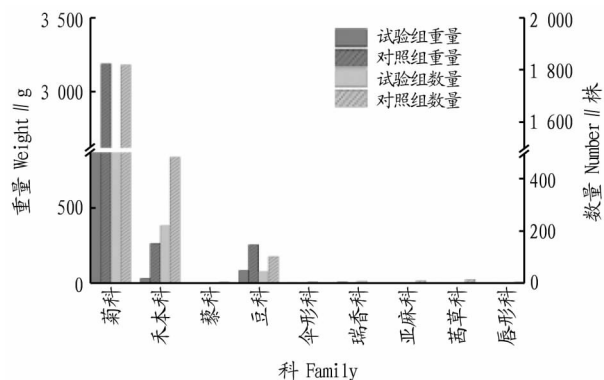


图 1 凉城县柠条根际对不同植物生长的影响

Fig.1 The effect of *Caragana korshinskii* rhizosphere on different plant growth in Liangcheng County

(*Convolvulus ammannii* Desr.) 和 绵刺 (*Potaninia mongolica* Maxim.) 均比对照区域数量和重量有所减少,除拐轴鸦葱的重量增加为 0 外,其余较对照的增加量均为负值,这说明柠条根际环境有效抑制了这些植物的生长。同时,柠条根际环境有利于迷迭香和黄花蒿 (*Artemisia annua* Linn.) 的生长,但抑制了稗草 (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) 和鹅绒藤 (*Cynanchum chinense*) 的生长,这说明柠条根际对不同植物的生长具有不同的影响。将这些植物进行科属统计后发现,柠

表 2 乌拉特前旗柠条根际环境区植物与对照区域植物

Table 2 The plants in *Caragana* rhizosphere environment and control zone in Urad Qianqi

序号 No.	植物种类 Plant species	柠条根际区域 Rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i>		对照区域 Control area		比对照增加 Increase than control // %	
		数量 Number // 株	重量 Weight // g	数量 Number // 株	重量 Weight // g	数量 Number	重量 Weight
1	披碱草	4	0.6	42	6.4	-90.48	-90.63
2	拐轴鸦葱	6	7.4	10	7.4	-40.00	0
3	银灰旋花	2	1.2	447	159.0	-99.55	-99.25
4	绵刺	8	21.6	58	167.5	-86.21	-87.10
5	迷迭香	2	0.4				
6	黄花蒿	420	125.6				
7	稗草			5	1.6		
8	鹅绒藤			5	4.2		

条根际环境区内植物共有 6 种,隶属于 5 科,菊科植物居多,在数量和重量上均为优势植物;对照区植物共 6 种,隶属于 5 科,禾本科植物种类居多,但在植物株数和重量上是旋花科和蔷薇科植物占绝对优势。唇形科植物只出现在柠条根际环境,萝藦科植物则只出现在对照区,但二者均不属于优势植物(图 2)。

2.3 翁牛特旗生境下柠条对其周围植物多样性的影响 在赤峰市翁牛特旗东他拉村南 (117°49'E,42°26'N) 的大片柠条林中,选取具有代表性的柠条植株,统计该植株根茎周围宽度为 75 cm 的圆环内(经计算该区域面积为 8.94 m²) 的植物种类及其数量。同时统计对照区(面积 8.94 m²) 内的植物种类及其数量,具体数据见表 3。由表 3 可知,在柠条周围,披碱草、驼绒藜、牻牛儿苗 (*Erodium stephanianum* Willd.) 和通奶草 (*Euphorbia hypericifolia* L.) 均比对照区域数量和重量有所减少,较对照增加量均为负值,植株数量的增加值均在

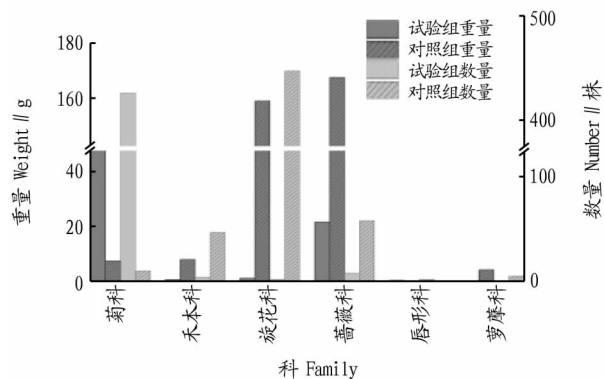


图 2 乌拉特前旗柠条根际对不同植物生长的影响

Fig.2 The effect of *Caragana korshinskii* rhizosphere on different plant growth in Urad Qianqi

-79%以上,重量增加最小的驼绒藜也达 -56.67%,这说明柠条根际有效抑制了这些植物的生长。而牛筋草 (*Eleusine in-*

dica (L.) Gaertn.) 则比对照区域有所增加,数量增加了 35.59%,重量增加了 176.85%,这说明柠条根际不仅有利于牛筋草数量的增加,而且对其生长量具有更好的促进作用。同时,在柠条根际还出现了对照区域没有的植物,如甘草 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch)、黄花蒿、角蒿 (*Incarvillea sinensis* Lam.)、少花米口袋 (*Gueldenstaedtia verna*)、柳叶菜 (*Epelobium hirsutum* L.) 和益母草 (*Leonurus artemisia* (Laur.) S.Y.Hu F), 这说明柠条根际环境有利于这些植物的生长繁殖。将这些植物进行科属统计后发现,柠条周围植物共有 11 种,隶属于

9 科,在植株数量上禾本科植物为优势科,但在植物生物量上则是紫葳科、禾本科、藜科和柳叶菜科植物相差不大;而且紫葳科、菊科、豆科、柳叶菜科和唇形科等植物只存在于柠条根际环境中。对照区植物共 5 种,隶属于 4 科,禾本科植物居多,藜科、牻牛儿苗科和大戟科植物都相差不大;而且,禾本科植物在柠条根际环境中分布更多(图 3)。这说明柠条根际环境对菊科、豆科、柳叶菜科和唇形科植物的生长繁殖可能具有促进作用,而对禾本科、藜科、牻牛儿苗科和大戟科植物的生长发育则可能具有抑制作用。

表 3 翁牛特旗柠条根际环境区植物与对照区域植物

Table 3 The plants in *Caragana rhizosphere* environment and control zone in Wengniuteqi

序号 No.	植物种类 Plant species	柠条根际区域 Rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i>		对照区域 Control area		比对照增加 Increase than control // %	
		数量 Number // 株	重量 Weight // g	数量 Number // 株	重量 Weight // g	数量 Number	重量 Weight
1	披碱草	82	89.8	393	304.9	-79.13	-70.55
2	驼绒藜	42	100.4	268	231.7	-84.33	-56.67
3	牻牛儿苗	2	7.4	89	179.7	-97.75	-95.88
4	通奶草	8	0.6	80	308.4	-90.00	-99.81
5	牛筋草	400	250.0	295	90.3	35.59	176.85
6	甘草	4	14.6				
7	黄花蒿	14	34.4				
8	角蒿	16	186.8				
9	少花米口袋	2	3.4				
10	柳叶菜	72	95.2				
11	益母草	2	1.0				

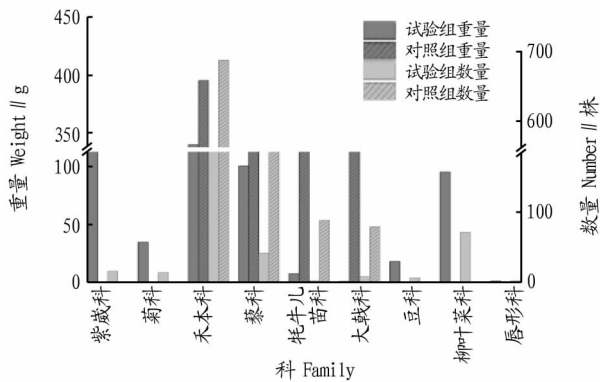


图 3 翁牛特旗柠条根际对不同植物生长的影响

Fig.3 The effect of *Caragana korshinskii* rhizosphere on different plant growth in Wengniuteqi

2.4 四子王旗生境下柠条对其周围植物多样性的影响 在乌兰察布四子王旗脑包沟(111°45'37"E, 41°24'13"N)的大片柠条林中,选取具有代表性的柠条植株,统计该植株根茎周围宽度为 75 cm 的圆环内(经计算该区域面积为 7.65 m²)的植物种类及其数量。同时统计对照区(面积 7.65 m²)内的植物种类及其数量,具体见表 4。

由表 4 可知,在柠条周围,灰菜 (*Chenopodium album* L.)、猪毛蒿 (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.)、地锦草 (*Euphorbia humifusa* Willd.、*Euphorbia maculata* L.) 和马唐 (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) 均比对照区域数量和重量有所减少,较对照增加量均为负值,植株数量的增加值均在 -93% 以上,重量增加值均在 -98% 以上,这说明柠条根际有效抑制了这些植物的生长。香附子 (*Cyperus rotundus* Linn.) 和粘蒿 (*Neopal-*

lasia pectinata (Pall.) Poljak.) 则比对照区域有所增加,数量分别增加了 122.22% 和 109.15%,重量分别增加了 6.28% 和 37.17%,这说明柠条根际有利于这 2 种植物的生长,但其生长量的促进作用低于对数量的促进作用。糙叶黄耆 (*Astragalus scaberimus*) 比较特殊,在柠条根际其数量有极大的增加,达 2250.00%,而其生物量则又极大的减少,增加量为 -64.94%,这说明柠条根际有利于糙叶黄耆数量的增加,但其生长量有极端的抑制作用。同时,在柠条根际还出现了对照区域没有的植物,如车前 (*Plantago asiatica* L.)、马蔺 (*Iris ensata* Thunb.)、独行菜 (*Lepidium apetalum*)、中华苦苣菜、绢毛委陵菜 (*Potentilla sericea* Linn.)、翻白草 (*Potentilla discolor* Bge.)、白花蛇舌草 (*Hedyotis diffusa*)、天蓝苜蓿 (*Medicago lupulina* L.)、盐地碱蓬 (*Suaeda salsa* (Linn.) Pall.)、茵陈蒿 (*Artemisia capillaries*) 和沿阶草 (*Ophiopogon bodinieri* Levl.), 这说明柠条根际环境有利于这些植物的生长繁殖。柠条根际环境还可能对百里香的生长繁殖具有抑制作用,而导致对照区存在的百里香在柠条根际环境不能存活。将这些植物进行科属统计后发现,柠条周围植物共有 19 种,隶属于 13 科,菊科植物居多;对照区植物共 8 种,隶属于 7 科,各科植物种数相近(图 4)。分析发现柠条根际环境对车前科、蔷薇科、茜草科和百合科植物的生长繁殖具有显著的促进作用,对禾本科、藜科、唇形科和大戟科植物的生长发育则具有显著的抑制作用,而对鸢尾科和十字花科植物的生长没有明显的促进或抑制作用。值得一提的是茜草科和豆科植物,柠条根际环境对其生长的影响比较矛盾,即对这 2 个科植物的数量具有显著的促进作用,而对其生长量则无影响或影响不

大。即柠条根际环境可以促进茜草科和豆科植物数量的增加,但抑制了植物的生长。

表 4 四子王旗柠条根际环境区植物与对照区域植物

Table 4 The plants in *Caragana rhizosphere* environment and control zone in Siziwang Banner

序号 No.	植物种类 Plant species	柠条根际区域 Rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i>		对照区域 Control area		比对照增加 Increase than control//%	
		数量 Number//株	重量 Weight//g	数量 Number//株	重量 Weight//g	数量 Number	重量 Weight
1	灰菜	20	2.00	342	260.9	-94.15	-99.23
2	猪毛蒿	16	3.20	643	223.4	-97.51	-98.57
3	地锦草	4	0.01	61	1.0	-93.44	-99.00
4	马唐	160	0.20	2 295	65.8	-93.03	-99.70
5	香附子	680	250.40	306	235.6	122.22	6.28
6	粘蒿	320	204.80	153	149.3	109.15	37.17
7	糙叶黄耆	188	2.70	8	7.7	2 250.00	-64.94
8	百里香			8	4.6		
9	车前	12	24.40				
10	马蔺	4	0.01				
11	独行菜	16	0.10				
12	中华苦苣菜	32	0.30				
13	绢毛委陵菜	60	12.80				
14	翻白草	44	9.20				
15	白花蛇舌草	116	41.20				
16	天蓝苜蓿	12	1.20				
17	盐地碱蓬	44	3.60				
18	茵陈蒿	48	12.80				
19	沿阶草	320	36.80				

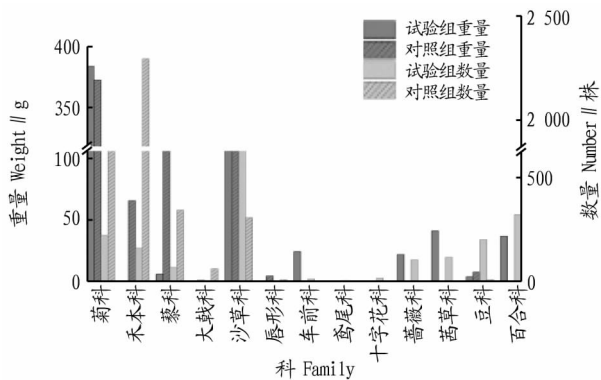


图 4 四子王旗柠条根际对不同植物生长的影响

Fig.4 The effect of *Caragana korshinskii* rhizosphere on different plant growth in Siziwang Banner

2.5 不同地区生态环境与柠条根际物种多样性的关系 对

表 5 不同地区生态环境与柠条根际物种多样性的关系

Table 5 The relationship between ecological environment and species diversity of *Caragana rhizosphere* environment in different regions

序号 No.	地区 Area	年均气温 Average annual temperature ℃	年降水量 Annual precipitation mm	年均日 照时数 Average annual sunshine duration//h	柠条根际 <i>Caragana korshinskii</i> rhizosphere		对照区 Control area	
					植物种类 Plant species	优势科 Dominant families	植物种类 Plant species	优势科 Dominant families
1	凉城县	6.1	409.6	2 913.3	11 种 6 科	菊科	9 种 7 科	菊科、禾本科
2	乌拉特前旗	7.1	215.0	3 202.5	6 种 5 科	菊科	6 种 5 科	禾本科
3	翁牛特旗	6.3	353.0	2 850.0~3 000.0	11 种 9 科	禾本科	5 种 4 科	禾本科
4	四子王旗	4.0	315.2	3 126	19 种 13 科	菊科	8 种 7 科	禾本科

旱环境条件,无论是柠条根际还是对照区植物种类都较少,均为 6 种 5 科;柠条根际优势科为菊科,而对照区的优势科则为耐旱的禾本科。四子王旗的年均气温为 4.0 ℃,明显低于其他地区,但其降水量相对充沛(315.2 mm),年均日照时数适宜,因此柠条根际环境下适应性强、喜凉爽、较耐寒的菊

比 4 个地区生态环境及其植物种类发现,年均日照时数、年均降水量与年均气温对柠条区域物种的多样性均有影响。

由表 5 可知,凉城县和翁牛特旗柠条根际环境的植物均为 11 种,优势植物分别为菊科和禾本科,对照区植物分别为 9 和 5 种,优势科,与柠条根际相同。翁牛特旗柠条根际环境的禾本科为优势科,主要原因是牛筋草较多,这可能是由于牛筋草根系发达,可以吸收更多的养分和水分,而柠条对水分的固定作用,更有利于牛筋草的生长繁殖。柠条根际植物种类数相同,这可能是由于 2 个地区年均气温仅相差 0.2 ℃,年均日照时数也比较相近,年均降水量相差不大(50 mm 左右)。这说明相近的生态环境使得柠条根际环境下的植物多样性也相近,对于降水量相对较少地区的优势科则从菊科变为禾本科。乌拉特前旗年均降水量为 215 mm,明显低于其他地区,而年均气温 7.1 ℃,均高于其他地区气温,这样的干

科植物逐渐成为优势种,而其对对照区无柠条的遮光以及对水的固定,只有耐旱、适应性强的禾本科植物马唐生长量较多,其他科植物相对较少。因其湿润的气候,该地区柠条区域的物种多样性最为丰富,达 19 种 13 科。

- [2] 张超兰,徐建民.外源营养物质对表征土壤质量的生物学指标的影响[J].广西农业生物科学,2004,23(1):81-85.
- [3] 吴建峰,林先贵.土壤微生物在促进植物生长方面的作用[J].土壤,2003,35(1):18-21.
- [4] 刘宁,何红波,解宏图,等.土壤中木质素的研究进展[J].土壤通报,2011,42(4):991-996.
- [5] 金永灿.工业木质素的开发利用[J].林业科技开发,2002,16(3):9-10.
- [6] 孙桂芳,金继运,石元亮.腐殖酸和改性木质素对土壤磷有效性影响的研究进展[J].土壤通报,2011,42(4):1003-1009.
- [7] 朱兆华,王德汉,廖宗文,等.改性造纸黑液木质素——氨基化木质素(AOL)作为缓释氮肥的肥效研究[J].农业环境保护,2001,20(2):98-100,119.
- [8] WU Y C, DING Q M, ZHU Q H, et al. Contributions of ryegrass, lignin and rhamnolipid to polycyclic aromatic hydrocarbon dissipation in an arable soil [J]. Soil biology and biochemistry, 2018, 118: 27-34.
- [9] 张野,何铁光,何永群,等.农业废弃物资源化利用现状概述[J].农业研究与应用,2014(3):64-67,72.
- [10] 梁国治,李广学,孙文娟.木质素在农业中的研究进展[J].应用化工,2006,35(1):1-3,6.
- [11] FROSSARD A, GERULL L, MUTZ M, et al. Disconnect of microbial structure and function: Enzyme activities and bacterial communities in nascent stream corridors [J]. The ISME Journal, 2012, 6(3): 680-691.
- [12] BORNEMAN J, HARTIN R J. PCR primers that amplify fungal rRNA genes from environmental samples [J]. Applied and environmental microbiology, 2000, 66(10): 4356-4360.
- [13] 张杰. 秸秆、木质素及生物炭对土壤有机碳氮和微生物多样性的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [14] SUN J, WANG Q Z, JIANG Y, et al. Genome editing and transcriptional repression in *Pseudomonas putida* KT2440 via the type II CRISPR system [J]. Microbial cell factories, 2018, 17(1): 1-17.
- [15] HUANG X F, SANTHANAM N, BADRI D V, et al. Isolation and characterization of lignin-degrading bacteria from rainforest soils [J]. Biotechnology and bioengineering, 2013, 110(6): 1616-1626.
- [16] ZHU D C, ZHANG P P, XIE C X, et al. Biodegradation of alkaline lignin by *Bacillus ligniniphilus* L1 [J]. Biotechnology for biofuels, 2017, 10(1): 1-14.
- [17] KALYUZHAYAYA M G, HRISTOVA K R, LIDSTROM M E, et al. Characterization of a novel methanol dehydrogenase in representatives of Burkholderiales: implications for environmental detection of methylotrophy and evidence for convergent evolution [J]. Journal of bacteriology, 2008, 190(11): 3817-3823.
- [18] 付春霞,付云霞,邱忠平,等.木质素生物降解的研究进展[J].浙江农业学报,2014,26(4):1139-1144.
- [19] 晁红军,宋修鹏,孙继华,等.甲基营养菌的研究进展[J].微生物学通报,2009,36(11):1727-1737.
- [20] 梁从颖,林璐.环境微生物介导的木质素代谢及其资源化利用研究进展[J].微生物学通报,2020,47(10):3380-3392.
- [21] CAPELARI M, ZADRIZIL F. Lignin degradation and *in vitro* digestibility of wheat straw treated with Brazilian tropical species of white rot fungi [J]. Folia microbiologica, 1997, 42(5): 481-487.
- [22] ABBOTT T P, WICKLOW D T. Degradation of lignin by *Cyathus* species [J]. Applied and environmental microbiology, 1984, 47(3): 585-587.
- [23] KAMIMURA N, TAKAHASHI K, MORI K, et al. Bacterial catabolism of lignin-derived aromatics: New findings in a recent decade: Update on bacterial lignin catabolism [J]. Environmental microbiology reports, 2017, 9(6): 679-705.
- [24] BLUM U. Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions [J]. Journal of chemical ecology, 1998, 24(4): 685-708.
- [25] 王闯,徐公义,葛长城,等.酚酸类物质和植物连作障碍的研究进展[J].北方园艺,2009(3):134-137.
- [26] 尹洪林,谢越.酚酸类物质导致植物连作障碍的研究进展[J].安徽农业科学,2011,39(34):20977-20978,20985.
- [27] 刘晓珍,肖逸,戴传超.盐城药用菊花连作障碍形成原因初步研究[J].土壤,2012,44(6):1035-1040.

(上接第155页)

3 讨论

分析发现4个地区基本上都有一个共同特征:柠条根际环境内的禾本科植物数量与种类比对照区少,而菊科植物的数量与种类比对照区多(翁牛特旗除外)。樊如月等^[2]研究柠条林分密度对林带间草本群落的影响,结果发现随着柠条林分密度的增加,各样地林带间草本层群落植被组成种类逐渐减少,但旱生植物的种类及其占比逐渐增加。而该试验所选取的柠条样地区域中的柠条林密度间距适中,故与上述研究柠条林密度大旱生植物成为优势种并不冲突。秦树高^[3]通过对柠条林草带状复合系统地下竞争关系的研究发现,柠条灌丛的遮阴作用可以促进一些植物在林冠下的分布和生长,但林冠外植被分布状况可能更多地受到林草地下竞争的影响。该研究中,翁牛特旗和四子王旗的柠条根际植物除优势种外,均增加了对照区所缺少的多种植物,这与秦树高^[3]的研究结果一致,柠条根际保水性好,灌丛阻挡了阳光直射从而更有利于这些植物的生长,而对照区由于没有柠条的固水和遮阴,一些喜阴、喜水的植物则不能生长。乌拉特前旗柠条根际的植物种类在4个地区中最少,这可能与其生态环境有关。4个地区中乌拉特前旗年均气温和年日照时数均最高,但降水量最低,这就使整个地区处于干旱环境下。柠条在干旱环境下植株矮小、茎秆细、叶片细小,起不到很好的遮阴作用,因此使该地区柠条区域的物种多样性明显低于他地区。且在此环境下柠条将大量水分固于其根部,优先供给自身的生长,造成林草

地下竞争关系,使其土表水含量低于其对照区,其对照区各科植物的生长量较柠条根际环境内的植物生长量高。

4 结论

(1)不同地区不同的生态环境影响柠条根际环境的植物多样性,年均气温、年均降水量均对植物多样性具有显著的影响。

(2)4个地区的柠条根际环境的优势种多为菊科植物,而对照区的优势种则多为禾本科植物。

参考文献

- [1] 牛西午.柠条生物学特性研究[J].华北农学报,1998,13(4):122-129.
- [2] 樊如月,李青丰,贺一鸣,等.柠条林分密度对林带间草本群落的影响[J].干旱区资源与环境,2019,33(2):177-182.
- [3] 秦树高.柠条林草带状复合系统地下竞争关系研究[D].北京:北京林业大学,2011.
- [4] 李志熙.毛乌素沙地高等植被调查与研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [5] 毕建琦.陕北黄土丘陵区柠条生理生态特征研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [6] 陈海英.近30年凉城县气候变化特征分析[J].科技资讯,2019,17(18):88,90.
- [7] 吴新胜,刘慧,徐俊琴.乌拉特前旗旱情现状分析及抗旱方案实施[J].内蒙古水利,2007(3):50-52.
- [8] 柳本立,张巍.1957—2014年翁牛特旗气候要素和沙丘活化指数的变化[J].水土保持通报,2017,37(1):270-273,280.
- [9] 王红梅,骆永明.内蒙古翁牛特旗46年气候变化规律分析[J].干旱区资源与环境,2015,19(6):58-61.
- [10] 邹纯丽.四子王旗近30年气候特征分析[J].时代农机,2018,45(1):192.
- [11] 武艳萍,潘学标.四子王旗生物气候资源及其变异分析[J].干旱区资源与环境,2005,19(1):126-130.