

北川河流域中国沙棘的分布、组成与群落学特征

郑佳丽, 胡建忠

(北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘 要: 位于黄河上游的北川河流域, 区内海拔高度 2 300~ 3 600 m 的范围内, 分布着各种类型的中国沙棘林分。其中, 青海云杉+ 中国沙棘、白桦+ 中国沙棘这 2 种自然林分类型, 适宜在海拔 2 700~ 3 000 m 之间的脑山区仿建; 华北落叶松+ 中国沙棘、青杨+ 中国沙棘这 2 种人工混交类型, 适宜在海拔 2 700 m 以下的浅山区阴坡、半阴坡布设; 而中国沙棘纯林及林草复合类型, 在脑山区及浅山区的阴坡、半阴坡, 均易于人工仿建; 海拔 3 000 m 以上高寒山区, 属于中国沙棘林分的封禁管护范围。中国沙棘各类林分在演替过程中, 随着林分郁闭度增高, 林下植物种类不仅由阳性、中生向耐荫逐步发展过渡, 而且种类数量随着郁闭过程也在不断减少, 丰富度指数呈现着“小- 大- 小”的变化历程, 而优势度指数恰好相反, 为“大- 小- 大”的过程。北川河流域植被演替趋势是达到当地顶级群落- 青海云杉- 藓类林。生产实践中应科学仿拟中国沙棘林的自然分布模式, 充分发挥各类中国沙棘林分多方面的生态经济功能。

关键词: 分布; 林分组成; 群落特征; 中国沙棘; 北川河流域

中图分类号: S793. 6; S718. 54

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0055-05

Distribution, Composition and Community Characteristics of *Hippophae Rhamnoides* ssp. *Sinensis* in Beichuanhe Basin

ZHENG Jia-li, HU Jian-zhong

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing 100083, China)

**Abstract:** There exist a lot of natural seabuckthorn stands in an altitude extent from 2 300 to 3 600 m in the Beichuanhe basin, which is located on the upper reaches of the Yellow River. *Picea crassifolia* + *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*, *Betula platyphylla* + *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*, are two kinds of good mixed native stands for imitation of rehabilitation in high mountains of the elevation from 2 700 to 3 000 m, while two kinds of good artificial stands, that is, *Larix principis-rupprechtii* + *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*, *Populus cathayana* + *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*, from more than 40 years practice, are suitable to afforest in the shady and semi-shady slopes of the low mountains with an elevation under 2 700 m. Pure seabuckthorn stands and mixed types of seabuckthorn forests and herbages, are eligible for high mountains and semi-shady and shady slopes in the low mountains. In the areas of more than 3 000 m altitude, the natural seabuckthorn bushes should be mainly protected according to the concerning laws. On the process of succession, the kinds of plant species not only change from intolerant, moderate to shade-tolerant species, but the number of the species gradually decrease as the stands grow and canopy coverage increase, with the Gleason richness presenting from small to large then small again along with the growth of seabuckthorn going on, and the Simpson dominance index presenting a contrary process. The succession trends in the areas are to get to the climax community of *Picea crassifolia* + moss forest. The multiple eco-economic function of different seabuckthorn stands can be reached after a suitable allocation, scientific management and technology utilization based on the principle of imitating native seabuckthorn forests.

**Key words:** distribution; stand composition; community characteristics; *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*; the Beichuanhe basin

生态环境是人类赖以生存和发展的基础。改善和保护生态环境, 实施可持续发展战略, 是中国的一项基本国策<sup>[1]</sup>。黄河上游地区自然条件严酷, 生态环境脆弱, 保护生态环境的难度很大, 加之人们的生态意识淡薄, 生态建设投入严重不足, 从整体上看该地区的生态环境呈不断恶化的趋势。党中央、国务院提出西部大开发战略, 并以天然林保护工程、退耕还林还草工程、三北防护林建设工程以及防沙治沙工程为

主的生态环境建设, 作为实施西部大开发战略的重要组成部分和核心建设内容<sup>[2]</sup>。植被恢复重建是黄河上游地区生态环境建设的当务之急, 直接关系到该地区几百万人民生存发展的大问题, 及下游黄河的防洪减灾问题, 事关重大。

退耕地是一个残缺的退化生态系统, 最明显的标志是植被稀少、土壤退化、侵蚀严重。要恢复植被, 必须确保更新资源的持续存在和确保自然生态系统的动态平衡。生态恢复

过程一般是由人工设计和进行的,并是在生态系统层次上进行的<sup>[3]</sup>。生态恢复重建的主要材料是植物。中国沙棘(*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*)是黄河上游、北川河流域地区的重要造林材料,但在这一地区有关中国沙棘林分的分布、类型及群落学特征等方面的研究还较少<sup>[4,5]</sup>。为了更好地指导生产实践,有必要在这些方面开展一些研究,为各项生态建设的实施提供科学依据。

1 自然概况

北川河流域系黄河的二级支流,在青海省大通县境内的面积为 3 009 km<sup>2</sup>,地处祁连山地与黄土高原的过渡地带。介于东经 100°51′~101°56′、北纬 36°43′~37°23′之间,海拔 2 280~4 622 m。年日照时数 2 605 h,平均气温 2.8℃,无霜期 70~120 d,降水量 508 mm,蒸发量 1 290 mm,湿润指数 0.56~1.32,属大陆性气候。地貌类型按海拔从低至高,依次有川水区、浅山区、脑山区 3 大类型。主要土类有高山石质土、高山草甸土、山地棕褐土、黑钙土、栗钙土、潮砂土、垫淤土、沼泽土等。森林植被属寒温性常绿针叶林类型及落叶阔叶林类型等,其分布状况不但有明显的坡向性,而且还有明显的垂直地带性。

2 材料与方法

供试材料主要为北川河流域大通县境内的中国沙棘纯林和混交林分,包括天然次生林、人工林(包括退耕地人工林)。调查方法包括线路调查法<sup>[6]</sup>和标准地法<sup>[7]</sup>。线路调查法是对沙棘分布总体特征的调查,并为标准地法奠定基础。标准地法主要是对重要中国沙棘类型调查其有关群落学特征。

2.1 线路调查法

线路调查法是根据收集资料、访问、踏查到的知识,初步熟悉、掌握调查区内中国沙棘林分的组成、结构、分布特点;拟定工作计划和确定调查线路;进行线路调查。线路调查时,参考了有关图面 and 卫片资料,沿植被分布自然环境有规律变化的方向,并尽可能地通过了各种群落类型。每一坡面一般设线路 1~2 条。

2.2 标准地法

标准地法是对重要的中国沙棘林分类型,根据地形等限制因子情况,设置 10 m×20 m 或 20 m×20 m 标准地,详细记载测定各有关立地、林分、群落和土壤等因子,并在标准地内设立 5 个 3 m×3 m 的样方,调查有关群落学特征。

2.3 群落学指数计算方法

群落学指数的指标及计算方法很多<sup>[8,9,10]</sup>,本文根据研究区域及中国沙棘的生长分布特征,选用了 4 个有代表性的指标:

(1) Gleason 丰富度指数:这一指数消除了因调查面积不同产生的差异,便于群落和地区之间的比较;同时,各层次物种多样性指数之间可以相加后,可用于反映群落总体多样性。

$$I = S / \ln A$$

式中: S ——物种总数, A ——样地面积。

(2) Simpson 优势度指数:反映群落中种的丰富度的均匀程度,应用最为普遍。

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

式中: P<sub>i</sub> ——样地中各植物种的相对重要值(用小数表示)。

(3) Shannon-Weiner 多样性指数:反映群落中种的个体出现的不确定程度,也受到普遍应用。

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中: P<sub>i</sub> 含义同前。

(4) Pielou 均匀性指数:反映群落中种分布的均匀程度。

$$E = H / \ln S$$

式中: H ——Shannon-Weiner 多样性指数, S 为物种总数

3 结果与分析

中国沙棘适应性强,分布区域广,生态幅度较宽,常以建群种、共建种或林下种组成群落,形成具有不同层次、不同组合的植物群落类型。

3.1 中国沙棘的地域分布特征

北川河流域天然中国沙棘分布区,主要包括高寒半湿润气候型(脑山区)和半干旱气候型(浅山区)。天然分布区年平均气温 -4.2~ -5.7℃,1 月平均气温 -8.4~ -17.5℃,历年极端最低气温 -26.6~ -35.7℃,7 月平均气温 7.5~17.2℃,日平均气温 ≥5℃的活动积温为 430.7~2 580.8℃,年降水量为 368.2~764.4 mm,但季节变化大,降水主要集中在雨季(6~8 月)。林下土壤主要有碳酸盐灰褐土、厚层沙质冲积土和厚层沙质草甸土。

天然沙棘林多见于山地(阴、阳坡)、山麓、河漫滩、低阶地和洪积扇等处,除形成较大面积的纯林群落外,还与当地分布主要乔木树种形成各种混交类型。大通县有各类沙棘林 2 万多 hm<sup>2</sup>,其中各类混交林占 93%;如按林龄分布来看,11~25 a 的中龄林占总面积的一半;雌雄株比例约 1:1 左右,水平方向呈大小不等的块状分布<sup>[11]</sup>。

从垂直分布来看,北川河流域海拔 2 300~3 600 m 的范围内均有中国沙棘分布,并集中分布在海拔 2 700~3 300 m 之间的山地及河谷川地,占总面积的 90% 以上,是这一地带灌木林中的主要树种。海拔 3 300 m 以上分布逐渐稀少,只与其它灌木零星混生,且生长不良。海拔从 2 700 m 以下升高到 3 300 m,中国沙棘平均覆盖度则从 70% 降至 15%,其中在 3 000~3 100 m 的海拔范围内平均覆盖度为 32%。高海拔地区(3 000 m 以上)立地条件较好的河滩及沟谷,中国沙棘覆盖度可达 40% 以上,生长良好。海拔 2 700 m 左右应是中国沙棘坡向分布的制约线,在此海拔以下中国沙棘主要分布或适宜栽植在阴坡或半阴坡<sup>[12]</sup>。北川河流域中国沙棘的适生类型区主要有:

iv 区:海拔 2 700 m 以下山地阴坡、半阴坡,为主要依靠人力开展植被恢复的类型区;

㊦区:海拔 3 000~3 100 m 河滩、沟谷,为主要依靠自然力开展植被恢复的类型区;

㊧区:海拔 2 700~3 000 m 山地各种坡向,为依靠人力 + 自然力开展植被恢复的类型区;

㊨区:海拔 3 000~3 300 m 山地各种坡向,为免人畜干扰的植被全面封禁类型区。

上述 4 种分布类型内, iv、㊦、㊧区是中国沙棘主要天然分布及人工造林的最佳立地类型;第 ㊨区只能进行长期封育,特别是对现已成林的中国沙棘林封禁限采,保护资源。

中国沙棘人工林在浅山区、脑山区皆占有相当面积,以纯林、乔灌混交林和林草复合类型为主,人工种植区土壤主要为栗钙土。

3.2 中国沙棘不同林分类型的组成

下面分别天然林分 and 人工林分 2 大类型,介绍北川河流域中国沙棘不同类型的组成情况。

3.2.1 中国沙棘天然林分类型的组成

在自然环境中,中国沙棘主要以种子迁移,并在定居之后,通过根蘖繁殖方式迅速扩大地盘,形成浑圆状的外貌。

如果种子迁移在次生林的干扰斑块处,则形成与乔木的块状混交类型。在中国沙棘林分老化现象发生—即出现自然稀疏后,往往会随着山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、红桦(*Betula albo-sinensis*)等次生树种的侵入也形成乔灌木混交林。

(1) 青海云杉+ 中国沙棘混交林。该林型一般位于青海云杉(*Picea crassifolia*)林缘处,原有青海云杉林在高强度采伐,或经过自然因素(火灾、病虫害等)或人为破坏后,中国沙棘入侵后所自然形成。调查区青海云杉林龄多在50 a以上,郁闭度0.7~0.8,树高15~20 m,胸径25~30 cm。

中国沙棘高2~4 m左右,并与其他灌木一起夹杂分布在林间,形成第二层次。其他主要灌木还有秦岭小檗(*Berberis circumsterrata*)、扁刺蔷薇(*Rosa sweginowii*)、短叶锦鸡儿(*Caragana brevifolia*)、峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、红脉忍冬(*Lonicera syringantha*)、灰栒子(*Contoneaster acutifolius*)、蒙古绣线菊(*Spiraea mongolica*)、陕甘花楸(*Sorbus koehneana*)、八宝茶(*Euonymus przewalskii*)、五裂叶茶藨子(*Ribes pulchellum*)、毛樱桃(*Cerasus tomentosa*)、银露梅(*Potentilla glabra*)等,灌木盖度20%左右。

草本植物有祁连苔草(*Carex allivescens*)、东方草莓(*Fragaria orientalis*)、掌叶蕺菜(*Ligularia przewalskii*)、高乌头(*Aconitum sinomontanum*)、升麻(*Cimicifuga foetida*)、川赤芍(*Paeonia veitchii*)、荇子蕨(*Triosteum pinatifidum*)、草麻黄(*Ephedra sinica*)、林生凤毛菊(*Saussurea sylvatica*)、轮叶黄精(*Polygonatum verticillatum*)、粗野马先蒿(*Pedicularis rudis*)、贝加尔唐松草(*Thalictrum bicalense*)、驴蹄草(*Caltha palustris*)等,草本植物盖度小于10%。

这一类型在干扰撤除相当长时期后,应该会继续向当地顶极群落—青海云杉—藓类林过渡。

(2) 山杨+ 中国沙棘混交林。一般位于山坡下部各坡向和中上部的半阴半阳坡。在山下部的海拔高度为2 000~2 700 m,坡度30°~40°。林地干燥,土壤肥力较差。林木组成主要为山杨,亦有少量白桦、红桦散生其间。林相单纯,比较稀疏,郁闭度0.4~0.6,林龄25~45,树高8~12 m,胸径8~14 cm。中上部坡位处,坡度较陡,生境恶劣,林木生长缓慢,易遭风倒、雪压,枯倒木较多。

以中国沙棘为主的灌木层总盖度为50%~70%,树高2~3 m,位居第二层,其他种类还有灰栒子、短叶锦鸡儿、银露梅、秦岭小檗(*Berberis circumsterrata*)等。

草本层盖度30%~50%,主要有披针叶苔草、光叶黄华(*Thermopsis licentiana*)、乳白香青(*Anaphalis lactea*)、芸香唐松草(*Thalictrum rutifolium*)、长柄唐松草(*Thalictrum przewalskii*)、川赤芍、茜草(*Rubia cordifolia*)、高山金挖耳(*Carpesium lipskyi*)、密毛白莲蒿(*Artemisia sacrorum*)、华榭廐(*Drynaria sinica*)、假苇拂子茅(*Calamagrostis pseudophragmites*)、长柱沙参(*Adenophora stenanthina*)等。层间植物有大瓣铁线莲(*Clematis macropetala*)。

(3) 白桦+ 中国沙棘混交林。这种类型分布较为广泛,基本上与前述山杨+ 中国沙棘分布状况相同,为一种十分重要的自然群落类型。白桦林龄30~50 a,郁闭度0.8,树高7 m,胸径9 cm。中国沙棘高2~3 m,灌木层树种还有峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、刚毛忍冬(*Lonicera hispida*)、高山绣线菊(*Spiraea alpina*)、灰栒子、山生柳(*Salix oritrepha*)、八宝茶等,盖度达40%~60%;草本层植物主要由珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、祁连苔草、东方草莓、甘青老鹳草(*Gera-*

*ranium pylzowianum*)、大通黄芪(*Astragalus datunensis*)、贝加尔唐松草、草麻黄、驴蹄草组成,盖度25%~40%。

(4) 中国沙棘+ 灌木混交林。中国沙棘灌木林通常分为2层,即灌木层和草本层。灌木层以中国沙棘占绝对优势,伴生种类较少,常见的有水栒子(*Contoneaster multiflorus*)、三春水柏枝(*Myricaria paniculata*)、匍匐栒子(*Contoneaster adpressus*)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、银露梅、乌柳(*Salix cheilophila*)、红花忍冬(*Lonicera syringantha*)、短叶锦鸡儿、狭果茶藨子(*Ribes stenocarpum*)、秦岭小檗等。除了乌柳高出灌木层外,其他大都与中国沙棘同层,建群种高度多为2~4 m,灌木层盖度多为60%~90%。

草本层的组成种类、高度、盖度不仅因地区而异,而且在河漫滩与山地上也不相同。总的优点是优势种不明显,常见种主要有甘露子(*Stachys sieboldii*)、鼬瓣花(*Galeopsis bifida*)、瓣蕊唐松草(*Thalictrum petaloideum*)、茜草、荠菜(*Capsella bursa-pastoris*)、肉果草(*Lancea tibetica*)、驴蹄草、糙苏(*Phlomis dentosa*)、麻叶荨麻(*Urtica cannabina*)、东方草莓、白莲蒿(*Artemisia sacrorum*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)、高原早熟禾(*Poa alpigena*)、车前草(*Plantago asiatica*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、高山毛茛(*Ranunculus tanguticus*)等,高度一般在20~60 cm,盖度40%~60%。

在少数地段上,由于立地条件较好,中国沙棘常长成小乔木状,高4~5 m,从而形成了小乔林—灌木—草本3个层次。

### 3.2.2 主要人工林分类型

在北川河流域,中国沙棘属于速生灌木树种,一般造林后4~6年即可郁闭成林,形成高2 m以上的林分,由于成林速度快,在生产实践中为浅山区、脑山区营造水源涵养林、水土保持林的主栽及伴生树种。目前所存人工林分类型,按照仿拟自然林分的理论建设,主要分布于荒坡、荒沟、荒滩及退耕地。因此,许多人工林分与天然林分名称相同。

(1) 青海云杉+ 中国沙棘混交林。这种混交类型多以行状、带状或块状为主要混交方式,是充分发挥中国沙棘改土、辅佐、补空作用的一种类型。多见于脑山区荒坡及退耕地的植被仿建。

低位脑山阴缓斜坡立地类型退耕地27a青海云杉林,平均高6.8 m,胸径9.1 cm,蓄积206 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,郁闭度达到0.8。中国沙棘独立形成林下第二层次,高1.5~2.5 m,盖度30%左右。草本层植物主要有草麻黄、林生凤毛菊、甘青老鹳草、祁连苔草、草地早熟禾(*Poa pratensis*)、箭叶囊吾(*Ligularia sagitta*)、东方草莓、肉果草(*Lancea tibetica*)等,盖度40%左右。随着青海云杉林分郁闭度增大,中国沙棘植株下部逐渐枯死,完成其辅佐任务,多被人工伐除,作为薪柴之用。

(2) 华北落叶松+ 中国沙棘混交林。华北落叶松(*Larix Principis-rupprechii*)为外来树种,于1957年开始在大通县引种试验,浅山区、脑山区各种荒坡及退耕地造林颇多,现已成为当地人工造林的重要树种。华北落叶松人工林的组成结构比较简单,多为单层纯林或与中国沙棘的乔灌木混交林。

位于低位脑山阴缓斜坡立地类型的退耕地,与中国沙棘混交的华北落叶松人工林,18 a生高6.7 m,胸径7 cm,郁闭度0.8,蓄积49 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。林下主要灌木除中国沙棘这一混交树种而外,还有自然混入的峨眉蔷薇、直穗小檗(*Berberis dasystachya*)、金露梅等灌木,珠芽蓼、东方草莓、掌叶蕺菜、茜草、驴蹄草、祁连苔草、鼬瓣花、薄蒴草(*Leprodiclis holosteoides*)、重瓣紫菀(*Aster diplostephioides*)、高原天名精(*Carpesium lipskyi*)、高山绣线菊、甘青老鹳草、箭叶囊吾、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)、微孔草(*Microula sikkimensis*)、小

蓟(*Cephalanoplos segetum*)、草麻黄、高原早熟禾、乳白香青等草本植物,盖度 40% 左右。

(3) 白桦+ 中国沙棘混交林。多见于浅山区阴坡、脑山区各种坡向的荒坡及退耕地。白桦+ 中国沙棘带状混交或行间混交类型,利用了中国沙棘生长快、固氮作用强的特点,很好地促进了白桦生长,成林速度较快。

在低位脑山阴缓斜坡立地类型的退耕地,与中国沙棘进行株间混交的白桦人工林,23 a 生高 8.5 m,胸径 8.7 cm,郁闭度 0.6,蓄积 73 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。中国沙棘平均高 3.9 m,地径 6.1 cm,盖度 35%。草本层盖度 50%,主要草本植物有林生风毛菊、草麻黄、甘青老鹳草、唐古特报春(*Primula tangutica*)、猪殃殃(*Galium aparine*)、箭叶橐吾、甘露子、草地早熟禾、匙叶小檗(*Berberis vernae*)、微孔草、糙苏、掌叶橐吾、三角叶蟹甲草(*Cacalia deltophyllus*)、高原天名精、驴蹄草等。

(4) 青杨+ 中国沙棘混交林。青杨在北川河流域栽培历史悠久,生长稳定,是川水区农田林网、四旁植树以及小片丰产林的主要树种,在浅山地区和部分河滩地,青杨+ 中国沙棘混交林是常见的一种混交形式,且各生长指标均优于青杨纯林,病虫害率和枯稍率也少<sup>[13]</sup>。脑山区也常用于退耕地造林。

中位脑山阳坡立地类型 22 a 青杨+ 中国沙棘人工林,青杨平均高 8.2 m,胸径 11.2 cm,郁闭度 0.7,蓄积 95 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。中国沙棘平均高 1.5 m,地径 3 cm,盖度 20%。草本层盖度 45%,主要草本植物有垂穗披碱草、无芒雀麦(*Bromus inermis*)、草地早熟禾、花锚(*Halenia corniculata*)、甘青老鹳草、抱茎獐牙菜(*Swertia franchetiana*)、甘肃米口袋(*Gueldenstaedtia diversifolia*)、甘肃马先蒿(*Pedicularis kansuensis*)、高原毛茛(*Ranunculus tanguticus*)、异叶青兰(*Dracocephalum heterophyllum*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、旋覆花(*Inula japonica*)、野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*)、车前草、乳白香青、湿生扁蕾(*Gentianopsis paludosa*)、大通黄芪、天然苜蓿(*Medicago lupulina*)、微孔草、箭叶橐吾、分裂唐古草、星舌紫菀(*Aster asteroides*)、二色棘豆(*Oxytropis bicolor*)等。

表 1 北川河流域不同类型中国沙棘林分的群落学特征

项目	QH8113	QH8091	QH7192	QH8111	QH8121	QH8041	QH8093
主要植物种类	青海云杉+ 中国沙棘	青海云杉+ 中国沙棘	华北落叶松+ 中国沙棘	白桦+ 中国沙棘	青杨+ 中国沙棘	中国沙棘	
中国沙棘地类	退耕还林地	退耕还林地	退耕还林地	退耕还林地	退耕还林地	天然灌丛地	退耕还林地
立地条件类型	低位脑山阴缓斜坡	低位脑山阴缓斜坡	低位脑山阳坡	低位脑山阴缓斜坡	中位脑山阳坡	低位脑山阴陡坡	低位脑山阴缓斜坡
退(弃)耕年限	13	27	17	23	22	30	10
丰富度指数	6.881	5.926	8.411	10.897	15.626	15.533	16.155
优势度指数	2.169	1.124	1.121	1.093	1.564	0.296	0.078
多样性指数	2.022	2.134	2.304	2.560	3.541	2.988	2.860
均匀度指数	2.755	2.939	2.770	2.761	2.425	1.000	1.671

表 1 为北川河流域几种中国沙棘混交类型的群落学特征。从丰富度指数来看,中国沙棘天然灌丛为 15.533,人工林为 16.155,普遍高于其他乔灌混交林分;从混交林分来看,阔叶树混交类型丰富度指数为 10.897~ 15.626,又高于针叶树混交类型的 5.926~ 8.411。处于演替初级阶段的中国沙棘灌丛,组成部分多为抗逆性强的阳性植物类型,林分垂直高度小,林分内光照较为充足,适宜分布的植物种类较多,丰富度指数高于乔灌混交林。阔叶树混交类型多为粗枝大叶,透光情况稍好,可以容纳的喜光植物及中生植物较多,丰富度指数又高于针叶树类型。

从优势度指数来看,恰好与丰富度指数相反,针叶树混交类型最高(1.121~ 2.169);其次为阔叶树混交类型(1.093~ 1.564,后一值为青杨+ 中国沙棘混交林,其值稍高);中国

(5) 中国沙棘纯林。多见于坡度较陡的浅山区阴向荒坡和退耕地,以及脑山区各种立地条件类型。低位脑山阴缓斜坡立地类型退耕地中布设的中国沙棘纯林,密度 6 500 株/hm<sup>2</sup>,平均高 2.5 m,地径 4.5 cm,盖度 90% 以上。林下草本植物种类虽然较多,有鼬瓣花、箭叶橐吾、大拟鼻花马苣蒿(*Pedicularis rhinanthoides*)、花锚、高原天名精、微孔草、蓬子菜(*Galium verum*)、鹅绒萎陵菜、草地早熟禾、飞廉(*Carduus crispus*)、糙苏、荨麻、草麻黄、茜草、葶苈、林生风毛菊、湿生扁蕾、东方草莓、驴蹄草、甘露子、雀麦、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、灰藜菜(*Chenopodium glaucum*)等 20 多种,但覆盖度较低,在 10% 以下。

(6) 中国沙棘林+ 牧草复合类型:为近年来退耕还林还草工程常用的一种类型,多见于浅山区阴坡、脑山区各种立地条件类型的退耕地,并以窄林带(1 m)、宽草带(5 m)的“宽窄行”造林模式布设,牧草种主要有紫花苜蓿(*Medicago setiva*)、白花草木樨(*Melilotus albus*)、黄花草木樨(*Melilotus officinalis*)、牧场草(*Bromus biebersteinii*)等。脑山区退耕中还用中国沙棘建立护牧林,中国沙棘护牧林宽 1~ 2 m,成密植篱状,顺等高线布设;人工放牧场宽 10~ 20 m,辅助于人工补播牧场草、垂穗披碱草、紫花苜蓿等优良草种的草场改良措施。

纵观上述中国沙棘天然、人工林分下的植物种类,目前尚未发现较为明显的种间联结现象,植物之间并没有必然的联系性,而林下植物类型一般更与所处地理位置的自然植被较为接近。中国沙棘林分特别是在间联结现象,还有待今后继续研究。

3.3 中国沙棘林分的群落学特征

沙棘属植物(*Hippophae* genus)可能起源于东喜马拉雅山至横断山脉的中高海拔地段,其原始类群是一类喜水、耐大气干旱、耐寒、喜沙壤性土的阳性落叶树种,是温带森林草原过渡带的成员;低光照、高气温,或过低的降水量等都会成为沙棘属植物分布的限制因子<sup>[14]</sup>。中国沙棘在其分布区内,往往作为火烧迹地、森林采伐迹地的先锋树种,形成单一群落;而随着演替过程的进行,森林的逐步恢复,特别是在光照不足时,中国沙棘便迅速衰退,完成其历史使命。

沙棘灌丛最低,为 0.078~ 0.296。表 1 中多为退耕地人工林分类型,定植株行距较为均一,同时由于针叶树类型的丰富度较低,因此,优势度高不难理解。而中国沙棘灌丛定植后萌蘖能力强,加之植物种类多,从而形成优势度较小的局面。多样性指数除青杨+ 中国沙棘混交林达 3.541 外,其余总体趋势与丰富度指数相同,亦即中国沙棘灌丛较高,达 2.860~ 2.988;阔叶树类型中等(2.560);针叶树类型最低,为 2.022~ 2.304。在各对比间,均匀度指数又与优势度指数的趋势基本相同。针叶树类型最高,达 2.755~ 2.939;阔叶树类型居中(2.425~ 2.761);中国沙棘灌丛最低,为 1.000~ 1.671。还可以看出,退耕地中的 2 种青海云杉+ 中国沙棘混交类型,在林龄从 13 a 增加到 27 a 后,丰富度指数由 6.881 下降至 5.926,表明随着林分郁闭度增高,林下植被种

类不仅由阳性、中生向耐荫逐步发展过渡,而且种类数量随着郁闭过程也在不断减少,其发展趋势是达到当地顶极群落—青海云杉—藓类林。

退耕地造林种草后,植物种类较为单一,随着时间推移,杂草、迁移能力强的先锋植物陆续抵达,植物种类逐渐增加。在群落演替系列中,物种丰富度指数最高的阶段,往往为植物群落演替的中间阶段,此时植物层次较多,一般有乔、灌、草层,甚至乔木层、灌木层均可再划分为各2个亚层,植物种类由于林分密度不高而得以剧烈增加,此时不仅有先锋阶段的残余植物,还有过渡阶段的中生植物,更有先期出现的耐荫植物。顶极阶段植被虽然与先锋阶段植被的物种多样性具有许多相似的特征,比如物种均很少等,但却存在着质的区别。先锋阶段植被多样性指数较低,但植物类型多为阳性植物,虽然抗逆性强,群落恢复力强,但处于演替的前期,抵抗力较差,因此稳定性相对较差,终究要被后期演替植物替代;而处于顶极阶段的植被,虽然多样性也较低,但多为耐荫植物,虽然遭受干扰特别是人为破坏后的恢复力很差,但此阶段群落的抵抗力最强,因此稳定性最高,能够自我维持,永续繁衍<sup>[15]</sup>。顶极阶段为耐荫植物这正是退耕还林还草工程人工仿拟的一种“模式群落”。在这一过程中,中国沙棘自始至终发挥着先锋植物覆盖地表、改良土壤以及辅佐乔木树种的作用,直至乔木树种郁闭,而“悄然”退出舞台,为北川河流域脑山区青海云杉顶极群落的形成铺平了道路。可以说,中国沙棘是北川河流域地区植物演替的“关键种”,通过她的多方面作用,促进了植物演替的顺利进展。生产实践中,应该运用这一特征,仿建多种类型的中国沙棘林分。

#### 4 结论与讨论

北川河流域位于黄河上游地区,具有十分重要的生态地位。通过仿拟自然植被,建设功能强大的林草植被,已成为三北防护林建设、退耕还林还草工程以及小流域综合治理的重要组成部分。中国沙棘是这一地区十分重要的灌木树种,本文通过对北川河流域中国沙棘的分布、林分类型及群落学特征的研究,旨在为目前正在开展的各类生态环境建设工程提供有关科学依据。研究结果表明:

(1) 北川河流域大部分地区为中国沙棘的天然分布区,从海拔2 300~3 600 m的范围内均有分布。海拔2 700 m以下的浅山区,气候干旱,土壤贫瘠,加之人口稠密,原有次生林地多被开垦为农地;这类地区的阴坡、半阴坡,可以布设中国沙棘及其混交类型。海拔3 000 m以上地区,已属高寒山区,现参考文献:

- [1] 刘江. 全国生态环境建设规划[M]. 北京: 中华工商联合出版社, 1999.
- [2] 张力小, 何英. 西部大开发退耕还林(草)的政策有效性评析[J]. 林业科学, 2002, 38(1): 130–135.
- [3] 陈昌笃. 持续发展与生态学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993.
- [4] 徐永昶, 张延明, 孟延山, 等. 祁连山区的沙棘资源及其开发利用[J]. 沙棘, 1989, (1): 10–13.
- [5] 徐永昶, 张有生, 童成金, 等. 青海省的沙棘资源[J]. 沙棘, 1993, 6(2): 1–9.
- [6] 王义弘, 李俊清, 王政权. 森林生态学实验实习方法[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990.
- [7] 林业部调查规划院. 森林调查手册[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981.
- [8] 李博. 植物群落的调查与分析[A]. 见: 姜恕. 草地生态研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1989.
- [9] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
- [10] 戈峰. 现代生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [11] 徐永昶, 张有生, 童成金, 等. 青海省的沙棘资源[J]. 沙棘, 1993, 6(2): 1–9.
- [12] 马广全, 王占林. 大通地区中国沙棘立地条件类型划分[J]. 青海农林科技, 2000, (1): 19–21.
- [13] 李宗德. 营造青杨沙棘混交林好处多[J]. 青海农林科技, 2000, (3): 42.
- [14] 廉永善, 陈学林. 沙棘属植物起源的研究[J]. 甘肃科学学报, 1991, 3(2): 13–23.
- [15] 胡建忠. 黄河上游退耕还林还草工程区植被恢复重建与可持续经营技术[R]. 博士后出站报告, 北京: 中国林业科学研究院, 2004.

存中国沙棘林面积较大,但由于寒冷的限制,如果受到破坏后的再恢复将十分艰难,因此,现阶段的主要任务是进行封禁管护。海拔2 700~3 000 m之间的脑山区,光、热、水、土资源较为理想,各种坡向均适于营建中国沙棘各类林分。

(2) 树种稀少、林种单一是北川河流域地区的一个十分显著的特征。中国沙棘主要天然林分类型有4种,人工林分类型有6种。在仿拟自然林的实践中,除山杨+中国沙棘混交林外,其余均有对应的人工林分。青海云杉+中国沙棘、白桦+中国沙棘这2种自然林分类型适宜于脑山区仿建;华北落叶松+中国沙棘、青杨+中国沙棘这2种人工类型适宜于浅山区布设;而中国沙棘纯林及林草复合类型,在脑山区及浅山区的阴坡、半阴坡,均可仿建。中国沙棘各类林分的建设,主要是对第一林层(乔木层)、第二林层(中国沙棘灌木层)的仿建,而第三层(小灌木及草本层)应顺其自然,在整地、造林过程中尽量保护好原有植被,同时通过管护促进地表植被的快速覆盖。

(3) 在森林草原地带,中国沙棘灌木林或由草本和半灌木群落演替而来,或在乔木林破坏后,作为先锋树种定居而成,然后通过不断改良生态环境,为乔木树种逐步侵入创造条件。中国沙棘为一阳性树种,其重要作用在于对各类迹地的快速占领,然后通过其改良土壤、辅佐乔木树种的作用,实现了由灌到乔,直至顶极群落的演替。中国沙棘各类林分的群落学特征数据有力地支持了这一观点。在演替序列中,随着林分郁闭度增高,林下植被种类不仅由阳性、中生向耐荫逐步发展过渡,而且种类数量也随着郁闭过程在不断减少,丰富度指数呈现着“小—大—小”的变化历程,而优势度指数恰好相反,为“大—小—大”的过程。这符合从次生裸地(如退耕地)开始,植物经历繁殖体传播、定居、群聚、竞争、反应和稳定形成群落过程中,由非生物生态环境起主导作用,逐渐转变成为生物生态环境(群落环境)起主导作用下,形成植物种类有规律组成的群落学基本规律。北川河流域脑山区植物发展趋势是达到当地顶极群落—青海云杉—藓类林。

(4) 中国沙棘灌丛在演替过程中的持续时间较长,在这个过程中同样也需要追求灌丛良好的生态经济功能,因此,人工灌丛结构的优化及经营将成为必然。中国沙棘的萌蘖能力很强,萌蘖株的群体结构与单位面积的萌蘖数相关。通过去密留疏、去小留大、去弱留强等密度调控技术,可以保证中国沙棘灌丛拥有最大生物量。与乔木进行混交的林分,在乔木基本郁闭后,可以人工疏除林下枯死中国沙棘植株,来解决群众能源问题,从而更好地发挥其多方面的生态经济功能。