北川河流域低位脑山区退耕还林的土壤效应

高国雄[1,2],周心澄[2],史常青[2],李文忠[3],李世荣[4]

(1.西北农林科技大学资环学院,陕西 杨凌 712100;2.北京林业大学水土保持学院,北京 100083;
3.北京市水科院,北京 100038;4.北京市水保总站,北京 100038)

摘 要:在青海大通县北川河流域低位脑山区选取了青海云杉(F)、华北落叶松(G)、白桦+青海云杉(H)、青海云杉+中国沙棘(J)、油菜(CK)等5种退耕还林配置模式,比较了不同配置模式对土壤理化性质的影响。结果表明:土壤总孔隙度、稳渗速率以模式F(青海云杉)的最大,分别为53.62%、6.8 mm/min;土壤结构系数以模式H(白桦+青海云杉)最大,为94.751%;土壤全N、水解N、全K、速效K平均值以模式F(青海云杉)的最高;土壤抗性指数以模式F(青海云杉)的最大,为1.652 s/g。土壤效应综合评价得分以模式F最高,表明模式F为低位脑山区退耕还林最佳配置模式。

关键词:土壤效应;退耕还林;配置模式;北川河流域;脑山区

中图分类号:S156 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2008)05-0205-07

退耕还林是一项长期、复杂的生态工程,其目的是为了恢复植被,减少水土流失,防沙治沙,改善日益恶化的生态环境,调整农村产业结构,增加农民收入。随着退耕还林工程全面实施,诸多相关理论和技术,诸如生态效益评价等,成为当今学术界研究的重点内容,如胡建忠(2004)、沈晶玉(2004)等人研究了青海大通山地退耕还林地土壤的抗冲性,张伟华(2005)、李文忠(2005)等人研究了退耕还林地土壤理化性质随时间的演变,这些研究均表明退耕还林可以改善土壤理化性质,增加土壤抗冲性,对保持水土和涵养水源有积极意义,然而对不同配置模式的评价和筛选的研究还欠缺。因此,本文以青海省大通县退耕还林不同配置模式对土壤理化性质的影响为基点,对退耕还林不同配置模式的改土效益进行了综合评价研究,筛选了优化配置模式,为科学指导当地退耕还林工程建设,提高退耕还林生态效益和加快西部生态环境改善,提供了理论依据和科学方法,对我国林业生态可持续发展,也具有重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

青海省大通县地处祁连山地与黄土高原的过渡带,介于100°51′~101°56′E、36°43′~37°23′N,海拔2 280~4 662 m。北川河由北向南贯穿大通县全境。该区属大陆性气候[1],年日照时数为2 605 h,年平均气温为2.8℃,极端最高气温为30.9℃,极端最低气温为-33.1℃,年内无霜期70~120 d,年平均降水量为508 mm,年平均蒸发量为1 290 mm,年湿润指数变化范围为0.56~1.32。主要树种有青海云杉(*Picea crassifolia*)、祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)、华北落叶松(*Larix principisrupprechii*)白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、青杨(*Populus cathayana*)、中国沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、枸杞(*Lycium chinense*),主要草本植物有垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、密生苔草(*Carex crebra*)、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserna*)、川赤芍(*Paeonia veitchii*)等[2]。其中脑山区(海拔2 700~3 200 m)阴湿多雨,气候冷凉,无霜期短,退耕地为20世纪80年代后期退耕的坡地,土壤主要是山地黑钙土及部分山地棕褐土,是陡坡耕地的主要分布区。

1.2 试验材料

试验地设在塔尔沟低位脑山区(海拔2 700~2 750 m),在立地条件相似的退耕地选择5种退耕还林(草)配置模式林地布设标准地,每个标准地面积为20×20 m²。每种模式设3个标准地,共设置15个标准地。每一模式类型的各项指标采用3个标准地相应指标的平均值。标准地基本情况详见表1。

收稿日期:2007-07-14
基金项目:国家科技攻关计划项目(2001BA510B01)
作者简介:高国雄(1969—),男,陕西清涧县人,副教授,博士,从事荒漠化防治与生态环境建设教学与研究工作。

万方数据

表1 脑山区退耕还林配置模式标准地基本情况

Table 1 The condition of different species arrangement models in different stands in remote-hill areas

模式类型 Model	主要树种 Primary plant	林龄 Year (a)	密度 Density (trees/hm²)	林分类型 Forest type	混交方式 Mixed pattern	坡度 Slope (°)	坡位 Position of slope	坡向 Aspect of slope	土层厚度 Soil thickness (cm)
F	青海云杉 *Picea crassifolia*	20	5900	纯林 Pure forest	—	18	中 Middle	阴坡 Northern slope	80
G	华北落叶松 *Larix principis rupprechii*	20	5300	纯林 Pure forest	—	20	中 Middle	阴坡 Northern slope	60
H	白桦+青海云杉 *Betula platyphylla* + *Hippophae rhamnoides*	20	1900+1900	混交林 Mixed forest	行间混交 Mixed interline	15	中 Middle	阴坡 Northern slope	75
K	青海云杉+中国沙棘 *Picea crassifolia* + *Hippophae rhamnoides*	20	3800+12000	混交林 Mixed forest	株间混交 Mixed inter tree	20	中 Middle	阳坡 Southern slope	85
J	青杨+中国沙棘 *Populus cathayana* + *Hippophae rhamnoides*	20	1867+12900	混交林 Mixed forest	行间混交 Mixed interline	17	下 Lower	阳坡 Southern slope	165
CK	油菜 *Brassica capestric*	0	—	—	—	15	中 Lower	阳坡 Southern slope	180

注:乔木密度为株/hm²,灌木和草本为丛/hm²;栽植时常绿树苗木为3年生,阔叶树苗木为1年生。

Note: Plant density: plants/hm²; shrub and herb: bundles/hm²; seeding age of evergreen nursery is 3 years; seeding age of broad leaved tree is one year.

1.3 研究方法

1.3.1 土壤物理性质 在标准地内挖3个土壤剖面,用环刀每隔20 cm分层取样。用常规方法测定土壤容重、毛管孔隙度、非毛管孔隙度和总孔隙度;机械组成、微团聚体用吸管法;土壤团聚体用机械筛分法[3]。

1.3.2 土壤化学性质 在标准地挖3个土壤剖面,每隔20 cm分层取样。全氮:硒粉—硫酸铜—硫酸消化法;全磷:氢氧化钠碱熔-钼锑抗比色法;全钾:氢氧化钠碱熔—火焰光度法;水解氮:扩散吸收法;速效磷:碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法法;速效钾:1N醋酸铵浸提—火焰光度法;有机质:重铬酸钾氧化法;阳离子代换量:盐酸—醋酸钙—容量法[4]。

1.3.3 土壤抗冲性测定 采用原状土冲刷测定法。在野外用特制的取样器(10 cm×10 cm×20 cm)采集原状土样放置在自制冲刷槽中进行冲刷实验。

2 结果与分析

2.1 不同配置模式对土壤物理性质的影响

2.1.1 不同配置模式对土壤容重、孔隙度的影响 土壤容重是表征土壤物理性质的一个重要指标,综合反映了土壤颗粒和土壤孔隙的状况,一般土壤容重小,表明土壤比较疏松,孔隙度大;反之,土壤容重大,表明土壤紧实,结构性差,孔隙度小,且土壤抗冲性也较差,土壤更容易遭受侵蚀[5~7]。土壤孔隙状况与土壤团聚体直径、土壤质地及土壤中有机质含量有关,影响土壤通气性、透水性和林木根系生长,是土壤肥力的重要指标之一[8~10]。大通县山地退耕还林区不同配置模式的土壤容重、孔隙度及其相关关系详见表2、图1。

表2 退耕还林不同配置模式土壤容重、孔隙度

Table 2 The weight per volume and pore space of soil in different species arrangement models areas

模式类型 Type of model	容重(g/cm³) Soil density	非毛管孔隙度(%) Noncapillary pore space	毛管孔隙度(%) Ncapillary pore space	总孔隙度(%) Total pore space
F	1.128	5.74	47.88	53.62
G	1.128	3.98	49.11	53.09
H	1.189	6.20	45.35	51.55
K	1.217	6.70	45.21	51.91
J	1.227	3.64	46.15	49.79
CK	1.190	5.58	46.24	51.82

注:表中各项指标为0~40 cm的平均值。

Note: The indexes in the table are mean value of indexes from 0 to 40 cm. It is the same in the following.

万方数据

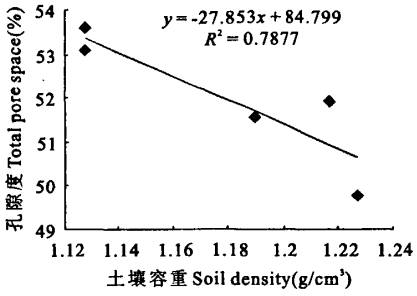

图 1　土壤容重与总孔隙度关系

Fig.1　The relation of weight per volume and total pore space

由表 2、图 1 可以看出,土壤容重与土壤总孔隙度呈负相关,即随着土壤容重的增大总孔隙度减小。其中模式 F 的容重最小、总孔隙度最大,分别为 1.13 g/cm³、53.62%;模式 J 的容重最大、总孔隙度最小,分别为1.227 g/cm³、49.97%。

2.1.2　不同配置模式对土壤各级团聚体含量的影响　土壤团聚体是指由土壤颗粒相互凝聚和粘结而成的土壤结合体,良好稳定的团聚体能改善土壤结构和孔隙状况[11,12],因此团聚体的数量和稳定性对土壤物理机械性质和水、肥、气、热状况有重要影响。大通退耕还林区土壤团聚体组成详见表 3。

表 3　不同配置模式土壤各级团聚体含量

Table 3　The proportion of soil aggregate in levels in different species arrangement models

模式类型 Type of model	各级团聚体含量(%) Proportion of soil aggregate in different levels						
	>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm	>0.25 mm
F	42.10	12.69	10.74	5.39	7.16	19.69	78.08
G	50.58	10.44	10.81	7.94	5.28	12.56	85.06
H	44.51	8.95	10.72	7.85	4.62	20.77	76.65
K	33.54	10.81	14.61	13.00	9.33	15.16	82.19
J	36.43	10.50	12.53	10.01	8.83	20.11	78.30
CK	35.53	7.29	8.49	11.74	11.62	24.02	74.67

注:表中各项指标为 0~40 cm 的平均值。

Note: The indexes in the table are mean value of indexes from 0 to 40 cm. It is the same in the following.

由表 3 可以看出,各种退耕林地>0.25 mm 土壤团聚体均大于对照农田(CK),其中模式 G 土壤>5 mm 和>0.25 mm 团聚体含量均最大,分别为 50.58%和 85.06%;模式 F 林地土壤>0.25 mm 团聚体的含量最小,为 78.08%,说明模式 G 林地土壤的胶结性能最好。

2.1.3　不同配置模式对土壤微团聚体含量、机械组成的影响　土壤团聚状况和土壤团聚度都用来表示土壤团聚体的水稳性,其值愈大意味着团聚体的水稳性愈强,即抗蚀性愈强。植被通过增加土壤腐殖质层以及相应的土壤水稳性团聚体含量等,改善土壤结构[13,14]。土壤团聚状况和土壤团聚度与土壤分散率、分散系数和结构系数密切相关。大通县退耕还林不同配置模式土壤的团聚体、机械组成及各项指标详见表 4 和表 5。

由表 4 和表 5 可以看出,各种退耕林地土壤团聚度和结构系数均大于农田对照,其中以模式 H 对林地土壤结构的改善作用最大,分散系数最小、结构系数最大,分别为 5.25%、94.75%;模式 J 对林地土壤结构的改善作用最小,分散系数最大、结构系数最小、团聚度最小,分别为 41.84%、58.16%、49.63%。

2.2　不同配置模式对土壤化学性质的影响

林分生长与土壤养分的动态变化有着密切关系。林地枯落物的数量和质量以及土壤的酸碱性直接影响着土壤酶活性和土壤微生物数量,从而影响土壤中腐殖质的形成与分解,以及养分矿质化和土壤养分的积累。大通县不同退耕还林配置模式的土壤化学性质详见表 6。

由表 6 可见,各种配置模式林地 0~60 cm 土壤中全 N、水解 N、全 P、速效 P、速效 K、有机质含量、阳离子代换量随土层深度的增加呈降低趋势;而全 K 则相反,随土层深度的增加呈现上升的趋势。土壤 0~60 cm 土层的全 N、水解 N、全 K、速效 K 平均值均高于农田对照,且以模式 F 的最高;全 P、速效 P、阳离子代换量以模式 G 最高;有机质含量以模式 J 最高。综合考虑土壤化学性质的各项指标,可以看出,在脑山区,模式 F 和模式 G 对土壤化学性质的改善作用比较明显。

万方数据

表4 不同配置模式土壤微团聚体含量、土壤机械组成

Table 4 The proportion of soil micro-aggregate and article composition of soil in different species arrangement models

模式类型 Type of model	土壤微团聚体/机械组成(%) The proportion of soil micro~aggregate and particle composition of soil							
	1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	<0.001	>0.05	<0.05
F	0.62	21.28	51.03	12.08	10.39	4.60	21.90	78.10
	0.01	8.58	46.62	10.36	18.94	15.51	8.59	91.41
G	1.28	34.36	41.38	9.57	10.73	2.68	35.65	64.36
	0.39	12.47	45.57	9.65	16.90	15.02	12.86	87.14
H	1.19	32.20	45.79	10.01	9.73	1.09	33.39	66.61
	0.11	14.33	42.33	11.43	11.13	20.68	14.41	85.56
K	1.02	24.94	50.65	10.62	11.03	1.74	25.96	74.04
	0.21	12.76	39.56	10.25	18.20	19.03	12.97	87.04
J	1.13	36.67	40.96	7.20	10.19	3.85	37.80	62.20
	0.43	18.61	46.09	12.33	13.34	9.20	19.04	80.96
CK	0.72	39.00	45.90	7.31	5.13	1.94	39.72	60.28
	0.05	27.46	44.37	9.35	8.74	10.03	27.51	72.49

注:表中各项指标为0~40 cm的平均值。

Note: The indexes in the table are mean value of indexes from 0 to 40 cm. It is the same in following.

表5 不同配置模式土壤团聚体水稳性的相关指标

Table 5 The related indexes of water stability of soil aggregate in different species arrangement models

模式类型 Type of model	团聚状况(%) Aggregate status	团聚度(%) Degree of aggregation	分散率(%) Dispersion	分散系数(%) Disperse coefficient	结构系数(%) Structural coefficient
F	13.31	60.79	85.44	29.66	70.34
G	22.79	63.92	73.85	17.83	82.17
H	18.95	56.76	77.85	5.25	94.75
K	12.99	50.03	85.08	9.16	90.84
J	18.76	49.63	76.83	41.84	58.16
CK	12.21	30.74	83.16	19.34	80.66

注:表中各项指标为0~40 cm的平均值。

Note: The indexes in the table are mean value of indexes from 0 to 40 cm. It is the same in the following.

2.3 不同配置模式对土壤抗冲性的影响

土壤抗冲性是指土壤抵抗径流对其机械破坏和推动下移的性能,采用抗冲性指数,即在一定流量下冲走1 g土所需要的时间(s/g)来表示,数值越大说明土壤抗冲性越强[15~18]。土壤抗冲性主要取决于土粒间、微结构间的胶结力和土壤结构体间抵抗离散的能力,与土壤的物理性质及外在的生物因素有着密切关系[19~20]。大通县退耕还林不同配置模式林地土壤抗冲性指数及相关指标详见表7,抗冲性指数与团聚度和孔隙度的关系见图2和图3。

由表7和图2~3可以看出,各种配置模式土壤抗冲性指数基本上是随着枯落物现存量、根数、根长、根鲜重、团聚度、总孔隙度的增加和分散系数的减小而增大,并且与枯落物现存量呈显著正相关。以模式F的土壤抗冲性指数最大,为1.652 s/g;以模式J的最小,为0.341 s/g,模式F的土壤抗冲性指数是模式J的4.84倍。土壤抗冲性指数总体趋势是随着团聚度、总孔隙度的增大而增大,排序为模式F>模式G>模式H>模式K>模式J。

为了能更加准确地了解影响浅山区各种配置模式表层土壤抗冲性指数的因子,用SPSS软件对列入表中的诸因子进行相关分析,结果如表8所示。

由表8所示,土壤抗冲性指数与枯落物现存量、根数、根长、根鲜重、团聚度、总孔隙度呈正相关,与分散系数呈负相关。同时可以看出,土壤抗冲性指数与团聚度、总孔隙度呈显著正相关,相关系数分别为0.970、0.893。

万方数据

表 6　脑山区退耕还林不同配置模式土壤化学性质

Table 6　Chemical properties of soil in different species arrangement models in remote hilly areas

模式类型 Type of model	土层 Soil depth (cm)	pH	全氮 Total N (%)	水解氮 Hydrolytic N (mg/kg)	全磷 Total P (%)	速效磷 Available P (mg/kg)	全钾 Total K (%)	速效钾 Available K (mg/kg)	有机质 Organic Matter (%)	代换量 Exchangeable Cations (mol/kg)
F	0~20	7.6	0.17	136.4	0.05	7.1	2.19	125	2.50	18
	20~40	8.0	0.17	62.20	0.04	0	2.35	91	2.08	19
	40~60	8.0	0.11	50.20	0.07	0	2.35	81	1.94	20
	平均	7.9	0.15	82.93	0.05	2.37	2.30	99.00	2.17	19.00
G	0~20	7.8	0.18	112.4	0.07	9.9	2.35	91	3.33	27
	20~40	8.0	0.15	75.60	0.05	6.6	2.25	79	3.17	28
	40~60	7.9	0.03	14.40	0.05	1.8	1.95	71	0.81	24.5
	平均	7.9	0.12	67.47	0.06	6.10	2.18	80.33	2.44	26.50
H	0~20	8.1	0.21	133.2	0.04	2.8	2.15	91	4.03	21.5
	20~40	8.0	0.09	54.40	0.04	0	2.25	81	1.55	18
	40~60	8.0	0.06	65.00	0.04	7.6	2.43	61	1.09	16
	平均	8.0	0.12	84.20	0.04	3.47	2.28	77.67	2.22	18.50
K	0~20	8.0	0.15	82.00	0.04	0	2.25	82	2.25	24
	20~40	8.0	0.14	81.80	0.05	0	2.13	81	2.46	26
	40~60	8.0	0.11	59.00	0.04	6.7	2.55	91	1.76	20
	平均	8.0	0.13	74.27	0.04	2.23	2.31	84.67	2.15	23.33
J	0~20	8.3	0.19	86.20	0.08	0	2.31	69	3.75	32.5
	20~40	8.2	0.14	72.40	0.06	0	2.19	91	2.71	23.5
	40~60	8.2	0.12	67.20	0.05	1.6	2.25	76	2.49	21.5
	平均	8.2	0.15	75.27	0.06	0.53	2.25	78.67	2.98	25.83
CK	0~20	8.0	0.15	82.00	0.064	22.40	2.39	73.0	2.65	19.5
	20~40	8.1	0.14	73.50	0.054	0.57	2.41	81.0	2.27	20.5
	平均	8.05	0.145	77.75	0.059	11.485	2.4	77	2.46	20

表 7　不同配置模式土壤抗冲性指数及相关指标

Table 7　Anti-scourability and related indexes of soil in different species arrangement models

模式类型 Type of model	枯落物现存量 Existent masses of litter layer (t/hm^2)	根数 Number of root (条/100 cm^2)	根长 Length of root (m/m^2)	根鲜重 Weight of root (g/m^2)	分散系数 Disperse coefficient (%)	团聚度 Degree of aggregation (%)	总孔隙度 Total pore space (%)	抗冲性指数 ANS (s/g)
F	22.31	504	19.16	2224	29.66	60.79	53.62	1.652
G	6.31	524	9.00	127	17.83	63.92	53.09	1.566
H	4.19	144	4.61	931	5.25	56.76	51.55	1.017
K	14.02	259	6.93	1493	9.16	50.03	51.92	0.522
J	11.42	188	6.03	1862	41.84	49.63	49.79	0.341
CK	—	—	—	30.98	19.26	30.70	51.82	0.450

注:各项指标均为 0~40 cm 的平均值,根系是<1 mm。

Note: The indexes in the table are mean value of indexes from 0 to 40 cm.; roots system: <1 mm.

表 8　影响土壤抗冲性指数因子的相关分析

Table 8　The correlative analysis on factors of influencing anti-scourability of soil

系数 Coefficient	枯落物现存量 Existent masses of litter layer	根数 Number of root	根长 Length of root	根鲜重 Weight of root	分散系数 Dispersive coefficient	团聚度 Degree of aggregation	总孔隙度 Total pore space
相关系数 Relativity	0.167	0.822	0.687	0.077	-0.125	0.970	0.893
相伴概率 Probability	0.789	0.088	0.200	0.903	0.841	0.006	0.041

万方数据

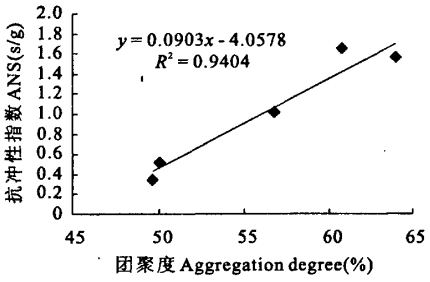

图2 土壤抗冲性指数与团聚度关系

Fig.2 The relation of anti-scourability and degree of aggregation of soil

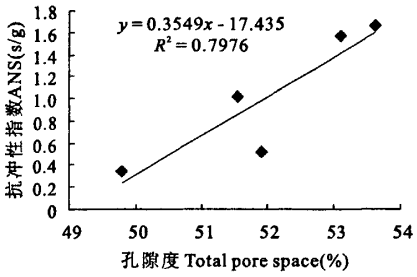

图3 土壤抗冲性指数与孔隙度关系

Fig.3 The relation of anti-scourability and total pore space of soil

2.4 土壤理化性质综合评价

2.4.1 *评价指标及指标权重的确定* 根据上述分析,选择孔隙度、团聚度、结构系数、有机质含量、水解氮、速效磷、速效钾、阳离子代换量、抗冲性指数等9项指标作为综合评价指标。然后采用因子分析法[21],用观测数据本身包含的信息确定各项指标的权重系数,即应用SPSS分析软件,对原始实验数据进行无量纲处理,设原始实验数据值为 $X_{ij}(i=1,2,3,4,5;j=1,2,\cdots,9)$,构成实验数据矩阵 $X_{5\times9}$,计算相关矩阵 $\boldsymbol{R}_{9\times9}(\boldsymbol{R}=\boldsymbol{X}^T\boldsymbol{X})$;计算对应的单位特征向量(即权重系数):$c=(c_1,c_2,\cdots,c_9)$,并且满足 $\sum_{j=1}^{9}c_j^2=1$。

用SPSS软件对观测数据本身包含的信息进行处理和分析,确定各项指标的权重系数如下:

C = {0.31371 0.10928 −0.00282 −0.20509 0.03185 0.09837 0.30933 −0.10796 0.26704}

2.4.2 *评价方法* 本文采用最优综合评价模型,计算不同配置模式的综合得分。其计算公式如下:

$$Y_i=\sum_{j=1}^{9}c_jx_{ij}(i=1,2,3,4,5)$$

2.4.3 *评价结果与分析* 由表9可见,模式F各项指标的综合评价得分最高,为各种配置模式中的最优配置模式;模式J的综合评价得分最低。各种配置模式综合评价得分排序为:模式F>模式G>模式K>模式H>模式J,其中阴坡以模式F(青海云杉)表现最好,综合评价得分最高,为54.71,而阳坡以模式K(青海云杉+中国沙棘)表现较好,综合评价得分47.45。因此,在脑山区,由于其独特的自然条件,适当配置适应性较强的乡土树种青海云杉造林,在发挥生态效益的同时,可获得更高的经济效益。

表9 脑山区退耕还林不同配置模式土壤质量综合评价

Table 9 The comprehensive evaluation on soil in different models in remote-hill areas

模式类型 Type	F	G	H	K	J
主要树种 Primary plant	青海云杉 *Picea crassifolia*	华北落叶松 *Larix principis rupprechii*	白桦+青海云杉 *Betula platyphylla* + *Hippophae rhamnoides*	青海云杉+中国沙棘 *Picea crassifolia* + *Hippophae rhamnoides*	青杨+中国沙棘 *Populus cathayana* + *Hippophae rhamnoides*
综合得分 Synthetic score	54.71	48.06	46.98	47.45	45.26
优化排序 Optimization sequencing	1	2	4	3	5

3 结 论

对青海大通县北川河流域低位脑山区退耕还林不同配置模式的土壤理化性质各项指标的测定及综合评价结果表明:

1) 在低位脑山区,以模式H(白桦+青海云杉)的土壤结构稳定性最好,其土壤团聚度(18.95%)和结构系数(94.75%)最大,分散系数最小(5.26%);模式J(青杨+中国沙棘)的土壤稳定性最差。

2) 林地0~60 cm土壤层中全N、水解N、全P、速效P、速效K、有机质含量和阳离子代换量总体上均随土层深度的增加呈现降低的趋势,但全K则相反,随土层深度的增加呈现上升的趋势。不同土层(0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm)中养分状况也略

万方数据

有差异:全 N、水解 N、全 K、速效 K 平均值以模式 F(青海云杉)最高;全 P、速效 P、阳离子代换量以模式 G(华北落叶松)最高,对土壤养分状况的改善作用比较明显。

3) 土壤抗冲性指数与团聚度、总孔隙度呈显著正相关,以模式 F(青海云杉)的土壤抗性指数最大,为 1.652 s/g,模式 J(青杨+中国沙棘)的最小;土壤抗冲性指数排序为模式 F(青海云杉)>模式 G(华北落叶松)>模式 H(白桦+青海云杉)>模式 K(青海云杉+中国沙棘)>模式 J(青杨+中国沙棘)。

4) 土壤效应综合评价结果表明,模式 F(青海云杉)的综合评价得分 54.71,为低位脑山区阴坡最优配置模式,而模式 K(青海云杉+中国沙棘)为阳坡最佳配置模式。综合考虑生态功能及环境特点,建议在青海大通低位脑山区阴坡应推广模式 F(青海云杉、密度5 900 株/hm^2)、阳坡推广模式 K(青海云杉+中国沙棘、行间混交、混交比例 1:3)。

参 考 文 献:

[1] 大通县编纂委员会.大通县志[M].西安:陕西人民出版社,1993.

[2] 周立华.西宁植物志[M].西宁:青海人民出版社,1999.

[3] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室.土壤物理性质测定法[M].北京:科学出版社,1978.

[4] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1983.55—169.

[5] 黄　宇,汪思龙,冯宗炜,等.不同人工林生态系统林地土壤质量评价[J].应用生态学报,2004,15(12):2199—2205.

[6] Acosta Mratine Martinez V, Reicher Z, Bischoff M, et al. The role of tree leaf mulch and nitrogen fertilizer on turf grass soil quality[J]. Biolfertsoils,1999,29:55—61.

[7] Whalley W R, Dumitru E, Dexter A R. Biological effects of soil compaction[J]. Soil Tillers,1995,35:53—68.

[8] 杨玉盛,俞新妥,邱仁辉.栽杉留阔模式生产力和土壤肥力的研究[J].林业科学,1999,35(4):9—13.

[9] 李文忠,张伟华,张　吴,等.青海大通不同退耕还林时间梯度对土壤物理性状的影响[J].干旱区资源与环境,2005,19(3):137—140.

[10] 张伟华,李文忠,张　昊,等.青海大通退耕还林不同混交配置模式对土壤肥力影响的研究[J].水土保持研究,2005,12(5):259—262.

[11] 卢金伟,李占斌.土壤团聚体的研究进展[J].水土保持研究,2002,9(1):81—85.

[12] 史　奕.土壤团聚体的稳定机制及人类活动的影响[J].应用生态学报,2002,13(11):1491—1494.

[13] 张　翼.黄土高原丘陵沟壑区土壤侵蚀研究进展[J].水土保持学报,2001,15(2):121—124.

[14] 刘定辉,李　勇.植物根系提高土壤抗侵蚀性机理研究[J].水土保持学报,2003,17(3):34—37.

[15] 胡维银,刘国彬,许明祥.黄土丘陵沟壑区小流域坡耕地土壤抗冲试验研究[J].水土保持通报,2000,20(3):26—28.

[16] 刘国彬,张光辉.原状土冲刷法与人工模拟降雨法研究土壤抗冲性对比分析[J].水土保持通报,1996,16(2):32—37.

[17] 周佩华,郑世清,吴普特,等.黄土高原土壤抗冲性的试验研究[J].水土保持研究, 1997,5(4):47—66.

[18] 沈晶玉,周心澄,李文忠,等.祁连山南麓植物根系改善土壤抗冲性研究[J].中国水土保持科学,2004,18(6):87—91.

[19] 胡建忠,周心澄,李文忠,等.退耕地青海云杉人工林土壤抗冲性的试验研究[J].水土保持学报,2004,18(6):6—10.

[20] 胡建忠,张伟华,李文忠,等.北川河流域退耕地植物群落土壤抗蚀性研究[J].土壤学报,2004,41(6):854—863.

[21] 余建英,何旭宏.数据统计分析与 SSPS 应用[M].北京:人民邮电出版社,2003.

Soil effects of converted farmland in remote hilly areas in Beichuanhe Watershed

GAO Guo-xiong[1,2], ZHOU Xin-cheng[2], SHI Chang-qing[2], LI Wen-zhong[3], LI Shi-rong[4]

(1. *College of Resources and Environment*, *Northwest A & F University*, *Yangling*, *Shaanxi* 712100, *China*;
2. *College of Soil and Water Conservation*, *Beijing Forestry University*, *Beijing* 100083, *China*;
3. *Institute of Water Conservancy*, *Beijing* 100038, *China*; 4. *Soil and Water Conservation Station*, *Beijing* 100038, *China*)

Abstract: After five models of converting cropland to forest were selected respectively in high-mountain areas in Beichuanhe Watershed of Datong County in Qinghai Province, the soil effects were analyzed. Model F (*Picea crassifolia*) was better than others on the total pore space and the final infiltration rate of soil, which were 53.62% and 6.8mm/min respectively. Model H (*Betula latyphylla* + *Picea crassifolia*) occupied the first place in soil structural coefficient, up to 94.751%. As to the average content of total N, hydrolytic N, total K, rapidly available K and rapidly available K, model F ranked the first place. The soil anti-scourability of model F (*Picea crassifolia*) ranked the first place, which was 1.652 s/g. The quality synthetic evaluation about soil effect of converting cropland to forest was carried on, and it showed that disposition pattern F was the most superior one.

Keywords: soil effect; converting cropland to forest; model of species distribution; Beichuanhe Watershed; remote hilly areas

万方数据