

晋西黄土高原水土保持林适宜密度研究

张瑞, 张建军, 赖宗瑞

(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: 黄土高原区水土流失严重, 由于降水、温度等自然气候的限制因素, 关于适宜的林分密度的研究至关重要。从林分生长状况, 林下枯落物蓄水能力, 林下草本植物多样性和林地土壤物理特性等方面, 对山西省吉县蔡家川流域不同密度的人工林进行了研究。结果表明, 从林分生长状况, 恢复地表草本植物多样性, 改良土壤物理性质的角度出发, 该地区营造刺槐林时密度以 1 325 株/hm² 为宜, 油松林的密度以 1 733 株/hm² 为宜, 侧柏刺槐混交林的密度以 2 089 株/hm² 为宜。从增加林地枯落物的蓄水能力考虑, 该地区营造刺槐林时密度以 2 133 株/hm² 为宜, 油松林的密度以 2 222 株/hm² 为宜, 侧柏刺槐混交林的密度以 2 356 株/hm² 为宜。刺槐、油松、侧柏刺槐混交林中, 侧柏刺槐混交林地草本植物多样性指数和均匀度指数最高, 刺槐林地土壤的非毛管孔隙度最大, 土壤涵养水源能力最强。

关键词: 水土保持林; 适宜密度; 植物多样性; 土壤物理性质; 枯落物; 黄土高原

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)04-0067-05

中图分类号: S727.22

Best Density of Soil and Water Conservation Forest on Loess Plateau of Western Shanxi Province

ZHANG Rui, ZHANG Jian-jun, LAI Zong-rui

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

Abstract: Soil erosion on the Loess Plateau is serious due to precipitation, temperature, and other natural climate constraints and thus, determination of an appropriate stand density becomes very important. In this study, we conduct a systematic research on several aspects of the existing plantation in Caijiachuan, such as stand growth status, water storage capacity of forest litter, biodiversity, and physical properties of soils. Results show that, in order to improve the growth conditions, biodiversity, and soil physical properties, the best planting density of black locust, *Pinus*, and the mixed forest should be 1 325, 1 733, and 2 089 plant/hm², respectively, whereas by considering the water storage capacity of the forest litter, the result turns out to be 2 133, 2 222, and 2 356 plant/hm², respectively. Besides, the mixed forest has the highest biodiversity index and evenness index and the non-capillary porosity and the capacity of the water conservation of forest soil in locust forest are also the best.

Keywords: soil and water conservation forest; appropriate density; litter; plant diversity; soil physical property; Loess Plateau

蔡家川流域位于晋西黄土高原, 植被破坏与水土流失较为严重, 十多年来通过实施人工栽植水土保持林和封禁等有效措施, 流域内植被恢复与水土保持状况已初见成效, 但由于受当地实际的降雨、温度、光照等诸多气候因素的限制, 如何确定营造水土保持林的栽植密度, 使其能最好地发挥水土保持作用是亟待解

决的关键问题之一。目前很多学者研究了林分密度对林分生长情况、林分生产力的影响。其中, 温佐吾^[1]等研究了林分密度对树高、胸径、单株材积和蓄积量的影响; 揭建林^[2]等人通过对南山岭杉木林连续 17 a 的观测, 发现不同密度对林分的自然稀疏、林分平均胸径、林分单株材积和高径比有显著影响, 对林

收稿日期: 2008-12-28

修回日期: 2009-02-19

资助项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD03A1204); 日本住友财团研究助成基金项目(083085)

作者简介: 张瑞(1985-), 男(汉族), 山西省临汾市古县人, 硕士, 主要研究方向为数字水文。E-mail: nongda2008@163.com。

通信作者: 张建军(1964-), 男(汉族), 甘肃省天水市人, 博士, 副教授, 主要研究方向为水土保持与植被恢复。E-mail: zhangjianjun@bjfu.edu.cn。

分平均优势高、平均高影响不大;魏占才^[3]采用参数化的方法将立地密度因子引入 Korf-A 型方程,建立了林分断面生长模型;张彩琴^[4]采用变分法和最优控制理论得到人工林林分密度最优控制策略的数学模型;黄家荣^[5]以抛物线型密度效应模型为前提,用最优控制的理论和方法建立并推导出一个新的林分经营密度最优控制模型;刘君然^[6]做了合理林分密度及其应用的研究;陈光彩^[7]利用克拉夫特 1884 年提出的林木生长分级法对麻池背油松林分生长机构进行了研究。但以往研究多侧重于林分密度对林分生长状况的影响,而将林分生长状况、枯落物蓄水能力、林下植物多样性的恢复和林地土壤物理性质的改良作用进行综合考虑后确定林分适宜密度的研究并不多见。所以本研究选取有代表性的标准地,从林分生长状况、林下枯落物蓄水能力、林下草本植物多样性和林地土壤物理性质的改良等几个方面,对蔡家川现有人工林进行了研究,以期探讨适合当地水土保持林的合理林分密度。

1 研究区概况

研究区位于山西省吉县蔡家川流域,该地区土壤为褐土,黄土母质,属暖温带大陆性气候,多年平均年降水量 575.9 mm,降水量年际变化较大,且季节分配不均匀,旱季 4—6 月降雨量占全年总降雨量的 26.9%,雨季 7—10 月占 64.2%。蒸发量远大于降雨量,吉县年均蒸发量为 1 723.9 mm。营造防护林的主要树种有刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、油松(*Pinus*

tabulaeformis)和侧柏(*Platycladus orientalis*)等乔木。经济林树种主要有苹果(*Malus pumila*)、杏树(*Prunus armeniaca*)和梨树(*Pyrifolia*)等。

2 研究方法

根据现有人工林的林龄,栽植密度和栽植类型等,选择有代表性的样地进行对比调查,各样地的基本情况见表 1。调查时样方的面积为 15 m × 15 m,采用每木检尺调查乔木的树高、胸径、枝下高、冠幅、密度、郁闭度,并采用标准木法调查生物量。同时在每个样方的 4 角和中心部位布设 1 m × 1 m 的草本植物调查小样方,调查草本植物的种类、每种植物的株数、盖度,采用 Shannon—Wiener 指数的计算方法计算草本植物多样性和草本植物均匀度。

枯落物的调查是在每个样方内选择有代表性的地段,收集 1 m × 1 m 范围内的所有枯枝落叶,利用称重法计算林地的枯枝落叶量,采用浸泡法测定枯落物的吸水量。

土壤物理性质的调查采用土壤剖面法,分别用 400 ml 的环刀取 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm 土层的原状土,在室内测定容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度。

3 结果与分析

3.1 不同密度林分的生长状况

评价林分的生长状况的主要指标包括树高、胸径、冠幅等。各林分生长特征见表 2。

表 1 标准地基本情况

样地编号	树种	郁闭度/ %	密度/ (株·hm ⁻²)	草本盖度/ %	枯落物量/ (t·hm ⁻²)	坡向	坡度/ (°)	林龄/ a
1	刺槐	80	1 325	90	4.435	东偏南 5°	28	15
2	刺槐	78	1 050	86	4.856	东偏北 6°	25	15
3	刺槐	89	2 133	94	4.115	西偏南 15°	18	15
4	刺槐	83	1 556	92	4.577	南偏东 17°	23	15
5	油松	71	1 733	86	4.875	东偏南 11°	23	15
6	油松	66	1 075	80	5.131	北偏东 40°	19	15
7	油松	72	1 778	88	4.769	北偏东 33°	19	15
8	油松	78	2 222	87	4.802	南偏东 8°	21	15
9	混交林	84	2 089	92	3.282	东偏南 44°	26	15
10	混交林	92	2 356	96	3.117	东偏南 30°	22	15
11	混交林	88	2 225	95	3.005	东偏南 31°	24	15

注:样地面积均为 15 m × 15 m。

表 2 林分生长特征

林分	树种	林龄/ a	平均枝 下高/ m	平均 高度/ m	平均 胸径/ cm	平均 冠幅/ m	密度/ (株·hm ⁻²)	平均单株 生物量/ kg	生物量/ (t·hm ⁻²)
1	刺槐	15	2.75	10.43	10.46	3.73	1 325	68.67	90.98
2	刺槐	15	2.31	6.68	10.09	3.43	1 050	63.18	66.34
3	刺槐	15	2.43	8.76	10.13	2.80	2 133	63.76	136.00
4	刺槐	15	3.26	9.76	10.03	3.49	1 556	62.31	96.96
5	油松	15	3.54	9.47	13.29	3.56	1 733	119.48	207.05
6	油松	15	1.87	4.71	9.23	2.47	1 075	51.41	55.27
7	油松	15	1.91	4.66	9.63	3.15	1 778	56.71	100.84
8	油松	15	3.50	7.55	13.24	2.57	2 222	118.44	263.17
9	刺槐	15	3.20	8.70	11.36	3.30	2 089	83.11	86.85
	侧柏		1.72	4.14	5.94	1.65		18.55	19.37
10	刺槐	15	2.72	8.41	9.20	3.14	2 356	51.03	60.11
	侧柏		1.59	3.89	5.70	1.65		16.86	19.86
11	刺槐	15	3.05	8.55	11.23	2.95	2 225	80.93	90.07
	侧柏		1.67	3.94	5.48	1.63		15.39	17.12

由表 3 方差分析可见: 当 $\alpha = 0.05$ 时各林分除枝下高外, 树高、胸径和冠幅的 F 统计量均大于 F 检验临界值, 这说明不同密度的水土保持林其树高、胸径、冠幅的差异显著, 即栽植密度对林分生长的有显著影响。从表 2 可看出: 密度为 1 325 株/hm² 刺槐林的树高、胸径、冠幅、平均单株生物量分别达到 10.43 m, 10.46 cm, 3.73 m 和 68.67 kg; 是所调查的刺槐林中生长状况最好的。油松林密度为 1 733 株/hm² 时, 其树高为 9.47 m, 胸径为 13.29 cm, 冠幅为 3.56

m, 平均单株生物量为 119.48 kg; 是所调查油松林中生长状况最好的。侧柏刺槐混交林密度为 2 089 株/hm² 时树高、胸径、冠幅和平均单株生物量分别为 8.7 m/4.14 cm, 13.6 cm/5.94 cm, 3.3 m/1.65 m 和 83.11 kg/18.55 kg; 是所调查混交林中生长状况最好的。因此, 从生长状况考虑在当地营造水土保持林时刺槐林的密度应该控制在 1 325 株/hm² 左右, 油松林的应以 1 733 株/hm² 左右为宜, 侧柏刺槐混交林的密度则应控制在 2 089 株/hm² 左右。

表 3 方差分析表

检验指数	刺槐				检验指数	油松				检验指数	混交林			
	树高	枝下高	胸径	冠幅		树高	枝下高	胸径	冠幅		树高	枝下高	胸径	冠幅
F	2.81	2.11	3.03	2.79	F	2.97	2.05	3.14	2.80	F	3.32	2.66	3.41	3.20
$F_{0.05}(3, 53)$	2.78	2.78	2.78	2.78	$F_{0.05}(3, 50)$	2.79	2.79	2.79	2.79	$F_{0.05}(2, 53)$	3.17	3.17	3.17	3.17

3.2 草本生物均匀度及生物多样性

本研究采用的物种多样性指数为 Shannon—Wiener 指数和均匀度指数^[8-9], 其计算公式为:

$$S_w = - \sum_{i=1}^n (p_i \ln p_i)$$

$$T_{sw} = S_w / \log_2 s$$

式中: S_w ——Shannon—Wiener 指数; T_{sw} ——均匀度指数; p_i ——第 i 个种的相对多度即个体总数的百分数; s ——种的丰富度, 即种的个数。不同密度林分中草本植物的 Shannon—Wiener 指数和均匀度指数见表 4。

表 4 草本植物均匀度及其多样性

指 数	刺槐 1	刺槐 2	刺槐 3	刺槐 4	油松 1	油松 2	油松 3	油松 4	混交林 1	混交林 2	混交林 3
密度/(株·hm ⁻²)	1 325	1 050	2 133	1 556	1 733	1 075	1 778	2 222	2 089	2 356	2 225
生物多样性指数	2.26	2.14	2.01	2.11	1.88	1.76	1.73	1.66	3.11	2.89	3.02
均匀度指数	0.72	0.70	0.64	0.68	0.63	0.59	0.58	0.59	0.80	0.78	0.79

由表 4 可以看出,林下草本植物多样性指数和均匀度指数随着林分密度的增加有逐渐减少的趋势,这是由于随林分密度的增加,林下光照条件减弱,植物间对土壤水分和营养物质的竞争加剧,从而限制了林下草本植物的种类和数量。因此,低密度林分内草本植物多样性明显高于高密度林分。当刺槐林密度为 $1\ 325$ 株/ hm^2 、油松林密度为 $1\ 733$ 株/ hm^2 、侧柏刺槐混交林密度为 $2\ 089$ 株/ hm^2 时,3种林分内草本植物多样性指数分别为 2.26 , 1.88 , 3.11 ;均匀度指数分别为 0.72 , 0.63 , 0.80 ;是所调查的油松林、刺槐林、侧柏刺槐混交林中地表草本植物多样性指数最高、均匀度指数最大的。因此,为了增加林地草本植物的多样性,在当地营造水土保持林时刺槐纯林、油松纯林、侧柏刺槐混交林的密度分别以 $1\ 325$, $1\ 733$, $2\ 089$ 株/ hm^2 为宜。

表 5 各林分地表枯落物持水特性

林分类型	密度/ (株· hm^{-2})	枯落物 厚度/cm	自然 含水率/%	枯落物 鲜重/g	枯落物 干重/g	吸水后 重/g	最大吸 水率/%	干重/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)	最大吸水量/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)
刺槐 1	1 325	4.0	66.80	443.5	265.89	1 223.76	175.93	2.66	7.80
刺槐 2	1 050	3.0	63.45	411.5	251.76	1 144.17	171.93	2.52	7.07
刺槐 3	2 133	5.0	70.70	485.6	284.48	1 322.49	184.06	2.84	8.94
刺槐 4	1 556	4.3	68.17	457.7	272.16	1 261.16	181.49	2.72	8.31
油松 1	1 733	3.6	56.43	480.2	306.97	596.32	24.18	3.07	1.16
油松 2	1 075	3.2	56.25	476.9	305.21	584.87	22.64	3.05	1.08
油松 3	1 778	3.6	56.81	487.5	310.88	621.01	27.93	3.11	1.34
油松 4	2 222	4.0	58.08	513.1	324.58	648.87	33.42	3.25	1.71
混交林 1	2 089	6.6	71.34	300.5	175.38	635.45	111.47	1.75	3.35
混交林 2	2 356	7.2	68.90	328.2	194.32	690.77	122.31	1.94	4.01
混交林 3	2 225	6.9	70.29	311.7	183.04	656.16	116.38	1.83	3.63

由表 5 可以看出,林地枯落物量和最大吸水量随着林分密度的增加呈现增大的趋势。其中,密度为 $2\ 133$ 株/ hm^2 的刺槐林地枯落物量及最大吸水量分别为 2.84 和 8.94 t/hm^2 ,是所调查刺槐林分中地表枯落物量及其吸水量最大的。密度为 $2\ 222$ 株/ hm^2 油松林地地表枯落物总量为最大、吸水量最高,分别达 3.25 和 1.71 t/hm^2 ;密度为 $2\ 356$ 株/ hm^2 的侧柏刺槐混交林,枯落物总量达到 1.94 t/hm^2 ,吸水量达到 4.01 t/hm^2 ,是所调查混侧柏刺槐交林中最高的。

地表枯落物量及其最大持水率是反映水土保持林防止表层土壤侵蚀、拦蓄过滤径流、控制坡面水土流失的重要指标,因此,从防治土壤表层溅蚀、控制水土流失的角度出发,在该研究地区营造水土保持林时,密度则应适当提高一些,刺槐林以 $2\ 133$ 株/ hm^2 左右为宜,油松林以 $2\ 222$ 株/ hm^2 左右为宜,混交林则以 $2\ 356$ 株/ hm^2 左右为宜。

由表 4 可见,侧柏刺槐混交林、刺槐林、油松林地表植物多样性指数的变化幅度分别为 $2.89\sim 3.11$, $2.01\sim 2.26$, $1.66\sim 1.88$;均匀度指数变化范围分别为侧柏刺槐混交林为 $0.78\sim 0.80$,刺槐林 $0.64\sim 0.72$,油松林为 $0.58\sim 0.63$ 。可以看出侧柏刺槐混交林林内草本植物多样性指数和均匀度指数明显高于油松纯林和刺槐纯林。因此,就地地表草本植物多样性的恢复考虑,在当地营造侧柏刺槐混交林为宜。

3.3 枯落物对降雨的拦蓄能力

林下枯落物是指在林地土壤表面的未分解、半分解的植物凋落物,它除截持降水外,更有吸收、阻延、过滤地表径流,抑制土壤蒸发,改善土壤性质,增加降水入渗,防止土壤溅蚀,增强土壤抗冲能力等功能^[10]。各林分地表枯落物量及其持水特性见表 5。

3.4 土壤物理特性

土壤的物理特性直接关系到土壤抗击雨水溅蚀和冲刷的能力,是评价水土保持效益的重要参数^[11-14]。土壤孔隙度直接影响到土壤的通气性和透水性,是决定林内土壤水源涵养功能的重要因素。而土壤容重的大小则是土壤的紧实程度的敏感性指标^[15],也是土壤对水分、空气的疏导能力的直接体现^[16]。各林分的土壤物理性质见表 6。

由表 6 可以看,各林分土壤总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度和土壤容重随着土层的加深有减小的趋势。深层土壤的孔隙度低于表层土壤,而容重则大于表层。当刺槐林密度为 $1\ 325$ 株/ hm^2 时、油松林密度为 $1\ 733$ 株/ hm^2 时、侧柏刺槐混交林密度为 $2\ 089$ 株/ hm^2 时,其 $0\sim 20$ cm, $20\sim 40$ cm, $40\sim 60$ cm土层的总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度是同类林分中最大的,而土壤容重则是最小的。可见这

3 种密度的栽植模式对土壤空隙状况的改良效果是所调查的同类林分中最佳的。故从改良土壤孔隙状

况等物理性质的方面考虑, 在当地营造水土保持林时应以这 3 种密度为宜。

表 6 土壤物理特性

土层/cm	物理特性	刺槐密度/(株·hm ⁻²)				油松/(株·hm ⁻²)				混交林/(株·hm ⁻²)		
		1 325	1 050	2 133	1 556	1 733	1 075	1 778	2 222	2 089	2 356	2 225
0—20	总孔隙度/%	64.94	57.44	48.09	49.87	85.53	78.76	72.32	70.95	63.81	49.01	58.50
	毛管孔隙/%	54.38	47.17	38.15	40.10	75.10	68.59	62.71	62.14	56.73	44.16	52.39
	非毛管孔隙/%	10.56	10.27	9.94	9.77	10.43	10.17	9.61	8.81	7.08	4.85	6.11
	容重/(g·cm ⁻³)	0.74	0.84	0.92	0.90	0.62	0.66	0.77	0.91	0.79	1.07	0.97
20—40	总孔隙度/%	49.91	46.28	44.38	46.00	77.61	54.71	51.63	46.66	55.19	47.16	49.92
	毛管孔隙/%	41.89	39.17	38.22	39.00	69.67	47.25	45.79	40.73	49.07	43.11	44.83
	非毛管孔隙/%	8.02	7.11	6.16	7.00	7.94	7.46	5.84	5.93	6.12	4.05	5.09
	容重/(g·cm ⁻³)	1.14	1.15	1.20	1.18	0.94	1.05	1.12	1.16	0.88	1.15	1.02
40—60	总孔隙度/%	48.08	43.27	39.84	41.50	51.38	47.20	42.74	34.79	54.42	45.29	48.56
	毛管孔隙/%	40.94	37.77	33.56	35.42	45.13	43.17	39.69	31.69	49.27	41.04	44.09
	非毛管孔隙/%	7.14	5.50	6.28	6.08	6.25	4.03	3.05	3.10	5.15	4.25	4.47
	容重/(g·cm ⁻³)	1.25	1.26	1.34	1.31	1.03	1.15	1.26	1.34	1.08	1.22	1.19

非毛管孔隙度是土壤中粗大孔隙所占的比例, 非毛管孔隙度越大, 土壤的渗透性能越好, 降雨时形成的地表径流就越少。在所调查的林分中, 刺槐林地土壤非毛管孔隙度, 表层 0—20 cm 达 9.77%~10.56%, 20—40 cm 土层为 6.16%~8.02%, 40—60 cm 土层为 5.5%~7.14%。而油松纯林 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm 土层的非毛管孔隙度分别为 8.81%~10.43%, 5.84%~7.94%, 3.05%~6.25%。侧柏刺槐混交林 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm 土层的非毛管孔隙度分别为 4.85%~7.08%, 4.05%~6.12%, 4.25%~5.15%。可见刺槐林地土壤各层非毛管孔隙度与所调查的油松林和侧柏刺槐混交林相比较是最大的, 从而对改良土壤的孔隙状况, 防止地表径流的形成, 增强土壤的水源涵养能力是最好的。所以, 从增强土壤水源涵养能力的角度出发, 在当地营造刺槐林是较为适宜的。

4 结论与建议

(1) 各林分的密度对林分生长状况、林下草本植物的多样性、林地土壤物理性质都有显著影响。与所调查的同类型林分相比, 当刺槐纯林密度为 1 325 株/hm²、油松林密度为 1 733 株/hm²、侧柏刺槐混交林密度为 2 089 株/hm² 时, 林分生长状况最好, 林下草本植物的多样性最大, 林地土壤物理性质最优, 因此, 建议作为蔡家川人工林栽植的典型密度模式。

(2) 黄土高原水土流失严重, 而地表枯落物对防止表层土壤侵蚀, 吸收、拦蓄、过滤地表径流有着重要作用, 因此在黄土高原为了防治土壤表层溅蚀和控制

水土流失, 营造水土保持防护林时密度则应当适当提高一些, 刺槐林可控制在 2 133 株/hm² 左右, 油松林可控制在 2 222 株/hm² 左右, 混交林应该控制在 2 356 株/hm² 左右。

(3) 林分密度通过改变林下光照条件、林地土壤温度、土壤水分以及土壤营养元素分配等小环境来限制林下植物种类、数量。侧柏刺槐混交林林下草本植物多样性和均匀度变化范围分别在 2.89~3.11 和 0.78~0.8, 与所调查的刺槐、油松纯林相比这两项指数均为最大。因此从增加地表植物多样性的角度出发, 应营造侧柏刺槐混交林。

(4) 刺槐林地土壤各层非毛管孔隙度最大, 表层 0—20 cm 可达 9.77%~10.56%, 刺槐林对改良土壤的非毛管孔隙度, 增强土壤的水源涵养能力与所调查的油松和混交林相比是最好的。就增强土壤水源涵养能力的角度出发, 建议在当地营造刺槐林。

[参 考 文 献]

- [1] 温佐吾, 谢双喜, 周远超, 等. 造林密度对马尾松林分生长、木材造纸特性及经济效益的影响[J]. 林业科学, 2000, 36(S1): 36-43.
- [2] 揭建林, 骆昱春, 龙蔚, 等. 南岭山地杉木人工林密度试验研究[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(2): 402-802.
- [3] 魏占才. 长白落叶松人工林林分模型的应用[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(4): 22-33.
- [4] 张彩琴, 郝敦元, 李海平. 人工林林分密度最优控制策略的数学模型[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(2): 24-26.
- [5] 黄家荣. 一个新的林分经营密度最优控制模型[J]. 林业科技, 2000, 25(6): 10-12.



图 4 农村土地流转信息系统主界面

3 结语

农地流转具有数据量多、准确性要求高、手续繁杂和变更频繁等特点,因此传统的手工管理是无法满足需求的。基于 GIS 技术建立的农村土地流转信息系统虽然不能完全取代手工作业,但可以有效地管理农地流转中的权属与变更等信息,通过图形与属性信息直观地反应区域农地流转的规律性和趋势,并能够对农地流转实施动态的监测和管理,可以实现对农地流转的智能分析,并辅助相关主体进行决策。目前,我国的农村土地使用制度正在进一步的完善之中,网络技术特别是和 GIS 结合的 WebGIS 技术参与到土地利用管理中,是农地管理发展的必然。

(上接第 71 页)

[6] 刘君然. 林分密度理论及应用[M] (1版). 北京: 中国林业出版社, 1994: 9-27.

[7] 陈光彩, 郝士成, 李怡, 等. 麻池背油松天然林分生长结构的研究[J]. 山西林业科技, 2004(4): 10-13.

[8] 鲁绍伟, 刘凤芹, 余新晓, 等. 北京山区不同密度油松结构与功能研究[J]. 水土保持研究, 2008(1): 117-121.

[9] 刘晓红, 李校, 彭志杰. 生物多样性计算方法的探讨[J]. 河北林果研究, 2008(2): 166-168.

[10] 吴钦孝, 赵鸿雁, 刘向东, 等. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 23-28.

[11] 鲁绍伟, 杨新兵, 谷建才, 等. 华北土石山区土壤水分物理特征研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(4): 217-220.

[参 考 文 献]

- [1] 刘芙. 关于农村土地流转制度的法律思考[J]. 农业经济, 2005(11): 28.
- [2] 王建龙. 集体建设用地流转过程中存在的问题与改进思路[J]. 浙江国土资源, 2005(11): 25-26.
- [3] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-2.
- [4] 钟耳顺. 地理信息系统应用与社会背景分析[J]. 地理研究, 1995, 14(2): 91-96.
- [5] 李德仁. 数字省、市在国土规划与城镇建设中的作用[J]. 测绘学, 2002(1): 16-21.
- [6] 陈龙高, 吴长虹, 陈龙乾. GIS 支持下的农地流转管理信息系统设计与开发关键技术研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(16): 7037-7038.
- [7] 邬伦, 任伏虎. 地理信息系统教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 1994: 1-3.
- [8] 郑江玲. 地理信息系统(GIS)软件技术[J]. 四川测绘, 2002, 25(1): 20-27.
- [9] 许捍卫, 冯学智. 空间数据存储机制研究[J]. 计算机应用研究, 2003(2): 39-40.
- [10] 林彤, 张载鸿, 李红臣. 工作流系统中过程模型用研究[J]. 计算机应用, 2002, 22(6): 13-16.
- [11] 陈龙高, 陈龙乾, 景海涛, 等. 农地流转综合管理信息系统设计与开发[J]. 农机化研究, 2008(8): 78-80.
- [12] 李红玲. 基于 GIS 的城镇土地分等定级研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2005(5): 46-49.

[12] 金雁海, 伊敏, 郑明军, 等. 大青山南坡人工油松林水土保持效益研究[J]. 水土保持研究, 1998, 5(3): 129-134.

[13] 韩庆民, 王礼先, 洪惜英. 山西省吉县人工油松林水土保持效益研究[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(4): 17-25.

[14] 侯喜禄, 曹清玉, 白岗桢. 陕北黄土区不同森林类型水土保持效益的研究[J]. 西北林学院学报, 1994, 9(2): 20-24.

[15] 王莉, 张强, 牛西午, 等. 黄土高原丘陵区不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(4): 53-56.

[16] 鞠洪韬, 曲金伟, 赵德珠, 等. 浅谈土壤耕层容重对玉米产量的影响[J]. 农业与技术, 2007(6): 81-83.