

金桃,安艳玲,谢元贵,等.清水江流域地形因子对土地利用变化的影响[J].江苏农业科学,2018,46(6):263-267.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.068

# 清水江流域地形因子对土地利用变化的影响

金桃<sup>1,2</sup>,安艳玲<sup>3</sup>,谢元贵<sup>1,2</sup>,廖小锋<sup>1,2</sup>,胡伟<sup>1,2</sup>,谢刚<sup>1,2</sup>

(1. 贵州省山地资源研究所,贵州贵阳 550001; 2. 贵州省山地资源研究所有限公司,贵州贵阳 550001;

3. 贵州理工学院,贵州贵阳 550001)

**摘要:**地形因子是众多自然因素中对土地利用影响程度较大的因素之一,直接影响土地利用方式,并在一定程度上影响土地利用的演变过程。以清水江流域为研究区,基于遥感影像和数字高程模型数据,综合运用遥感和地理信息系统技术,获得流域 2002、2013 年的土地利用现状图和流域地形图(海拔、坡度、坡向、坡位),借助空间叠加分析,对海拔、坡度、坡向和坡位等地形因子与土地利用变化进行相关性分析。结果表明:近 10 年来清水江流域有林地面积减少幅度较大,减少量约占流域总面积的 6.7%;土地利用变化程度因海拔、坡度、坡向和坡位等地形因子等级的不同而不同;研究区土地利用变化主要发生在海拔  $< 1\,500\text{ m}$ 、坡度  $5^\circ \leq S < 25^\circ$  的地区;海拔对建筑用地变化有显著影响,坡向对未利用地变化有显著影响,其他地形因子对各土地利用斑块类型变化有不同程度的影响,但影响不显著;不同类型土地利用变化受同一地形因子影响的程度存在差异,相同土地利用类型变化对各地形因子的响应也不同。

**关键词:**地形因子;土地利用变化;相关分析;DEM

**中图分类号:** X87;F323.211

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2018)06-0263-04

土地利用是人类社会经济活动与自然生态环境相互作用最为密切的环节<sup>[1]</sup>,自 20 世纪 90 年代以来,关于土地利用/覆被变化的研究已成为全球环境变化与可持续发展的前沿领域<sup>[2-3]</sup>。我国以往关于土地利用的研究多侧重于对面积变化、转化、土地利用格局驱动力的探讨,或从景观尺度上通过土地利用程度指数、土地利用动态度等指标对土地利用时空变化进行研究<sup>[4-7]</sup>。然而,从自然环境背景方面探讨土地利用及其时空变化的研究还相对较少<sup>[1,8]</sup>。

地形因子是众多自然因素中对土地利用影响程度最大的因素之一,不仅为土地利用格局的形成提供基础,而且影响土地利用的演变过程<sup>[9-11]</sup>。高程、坡度、坡向等地形因子影响土地利用的空间分布、作物种植、旱涝水土流失状况及石漠化程度等<sup>[8,12-14]</sup>。分析地形因子对土地利用变化的影响,有助于深入了解引起土地利用变化的驱动机制,对优化土地资源配置具有指导意义<sup>[8-10]</sup>。本研究以贵州省清水江流域为研究区,基于数字高程模型(digital elevation model,简称 DEM)数据及遥感影像数据,综合运用遥感(remote sensing,简称 RS)和地理信息系统(geographic information system,简称 GIS)

技术,定量分析清水江流域的土地利用变化及其与地形因子之间的相关性,以期为流域内土地利用的合理配置提供参考。

## 1 研究区概况

清水江流域(贵州段)是洞庭湖沅江水系的上游干流河段,地处云贵高原向湘桂丘陵过渡的斜坡地带,位于贵州省东南部,横跨黔南州和黔东南州;清水江在贵州省境内长 459 km,流域面积 17 145 km<sup>2</sup>;流域多年平均流量 355 m<sup>3</sup>/s,总落差 1 275 m,平均比降 0.397%<sup>[15-16]</sup>。

清水江流域属亚热带季风湿润气候区,气候温暖湿润,年平均气温 14~18℃,多年平均降水量为 1 050~1 500 mm,降水时空分布不均,主要集中在 5—10 月。流域岩溶发育较弱,多为中低山剥蚀、溶蚀地貌和剥蚀溶蚀河谷地貌,在锦平、天柱、黎平等一带,多为低山、丘陵、河谷盆地常态地貌。山体岩石主要由碎屑岩组成,山体大、切割深,常形成脊状山。流域内海拔标高多为 500~1 100 m,最高点在天柱山(2 178.8 m),最低点在天柱县清水江出境河口处(206.0 m)。

清水江流域内的土壤类型主要为黄壤、红壤、黄棕壤、紫色土及黑色石灰土,其中黄壤主要分布在海拔为 500~1 000 m 的山地;红壤主要分布在海拔为 500 m 以下的丘陵盆地,如天柱、锦平、黎平等县;黄棕壤分布在海拔为 1 500~1 800 m 的雷公山、佛顶山等地;紫色土主要分布在施秉县及天柱县蓝田镇等地;黑色石灰土主要分布在都匀市、福泉市、凯里市、麻江县、丹寨县、黄平县、施秉县等地。流域内植被类型较多,以常绿阔叶林和落叶阔叶林为主。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源与预处理

数据来源包括:(1)研究区 2002 年专题绘图仪(thematic mapper,简称 TM)影像及 2013 年陆地成像仪(operational land

收稿日期:2016-10-13

基金项目:贵州省自然科学基金(编号:黔科合 SY 字[2013]3133、黔科合 J 字[2013]2130 号);贵州省科技厅项目(编号:黔科合计 Z 字(2012)4012);贵州省国土厅财政专项科研项目;贵州科学院人才团队建设项目;贵州科学院青年基金(编号:黔科院 J 合字[2017]19 号);贵州省科技攻关计划(编号:黔科合 SY 字[2009]3084、黔科合 SY 字[2013]3169)。

作者简介:金桃(1988—),女,贵州长顺人,硕士,助理研究员、工程师,主要从事流域污染治理、土地资源利用及管理研究。E-mail:kingtouch@qq.com。

通信作者:安艳玲,博士,教授,主要研究方向为流域治理与管理。E-mail:409635056@qq.com。

imager, 简称 OLI) 遥感影像, 分辨率均为 30 m; (2) 1:1500 000 贵州省政区图; (3) 遥感影像判读标志野外调查数据; (4) 下载于 <http://srtm.csi.cgiar.org/> 的 DEM 数据, 分辨率为 90 m。首先, 借助 ERDAS Imagine 9.1 (简称 ERDAS) 遥感处理软件, 利用多项式模型对遥感影像进行几何校正 (校正时均方根误差控制在 0.5 个象元内)、影像拼接、影像裁剪, 生成研究区的遥感影像图。根据研究区遥感影像, 对 DEM 图进行图像配准, 以便进行空间叠加分析。

## 2.2 地形因子的提取

基于 90 m 分辨率的 DEM 数据, 通过 ERDAS Imagine 9.1 和 Arcview GIS 3.2 (简称 Arcview) 软件提取海拔图、坡度图、坡向图和坡位图。将研究区海拔分成 6 个连续海拔带 (图 1), 由于流域内海拔标高多为 500 ~ 1 100 m, 因此在 500 ~ 1 000 m 以 250 m 为间隔, 其余的以 500 m 为间隔; 参考《第二次全国土地调查技术规范》, 并根据研究区实际情况, 对研究区坡度采用 7 级坡度分级法<sup>[17]</sup>进行分级, 分别是  $S < 3^\circ$ 、 $3^\circ \leq S < 5^\circ$ 、 $5^\circ \leq S < 8^\circ$ 、 $8^\circ \leq S < 15^\circ$ 、 $15^\circ \leq S < 25^\circ$ 、 $25^\circ \leq S < 35^\circ$ 、 $S \geq 35^\circ$  (图 2); 研究区的坡向采用 5 类坡向分级法<sup>[18]</sup>进行分级, 分别为无坡、阳坡、阴坡、半阳坡、半阴坡 (图 3); 采用 Arcview 坡位分析模块地形位置指数 (topographic position index, 简称 TPI) 中自带的 4 级分类法<sup>[12]</sup>进行坡位分级, 分别为沟谷、缓坡、陡坡和山脊 (图 4)。

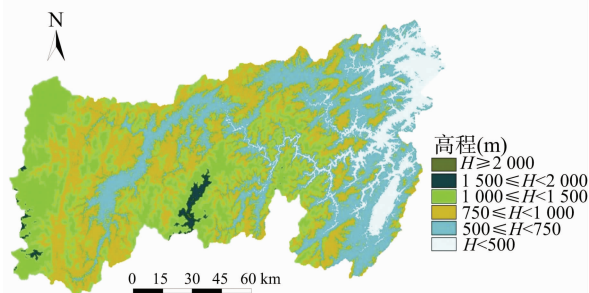


图1 海拔分带

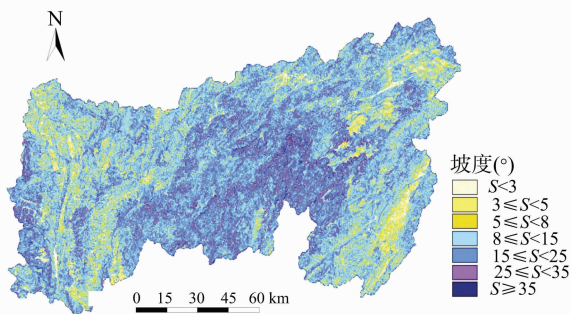


图2 坡度分带

## 2.3 土地利用分类

在 ERDAS 软件中, 利用监督分类与人工目视判读解译相结合, 并辅以 2013 年野外调查数据对解译结果进行修正。根据 GB/T 21010—2007《土地利用现状分类》<sup>[19]</sup>, 并结合研究区实际情况及 TM、OLI 遥感影像的实际可识别能力, 将土地利用分为有林地、灌木林地 (包括疏林地和其他林地)、草地、水域、耕地、建筑用地及未利用地等 7 类 (图 5、图 6)。

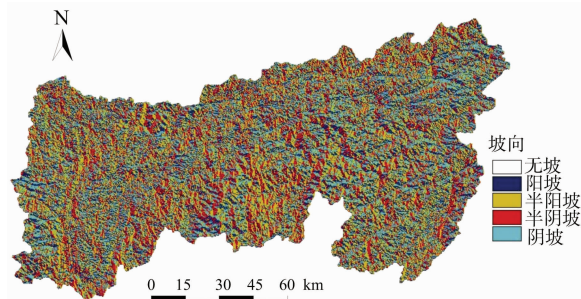


图3 坡向

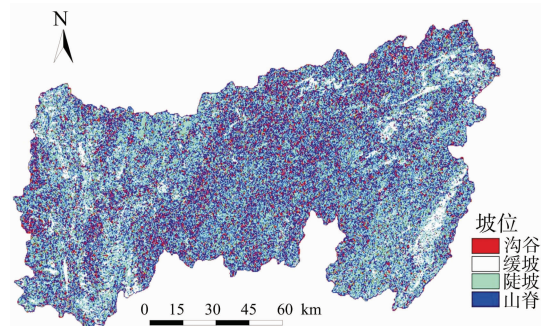


图4 坡位

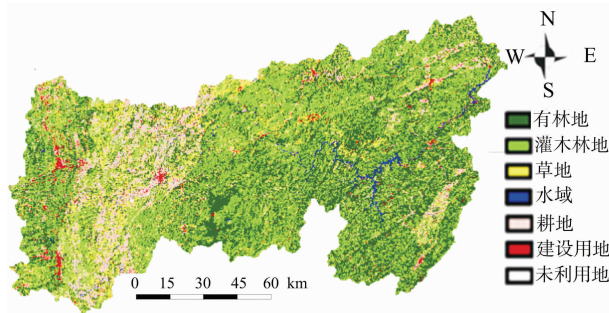


图5 2002年土地利用现状

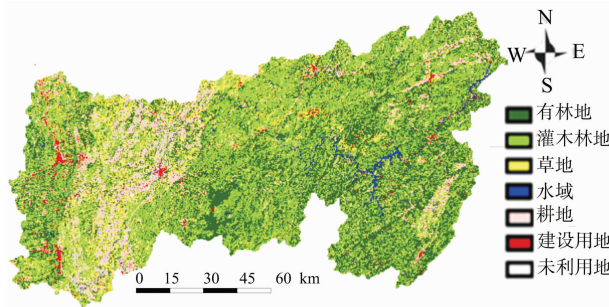


图6 2013年土地利用现状

2013 年土地利用解译精度达到 92.6%, 2002 年为 86.3%。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用变化

本研究以 2 个时期的土地利用图为基础, 通过 ERDAS 软件的统计分析功能, 得到研究区在 2 个时期土地利用类型的面积及其在研究区中所占的面积比例。从表 1 可以看出, 2 个时期的土地构成状况基本一致, 其中面积最大的为有林地, 分别占研究区总面积的 50.26%、43.55%; 面积最小的为水

域,分别占研究区总面积的 0.75%、0.76%;2 个时期各种土地利用类型的面积比例大小顺序为有林地>灌木林地>耕地>草地>水域。2002—2013 年,面积减少的土地利用类型为有林地、未利用地,其中有林地减少幅度较大,减少量约占研究区总面积的 6.71%;其他土地利用类型的面积均不同程度的增加,其中增加幅度最大的为灌木林地,增加量约占研究区总面积的 2.71%,草地增加幅度次之,增加量约占研究区总面积的 2.40%。

表 1 研究区土地利用面积及面积比例

土地利用类型	面积(hm <sup>2</sup> )		面积比例(%)		变化趋势
	2002 年	2013 年	2002 年	2013 年	
有林地	841 641.0	729 214.0	50.26	43.55	减少
灌木林地	406 650.0	452 017.6	24.28	26.99	增加
草地	109 939.0	150 077.0	6.56	8.96	增加
水域	12 595.9	12 807.2	0.75	0.76	增加
耕地	162 082.0	175 888.0	14.84	15.57	增加
建筑用地	21 133.4	36 284.5	1.26	2.17	增加
未利用地	34 093.3	33 312.2	2.04	1.99	减少

表 2 各海拔带的土地利用变化构成

海拔(m)	有林地	灌木林地	草地	水域	耕地	建筑用地	未利用地
$H<500$	9.70	6.25	16.65	21.65	5.14	27.59	0.50
$500\leq H<750$	29.64	24.10	42.49	51.64	21.50	41.88	16.39
$750\leq H<1\,000$	40.95	36.22	32.35	23.60	45.48	25.71	47.40
$1\,000\leq H<1\,500$	19.27	30.03	8.24	3.11	27.75	4.70	35.06
$1\,500\leq H<2\,000$	0.44	3.35	0.26	0.00	0.13	0.10	0.65
$H\geq 2\,000$	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00

3.2.2 各坡度带的土地利用变化 由表 3 可以看出,在坡度为  $5^{\circ}\leq S<25^{\circ}$  范围内,各土地利用类型变化幅度较大,均占各土地利用类型变化的 60% 以上。在  $8^{\circ}\leq S<15^{\circ}$ 、 $15^{\circ}\leq S<25^{\circ}$  等 2 个坡度等级上,除建筑用地在  $15^{\circ}\leq S<25^{\circ}$  的变化幅度为 20.08% 外,其余的变化幅度均达到 30% 左右。在坡度  $\geq 35^{\circ}$  的地区,各土地利用变化幅度较小,其中草地、水域、

3.2 土地利用变化与地形因子的相关性分析

为研究土地利用类型变化与地形因子之间的相关性,利用 2 个时期土地利用现状图,在 ERDAS 中生成土地利用变化图,在 Arcview 中,利用土地利用变化图与海拔、坡度、坡向及坡位等图进行叠加,获得属性数据库(表 2 至表 5)。利用 SPSS 软件对这些属性数据库进行相关性分析,得到土地利用类型与海拔、坡度、坡向及坡位等地形因子之间的相关性(表 6)。

3.2.1 各海拔带的土地利用变化 由表 2 可知,近 10 年来,各土地利用类型动态变化主要发生在海拔  $<1\,500\text{ m}$  的地区,尤其在  $500\leq H<750\text{ m}$ ,草地、水域及建筑用地的变化幅度均在 40% 以上,说明近 10 年来此地区土地利用变化较激烈,且人为因子可能是导致其激烈变化的原因。而在海拔  $\geq 1\,500\text{ m}$  的区域,各土地利用类型变化较小甚至无变化。由表 6 可知,各土地利用类型变化与海拔之间存在不同程度的负相关性,说明海拔对各土地利用类型变化有不同程度的影响。其中,建筑用地变化与海拔存在显著负相关关系,即随着海拔的增加,建筑用地变化幅度减小。

耕地、建筑用地、未利用地几乎无变化。由表 6 可知,坡度与有林地、灌木林地及未利用地的变化之间呈正相关关系,与草地、水域、耕地及建筑用地变化呈负相关关系,均未达到显著水平;说明坡度对各土地利用类型变化的影响较小,且随着坡度的增加,有林地、灌木林地及未利用地的变化幅度呈增大趋势,草地、水域、耕地及建筑用地变化幅度呈减小趋势。

表 3 各坡度带的土地利用变化构成

坡度(°)	有林地	灌木林地	草地	水域	耕地	建筑用地	未利用地
$S<3$	3.61	2.82	6.86	7.46	6.10	11.18	5.11
$3\leq S<5$	6.10	4.87	9.94	8.83	8.68	13.59	7.37
$5\leq S<8$	11.92	10.30	16.71	14.73	15.16	19.45	14.14
$8\leq S<15$	31.51	30.93	35.19	31.61	35.04	30.53	35.10
$15\leq S<25$	33.60	36.17	25.50	27.13	28.08	20.08	30.68
$25\leq S<35$	11.03	12.63	5.80	10.24	6.95	5.18	7.61
$S\geq 35$	2.22	2.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.2.3 各坡向的土地利用变化 由表 4 可知,在无坡地区,各土地利用类型斑块变化幅度较小。而在其他 4 个坡向上,各土地利用类型变化幅度差异不大。由表 6 可知,坡向与未利用地变化呈显著正相关关系,与其他土地利用类型变化具有一定的正相关性,但不显著;说明坡向对各土地利用类型变化有一定影响,其中对未利用地变化影响显著,随着坡向由阴转阳,各土地利用类型变化幅度整体上呈增加趋势。

3.2.4 各坡位的土地利用变化 由表 5 可以看出,在缓坡处,除建筑用地外,其他各土地利用类型变化幅度较小。沟谷

处的各土地利用类型变化较陡坡处大。由表 6 可知,建筑用地及水域变化幅度与坡位呈弱负相关关系,即一个坡面上自坡底到坡顶,建筑用地及水域变化幅度呈减小趋势,且弱负相关。说明坡位对建筑用地及水域变化影响不大。有林地、灌木林地、草地、耕地、未利用地与坡位呈弱正相关关系,即从坡底到坡顶,有林地、灌木林地、草地、耕地斑块类型变化幅度呈增加趋势。

3.3 土地类型变化对各地形因子的响应

综合“3.2”节分析可知,相同土地利用类型变化对各地

表 4 各坡向上的土地利用变化构成 %

坡向	有林地	灌木林地	草地	水域	耕地	建筑用地	未利用地
无坡	1.07	0.91	0.60	1.29	0.36	0.65	0.54
半阴坡	22.89	20.52	23.92	26.58	20.89	22.52	18.66
阴坡	25.24	23.03	24.50	27.93	23.68	26.44	20.88
半阳坡	25.30	27.77	23.54	22.57	27.74	26.38	30.71
阳坡	25.50	27.77	27.45	21.63	27.33	24.02	29.21

表 5 各坡位上的土地利用变化构成 %

坡位	有林地	灌木林地	草地	水域	耕地	建筑用地	未利用地
缓坡	5.88	4.02	11.15	12.02	9.36	20.62	7.84
沟谷	32.28	35.25	32.77	33.42	32.83	29.32	31.21
陡坡	26.41	26.12	26.88	26.07	27.60	24.86	28.44
山脊	35.44	34.60	29.20	28.50	30.21	25.20	32.51

表 6 土地利用变化构成与地形因子之间的相关性

地形因子	相关系数						
	有林地	灌木林地	草地	水域	耕地	建筑用地	未利用地
海拔	-0.512	-0.346	-0.715	-0.751	-0.315	-0.868 *	-0.163
坡度	0.163	0.223	-0.125	-0.049	-0.053	-0.377	0.100
坡向	0.762	0.867	0.770	0.537	0.848	0.731	0.911 *
坡位	0.292	0.178	0.068	-0.010	0.126	-0.295	0.273

注：“\*”表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

形因子的响应不同。有林地变化在一定程度上受坡向、海拔影响,而坡度、坡位对有林地变化的影响较小;灌木林地的变化在一定程度上受到坡向的影响,海拔、坡度、坡位对灌木林地的影响较小;草地、水域的变化在一定程度上受海拔、坡向影响;耕地变化在一定程度上受坡向影响,略受海拔影响;建筑用地斑块变化受海拔影响较为显著,坡向由阴转阳对建筑用地变化有一定程度的影响;未利用地变化受坡向影响较为显著。

4 结论与讨论

本研究在 TM、OLI 遥感影像及 DEM 数据的基础上,综合运用 RS、GIS 技术,通过对 2002、2013 年清水江流域海拔、坡度、坡向和坡位对土地利用变化的影响进行叠加及相关性分析,得出如下结论。

在 2002—2013 年间,清水江流域土地利用变化主要表现为有林地、未利用地的面积减少,灌木林地、草地、耕地、水域及建筑用地的面积增加。其中,有林地减少幅度较大,减少量约占整个流域面积的 6.71%;灌木林地及草地增加幅度次之,分别占研究区的 2.71%、2.40%。当地人们的生活习惯、人口的增长及现代经济社会的发展,可能是清水江流域有林地面积减少的主要原因<sup>[16,20-21]</sup>。

土地利用变化程度随海拔、坡度、坡向和坡位等地形因子等级的不同而不同,土地利用变化主要发生在在海拔为小于 1 500 m 和坡度 5°≤S<25°之间的区域。在无坡及缓坡地区,土地利用变化幅度较小。近 10 年来,在海拔为 500 ~ 750 m,坡度为 8°≤S<25°地区,土地利用变化较激烈。

随着海拔的升高,建筑用地变化幅度显著减小。随着坡向由阴转阳,未利用地变化幅度显著增加。其他地形因子对各土地利用斑块类型变化有不同程度的影响,但均不显著。

清水江流域土地利用变化明显受地形因子的影响,不同土地利用类型变化受同一地形因子影响的程度存在差异,相

同土地利用类型变化对各地形因子的响应不同。本研究分析得出的土地利用变化与各地形因子之间的关系,可为土地利用的合理配置提供一定的科学依据,但本研究未对各地形等级下的土地利用类型之间的转换进行深入分析,下一步将重点研究各地形等级下土地利用类型间的相互转换关系。

参考文献:

[1] 崔步礼,李小雁,姜广辉,等. 基于 DEM 的山地丘陵区土地利用/覆被研究——以青海湖流域为例[J]. 自然资源学报,2011,26(5):871-880.

[2] 刘纪远,徐新良,庄大方,等. 20 世纪 90 年代 LUCC 过程对中国农田光温生产潜力的影响——基于气候观测与遥感土地利用动态观测数据[J]. 中国科学(D 辑:地球科学),2005,35(6):483-492.

[3] 李丽娟,杨俊伟,姜德娟,等. 20 世纪 90 年代无定河流域土地利用的时空变化[J]. 地理研究,2005,24(4):527-534.

[4] 陈百明,张凤荣. 我国土地利用研究的发展态势与重点领域[J]. 地理研究,2011,30(1):1-9.

[5] 陈永林. 基于 3S 技术的土地利用研究进展与展望[J]. 赣南师范学院学报,2014(3):121-124.

[6] 刘 颂,郭菲菲,李 倩. 我国景观格局研究进展及发展趋势[J]. 东北农业大学学报,2010,41(6):144-152.

[7] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. 地理学报,2014,69(1):54-63.

[8] 王宗明,宋开山,刘殿伟,等. 地形因子对三江平原土地利用/覆被变化的影响研究[J]. 水土保持通报,2008,28(6):10-15.

[9] 李 丹,刘丹丹,赵金祥. 基于 DEM 的山区土地利用变化分析[J]. 水土保持研究,2014,21(1):66-70.

[10] 韩建平,贾宁凤. 土地利用与地形因子关系研究——以砖窑沟流域为例[J]. 中国生态农业学报,2010,18(5):1071-1075.

[11] 陈 丹,周启刚,何昌华,等. 重庆山地都市区 1985—2010 年土地利用变化地形特征分异研究[J]. 水土保持研究,2013,20

施 妍,陈芳清. 日本落叶松林凋落物对狗牙根、胡枝子种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(6):267-270.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.069

# 日本落叶松林凋落物对狗牙根、胡枝子种子萌发和幼苗生长的影响

施 妍,陈芳清

(三峡大学生物与制药学院,湖北宜昌 443002)

**摘要:**以狗牙根和胡枝子为受体植物,通过种子萌发与幼苗生长试验,研究外来引进树种日本落叶松林凋落物对本地物种可能存在的化感作用,探讨日本落叶松林物种多样性低下的原因。以不同浓度的日本落叶松林凋落物水浸液对狗牙根、胡枝子种子进行处理,利用人工气候箱进行萌发生长试验,通过观察与分析不同处理间种子萌发及幼苗生长的差异,揭示日本落叶松凋落物潜在的化感作用。结果表明,日本落叶松林凋落物水浸液对狗牙根、胡枝子的种子萌发率、萌发指数和幼苗的根长、茎长和生物量有着显著影响。其中,狗牙根随着处理浓度的增加各试验指标呈现先促进后抑制的作用,与对照相比,最大的抑制率分别达到 28.67%、31.35%、53.29%、40.23%、34.72%;胡枝子的各试验指标随处理浓度增加呈明显的受抑制作用,与对照相比,上述各试验指标的最大的抑制率分别达到 67.50%、70.79%、55.35%、44.44%、34.55%。相对而言,胡枝子种子萌发与幼苗生长对日本落叶松凋落物的化感响应强于狗牙根。日本落叶松林凋落物中的化感物质对狗牙根和胡枝子的种子萌发和幼苗生长存在一定的化感效应,其中对胡枝子的影响要强于狗牙根。凋落物的化感作用是影响日本落叶松林物种多样性的关键因素之一,在今后的日本落叶松营林管理中,可通过间伐等方式来减少日本落叶松的化感作用和荫蔽作用,促进其他物种的定居与林分更新。

**关键词:**日本落叶松;凋落物;狗牙根;胡枝子;种子萌发;幼苗生长;生物量

**中图分类号:**S791.223.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)06-0267-04

日本落叶松(*Larix kaempferi*)是我国重要的外来树种,自其引入到鄂西地区以来,表现出良好的适应性和速生性<sup>[1]</sup>。外来优良树种的引进是林业生产建设和森林植被恢复方面的重要措施,但外来树种的引进对森林的物种多样性和养分循环具有重要的影响<sup>[2]</sup>。野外调查与相关研究显示,大老岭自然保护区日本落叶松的引种栽培对群落的物种多样性有重大的影响,群落内少有本地物种的定居和生长,且群落内的土壤

微生物与多样性以及凋落物养分归还和土壤养分含量也受到影响<sup>[3-4]</sup>。

凋落物可以通过物理阻断和化感作用,抑制林下植物种子萌发而影响其更新<sup>[5]</sup>。针叶树种凋落的针叶和树皮通常是其化感作用的主要成分,开展其凋落物化感作用的研究对林分的天然更新和人工营林具有重要的意义<sup>[6]</sup>。由于种子萌发与幼苗生长是植物生活史中对外界条件反应最为敏感的阶段,化感作用的研究主要是通过观测受体植物种子萌发和幼苗生长对化感物质的响应来进行<sup>[7-8]</sup>。目前关于日本落叶松林物种多样性的研究尚不多见,是否是凋落物的化感作用导致其物种多样性低下也无定论。本研究选取该地区常见的林下草本植物狗牙根(*Cynodon dactylon*)和灌木胡枝子(*Lespedeza formosa*)为研究对象,通过研究日本落叶松林凋落物水浸液对该 2 种植物种子萌发和幼苗生长的影响,探讨

收稿日期:2016-07-28

基金项目:科技部科技基础性工作专项(编号:2015FY1103002)。

作者简介:施 妍(1984—),女,湖北宜昌人,硕士,主要从事日本落叶松凋落物研究。E-mail:9722049@qq.com。

通信作者:陈芳清,教授,博士生导师,主要从事植物生理学和生态学研究。E-mail:fqchen@ctgu.edu.cn。

(5):210-215,220.

[12]张盼盼,胡远满,肖笃宁,等. 地形因子对喀斯特高原山区潜在石漠化景观格局变化的影响分析[J]. 土壤通报,2010(6):1305-1310.

[13]李瑞玲,王世杰,熊康宁,等. 贵州省岩溶地区坡度与土地石漠化空间相关分析[J]. 水土保持通报,2006,26(4):82-86.

[14]冯朝阳,于 勇,高吉喜,等. 地形因子对京西门头沟区土地利用/覆盖变化的影响[J]. 山地学报,2007,25(3):274-279.

[15]赖炯萍. 清水江流域水污染综合整治经济效益分析[D]. 贵阳:贵州师范大学,2008.

[16]周秉正,王会香,申 鹏. 清水江流域的生态环境变迁与可持续发展[J]. 三峡环境与生态,2000,22(6):14-16.

[17]汤国安,宋 佳. 基于 DEM 坡度图制图中坡度分级方法的比较研究[J]. 水土保持学报,2006,20(2):157-160,192.

[18]解伏菊,肖笃宁,李秀珍,等. 大兴安岭北坡火烧迹地森林郁闭度恢复及其影响因子分析(英文)[J]. 林业研究,2005,16(2):125-131.

[19]中国土地勘测规划院,国土资源部地籍管理司. 土地利用现状分类:GB/T 21010—2007[S]. 北京:国土资源部,2007.

[20]马国君,罗康智. 清水江流域林区时空分布及树种结构变迁研究[J]. 原生态民族文化学刊,2013,5(3):1-13.

[21]张 敏. 清水江流域林业生态文化研究[C]//“改革开放 30 年与贵州社会发展”学术研讨会暨贵州省社会学学会 2008 年学术年会. 贵阳,2008.