

祝冰洁,王 刚,何晓燕,等. 1985—2014 年大清河山区土地利用结构变化及其驱动力分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):283–291.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2020.22.051

# 1985—2014 年大清河山区土地利用结构变化及其驱动力分析

祝冰洁<sup>1,2</sup>, 王 刚<sup>1,2</sup>, 何晓燕<sup>1,2</sup>, 周 旷<sup>3</sup>, 翁白莎<sup>1</sup>, 付晓娣<sup>1,2</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心, 北京 100038;

3. 中水移民开发中心, 北京 100011)

**摘要:**基于 1985 年、2000 年、2014 年 3 期土地利用数据,对大清河山区长期土地利用的时空格局变化特征进行分析,并讨论土地利用变化的自然背景及经济社会因素。结果表明,大清河山区各土地利用类型在 1985—2000 年总体保持稳定,而在 2000—2014 年变化较快;耕地面积持续减少,城乡、工矿及居民用地面积持续增加,尤其 2000 年以来快速增长;林地规模总体不变,但其构成在 2000—2014 年间发生明显变化,灌木林地大量转化为有林地,高覆盖草地面积比例也有所增加,林草地生态系统的稳定性增强;人类活动在大清河山区土地利用变化中起主导作用,在区域人口、经济持续增长背景下,林草地的变化在一定程度上反映了相关政策在生态建设方面取得的积极成效。

**关键词:**土地利用结构;时空格局变化;驱动力;大清河山区

**中图分类号:**F323.21      **文献标志码:**A      **文章编号:**1002–1302(2020)22–0283–08

土地利用/覆被变化(LUCC)是人类活动对地球表层系统影响的最直接表征<sup>[1]</sup>,其变化必然会引起自然水循环及其伴生的水化学过程、水生态过程和水沙过程发生变化,因而研究土地利用/覆被变化对水文系统、生态系统、洪水的影响具有重要意义,是全球环境变化与可持续发展研究的重要内容<sup>[2–8]</sup>。1992 年联合国制定的《21 世纪议程》标志着国际上关于土地利用变化的研究正式开启。1995 年国际地圈生物圈计划(IGBP)、国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)联合提出“土地利用/覆被变化”研究计划,进一步提出将土地利用过程、土地利用/覆被变化的自然及人文响应、全球和区域的综合模型作为研究主题,至此土地利用/覆被变化研究成为众多国际组织及国家全球变化研究的核心领域<sup>[9]</sup>。目前对土地利用/覆被变化研究主要集中在流域尺度,主要分析流域内土地利用/覆被的变化对区域水文循环、生态环境安全、洪水风险管理

的影响<sup>[10–16]</sup>;对于土地利用变化的评估一般采用动态变化度、趋势度、土地利用综合程度指数等指标进行评价以及利用因子分析法对其驱动力进行分析<sup>[17–20]</sup>。

生态建设等人类活动可快速改变土地利用/覆被变化的空间分布格局,或改变各类土地利用类型的转换速度与平衡状态<sup>[21]</sup>。20 世纪 80 年代中期以来,太行山区开展了大规模的绿化工程,而大清河山区是太行山的重要组成部分,通过土地利用变化分析,尤其是关注林草地规模、结构、布局的变化,可以评估山丘区生态建设成效。同时,充分挖掘和发挥林草地天然生态系统等绿色基础设施对水循环的调节作用,是最大限度减缓水患灾害,系统解决流域水问题的有效途径<sup>[22]</sup>。在大清河流域下游白洋淀地区有雄安新区,立足雄安新区的防洪安全,遵循水循环多过程在时间和空间上的水力联系,从流域尺度、全过程洪水风险防控角度,选取大清河山区作为研究区具有典型性,可作为进一步开展生态海绵流域建设、坡面–河道系统自然调节能力评估等研究的基础。

## 1 研究区概况

大清河山区位于海河流域中部、太行山区西北部,地跨晋、冀、京 3 省(市),地理坐标为 113°34′~

收稿日期:2020–01–08

基金项目:国家自然科学基金(编号:51809281)。

作者简介:祝冰洁(1995—),女,河南固始人,硕士研究生,主要从事水文预报研究。E-mail:563146168@qq.com。

通信作者:王 刚,博士,高级工程师,主要从事生态水文模拟与调控、水资源及水环境综合管理等研究。E-mail:wanggang@iwhr.com。

116°10'E,38°18'~40°03'N,总面积 1.85 万 km<sup>2</sup>,其中在河北省保定市行政范围内的面积超过 60%。大清河系均发源于太行山迎风坡,分南北 2 支,呈扇形分布。主要河流有南支的潞龙河、唐河、漕河、瀑河,以及北支的易水河、拒马河等。河道径流自西向东经王快、西大洋、横山岭、口头、龙门、安格庄等水库调节后下泄,进入大清河淀西平原区,由白洋淀、东淀等洼淀滞蓄后进入大清河流域淀东平原

区。太行山迎风区为我国大暴雨集中地带,加之土石山区地形陡峻、植被土壤条件差,使得发源于此的大清河系洪水具有陡涨陡落、洪峰高、历时短的特点,极易形成特大洪水。历史上曾发生“63·8”特大洪水,造成严重的洪涝灾害。从洪水发生链路、风险防控角度,上游山区生态建设在一定程度上关系到下游雄安新区的防洪安全。研究区位置、河流水系、行政区划等基本情况见图 1。

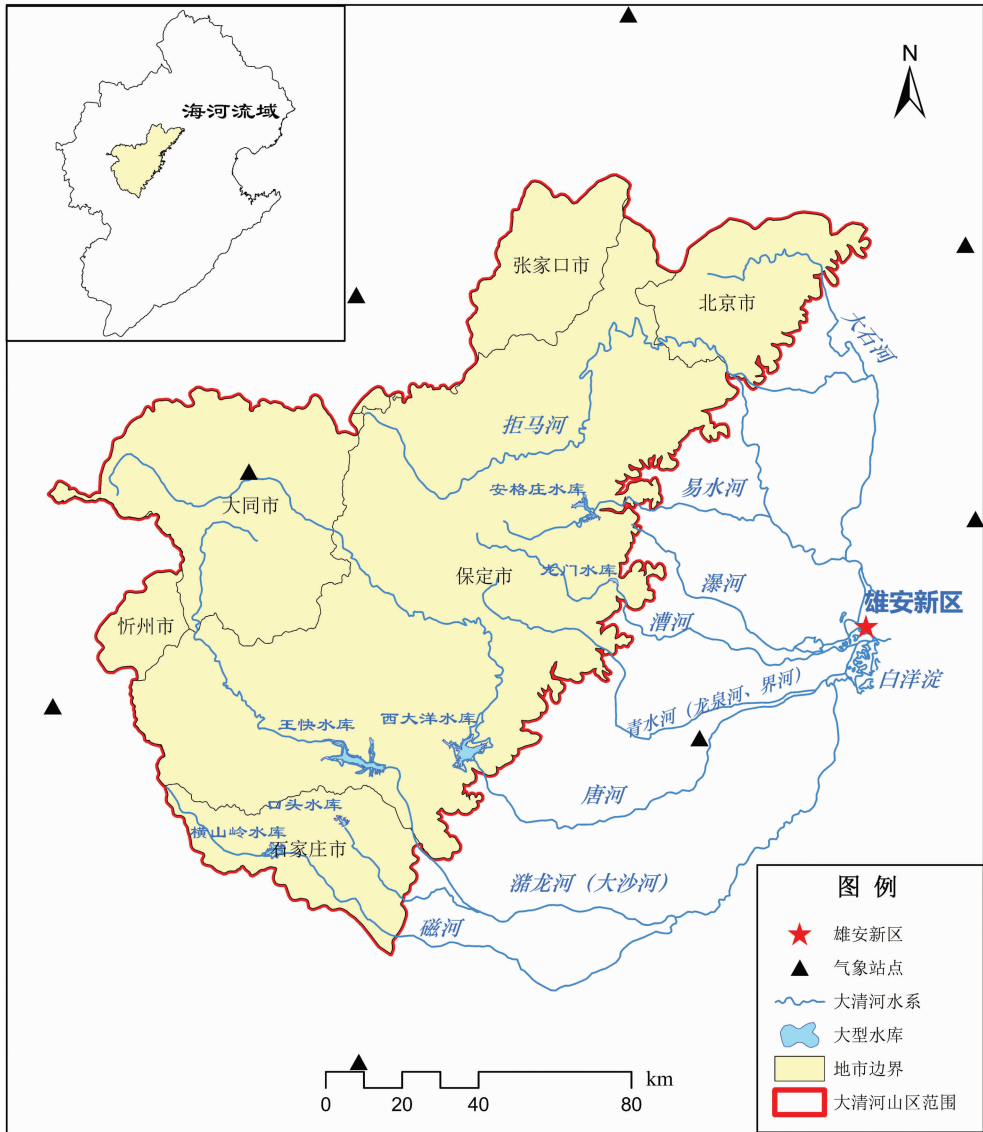


图1 研究区概况

2 材料与方法

2.1 数据来源

本研究使用的 1985 年、2000 年、2014 年 3 期 1 : 10 万矢量土地利用数据来自中国科学院资源环境科学数据中心;用于流域气象背景分析的流域及

周边地区 11 个气象站点 1960—2013 年的逐日气象数据,由国家气象中心提供;用于社会经济背景分析的保定市 1985—2014 年的人口、GDP 等资料,来自河北省统计局网站(<http://tjj.hebei.gov.cn/hetj/tjsj/>)。

## 2.2 研究方法

为了便于分析,按照我国现行土地利用分类标准,将研究区土地划分为耕地、林地、草地、水域、居工地(城乡、工矿、居民用地)、未利用土地等六大类。采用土地利用综合程度指数、动态度、转移矩阵、土地利用趋势与状态指数等分析大清河山区近 30 年的土地利用空间格局动态变化,采用景观格局指数评价研究区景观破碎化状况及态势。

**2.2.1 土地利用变化** 土地利用综合程度指数是一种将土地利用程度分级量化的分析方法,按土地类型赋予分级指数:未利用土地,分级指数为 1;林地、草地、水域,分级指数为 2;耕地、农工地分别为 3、4,计算公式如下:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i, L_a \in [100, 400]。 \quad (1)$$

式中: $L_a$  为土地利用综合程度指数; $A_i$  为第  $i$  级土地利用程度的分级指数; $C_i$  为第  $i$  级土地利用程度的分级面积百分比; $n$  表示土地利用程度级数。 $L_a$  值越大,表示土地利用程度越高,受人类活动影响越大。

土地利用转移矩阵来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述<sup>[23]</sup>,是分析土壤类型在一定时段内相互转移的一种有效工具。通过 ArcGIS 平台对土地利用数据进行两两叠加分析,对所得的数据进行统计分析,获得了土地利用转移矩阵。进而可以按如下方法计算土地利用动态度和土地利用趋势状态指数。

土地利用动态变化是以各类土地利用面积在时间序列上的变化为基础建立的分析方法,反映了区域土地利用变化的剧烈程度,单一土地利用动态度计算公式如下:

$$K = \frac{U_a - U_b}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%。 \quad (2)$$

式中: $K$  为研究时段内某一利用类型动态度; $U_a$ 、 $U_b$  为研究期末某一土地利用类型的面积; $T$  为研究时间,当  $T$  以年计时, $K$  值就是该研究区内某种土地利用类型的年变化率。

综合土地利用动态度计算公式如下:

$$L_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\%。 \quad (3)$$

式中: $L_c$  是研究区域土地利用综合动态度; $LU_i$  为研究起始时间第  $i$  类土地利用类型的面积; $\Delta LU_{i-j}$  为研究时段第  $i$  类土地转化为第  $j$  类土地利用类型面

积的绝对值。

土地利用趋势与状态指数又分为单一土地利用类型的趋势与状态指数、综合土地利用类型的趋势与状态指数,反映各土地类型变化或总体变化的方向,即不变、扩张或萎缩<sup>[24]</sup>。

单一土地利用类型的趋势与状态指数( $P_s$ )计算公式如下:

$$P_s = \frac{\Delta U_{in} - \Delta U_{out}}{\Delta U_{in} + \Delta U_{out}} (\Delta U_{in} + \Delta U_{out} \neq 0, -1 \leq P_s \leq 1)。 \quad (4)$$

式中: $\Delta U_{in}$  表示其他土地类型转为某种土地类型的总面积; $\Delta U_{out}$  表示某种土地类型转为其他类型的总面积; $P_s$  表示趋势指数,代表某种土地类型变化的状态和趋势。

综合土地利用类型的趋势与状态指数( $P_t$ )计算公式如下:

$$P_t = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in-i} - \Delta U_{out-i}|}{\sum_{i=1}^n (\Delta U_{in-i} + \Delta U_{out-i})} (0 < P_t \leq 1)。 \quad (5)$$

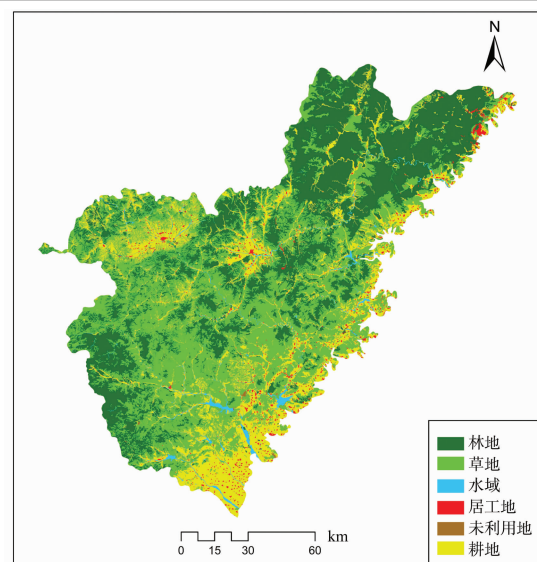
式中: $\Delta U_{in-i}$  表示其他土地类型转为某种土地类型的总面积; $\Delta U_{out-i}$  表示由某种土地类型转为其他类型的总面积; $P_t$  表示在整个研究区的土地变化状态和趋势。当  $0 < P_t \leq 0.5$  时,土地利用呈双向转化趋势并处于平衡状态;当  $0.5 < P_t \leq 1$  时,土地利用呈单向转化趋势并处于不平衡状态。

**2.2.2 景观格局变化** 景观格局指数是指能高度浓缩的景观格局信息,反映景观结构组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标<sup>[25]</sup>。景观格局分析分为 3 个水平的指数:斑块(Patch)、斑块类型(Class)、景观(landscape),本研究从景观水平上选择 4 个指数:景观分裂指数(Division)、分离度(SPLIT)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)作为评价指标。具体操作:先运用 ArcGIS 10.2 导出土地利用类型栅格数据,然后借助 Fragstats 3.3 软件计算不同时期各栅格数据的景观格局指数。

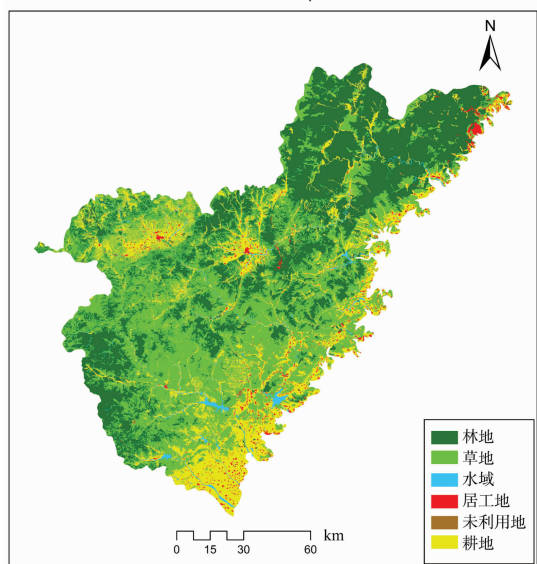
## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用总体情况

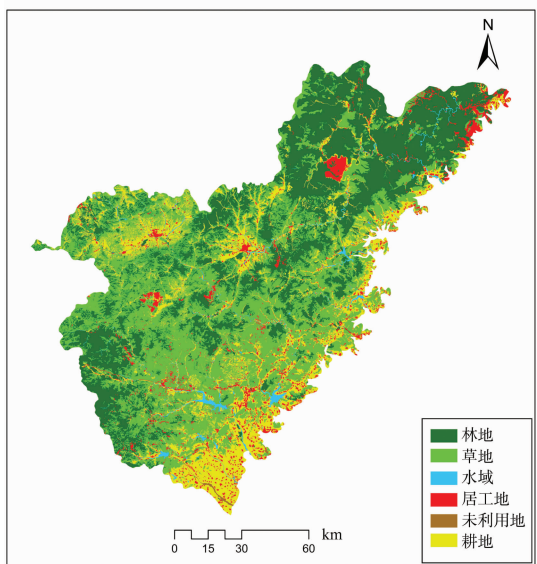
由图 2、表 1 可知,根据 3 期土地利用数据,草地、林地、耕地的面积在各类土地利用类型中均占据前 3 位,林地和草地共占比 75.8% ~ 77.6%,耕地占比 17.6% ~ 19.4%,土地利用格局总体上没有



a. 1985 年



b. 2000 年



c. 2014 年

图2 1985 年、2000 年、2014 年大清河山区土地利用

变化。1985—2000 年,各类土地利用面积总体保持稳定,没有表现出明显的增加或减少趋势。2000—2014 年各类土地利用面积变化明显,其中居工地增加  $604.28 \text{ km}^2$ ,面积占比由  $1.6\%$  增加到  $4.8\%$ ;耕地、草地分别减少  $313.82$ 、 $251.74 \text{ km}^2$ ,林地面积略有减少;水域面积增加,与 1985 年相当,未利用地面积约增加 1 倍。2014 年大清河山区林草地总面积占比  $75.8\%$ ,耕地占比  $17.6\%$ 。

大清河山区土地利用程度总体处于中等水平,1985 年、2000 年、2014 年土地利用程度综合指数分别为  $222.05$ 、 $222.29$ 、 $227.10$ ,表明尽管流域土地利用格局总体没有太大变化,但流域土地开发活动始终处于增长期,1985—2000 年呈现缓慢增长,而 2000—2014 年增长较快。

### 3.2 土地利用动态变化分析

**3.2.1 土地利用转移矩阵** 利用 ArcGIS 10.2 软件对大清河山区 1985 年、2000 年、2014 年 3 期土地利用数据进行叠置,获得土地利用变化数据,结果如表 2、表 3 所示。1985—2000 年和 2000—2014 年参与转化土地类型总面积分别为  $153.87$ 、 $985.05 \text{ km}^2$ ,分别占流域总面积的  $0.8\%$ 、 $5.3\%$ ,表明 2000—2014 年土地变化更为剧烈,各土地利用类型均参与转化。1985—2000 年,耕地、林地、草地均参与向居工地的转化当中,其中耕地转化面积最大,为  $25.13 \text{ km}^2$ ;林地、草地间相互转化的面积最大,且规模相当;水域主要转化为耕地;居工地、未利用土地没有向其他类型土地转化。2000—2014 年,耕地、林地、草地转化为其他类型的土地中,均以居工地面积最大,其中耕地转化为居工地的面积最多,达到  $294.38 \text{ km}^2$ ,是 1985—2000 年转化面积的 11 倍以上。水域转化的土地利用类型主要有未利用土地、耕地、居工地。居工地、未利用土地均发生向其他土地利用类型的转化,且分别以向耕地和草地转化面积最大。

**3.2.2 土地利用变化动态度及趋势** 根据土地利用转移矩阵按式(4)、式(5)计算,得到大清河山区不同时期土地利用变化动态度及趋势,如表 4 所示。1985—2000 年、2000—2014 年土地利用综合动态变化度分别为  $0.0015\%$ 、 $0.1769\%$ ,土地类型变化状态与趋势指数分别为  $0.2049$ 、 $0.3264$ ,2 个时段大清河山区土地利用变化态势存在明显差异。土地类型变化状态与趋势指数均未超过  $0.5$ ,表明近 30 年来土地利用类型呈双向转换趋势,总体变化接近

表 1 1985 年、2000 年、2014 年大清河山区各类土地利用面积及比例

土地利用类型	1985 年		2000 年		2014 年	
	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)
耕地	3 593.18	19.40	3 585.92	19.30	3 272.10	17.60
林地	6 786.27	36.60	6 784.27	36.60	6 715.19	36.20
草地	7 616.24	41.00	7 610.90	41.00	7 359.16	39.60
水域	299.63	1.60	282.72	1.50	300.60	1.60
居工地	256.38	1.40	287.90	1.60	892.18	4.80
未利用土地	12.28	0.07	12.28	0.07	24.74	0.13
土地利用程度综合指数	222.05		222.29		227.10	

表 2 1985—2000 年土地利用转移矩阵

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	居工地	未利用土地	合计
耕地	—	3.73	6.46	1.40	25.13	0	36.73
林地	2.00	—	40.89	0.00	2.56	0	45.45
草地	11.40	38.15	—	0.00	3.83	0	53.38
水域	16.07	1.56	0.68	—	0	0	18.31
居工地	0	0	0	0	—	0	0
未利用土地	0	0	0	0	0	—	0
合计	29.46	43.44	48.04	1.40	31.53	0	153.87

表 3 2000—2014 年土地利用转移矩阵

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	居工地	未利用土地	合计
耕地	—	40.22	52.08	20.43	294.38	5.66	412.77
林地	8.26	—	6.92	16.42	139.70	0.13	171.43
草地	49.69	59.13	—	11.11	202.03	1.51	323.46
水域	9.41	0.55	1.51	—	7.39	11.84	30.70
居工地	31.56	2.43	5.39	0.63	—	0.00	40.02
未利用土地	0.03	0.01	5.83	0.00	0.80	—	6.67
合计	98.96	102.35	71.73	48.59	644.29	19.14	985.05

表 4 土地利用变化动态度及趋势

土地利用类型	1985—2000 年		2000—2014 年	
	$K(\%)$	$P_s$	$K(\%)$	$P_s$
耕地	-0.01	-0.11	-0.58	-0.61
林地	0	-0.02	-0.07	-0.25
草地	0	-0.05	-0.22	-0.64
水域	-0.35	-0.86	0.42	0.23
居工地	0.77	1.00	13.99	0.88
未利用土地	0	—	6.77	0.48
$L_e(\%)$	0.001 5		0.176 9	
$P_l$	0.204 9		0.326 4	

中林地和草地变化速率较小,转入和转出面积相差不大。居工地呈涨势状态,且变化速率相对较快,以单向转化为主,转入大于转出趋势。2000—2014 年耕地、林地、草地面积变化仍呈落势状态,水域、居工地、未利用土地则呈涨势状态,尤以居工地面积变化速度最快,呈现出明显的单向转化为主的特点,转入面积远大于转出面积。

3.3 景观格局变化分析

如表 5 所示,1985—2000 年大清河山区整体的景观格局指数变化不明显,表明这一时期大清河山区总体的景观格局变化不大。2000—2014 年大清河山区斑块数量、景观分裂指数、分离度、香农多样性指数及香农均匀度指数均增加且幅度较大,这表

平衡。1985—2000 年的综合动态变化度很小,耕地、林地、草地、水域面积变化呈微弱落势状态,其

表 5 大清河山区景观结构指数

项目	年份	斑块数量 (块)	景观分裂指数	分离度	香农多样性指数	香农均匀度指数
大清河山区	1985	3 702	0.918 6	12.292 0	1.187 1	0.662 5
	2000	3 694	0.916 4	11.968 4	1.188 3	0.663 2
	2014	4 136	0.928 7	14.025 9	1.267 2	0.707 2
林地	1985	1 163	0.944 8	18.104 1	0.983 1	0.709 2
	2000	1 155	0.944 0	17.848 5	0.981 8	0.708 2
	2014	1 046	0.939 1	16.413 7	1.011 2	0.729 4
草地	1985	1 236	0.974 0	38.440 2	1.013 8	0.922 8
	2000	1 282	0.969 1	32.310 8	1.014 5	0.923 4
	2014	1 241	0.974 5	39.193 5	1.029 3	0.937 0

明该时段整体景观正向小斑块发展,景观空间更加分散、各斑块类型在景观中呈均衡化趋势。

1985—2014 年林地总面积变化不大,但斑块数量、景观分裂指数减少,香农多样性指数、香农均匀度指数整体增加,这说明林地由小斑快向大斑块发展,空间分布趋于集中,各林地类型分布更加均匀。1985—2000 年草地面积总体稳定,各景观指数变化不明显,2000—2014 年草地面积减少较大,斑块数量减少,但景观分裂指数、香农多样性指数及香农均匀度指数均增加,说明草地斑块数量减少是由面积减少导致的,草地朝小斑块发展,空间分布更加分散。

3.4 林草地规模及构成变化

如表 6、表 7、表 8 所示,大清河山区林地主要以有林地和灌木林地为主,占全部林地面积的 88.6% ~ 89.3%,草地主要以高覆盖度草地和中覆盖度草地为主,占全部草地面积的 83.2% ~ 84.3%。1985—2000 年各类林、草地面积变化较小,总体结构变化不明显。2000—2014 年尽管林地总面积变化不大,但其构成变化明显,有林地面积增加了 442.64 km<sup>2</sup>,其中 99.3% 是由灌木林地面积转化而来。2000—2014 年草地总面积减少,高覆盖度草地和低覆盖度草地面积增加,其变化的面积均来自中覆盖度草地的转化。从林草地的规模、构成看,林地中有林地的比重及草地中高覆盖度草地的比重均有增加,尤其是大量灌木林转化为有林地,林草地生态系统的稳定性及其生态服务功能增强,太行山区生态建设取得积极成效。

3.5 大清河山区土地利用变化影响因素分析

3.5.1 自然因素 天然状态下,流域土地利用变化能在一定程度上反映其自然本底状况的变化。选取

表 6 1985、2000、2014 年林地、草地二级分类土地利用面积

一级分类	二级分类	1985 年面积 (km <sup>2</sup> )	2000 年面积 (km <sup>2</sup> )	2014 年面积 (km <sup>2</sup> )
林地	有林地	2 418.01	2 409.54	2 852.18
	灌木林地	3 642.48	3 626.74	3 099.70
	疏林地	640.84	655.17	674.89
	其他林地	84.94	92.82	88.42
草地	高覆盖度草地	2 862.01	2 856.48	2 928.65
	中覆盖度草地	3 555.23	3 559.37	3 192.00
	低覆盖度草地	1 199.00	1 195.05	1 238.50

表 7 2000—2014 年林地类型转移矩阵 km<sup>2</sup>

林地类型	有林地	灌木林	疏林地	其他林地	转出面积
有林地	—	0.77	0.08	0.07	0.92
灌木林	423.98	—	0.19	0.06	424.23
疏林地	2.70	0.55	—	0.03	3.28
其他林地	0.33	3.33	0.38	—	4.04
转入面积	427.01	4.65	0.65	0.16	432.47

表 8 2000—2014 年草地类型转移矩阵 km<sup>2</sup>

草地类型	高覆盖度草地	中覆盖度草地	低覆盖度草地	转出面积
高覆盖度草地	—	1.42	1.11	2.54
中覆盖度草地	126.13	—	185.67	311.79
低覆盖度草地	7.29	59.29	—	66.58
转入面积	133.41	60.72	186.78	380.91

降雨、蒸发 2 个对林草地等雨养型生态系统影响最直接的指标进行分析。考虑自然因素有累积效应,在短时间内相对稳定,利用 1960—2013 年大清河流域气象数据,采用 Penman - Monteith 公式计算日潜在蒸散量,经统计得到大清河流域 1960—2013 年年均降水量和潜在蒸散量(图 3)。年均降水量呈波动



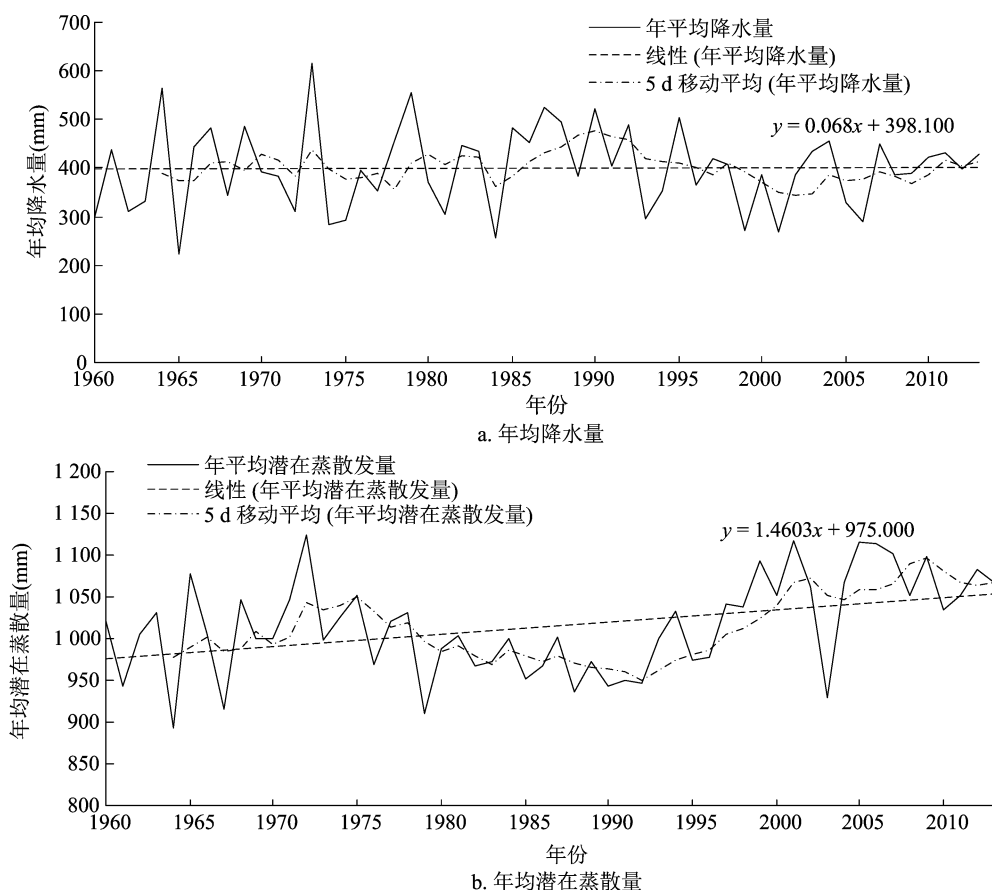


图3 1960—2013 年大清河流域年均降水量与潜在蒸散量变化趋势

变化,整体变化趋势相对稳定,其中在 1985—2000 年间及 2000 年后分别呈现一定的减少和增加趋势。年均潜在蒸散量波动较大,整体呈现上升趋势,尤其是从 20 世纪 80 年代中后期以来呈现明显的增加趋势。2000 年我国北方地区持续高温少雨发生大面积严重干旱<sup>[26]</sup>,这是 2000 年水域面积减少的主要原因。在 1985—2000 年期间降水量总体呈现下降趋势,潜在蒸散量呈现反相位变化的情况下,林草地总体规模基本没有变化,表明自然因素并不是影响大清河山区土地利用变化的主要原因。

**3.5.2 社会经济因素** 大清河山区 60% 的面积位于保定市内,本研究采用保定市 1985—2014 年的年末总人口数和地区生产总值 (GDP) 分析大清河山区社会经济发展状况。由图 4 可知,1985—2014 年人口数量和 GDP 持续增长,尤其是 GDP 在 2000 年以来增长速率大幅增加,这也是这一时期城乡、工矿、居民用地面积爆发式增长的主要原因。人口、GDP 的快速增长反映了流域人类活动的剧烈强度在增加,但在 30 年间大清河山区林草地面积、土地利用总体格局没有发生大的变化,而且林草地生态

系统有趋于稳定的态势,充分说明太行山绿化工程等生态建设的努力实现了绿色资产的保值和增值。

#### 4 结论

本研究基于大清河山区 1985、2000、2014 年 3 期同一分辨率土地覆盖数据,在 ArcGIS 10.2、Fragstats 3.3 平台上进行土地利用转移矩阵、景观格局指数计算分析,并采用动态变化指数、趋势指数等分析了 1985—2000 年、2000—2014 年大清河流域土地变化情况。同时,对研究区长序列气象资料 and 人口、经济数据进行分析,得到以下结论:(1) 大清河山区土地利用类型主要以草地、林地、耕地为主,占流域总面积的 90% 以上,流域内土地开发活动始终处于增长期,1985—2000 年呈现缓慢式增长,2000—2014 年呈现爆发式增长。(2) 1985—2000 年,草地、林地、耕地等各主要土地利用类型面积总体保持稳定,2000—2014 年各类土地利用面积变化明显,耕地、林地、草地面积变化的落势较为明显。1985—2014 年,城乡、工矿、居民用地呈涨势状态持续增长,尤以 2000—2014 年间的的变化明显,

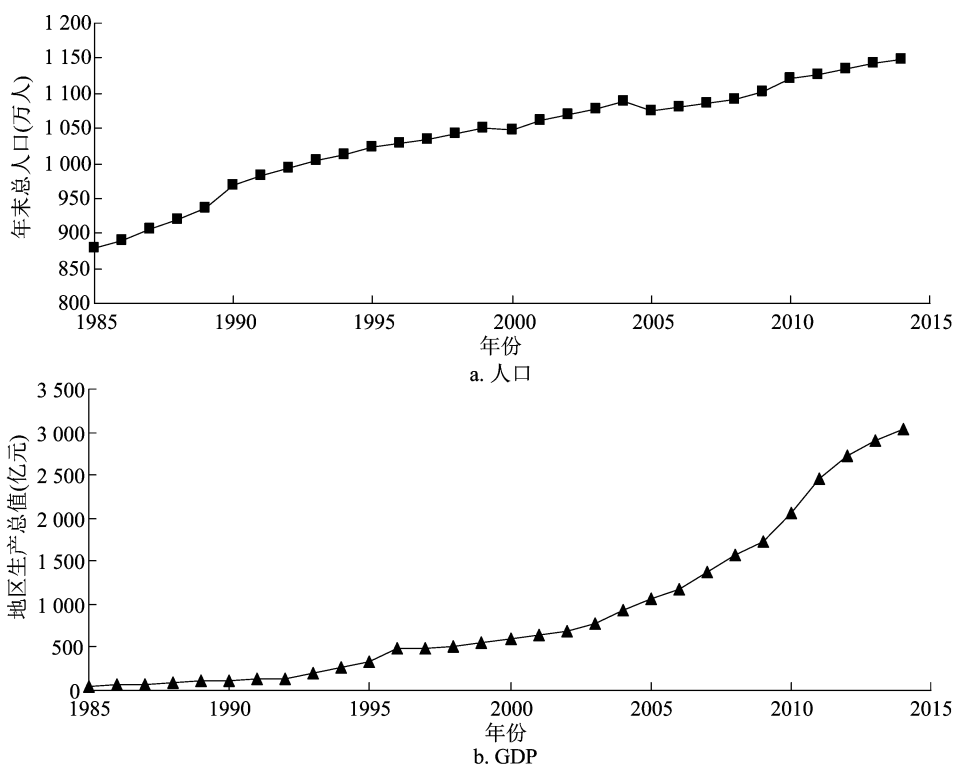


图4 1985—2014 年大清河山区总人口及地区生产总值变化趋势

居工地增长面积是前一时段的 19 倍多。(3) 1985—2014 年,林地总体规模基本不变,但 2000 年以来林地构成有明显变化,大量的灌木林地转化为有林地,并且林地斑块数量、景观分裂指数减少,而香农多样性指数及香农均匀度指数增加;高覆盖草地面积比例也有一定增加。林草地生态系统的稳定性呈增强趋势。(4) 相对自然因素,人类活动是大清河山区土地利用变化的主导因素:一方面人口经济增长促使城乡、工矿、居民用地在一定范围内急剧扩张;另一方面在山丘区开展的生态建设活动对林草地生态系统稳定起到了一定的积极作用。

#### 参考文献:

- [1] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2014—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 789—802.
- [2] 刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 324—330.
- [3] 卢志华, 王建群. 土地利用变化对水文系统的影响研究[J]. 地球科学进展, 2003, 18(2): 292—298.
- [4] 史洪超. 土地利用/覆被变化(LUCC)研究进展综述[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(26): 13107—13110.
- [5] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2002, 32(12): 1031—1040.
- [6] Liu T X, Zhang S W, Tang J M, et al. Comparison and analysis of agricultural and forest land changes in typical agricultural regions of northern mid-latitudes[J]. Chinese Geographical Science, 2013, 23(2): 163—172.
- [7] Turner B L, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, 104(52): 20666—20671.
- [8] Tan M L, Ibrahim A L, Yusop Z, et al. Impacts of land-use and climate variability on hydrological components in the Johor River basin, Malaysia[J]. Hydrological Sciences Journal, 2015, 60(5): 873—889.
- [9] 史洪超. 土地利用/覆被变化(LUCC)研究进展综述[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(26): 13107—13110.
- [10] Zia A, Bombliies A, Schroth A W, et al. Coupled impacts of climate and land use change across a river-lake continuum: insights from an integrated assessment model of Lake Champlain's Missisquoi Basin, 2000—2040[J]. Environmental Research Letters, 2016, 11(11): 114026.
- [11] 李晓兵. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价[C]. 中国地理学会会议论文集, 2007.
- [12] 于静. 大清河流域土地利用/覆被变化对洪水径流影响问题的研究[D]. 天津: 天津大学, 2008.
- [13] 任明磊. 流域城市土地利用变化对洪水风险的影响研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [14] 阿地来·阿地力, 张永福, 马丽娜. 基于土地利用变化及 CA-Markov 土地利用变化预测模型预测的生态敏感性分析[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(36): 48—53.



赵 静,常继东,郑丽君,等. 对羟基苯甲酸对尖孢镰刀菌生物学特性及侵染毒力的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):291-294.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.052

# 对羟基苯甲酸对尖孢镰刀菌生物学特性 及侵染毒力的影响

赵 静<sup>1</sup>,常继东<sup>2</sup>,郑丽君<sup>3</sup>,王志远<sup>4</sup>

(1. 玉溪师范学院化学生物与环境学院,云南玉溪 653100; 2. 云南省新平县杨武镇卫生院,云南新平 653400;

3. 云南省玉溪市质量技术监督综合检测中心,云南玉溪 653100; 4. 德宏师范高等专科学校生命科学系,云南德宏 678400)

**摘要:**明确对羟基苯甲酸对尖孢镰刀菌侵染毒力的影响,可为克服三七连作障碍提供有效的策略。结合荧光素二乙酸酯-碘化丙啶(FDA-PI)染色及马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)平板萌发法,分析不同浓度下对羟基苯甲酸与尖孢镰刀菌孢子活性的相关性;采用酶学法分析不同浓度下对羟基苯甲酸对真菌纤维素酶分泌的影响。FDA-PI 染色结果表明,当对羟基苯甲酸浓度为 5 mmol/L 时,尖孢镰刀菌产孢数量最多,孢子活性最强。PDA 平板萌发测定结果显示,对羟基苯甲酸浓度为 1 mmol/L 时,尖孢镰刀菌孢子的平均萌发率为 58.05%,孢子萌发率最高。低浓度的对羟基苯甲酸胁迫下,尖孢镰刀菌分泌的纤维素酶活性增加,而高浓度下降低;对羟基苯甲酸浓度为 5 mmol/L 时,纤维素酶活性最高,峰值出现在培养 4 d 时,达到 1.57 U/mL,是相同时间下对照的 5.6 倍。研究表明,低浓度对羟基苯甲酸(1~5 mmol/L)胁迫有利于尖孢镰刀菌孢子生长,且提高其分泌的纤维素酶活性。

**关键词:**对羟基苯甲酸;尖孢镰刀菌;孢子活性;纤维素酶

**中图分类号:**S182 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)22-0291-04

三七根腐病是三七生产中的一类重要病害,不仅影响三七产量,更影响三七质量,其中以镰刀菌型根腐病最为多见<sup>[1]</sup>。在三七栽培中,随着连作年限的延长根腐病发病率明显增加<sup>[2]</sup>。根腐病的发生与连作条件下植物根系分泌物对病原菌的化感

作用有密切关系。研究三七根系分泌物对病菌的化感致病性是解析连作条件下根腐病形成机制的有效途径。

在植物的生长发育过程中,根系作为植物与土壤的接触部分,不仅从土壤中吸收水分和养分,还通过分泌的方式向周围释放一些无机离子和有机化合物,这些物质是一类复杂的混合物,是植物连作对根际土壤微生物产生影响的重要媒介之一,参与植物与周围环境的物质交换与信号传递,是根际最为重要的营养和能量来源,也是构成植物不同根际微生态特征的关键因素<sup>[3-5]</sup>。对羟基苯甲酸为酚

收稿日期:2020-03-13

基金项目:云南省科技厅青年基金(编号:2017FD160)。

作者简介:赵 静(1983—),女,云南玉溪人,博士,副教授,主要从事作物病虫害与防治研究。E-mail:hujun\_maolv@163.com。

通信作者:王志远,博士,副教授,主要从事作物病虫害与防治研究。  
E-mail:yuan33441@sina.com。

[15]欧春平,夏 军,王中根,等. 土地利用/覆被变化对 SWAT 模型水循环模拟结果的影响研究——以海河流域为例[J]. 水力发电学报,2009,28(4):124-129.

[16]曹丽娟,张冬峰,张 勇,等. 中国当代土地利用变化对黄河流域径流影响[J]. 大气科学,2008,32(2):300-308.

[17]于志磊,秦天玲,王 刚,等. 川江流域土地利用时空格局动态变化特征[J]. 南水北调与水利科技,2016,14(2):38-43,61.

[18]张 琳,杨晓玉. 大清河流域土地利用变化[J]. 黑龙江水利科技,2015,43(10):12-14.

[19]祝琳丹. 潜江市土地利用/土地覆被时空格局变化及预测研究[D]. 武汉:华中师范大学,2013.

[20]韦海航,郑芊卉,庄家尧,等. 竹山县土地利用景观格局动态变化分析[J]. 林业资源管理,2018,12(6):78-85.

[21]李艳忠,刘昌明,刘小莽,等. 植被恢复工程对黄河中游土地利用/覆被变化的影响[J]. 自然资源学报,2016,31(12):2005-2020.

[22]严登华,王 浩,张建业,等. 生态海绵智慧流域建设——从状态改变到能力提升[J]. 水科学进展,2017,28(2):302-310.

[23]徐 岚,赵 羿. 利用马尔柯夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J]. 应用生态学报,1993,4(3):272-277.

[24]马亚鑫,丛 辉,周维博,等. 西安市土地利用景观格局动态演变及驱动力分析[J]. 西北林学院学报,2017,32(4):186-192.

[25]秦罗义,白晓永,王世杰,等. 近 40 年来贵州普定典型喀斯特高原景观格局变化[J]. 生态学杂志,2014,33(12):3349-3357.

[26]丁一汇,李维京,庄丽莉,等. 我国 2000 年干旱情况分析与发展趋势展望[J]. 气象,2000,26(10):3-9.