

# 西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其利用效率 ——以贵州省草海村为例

祖健 张蚌蚌 孔祥斌\*

(中国农业大学 资源与环境学院/国土资源部农用地质量与监控重点实验室,北京 100193)

**摘要** 采用实地调查法、文献综合法、案例研究法和数学模型法,基于农户调查数据,构建耕地细碎化及其利用效率定量模型,揭示西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其与利用效率之间的关系,以为土地整治规划设计中确定合理地块大小提供借鉴。研究结果:1)草海村耕地在自然细碎化和权属细碎化的叠加下,呈现出地块数量过多,承包地块面积偏小,而地块离家不是很远的特征。自然细碎化主要表现自然地块数量偏多,全村达67块,平均自然地块面积为 $7.0 \times 10^4 \text{ m}^2$ ;权属细碎化S指数平均值为0.84,地块距离指数平均值为0.22。2)耕作效率,承包地块面积 $0 \sim 1\,000 \text{ m}^2$ ,效率随地块面积增大快速提高,提高约61%;承包地块面积 $1\,000 \sim 1\,500 \text{ m}^2$ ,效率小幅度下降,下降近13%;承包地块 $1\,500 \text{ m}^2$ 以上,耕作效率趋于稳定于 $0.0752 \text{ m}^2/\text{s}$ 。灌溉效率在承包地块面积 $0 \sim 1\,000 \text{ m}^2$ ,效率随承包地块面积增大而提高,提高近27%,在承包地块面积 $1\,500 \text{ m}^2$ 以上,效率变化缓慢,稳定于 $0.0826 \text{ m}^2/\text{s}$ 。而路程效率在步行速度一定情况下,承包地块离家越远,其效率越低。研究结论:西南山地丘陵区耕地利用效率随地块面积增大,先大幅度提高( $0 \sim 1\,000 \text{ m}^2$ ),然后变化平缓( $1\,000 \sim 1\,500 \text{ m}^2$ ),最后趋于稳定( $>1\,500 \text{ m}^2$ );因此,对于 $1\,000 \text{ m}^2$ 以下的承包地块,采取土地整治、权属调整、互换并地(土地整合)、土地流转等方式促进耕地集中连片,使其承包地块面积达到 $1\,000 \text{ m}^2$ 以上,极利于提高耕作效率和灌溉效率。

**关键词** 山地丘陵区;细碎化;利用效率;自然地块;承包地块;农户调查

中图分类号 S 342.4

文章编号 1007-4333(2016)02-0104-10

文献标志码 A

## Characteristic of cultivated land fragmentation and land use efficiency in southwest mountainous region: A case study of Caohai Village in Guizhou Province

ZU Jian, ZHANG Bang-bang, KONG Xiang-bin\*

(College of Resources and Environment/Key Laboratory for Farmland Quality and Monitoring of National Ministry of Land Resources, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** The purpose to this article is to provide reference of reasonable plot size for the land consolidation. A quantitative model was built to explore the features of cultivated land fragmentation in Southwest mountainous region and revealed the relationship between the cultivated land fragmentation and land use efficiency based on household survey data. Meanwhile, the methods of field survey, literature synthesis, case study and mathematics model were utilized in this paper. The results showed that: 1) There was certain characteristic with the overlay of natural and ownership fragmentation that a large number of cultivated land areas were small and the distance between home and most contracted plots was not so far away. The natural fragmentation mainly located in Caohai Village reflected existence of many natural plots; there were 67 natural plots and the average area reached  $7.0 \times 10^4 \text{ m}^2$ ; the average S index of ownership fragmentation was 0.84, the average plot distance index (PD) was 0.22. 2) When contracted plot

收稿日期: 2014-06-13

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助;中国耕地适度规模经营模式与保障机制研究(2014RW014);中国农业大学哲学社会科学基金资助项目(2014RW014)

第一作者: 祖健, E-mail: zujiancauzh@163.com

通讯作者: 孔祥斌, 教授, 博士, 主要从事土地资源可持续利用和土地资源评价、利用与保护研究, E-mail: kxb@cau.edu.cn

size was ranged 0 – 1 000 m<sup>2</sup>, the land cultivation efficiency increased rapidly with plot size increasing by about 61%, for size of land ranged 1 000 – 1 500 m<sup>2</sup>, efficiency varied slightly by nearly 13% and for size of land more than 1 500 m<sup>2</sup>, the efficiency tended to be stabilize around the 0.075 2 m<sup>2</sup>/s. When the contracted plot size was 0 – 1 000 m<sup>2</sup>, the irrigation efficiency also increased with plot size increasing by 27%; for the contracted plot size of more than 1 500 m<sup>2</sup>, the efficiency remained at level of 0.082 6 m<sup>2</sup>/s. At constant walking speed case, it was discovered that the farther the distance between home and the contracted land, the lower the work efficiency. It is concluded that the cultivated land utilization efficiency changed with plot size in southwest mountainous region; therefore we suggested prompting land concentration through land consolidation, land property right adjustment, plot exchange (land integration) and land transfer. When the size of contracted plot become more than 1 000 m<sup>2</sup>, both tillage efficiency and irrigation efficiency could be improved significantly.

**Keywords** mountainous region; fragmentation; use efficiency; natural plot; contracted plot; household surveys

土地细碎化是受自然、经济、社会、制度和政策等因素的影响而形成的一种农户在农业生产过程中出现的具有地块数相对较多、单个地块面积较小且存在差异、肥沃程度不一致、家庭距离地块的远近不同等特点的农户经营土地的形式<sup>[1-2]</sup>,包括自然细碎化(地形结构、道路、沟、渠等导致的耕地细碎化现象)和权属细碎化(承包土地权属分割导致的耕地细碎化现象)<sup>[3-4]</sup>。中国的耕地资源保护取得了显著成绩,据 2014 年的国土资源部第二次土地资源调查结果,耕地资源规模达到 13 538.5 万 hm<sup>2</sup>(约 20.31 亿亩)<sup>[5]</sup>。而中国特有的“肥瘦搭配、好坏结合”绝对平均分配<sup>[2]</sup>,导致中国耕地的细碎化问题更加严重,在当时的人畜生产力水平下,对耕地利用效率影响不大;而随着科技进步和生产力的发展,严重的耕地细碎化不仅影响农民的收益、浪费耕地高达净耕地面积的 19% 左右<sup>[6]</sup>,而且限制了机械化发展<sup>[7]</sup>,降低了灌溉水资源的利用效率<sup>[8]</sup>,从而增加了农业生产成本<sup>[9-10]</sup>。同时,随着农村劳动力的不断转移,为了农业的稳定发展,提高耕地利用效率以实现一定的规模效益成为了一种必然要求。尤其是西南山地丘陵区,存在着地形、河流、道路、沟渠导致的自然细碎和家庭联产承包分割带来的权属细碎双重叠加,致使该地区的土地细碎化程度较平原区更高,很大程度上制约了该地区的耕地利用效率<sup>[11]</sup>,进而削弱了农民对土地长期投入的积极性<sup>[12]</sup>,甚至造成耕地撂荒,最后不利于土地流转和土地适度规模经营<sup>[13]</sup>。在这种耕地细碎化负效应日益突出和国家土地整治和高标准基本农田规划设计<sup>[14]</sup>不断推进的情况下,如何确定山地丘陵区合理地块大小,对于实现土地适度规模经营,提高耕地利用效率,从而促进社会稳定和区域经济持续发展具有重要的现实意义。

近年来,不少学者采用调研数据,运用生产函数和回归分析方法,探索细碎化对粮食生产效率的负面影响<sup>[15-17]</sup>,或者基于调研数据,运用数据包络分析法(DEA),分析和评价细碎化对耕地利用规模效率和技术效率产生显著影响<sup>[18-19]</sup>,也有学者<sup>[20]</sup>采用田间实验法对平原区不同面积梯度的地块进行耕作效率测算,并用数学模型法构建耕作效率与地块面积的函数关系,以指导土地整理规划设计实践,还有学者<sup>[21-22]</sup>采用对数型柯布-道格拉斯生产函数和超越对数生产函数对耕地利用效率进行了测算和估计,但缺少从自然细碎和权属细碎 2 个层次进行实证分析,尤其缺少对自然权属细碎化叠加效应更加突出的西南山地丘陵区的研究。因此,从微观层面开展西南山地丘陵区的耕地细碎化特征研究,探索耕作效率、灌溉效率和路程效率与土地细碎化的关系是很有必要的,有利于更全面的反映山地丘陵区耕地细碎化特征,并刻画实际生产过程中该区域农地细碎化给耕地利用效率带来的负面效应。

基于以上分析,本研究选择贵州省草海村为研究区域,以 Google earth 软件获取的 2014 年遥感影像作为基础,通过实际生产调查获取耕地细碎化与耕地利用效率相关数据,借鉴 S 指数和地块距离指数(PD),基于 GIS 定量衡量和刻画草海村的耕地细碎化特征,同时运用数理统计软件探索细碎化与耕地利用效率之间的关系,寻求提高西南山地丘陵区耕地利用效率的有效途径,以期为西南山地丘陵区土地整治工程中地块大小的规划和设计提供一定参考。

## 1 研究区概况

贵州位于我国第二阶梯南部,云贵高原东侧斜坡地带。该省山多平地少,地面崎岖破碎,是全国唯

一没有平原支撑的省份。全省坡度 $>25^\circ$ 、相对高度 $>200\text{ m}$ 的山地占61.7%，丘陵面积占30.8%，二者合计占土地总面积的92.5%，是西南山地丘陵区特征最具代表性的省份之一<sup>[23]</sup>。草海村位于贵州省西部威宁彝族回族苗族自治县县城，地理位置为 $104^\circ10'16''\sim 104^\circ20'40''\text{E}$ 、 $26^\circ47'32''\sim 26^\circ50'48''\text{N}$ ，所在县城80%以上地区海拔超过2000 m，是省内地势最高的县，其地貌分为高原面、高中山区和中山河谷区。全村海拔约 $2.2\times 10^3\text{ m}$ ，坡度 $15\sim 20^\circ$ ，中山丘陵地形，地表主要以溶蚀地貌为主，具有西南山地丘陵区地形地貌的一般特征。村庄耕地主要分布在丘陵上(简称山上地)和草海湖畔(简称海子地)，分布在丘陵上的耕地部分厚层状灰岩裸露，土层厚度约 $0.20\sim 0.30\text{ m}$ ，含部分砾石，基本组成物质是碳酸盐岩风化物，土壤肥力差，广种薄收，属于旱地；而分布在草海湖畔的耕地，属于沼泽土，富含有机质，土层深厚，土壤肥沃，属于水浇地。全村土地总面积 $7.5\times 10^6\text{ m}^2$ ，其中已开垦耕地面积达 $4.7\times 10^6\text{ m}^2$ 。村庄土地面积小，户均耕地面积为 $0.23\times 10^4\text{ m}^2$ ，人均耕地面积不到 $700\text{ m}^2$ 。根据土壤的肥沃程度以及灌溉的便利程度，耕地质量一般分为三等。草海村各村民小组的耕地种植作物相对单一，以种植玉米、马铃薯、白菜为主，主要农作物玉米产量 $0.45\text{ kg/m}^2$ ，人均纯收入 $2.3\times 10^3$ 元，经济发展比较落后。而且农户的耕地都是按照“肥瘦搭配、好坏结合”进行的插花绝对平均分配，大部分地块面积在 $10^3\text{ m}^2$ 以下， $2.0\times 10^3\sim 3.0\times 10^3\text{ m}^2$ 的地块数量很少，农户地块数量大于5块偏多，平均人均耕地面积不到 $500\text{ m}^2$ ，整个村的耕地权属细碎化程度严重。该村机械化水平低，农业机械主要以微耕机(一种微型耕作机，一般 $6.62\sim 8.83\text{ kW}$ 为主，用于翻耕土地)和小型抽水机(功率 $5.88\sim 11.03\text{ kW}$ 为主，种植蔬菜时用于灌溉)为主，而且受地形起伏和水源等影响，丘陵上的部分耕地不能进行机械翻耕和灌溉，所以农用机械主要运用于草海湖畔的耕地。其中，草海村第7村民小组就是该村庄地形地貌和耕地利用情况的典型代表。

## 2 数据来源和研究方法

### 2.1 数据来源

数据来源于2014年8和9月对草海村进行的

二阶段随机和重点抽样调查<sup>[24]</sup>。第一阶段基于Google earth软件获取调研村庄2014年遥感影像作为参考，随机选取草海村的第5、6、7、8村民小组的村民以及村干部作为调查对象，介绍自然地块的内涵，一方面请求年老的村民以及村干部进行实地指界，以便确定村域和部分自然地块分界线，然后利用Google earth软件工具计算相应自然地块的面积；另一方面，以问卷方式调查自然地块分布位置、自然地块数量、自然地块面积等，共回收了有效问卷45份(表1)，然后统计并修正村庄自然地块的数量和面积。第二阶段调查采用问卷与访谈方式相结合的农户调查方法，以草海村第7村民小组地块为调研对象，为保证调研数据的可靠性，首先向农户阐述承包地块、耕作效率、路程效率和灌溉效率的概念和内涵，然后调查农户劳动者年龄、承包地块数量、承包地块面积、承包地块离家的距离<sup>①</sup>、从家到承包地块步行所需时间，翻耕机械类型及功率、耕地机械翻耕时间，灌溉机械类型及功率，耕地机械灌溉时间等内容。本次调查共回收90份调查问卷，其中有效问卷数76份，问卷有效率84%；调查涉及农户70户，全组农户共有95户，调查覆盖率达74%；调查涉及地块共198块，其中海子地、山上地的承包地块数量相近，海子地稍多(表1)。其中自然地块指由于自然条件(地形起伏，冲沟，基岩裸露，灌丛树木等)和人为因素(道路，梯田设施，灌溉沟渠等)而形成的基本耕作单元；承包地块指实行家庭联产承包制后，按照绝对平均分配，农户实际的耕作单元。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 耕地细碎化表征的方式

以草海村为例，从耕地自然细碎化和权属细碎化2个方面来刻画西南山地丘陵区耕地细碎化特征。以自然地块数量、平均自然地块面积和最小自然地块面积等来刻画自然细碎化；通过表征公式：S指数和承包地块距离指数(PD)的计算分析，刻画权属细碎化。

1)土地的块数和面积。由于S指数综合考虑了承包地块的数量和每块土地的面积2个衡量土地细碎化的指标，因此借鉴King和Burton构建的应用成熟的S指数<sup>①[25]</sup>，反映耕地权属细碎化：

$$S = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n a_i\right)^2} \quad (1)$$

① 文中提到的“距离”实际上是“路程”，并非一定是地块距家的直线长度，只是习惯表达选用了“距离”。

表 1 样本点的分布状况

Table 1 Distribution of the surveying sample

阶段 Stage	样本组(田块)名称 The name of sample (Plot)	样本数量 Number of sample
第一阶段	草海村第 5 组	10
	草海村第 6 组	11
	草海村第 7 组	13
	草海村第 8 组	11
第二阶段	草海村第 7 小组海子地	106
	草海村第 7 小组山上地	92

式中： $n$  指农户拥有的承包地块数量， $\alpha_i$  指第  $i$  个承包地块的面积， $S$  值  $0 \sim 1$ ， $S$  值越大，则耕地细碎化程度越高。

2) 家庭距离承包地块的远近。这是影响农户经营土地效率的主要因素之一，因此可以考虑用农户家庭距离每块土地的远近来衡量，即构建出地块距离指数(PD)<sup>[2]</sup>。其计算方法如下：

$$PD = \frac{d_1}{d_{\max}} \times \frac{d_2}{d_{\max}} \times \frac{d_3}{d_{\max}} \times \dots \times \frac{d_n}{d_{\max}} \quad (2)$$

式中： $n$  为每个农户家庭经营土地的块数； $d_i$  为农户家庭距离第  $i$  块承包土地的远近； $d_{\max}$  为农户经营的  $i$  块土地中最远的距离。由式(2)可以看出，地块距离指数(PD)位于  $0 \sim 1$ 。PD 数值越大，表示土地细碎化程度越高；PD 数值越小，表示土地细碎化程度越低。

### 2.2.2 耕地利用效率测度方法

结合西南山地丘陵区农户耕地实际生产过程，选择耕作效率、灌溉效率和路程效率 3 个指标表征耕地利用效率，以期更好指导生产实践，具体含义如下：

1) 耕作效率<sup>[20]</sup>( $G$ )。为单位时间机械耕作的有效土地面积；其值越大，表明每秒耕作有效土地面积越大，效率也就越高。

$$G = A_1/T_1 \quad (3)$$

式中： $A_1$  指有效耕作面积， $m^2$ ； $T_1$  指耕作时间，指的是农用机械耕作完指定承包地块所消耗的总时间， $s$ 。

2) 灌溉效率( $I$ )。为单位时间机械灌溉的有效土地面积；其值越大，表明每秒灌溉有效土地面积越大，效率也就越高。

$$I = A_2/T_2 \quad (4)$$

式中： $A_2$  指有效灌溉面积， $m^2$ ； $T_2$  指灌溉时间，指的是农用机械灌溉完指定地块所消耗的总时间， $s$ 。

3) 路程效率( $R$ )。为进行农事生产活动时，从家到耕作地块消耗的时间；其值越大，表示农户消耗在去耕地地块的时间越长，效率越低。

$$R = S/V \quad (5)$$

式中： $S$  指承包地块距离家的距离， $m$ ； $V$  指村里主要从事农业生产的劳动力的平均步行速率， $m/s$ 。

## 3 结果与分析

### 3.1 耕地细碎化特征

#### 3.1.1 自然细碎化

耕地自然细碎普遍存在农村地区，草海村地处中山丘陵区，起伏较大，基岩裸露，加上道路、水渠、坟山等地物的影响，导致自然细碎极其严重。根据第一阶段的调研结果，运用 GIS 软件绘制出草海村自然地块分布图(图 1)。可知，草海村自然地块数量达 67 块，其中海子地的自然地块居多，自然地块总面积约为  $4.7 \times 10^6 m^2$ ，平均自然地块面积  $7.0 \times 10^4 m^2$ ，最小自然地块面积仅有  $0.13 \times 10^4 m^2$ ，最大自然地块面积为  $39.19 \times 10^4 m^2$ 。可见，草海村耕地被道路、灌溉水渠、灌丛林木、农村居民点等因素割裂后，自然细碎化程度较高。

#### 3.1.2 权属细碎化

以第一阶段调研数据为基础，草海村第 7 村民小组耕地 S 指数的分布见表 2，地块距离指数(PD)分布见表 3。由表 2 可知，该村 S 指数的平均值为 0.84，主要分布在 0.80 以上，所占的比重高达 80%，表明草海村的耕地权属细碎化程度很高。

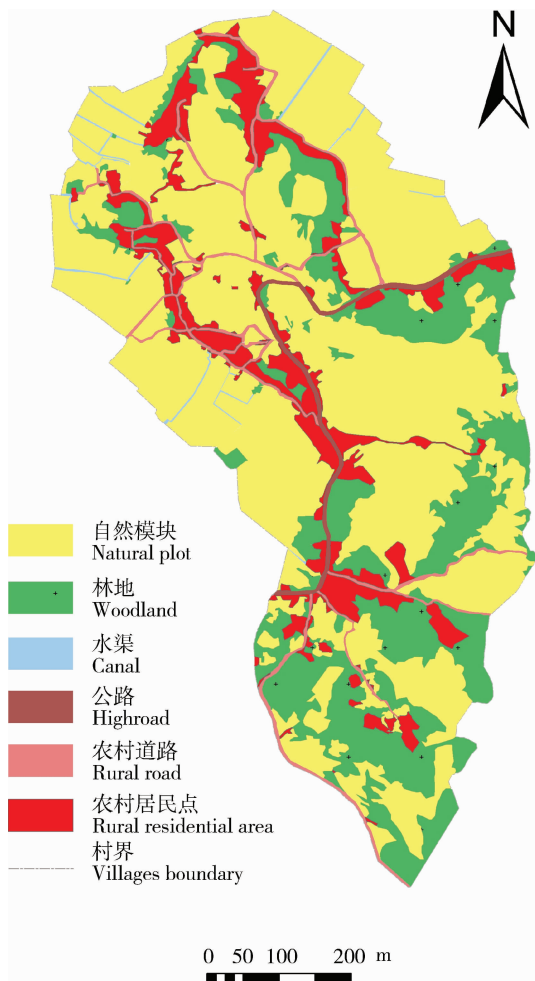


图1 草海村自然地块分布图

Fig. 1 Distribution natural plot size in Caohai Village

表2 草海村S指数的分布

Table 2 The distribution of S index in Caohai Village

S指数不同数值段 Different degree of S Index	样本数 Number of sample	所占总样本的比例/% The proportion of overall samples
0.00~0.20	0	0.00
0.21~0.40	3	6.67
0.41~0.60	1	2.22
0.61~0.80	5	11.11
0.81~1.00	36	80.00

根据表3,草海村第7村民小组的承包地块距离指数平均值为0.22,其中PD值在0.20以下的农户为30户,占全部农户数量的67%,0.20~0.60的农户为8户,占全部农户数量的18%,而0.60以上

的农户数量为7户,占全部农户数量的16%。可见,草海村耕地权属细碎化从离家距离角度分析,呈现大部分耕地离家不是很远的细碎化特征。

表3 草海村距离指数(PD)的分布

Table 3 Distribution of PD index in Caohai Village

PD不同数值段 Different degree of PD Index	样本数 Number of sample	所占总样本的比例/% The proportion of overall samples
0.00~0.20	30	66.67
0.21~0.40	4	8.89
0.41~0.60	4	8.89
0.61~0.80	5	11.11
0.81~1.00	2	4.44

综合来看,从权属细碎化S指数的分布和PD指数分析可知,草海村耕地权属细碎化呈现一个独特的特征,即户均耕地面积不到 $3.5 \times 10^3 \text{ m}^2$ ,承包地块数量普遍偏多,平均承包地块为5.3块,平均承包地块面积不到 $620 \text{ m}^2$ ,可是承包地块距离家庭的距离不是很远。总体来说,在自然细碎和权属细碎的叠加下,草海村耕地细碎化程度严重,细碎化特征极为明显。

### 3.2 耕地细碎化与耕地利用关系

#### 3.2.1 耕地细碎化与耕作效率关系

该村山上地翻耕方式以人力翻地为主,而海子地使用微耕机翻地,机械耕作方式主要为回耕法。本研究实际生产中使用6.62 kW微耕机的机械耕作效率与承包地块面积大小的关系,以分布在草海湖畔疏松程度相近的耕地(海子地)为主要研究对象。根据第二阶段的调研数据,一共调查了35个符合研究条件的样本地块,整理后有效样本共27个。忽略土地的规整程度、土地的形状、土地的坡度等因素对耕作效率的影响,以地块面积为自变量,耕作效率为因变量,利用Excel软件对数据进行处理,添加趋势线,得到图2。根据趋势线,选择适当模型进行拟合。

为了解回归模型是否符合变量之间的客观规律,利用Excel软件对回归模型进行检验,以确定所求出的回归方程是否真能大致地描述因变量与自变量之间的变化规律以及回归效果的好坏<sup>[26]</sup>。

根据散点图,选择3次曲线模型进行拟合,由数

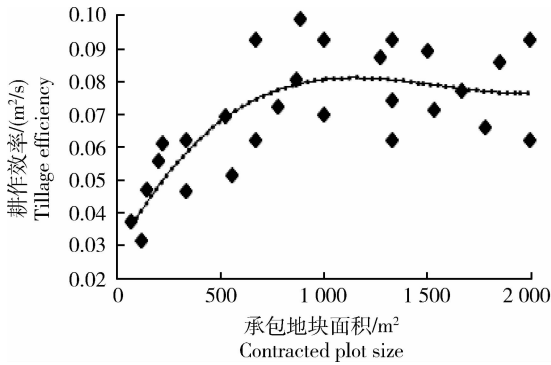


图 2 不同承包地块面积耕作效率

Fig. 2 Tillage efficiency of different contracted plot size

据回归分析结果可知,标准误差  $S=0.01$ ,观测点基本分布在回归曲线附近,且拟合系数  $R^2=0.60>0$ ,  $F=11.73>F_{0.05}(3,23) \approx 3.03$ ,回归效果显著。同时,弃真概率  $P$  值  $\approx 7.27 \times 10^{-5} \ll 0.05$ ,回归模型显著。因此,耕作效率与承包地块面积的关系拟合方程可以表示为:

$$G = 0.0017 \times 10^{-8} A_1^3 - 7.8357 \times 10^{-8} A_1^2 + 0.0001 A_1 + 0.0289 \quad (6)$$

式中: $G$  表示耕作效率,  $m^2/s$ ;  $A_1$  表示承包地块面积,  $m^2$ 。

从而得知,随着地块面积的增大,耕作效率随之提高,即随着承包地块面积表征的细碎化程度提高,耕作效率呈下降趋势。图 2 结果表明,对于耕作效率,承包地块面积  $0 \sim 1000 m^2$ ,随地块面积增大效率提高幅度较大,提高了约 61%;承包地块面积  $1000 \sim 1500 m^2$ ,效率小幅度下降,下降近 13%;承包地块面积  $1500 m^2$  以上,耕作效率趋于稳定。这表明在西南山地丘陵区承包地块面积小而细碎的特征以及比较有限的耕作能力影响下,耕作效率并非随着承包地块面积的增大而一直提高,而是先大幅度提高,然后变化平缓,最后稳定于  $0.0752 m^2/s$ 。

### 3.2.2 耕地细碎化与灌溉效率关系

草海村海子地属于水浇地,主要靠人力灌溉和机械灌溉(指用小型抽水机从沟渠引水进行地面灌溉)。选择草海村第 7 村民小组为调研区域,以  $5.88 kW$  小型抽水机灌溉的承包地块为调查对象,调查不同地块面积的灌溉时间,根据公式  $I = A_2/T_2$ ,从而计算出效率。本研究一共调查了 32 符合调研条件的样本地块,其中有效的共有 23 个。同样假设灌溉效率与地块面积存在客观联系,灌溉效率随着承包地块面积增大而提高,忽略土地的规整

程度,土地坡度等因素对灌溉效率的影响,以地块面积为自变量,灌溉效率为因变量,同耕地细碎化与耕作效率研究方法一样,利用 Excel 表进行拟合并对数据进行回归分析和相关性检验。

利用 Excel 软件,根据散点图分布选择 3 次曲线模型进行拟合,由分析结果知,标准误差  $S = 0.01$ ,观测点与回归曲线平均距离较小,且拟合系数  $R^2 = 0.59 > 0$ ,  $F = 9.03 > F_{0.05}(3,19) \approx 3.13$ ,回归效果显著。同时,弃真概率  $P$  值  $\approx 6.33 \times 10^{-4} \ll 0.05$ ,回归模型显著。因此,耕作效率与地块面积的关系拟合方程式可表示为

$$I = -0.0003 \times 10^{-8} A_2^3 - 1.9000 \times 10^{-8} A_2^2 + 0.3690 \times 10^{-4} A_2 + 0.0625 \quad (7)$$

式中: $I$  表示耕作效率,  $m^2/s$ ;  $A_2$  表示承包地块面积,  $m^2$ 。

易知,承包地块面积表征的细碎化程度越高,灌溉效率整体呈现下降趋势。图 3 结果表明,承包地块面积  $0 \sim 1000 m^2$ ,灌溉效率随之快速提高,提高近 27%;承包地块面积  $1000 \sim 1500 m^2$ ,灌溉效率随之小幅度提高;承包地块面积大于  $1500 m^2$ ,随承包地块面积增大而趋于平缓,灌溉效率稳定于  $0.0826 m^2/s$ 。从以上分析看出,受西南山地丘陵区耕地细碎化特征以及当地灌溉条件和灌溉方式的影响,灌溉效率整体随着承包地块面积增大,先大幅度提高,然后变化平缓,最后趋于稳定。

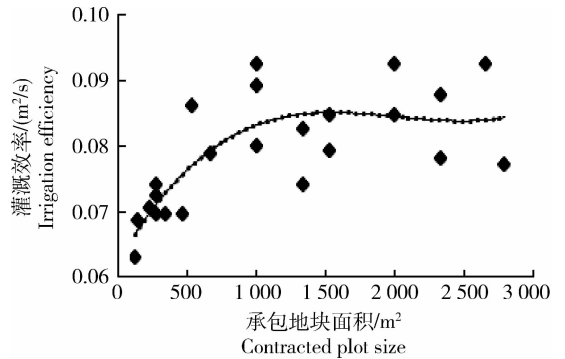


图 3 不同承包地块面积灌溉效率

Fig. 3 Irrigation efficiency of different contracted plot size

### 3.2.3 耕地细碎化与路程效率关系

第二阶段调研数据表明,承包地块距家最近距离约  $100 m$ ,最远距离达  $3.0 \times 10^3 m$ ,平均距离约  $900 m$ 。草海村主要劳动力年龄  $40 \sim 50$  岁,随机抽

取调研农户中的31户,依据承包地块离家距离和步行时间,求出平均步行速率为1.01 m/s,作为草海村主要劳动力的步行速率。依据公式 $R = S/V$ ,算

出草海村第7村民小组的路程效率。从表4中得知,路程效率最高为1.65 min,最低为49.51 min,平均路程效率为14.46 min。

表4 不同承包地块距离的路程效率

Table 4 Distance efficiency of different contracted plot

S/m	R/min	地块数	所占总地块的比例/%
Value of S	Value of R	Number of plot	The proportion of overall plots
100~400	0.50~7.50	42	21.21
401~800	7.51~14.50	66	33.33
801~1 300	14.51~21.50	49	24.75
1 301~1 700	21.51~28.50	25	12.63
1 701~2 000	28.51~35.50	11	5.56
2 001~2 500	36.51~42.50	3	1.52
2 501~3 000	42.51~49.50	2	1.01

显然,在步行速度一定情况下,承包地块离家距离越远,其路程效率越低,并近似呈线性关系。也就是说,距离表征的耕地细碎化程度越高,路程效率就越低,劳作者花费在路上的时间越长。

综上,在当地细碎化特征和耕作能力(机械化水平)影响下,耕作效率和灌溉效率对于面积0~1 000 m<sup>2</sup>的承包地块,效率提高幅度较大,对于面积1 000 m<sup>2</sup>以上的承包地块,效率小幅度变化,面积1 500 m<sup>2</sup>以上承包地块,效率趋于稳定,而路程效率随距离表征的细碎化程度越高而降低。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

1)罗丹等<sup>[20]</sup>采用田间实验法对不同面积梯度的地块进行耕作效率测算,并用数学模型法构建耕作效率与承包地块面积之间的关系,研究表明耕作效率与承包地块面积近似呈指数函数关系变化,并且面积在3 600 m<sup>2</sup>以上的地块是中小型机械化耕作的适宜地块面积,而本研究采用实地调查法、文献综合法、案例研究法和数学模型法,基于农户调查数据,构建耕地细碎化及其利用效率定量表达模型,探索并揭示西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其与利用效率之间的关系,得出在西南山地丘陵区对于1 000 m<sup>2</sup>以下的承包地块进行权属调整、土地流转、土地整治等方式集中连片极利于提高耕地利用效率,是比较有意义的。可见,本研究方法的综合性

更强,而且摆脱理想的实验模型,以实际生产调查数据为基础进行研究,更接近实际情况。

2)张蚌蚌等<sup>[3]</sup>基于耕作地块调查,定性地提出土地细碎化对灌溉效率有严重负效应,但是没有更进一步的研究。本研究基于实际调查,通过数学模型的构建,定量地研究了丘陵区细碎化与灌溉效率之间的关系,从而完善和补充了该学者的研究成果。但是灌溉效率随着地块面积的增大提高幅度不大,这与研究区域耕地细碎化特征以及灌溉设施条件密切相关。

3)由于调研区域和调研条件的局限性,相关的研究结果还需进一步补充完善。①选取贵州省草海村作为研究代表区域,缺少与西南山地丘陵区的其他省份或直辖市(如重庆市等)的耕地细碎化特征及其利用效率进行比较研究,故本研究结果主要适用于地形起伏比较大且土地整理项目较小的西南山地丘陵区,尤其是对于多“草帽地”(指面积较小的地块)的贵州大部分辖区;②利用的相对控制变量法,主要研究耕作效率、路程效率和灌溉效率与承包地块表征的耕地细碎化之间的关系,没有将影响耕地利用效率的因素逐一剥离出来,以研究其与利用效率的关系,比如该丘陵区耕地地块形状对3个效率的影响;③鉴于获取调研数据难易程度以及可靠程度,在细碎化定量测定的时候,没有将该区域地块质量量化以反映其土地细碎化;④选用的样本来源于随机抽取,数量有限,对数据分析结果也会有一定

影响。

4)调查分析结果表明,一方面草海村的细碎化程度偏高,另一方面该区平均耕作效率 $0.0699\text{ m}^2/\text{s}$ ,平均灌溉效率 $0.0790\text{ m}^2/\text{s}$ ,说明该区域耕地利用效率比较低。结合西南山地丘陵区耕地细碎化特征,为提高耕地利用效率,促进区域经济持续发展,借鉴不少学者为缓解土地细碎化负效应问题的研究成果,建议采取以下措施:

首先,尽快推进土地整治,在土地整治中加强土地平整等工程措施,结合地形,开发水平梯地等形式,改善田块破碎局面,配套农田基础设施,建设高标准农田<sup>[27]</sup>;其次,应该在农户间开展“互换并地”(权属调整、地块置换)等产权空间配置<sup>[28]</sup>,以促进农户耕地集中连片和扩大经营规模;第三,可以同步推进土地流转,发展合作经济,实现农业的规模化,推进产业化高效经营<sup>[29]</sup>,进而实现“土地整治+权属调整+土地流转”的现代农业适度规模经营模式,即土地整治工程解决耕地自然细碎化、土地权属调整解决耕地权属细碎化,土地流转实现适度规模化。最后,从宏观层面加快农业技术更新速度、充分发挥政府在农业技术投资和推广中的主体作用;在微观层面,提高农户对技术性能的把握和利用能力<sup>[30]</sup>,从而实现机械化与规模经营相结合,提高耕地的利用效率。

#### 4.2 结论

本研究以贵州省草海村为例,采用实地调查法、文献综合法、案例研究法和数学模型法,基于农户调查数据,构建耕地细碎化与其利用效率的定量表达模型,探索并揭示西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其与利用效率之间的关系。结合讨论,分析得到以下结论:

1)基于农户实际生产调查,在自然细碎和权属细碎的叠加下,草海村细碎化程度严重,呈现丘陵山区耕地地块数量过多,承包地块面积偏小,而承包地块距家距离不是很远的细碎化特征。

2)在耕地细碎化特征和现有机械化水平的影响下,耕作效率、路程效率和灌溉效率随着耕地细碎化程度的提高而呈不同程度的下降趋势。同时,西南山地丘陵区耕地利用效率随地块面积增大,先大幅度提高( $0\sim 1\ 000\text{ m}^2$ ),然后变化平缓( $1\ 000\sim 1\ 500\text{ m}^2$ ),最后趋于稳定( $>1\ 500\text{ m}^2$ )。

3)根据研究结果推断,在西南山地丘陵区对面积 $1\ 000\text{ m}^2$ 以下的承包地块进行土地整治、权属调

整,或鼓励村民采取互换并地(土地整合)等措施促进耕地集中连片,使其承包地块面积达到 $1\ 000\text{ m}^2$ 以上,极利于耕作效率和灌溉效率的提高。基于 $1\ 000\sim 1\ 500\text{ m}^2$ 以上的承包地块进行权属调整、土地流转、土地整治等方式集中连片,并在该区域提供相应的耕作、灌溉等机械设施,对于实现土地适度规模经营是比较有意义的。

耕地利用效率受到承包地块大小、地块形状、地块质地、地块坡度、当地机械化水平等因素影响,而且不同地理位置的研究区域,尽管有类似的地形地貌,其耕地利用效率也会存在很大差异,同时耕地利用效率受到每个因素的影响程度也会大大不同。本研究仅以贵州省草海村作为研究区域,在多个因素对耕地利用效率共同作用的情况下,抓住主要影响因素(承包地块大小),探索并揭示了西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其与利用效率的关系,因此,尽可能扩大研究区域,逐一剥离影响耕地利用效率的因素并探讨其对耕地利用效率的影响是值得进一步研究的问题。

致谢 在调研和撰写本文过程中,得到中国农业大学资源与环境学院土地资源管理系张凤荣教授,徐艳副教授、环境科学与工程系王国安教授的耐心指导和帮助,在此,一并致以衷心地感谢!

#### 参 考 文 献

- [1] 杨晶,何雪.我国土地细碎化问题研究现状[J].农业科技与装备,2014(2):17-21  
Yang J, He X. Review on the research of land fragmentation in China[J]. *Agricultural Science & Technology and Equipment*, 2014(2):17-21 (in Chinese)
- [2] 赵凯.论土地细碎化及其定量测定方法[J].中国土地科学,2011,25(10):35-39  
Zhao K. Land fragmentation and its quantitative measurement method[J]. *China Land Science*, 2011, 25(10): 35-39 (in Chinese)
- [3] 张蚌蚌,王数,张凤荣,徐艳,郇文聚,孔祥斌.基于耕作地块调查的土地整理规划设计:以太康县王盘村为例[J].中国土地科学,2013,27(10):44-50  
Zhang B B, Wang S, Zhang F R, Xu Y, Yun W J, Kong X B. Designing the land consolidation planning based on the plot survey: A case study of Wangpan Village in Taikang County [J]. *China Land Sciences*, 2013, 27(10):44-50 (in Chinese)
- [4] 陈培勇,陈风波.土地细碎化的起因及其影响的研究综述[J].中国土地科学,2011,25(9):90-96



- Chen P Y, Chen F B. Literature review on the causes of land fragmentation and its effects[J]. *China Land Science*, 2011, 25(9):90-96 (in Chinese)
- [5] 地籍管理司. 关于第二次全国土地调查主要数据成果的公报[EB/OL]. (2013-12-30). [http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230\\_1298865.htm](http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230_1298865.htm)
- Department of Land ownership administration. The bulletin about the data of the second national land survey[EB/OL]. (2013-12-30). [http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230\\_1298865.htm](http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230_1298865.htm) (in Chinese)
- [6] 邓建波. 耕地细碎化成因及其与生产效率的关系:以西昌市西乡乡为例[D]. 雅安:四川农业大学, 2013
- Deng J B. The causes and its relationship with productive efficiency of farmland fragmentation; A case study in Xixiang Town of Xichang City [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2013 (in Chinese)
- [7] 侯方安. 耕地细碎化对农业机械化的影响研究[J]. 中国农机化, 2009(2):68-72
- Hou F A. Study on the effects of land fragmentation on the agricultural mechanization [J]. *Chinese Agricultural Mechanization*, 2009(2):68-72 (in Chinese)
- [8] 谭淑豪, Nico Heerink, 曲福田. 土地细碎化对中国东南部水稻小农户技术效率的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(12):2467-2473
- Tan S H, Nico Heerink, Qu F T. Impact of land fragmentation on small rice farmer's technical efficiency in Southeast China [J]. *Scientia Agricultural Sinica*, 2006, 39(12):2467-2473 (in Chinese)
- [9] 谭淑豪, 曲福田, Nico Heerink. 土地细碎化的成因及其影响因素分析[J]. 中国农村观察, 2003(6):24-30
- Tan S H, Qu F T, Nico Heerink. Causes and determinants of land fragmentation[J]. *China Rural Survey*, 2003(6):24-30 (in Chinese)
- [10] 吕晓, 黄贤金, 钟太洋, 赵雲泰. 中国农地细碎化问题研究进展[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3):530-540
- Lü X, Huang X J, Zhong T Y, Zhao Y T. Review on the research of farmland fragmentation in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(3):530-540 (in Chinese)
- [11] 梁流涛, 曲福田, 王春华. 基于DEA方法的耕地利用效率分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2):242-246
- Liang L T, Qu F T, Wang C H. Analysis on cultivated land use efficiency based on DEA[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(2):242-246 (in Chinese)
- [12] 李建林, 陈瑜琦, 江清霞, 匡晓宇. 中国耕地破碎化的原因及其对策研究[J]. 农业经济, 2006(6):21-23
- Li J L, Chen Y Q, Jiang Q X, Kuang X Y. Analysis on causes and measures land fragmentation[J]. *Agricultural Economy*, 2006(6):21-23 (in Chinese)
- [13] 钟涨宝, 聂建亮. 论农地适度规模经营的实现[J]. 农村经济, 2010(5):33-36
- Zhong Z B, Nie J L. Realization of agriculture land proper scale management[J]. *Rural Economy*, 2010(5):33-36 (in Chinese)
- [14] 刘建生, 鄧文聚, 赵小敏, 刘新卫. 基于差距度与投资度的高标准基本农田建设研究与应用[J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(3):47-53
- Liu J S, Yun W J, Zhao X M, Liu X W. Theory and application of well-facilitied capital farmland construction; An analysis based on the gap degree and investment intensity[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(3):47-53 (in Chinese)
- [15] Fleisher C M, Liu Y H. Economies of scale, plot size, human capital and productivity in Chinese agriculture [J]. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 1992, 32(3):112-123
- [16] Tin N, Cheng E J, Christopher F. Land fragmentation and farm productivity in China in the 1990s [J]. *China Economic Review*, 1996, 7(2):169-180
- [17] 张尹君杰, 卓建伟. 土地细碎化的正面和负面效应的双重论证:基于河北省农户固定观察点资料的实证研究[J]. 江西农业大学学报:社会科学版, 2008, 7(4):25-29
- Zhang Y J J, Zhuo J W. Dual argument on positive and negative effect of land fragmentation; An empirical study from material of farmers in Hebei Province [J]. *Journal of Jiangxi Agricultural University: Social Sciences*, 2008, 7(4):25-29 (in Chinese)
- [18] 李鑫, 欧名豪, 马贤磊. 基于景观指数的细碎化对耕地利用效率影响研究:以扬州市里下河区域为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(10):1758-1767
- Li X, Ou M H, Ma X L. Analysis on impact of fragmentation based on landscape index to cultivated land use efficiency; A case on Lixiahe District Yangzhou City[J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(10):1758-1767 (in Chinese)
- [19] 吴兆娟, 高立洪. 山地丘陵地区地块尺度耕地利用效率的研究[J]. 西南农业学报, 2013, 26(5):1971-1976
- Wu Z J, Gao L H. Study on efficiency of cultivated land use at plot scale in hilly; Mountainous region[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2013, 26(5):1971-1976 (in Chinese)
- [20] 罗丹, 徐艳, 王跃朋, 张凤荣. 基于地块面积的土地整理耕作效率测算方法研究[J]. 中国土地科学, 2013, 27(6):73-78
- Luo D, Xu Y, Wang Y P, Zhang F R. Study on the method of measuring the scale efficiency of land consolidation in terms of plot size [J]. *China Land Science*, 2013, 27(6):73-78 (in Chinese)
- [21] 叶浩, 濮励杰. 我国耕地利用效率的区域差异及其收敛性研究[J]. 自然资源学报, 2011, 26(9):1467-1474
- Ye H, Pu L J. Study on efficiency of cultivated land use and its astringency[J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(9):1467-1474 (in Chinese)
- [22] 杨俊, 杨钢桥, 胡贤辉. 农业劳动力年龄对农户耕作利用效率的影响:来自不同经济发展水平地区的实证[J]. 资源科学, 2011, 33(9):1691-1698
- Yang J, Yang G Q, Hu X H. Impact of agricultural labor aging

- on farmland use efficiency of rural households: An empirical study from regions of differing economic development levels [J]. *Resources Science*, 2011, 33(9): 1691-1698 (in Chinese)
- [23] 刘燕. 贵州省土地资源可持续利用研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2002
- Liu Y. Studies on sustainable utilization for land resources in Guizhou Province [D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2002 (in Chinese)
- [24] 叶剑平, 蒋妍, 丰雷. 中国农村土地流转市场的调查研究: 基于2005年17省调查的分析和建议[J]. *中国农村观察*, 2006(4): 48-55
- Ye J P, Jiang Y, Feng L. Research on the survey of market of circulation of rural lands in China: The analysis and advice about survey of 17 provinces in 2005 [J]. *China Rural Survey*, 2006(4): 48-55 (in Chinese)
- [25] King R L, Burton S P. Land fragmentation, notes on fundamental rural spatial problem [J]. *Progress in Hunan Geography*, 1982, 6(4): 475-494
- [26] 陈妍, 李保国, 刘刚, 展志岗. 资源与环境系统分析[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009: 3-57
- Chen Y, Li B G, Liu G, Zhan Z G. *Analysis on Resources and Environmental System* [M]. Beijing: Beijing Normal University Publisher, 2009: 3-57 (in Chinese)
- [27] 刘雪冉, 赵艳玲, 李源, 蒋舒, 王鹏飞. 田块破碎对农业生产效率的影响: 以皖江城市为例[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(5): 316-319
- Liu X R, Zhao Y L, Li Y, Jiang S, Wang P F. Effects of Land fragmentation on the agricultural productive efficiency: A case on Wangjiang City [J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2013, 41(5): 316-319 (in Chinese)
- [28] 张蚌蚌, 王数. 群众自主式土地整治模式及其效应研究——以新疆玛纳斯县三岔坪村为例[J]. *经济地理*, 2013, 33(5): 131-136
- Zhang B B, Wang S. Research on the model of mass autonomous land consolidation and its effect: A case study in San Chaping Village, Ma Nasi County, Xinjiang [J]. *Economic Geography*, 2013, 33(5): 131-136 (in Chinese)
- [29] 邓琨. 我国农地细碎化问题研究综述[J]. *产业经济*, 2011(4): 44-45
- Deng K. Literature review on the land fragmentation in China [J]. *Industrial Economy*, 2011(4): 44-45 (in Chinese)
- [30] 张蚌蚌, 孔祥斌, 相慧, 张青璞. 中国西部区国家级标准样地分布特征及代表性[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(7): 227-235
- Zhang B B, Kong X B, Xiang H, Zhang Q P. Distribution characteristics and representative test of national standard farmland in Western China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(7): 227-235 (in Chinese)

责任编辑: 王燕华