

平原区耕作单元地块细碎化对小麦机收效率的影响分析

刘 玉^{1,2} 刘巧芹³ 唐秀美^{1,2} 任艳敏^{1,2} 孙 超^{1,2} 唐林楠^{1,2}

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097;
3. 河北地质大学土地资源与城乡规划学院, 石家庄 050031)

摘要: 平原区耕作单元地块细碎化是影响小麦机收效率的重要因素。以河北省定州市韩家庄村为例,从分析平原区耕作单元地块的细碎化特征入手,定量评估了地块面积对小麦机收效率的影响程度,在此基础上分析了耕作单元地块合并后小麦机收效率的提升状况。研究发现:平原区耕地以权属细碎化为主,耕作单元地块面积小且分散,地块总体狭长,目前不适合大型农机作业;小麦机收效率受耕地面积影响较大,小麦机收的总作业效率、纯作业效率均随着耕地面积的增加而增加,总作业效率理论上可以达到 0.430 1 s/m²,纯作业效率理论上可以达到 0.304 9 s/m²;平原区开展土地整治时,建议切实推行耕作单元地块权属调整及耕地流转,使耕地连片面积达到一定规模,可以明显提高小麦机收效率。

关键词: 平原区; 耕作单元; 地块; 细碎化; 机收效率; 小麦

中图分类号: S233.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)02-0225-07

Effects of Fragmentation of Cultivated Land Unit on Mechanical Harvesting Efficiency of Wheat in Plain Area

LIU Yu^{1,2} LIU Qiaoqin³ TANG Xiumei^{1,2} REN Yanmin^{1,2} SUN Chao^{1,2} TANG Linnan^{1,2}

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China
2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China
3. College of Land Resources and Urban Planning, Hebei University of Geology, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: In the plain area, the fragmentation of the cultivated land unit is an important factor affecting the mechanical harvesting efficiency of wheat. Taking Dingzhou City in Hebei Province as an example, the fragmentation characteristics of cultivated land unit and the quantitative evaluation of mechanical harvesting efficiency of wheat were analyzed, and then the scenario mechanical harvesting efficiency of cultivated land unit after land merger was analyzed. It was found that the cultivated land unit in plain area was small and scattered, the plot was long and narrow, the ratio of length to width range was relatively large, which was not suitable for large-scale agricultural development work. The mechanical harvesting efficiency of cultivated land area affected the total work efficiency and work efficiency was increased with the increase of areas of arable land and land consolidation, the total operating efficiency can reach 0.430 1 s/m² in theory, and the efficiency can reach 0.304 9 s/m². When the cultivation unit of land area reached 8 500 m², the mechanical harvesting efficiency of wheat would get into full play. The total operation time and pure working time would be reduced by 38.64% and 43.11% after parcel union, respectively. The plain area should be carried out cultivation unit of land ownership adjustment and land circulation on a large scale, the contiguous area of cultivated land reached a certain scale, which can effectively improve the mechanical harvesting efficiency of wheat, and reduce the unloading time and other time. The research can provide theoretical support for land consolidation in plain area.

Key words: plain area; cultivated land unit; block; fragmentation; mechanical harvesting efficiency; wheat

收稿日期: 2017-07-04 修回日期: 2017-08-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401193)和北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20170501)

作者简介: 刘玉(1982—),男,副研究员,博士,主要从事农用地高效利用研究, E-mail: Liuyu@nercita.org.cn

通信作者: 唐秀美(1982—),女,副研究员,博士,主要从事土地利用与土地信息技术研究, E-mail: Tangxm@nercita.org.cn

0 引言

耕地尤其是集中连片基本农田的合理利用与科学管理是区域粮食安全的重要保障。然而,作为目前许多国家尤其是发展中国家农业的一个重要特征^[1],耕地细碎化限制了理性的农业发展并降低了农村可持续发展的机会,已成为很多地区发展的主要问题^[2]。耕地细碎化的概念最初来自于国外^[3-4],并出现了一些计算地块细碎化的方法^[5-7]。在中国,耕地细碎化是在自然、经济、社会、制度和政策等因素的综合影响下而形成的一种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耕地的形式^[8-9],其类型包括自然细碎化(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)^[10],成因可大体归为地形条件^[11]、农地资源稀缺、农地质量^[12]等自然原因以及传统的平均主义与诸子继承、农地产权制度等经济社会因素^[13]。山地丘陵区的耕地细碎化原因相对复杂^[14]。而在平原区,“肥瘦搭配”的承包分割是造成耕作单元地块细碎的主要原因。

已有研究表明,耕地细碎化的影响是双向的。国外相关研究主要集中在农场种植方面,其正面影响表现在提高种植多样化、分散农业风险等方面^[15-16],负面影响主要反映在降低农场利润等方面。中国耕地细碎化的出现有其合理性,表现在增加农民收入、充分利用劳动力等^[17-18],但其制约农业规模经济、降低粮食生产效率、增加生产成本等负面作用更明显^[19-22],特别是阻碍大型农业机械设备的采用、增加农田基础设施建设成本^[23-24]。目前耕地细碎化对机械作业效率的影响研究侧重于山地丘陵区^[13,25-26],且耕地细碎化对于不同作物、不同种植环节的机械效率影响均有所涉及^[27-28],多数研究结果显示,耕地细碎化不利于提升机械效率^[29-30]。小麦是我国重要的粮食作物,其耕种收机械化率已超过90%,基本实现了生产全过程机械化^[14]。但由于耕地细碎化,小麦机收效率难以充分发挥。研究表明^[30-33],细碎化耕地条件下机械作业具有频繁转向、循边收获、移动困难等特点,在增加作业机械的物质费用的同时,降低了农业劳动生产率、土地生产率和成本产值率^[21]。平原地区的耕地权属细碎化经过土地流转后易达到规模经营,因此客观评价平原区耕地细碎化状况,定量分析其对小麦机收效率的影响,是准确测算区域耕作效率提升潜力的基础。

本研究以我国重要的小麦种植区域——黄淮海平原区耕地为研究对象,采用实际调研数据,在分析耕地细碎化状况的基础上,定量识别耕作单元地块面积对小麦机收效率的影响程度;结合农用地确权数据,测算耕地小麦机收效率潜力,以期为区域土地整治与集中化经营提供理论支持。

1 数据来源与研究思路

1.1 数据来源

选择地处黄淮海平原的河北省定州市韩家庄村作为研究区域。定州市位于北纬 $38^{\circ}14' \sim 38^{\circ}40'$ 、东经 $114^{\circ}48' \sim 115^{\circ}15'$ 之间,太行山东麓,华北平原西缘,全市地势平坦,由西北向东南微微倾斜;属温带-暖温带半湿润半干旱大陆性季风气候,年均气温为 12.4°C ,年际间气温差异不大,年均降水量为 503.2 mm ;市内有京广铁路、京广高铁、朔黄铁路,107国道、京港澳高速公路纵贯南北,交通便利;2015年末,定州市总人口124.4万人,其中常住人口为120.34万人,城镇化率为46.84%。定州市户均耕地 0.31 hm^2 ,但是平均地块面积仅为 0.14 hm^2 ,土地细碎化、分散化情况较为严重。

基础耕作单元地块数据是在高清遥感影像数据基础上,通过实地测绘调查获得的基于农户尺度的耕地数据。2016年,韩家庄村有居民706户,共计2897人;拥有耕地1859块,共计 267.07 hm^2 ;户均耕地仅 0.38 hm^2 ,户均地块数为2.63块,平均耕作单元地块面积仅为 0.62 hm^2 ,耕作单元地块小且分散,权属分割是造成耕地细碎的主要原因。本研究采用田间调查法获取研究区小麦机械收割效率数据,调查时间为2016年6月12日至2016年6月17日的08:00—19:00点左右,调查小组共6人,共获得313个耕作单元地块的几何特征数据和机械收割数据。田间调查方法是在小麦收获季节开展耕作地块实际调查,在韩家庄村偶遇的机械收获小麦地块进行田间测试。调研的机型为占该地区收获机保有量80%以上的全喂入式小麦联合收获机,包括雷沃谷神系列、麦客、谷王等机型。以雷沃谷神GE50为例,其属于全喂入联合收获机,配套功率为 77 kW ,工作幅宽为 250 cm ,喂入量为 5 kg 。使用工具为秒表、滚动式测距仪。调研方式为:第1天为2人一组,其中1人读表并记录收获机的田间作业信息及时间,另外1人测量耕作单元地块的长宽信息,第2天至第6天为一人一组进行测量。通过连续跟踪农机操作手在各耕地单元地块中的作业时间,利用秒表记录纯作业时间、卸粮时间、故障时间、休息时间、跨田时间等。其中,总作业时间包括纯作

业时间和卸粮时间,纯作业时间为收获机同时保持行驶与割麦2个操作的时间,卸粮时间为停机卸粮到卸粮结束并开始作业的时间,故障时间为故障发生到排除故障并重新开机的时间。

1.2 研究思路

本研究旨在分析研究区耕作单元地块面积、形状、边界密度等特征的基础上,探寻影响小麦机收效率的关键因素;结合实际调研数据,定量分析其对小麦机收效率的影响,并确定与小麦机收效率的函数关系;采用农用地确权数据,结合建立的函数情景模拟耕作单元地块合并后小麦机收效率的提升潜力。其研究思路见图1。

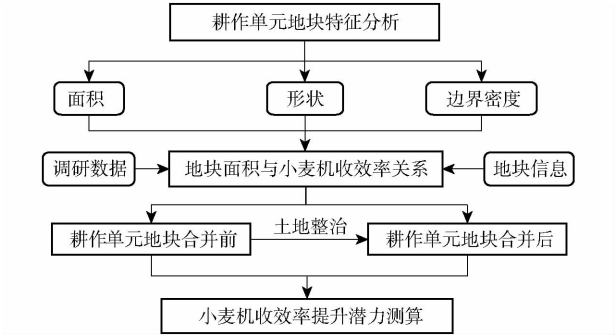


图1 总体研究思路
Fig.1 Research ideas

2 结果与分析

2.1 耕作单元地块的特征分析

耕作单元地块是指农户在农业生产中进行耕、种、收等耕作活动时的基本单位地块^[1]。耕作单元地块的几何特征是指包括地块的长、宽、形状、面积、边界密度以及道路通达度等在内的空间属性指标的规律性和相关性特征。耕作单元地块边界密度是指单位面积田块内耕作单元地块的边界长度,即田埂长度,地块边界密度可以反映因田埂造成的耕地浪费程度。计算公式为

$$D=L/A$$

式中 D ——田块耕作单元边界密度
 L ——耕作单元地块边界长度
 A ——田块内耕作单元地块总面积

该研究首先从面积、形状和边界密度分析研究区耕作单元地块特征:①耕作单元地块较为狭小。由图2可知,313个耕作单元地块的面积在274~14756 m²之间,其中,面积在1000~2000 m²的比例最高,其次是2000~3000 m²和小于1000 m²的耕作单元地块,绝大部分耕作单元地块面积小于4000 m²。总体而言,90%的耕作地块面积低于3100 m²。②313个耕作单元地块以长方形为主,形状较为规整。由图3a可知,其长边范围在25.3~340 m之

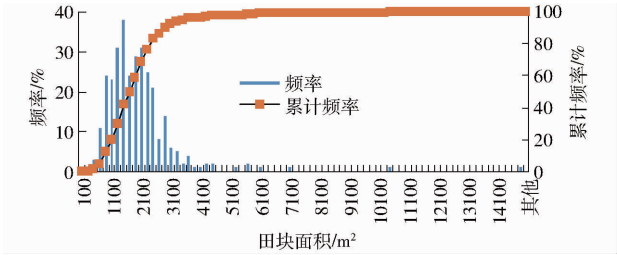


图2 田块面积直方图

Fig.2 Histogram of cultivated land unit area

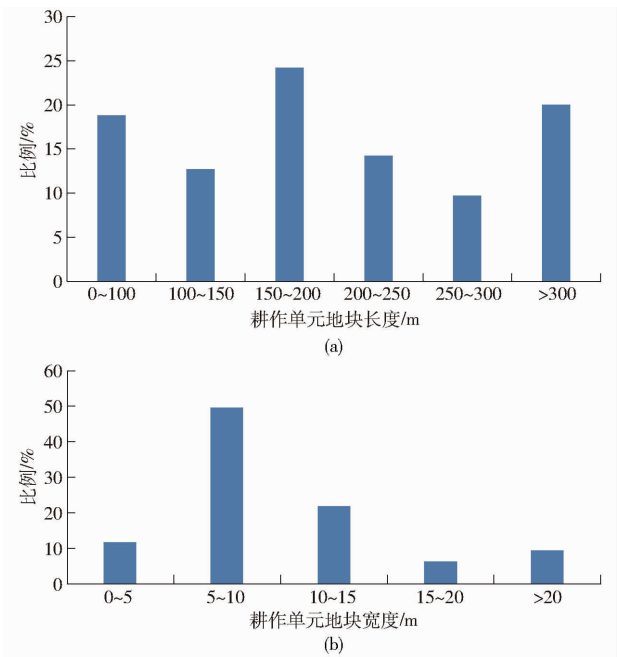


图3 耕作单元地块长度、宽度数量比例

Fig.3 Proportion of length and width of cultivated land unit area

间,标准差为88.07,平均长度为198.94 m,变异系数为44.27%;由图3b可知,宽度范围在2~68 m之间,标准差为9.53,平均宽度为11.55 m,变异系数为82.52%。耕作单元地块长度与宽度的平均比值为27:1。以上说明,耕作单元地块总体较为狭长,长宽变化范围都比较大,分布离散;耕作单元平均地块长度和宽度都较低,仅能适合中小型农机作业。③耕作单元地块的边界密度在390~10100 m/hm²之间,平均值为2610 m/hm²。根据文献以及实际测量结果,确定田埂的平均宽度为0.3 m,每公顷耕地的田埂面积为780 m²。由图4可知,耕作单元地块

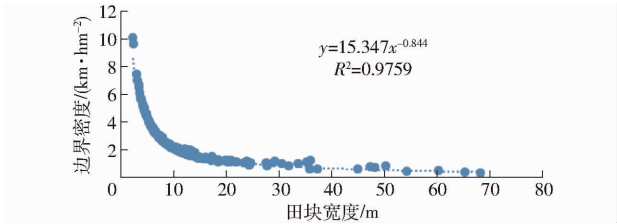


图4 耕作单元地块的平均宽度与边界密度散点图
Fig.4 Scatter plots of average width and boundary density of cultivated land unit area

的宽度和边界密度之间呈幂函数关系,幂函数关系式为 $y = 15.347x^{-0.844}$ ($R^2 = 0.9759$),说明边界密度随着耕作单元地块宽度的增加而降低,二者呈现显著的负相关。

2.2 耕作单元地块的小麦机收效率分析

结合文献[26-29]的研究结果和研究区实际情况,确定耕作单元地块面积是影响小麦机收效率的重要因素。基于313个耕作单元地块的实际调研和测量数据,分析耕作单元地块面积与小麦机收效率的关系。

2.2.1 机械收割时间与小麦机收效率

通过连续观测同一收获机在不同耕作单元地块中的作业情况发现,收获机作业速度基本保持不变,记录并统计收获机在各耕作单元地块中的纯收获时间、总作业时间、卸粮时间及其他时间,分析小麦机收效率变化情况。机械收获效率的计算公式为^[12-13]

$$F_1 = T_1/A \tag{1}$$

$$F_2 = T_2/A \tag{2}$$

式中 F_1 ——总作业效率

F_2 ——纯作业效率
 T_1 ——总作业时间,s
 T_2 ——纯作业时间,s

将耕作单元地块划分为不同面积段,统计发现收获机在不同面积段中的作业时间和效率差异非常明显(表1)。总体而言,随着耕作单元地块面积增加,小麦机收的总作业时间、卸粮时间和纯作业时间增加;小麦机收的总作业效率、纯作业效率和卸粮效率基本呈现相似的提高趋势,即田块面积越大,完成单位面积所消耗的时间越少:在0~1 000 m²的范围内,总作业效率是0.87 s/m²,纯作业效率是0.64 s/m²。随着面积增加,小麦机收效率逐渐提高,在1 500~2 000 m²的范围内,总作业效率是0.64 s/m²,纯作业效率是0.49 s/m²;在2 000~2 500 m²的范围内,总作业效率是0.62 s/m²,纯作业效率是0.48 s/m²;2 500~3 000 m²的范围内总作业效率有一定降低,但纯作业效率继续提升,总作业效率为0.63 s/m²,纯作业效率是0.47 s/m²;面积大于3 000 m²之后,小麦机收效率再次提高,总作业效率为0.57 s/m²,纯作业效率为0.43 s/m²。

表 1 联合收获机在不同大小田块的作业时间与效率

Tab.1 Time and efficiency of combine harvester in different cultivated land unit areas

面积/m ²	平均面积/ m ²	总作业时间/ s	卸粮时间/ s	纯作业时间/ s	总作业效率/ (s·m ⁻²)	纯作业效率/ (s·m ⁻²)
0~1 000	743.22	620.65	162.27	458.38	0.87	0.64
1 000~1 500	1 277.68	875.27	216.86	658.41	0.69	0.52
1 500~2 000	1 776.23	1 142.83	281.11	861.72	0.64	0.49
2 000~2 500	2 243.48	1 389.34	323.67	1 065.67	0.62	0.48
2 500~3 000	2 764.83	1 751.21	469.73	1 289.16	0.63	0.47
>3 000	4 893.44	2 596.00	781.56	1 814.44	0.57	0.43

在调研中发现,小麦机收效率的影响因素较多,除了耕作单元地块面积外,耕作单元地块形状、小麦种植密度及成熟程度、农机操作手的技术水平等因素也会直接或者间接影响小麦机收效率。为减少偶然因素影响,结合图2中的分布特征对耕作地块面积进行分段分析,从200 m²起,每隔200 m²进行一次分段,分段计算平均地块面积和平均机械收获时间。由图5可知,小麦机收效率和耕地面积之间呈现幂指数关系,且均呈现负相关关系,说明单位面积的机械收获时间随着耕作单元地块面积的增大而减小。总体上看,随着面积增加,小麦机械收获的总作业效率呈现增加趋势:0~2 800 m²,总作业效率逐渐增加,收获单位面积小麦所用的时间越来越少;2 800~3 200 m²,总作业效率有所降低;大于3 200 m²之后,总作业效率又呈现增加趋势。纯作业效率与总作业效率的变化趋势较为一致,但与总作业效率相比,纯

作业效率的变化波动小,且与地块面积的相关性较小。由于地块种植密度、农机操作手技术水平等的差异,小麦机收效率在2 800~3 000 m²区间呈现一定的波动。分段计算机械收获时间和耕作单元地块面积的关系。由图6可知,总作业时间、纯作业时间与耕作单元地块面积的拟合函数分别为 $y = 0.4301x + 404.77$ (R^2 为0.9636)和 $y = 0.3049x + 346.38$ (R^2 为0.9376),表明作业时间与耕作单元地块面积呈现明显的线性相关关系,即地块面积越大,作业效率越高。在现有农业机械装备水平下,总作业效率理论上可以达到0.4301 s/m²,纯作业效率理论上可以达到0.3049 s/m²。根据拟合函数进行计算,当耕作单元地块面积达到8 500 m²时,作业效率就可以达到理想效率的90%;当耕作单元地块面积达到17 885 m²时,作业效率就可以达到理想效率的95%。

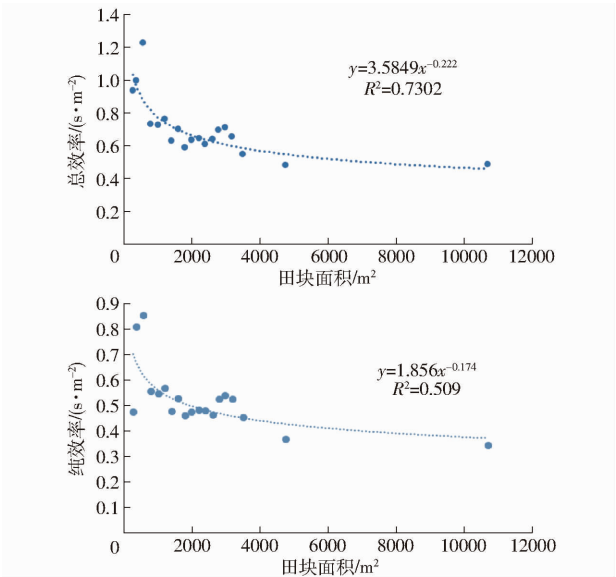


图 5 小麦机收效率与田块面积的散点图
Fig.5 Scatter plots of map area and mechanical harvesting efficiency of wheat

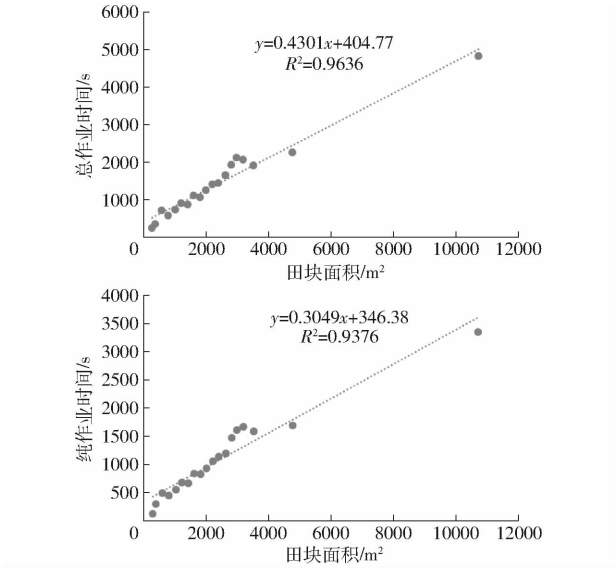


图 6 机械收获时间和耕作单元地块面积散点图
Fig.6 Scatter plots of mechanical harvesting time and cultivated land unit area

2.2.2 耕作单元地块合并后的小麦机收效率提升潜力分析

根据实际调研情况及数据分析,研究区主要是由于耕作单元地块归属于不同农户造成的地块细碎。因此,如果合理进行权属调整和耕地流转,比较容易实现耕地集中连片。在 ArcGIS 中进行 dissolve 操作,在考虑耕地内部主要道路、河流等阻隔要素的情况下,合并相邻的耕作单元地块,作为土地整治后理想情况下的耕作单元地块分布(图 7)。地块合并后,耕作单元地块数量明显减小,由 1 859 块降低到 43 块,面积大于 5 hm² 的耕作单元地块占到了总面积的 70% 以上,耕作单元地块的面积和连片程度明

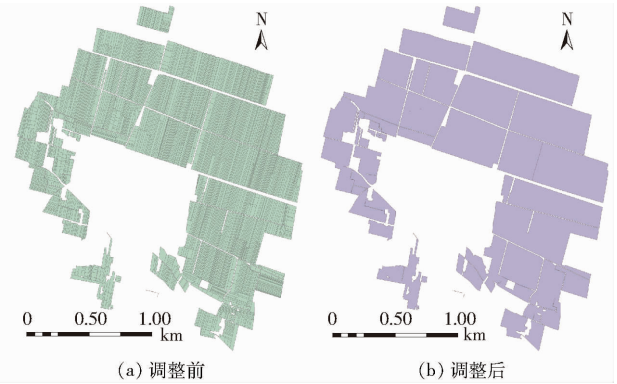


图 7 研究区调整前后的耕作单元地块分布
Fig.7 Cultivated land unit distributions before and after adjustment of land ownership

显提高。
根据机械收获时间和耕作单元地块面积的关系(表 1),计算地块合并前后研究区耕地收获时间变化。由表 2 可知,合并前,耕作单元地块数量为 1 859 块,耕作单元地块平均面积为 1 438 m²,总作业效率为 0.71 s/m²,研究区总作业时间为 1 902 196 s(528 h),纯作业效率为 0.54 s/m²,研究区总的纯作业时间为 1 458 970 s(405 h);地块合并后,耕作单元地块数量为 43 块,总作业效率为 0.44 s/m²,总作业时间为 1 167 136 s(324 h),纯作业效率为 0.31 s/m²,总的纯作业时间为 829 944 s(230 h)。可以看出,总作业时间和纯作业时间都有了明显降低,其中,总作业时间减少幅度为 38.64%,纯作业时间减少幅度为 43.11%。由此可知,耕地小麦机收效率有很大的提升潜力。

表 2 耕作单元地块合并前后小麦机械收获时间与收获效率变化

Tab.2 Changes of mechanical harvesting time and efficiency before and after adjustment of land ownership				
耕作单元 地块状况	总作业 时间/s	平均总作业效 率/(s·m ⁻²)	纯作业 时间/s	平均纯作业效 率/(s·m ⁻²)
合并前	1 902 196	0.71	1 458 970	0.54
合并后	1 167 136	0.44	829 944	0.31

3 结论

(1)以黄淮海平原区耕作单元地块为研究对象,基于实际调研数据分析了耕地的细碎化状况;在此基础上,采用相关分析法分析了小麦机收时间、机收效率与耕作单元地块面积的关系;随后,情景模拟了耕作单元地块合并前后小麦机收效率的变化,本研究可为区域土地整治和土地流转提供技术支持。
(2)平原区耕地细碎化严重,且以权属细碎化为主。研究区耕作单元地块面积在 274 ~ 14 756 m²

之间,大部分耕作单元地块的面积小于 $4\,000\text{ m}^2$,土地细碎化程度较高,耕作单元地块面积小且分布分散。耕作单元地块总体较为狭长,长宽度变化范围都比较大,分布离散,耕作单元地块的平均长度和平均宽度都较低,比较适合中小型农机作业;边界密度随着耕作单元地块的宽度增加而明显降低,扩大田块面积可以明显降低耕地边界密度,进而增加耕地利用率。由于研究区耕地细碎多为权属分割造成,整治的工程难度相对小,比较容易实现耕地的集中连片。

(3)小麦机收效率受耕地面积影响大。总作业效率、纯作业效率均随着耕作单元地块面积的增加而增加,耕地面积与总作业效率的相关性大于纯作业效率。在现有农业机械装备水平下,总作业效率和纯作业效率理论上可以达到 $0.430\,1, 0.304\,9\text{ s/m}^2$;耕作单元地块面积达到 $8\,500\text{ m}^2$ 时,小麦机收效率将得到比较充分的发挥。耕作单元地块合并后,总作业时间、纯作业时间将分别减少 38.64% 和 43.11% ,小麦机收效率将明显提升。

(4)规模化经营的其他效益。合理合并耕作单元地块可以有效提高小麦机收效率,表现在耕作单

元地块连片收获时,可以统一作业,避免机械空跑;节约单户收获的较长等待时间;合理安排卸粮地点和运输小麦车辆,提高卸粮效率;科学安排农机驾驶员的作业时间,提高机械利用率;同时,也大大减少了机械在不同耕作单元地块间的跨田时间,提高了总作业效率。此外,耕作单元地块集中连片,便于合理有效地安排农业种植和作物收获,在一定程度上提高农民的议价能力,降低收获成本以及其他农业成本;可以避免抢种抢收,缩短收获时间,延长了作物生长期,增加产量。

(5)本研究中,耕作单元地块合并后的小麦机收效率提升潜力分析是基于现有的中小型收获机计算的,而如果规模化经营后,可以采用大型的机械进行收获,小麦机收效率会有进一步的提高;本研究中理想田块规模是基于当前机械动力情况得出的,将来应在理想田块面积方面继续深化研究,确定不同机械对应的适合田块规模及适合不同区域的田块规模。另外,地块合并后机械跨田时间也将大幅度减少,小麦机收综合效率提升潜力的测算也是将来研究的重点。

参 考 文 献

- HOTTA L Y, NANSEKI K T. Impact of land fragmentation on economic feasibility of farmers in rice-based farming system in Myanmar [J]. Journal of the Faculty of Agriculture, 2011, 56(1): 163–170.
- 孔德刚, 赵永超, 刘立意, 等. 大功率农机作业效率与机组合理运用模式的研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 143–146. KONG Degang, ZHAO Yongchao, LIU Liyi, et al. Investigation of work efficiency of high-power agricultural machinery and reasonable application pattern of tractor-implement units [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 143–146. (in Chinese)
- BINS B O. The consolidation of fragmented agricultural holdings [M]. Washington D C: FAO Agriculture Studies, 1950: 11.
- KING R L, BURTON S P. Land fragmentation, notes on fundamental rural spatial problem [J]. Progress in Human Geography, 1982, 6(4): 475–494.
- 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.
- BENTLEY J W. Economic and ecological approaches to land fragmentation: in defense of a much-maligned phenomenon [J]. Annual Review of Anthropology, 1987, 16: 31–67.
- SIMONS S. Land fragmentation in developing countries: the optimal choice and policy implications [J]. Explorations in Economic History, 1988, 25: 254–262.
- DEMETRIOU D, STILLWELL J, SEE L. A new methodology for measuring land fragmentation [J]. Computers Environment & Urban Systems, 2013, 39(2): 71–80.
- LUIS O, JOSE A P, DAVID R. Evaluating the double effect of land fragmentation on technology choice and dairy farm productivity: a latent class model approach [J]. Land Use Policy, 2015, 45: 189–198.
- 潘伟光, 巩志磊, 卢海阳. 农户玉米收获环节采用机械化的影响因素分析——基于山东省的实证研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(14): 165–172. PAN Weiguang, GONG Zhilei, LU Haiyang. Factors analysis on producers' application of mechanized maize harvesting—based on empirical research of Shandong Province [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(14): 165–172. (in Chinese)
- 吕晓, 黄贤金, 钟太洋, 等. 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. Lǚ Xiao, HUANG Xianjin, ZHONG Taiyang, et al. Review on the research of farmland fragmentation in China [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 530–540. (in Chinese)
- 罗丹, 徐艳, 王跃朋, 等. 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 Dan, XU Yan, WANG Yuepeng, et al. Study on the method of measuring the scale efficiency of land consolidation in terms of plot size [J]. China Land Sciences, 2013, 27(6): 73–78. (in Chinese)
- 曹光乔, 陈聪, 梁建, 等. 山区耕地细碎化对水稻机收效率的影响研究[J]. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2015, 30(6): 946–950. CAO Guangqiao, CHEN Cong, LIANG Jian, et al. Research on the influence of montanic fragmental farmland on the work efficiency of rice harvester [J]. Journal of Yunnan Agricultural University: Natural Science, 2015, 30(6): 946–950. (in

- Chinese)
- 14 张蚌蚌,王数,张凤荣,等. 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 Bangbang, WANG Shu, ZHANG Fengrong, et al. 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)
- 15 BLARE B, HAZELL P, PLACE F, et al. The economics of farm fragmentation: evidence from Ghana and Rwanda [J]. The World Bank Economic Review, 1992, 6(2): 233–254.
- 16 FALCO S D, PENOV I, ALEKSIEV A, et al. Agrobiodiversity, farm profits and land fragmentation: evidence from Bulgaria [J]. Land Use Policy, 2010, 27(3): 763–771.
- 17 许庆,田士超,邵挺,等. 土地细碎化与农民收入:来自中国的实证研究[J]. 农业技术经济, 2007(6): 67–72.
XU Qing, TIAN Shichao, SHAO Ting, et al. Farmland fragmentation and farmers' income: a case of China [J]. Journal of Agro-technical Economics, 2007(6): 67–72. (in Chinese)
- 18 李功奎,钟甫宁. 农地细碎化、劳动力利用与农民收入——基于江苏省欠发达地区的实证研究[J]. 中国农村经济, 2006(4): 42–48.
LI Gongkui, ZHONG Funing. Farmland fragmentation, labor utilization and farmers' income [J]. Chinese Rural Economy, 2006(4): 42–48. (in Chinese)
- 19 WAN G H, CHENG E J. Effects of land fragmentation and returns to scale in the Chinese farming sector [J]. Applied Economics, 2001, 33(2): 183–194.
- 20 张尹君杰,卓建伟. 土地细碎化的正面与负面效应的双重论证[J]. 江西农业大学学报:社会科学版, 2008,7(4): 25–29.
ZHANG Yinjunjie, ZHUO Jianwei. Dual argument on positive and negative effect of land fragmentation [J]. Journal of Jiangxi Agricultural University: Social Sciences Edition, 2008, 7(4): 25–29. (in Chinese)
- 21 王秀清,苏旭霞. 农地细碎化对农业生产的影响——以山东省莱西市为例[J]. 农业技术经济, 2002(2): 2–7.
WANG Xiuqing, SU Xuxia. Impact of farmland fragmentation on agriculture production: a case of Laixi, Shandong Province[J]. Journal of Agro-technical Economics, 2002(2): 2–7. (in Chinese)
- 22 田传浩,陈宏辉,贾生华. 农地市场对耕地零碎化程度的影响——理论与来自苏浙鲁的经验[J]. 经济学, 2005, 4(3): 769–784.
TIAN Chuanhao, CHEN Honghui, JIA Shenghua. The impact of farmland rental markets on land fragmentation: evidence from three theory and provinces[J]. China Economic Quarterly, 2005, 4(3): 769–784. (in Chinese)
- 23 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, 2009,30(2): 68–72.
HOU Fang'an. Study on the effects of land fragmentation on the agricultural mechanization [J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2009,30(2): 68–72. (in Chinese)
- 24 TAN S H, NICO H, GIDEON K, et al. Do fragmented land holdings have higher production costs? Evidence from rice farmers in northeastern Jiangxi Province, P. R. China [J]. China Economic Review, 2008, 19(3): 347–358.
- 25 刘涛,曲福田,金晶. 土地细碎化、土地流转对农户土地利用效率的影响[J]. 资源科学, 2008, 30(10): 1511–1516.
LIU Tao, QU Futian, JIN Jing. Impact of land fragmentation and land transfer on farmer's land use efficiency [J]. Resources Science, 2008, 30(10): 1511–1516. (in Chinese)
- 26 祖健,张蚌蚌,孔祥斌. 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[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(1): 104–113.
ZU Jian, ZHANG Bangbang, KONG Xiangbin. Characteristic of cultivated land fragmentation and land use efficiency in southwest mountainous: a case study of Caohai Village in Guizhou Province [J]. Journal of China Agricultural University, 2016, 21(1): 104–113. (in Chinese)
- 27 丁启朔,丁为民,杨伟,等. 耕地细碎化条件的机械化特征——小型收割机的田间作业行为调查[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(6): 1397–1403.
DING Qishuo, DING Weimin, YANG Wei, et al. Mechanical characteristics of land fragmentation: an investigation on the field operation behavior of small-type harvesters [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2013, 25(6): 1397–1403. (in Chinese)
- 28 陈聪,陈巧敏,梁建,等. 山区耕地细碎化对手扶插秧机作业效率的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2015, 41(5): 554–559.
CHEN Cong, CHEN Qiaomin, LIANG Jian, et al. The influence of fragmentation on the work efficiency of walking transplanter in montanic farmland [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2015, 41(5): 554–559. (in Chinese)
- 29 李功奎. 农地细碎化、劳动力利用与农民收入——基于江苏省经济欠发达地区的实证研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
LI Gongkui. Farmland fragmentation, labor utilization, and farmer's income: a positive study of the underdeveloped regions of Jiangsu Province [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- 30 SKLENICKA P, SALEK M. Ownership and soil quality as sources of agricultural land fragmentation in highly fragmented ownership patterns [J]. Landscape Ecology, 2008, 23(3): 299–311.
- 31 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴:2013[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 16–18.
- 32 李建林,陈瑜琦,江清霞,等. 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 Jianlin, CHEN Yuqi, JIANG Qingxia, et al. Research on reasons and countermeasures for cultivated land fragmentation in China [J]. Agricultural Economy, 2006(6): 21–23. (in Chinese)
- 33 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): 90–95
CHEN Peiyong, CHEN Fengbo. Literature review on the causes of land fragmentation and its effects [J]. China Land Sciences, 2011, 25(9): 90–95. (in Chinese)