

农业机械减少水稻收获损失了吗?

屈雪 黄东 曹芳芳 武拉平*

(中国农业大学 经济管理学院,北京 100083)

摘要 为了解农业机械的推广是否能够减少收获损失,本研究基于2016年中国20个省市1 032户农户水稻产后收获损失调研数据,利用分位数回归方法定量分析农业机械的使用对水稻产后收获损失的影响。结果表明:1)目前我国水稻的产后收割、脱粒、田间运输和清粮的总损失率为3.92%;2)不同环节的机械减损效果不同。在收获环节使用联合收割机可以降低农户的水稻损失率。在田间运输环节使用机械可以降低水稻的产后收获损失率。在清粮环节使用机械会加大水稻的产后收获损失率;3)购买农机社会化服务可以降低联合收获中水稻收获损失率较低的农户损失率,同时也会降低分段收获中水稻收获损失率较高的农户损失率。

关键词 农业机械 水稻 收获损失 社会化服务

中图分类号 S37 文章编号 1007-4333(2019)03-0165-08 文献标志码 A

Has machine harvest reduced the rice harvest losses?

QU Xue, HUANG Dong, CAO Fangfang, WU Laping*

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract To understand whether the machine harvest has reduced the rice harvest losses, based on the data of 1 032 Chinese farm households in 20 provinces in 2016, this study runs quantile regression to analyze the impacts of the machine harvest on harvest losses of rice. The results show that: Firstly, the total losses rate of harvest, threshing, field transportation and cleaning is 3.92%; Secondly, combined-harvesting can reduce the rate of losses of farmers who used their own machines. Compared with the manpower, using machine in transportation can reduce the loss rate but increase it in cleaning; Thirdly, the machine social service can reduce the rate of losses of farmers whose post-harvest loss rate is lower in the combined harvest while it increases it in the segmented harvest. In conclusion, in order to reduce the loss rate and take full advantage of agricultural machinery, it is necessary to improve and normalize the social service for the use of agricultural machinery.

Keywords agricultural machinery; rice; post-harvest losses; socialized services

长期以来,中国粮食增产主要依靠种植面积的扩大和大量化肥等现代投入而引起的单产提升,但由于资源、环境和技术的限制,通过上述途径增产的空间越来越小^[1],而除了增产(即“开源”)外,对粮食损耗的关注(即“节损”)则不够。已有研究表明,中国每年仅储藏、运输、加工等环节损失的粮食就达350亿kg以上,约占全国粮食总产量的5.8%^[2]。巨大的粮食损失和浪费不仅减少了粮食供给,还浪费生产过程中投入的各种资源。胡越等^[3]经测算表

示,中国食物浪费总量为1.2亿t,相当于浪费了184万hm²播种面积、458.9万t施用化肥和316.1亿m³农业用水,造成了巨大的水土资源浪费,也带来了严重的环境问题。

Greeley^[4]在研究孟加拉国的水稻产后损失率中指出,技术变革通常会增大水稻产后损失。而随着农业科技的进步、农村劳动力的老龄化^[5-6]以及农业劳动力与农机作业服务相对价格的变化^[7],农机社会化服务成为未来农业生产的趋势。为了研究现

收稿日期:2018-06-01

基金项目:2015年度粮食行业公益性科研专项(201513004-2);国家自然科学基金(71273262)

第一作者:屈雪,硕士研究生,E-mail:18801167591@163.com

通讯作者:武拉平,教授,主要从事粮食经济和农产品市场与政策的研究,E-mail:wulp@cau.edu.cn

阶段中国农业机械的使用对粮食产后收获损失的影响,本研究团队与农业农村部固定观察点合作,对中国28个省市4170户农户、8大类粮油作物(包括小麦、水稻、玉米、大豆等)的产后损失情况进行了调查。水稻是中国第一大粮食作物,年产量2.08亿t,占全国粮食总产量的33.51%^①。截止到2016年,全国水稻机械收割面积达到2628.96万hm²^[8],机械收割率达到85.51%,其中跨区机收占17.88%。机械的普及对水稻种植产生了重要影响,但机械的使用对水稻产后损失的影响,目前尚不清楚。因此,本研究将利用上述调查中1032户农户的水稻田收获损失数据,定量分析农业机械的使用对水稻产后收获损失的影响。

1 文献综述与概念界定

一般而言,粮食损失(food loss)指粮食实物量的减少或质量的下降,主要发生在供应链的前段,即生产和产后加工阶段,往往受客观的技术条件的影响。粮食(或食物)浪费(food waste)主要发生在供应链的末端,即零售和消费环节,往往受主观的消费理念、习惯和方式的影响^[9-10]。粮食的损失和浪费仅指供人类消费的产品,不包括饲料和不可食用部分。本论文的研究重点是水稻的收获损失率及其影响因素。考虑到联合收割机的使用,本研究将水稻产后收获^②损失定义为:从田间收割到水稻收获后到达储藏地或晾晒地之间的损失,具体包括收割、脱粒、田间运输^③和清粮4个环节的总损失。

国内有关水稻收获损失率的研究从20世纪80年代末开始。李植芬等^[11]测定了浙江省早稻自然脱落、收割、脱粒、清粮、干燥等环节的总损失率为8.85%,晚稻为3.95%。水稻收获环节损失占其总产量的7%,脱粒、干燥和扬净环节分别占1.5%、0.5%和0.5%^[12]。詹玉荣^[13]对全国22个省市574个县1400户农户进行了问卷调查。调查显示,水稻手工收割损失率为1.7%,半机械收割和机械收割的损失率分别为2.32%和12.1%;人畜脱粒损失率为1.84%,机械脱粒损失率为1.41%;田间人工运输损失率为0.6%,畜力和机动车运输的损失率分别为1.31%和1.06%。

郑伟^[14]利用江西省357户农户调查数据研究表明,水稻在收获期间的损失率为3.57%。其中,田间脱粒环节和晾晒环节的损失率分别为3.01%和0.56%。高利伟等^[15]对大量文献数据进行甄别筛选,认为中国水稻联合收获损失率为1.5%,分段收获损失率为4.4%,田间运输损失率为0.9%。黄东等^[16]在中国水稻优势产区进行水稻收获实验,推算出水稻收获环节的损失率为3.02%。

除了测算水稻的收获损失率,有学者还研究了影响水稻收获损失率的相关因素。研究结果显示,收割方式、脱粒方式、天气、收割时机等都会影响损失率的大小。

机械收获和手工收获的损失率,哪一种更低,已有研究尚无一致的结论。第一种观点认为机械收获会加大水稻的收获损失率。李植芬等^[17]在浙江省水稻收获试验中发现,镰刀收割的损失率明显比机械收割的小。詹玉荣^[13]在全国22省市1400多户农户的调查问卷中也有同样的发现。Greeley^[4]在孟加拉国的水稻收获试验中发现,矮秆和高秆的人畜脱粒损失率分别为0.60%和1.45%,脚踏式脱粒机的损失率分别为1.82%和3.49%。也有学者认为手工收获的损失率更高。人畜脱粒的水稻损失率比机械脱粒的损失率高30.50%^[13]。水稻采用手工收割的损失率在10%左右,而联合收割机的损失率为3%^[18]。

此外,灾害天气和缺乏劳动力会增大水稻的收获损失率^[19-20]。收获期间的虫害越严重,收获损失率越高^[21]。水稻提早收割的未脱净损失率比适时收割高25%;推迟收割的损失率比适时收割高12.5%^[17]。机械收获损失呈一元二次方程变化规律,越靠近最佳收获日收获,损失率越低^[22]。此外,种粮规模、作业态度等也会对水稻的收获损失产生影响^[19,23]。

通过以上文献梳理,现有关于水稻收获损失的研究存在以下不足:一是现有研究对损失的环节和概念没有清晰界定,并且研究数据较为陈旧。二是目前尚没有学者研究在农机社会化服务的背景下,农业机械的使用对水稻收获损失率的影响。在农业机械化和现代化的背景下,水稻种植和收获的机械

① 根据国家统计局数据资料计算(<http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>)

② 本研究研究的收获环节指从田间收割到水稻到达储藏地或晾晒地之间的所有环节。收割仅仅指割倒环节。

③ 指将水稻从田间运到储藏地或晾晒地。

化程度越来越高,研究此类问题具有重要的现实意义。因此,本研究根据中国现阶段农业机械化的背景,界定水稻收获环节的起止点,利用2016年中国20个省市1032户农户水稻产后收获损失调研数据,定量分析社会化服务背景下,农业机械的使用对水稻收获环节损失率的影响。

2 理论模型与数据来源

2.1 理论模型

考察现有样本的分布可以看出,其分布不是典型的正态分布,因而通过简单的线性回归必然导致估计的偏差。分位数回归不要求误差项正态分布,对离群值也不敏感,其回归系数估计量更加稳健。因此,本研究采用分位数回归方法分析各主要因素对水稻收获损失率的影响。假设水稻收获损失率的分布函数为

$$F(y) = \text{Prob}(Y \leq y) \quad (1)$$

水稻收获损失率的 τ 分位数如下:

$$Q(\tau) = \inf\{y: F(y) \geq \tau\}, 0 < \tau < 1 \quad (2)$$

根据分位数回归的定义,使得加权误差绝对值之和最小,即:

$$\min_{\xi \in R^k} \left\{ \sum_{i: Y_i \geq \xi} \tau |Y_i - \xi| + \sum_{i: Y_i < \xi} (1 - \tau) |Y_i - \xi| \right\} \quad (3)$$

通过求解下式得到其参数估计:

$$\hat{\beta}_\tau = \underset{\xi \in R^k}{\text{argmin}} \left\{ \sum_{i=1}^n \rho_\tau(Y_i - x_i' \beta_\tau) \right\} \quad (4)$$

根据前面的讨论,本研究的最终模型形式如下所示:

$$\text{PHL} = \alpha + \beta_1 \text{com} + \beta_2 \text{tme} + \beta_3 \text{cme} + \beta_4 \text{ser} + \beta_5 \text{com} \times \text{ser} + \beta_6 Z_1 + \beta_7 Z_2 + \epsilon \quad (5)$$

2.1.1 被解释变量

考虑到不同区域、不同收获方式、不同规模农户水稻收获的差异,用损失量衡量可能会出现计量单位的差异,并且在与其他品种粮食比较时也存在困难,而收获损失率则能较好地避免计量单位和不同品种间比较的不便。为此,本模型中被解释变量为水稻收获环节的损失率,即收获损失量/(收获损失量+收获量),用 PHL 表示。

2.1.2 核心解释变量

根据现有文献,影响粮食收获损失的因素主要有以下几类:第一、农户基本情况。包括农户拥有的耕地和劳动力等资源,养殖和外出务工情况,户主性

别、年龄和受教育程度,是否参加过培训等。第二、种植的基本情况。包括粮食种植的品种、规模、种植的耕地类型等;第三、收获的情况,包括收获的时机、收获方式(机械或手工)、收获时投入的人工,以及收获的精细化程度等;第四、其他,比如收获时的天气、虫害情况等。

由于本研究关注的重点是机械对收获损失率的影响,因此核心解释变量如下:

1)联合收获(com)。将收获方式分为联合收获和分段收获。联合收获,指使用联合收割机一次性完成收割和脱粒的情形。分段收获,指收割和脱粒不是一次性完成的,具体包含2种情形:①人工收割、机械脱粒或机械收割、人畜脱粒;②机械收割、机械脱粒,但是收割和脱粒不是一次性完成。联合收获减少了作业环节,有利于减少水稻的收获损失。因此,预期符号为负。

2)机械运输(tme)。指收获完成后,利用机械将水稻从田间运输到储藏地或晾晒地。机械可以缩短运输时间,减少遗漏损失。因此,预期符号为负。

3)机械清粮(cme)。指水稻收获后,利用机械去除谷粒之间杂质和干瘪谷粒。

4)农机社会化服务(ser)。将机械来源分为自有机机械和社会化服务机械。对于分段收获,只要在收割或脱粒环节的任一环节使用了社会化服务机械则视为该农户购买了农机社会化服务。

一方面,由于农机服务一般以收获面积计价,与收获损失不直接挂钩。而恰逢收获季节,农机服务供不应求,通常需要跨区作业。农机服务提供者(以下简称代理方,农户为委托方)为了获得更多的收益,会加快作业速度,导致收获精细程度下降,损失率增大。另一方面,代理方的经验更丰富,设备更先进,更专业,也可能会减小水稻的收获损失率。

5)此外,考虑到分段收获中农户的参与程度比在联合收获中的参与程度高,可能会影响代理方的作业质量。样本分析也显示,在分段收获的农户中,社会化服务机械的收获损失率更低,在联合收获的农户中,情况则相反。因此,为了考察农机社会化服务对水稻损失率的影响是否与收获方式有关,引入了交互项 $\text{com} \times \text{ser}$ 。

2.1.3 控制变量

除上述核心解释变量外,为避免遗漏变量,本文根据前人研究加入了2组控制变量 Z_1 和 Z_2 。1)户主及其家庭特征(Z_1)。户主特征包括性别、年龄、

受教育程度和是否接受过农业培训。家庭特征包括家庭总收入和水稻收入占家庭总收入的比例^[10,19-21]。

2)生产和收获特征(Z_2)。包括水稻的收获面积、单产、天气和虫害状况、田间运输距离、收获是否精细、是否缺乏人手、是否有节粮意识、是否及时收割^[19-21]、单价(即损失的成本)。农户对损失的单位成本估计是影响农户收获认真程度和是否捡拾的重要因素,由于缺乏对损失成本的直接测量变量。这里选择收获后水稻的单位销售价格^①作为损失成本的代理变量,受地区的影响以及不同销售时机等的差异,不同地区的不同农户销售获得的价格是不同的。

2.2 数据来源

本研究团队与农业农村部农村固定观察点合作,根据全国水稻种植面积分布数据,按比例分配各省样本量,于2016年对中部省份493户农户,东部省份233户农户和西部省份306户农户,共计1032户农户开展了2015年水稻收获环节损失情况调查,并与固定观察点的住户和家庭成员信息相匹配,得到了

本研究使用的数据。其中,中部省份包括吉林、黑龙江、安徽、江西、湖北、湖南省,东部省份包括天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东省(市),西部省份包括广西、四川、贵州、云南、重庆、陕西、新疆维吾尔自治区(省、市),上述省份涵盖了华北、华中、华南、东北、西北和西南6大稻作区,具有较好的空间代表性。

根据问卷设计,本研究计算损失率所需的数据是农户根据自身经验所估计。由于收获环节的作业复杂,实地测量损失率的成本过高,难度太大。采用农户估计相对实验方法更贴近真实自然状态下的损失。并且,有学者认为,农户的务农经验丰富,能够从实操层面提供相对精确的反馈^[24]。

3 统计描述分析

变量和统计特征如表1所示,水稻收获环节的损失率为3.92%,52%的农户使用联合收割机,78%的农户购买了农机服务。机械运输和机械清粮的比例分别为64%和55%。

表1 变量定义和描述统计
Table 1 Variables and descriptive statistics

变量 Variable	变量含义 Meaning	均值 Mean	标准差 Standard deviation
总损失率 Loss rate	损失量/(收获量+损失量)/%	3.92	4.03
联合收获 Combined harvest	是=1,否=0	0.52	0.50
机械运输 Tractor transport	是=1,否=0	0.64	0.48
机械清粮 Machine cleaning	是=1,否=0	0.55	0.50
农机社会化服务 Social service	是=1,否=0	0.78	0.42
种植面积 Area	播种面积/hm ²	0.34	0.35
单产 Yield	每 hm ² 产量/(kg/hm ²)	8 153.41	2 521.55
单位损失的成本(代价) Unit loss-cost	收获后的销售价格/(元/kg)	2.97	0.34
地形 Terrain	平地=1,其他=0	0.77	0.42
距离 Distance	收获地离储藏地距离/km	0.62	0.68
天气 Weather	天气异常,是=1,否=0	0.16	0.37
虫害程度 Pest	没有=1,很少=2,一般=3,严重=4	1.87	0.79
精细作业 Caution	是=1,否=0	0.22	0.41
缺乏人手 Labor shortage	是=1,否=0	0.28	0.45
节粮意识 Save food	是=1,否=0	0.16	0.37
及时收割 Timely harvest	是=1,否=0	0.94	0.24
性别 Sex	男=1,女=0	0.84	0.37
年龄 Age	年龄/岁	53.92	10.48
受教育程度 Education	在校时间/年	7.10	2.62
农业培训 Train	参加过农业培训,是=1,否=0	0.10	0.29
总收入 Total income	家庭年纯收入/万元	7.43	5.94
水稻收入比例 Rice income/Total income	水稻收入占总收入的比例/%	16.64	18.80

① 假设农户是理性的,可以预期到未来水稻的市场销售价格。具体价格选取的是农户收获后距离收获日期最近的销售价格。

4 模型估计结果与讨论

4.1 模型估计结果

表2第3~7列为分位数回归结果。为了对比，第2列给出了稳健标准误条件下的OLS回归结果。 $\beta_1 + \beta_5$ 和 $\beta_1 + \beta_9$ 分别是联合收获系数和农机社会化

服务系数分别与交叉项系数之和及其 t 值。同时，回归中利用地区虚拟变量控制了不同地区的影响，为节省篇幅，未列出结果。

4.2 结果分析

在OLS回归中，联合收获的系数在1%的统计水平上显著为负，表明联合收获可以降低自有机械

表2 OLS及分位数回归结果
Table 2 OLS and quantile regression results

变量 Variable	OLS	分位数回归 Quantile regression				
		0.10	0.25	0.50	0.75	0.90
联合收获	-1.581***	1.134***	0.761*	-1.490***	-2.268	-1.635
Combined harvest	(-2.79)	(5.65)	(1.86)	(-2.98)	(-1.10)	(-0.61)
机械运输	-0.425	-0.270***	-0.388***	-0.522**	-0.764**	-0.410
Mechanical transport	(-1.64)	(-3.66)	(-2.58)	(-2.25)	(-2.49)	(-0.71)
机械清粮	1.137***	0.067	0.280**	0.830***	1.733***	2.415***
Mechanical cleaning	(4.80)	(1.09)	(2.20)	(4.89)	(5.89)	(4.49)
农机社会化服务	-0.301	0.242**	0.242	-1.012***	-1.016**	-0.301
Social service	(-0.74)	(2.11)	(0.90)	(-2.86)	(-2.24)	(-0.29)
农机社会化服务 * 联合收获	1.459**	-1.161***	-0.879**	1.735***	2.175	1.347
Social service * Combined	(2.29)	(-5.57)	(-2.03)	(3.38)	(1.04)	(0.47)
收获面积	-1.462	-0.445	-0.196	-1.574***	-1.650	0.060
Area	(-1.57)	(-1.43)	(-0.49)	(-3.66)	(-0.89)	(0.03)
收获面积 ⁻²	0.617*	0.175	0.060	0.565***	0.526	-0.201
Area ⁻²	(1.81)	(0.88)	(0.35)	(3.70)	(0.45)	(-0.28)
单产	-0.000***	-0.000	-0.000	0.000	-0.000	-0.000
Yield	(-2.61)	(-1.23)	(-0.19)	(0.00)	(-0.24)	(-0.46)
单位损失成本(代价)	-3.264**	-1.827**	-2.285**	-2.290	-5.018***	-3.627
Unit loss-cost	(-2.32)	(-2.32)	(-2.01)	(-1.25)	(-3.15)	(-0.09)
单位损失成本(代价) ⁻²	0.399**	0.287**	0.329**	0.302	0.582***	0.389
Unit loss-cost ⁻²	(2.25)	(2.42)	(2.02)	(1.12)	(3.10)	(0.06)
地形	0.391	0.384***	0.724***	0.493**	-0.571	-0.578
Terrain	(1.27)	(4.11)	(3.60)	(2.06)	(-1.15)	(-1.03)
田间运输距离	-0.332***	-0.020	-0.129***	-0.189***	-0.405*	-0.674*
Distance	(-2.67)	(-0.52)	(-4.16)	(-4.56)	(-1.77)	(-1.80)
天气	1.778***	0.370***	0.491***	1.271***	3.214***	3.945***
Weather	(4.67)	(2.81)	(2.72)	(3.67)	(4.29)	(5.68)
精细作业	-0.535*	-0.495***	-0.795***	-1.148***	-0.817**	-0.475
Caution	(-1.78)	(-9.02)	(-7.92)	(-6.82)	(-2.26)	(-0.75)

表2(续)

变量 Variable	OLS	分位数回归 Quantile regression				
		0.10	0.25	0.50	0.75	0.90
缺乏人手	0.756***	0.071	0.268	0.537***	0.799**	0.938**
Labor shortage	(2.82)	(1.07)	(1.41)	(2.84)	(2.49)	(2.08)
节粮意识	0.644**	0.071	0.256*	0.846***	0.972**	1.033
Save food	(2.08)	(0.85)	(1.65)	(3.29)	(2.30)	(1.39)
及时收获	-0.182	-0.137	0.087	-0.159	-0.426	1.310*
Timely harvest	(-0.31)	(-1.40)	(0.22)	(-0.29)	(-0.53)	(1.95)
虫害程度(Pest)	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
农户及家庭特征	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
地区虚拟变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	8.709***	3.935***	4.671**	5.742*	12.223***	8.253
Constant term	(3.00)	(2.97)	(2.31)	(1.78)	(3.74)	(0.13)
$\beta_1 + \beta_5$	-0.121	-0.027	-0.119	0.230	-0.093	-0.195
	(-0.43)	(-0.33)	(-0.83)	(1.21)	(-0.24)	(-0.25)
$\beta_1 + \beta_5$	1.159**	-0.918***	-0.638*	0.730*	1.160	1.080
	(2.23)	(-5.14)	(-1.82)	(1.72)	(0.58)	(0.41)
N	1 032	1 032	1 032	1 032	1 032	1 032
R^2 (Pseudo R^2)	0.196	0.094	0.101	0.142	0.169	0.231

注:***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的统计水平上显著,括号内数字为 t 值。

Note:***、**、* respectively at 1%,5% and 10% statistically significant level,numbers in parentheses are t value.

的水稻收获损失率。机械清粮的系数在 1% 的统计水平上显著为正,表明机械清粮会加大水稻的收获损失率。 $\beta_1 + \beta_5$ 表示的是农机社会化服务对联合收获损失率的影响,系数在 5% 的统计水平上显著。表明农机社会化服务会增大联合收获的水稻收获损失率。

由于 OLS 只能分析影响因素对水稻收获平均损失率的影响,为了分析机械在不同的损失率分布上的作用,以下以分位数回归结果分析为主。

在 0.10 和 0.25 低分位点上,联合收获分别在 1% 和 5% 的统计水平上显著为正;在 0.50 高分位点上,联合收获在 1% 的统计水平上显著为负。表明在使用自有机械收获的情况下,联合收获会使损失率较低的农户水稻收获损失率上升,同时会降低损失率较高的农户的水稻收获损失率。2018 年农业农村部办公厅颁布的《早稻生产全程机械化技术指导意见(试行)》中建议,水稻全喂入式和半喂入式联合收割机的损失率分别 < 3.5% 和 2.5%^[25]。样

本中水稻收获损失率低的农户,收获后返回田间捡拾稻粒的比例明显高于损失率高的农户,而这一部分应当计入的损失没有被观察到,导致真实的损失率被低估。在 0.25 分位点上的损失率是 1.091%,明显低于上述文件所规定的损失率。这些原因使得联合收获在低损失率的农户中体现出负的影响。

机械运输在 0.10、0.25、0.50 和 0.75 分位点上显著,符号为负。表明机械运输可以缩短运输时间,减少田间运输途中遗漏的谷粒。机械清粮在 0.25、0.50、0.75 和 0.90 分位点上显著,符号为正。可能是目前机械清粮技术还不能很好的区分谷粒和杂质,在使用过程中会带走部分谷粒。

在 0.10 低分位点上,农机社会化服务在 5% 的统计水平上显著为正;在 0.50 和 0.75 高分位点上,农机社会化服务分别在 1% 和 5% 的统计水平上显著为负。表明在分段收获中,对水稻收获损失率较低的农户而言,农机社会化服务会增大损失率;但是对水稻收获损失率较高的农户而言,农机社会化服

务则可以降低损失率。这可能是因为在样本中水稻收获损失率较高的农户劳动力更短缺,农机社会化服务可以解决劳动力短缺带来的收获不精细和不及时,减少收获损失。而对于劳动力相对充足的低损失率农户而言,农机社会化服务替代劳动力的作用减小。研究表明,机械行走速度过快会增大损失量^[26-27]。样本中水稻收获损失率低的农户的耕地较为平整,便于机械收割,为代理方加快收割速度提供了客观条件,从而导致损失率增大。

$\beta_4 + \beta_5$ 在 0.10、0.25 和 0.50 分位点上显著,且在低分位点上为负,高分位点上为正。表明在联合收获中,对水稻收获损失率较低的农户而言,农机社会化服务可以降低损失率;但是对水稻收获损失率较高的农户而言,农机社会化服务则会增大损失率。虽然同样是使用农机社会化服务机械,但是据样本中水稻收获损失率低的农户反映,代理方在收获作业时更加精细,使得农机社会化服务在联合收获损失率低的农户中表现出其专业化的优点,有利于减少损失。

5 结论和启示

实现农业机械化是农业现代化的重要目标。随着农业机械化率的不断提高,机械收获质量对粮食收获损失的影响不容忽视。

本研究利用全国 20 个省市 1 032 户农户的水稻收获损失调查数据,分析得出不同环节农业机械的使用对水稻的收获损失率有不同的影响。联合收获可以减少作业环节,降低收获损失率;机械运输可以缩短运输时间,降低损失率;机械清粮虽然可以将杂质和干瘪的谷粒清理的更干净,但是也会加大损失。因此,推广使用联合收割机和机械运输,提高清粮机械的技术水平,有助于减少收获损失率。

对使用联合收割机的农户而言,购买农机社会化服务可以降低水稻收获损失率较低的农户的粮食损失。对采用分段收获的农户而言,购买农机社会化服务可以降低水稻收获损失率较高的农户的收获损失。农机社会化服务的代理方可能会为了追求利益最大化加快收割速度,从而使水稻收获损失率变大,也可能因为其作业更专业,降低水稻收获损失率。两者的作用究竟哪一个更大,主要取决于机械操作人员作业的精细化程度。而目前我国的农机社会化服务还不够规范,农户和代理方之间缺乏稳定有效的委托代理合同,即便签订了合同,也难以保证

双方的权利义务,双方常常因为作业质量和作业时间产生纠纷^[28]。规范农户和代理方各自的权力义务,建立起有效的监督管理机制是发挥农机社会化服务专业化特点的关键。

参考文献 References

- [1] 宋洪远,张恒春,李婕,武志刚. 中国粮食产后损失问题研究:以河南省小麦为例[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2015,118(4):1-6
Song H Y, Zhang H C, Li J, Wu Z G. Loss of harvest of China's grain: A case study of wheat in Henan Province[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2015, 118(4): 1-6 (in Chinese)
- [2] 樊琦,祁华清. 既要重视粮食生产 更要做好粮食产后节约减损[J]. 中国粮食经济,2014(7):63
Fan Q, Qi H Q. Post-harvest savings is as important as food production[J]. *China Grain Economy*, 2014 (7): 63 (in Chinese)
- [3] 胡越,周应恒,韩一军,徐锐. 减少食物浪费的资源及经济效应分析[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(12):150-155
Hu Y, Zhou Y H, Han Y J, Xu R Z. Resources and economic effect analysis of reducing food waste[J]. *China Population Resource and Environment*, 2013, 23 (12): 150-155 (in Chinese)
- [4] Greeley M. Farm-level post-harvest food losses: The myth of the soft third option [J]. *Ids Bulletin*, 2010, 13(3): 51-60
- [5] 郭熙保,赵光南. 我国农村留守劳动力结构劣化状况及其对策思考:基于湖北、湖南、河南三省调查数据的分析[J]. 中州学刊,2010,179(5):112-117
Guo X B, Zhao G N. The deterioration of the structure of rural left-behind labor forces in China and its countermeasures: Based on the analysis of survey data in Hubei, Hunan and Henan Provinces[J]. *Academic Journal of Zhongzhou*, 2010, 179(5): 112-117 (in Chinese)
- [6] 李旻,赵连闯. 农村劳动力流动对农业劳动力老龄化形成的影响:基于辽宁省的实证分析[J]. 中国农村经济,2010(9):68-75
Li M, Zhao L G. The impact of rural labor mobility on the aging of agricultural labor force: Based on the empirical analysis of Liaoning Province[J]. *Chinese Rural Economy*, 2010(9): 68-75 (in Chinese)
- [7] 宋修一. 农户采用农机作业服务的影响因素分析[D]. 南京:南京农业大学,2009
Song X Y. Analysis of factors affecting farmers' use of agricultural machinery operation services[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2009 (in Chinese)
- [8] 中国机械工业年鉴编辑委员会,中国农业机械工业协会. 中国农业机械工业年鉴 2017[M]. 北京:机械工业出版社,2018
China Machinery Industry Yearbook Editorial Committee, China Agricultural Machinery Industry Association. *China Agricultural Machinery Industry Yearbook 2017*[M]. Beijing: China Machine Press, 2018 (in Chinese)
- [9] Lundqvist J, Fraiture C D, Molden D. Saving water: From field

- to fork: Curbing losses and wastage in the food chain[J]. *Siwi Policy Brief*, 2008(1): 5-29
- [10] Parfitt J, Barthel M, Macnaughton S. Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050 [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2010, 365(1554): 3065-3081
- [11] 李植芬, 何勇. 粮食产后处理系统损失的测定与分析[J]. 农业工程学报, 1989, 5(4): 9-15
Li Z F, He Y. Survey and analysis of the losses in grain postproduction system[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 1989, 5(4): 9-15 (in Chinese)
- [12] 梁录瑞, 刘启文, 彭珂珊, 王天义. 我国粮食产后系统中的人为损失与减免对策[J]. 经济地理, 1993, 13(1): 92-96
Liang L R, Liu Q W, Peng K S, Wang T Y. Man-made losses and reduction measures in China's grain post-harvest system [J]. *Economic Geography*, 1993, 13(1): 92-96 (in Chinese)
- [13] 詹玉荣. 全国粮食产后损失抽样调查及分析[J]. 中国粮食经济, 1995(4): 44-47
Zhan Y R. Sampling survey and analysis of national grain post-harvest losses[J]. *China Grain Economy*, 1995(4): 44-47 (in Chinese)
- [14] 郑伟. 农村产后粮食损失评估及对策研究[J]. 粮油仓储科技通讯, 2000(4): 47-51
Zhen W. Post-harvest food loss assessment and countermeasure research in rural areas[J]. *Grain and Oil Storage Technology Newsletter*, 2000(4): 47-51 (in Chinese)
- [15] 高利伟, 许世卫, 李哲敏, 成升魁, 喻闻, 张永恩, 李灯华, 王禹, 吴晨. 中国主要粮食作物产后损失特征及减损潜力研究[J]. 农业工程学报, 2016, 32(23): 1-11
Gao L W, Xu S W, Li Z M, Cheng S K, Yu W, Zhang Y E, Li D H, Wang Y, Wu C. Main grain crops postharvest losses and its reducing potential in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(23): 1-11 (in Chinese)
- [16] 黄东, 姚灵, 武拉平, 朱欣岷. 中国水稻收获环节的损失有多高?: 基于5省6地的实验调查[J]. 自然资源学报, 2018, 33(8): 1427-1438
Huang D, Yao L, Wu L P, Zhu X D. Measuring rice loss during harvest in China: Based on experiment and survey in five provinces [J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(8): 1427-1438 (in Chinese)
- [17] 李植芬, 夏培焜, 汪彰辉, 万善杨, 何勇. 粮食产后损失的构成分析及防止对策[J]. 浙江农业大学学报, 1991, 17(4): 52-58
Li Z F, Xia P K, Wang Z H, Wan S Y, He Y. Composition analysis and prevention measures of food loss after harvest [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 1991, 17(4): 52-58 (in Chinese)
- [18] 刘振江, 李飞. 减少粮食产后损失的对策分析[J]. 决策咨询, 2011(4): 73-77
Liu Z J, Li F. Countermeasure analysis of reducing food loss after delivery [J]. *Decision-Making & Consultancy*, 2011(4): 73-77 (in Chinese)
- [19] 吴林海, 胡其鹏, 朱淀, 王建华. 水稻收获损失主要影响因素的实证分析: 基于有序多分类 Logistic 模型[J]. 中国农村观察, 2015(6): 22-33
Wu L H, Hu Q P, Zhu D, Wang J H. Empirical analysis of main factors influencing harvest rice losses: Based on the ordered multinomial logistic model [J]. *China Rural Survey*, 2015(6): 22-33 (in Chinese)
- [20] Basavaraja H, Mahajanashetti S B, Udagatti N C. Economic analysis of post-harvest losses in food grains in India: A case study of Karnataka [J]. *Agricultural Economics Research Review*, 2007, 20(1): 581-593
- [21] 曹芳芳, 黄东, 朱俊峰, 武拉平. 小麦收获损失及其主要影响因素: 基于1135户小麦种植户的实证分析[J]. 中国农村观察, 2018(2): 75-87
Cao F F, Huang D, Zhu J F, Wu L P. The wheat harvest loss and its main determinants in China: An empirical analysis based on survey data from 1135 households [J]. *China Rural Survey*, 2018(2): 75-87 (in Chinese)
- [22] 王桂民, 易中懿, 陈聪, 曹光乔. 收获时期对稻麦轮作水稻机收损失构成的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 36-42
Wang G M, Yi Z Y, Chen C, Cao G Q. Effect of harvesting date on loss component characteristics of rice mechanical harvested in rice and wheat rotation area [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(2): 36-42 (in Chinese)
- [23] 池仁勇. 粮食产后损失行为调控模型的研究[J]. 科技通报, 1997, 13(3): 51-54
Chi R Y. Research on behaviour control model of grain postharvest losses [J]. *Bulletin of Science and Technology*, 1997, 13(3): 51-54 (in Chinese)
- [24] Sheahan M, Barrett C B. Review: Food loss and waste in Sub-Saharan Africa [J]. *Food Policy*, 2017, 70: 1-12
- [25] 农业农村部全程机械化推进行动专家指导组. 早稻生产全程机械化技术指导意见(试行) [EB/OL]. (2018-04-04) [2018-07-06]. http://www.njhs.moa.gov.cn/quancheng/201804/t20180404_6139671.htm
Agricultural and rural department mechanized promotion of the operation of the expert steering group. Technical guidance on full mechanization of early rice production (trial) [EB/OL]. (2018-04-04) [2018-07-06]. http://www.njhs.moa.gov.cn/quancheng/201804/t20180404_6139671.htm
- [26] 王贤坤. 谷物机械化收获损失率的影响因素及简捷测定[J]. 塔里木农垦大学学报, 1996, 8(1): 66-68
Wang X K. Factors influencing the loss rate of mechanized grain harvest and its simple determination [J]. *Journal of tarim farming university*, 1996, 8(1): 66-68 (in Chinese)
- [27] 蔡荣, 蔡书凯. 农业生产环节外包实证研究: 基于安徽省水稻主产区的调查[J]. 农业技术经济, 2014(4): 34-42
Cai R, Cai S K. Empirical research on agricultural production outsourcing: Based on the investigation of main rice producing areas in Anhui Province [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2014(4): 34-42 (in Chinese)
- [28] 郭鸿鹏. 农机作业委托体制创新理论及实证研究[D]. 长春: 吉林大学, 2004
Guo H P. The innovation theory and empirical study of farm machinery operation [D]. Changchun: Jilin University, 2004 (in Chinese)