

# 机械—劳动完全替代视角下的 节本技术与制度选择

徐志刚, 刘 静, 张宗利  
(南京农业大学经济管理学院, 南京 210095)

**摘 要:** 通过对中美玉米生产成本与结构的系统比较研究, 表明我国玉米竞争力低下、单位产品成本高且持续上升的主要原因是人工成本居高不下, 机械化没有实现机械对劳动的完全替代。因此, 通过发展全程机械化和管理服务、实质性减少人工投入数量是降低生产成本的可行方案。提出优化玉米科技研发方向、促进全程机械化连片作业、发展管理性服务组织等玉米生产节本技术与相关制度。

**关键词:** 玉米; 成本结构; 机械—劳动完全替代; 节约成本; 技术与制度选择

**中图分类号:** S513

**文献标识码:** A

## Cost Saving Technology and Institutional Choice under the Perfect Substitutability of Machinery to Labor

XU Zhi-gang, LIU Jing, ZHANG Zong-li

(College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** In this paper, through the systematic comparison of corn production cost and cost structure between China and the United States, it is found that the main reason of low competitiveness and the high unit product cost is mainly due to the high labor cost and the failure to achieve perfect substitutability of machinery to labor. Therefore, it is a feasible solution to reduce production costs by developing full mechanization and management services to substantially reduce the number of manual inputs. Finally, the proposals for corn production cost-saving technology and related institutional options were put forward, such as optimizing corn technology R&D direction, promoting full mechanized contiguous operations, and developing management service organizations

**Key words:** Maize; Cost structure; Perfect substitutability of machinery to labor; Cost saving; Technology and institutional choice

近年来,我国玉米国际竞争力的持续下降和进口压力增加成为相关产业界和决策层高度关注的问题之一。自2012年到2015年,美国和国际玉米价格持续、快速下降,国内因为临时收储政策玉米价格一

直保持了较高水平,导致国内外价差不断拉大(图1)。期间价差最大时国内价格曾高出美国进口玉米价格56%,逼近配额外关税税率。一直到2015年底,随着我国改革玉米临时收储政策和实施价补分离政策,国内玉米价格大幅下跌,国内外价格逐步接轨。但自2017年下半年开始,国内玉米价格开始恢复上涨,又高出美国进口玉米价格200~400元/t。

我国玉米的国际市场竞争力下降,特别是其与美国的差别,在中美玉米单位产品成本差距和变化趋势上表现得尤为明显。2003~2008年期间,国内玉米单位产品成本只比美国玉米高出10%左右(图1),但此后,我国玉米单位产品成本持续上升。美国玉米单位产品成本除2012年因生产受灾上升外,基本稳定在50元/50 kg上下。2009~2012年,我国玉米

录用日期: 2018-04-25

基金项目: 国家玉米产业技术体系项目“玉米产业经济与政策研究”(NYCYTX-02)、国家自然科学基金(14ZDA038)、国家自然科学基金(71573133)、江苏省高校现代粮食流通与安全协同创新中心项目

作者简介: 徐志刚(1973-),男,苏州人,博士,教授,博导,研究方向为农业经济理论与政策、农村发展。

E-mail: zgxu@njau.edu.cn

刘 静为本文通讯作者。

单位产品成本比美国高出40%;2013年之后已高出1倍多,并且差距仍呈现扩大趋势。

近年来,我国玉米机械化水平大幅提高,机械替代了劳动,但国内外玉米生产成本和竞争力差距却不见减少。自本世纪来,我国人工工资水平和农业劳动力成本快速上升对农业竞争力形成了很大冲击,国内玉米生产努力通过机械替代劳动来缓解这

一冲击,机械化水平不断提升。理论上讲,上述要素的替代有助于降低玉米生产成本,但结果却是相反。

本文通过对中美玉米单产、生产成本与结构的系统比较以及我国玉米机械化程度和特点的详细分析,分析我国玉米单位产品成本高企并上升的直接原因,揭示我国玉米提升竞争力的节本增效方向,并提出相应的建议。

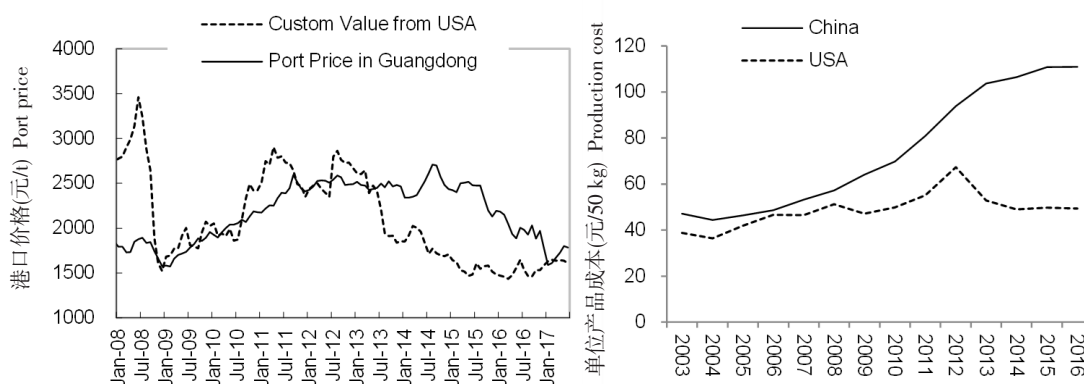


图1 中美玉米港口价格和单位产品成本变化趋势比较

Fig.1 A comparison of maize price and production cost between China and the U.S.A.

## 1 中美玉米单产、成本与结构差异比较

### 1.1 中美玉米单产差距稳定,单位产品成本差距拉大源于中国玉米单位面积生产成本大幅上升

中国玉米竞争力低于美国且不断下降的原因主要来自两方面,一是单位面积产量明显低于美国,多数年份单产差异在150 kg/667 m<sup>2</sup>以上(图2);二是中

国单位面积生产成本大幅上升,特别是2010年超过了美国并仍呈快速上涨趋势。2003~2016年,中国玉米每百斤生产成本从47元上涨到111元,涨幅为1.36倍;同期,美国玉米只从39元上涨到49元,上涨28%(表1)。相对而言,从近十多年中国玉米单产的增长速度快于美国来看,中国科技进步对玉米单产增长的作用正在释放。2003~2016年,中国玉米单产年均增长速度为2.2%,而美国只有0.4%。

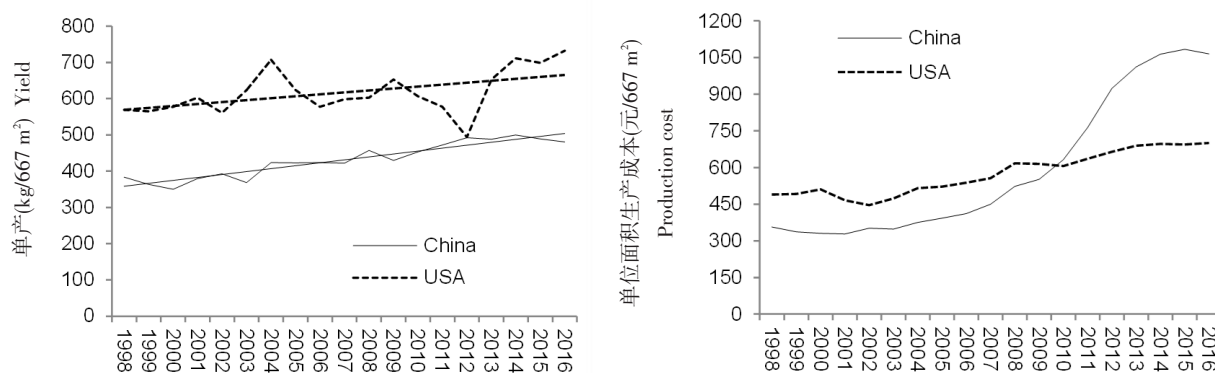


图2 中国与美国玉米单产与单位面积生产成本变化与比较

Fig.2 A comparison of maize yield and production cost between China and the U.S.A.

### 1.2 中美玉米肥料成本相似,种子和农药投入成本还略低于美国,尚有一定缓冲空间

中国玉米肥料成本与美国基本相似。虽然中国

肥料成本从2003年的73元/667 m<sup>2</sup>上升至2016年的139元/667 m<sup>2</sup>,增长了90%,但由于单位面积成本大幅度上升,肥料占总成本比重仍呈下降趋势,美国肥

料成本占比稳定在20%(表1)。中国玉米种子成本低于美国,2016年中国种子成本为57元/667 m<sup>2</sup>,仅为同期美国种子成本的47%。种子是农业科技含量最高的投入,中国种子成本有一定增长空间。中国

玉米农药成本近年来波动较小,呈小幅上涨态势,低于美国。2016年中国玉米农药成本为16元/667 m<sup>2</sup>,仅为同期美国农药成本的一半。

表1 中美玉米生产成本与结构变化对比

Table 1 A Comparison of maize cost and structure between China and the U.S.A.

项 目 Item	年份 Year				
	2003	2006	2009	2013	2016
中国					
单位产品总成本(元/50 kg)	47	49	64	104	111
产量(kg/667 m <sup>2</sup> )	369	424	430	488	480
成本(元/667 m <sup>2</sup> )	348	412	551	1 012	1 066
成本构成					
人工成本(%)	38	36	35	45	43
机械成本(%)	12	13	13	12	14
肥料成本(%)	20	23	22	15	13
土地成本(%)	14	18	21	20	22
种子成本(%)	5	6	6	5	5
农药成本(%)	1	2	2	1	2
其他成本(%)	10	2	1	2	1
小 计(%)	100	100	100	100	100
劳动力投入数量(工日/667 m <sup>2</sup> )	11	9	8	7	6
化肥投入数量(kg/667 m <sup>2</sup> )	21	20	21	23	25
种子投入数量(kg/667 m <sup>2</sup> )	3	3	3	2	2
工价(元/工日)	12	17	26	69	82
雇工工价(元/工日)	17	27	46	89	100
美国					
单位产品总成本(元/50 kg)	39	47	47	53	49
产量(kg/667 m <sup>2</sup> )	623	577	653	653	732
成本(元/667 m <sup>2</sup> )	474	538	615	690	701
成本构成					
人工成本(%)	8	6	5	4	4
机械成本(%)	30	29	26	25	25
肥料成本(%)	14	20	24	23	21
土地成本(%)	25	22	21	25	26
种子成本(%)	10	11	14	14	15
农药成本(%)	7	6	5	4	4
其他成本(%)	6	6	5	5	5
小 计(%)	100	100	100	100	100

注:根据《全国农产品成本收益资料汇编》数据统计整理。

Note:《Statistical data collection of cost and benefit on agricultural products in China》.

### 1.3 土地地租上升推动中国玉米土地成本超过美国并持续上升,规模化经营土地成本不容忽视

中国与美国农村土地性质不同。美国土地私有,以土地机会成本核算成本;中国土地农村集体所有,以流转土地租金或自有地折租核算成本<sup>[3]</sup>。近年来,中国粮食收储政策、规模化经营快速发展和农

地流转需求增加合力推高了农地租金,导致玉米生产土地成本不断上涨。2003年以来,中国土地成本呈快速上升态势,并在2011年超过美国且持续上升,同期美国土地成本波动较小且仅有小幅上升(图3)。自2003年到2016年,中国土地成本从50元/667 m<sup>2</sup>上涨到238元/667 m<sup>2</sup>,涨幅高达3.8倍,土地成本占

总成本比重也从14%增至22%;同期美国土地成本则从122元/667 m<sup>2</sup>涨至183元/667 m<sup>2</sup>,涨幅仅为0.5倍,土地成本占总成本的比重仅从25%小幅涨至

26%。因此,就节本而言,规模化经营会推高地租成本不容忽视,地租风险也值得重视。

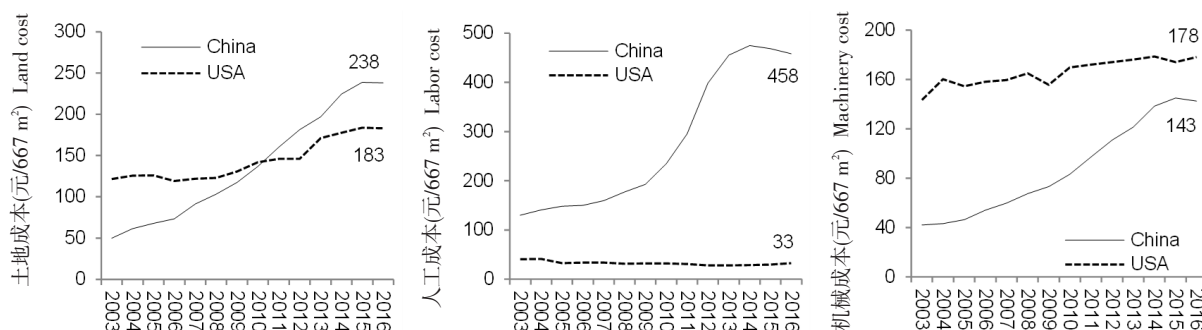


图3 中国与美国玉米人工、机械与土地成本比较

Fig.3 A comparison of labor cost, machine cost and land cost between China and the U.S.A.

#### 1.4 中国玉米人工成本远高于美国,机械投入占比低,机械化节本增效作用亟需强化

人工成本大幅上升、机械投入占比较低是中国玉米成本过高和竞争力低下的最重要原因。中国玉米生产人工成本占比超过40%,美国只有4%~5%。从2003年到2016年,中国玉米人工投入从11个工日/667 m<sup>2</sup>降到6个工日/667 m<sup>2</sup>,减少了近50%,但由于同期工价从17元到100元上涨了4倍,人工成本及其占比都仍不断上涨(图3)。2016年,中国玉米人工成本高达458元/667 m<sup>2</sup>,而美国只有33元/667 m<sup>2</sup>,人工成本节约空间巨大。另一方面,中国玉米生产机械投入费用从2003年的42元/667 m<sup>2</sup>增至2016年的143元/667 m<sup>2</sup>,增长了2.4倍,但由于人工成本和总成本上升幅度过快,机械成本在总成本中的占比一直只有12%~13%,美国机械成本占比高达25%。机械对劳动的不完全替代是中国玉米生产人工成本下降缓慢的最主要原因,中国现有的外包机械服务或自有机械主要是降低劳动强度和部分减少劳动投入数量。人工成本上升在中国是长期趋势,必须通过推进玉米生产全程机械化和土地托管等经营方式转型,实现机械对劳动投入数量的完全替代,实质性减少玉米生产的人工投入数量。

## 2 玉米生产机械化进展与机械替代劳动面临约束条件

### 2.1 玉米生产施肥、植保和粒收机械化程度相对较低,丘陵多山地区机械化难度大

基于对黑龙江、河南、四川3个省780户农户的调查数据,分析不同类型农户和玉米不同生产环节的机械化程度(表2)。我国玉米生产不同环节机械

化程度差异较大,耕翻地、播种和果穗收获机械化程度高,底肥施用机械化程度也较高;追肥、植保和粒收机械化程度较低。不同生产环节机械化程度的差异与作业标准化程度、品种、农艺和机械化效益等因素密切相关。机耕、机播和机械收穗劳动强度大、机械作业需求大,同时作业标准化程度高,易于机械化作业,机械化程度高。玉米生产机械化程度在不同区域差异大,丘陵多山地区机械化程度低。受耕地地形地貌条件约束,不同区域机械化程度差异较大。黑龙江省地处东北平原,耕地平整,适宜机械化耕作,玉米生产主要环节机械化程度都达到了90%以上。河南省耕地也多处于平原地区,玉米生产机械化程度也较高,农机装备水平也均处于全国前列。四川省属丘陵山地地区,地形地貌复杂多样,耕地分散,不利于机械作业,影响机械作业效率,故机械化程度整体较低<sup>[4]</sup>。

在适宜机械化作业和有条件机械化的地区,规模户的机械化程度明显高于普通户。在四川省这样的地区,耕地地形地貌不适宜机械化作业,规模户机械化程度也很低,特别是机播和机收。

### 2.2 玉米粒收、施肥和植保环节提升机械化水平面临诸多约束条件

受条件限制,普通户和规模户对机械粒收的技术需求都不高。对于普通户,机械收穗后的运输、晾晒、脱粒等需要投入人工较少、对体力要求也不高,脱粒也有较为成熟的市场化机械服务,而且这些活动还能部分解决农村老龄和女性劳动力就业,机械粒收需求并不迫切;对于规模户,机械粒收必须配套烘干设备,否则子粒堆积易霉变,机收果穗后的传统储藏方式不仅成本低且霉变并不严重,机械粒收也

不积极。此外,机械粒收还面临适宜粒收品种稀缺问题。

机械施肥的增量需求低。玉米的底肥施用大多数地区与播种同时进行,已基本机械化。随着缓控释肥技术的成熟,不追肥将越来越成为趋势,机械追肥的增量需求越来越弱。

机械植保面临连片作业限制无法获取规模经济,推广普及难。机械植保服务的单位面积经济效益很低,必须连片作业以获取规模经济。我国农户小规模分散经营、土地细碎化程度高,社会化服务难以实现连片作业,制约机械植保的发展。连片作业困局的破解是机械植保服务发展的关键。

表2 不同地区普通户与规模户玉米生产主要环节机械化程度比较  
Table 2 Mechanization degree of maize production by farmers and regions

%

地区 Area	普通户 Small farmer			规模户 Scale farmer		
	机耕	机播	机收	机耕	机播	机收
	Mechanical tillage	Mechanical sowing	Mechanical harvesting	Mechanical tillage	Mechanical sowing	Mechanical harvesting
黑龙江省	95	98	93	96	100	100
河南省	87	87	77	94	91	99
四川省	35	0	2	78	6	6

注:资料来源,根据调查数据整理。

Note: Data source, survey data.

### 2.3 玉米生产实现机械对劳动的完全替代需要经营制度创新

就生产环节覆盖率而言,我国玉米生产机械化已达较高水平,但目前的机械化存在缺陷。第一,机械化作业确实提高了作业效率,环节作业时间大幅下降,不仅减少了劳动投入数量,而且大大降低了劳动强度;第二,机械作业的时候,农户普遍需要下地提供农资和监督作业质量,机械化在大幅降低农户劳动强度的时候,无法彻底替代劳动投入;第三,农业机械作业效率较低。面对众多普通散户的社会化服务无法连片作业或者连片程度较小,农机经常要运行于作业地块之间,作业效率和经济效益低。农地规模化经营和农民专业合作社虽然在一定程度上实现了地块连片,但大多数情况下同样面临土地分散、难以大面积连片作业和获取地块规模经济的问题。

机械完全替代劳动遭遇了制度瓶颈。我国人多地少的资源禀赋特征和农地均分制度导致土地细碎化经营,严重制约了规模经营和生产性外包服务机械的大面积连片作业,降低农机作业效率、增加农机作业成本,限制机械对劳动的完全替代。提升机械作业效率、实现机械对劳动的完全替代、实质性减少人工投入是未来我国玉米生产节本增效的重要方向,除了机械技术创新,最为关键的是实现机械作业的连片和全程化。在目前的农地经营制度下,有赖于农机社会化服务、生产环节外包、土地托管、规模化经营等经营方式创新。

## 3 促进机械—劳动完全替代的技术与制度选择

### 3.1 转变增长方式,优化科研导向和政策,引导节本增效技术研发与应用推广

我国玉米科技研究长期以来过于强调增产,对成本投入节约关注不够,无论是品种审定还是作物栽培技术研发都过于强调产量增长。这种科研导向在数量短缺年代有其合理性,但当前我国玉米产业安全问题已从产能不足转向成本过高和质量不高,科研导向和相关政策都需要进行调整和优化。当前我国玉米生产的关键问题是节本增效,提升市场竞争力,必须转变生产增长方式,更多依靠科技进步,提升产业发展科技含量,实现集约化、环境友好型的发展方式,节本增效,提升品质,提高市场竞争力。除了继续挖掘单产提高潜力外,必须密切关注成本效益问题,在单产增长的情况下减少投入,实现单位面积产量增幅高于成本增幅,或小幅增产的同时降低成本。

### 3.2 以轻简化和适宜机械化为研究导向,研制新品种和新型栽培技术,积累技术条件

必须强化以轻简化和适宜机械化为技术研发的方向,提升科技进步对我国玉米单产增长的作用和贡献。从品种培育来讲,要研制和应用新材料、新技术,培育优质高产、耐密新品种,为密植增产提供品种;筛选适宜机收、脱水快新品种,为子粒机收提供技术储备;生产适宜机播、高活力种子,提高播种质

量;选育抗逆品种,为农户和产业控制生产风险提供技术支撑。就栽培耕作技术而言,不仅要力求栽培方式轻简化,减少劳动力投入,而且栽培技术要与机械作业协调和配套。

新品种技术进步需要健康种业的支持,依据市场需求持续供给优良品种。中长期促进我国种业健康发展亟需加强知识产权保护和深化品种审定制度改革。加强知识产权保护是激励我国种业自主创新的制度保障需求。长期以来,我国种业市场管理宽松,知识产权保护力度小,加上我国种子企业数量众多但研发水平低和企业知识产权保护意识薄弱,侵权现象严重。种业市场秩序不规范,知识产权无法得到有效保护,企业就不能从技术创新中获得应有的回报,行业将无法形成自主创新动力。在加大知识产权保护力度的同时,进一步加快推进品种审定制度改革。品种审定内容应着重抗逆等风险防控,通过机制设计将种子市场化的风险防控责任不断从政府转向企业。

### 3.3 以连片作业为目标,优化组织与服务方式,促进玉米生产全程机械化发展

全程机械化是促进玉米生产人工投入数量实质性减少、减低玉米生产成本的重要途径之一。提高机械作业的连片程度,是促进玉米全程机械化、提升机械作业效率、进一步减少人工投入数量的前提条件。无论对土地规模化经营还是生产性外包服务组织,要实现全程机械化,获取地块层面规模经济,土地大面积连片作业是关键。

完善和优化外包服务的组织协调与服务方式,突破现行农地制度和散户小规模分散经营的制度限制,促进土地经营和服务的大面积连片作业,实现玉米生产作业从环节机械化向全程机械化转变。无论对于土地规模化经营还是生产性服务组织,要实现大面积连片作业,必须从组织协调和服务两方面入手。从组织协调层面来讲,在流转土地和选择外包服务方时,应当高度重视和充分利用村庄内部的重要社会力量,包括村两委领导、村权威精英,借助这些重要社会力量的协调,加大连片作业的土地面积,获取规模经济,实现全程机械化;从服务而言,生产性服务组织要提升服务质量和生产作业质量,吸引连片土地农户集体外包。

### 3.4 以管理性服务为方向,创新经营方式,促进玉米生产机械对劳动的完全替代

创新社会化服务,实现生产性服务向管理性服务的转型,促进农户从生产环节外包转向全面外包生产决策与管理,这是实质性减少玉米生产人工和

劳动投入更为重要的途径。通过农业生产经营方式创新,让农户家庭劳动力不仅从农业耕作和生产劳作中脱离出来,而且从农业生产决策、日常管理,甚至作物、品种、技术、农资等的选择和购买、田间管理和外包服务作业质量监督等事务中解放出来,这是实质性减少玉米和农业生产人工投入数量,实现机械对劳动完全替代的根本性途径。

需要通过经营方式和制度创新,实现机械对劳动的完全替代。土地托管特别是土地全托管,为一种较好的经营方式选择。它不仅因为以公司或组织化的方式提供综合性的外包服务,能够通过横向一体化实现作业环节规模化,还有助于通过纵向一体化实现全程机械化作业,能够实现传统外包服务的生产作业服务向生产管理服务的转型和升级,使农户不仅不需要投入劳动耕作,连生产决策和管理都委托给专业服务方,真正实现机械对劳动的完全替代。

促进生产性服务向生产管理性服务发展,政府公共政策可以在两方面做出努力。首先,为土地全托管等服务组织发展创造良好外部环境,包括完善相关法律,从法律层面上保障土地托管等服务组织的正当权益;其次,将公共政策重点和资源配置到加强农业基础设施建设和农业生产风险防控机制的建设上,提升生产性服务对象包括普通小农和规模经营户的生产风险防范能力。加强农业生产基础设施和条件建设,改造玉米主产区中低产田和农田水利条件,同时提升玉米生产能力和抵御自然灾害能力。完善农业生产保险政策,完善普通小农和规模经营户的市场和技术风险转移与防范保障机制,降低社会化服务组织的生产经营风险。加强全程机械化、产后储藏加工等技术研究,降低技术成本,为生产社会化服务提供成熟的技术条件。

### 3.5 稳妥推进土地规模化经营,控制土地租金上升和玉米生产土地成本

土地规模化经营是我国农业未来的发展方向,但政府行政性推动或者通过政策激励方式过快地推进规模化经营会人为抬高市场土地租金,这不仅会迫使规模经营户承受高地租带来的成本压力,影响正常的市场经营,而且会给规模户增加额外的转入土地的地租风险。土地转入成本是规模户的固定成本,并且往往是在生产前就需预付的,这对规模经营户不仅造成较大的资金压力和成本,而且流传周期较长的土地在我国政策多变的情况下还具有较大的租金风险。不同地区的人地关系、农地可获得性和土地连片难易度等条件差异巨大,土地规模化不宜

搞一刀切,应尊重市场,因地制宜,循序渐进地发展农地规模化经营。

#### 参考文献:

- [1] 国家玉米产业技术体系. 国内外玉米生产与市场监测月度报告[R]. 2017.
- [2] 国家发改委. 全国农产品成本收益资料汇编[G]. 2017.
- [3] 范少玲, 史建民. 中美玉米种植成本与收益比较研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(1): 241-244.

Fan S L, Shi J M. A comparative study of maize cost and benefit between China and the U.S.A.[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2014, 53(1): 241-244. (in Chinese)

- [4] 陈进, 袁志英, 郭鹏. 关于推进四川省丘区农业机械化发展的思考[J]. 四川农业与农机, 2014(1): 20-21.
- Chen J, Yuan Z Y, Guo P. Thoughts on promoting the development of agricultural mechanization in Sichuan province[J]. Sichuan Agriculture and Agricultural Machinery, 2014(1): 20-21. (in Chinese)

(责任编辑: 李万良)

(上接第 165 页)

- [5] 欧阳金琼, 王雅鹏. 农户兼业会影响粮食生产吗—基于江汉平原粮食主产区 400 户粮农的调查[J]. 经济问题, 2014(7): 69-74.
- Ouyang J Q, Wang Y P. Can famer's part-time work affect food security? Based on the survey of 400 farmers in the major grain producing areas of Jianghan plain[J]. On Economic Problems, 2014(7): 69-74. (in Chinese)
- [6] 高欣, 张安录. 农地流转、农户兼业程度与生产效率的关系[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(5): 121-128.
- Gao X, Zhang A L. Relationship of farmland transfer, peasant's part-time framing and production efficiency[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(5): 121-128. (in Chinese)

[7] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.

[8] Fried H O, Lovell C A K, Schmidt S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 17(1-2): 157-174.

[9] 胡逸文, 霍学喜. 不同规模农户粮食生产效率研究[J]. 统计与决策, 2017(17): 105-109.

Hu Y W, Huo X X. Research on the efficiency of households of different scales[J]. Statistics & Decision, 2017(17): 105-109. (in Chinese)

(责任编辑: 李万良)