

重庆市农业全要素生产率与农业经济协调发展研究

姚长林, 冉敏芳

(中共重庆市黔江区委党校, 重庆 409000)

摘要:采用DEA-Malmquist指数法测度重庆市2006~2017年的农业全要素生产率,采用灰色关联法计算分析农业全要素生产率与区域经济之间的关联度。结果表明:(1)2006~2017年重庆市农业TFP指数均大于1,年均增长率为4.74%,其中农业TFP增长最快的时期是2013~2014年,为13.82%,而TFP指数构成中农业技术进步年均增长率为3.47%,技术效率年增长率为1.27%,技术进步是重庆市TFP增长的主要动力。(2)重庆市农业全要素与农业经济增长的密切程度从大到小依次为机械动力、化肥、能源、劳动力及土地,2006~2017年在土地与劳动力波动不大的情况下,机械动力、化肥及能源的持续增加有效促进了农村经济的增长。

关键词:农业全要素生产率;农业经济;DEA-Malmquist指数法;灰色关联法;重庆市

中图分类号:F327;F323

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)04-0139-06

Study on Coordinated Development of Agricultural TFP and Agricultural Economy in Chongqing

YAO Changlin, RAN Minfang

(Qianjiang District Party School of CPC Chongqing, Chongqing 409000, China)

Abstract: The DEA-Malmquist index method was used to measure the agricultural total factor productivity (TFP) of Chongqing from 2006 to 2017, and the correlation between agricultural TFP and regional economy was analyzed by grey correlation method. The results showed that the TFP index of agriculture in Chongqing was greater than 1 from 2006 to 2017, with an average annual growth rate of 4.74%. Among them, the fastest growth rate of agricultural TFP was 13.82% in 2013~2014. In the TFP index composition, the average annual growth rate of agricultural technology progress is 3.47%, and the annual growth rate of technical efficiency is 1.27%. Technological progress is the main driving force of TFP growth in Chongqing. The relationship between total agricultural factors and agricultural economic growth in Chongqing is in descending order from mechanical power, fertilizer, energy, labor force and land. From 2006 to 2017, with little fluctuation in land and labor force, the continuous increase in mechanical power, fertilizer and energy effectively promoted the growth of rural economy.

Key words: Agricultural TFP; Agricultural economy; DEA-Malmquist index method; Grey correlation method; Chongqing

农业是我国国民经济的基础,三农问题是我国发展的重中之重,一直备受党中央和国务院的关注。2018年中央一号文件指出:必须坚持质量兴农、绿色兴农,以农业供给侧结构性改革为主线,加快构建现代农业产业体系、生产体系、经营体系,提高农业创新力、竞争力和全要素生产率。农业供给侧改革背景下,关键在于有效提升农业

产出效率。农业全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)是衡量农业科学进步对经济增长贡献程度的重要指标,是提高农业要素配置效率、促进农业经济快速增长的强大动力。提升TFP是推动农业发展的必经途径,同时也是保障农业健康、可持续发展的基础^[1-2]。提高农业全要素生产率主要通过完善市场机制,发挥市场在要素配置中的重要作用,提高要素配置效率来实施。

农业全要素生产率是表现区域经济增长差异的重要变量,相关学者针对农业全要素生产率进行了一系列的研究分析。已有的研究表明:自改

收稿日期:2019-11-02

基金项目:重庆市委党校课题(CQDX2017B_015)

作者简介:姚长林(1983-),男,讲师,硕士,研究方向:农业农村经济、区域经济等。

改革开放以来我国农业生产要素得到了一定的提升,但已经无法实现单纯依靠要素投入来促进农业可持续增长,有必要通过提高农业全要素生产率推进农业现代化,平衡国民经济的发展^[3]。随着农业环境的不断变化,进行了相关农业全要素生产率增长影响因素的研究,李翔等^[4]通过随机前沿生产函数模型针对1978~2015年华东地区的面板数据展开研究,指出农业技术进步是华东地区农业全要素生产率增长的主要推动因素,技术效率是华东地区农业全要素生产率增长的主要限制因素。卓乐等^[5]运用DEA-Malmquist指数法研究我国30个省份1996~2015年的粮食全要素生产率,指出农田水利基础设施对粮食全要素生产率有显著正影响。陈哲等^[6]研究发现,长江经济带农业全要素生产率保持增长,但省际差异和地区差异明显,各要素之间存在滞后性。然而研究农业全要素生产率与农业经济协调发展的文献鲜有报道,本文选择重庆市为研究对象,代表我国粗放型农业发展地区,分析其农业全要素生产率变化情况,以期解决粗放型农业导致的经济增长水平和增长效率较低等问题,以实现农业全要素生产率与农业经济的协调发展。

1 研究区概况

重庆市位于我国西南部、长江上游地区,地处青藏高原与长江中下游平原的过渡地带,其三峡库区既是我国生态屏障也关系到长江中下游地区的用水安全。重庆市人口多,农业耕地面积少,农业属于典型的粗放型模式,2013~2017年农业生产总值从7.8亿元下降到6.9亿元。长期以来,重庆市农业增长依赖于大量资源的投入,尤其是化肥、农药等化学污染物的大量施用导致农业面源污染严重,面对农业环境污染和资源短缺的双重压力,重庆市农业要实现可持续发展,必须转变农业增长模式以促进农业经济的增长,尤其是提高农业全要素生产率在区域农业经济发展中的贡献率。2006~2017年重庆市农林牧渔业总产值整体呈上升趋势,其中2007年的增长率最高,原因是受2007年重庆市统筹城乡综合配套改革试验区确定的带动。

2 研究方法数据来源

TFP是分析农业经济增长和结构的重要工具之一,广泛应用于农业经济领域^[7]。随着TFP研究的不断深入,理论体系和研究方法不断完善,基

于数据包络法DEA-Malmquist指数法理论选用数据包络分析法、Malmquist指数法对重庆市农业全要素生产率进行分析测度,结合灰色关联法计算分析农业全要素生产率与区域经济增长之间的关联度,通过关联度分析两者之间的协调程度。

2.1 研究方法

2.1.1 DEA-Malmquist指数法

数据包络分析^[8-9]是非参数方法,可以测算生产单元的效率值,通过多投入、多产出的决策单元(DMU)的相对效率比较进行有效分析,得出不同的DMU效率值,但是无法实现分解的目标,而基于数据包络分析的Malmquist全要素生产指数是非参数方法的代表,通过线性规划的方法求解距离函数得到农业全要素生产率,计算得出纯技术效率、技术进步以及规模效率,最终得到需要的水平值。DEA-Malmquist测算是一种指数法,通过计算和分解农业全要素指数的变化^[10-11]得出生产效率值,其主要计算过程如下。

DEA-Malmquist指数表达式:

$$M(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)} \times \sqrt{\frac{d^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{d^t(x_t, y_t)}{d^{t+1}(x_t, y_t)}} \cdots \cdots (1)$$

其中 x_t, y_t 分别表示 t 年份的生产要素投入与产出, x_{t+1}, y_{t+1} 分别表示 $t+1$ 年的生产要素投入与产出, d 为距离函数,表示投入导向;

$$\frac{d^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{d^t(x_t, y_t)}{d^{t+1}(x_t, y_t)}$$

表示技术进步的

$$\frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)}$$

变化,主要包含要素质量的提高、劳动力素质等;表示技术效率的变化,主要包括技术效率、规模效率以及配置效率等。在规模可变情况下,技术效率指标进一步分解为纯技术效率和规模效率。Malmquist指数 >1 ,说明生产效率有所提高;Malmquist指数 <1 ,说明生产效率有所下降;Malmquist指数 $=1$,说明生产效率不变。

2.1.2 灰色关联法

灰色关联法^[12-13]定量分析比较各指标间随空间或时间发展变化相似程度,衡量各指标间的关联程度,关联度越大表示两者间的相似程度越高,反之亦然。主要过程如下:

(1)设定参考数据列和被比较数据列。其中参考数据列为 X_0 ,被比较数据列为 X_1 。

(2)无量纲化。鉴于各个指标的类型、量纲和数量级有所不同,在进行数据分析之前,通过极

差标准化方法对原始数据进行无量纲化处理得到 $\overline{X}_i$ 和 $\overline{X}_0$ 。

(3) 计算关联系数。设关联系数为 ξ_i , 则计算公式如下:

$$\xi_i = \frac{\min_i |\overline{X}_i - \overline{X}_0| + \lambda \frac{\max_i |\overline{X}_i - \overline{X}_0|}{i}}{|\overline{X}_i - \overline{X}_0| + \lambda \frac{\max_i |\overline{X}_i - \overline{X}_0|}{i}}$$

式中 λ 为分辨系数, λ 取值大小在 $[0, 1]$, 反映关联系数间的差异显著性, 通常情况下取值 0.5, $|\overline{X}_i - \overline{X}_0|$ 为最大绝对差值和最小绝对差值。

(4) 计算关联度。设关联度为 R_i , 则计算公式为:

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i \dots\dots\dots (2)$$

R_i 的取值范围介于 0 ~ 1 之间, R_i 值越大说明被比较数据列与参考数据列关联度越高, 反映被比较数据列对参考数据列的影响也就越强。

2.2 数据来源及指标选取

文中数据主要来源于 2006 ~ 2017 年《重庆市统计年鉴》《重庆市农业年鉴》《中国农村统计年鉴》《重庆国民经济和社会发展统计公报》。

重庆市农业产出变量为经济指标, 用农林牧渔业生产总产值(亿元)表示。农林牧渔业生产总产值作为农业全要素生产率测度的产出要素, 该指标能够较好地反映区域农业的综合产出情况。为保障数据的可比性和统一性, 农林牧渔业生产总产值基于 2005 年的农林牧渔业生产总产值进行计算。

选取重庆市农业的劳动投入、土地投入、机械动力投入、能源投入以及化肥投入等作为农业投入变量。其中劳动投入指农业生产过程投入的劳动力, 为了方便计算, 劳动投入以就业人员(万

人)表示; 土地投入以农作物总播种面积(hm^2)表示, 农作物播种面积可以有效地反映土地的实际利用率; 机械动力投入以农业机械总动力(万 kW)表示, 通过耕作机械、加工机械、运输机械等表示农业生产的机械动力总和; 能源投入以农村用电量(万 kW·h)表示; 化肥投入以农业生产的化肥施用量(万 t)表示。

3 结果与分析

3.1 重庆市农业 TFP 变化趋势分析

根据 Malmquist 指数模型, 通过 DEAP 2.1 统计软件计算得出 2006 ~ 2017 年重庆市农业 TFP 指数及构成增长率(表 1、表 2)。由表 1、表 2 得知, 2006 ~ 2017 年重庆市农业 TFP 指数均大于 1, 年均增长率为 4.74%, 主要是技术进步和技术效率共同作用的结果, 其中农业技术进步年均增长率为 3.47%, 技术效率年均增长率为 1.27%, 技术效率由纯技术效率和规模效率构成, 而规模效率基本保持不变, 说明重庆市 TFP 增长主要依靠技术进步。主要是因为自 2006 以来农业生产备受国家重视, 先后颁布了一系列的农业政策, 尤其是 2007 年重庆市被确认为城乡综合配套改革试验区, 政府加大农业改革力度, 实施科教兴农战略, 推进农业现代化和信息化发展, 鼓励农民使用新产品、新技术, 以此促进农业技术进步的增长。而 2006 ~ 2017 年间农业 TFP 增长最快的是 2013 ~ 2014 年, 为 13.82%, 这与重庆市高度重视农业科学技术密切相关, 而 2015 ~ 2016 年由于技术进步下降, 抑制农业 TFP 的增长, 导致 TFP 增长率出现负值, 原因可能是: 重庆市 2015 ~ 2016 年受气候灾害(尤其是暴雨站次 2015 年较 2014 年增

表 1 2006 ~ 2017 年重庆市农业全要素生产率指数及构成

年份	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率	TFP 增长率
2006 ~ 2007	0.989	1.038	0.986	1.003	1.027	0.027
2007 ~ 2008	0.983	1.105	0.981	1.002	1.086	0.086
2008 ~ 2009	0.981	1.067	0.976	1.005	1.047	0.047
2009 ~ 2010	1.012	1.086	1.008	1.004	1.099	0.099
2010 ~ 2011	1.016	1.012	1.010	1.006	1.028	0.028
2011 ~ 2012	1.017	0.987	1.012	1.005	1.004	0.004
2012 ~ 2013	1.026	1.010	1.019	1.007	1.036	0.036
2013 ~ 2014	1.029	1.106	1.023	1.006	1.138	0.138
2014 ~ 2015	1.032	1.014	1.024	1.008	1.047	0.047
2015 ~ 2016	1.029	0.956	1.022	1.007	0.984	-0.016
2016 ~ 2017	1.025	1.001	1.020	1.005	1.026	0.026
平均值	1.013	1.035	1.007	1.005	1.047	0.047

表 2 2006 ~ 2017 年重庆市农业全要素生产率构成增长率 %

年份	全要素生产率增长率	技术效率增长率	技术进步增长率	纯技术效率增长率	规模效率增长率
2006 ~ 2007	2.65	-1.10	3.80	-1.40	0.30
2007 ~ 2008	8.62	-1.70	10.50	-1.90	0.20
2008 ~ 2009	4.66	-1.91	6.70	-2.40	0.50
2009 ~ 2010	9.91	1.20	8.60	0.80	0.40
2010 ~ 2011	2.83	1.61	1.20	1.00	0.60
2011 ~ 2012	0.38	1.71	-1.30	1.20	0.50
2012 ~ 2013	3.64	2.61	1.00	1.90	0.70
2013 ~ 2014	13.82	2.91	10.60	2.30	0.60
2014 ~ 2015	4.66	3.22	1.40	2.40	0.80
2015 ~ 2016	-1.61	2.92	-4.40	2.20	0.70
2016 ~ 2017	2.61	2.51	0.10	2.00	0.50
平均值	4.74	1.27	3.47	0.74	0.53

长 20%、2016 年较 2015 年增长 30%)较往年偏重,部分精力投入到 26 个全国综合减灾示范社区建设中,从而忽略了农业资源配置效率的提高。

3.2 重庆市农业全要素与经济增长的关系分析

无量纲化处理得到表 3。由表 3 得知,2006 ~ 2008 年,农村从业人员与经济增长关系较为密切,且促进了农业经济增长,因为重庆市 2006 年农村从业人员为 1 382 万人,2008 年为 1 379 万人,数量有所下降,但降幅较小,2009 ~ 2010 年维持在 1 379 万人,自 2011 年农村从业人员持续下降,加之其他因素的影响,与经济增长的关联度越来越小。2009 ~ 2017 年随着机械动力的不断增加,农村从业人员越来越少,导致机械动力与经济增长的关系越来越密切,极大程度上促进农业经济的增长,重庆市农用机械总动力从 2006 年的 820.01 万 kW 增加到 2017 年的 1 352.60 万 kW,

也说明技术进步促进了农业机械总动力的增加,技术进步是农业全要素增长的源泉。随着农业技术人才的不断增加以及农业技术的不断进步,加快了科学技术成果的转化率,促使技术进步和农业资源效率协调发展,进而带动重庆市农业发展。化肥施用量与农业经济增长的关系较为密切且促进了农村经济的增长,因为 2006 ~ 2011 年化肥使用量从 80.5 万 t 增加至 95.4 万 t,到 2017 年化肥施用量仍为 95.4 万 t,2012 ~ 2017 年波动幅度较小,大量化肥的施用提高了农作物产量,进而有利于农村经济的增长。农村用电量 2006 ~ 2017 年持续增加,年增加率 1.7%,而用电量一般情况下与经济增长正向相关,因此用电量的增加在一定程度上带动农村经济的增长。此外,农村经济的快速发展,使得农村生活、生产用电得到完善,农网供电能力和质量得到提高,保障农村供电,进而更好地服务农村经济。而农作物播种面积 2006 ~ 2017 年基本保持在一定范围内,对农村经济的增长影响不大。

表 3 2006 ~ 2017 年重庆市农业全要素与经济增长关联系数

年份	劳动力	土地	机械动力	能源	化肥
2006 ~ 2007	0.653	0.486	0.541	0.567	0.584
2007 ~ 2008	0.681	0.382	0.593	0.653	0.642
2008 ~ 2009	0.657	0.227	0.682	0.492	0.591
2009 ~ 2010	0.593	0.191	0.661	0.506	0.723
2010 ~ 2011	0.482	0.239	0.684	0.542	0.623
2011 ~ 2012	0.492	0.147	0.697	0.562	0.649
2012 ~ 2013	0.453	0.327	0.726	0.594	0.638
2013 ~ 2014	0.467	0.282	0.738	0.610	0.597
2014 ~ 2015	0.357	0.394	0.759	0.958	0.632
2015 ~ 2016	0.265	0.192	0.795	0.698	0.681
2016 ~ 2017	0.268	0.184	0.887	0.621	0.598

计算关联度可知,重庆市农业全要素与经济增长的密切程度从大到小依次为:机械动力(0.706)、化肥(0.632)、能源(0.618)、劳动力(0.488)以及土地(0.277),说明机械动力的增加有效地促进了重庆农业经济的增长。农业机械化是农业现代化的重要组成部分,是农业劳动生产率的重要保障,是农业科学技术的重要载体,在农业生产过程中有效节约土地、降低生产成本,提高生产率,增加农民收入,进而获取较高的经济效益。尽管重庆市 2017 年化肥施用量较 2016 年有所减少,但整体上近年来化肥施用量仍呈上升

趋势,说明化肥施用量的增加也是促进重庆市农业经济增长的因素之一。劳动力、土地与经济增长的关联度较低,由于重庆市2017年农村从业人员相对于2006年减少8.0%,2017年农作物总播种面积相对于2006年变化幅度较小,此外农业机械化极大提高了劳动生产率,降低劳动强度和成本,因此对于重庆市农业经济的增长影响较小。重庆市农业经济呈持续增长,农业全要素与经济增长的关联度存在一定的差异,但未达到全部协调发展,因此有必要全面分析作为衡量农业经济增长重要指标的农业全要素生产率,实现重庆市农业全要素生产率与经济增长的协调发展。

4 结论与建议

4.1 结论

通过对重庆市农业经济增长发展过程中的农业全要素生产率进行分析,以期正确认识、评估农业经济发展状况,促进重庆市农业经济的持续、健康、快速发展。通过DEA-Malmquist指数法计算得出2006~2017年重庆市农业TFP指数均大于1,年均增长率为4.74%,技术进步是重庆市TFP增长的主要动力。通过灰色关联模型计算得出重庆市农业全要素与经济增长的密切程度,机械动力与农业经济增长的关系最为密切。要实现农业全要素生产率的提高,既可以通过技术进步来实现,也可以通过提高农业资源配置来实现。重庆市作为大城市大农村大库区的典型代表、长江流域生态安全的屏障,农业全要素生产率提升空间很大、潜力很大。

4.2 建议

(1)增加农业科学技术投入。2015年李克强总理提出“增加研发投入,提高全要素生产率”,仅针对农业而言,农业全要素生产率的提高是未来农业发展的必然趋势,是农业可持续发展的有力保障和坚强后盾。重庆市人多地少,近年来作物播种面积变化不大,化肥投入量较高,但化肥利用率较低且造成的农业面源污染不断增加^[14],已严重威胁三峡库区的水质,进而影响到长江下游的饮水安全。技术进步是重庆市TFP增长的主要动力,为了更好、更快地促进农业全要素生产率,推进农业技术进步是缩小重庆与其他地区差距的关键。舒坤良等^[15]研究认为,不断深化科技体制机制改革、提升科技创新能力、创新科技成果转化模式、深挖农业科技创新潜力等举措是实现从科技现代化走向农业现代化的有力保障,这

同样值得重庆市借鉴。重庆市应不断深化农业科研机构改革,落实农业科学研究不断创新,将农业产业、科研、技术融为一体,实现农业全要素生产率的提高。

(2)全面提升劳动力素质水平。相关研究表明,较高的劳动力素质有助于推动经济水平的提高^[16-17]。想促进经济增长,需要科学规划、重视人力资本投入,尤其是提高劳动者的素质。尽管近年来重庆市新型城镇化不断发展进步,农村劳动力大量转移,但是由于劳动力文化素质普遍偏低,且拥有农业现代化知识和技能的农民不多,导致重庆市劳动力对农业全要素生产率的影响较小。随着乡村振兴战略的实施,高产、高效、优质的现代农业对高素质的人力资源需求量越来越大^[18]。重庆市作为农业水平落后、农民素质较低的区域,今后应加强人力资本投资,在提高农民生产能力的同时提高农民素质,进而提高农业生产质量。重视农村中小学教育,吸引大学生来农村就业,增加农民技术和文化培训,多渠道、多角度、多形式发展农村教育,最终实现重庆市劳动力素质的全面提高。

(3)加强农业基础设施建设。农业基础设施包括田、水、路、林、电、网等建设,而建设完善的农业基础设施有助于提高农业生产率,落后的农业基础设施不利于多层次、多功能的农业技术推广体系建设^[19];全面的农田水电设施能有效克服资源和先天条件的缺陷,提高农业全要素生产率,加快农业进步、发展。重庆市农业全要素生产率地区差异显著^[20],距离核心经济区越近,农业全要素生产率越高。对于相对落后的区域,应充分发挥区域带动作用,结合重庆市的实际情况,挖掘不同地区农业的优势和劣势,在充分认识地区农业优势的基础上,着重加强农业劣势建设,如加强渝东北、渝东南地区的农业技术推广,改善农业生产条件,优化农业生产结构,降低自然灾害对农业生产造成的影响。

参考文献:

- [1] 曹明霞,高珊.我国农业全要素生产率研究—基于江苏省农业面板数据分析[J].价格理论与实践,2018(9):151-154.
- [2] 王雯.中国农业全要素生产率的驱动因素分析与对策研究[J].学习与探索,2018(9):126-131.
- [3] 王芳.中国农业全要素生产率研究[D].成都:四川师范大学,2018.
- [4] 李翔,杨柳.华东地区农业全要素生产率增长的实证

- 分析—基于随机前沿生产函数模型[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(6): 62-68, 154.
- [5] 卓乐, 曾福生. 农村基础设施对粮食全要素生产率的影响[J]. 农业技术经济, 2018(11): 92-101.
- [6] 陈哲, 李知洪, 赵锦慧, 等. 长江经济带农业全要素生产率变动实证研究[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(20): 158-164.
- [7] 何泽军, 李莹. 基于 DEA-Malmquist 指数法中国农业全要素生产率变化特征分析[J]. 河南农业大学学报, 2018, 52(5): 839-844.
- [8] 龙岩, 李有明, 孔令仲, 等. 基于数据包络分析的突发水污染事件应急调控后评价研究[J]. 水资源与水工程学报, 2018, 29(5): 154-158.
- [9] 赵继敏, 杨波. 多目标导向下的北京城市空间结构绩效评价研究—基于“五位一体”的视角[J]. 生态经济, 2018, 34(7): 148-153.
- [10] 李玲, 周玉玺. 基于 DEA-Malmquist 模型的中国粮食生产用水效率研究[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(11): 192-199.
- [11] 于冬瑶. 内蒙古农业全要素生产率的实证研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古财经大学, 2017.
- [12] 肖枝洪, 谭荔. 基于熵权-灰色关联法的房地产项目风险评估分析[J]. 重庆理工大学学报(社会科学), 2017, 31(12): 31-37, 44.
- [13] 涂琴, 李红, 王新坤, 等. 基于灰色关联法的多喷头轻小型喷灌机组比选[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2014, 35(6): 656-662.
- [14] 梁增芳. 农业面源污染背景下三峡生态屏障区实施坡耕地治理项目的意义—以重庆市万州区为例[J]. 中国水土保持, 2018(3): 25-27.
- [15] 舒坤良, 杨宁, 孙旭, 等. 科技创新推进吉林省农业现代化的思路与对策[J]. 东北农业科学, 2018, 43(6): 44-48.
- [16] 张捷. 经济增长率与劳动力素质提升研究—以无锡市为例[J]. 商场现代化, 2015(15): 281.
- [17] 高文书, 谢倩芸. 中国产业结构升级的人力资本需求研究[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版), 2017, 56(2): 41-50.
- [18] 李长春. 乡村振兴战略下农村劳动力就业困境及对策探讨—以重庆市长寿区为例[J]. 新西部, 2018(29): 20-21.
- [19] 徐晓红, 王洪丽, 刘文明, 等. 吉林省基层农业技术推广体系调查与改革思路[J]. 东北农业科学, 2016, 41(5): 102-106.
- [20] 温丽荣, 吴昊沅, 黄庆华. 基于 DEA-Malmquist 模型的重庆市农业生产效率实证研究[J]. 新疆农垦经济, 2015(11): 9-14.

(责任编辑: 王丝语)

(上接第 138 页)

$y = -39.69x + 23.58$, 拔节期 $y = -129.97x + 101.95$, 抽穗期 $y = -159.79x + 128.93$ 。

参考文献:

- [1] 李升东, 张卫峰, 王法宏, 等. 施氮量对小麦氮素利用的影响[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(2): 223-230.
- [2] 巨晓棠, 谷保静. 氮素管理的指标[J]. 土壤学报, 2017, 54(2): 281-296.
- [3] 陈满, 施印炎, 汪小昆, 等. 冬小麦双变量施肥控制策略研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(11): 58-62.
- [4] 宣毓龙, 庞庆阳, 刘洋, 等. 高分子化合物对小麦出苗及生长的影响[J]. 东北农业科学, 2016, 41(2): 30-34.
- [5] 杨焕焕, 孙克刚, 张琨, 等. 控释尿素在冬小麦上的一次性施肥研究[J]. 化肥工业, 2018, 45(6): 67-69.
- [6] Huang S, Miao Y, Zhao G, et al. Satellite remotesensing-based in-season diagnosis of rice nitrogen status in northeast China[J]. Remote Sensing, 2015, 7(8): 10646-10667.
- [7] Mountrakis G, Im J, Ogole C. Support vector machines in remote sensing: A review[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2011, 66(3): 247-259.
- [8] 陈娉婷, 官波, 沈祥成, 等. 大数据时代开放式农业信息知识库构建研究[J]. 东北农业科学, 2018, 43(5): 60-64.
- [9] 葛佳琨, 刘淑霞. 数字农业的发展现状及展望[J]. 东北农业科学, 2017, 42(3): 58-62.
- [10] Chm X, Cui Z, Fam M, et al. Producing more grain with lower environmental costs[J]. Nature, 2014, 514(7523): 486-489.
- [11] 李新伟, 吕新, 张泽, 等. 棉花氮素营养诊断与追肥推荐模型[J]. 农业机械学报, 2014, 45(12): 209-214.
- [12] 郭婷, 崔国贤, 丁莎莎, 等. 氮素营养诊断技术及其在麻类上的应用研究进展[J]. 中国麻业科学, 2011, 33(6): 313-318.
- [13] 田明璐, 班松涛, 常庆瑞, 等. 基于低空无人机成像光谱仪影像估算棉花叶面积指数[J]. 农业工程学报, 2016, 32(21): 102-108.
- [14] 马文玉. 基于 UAV 遥感的冬小麦氮素营养诊断[D]. 焦作: 河南理工大学, 2017.
- [15] 刘昌华, 马文玉, 陈志超, 等. 基于无人机遥感的冬小麦氮素营养诊断[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2018, 37(3): 45-53.
- [16] 查海涅. 基于卫星遥感的水稻生长监测与氮素营养诊断系统[D]. 滁州: 安徽科技学院, 2016.

(责任编辑: 王昱)