

基于DEA模型的黑龙江省不同规模奶牛养殖生产效率研究

朱雪晴, 王磊*

(东北农业大学经济管理学院 哈尔滨 150030)

摘要: 奶牛养殖环节身处奶业产业最上游, 是产业的根基与命脉, 奶牛养殖业是中国畜牧业的支柱产业。本研究根据《全国农产品成本收益资料汇编》中黑龙江省奶牛养殖相关成本收益数据, 利用DEA模型方法, 测算2008~2018年黑龙江省四种奶牛养殖规模的生产效率, 通过分析其综合生产技术效率及其分解项、规模收益和投入冗余程度得出结论: 黑龙江省当前奶牛养殖效率排名为中规模>大规模>小规模>散养模式; 散户在饲料投入和费用投入方面冗余较严重, 中规模冗余程度较低, 大规模主要在费用方面出现了冗余, 小规模养殖冗余程度仅低于散养模式。总体来说, 黑龙江省奶牛养殖产业仍有待提高并有很大发展空间, 因此需要根据不同养殖规模提出针对性的对策意见, 规模意识和效率意识对散户和小规模养殖来说尤为重要, 大中规模养殖则更需要注重管理效率, 从而减少养殖投入冗余, 从根本上增加养殖场经济效益, 促进黑龙江省向畜牧强省发展。

关键词: 黑龙江省; 不同规模; 奶牛养殖; 生产效率; DEA模型

中图分类号: F326.3

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)04-0133-06

Research on Production Efficiency of Dairy Cows of Different Scales in Heilongjiang Province Based on DEA Model

ZHU Xueqing, WANG Lei*

(School of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The dairy farming sector is at the base of the dairy industry and is the foundation and lifeline of the industry. The dairy farming industry is an essential subset of China's animal husbandry. Based on the data on the related costs and benefits of dairy farming in Heilongjiang Province from the "Compilation of National Agricultural Product Cost and Benefit Data", this paper uses the DEA model method to study the production efficiency of four dairy cow farming scales in Heilongjiang Province from 2008 to 2018, and analyzes its comprehensive production technical efficiency and the decomposition items, returns to scale, and the degree of redundancy of input are concluded, the present efficiency ranking of dairy farming in Heilongjiang Province is ordered as mid-scale, large-scale, small-scale, and free-ranging; individual investors have significant redundancies in input of feed and cost. The degree of redundancy in the medium-scale is relatively low, and the redundancy in the large-scale is mainly in terms of costs, and the redundancy of the small-scale aquaculture is only lower than that of the free-range mode. Generally speaking, the dairy farming industry in Heilongjiang Province still needs to be improved and has a lot of room for development. Therefore, it is necessary to propose targeted strategies according to different farming scales. For individual and small-scale farming, the consciousness of scale and efficiency is particularly important. Large-scale breeding needs to pay more attention to management efficiency, so as to reduce the redundancy of breeding investment, fundamentally increase the economic benefits of breeding farms, and promote the development of Heilongjiang Province into a strong animal husbandry province.

Key words: Heilongjiang Province; Different scales; Dairy farming; Production efficiency; DEA model

收稿日期: 2020-07-24

基金项目: 黑龙江省博士后启动项目(LBH-Q17019); 黑龙江省自然科学基金青年项目(QC2017081)

作者简介: 朱雪晴(1996-), 女, 在读硕士, 从事畜牧经济与管理研究。

通讯作者: 王磊, 女, 博士, 副教授, E-mail: shitou_1980@163.com

奶业是人民健康、强壮身体不可或缺的产业。奶牛养殖环节身处奶业产业最上游,是产业的根基与命脉,奶牛养殖业是中国畜牧业的支柱产业^[1]。中国是乳制品生产和消费大国,保证奶牛养殖产业健康高效发展,事关百姓福祉和祖国未来,对促进现代畜牧业及提高养殖户收入至关重要。黑龙江省是中国奶牛养殖大省,也是重要的原料乳生产基地和最大的奶粉生产基地,近年来一直致力于畜牧强省建设,加快推进标准化奶牛养殖且成效显著^[2]。截至2019年,黑龙江省畜牧业产值1 672亿元,约占全国5.4%,在全国位居第八位。奶牛存栏107.6万头,同比增长2.5%,占全国的10%。生鲜乳产量465万t,同比增长2.1%,占全国的14.5%。如今黑龙江省奶业主体为规模化奶牛养殖场,其拥有科学的养殖技术、尖端的养殖设备和现代化的管理手段。但与发达省份相比仍存在生产能力低下、管理水平欠缺、信息不平等、资源利用率低等问题^[3],因此笔者通过对黑龙江省不同规模奶牛场的生产效率进行研究,有针对性地提出相关对策,对于促进黑龙江省奶牛养殖产业健康发展,推进黑龙江省由奶牛养殖大省向奶牛养殖强省转变具有战略意义。

1 研究现状

奶牛生产效率是指奶牛养殖过程中各种投入产出要素资源的综合利用程度^[4]。测算与分析奶牛养殖生产效率,可以得出黑龙江省奶牛养殖产业是否位于生产前沿、是否存在规模不经济的情况以及是否存在技术水平下降等情况,影响黑龙江省奶牛的养殖效率和经济效益^[5]。目前在分析综合技术效率问题时,最成熟的方法是DEA(数据包络分析方法)模型和随机前沿分析。付红全^[6]使用随机前沿生产函数方法,得出呼和浩特地区原料奶生产效率存在一定损失,不同生产模式的原料奶在成本收益率、经济效率、技术效率和配置效率等方面都有很大不同。刘继为、白建华和尚丽等^[7-9]则使用DEA模型进行农业生产效率测算。近年来,国内许多学者对奶牛养殖生产效率进行了研究,但由于奶牛养殖效率本身受到区域位置、地理环境、费用物价等多方面的影响,所得出的结果也不完全相同。汪浩等^[10]运用数据包络分析法计算河南省不同规模下奶牛的生产效率,并与全国进行比较。辛国昌等^[11]通过研究中

国规模化奶牛场的成本核算和经济效益,得出散户和小规模养殖的利润率高于大中规模的结论,并提出降低成本、提升效益和稳定奶业发展的建议。彭秀芬^[12]运用SFA模型(随机前沿分析生产函数)来衡量四种饲养方式下中国原料奶生产的技术效率并得出结论:我国原料奶生产技术效率为91%,四种饲养模式都存在一定的技术效率损失。郭策等^[13]的研究对象为小规模奶牛场,将其与其他奶牛生产优势地区及全国平均水平进行对比得出河北省小规模奶牛养殖成本呈逐年递增趋势。

上述研究对于合理配置奶牛养殖生产资源、加快转变奶牛生产方式、提高奶牛生产效率具有重要的理论价值和现实指导意义。本研究借鉴已有研究成果,运用数据包络分析模型,从规模效率、纯技术效率、规模收益和投入冗余四个角度对比分析2008~2018年黑龙江省不同养殖规模的奶牛生产效率,旨在为提高全省奶牛生产效益和养殖能力提供借鉴和参考。

2 研究方法与数据来源

2.1 DEA模型原理

1978年Charnes等提出数据包络分析方法,即DEA模型。DEA模型中最基本应用最广泛的模型分别为CCR模型和BCC模型^[14-15]。CCR模型主要应用于规模报酬不变的情况下,投入决策是否满足技术效率有效和规模效率有效;BCC模型则应用于规模报酬变化的条件下,投入决策必然满足技术效率有效,而不确定满足规模效率有效^[16]。由于规模报酬不变的假设与现实决策单元的生产过程不符,因此,本研究主要运用投入导向型BCC模型测算黑龙江省奶牛不同养殖规模的生产效率。

Banker等提出估计规模效率的DEA模型,并在CCR对偶模型的基础上增加了约束条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 (\lambda \geq 0)$,构成了投入导向BCC模型的规划式^[17]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \theta \\ \text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ik} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \dots\dots\dots (1) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda \geq 0 \end{array} \right.$$

对(1)引入松弛变量:

$$\begin{cases}
 \min \theta \\
 \text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S^- = \theta x_{ik} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S^+ = y_{rk} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 S^+ \geq 0, S^- \geq 0 \\
 \lambda_j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, k)
 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

根据模型(1)和模型(2),设定其最优解为 θ^* 、 S^{*-} 、 S^{*+} 、 λ_j^* 。 θ^* 是决策单元 DMU_j 的有效值,表示 DMU_j 输入可以调整的比例; S^{*-} 、 S^{*+} 分别代表产出不足量和投入冗余量的最优解。可以根据以下规则,判断 DMU_j 是否为DEA有效。

(1)若 $\theta^*=1$ 、 $S^{*-} \neq 0$ 、 $S^{*+} \neq 0$,则决策单元 DMU_j 为弱DEA有效。说明在 n 个 DMU 经济系统中,存在投入冗余、产出不足等情况,在原产出不变的条件下,减少投入或者原投入不变的情况下增加产出,以此达到最优的技术效率。

(2)若 $\theta^*=1$ 、 $S^{*-}=0$ 、 $S^{*+}=0$,则决策单元 DMU_j 为强DEA有效。此时技术和规模都处于有效状态,形成产出与投入的最优组合。

(3)若 $\theta^* < 1$,则说明决策单元 DMU_j 非DEA有效。此时若要达到DEA有效,则需要对现有所有投入指标缩减为原来的 θ^* 倍,同时保持产出不变^[18-19]。

2.2 数据来源与指标选取

根据奶牛养殖的特点,测定奶牛养殖生产效率的变量主要包括人工投入、饲料数量、医疗防疫和管理费用等。本研究相关数据来自2008~2018年《全国农产品成本收益资料汇编》。为了剔除价格变动的影响,本研究选取主产品产量为产出指标,选取人工投入、饲料数量和其他费用为投入指标,其中,人工投入为每核算单位用工数量,饲料数量为精饲料数量和耗粮数量之和,其他费用为燃料动力费、医疗防疫费、死亡损失费和固定资产折旧之和。

3 实证研究

DEA模型中的VRS模型对奶牛养殖的综合生产效率的测算结果可以分为综合效率、纯技术效率和规模效率。三者的值在0~1,值越大说明效率越高。提高生产效率可通过提高技术更新速度和技术扩散有效程度、改进纯技术效率、增加或

减少生产要素投入、合理配置资源以改进规模效率来实现。

3.1 黑龙江省不同奶牛养殖规模的生产效率分析

利用DEA-Solver Pro5软件,得出2008~2018年规模收益变化(BCC)时黑龙江省不同养殖规模的奶牛生产效率,见图1。

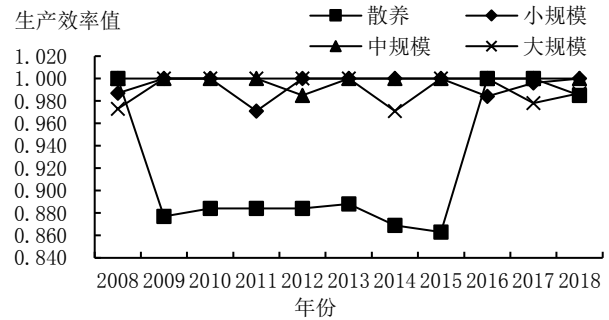


图1 黑龙江省四种养殖规模的奶牛养殖生产效率

从图1可以看出,黑龙江省四种养殖模式下奶牛养殖的效率均存在差别。按照黑龙江省2008~2018年奶牛生产效率平均值从大到小对四种养殖规模进行排序,依次是中规模(0.999)、小规模(0.994)、大规模(0.992)和散养模式(0.921)。从图1可以明显看出,散养模式的生产效率最低,最小值为0.863,散养养殖模式无法达到效率有效,其他三种养殖模式的生产效率均在0.99以上,处于DEA有效状态或弱DEA有效状态,中规模养殖效率最高。通过DEA模型得出2008~2018年黑龙江省不同奶牛养殖模式的生产效率及其分解项。

从表1可以看出,2009~2015年散养模式生产

表1 2008~2018年黑龙江省奶牛养殖散养模式的生产效率及其分解项

年份	生产效率	规模效率	纯技术效率	规模收益
2008	1.000	1.000	1.000	不变
2009	0.877	0.994	0.883	不变
2010	0.884	0.989	0.893	不变
2011	0.884	0.989	0.893	不变
2012	0.884	0.994	0.889	不变
2013	0.888	0.994	0.893	不变
2014	0.869	0.994	0.875	不变
2015	0.863	0.998	0.864	不变
2016	1.000	0.855	1.169	递减
2017	1.000	0.856	1.168	递减
2018	0.985	0.869	1.134	递减
平均值	0.921	0.957	0.969	-

效率一直处于低水平状态,造成散户养殖生产效率损失较大的原因源于纯技术效率和规模效率同时低下,纯技术效率能够衡量资源投入是否合理,其水平低下说明在现有的技术水平下,没有将其利用充分,由于技术落后导致当前投入要素的浪费。散养模式规模效率低下主要是由于散户养殖的生产要素投入较多,散户在奶业市场中处于弱势地位,由于养殖技术的欠缺、价格信息的不对称加之各种投入成本提升,使得投入难以得到合理利用,阻碍了产出效率的提高。

由表2可以看出,2008~2018年黑龙江省奶牛小规模养殖生产效率均处于0.971~1.000,最大值与最小值相差0.029,平均值在四种养殖规模中排名第二,生产效率较高,其中有7年的生产效率为1,达到DEA有效。其中四年生产效率小于1,造成其生产效率损失较大的原因主要取决于规模效率的低下,从规模收益可以看出,2008、2011、2017年生产效率较低,但其规模报酬均处于递增阶段,也就是说规模报酬会随养殖规模的扩大而提高。其中有两年小规模奶牛养殖的规模效率和纯技术效率同时不足1,说明在这种情况下小规模奶牛养殖效率尚未达到最优,各投入要素的利用程度较低,同时也体现出养殖规模的不合理。小规模奶牛养殖正处于过渡阶段,发展尚不稳定,需要同时从正确利用现有技术和适度扩大规模两方面进行引导,从而提高生产效率。

表2 2008~2018年黑龙江省奶牛小规模养殖的生产效率及其分解项

年份	生产效率	规模效率	纯技术效率	规模收益
2008	0.987	0.981	1.006	递增
2009	1.000	1.000	1.000	不变
2010	1.000	0.981	1.020	递增
2011	0.971	0.910	1.067	递增
2012	1.000	1.000	1.000	不变
2013	1.000	1.000	1.000	不变
2014	1.000	1.000	1.000	不变
2015	1.000	1.000	1.000	不变
2016	0.984	0.999	0.986	递减
2017	0.996	0.996	0.999	递增
2018	1.000	1.000	1.000	不变
平均值	0.994	0.988	1.007	-

通过图1对比不同养殖规模下黑龙江省奶牛养殖的生产效率,发现黑龙江省中规模奶牛养殖生产有效性所占年份居多,且规模效率均值最高,说明黑龙江省目前最适宜发展中规模养殖。

表3 2008~2018年黑龙江省奶牛中规模养殖的生产效率及其分解项

年份	生产效率	规模效率	纯技术效率	规模收益
2008	1.000	1.000	1.000	不变
2009	1.000	1.000	1.000	不变
2010	1.000	0.980	1.020	递增
2011	1.000	0.987	1.013	递增
2012	0.985	0.992	0.993	递增
2013	1.000	1.000	1.000	不变
2014	1.000	0.996	1.004	递减
2015	1.000	1.000	1.000	不变
2016	1.000	1.000	1.000	不变
2017	1.000	0.981	1.020	递减
2018	1.000	0.983	1.018	递减
平均值	0.999	0.993	1.006	-

从表3可以看出,黑龙江省奶牛中规模养殖生产效率变化波动较小,除2012年外,其余年份生产效率值均为1.000,主要原因是中规模奶牛场资金雄厚,拥有实力引进饲养管理新技术和购买先进的养殖设施;具有较强的市场竞争优势,更容易和专业的技术研发单位合作;与大规模养殖相比,更能很好地利用生产投入要素和规避风险。从规模报酬角度来看,2010~2012年连续三年规模报酬呈递增趋势,并且对应的纯技术效率均大于1.000,这种情况下技术利用程度已经达到最佳状态,再多的投入只会造成浪费。

由表4可以看出,2008~2018年黑龙江省奶牛大规模养殖有四年生产效率小于1,而纯技术效率全都大于或等于1,均值排名第一,这说明大规模养殖更能很好地利用生产设备和技

表4 2008~2018年黑龙江省奶牛大规模养殖的生产效率及其分解项

年份	生产效率	规模效率	纯技术效率	规模收益
2008	0.973	0.936	1.040	递增
2009	1.000	1.000	1.000	不变
2010	1.000	0.928	1.078	递增
2011	1.000	1.000	1.000	不变
2012	1.000	1.000	1.000	不变
2013	1.000	1.000	1.000	不变
2014	0.971	0.971	1.000	不变
2015	1.000	0.990	1.010	递增
2016	1.000	0.968	1.033	递增
2017	0.978	0.973	1.005	递增
2018	0.987	0.971	1.017	递增
平均值	0.992	0.976	1.017	-

术效率。从规模收益来看,2008~2018年黑龙江省大规模奶牛养殖有六年的规模收益呈现出整体递增的变化趋势,这说明大规模奶牛养殖产出增加的幅度大于投入增加的幅度,生产要素投入不够。这主要是因为大规模奶牛场能够利用更为先进的仔畜繁育技术、养殖管理技术和饲料加工转化技术,大大提高了仔畜成活率和饲料转化率;另外,大规模奶牛场的特点是节约了劳动力,这种现代化规模养殖模式充分利用了饲养人员的技术潜能和管理技能,使得投入要素增幅难以跟上产出的巨大增加。

3.2 黑龙江省不同奶牛养殖规模的生产投入冗余分析

图1生产效率的相关结果表明,黑龙江省

2008~2018年四种不同养殖规模的奶牛生产中,中规模养殖效率最高,几乎不存在投入冗余,其余三种养殖规模均有不同程度的生产要素投入冗余。为了减少生产投入的浪费、实现资源的合理有效配置,有必要调整黑龙江省奶牛养殖生产要素的投入结构。为此,本研究将进一步分析黑龙江省不同奶牛养殖规模的生产投入冗余,进而获得相应依据进行调整。利用DEA-Solver Pro 5.0软件,得出黑龙江省四种奶牛养殖规模的生产投入冗余,见表5。

由表5可以看出,黑龙江省四种奶牛养殖模式中,散养模式投入冗余最多,饲料数量的冗余程度最高,最大值与最小值相差32倍,饲料利用率低。这是由于散养模式下的饲料一般来源于自

表5 2008~2018年黑龙江省四种奶牛养殖规模的生产投入冗余

年份	散户养殖			小规模养殖			中规模养殖		大规模养殖		
	生产用工	饲料数量	其他费用	生产用工	饲料数量	其他费用	饲料数量	生产用工	饲料数量	其他费用	
2008				-19.23							
2009	-1.53	-82.24									
2010		-95.41	-35.11								
2011		-99.41	-38.77	-198.74							
2012		-87.49	-42.13				-133.04				
2013		-96.62	-46.92								
2014		-65.82	-10.19					-1.19		-74.65	
2015		-54.39	-7.30								
2016				-44.55							
2017				-39.23		-105.61				-177.87	
2018	-0.09	-3.08							-0.132	-176.50	

注:空缺的项目和单元格表示没有冗余

家种植,养殖户很少会精细地计算饲料用量,因此存在一定程度的浪费。小规模养殖出现冗余可能是由于养殖规模的不合理,这一解释可以从表2规模收益给出,表2中生产效率较低的年份其规模报酬处于递增阶段,养殖规模扩大,规模报酬也会随之递增。由此可以得出,奶牛养殖的规模会影响投入要素的冗余程度,降低投入资源利用率,从而使奶牛养殖的生产效率下降。中规模奶牛养殖冗余情况最少,这再次验证了黑龙江省奶牛中规模养殖效率最高。同时也验证了表3中规模奶牛养殖纯技术效率和规模效率同时有效,几乎没有投入要素的浪费。黑龙江省奶牛大规模养殖的投入要素冗余情况较少,这也验证了大规模奶牛养殖效率较高。

4 结论与建议

本研究根据《全国农产品成本收益资料汇编》

中黑龙江省奶牛养殖相关成本收益数据,利用DEA模型方法,研究2008~2018年黑龙江省四种奶牛养殖规模的生产效率,通过以上分析得出结论:黑龙江省当前奶牛养殖效率排名为中规模>大规模>小规模>散养模式。散养模式的效率最低,其他三种养殖模式生产效率值均在0.9~1.0。从投入指标的冗余角度来讲,散养模式的冗余最高,其冗余程度与其他三种模式相差较大,在饲料投入和费用投入方面冗余较严重。因此,结合黑龙江省奶牛养殖现状,在散户并未全面退出市场的情况下,应大力支持中规模以及大规模奶牛养殖的发展,以其发展进一步带动散户和小规模适当扩大规模,从而在规模效率上实现增长。

通过以上研究提出针对性的对策意见。黑龙江省具有优越的地理环境进行奶牛养殖,政府应从技术创新、经济补贴和政策保护等多方面支持

奶牛养殖。首先,通过宣传教育增强奶牛养殖户的效率意识和效益意识,尤其是对散户和小规模养殖来说,学习奶牛养殖方面的知识,跟进奶业市场的最新信息可以让其认识到扩大规模能够从根本上提升养殖投入利用率,进而提高生产效率,增加养殖收入。而对于中规模和大规模养殖来说,投入资源利用充分则会出现相关费用的过度投入,因此要深化其“管理出效益”的认知程度,使奶牛养殖户充分认识到提高饲养管理水平的重要性。奶牛养殖应避免盲从和规模过度,尤其是对大规模养殖来说,养殖场在逐步扩大规模的过程中,总会出现一个生产效率最高的时期,继续扩大规模反而会造成一定的冗余,因此大规模养殖场应从市场、政策、补贴、资源、前景和资金等实际出发,确定具有明显优势的适度规模养殖,以避免出现奶牛养殖生产效率低下和资源浪费的现象。

参考文献:

- [1] 郭冬生,彭小兰,龚群辉,等.世界主要国家畜牧业概况与我国养殖业发展思考[J].吉林农业科学,2012,37(5):66-70,80.
- [2] 韩亚琼,王允,张立中.黑龙江省农业发展水平与生产效率协调性分析[J].东北农业科学,2020,45(2):101-105.
- [3] 方卫飞.奶牛养殖废弃物对环境的污染治理与开发[J].吉林农业科学,2005,30(4):48-50.
- [4] 李志强.我国奶业发展形势与未来目标分析[J].中国食物与营养,2009(3):4-7.
- [5] 赵佩佩.黑龙江省奶牛养殖业布局研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2015.
- [6] 付红全.原料奶生产模式效率比较分析:以呼和浩特地区

为例[D].呼和浩特:内蒙古大学,2011.

- [7] 刘继为,李雪飞,高鹏怀,等.基于DEA模型的河北省农业生产效率及影响因素研究[J].东北农业科学,2020,45(3):86-91,107.
- [8] 白建华,杨文凤,央青卓嘎.基于数据包络分析的高原地区青稞种植效率评价-基于427户青稞种植户的入户调查[J].东北农业科学,2019,44(3):64-70.
- [9] 尚丽.基于DEA模型的陕西省粮食生产效率评价及影响因素研究[J].东北农业科学,2018,43(5):47-54.
- [10] 汪浩,刘鹏凌.基于DEA模型奶牛不同规模养殖生产效率分析-河南省与全国的比较[J].云南农业大学学报(社会科学),2018,12(2):36-43.
- [11] 辛国昌,张立中.不同规模奶牛养殖的成本和收益比较[J].财会月刊,2011(14):44-46.
- [12] 彭秀芬.中国原料奶的生产技术效率分析[J].农业技术经济,2008(6):23-29.
- [13] 郭策,马长海.河北省小规模奶牛养殖的成本效益分析[J].广东农业科学,2015,42(23):239-244.
- [14] 付雪,张凤娟,赵瑞莹.山东省不同肉羊养殖模式生产效率分析[J].山东农业科学,2020,52(3):162-167.
- [15] 王琛,何忠伟,高然,等.我国生猪生产技术效率分析-基于DEA模型的实证研究[J].农业展望,2012,8(2):42-45,50.
- [16] 何忠伟,韩啸,余洁,等.我国奶牛养殖户生产技术效率及影响因素分析-基于奶农微观层面[J].农业技术经济,2014(9):46-51.
- [17] 张园园,孙世民,季柯辛.基于DEA模型的不同饲养规模生猪生产效率分析:山东省与全国的比较[J].中国管理科学,2012,20(S2):720-725.
- [18] 李翠霞,谭留兵.奶牛养殖规模效益分析-以黑龙江省为例[J].中国农学通报,2013,29(14):1-6.
- [19] 许鹤,顾莉丽,刘明.江苏省生猪养殖规模效益分析[J].东北农业科学,2020,45(1):104-108.

(责任编辑:王昱)

(上接第72页)

4.2 各器官干物质含量在收敛式有效积温达到1 672.42 °C·d后均呈上升趋势,其中在叶、茎、根的增长较快,说明到达此积温时植株开始整体脱水,标志成熟期的到来。当收敛式有效积温达到883.89 °C·d时,叶片干物质含量开始减少,向块茎转移,此积温时期为块茎长成期。到达淀粉积累期前,块茎干物质含量有下降的趋势,淀粉积累期时(收敛式有效积温1 378.9 °C·d)开始增加。

参考文献:

- [1] 闫伟平,赵洪祥,张丽华,等.半干旱区温度变化对不同密度玉米植株光合作用的影响[J].吉林农业科学,2015,40(5):14-20.

- [2] 邱美娟,王冬妮,王美玉,等.近35年吉林省玉米气候适宜度及其变化[J].东北农业科学,2019,44(1):70-78.
- [3] Major D R, Kiniry J R. Predicting day length effects on phenological processes [M]. Boca Raton: CRC Press, 1991: 15-28.
- [4] 周岑岑.马铃薯生育期及形态建成的模拟研究[D].武汉:华中农业大学,2015.
- [5] Jefferies R A, 赵奇.依据积温和土壤含水量估算马铃薯块茎干物质浓度[J].国外农学-杂粮作物,1990(6):19-23.
- [6] 王全九,蔺树栋,苏李君.马铃薯主要生长指标对有效积温响应的定量分析[J].农业机械学报,2020,51(3):306-316.
- [7] 王贺,白由路,杨俐苹,等.利用有效积温建立夏玉米追肥时期决策模型[J].中国生态农业学报,2012,20(4):408-413.
- [8] 何英彬.马铃薯表现特征及空间分布信息提取与分析[M].北京:中国农业科学技术出版社,2018:7-8.

(责任编辑:王昱)