

# 基于关键气象因子的鞍山地区南果梨产量预测模型

张晓庆<sup>1</sup>, 战莘晔<sup>1</sup>, 高莉莉<sup>2</sup>, 林涛<sup>3\*</sup>

(1. 鞍山市气象局, 辽宁 鞍山 114000; 2. 锦州市气象局, 辽宁 锦州 121000; 3. 长白山池北气象局, 吉林 安图 133613)

**摘要:**本研究利用1962-2021年鞍山地区气象数据以及南果梨产量数据,通过相关分析确定了影响南果梨产量的关键气象因素为年平均气温、4-9月的总日照时数以及同期的总降水量。在此基础上,采用回归分析方法,建立了3种鞍山地区南果梨产量预测模型。经过检验,指数模型和回归模型预测准确率超过83%,修正后准确率可提升至90%以上,2种预测模型可作为南果梨年景产量预估服务产品的有效工具,为鞍山地区南果梨的科学管理提供重要的气象依据。

**关键词:**气象产量;指数模型;回归模型

中图分类号:S165+.27

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2025)02-0043-06

## Yield Prediction Model of Nanguo Pear in Anshan Region Based on Key Meteorological Factors

ZHANG Xiao-qing<sup>1</sup>, ZHAN Shen-ye<sup>1</sup>, GAO Li-li<sup>2</sup>, LIN Tao<sup>3\*</sup>

(1. Anshan Meteorological Bureau, Anshan 114000; 2. Jinzhou Meteorological Bureau, Jinzhou 121000; 3. Changbai Mountain Chibei District Meteorological Bureau, Antu 133613, China)

**Abstract:** This study utilizes meteorological data from Anshan and Nanguo pear yield data from 1962 to 2021 to identify key meteorological factors affecting Nanguo pear yield. Through correlation analysis, the critical factors were determined to be annual average air temperature, total sunshine hours from April to September, and total precipitation during the same period. Based on these factors, three yield prediction models for Nanguo pear in the Anshan region were developed using regression analysis. Testing indicated that the prediction accuracy of both the exponential and regression models exceeded 83%, and could be increased to over 90% after correction. These two prediction models can serve as effective tools for annual yield estimation of Nanguo pear, providing crucial meteorological insights for the scientific management of Nanguo pear in the Anshan region.

**Key words:** Meteorological yield; Exponential model; Regression model

南果梨在中国东北及内蒙古,新疆等地均有规模化栽培,特别是辽宁省海城市,其南果梨面积和产量均位居全国前列。2005年2月17日国家质量监督检验检疫总局发布公告(2005年第19号),宣布即日起对鞍山南果梨实施地理标志产品保护。南果梨作为秋子梨系统中最具代表性的优良品种,其研究现状涉及多个方面。当前,国内学者对南果梨的研究包括种质资源、栽培技术、病虫害防治、贮藏保鲜以及新品种培育等<sup>[1]</sup>。陈晓云等<sup>[2]</sup>对鞍山市南果梨生产基地的环境质量进行监测及评价,研究表明该基地符合绿色食品水

果基地的基本条件。温守钦等<sup>[3]</sup>研究表明,南果梨的独特品质与土壤中的部分微量元素含量有关,并通过分析得到了南果梨生长的最佳区域。郭茂久<sup>[4]</sup>研究则认为,20℃左右的向阳缓坡地最适宜南果梨栽植。南果梨的生长和发育过程受到多种气象条件的影响,包括温度、降水、光照等<sup>[5]</sup>。气象条件的变化会直接影响南果梨的开花、授粉、坐果、果实发育和成熟等关键环节<sup>[6]</sup>。研究南果梨生长与气象条件的关系,对提高南果梨的产量及品质有重要的指导意义<sup>[7]</sup>。宣景宏等<sup>[8]</sup>研究了南果梨生长所需的积温条件。胡春霞等<sup>[9]</sup>研究了南果梨的抗旱机理。近几年鞍山市南果梨生产对产量预报的需求日益增强,准确的产量预测对于指导果农合理安排生产、调整管理措施具有重要意义。本研究基于多年的气象数据和南果梨产量记录,深入探讨了关键气象因子对南果梨生长

收稿日期:2024-07-16

基金项目:辽宁省科学技术研究项目(ZD202229)

作者简介:张晓庆(1984-),女,工程师,从事农业气象技术与服务研究。

通信作者:林涛,男,高级工程师,E-mail: liuyun688@163.com

周期的影响,进一步明确了气象条件在南果梨产量形成中的关键作用<sup>[9]</sup>。这些研究成果将有助于推动南果梨产业的可持续发展,为果农提供科学、精准的决策依据,增强农业气象服务的针对性和实用性。

本研究利用 1962-2021 年鞍山地区平均气温、日照时数、降水量等统计数据,分析其与南果梨产量的相关关系,选出影响南果梨产量的关键气象因子,建立基于关键气象因子的南果梨产量预测模型,可为鞍山地区南果梨产量预报业务提供参考依据,同时为当地政府调控南果梨生产提供技术支持<sup>[10]</sup>。

### 1 数据来源与分析方法

#### 1.1 资料选取

鞍山地区 2002-2022 年南果梨产量资料来源于鞍山市统计局。

气象数据采用鞍山市观测站数据,采用 1962-2021 年鞍山地区平均气温、日照时数、降水量等统计数据,利用相关分析法及回归方法建立预测模型<sup>[11]</sup>。

#### 1.2 气象产量资料提取

气象产量特指在排除不同历史时期社会生产力水平、政策调整等非气象因素所导致的南果梨产量变动后,纯粹由气象因素引发的产量变化部分<sup>[12]</sup>。相较于气象因子的显著变动性,土壤因子、地形因子以及人为因子和环境因子在年际间的变

化相对较小,它们共同构成了一个相对稳定的基础,能够代表某一地域在特定时间点的生产力水平<sup>[13]</sup>。因此,将由这些相对稳定的因子所决定的产量部分,明确定义为趋势产量,以此凸显其与气象因子变动所引发的产量变化之间的区分与联系。本研究重点关注平均气温、日照时数和降水量这 3 个关键气象因子,通过分析它们与南果梨产量的相关性,发现这些气象条件对南果梨的生长周期及最终产量具有显著影响。进一步采用逐步回归分析法,构建了一个包含这些关键气象因子的产量预测模型,旨在为果农提供更精准的生产决策依据,助力南果梨产业的持续健康发展<sup>[14]</sup>。此外,该模型还考虑了气象因子间的相互作用,以提升预测的准确性和实用性<sup>[14]</sup>。通过对气象数据的深度分析,模型预测结果显示,气温上升 1℃,南果梨产量将增加约 3.2%;日照时数每增加 100 h,产量提高约 2.8%;而降水量每增加 100 mm,产量则可增长约 1.6%。这些数据为果农在种植过程中提供了重要参考,使得他们能够根据气象变化及时调整管理措施,以优化南果梨的产量和质量<sup>[15]</sup>。同时,该模型的建立也为政府相关部门制定农业气象服务政策和南果梨产业规划提供了科学依据。

### 2 结果与分析

#### 2.1 影响南果梨产量的关键气象因子分析

如图 1 所示,降水量、平均气温、日照时数与

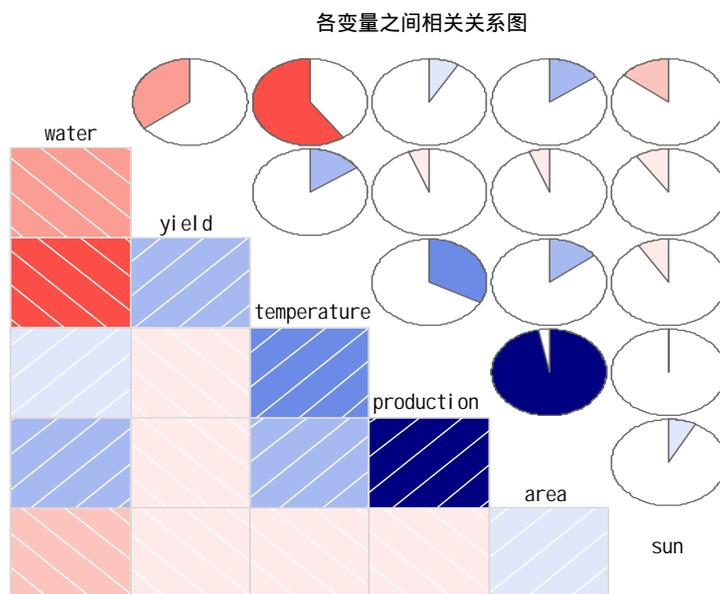


图 1 总产量、降水量、平均气温、日照时数相关关系矩阵图

Fig. 1 Correlation matrix diagram of total output, precipitation, average temperature and sunshine duration

总产量、气象产量进行相关性分析发现(production=总产量, water=降水量, temperature=平均气温, sun=日照时数, yield=气象产量),首先平均气温对作物的生长至关重要,因为作物需要一个适宜的温度环境才能正常生长。其次是降水量,适宜的降水量有利于提高产量,相关性最低的是日照时数,但是在果实发育期,南果梨需要充足的日照<sup>[16]</sup>。气象产量与气象因子之间存在着一定关系,根据最高气象产量及最低气象产量年数据及相关性分析结果,气象产量分别与年降水量呈负相关(相关系数为-0.35),即降水量高于或低于适宜值,产量较低;与年平均气温呈正相关(相关系数为0.15),果实发育期至果实成熟期在7-9月份,此期平均气温越高越有利于产量提升;与年日照时数呈负相关(相关系数为-0.09),日照时数高于或低于适宜值,产量较低<sup>[17]</sup>。

研究表明,在鞍山地区,温度是影响南果梨生长的主要气象因素,生长季4-9月平均气温、总日照时数、降水量也是影响南果梨生长发育的关键因子。

### 2.2 基于影响南果梨产量关键气象因子的产量预测模型的建立

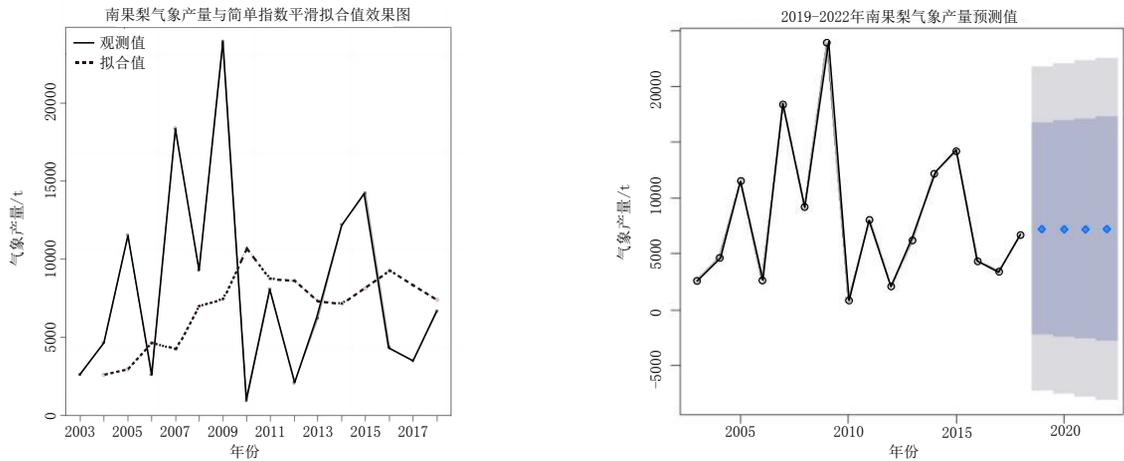
为建立更加准确的预报模型,本研究建立3种预测模型,检验挑选最佳模型投入业务使用。

#### 2.2.1 指数平滑法进行预测

根据时间序列呈现的具体特征,采用 Holt-Winters 指数平滑模型进行预测<sup>[18]</sup>,该模型见图2,总体拟合效果较好。建立的模型为:

$$\hat{Y}_{t+h} = aY_t + (1-a)a_t \dots\dots\dots (1)$$

按照简单指数平滑法预测结果如图2所示,2019-2022年南果梨气象产量预测值均为7 252.253 t。对应的80%与95%的置信区间以供参考。



注:阴影部分分别为80%与95%的置信区间,浅色为80%,深色为95%。

Note: The shaded areas represent the 80% and 95% confidence intervals, respectively; the lighter shade indicates 80% and the darker shade indicates 95%.

图2 拟合效果图、预测值

Fig.2 Fitting effect diagram and predicted values

#### 2.2.2 平均气温回归预测模型

根据选定的因子信息,构建南果梨产量预测模型。模型自变量为通过显著性检验的气象因子,因变量为南果梨产量,并使用SPSS 25.0进行逐步回归分析,建立的回归模型为:

$$y = 45\ 782x - 198\ 650 \dots\dots\dots (2)$$

式中,y表示南果梨实际产量,x为年平均气温。考虑受灾严重的特殊年份,以a为专家经验进行订正,y=a(y=45 782 x-238 650)(开花期遭遇低温冷害、落果期及果实遭遇冰雹等,在发育期,专家经验a的取值范围为50%~75%)。平均气温逐月滚动预测结果来源于辽宁省气候中心,因此可实现预测产量的逐月订正,可用于南果梨产量

预测<sup>[19]</sup>。

#### 2.2.3 4-9月生育期气象因子回归预测模型

根据给定的因子信息,构建南果梨产量预测模型。模型自变量为通过显著性检验的气象因子,因变量为南果梨实际产量,利用SPSS 25.0进行逐步回归分析,建立的回归模型为:

$$y = 77\ 040.9x_1 + 135.3x_2 + 115.9x_3 - 1\ 562\ 643.8 \dots\dots\dots (3)$$

其中x<sub>1</sub>为4-9月平均气温,x<sub>2</sub>为4-9月总日照时数,x<sub>3</sub>为4-9月总降水量。

### 2.3 预测结果检验

根据2019-2022年鞍山地区南果梨实际产量,结合相应年份鞍山地区南果梨的预测产量,

用绝对误差或准确率进行模型预报效果检验。

$$\text{准确率} = \left( 1 - \left| \frac{\text{预测产量} - \text{实际产量}}{\text{实际产量}} \right| \right) \times 100\%$$

..... (4)

由表1可知,从总产量的实际观测数值与预测数值结果来看,2019年预测值偏小,2019年预

测准确率90.0%,2020年、2021年预测值偏大,2020年预测准确率99.0%,2021年预测准确率98.6%,预测有效,模型效果较好,可以应用于实际工作中,但由于该方法的性质,未来任意期的预测值都等于1期预测值。因此,指数平滑法仅适用短期预测<sup>[20]</sup>。

表1 指数平滑法预测准确率  
Table 1 The prediction accuracy by the exponential smoothing method

年份	总产量/t	总产量预测值/t	误差绝对值	预测准确率/%
2019	337 384.000	303 499.753	33 884.247	90.0
2020	324 283.000	327 414.253	3 131.253	99.0
2021	333 321.000	338 085.753	4 764.753	98.6
2022	323 747.000	336 054.253	12 307.253	96.2

由表2可知,单一平均气温建立的预测模型准确率在90%以上,此模型因子单一、操作便捷,可在实际工作中用于产量预估服务<sup>[21]</sup>。

由表3可知,4-9月生育期气象因子回归预测模型准确率在83%以上,可在实际工作中进行实际产量预估。

表2 平均气温回归预测模型预测准确率  
Table 2 Prediction accuracy of the mean air temperature regression prediction model

年份	总产量/t	总产量预测值/t	误差绝对值	预测准确率/%
2019	337 384.000	341 577.600	4 193.600	98.6
2020	324 283.000	323 264.800	1 018.200	99.7
2021	333 321.000	318 686.600	14 634.400	95.6
2022	323 747.000	300 373.800	23 373.200	92.8

表3 4-9月生育期气象因子回归预测模型预测准确率  
Table 3 Prediction accuracy of meteorological factor regression prediction model from April to September

年份	总产量/t	总产量预测值/t	误差绝对值	预测准确率/%
2019	337 384.000	350 615.935	13 231.935	96.1
2020	324 283.000	369 700.840	45 417.840	86.0
2021	333 321.000	277 851.215	55 469.785	83.4
2022	323 747.000	300 674.567	23 072.433	92.9

综上所述,3种回归模型均可投入业务应用,但由于指数预测法的性质,预测值均为一个数值,且仅能预测一年产量,实际操作中可用于短

期预测,两个回归模型均可用于长期年景产量预测,但单一平均气温预测模型由于因子单一、操作便捷,在实际工作中更有利于推广使用<sup>[22]</sup>。后

续工作中将不断进行检验,评估丰年、平年、欠收年适用于哪种模型,以便更好地进行产量预估,开展气象服务<sup>[23]</sup>。

### 3 小 结

总产量与关键气象因子紧密相关。根据最高气温产量、最低气温产量年数据及相关性结果分析,降水量高于或低于适宜值则产量低;果实发育期至果实成熟期在7-9月份,平均气温越高南果梨品质越好;日照时数高于或低于适宜值均对产量有一定影响。

基于关键气象因子建立鞍山地区南果梨产量指数预测模型,具有方法简单、参数少,且易于使用等优点,后期仍需进一步完善,以提高预报精度。

### 参考文献:

- [ 1 ] 宣景宏,王春强,卢野.南果梨无公害生产技术[J].北方果树,2002(6):33-34.  
XUAN J H, WANG C Q, LU Y. Pollution-free production technology of Nanguo pear[J]. Northern Fruits, 2002(6): 33-34. (in Chinese)
- [ 2 ] 陈晓云,孟淑洁,周建英.鞍山市南果梨生产基地环境质量监测及评价[J].辽宁农业科学,2002(5):36-38.  
CHEN X Y, MENG S J, ZHOU J Y. Environmental quality monitoring and evaluation of the production base of Nanguo pears in Anshan City[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2002(5): 36-38. (in Chinese)
- [ 3 ] 温守钦,刘洪涛,任群智,等.农业生态地质调查初探——以辽宁鞍山南部地区为例[J].地质与资源,2004(3):156-158,191.  
WEN S Q, LIU H T, REN Q Z, et al. A preliminary study on agricultural ecological geological survey— Taking the southern area of Anshan, Liaoning Province as an example[J]. Geology and Resources, 2004(3): 156-158, 191. (in Chinese)
- [ 4 ] 郭茂久.南果梨性状及栽培技术[J].吉林农业,2007(5):22-23.  
GUO M J. Characteristics and cultivation techniques of Nanguo pear[J]. Jilin Agriculture, 2007(5): 22-23. (in Chinese)
- [ 5 ] 周大森,公维敏,李结平,等.田间气象条件对梨小食心虫越冬出土的影响及辽宁中部地区梨小食心虫发生规律研究[J].北方园艺,2016(6):109-112.  
ZHOU D S, GONG W M, LI J P, et al. Study on the Influence of field meteorological conditions on the emergence of the overwintering generation of grapholitha molesta (busck) and the occurrence regularity of grapholitha molesta (busck) in the central region of Liaoning Province[J]. Northern Horticulture, 2016(6): 109-112. (in Chinese)
- [ 6 ] 韩艳凤,何军,康晓玉.鞍山市南果梨花期影响因子及始花期预报研究[J].农学学报,2023,13(11):81-87.  
HAN Y F, HE J, KANG X Y. Study on the Influencing factors of the flowering period of nanguo pears in Anshan City and the forecast of the Initial flowering period[J]. Journal of Agriculture, 2023, 13(11): 81-87. (in Chinese)
- [ 7 ] 姜晓艳,王家珍,蔡忠民,等.南果梨品质改良研究进展[J].中国果树,2023(8):7-11.  
JIANG X Y, WANG J Z, CAI Z M, et al. Research progress on quality improvement of Nanguo pear[J]. China Fruits, 2023(8): 7-11. (in Chinese)
- [ 8 ] 胡春霞,王丽,汤杰.低温对南果梨的生理生化指标的影响[J].沈阳农业大学学报,2009,40(3):349-352.  
HU C X, WANG L, TANG J. Effects of low temperature on physiological and biochemical Indices of Nanguo pear[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2009, 40(3): 349-352. (in Chinese)
- [ 9 ] 胡春丽,李荣平,焦敏,等.辽宁南果梨气候品质评价技术方法及应用[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(6):108-112.  
HU C L, LI R P, JIAO M, et al. Technical methods and application of climate quality evaluation of Nanguo pears in Liaoning Province[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2021, 15(6): 108-112. (in Chinese)
- [ 10 ] 刘洪涛.鞍山地区地质地球化学环境特征与南果梨相关性研究[J].地质与资源,2005(2):154-156.  
LIU H T. Study on the correlation between the geological and geochemical environmental characteristics of Anshan area and Nanguo pear[J]. Geology and Resources, 2005(2): 154-156. (in Chinese)
- [ 11 ] 王阳,王文辉,贾晓辉,等.不同货架温度对‘南果梨’果实软化及果皮颜色的影响[J].中国果树,2019(2):53-56,72.  
WANG Y, WANG W H, JIA X H, et al. Effects of different shelf temperatures on fruit softening and peel color of ‘Nanguo’ pears[J]. China Fruits, 2019(2): 53-56, 72. (in Chinese)
- [ 12 ] 曹鲁,周宗圣,孙玲玲,等.基于岭回归的宣城市宣州区烟草气象产量预测模型研究[J].南方农业,2024,18(11):241-244,265.  
CAO L, ZHOU Z S, SUN L L, et al. Study on the meteorological yield prediction model of tobacco in Xuancheng District, Xuancheng city based on ridge regression[J]. South China Agriculture, 2024, 18(11): 241-244, 265. (in Chinese)
- [ 13 ] 战莘晔,吕晓,金丹丹,等.基于灰色关联下神经网络在南果梨始花期预报中的应用[J].农学学报,2023,13(8):89-93.  
ZHAN S Y, LU X, JIN D D, et al. Application of neural network based on grey relational analysis in the forecast of the Initial flowering period of Nanguo pears[J]. Journal of Agriculture, 2023, 13(8): 89-93. (in Chinese)
- [ 14 ] 杨小兵,杨峻,杨晨,等.安徽省花生产量与气象因素的关联度分析及预测模型研究[J].中国农学通报,2020,36(34):100-103.  
YANG X B, YANG J, YANG C, et al. Analysis of the correlation degree between peanut yield and meteorological factors and research on the prediction model in Anhui Province[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2020, 36(34): 100-103. (in Chinese)

- nese)
- [15] 李宏军,王家珍,沙守峰,等.海城市‘南果梨’产业现状,问题及发展建议[J].北方果树,2023(5):55-56,60.  
LI H J, WANG J Z, SHA S F, et al. Current situation, problems and development suggestions of the ‘Nanguo pear’ industry in Haicheng City[J]. Northern Fruits, 2023(5): 55-56, 60. (in Chinese)
- [16] 白登元,王银花.白银市气象条件与农作物产量的相关性分析[J].南方农业,2024,18(3):245-248.  
BAI D Y, WANG Y H. Correlation analysis between meteorological conditions and crop yields in Baiyin City[J]. South China Agriculture, 2024, 18(3): 245-248. (in Chinese)
- [17] 王俊伟.基于蛋白质组学的冷藏南果梨果皮褐变机制及调控的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2017.  
WANG J W. Study on the mechanism and regulation of Peel browning of refrigerated nanguo pears based on proteomics[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2017. (in Chinese)
- [18] 李红艳,徐建强,许甫金,等.气象因素对水稻产量的影响及预测模型的建立[J].浙江农业科学,2018,59(7):1104-1107,1110.  
LI H Y, XU J Q, XU F J, et al. Effects of meteorological factors on rice yield and establishment of a prediction model[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2018, 59(7): 1104-1107, 1110. (in Chinese)
- [19] 申春苗,汪良驹,王文辉,等.12个梨品种果实冰点温度的测定与影响因素分析[J].南京农业大学学报,2011,34(1):35-40.  
SHEN C M, WANG L J, WANG W H, et al. Determination of the freezing point temperatures of fruits of 12 pear varieties and analysis of Influencing factors[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2011, 34(1): 35-40. (in Chinese)
- [20] 王久波,南洋.加快南果梨“三产”融合,实现高效开发[J].新农业,2019(16):62.  
WANG J B, NAN Y. Accelerate the Integrated development of the primary, secondary and tertiary industries of Nanguo pears to achieve efficient development[J]. New Agriculture, 2019(16): 62. (in Chinese)
- [21] 马丽娜.探索基于指数平滑模型的农产品价格预测[J].农村经济与科技,2020,31(10):336-337.  
MA L N. Exploration on the prediction of agricultural product prices based on the exponential smoothing model[J]. Rural Economy and Science-Technology, 2020, 31(10): 336-337. (in Chinese)
- [22] 李淑娥,王智慧,刘开平,等.白河烟区烤烟产量多元线性回归模型年景预测[J].作物研究,2012,26(S1):84-86.  
LI S E, WANG Z H, LIU K P, et al. Prediction of the annual situation of the multiple linear regression model for the yield of flue-cured tobacco in Baihe tobacco-growing area[J]. Crop Research, 2012, 26(S1): 84-86. (in Chinese)
- [23] 代新.探讨提高南果梨产量的方法[J].新农业,2021(9):27-28.  
DAI X. Discussion on methods to improve the yield of Nanguo pears[J]. New Agriculture, 2021(9): 27-28. (in Chinese)

(责任编辑:王 昱)