

# “一带一路”战略下中国乳制品进口影响因素研究

张志怀

(中共宝鸡市委党校, 陕西 宝鸡 721001)

**摘要:**消费水平的提高带动了中国居民对乳制品需求及层次的日益提高,但是国内市场的供应不足及不断出现的安全质量问题,推动了乳制品进口贸易的快速发展。分析综合了“一带一路”沿线国家从2007年到2017年的国内生产总值(GDP)总量及其同中国乳制品贸易额等方面的数据,运用构建贸易引力模型针对影响中国乳制品进口的核心要素做出剖析。结果显示:中国乳制品进口贸易量和贸易国与中国的地理距离呈正比,和人口数量(Pop)比,整体经济规模的扩大以及自由贸易协定(FTA)的签订对中国乳制品进口贸易促进作用较大。提出主动拓展贸易伙伴国的范畴,特别是重视和“一带一路”沿线各国的贸易协作,重视进口乳制品的质量安全问题,加大对国内奶农及乳制品企业的扶持力度,以推动中国乳制品行业的健康发展。

**关键词:**“一带一路”;引力模型;乳制品

中图分类号:F752.61

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)01-0073-06

## Research on the Influencing Factors of China's Dairy Products Import under 'the Belt and Road' Initiative

ZHANG Zhihuai

(*Baoji City Party School of CPC, Baoji 721001 China*)

**Abstract:** The improvement of consumption level drives the increasing demand and level of Chinese people for dairy products, but the shortage of supply in the domestic market and the continuous safety and quality problems promote the rapid development of dairy products import trade. The total GDP of 'the Belt and Road' countries from 2007 to 2017 and the trade volume of dairy products with China were analyzed, and the core factors affecting the import of Chinese dairy products were analyzed by building a trade attraction model. The results show that the import trade volume of China's dairy products is in direct proportion to the geographical distance between the trading countries and China, and in inverse proportion to the population. The expansion of the overall economic scale and the signing of the Free Trade Agreement (FTA) play a significant role in promoting China's dairy import trade. In order to promote the healthy development of China's dairy industry, we should take the initiative to expand the scope of our trading partners, especially attach importance to trade cooperation with countries along 'the belt and road', attach importance to the quality and safety of imported dairy products, and give more support to domestic dairy farmers and dairy enterprises.

**Key words:** The Belt and Road; Gravity model; Dairy products

2013年9月10日,习近平主席提出了“一带一路”的发展战略,包含了“丝绸之路经济带”与“21世纪海上丝绸之路”两个方面。其中,“五通”是“一带一路”战略中对外合作的关键,而同“一

带一路”沿线的各个国家间的乳制品进口,则是“五通”中贸易畅通的核心部分。长期以来,我国不但是乳制品的生产大国,也是消费大国,出口贸易发展相对缓慢,但进口总额快速升高。仅2016年上半年,我国乳制品进口规模超过115万吨,同比增加了近33%。当前我国与“一带一路”国家的乳制品贸易出现逆差态势,并呈现出持续扩大的趋势。我国的乳制品进口来源众多,主要为澳大利亚、新西兰、美国等乳业更为发达的国家或者地区。我国进口的奶粉、炼乳和奶油有4/5

收稿日期:2019-03-11

基金项目:宝鸡市哲学社会科学专项课题(BJSKZX-201820);国家西部大开发重点项目前期工作补助专项(2018-610300-53-01-004094)

作者简介:张志怀(1973-),男,副教授,主要研究方向为区域经济发展。

都是出自新西兰;乳清来自于美、法等欧盟的成员国;鲜奶油有一半左右来自德国、法国、澳大利亚等。推动“一带一路”战略的目的在于兼顾中国的内外事宜,面向未来,全面布局新时代的对外开放战略,以推动中国经济的迅速发展,同时要保持与沿线各国利益的深度结合。在这种背景形势下,我国与沿线国家的乳制品贸易逐渐步入快速发展的阶段<sup>[1]</sup>。综上,笔者认为有必要对影响中国乳制品进口的因素重新梳理。国内许多学者已经就我国的乳制品进口贸易进行了有关的探究。张海森等剖析了中非农产品贸易合作产生影响的重要原因,利用引力模型考证了距离、人口、经济能力以及政策等各个方面的要素对于双边农产品贸易产生的各种作用<sup>[2]</sup>。本文选取30个国家(其中大部分是“一带一路”沿线国家)结合最新贸易数据对中国乳制品进口贸易进行研究,运用建设贸易引力模型,针对影响我国乳制品进口的要素作出剖析,提出与“一带一路”沿线各国进行乳制品进口贸易的发展策略。

## 1 理论及模型构建

### 1.1 关于乳制品的概述

乳制品包括牛乳、羊乳或其他动物乳及其相关加工品。联合国商品贸易数据库依据海关编码的分类规则,将其划分成:未浓缩的乳及奶油(0401)、固状乳及奶油(0402)、酸乳(0403)、乳清以及改性乳清(0404)、黄油(0405)以及乳酪(0406)等。王维然等采用联合国商品贸易数据库(UNCOMTRADE)的分类准则,对乳制品加以区分,统计乳制品有关数据,针对我国乳制品的国际竞争力以及影响要素做出剖析<sup>[3]</sup>。

### 1.2 模型的构建

#### 1.2.1 变量选择与模型设定

贸易引力模型(Trade Gravity Model)最初起源于牛顿发现的万有引力定律(Law of universal gravitation), Tinbergen (1962)和 Poyonen (1963)先将该定律用到国际贸易范畴中,其基础性的理论包括国家双边贸易量及经济量之间属于正相关联系,而同两国的地理距离的远近呈负相关。引力模型的基本公式是:

$$\ln X_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \ln(Y_i Y_j) + \beta_2 \ln D_{ij} + \mu_{ij} \dots (1)$$

式(1)中  $X_{ij}$  是从  $i$  国出口到  $j$  国的出口额,  $Y_i$  和  $Y_j$  代表  $i$  国和  $j$  国国内生产总值(GDP),  $D_{ij}$  是从  $i$  国到  $j$  国的地理距离。 $\beta_0$  是常数项,  $\beta_1$  与  $\beta_2$  是回归

系数,  $\mu_{ij}$  是标准随机误差。20世纪60年代之后,诸多学者在引力模型中逐渐增加了许多不同的解释变量,用以从不同角度解释双边贸易量,从而使贸易引力模型更加完善,得以更多元、更全面地解释国际贸易活动中发生的经济现象。在引力模型的基本形式,即式(1)的基础上,选择增加两国是否签署了自由贸易协定(FTA)的虚拟变量以及贸易双方国家人口数量(Pop)释变量。由此,研究设定的引力模型包含了三种解释变量:1. 权衡市场规模的变量,例如进出口国家的GDP、Pop; 2. 测量地理距离的变量,比如两个国家间的地理距离; 3. 测量政策优惠的虚拟变量,如进出口国家是不是签订了FTA<sup>[4]</sup>。综上,本文将基本模型设定为:

$$\ln IMP_{ci} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_c + \beta_3 \ln D_{ci} + \beta_4 FTA + \beta_5 Pop_i + \beta_6 Pop_c + \mu_{ci} \dots (2)$$

式(2)中  $c$  象征了中国,  $i$  是中国乳制品进口国中的某一国,  $IMP_{ci}$  说明  $c$  国由  $i$  国进口乳制品贸易量;  $GDP_i$  和  $GDP_c$  各自代表了  $i$  国和  $c$  国的GDP;  $D_{ci}$  是  $c$  国和  $i$  国之间的地理距离;  $FTA$  表明是否与我国签订自由贸易协定,该项是虚拟变量,签订则用1表示,否则为0;  $Pop_i$  表示  $i$  国的人口数量,  $Pop_c$  表明  $c$  国的人口数量。 $\beta_0$  是常数项,  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$ 、 $\beta_5$ 、 $\beta_6$  是各项对应的回归系数,  $\mu_{ci}$  是随机误差项。

#### 1.2.2 预期解释变量的作用

(1)国内生产总值(GDP):预期系数将为正值。由于GDP可以较为有效地反映一个国家的整体经济规模,而一个国家的整体经济规模反映了这个国家潜在的贸易需求。一国潜在的贸易需求越大,则该国进行国际贸易的可能性就越大。乳制品的需求量,将随着国家经济水平的上升、居民生活水平的提高而不断增大。

(2)人口数量(Pop):人口规模也能反映一个国家的消费需求,一般情况下人口规模越大,消费需求也越大。但人口规模的增大也可能会深化国内分工,从而减少国际贸易需求。乳制品需求量不一定随Pop的增加而增加,反之亦然。

(3)贸易国是否与中国签署自由贸易协定(FTA):预期系数将为正值。FTA的存在能够消除国家之间大部分关税和非关税壁垒,促进两国贸易优势互补,推动合作发展,推进经济一体化的落实,让双方在国际贸易中的互动更加紧密。

(4)两国的地理距离(D):预期系数为负值。两国的距离越远,其运输成本就更高,国际贸易

成本也越高。针对易变质的乳制品来说,距离会影响质量,距离越远,所需的防腐技术越高,这不仅增加了成本,还导致了乳制品质量降低。这些因素都会妨碍两国乳制品贸易的进展<sup>[5]</sup>。

### 1.3 数据来源及数据描述性分析

#### 1.3.1 数据来源

本文选取了30个国家(蒙古、俄罗斯联邦、法国、马来西亚、新加坡、瑞士、泰国、英国、乌克兰、印度、澳大利亚、荷兰、美国、新西兰、波兰、捷克、白俄罗斯、比利时等)2007~2017年的面板数据。各类数据的具体来源如下:

(1)乳制品进口贸易量:数据来源于联合国贸易统计数据库(UNCOMTRADE),乳制品进口贸易量按照HS编码区分,包括六种乳制品的进口贸易

量的总和。

(2)国内生产总值:数据资料来源于世界银行数据库,采用的是GDP(2010年不变价美元)。

(3)人口数量:数据来源于世界银行数据库。

(4)自由贸易协定:取样国家是否和中国签订了FTA,此数据出自中国自由贸易服务区官网。

(5)距离:采用了Distcap计算方式:将贸易双方国家的首都作为目标地,得出两地之间的球面距离,数据资料来源于CEP II数据库。为了免除测量纲针对结果造成偏差,除虚拟变量外,其他数据均选取对数。

#### 1.3.2 数据描述性统计分析

2007~2017年中国与部分国家乳制品进口额变化情况如表1所示。

表1 2007~2017年中国与部分国家乳制品进口额变化情况

美元

| 国家/年份 | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016       | 2017       |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 埃及    | 0         | 376       | 1815      | 18791     | 156       | 628       | 13676     | 26211     | 70205     | 68226      | 1697       |
| 德国    | 4972647   | 10127281  | 13385545  | 29493894  | 89231425  | 133454775 | 229508780 | 351952877 | 587380581 | 619030568  | 816165163  |
| 俄罗斯联邦 | 161857    | 418399    | 303448    | 153919    | 122       | 3620      | 13390     | 24594     | 64954     | 114855     | 377780     |
| 法国    | 9870687   | 17056867  | 32387990  | 55130679  | 138560942 | 177423736 | 286917495 | 265000846 | 234702325 | 285612823  | 612487149  |
| 菲律宾   | 777249    | 1095758   | 1000402   | 1518511   | 1824861   | 1776478   | 2181163   | 2069949   | 1810485   | 2432687    | 1882940    |
| 荷兰    | 66128713  | 92062079  | 120594249 | 182548469 | 340304928 | 440908411 | 559840258 | 623022441 | 948397750 | 1135759711 | 1299735058 |
| 加拿大   | 1880778   | 6813266   | 7495308   | 8626598   | 10398191  | 8008823   | 13344425  | 21158385  | 35308679  | 47538731   | 47126410   |
| 捷克共和国 | 615       | 4247      | 1258      | 3465      | 4526      | 6730      | 14177     | 39101     | 1188109   | 454682     | 6027686    |
| 美国    | 110141752 | 140757913 | 117575037 | 153900493 | 215237560 | 273299067 | 338224624 | 335856982 | 437467503 | 449575063  | 532389942  |
| 意大利   | 1055313   | 1394898   | 1410834   | 2973000   | 7322534   | 8250421   | 11826384  | 15392218  | 27578496  | 33063141   | 40204676   |
| 印度    | 408841    | 911992    | 320777    | 696332    | 414517    | 656383    | 451855    | 873248    | 2213683   | 808763     | 501752     |
| 英国    | 12853570  | 10157594  | 12489142  | 19696890  | 24881052  | 28651409  | 35535142  | 49700497  | 85178011  | 94166093   | 104702466  |

## 2 实证结果分析

### 2.1 引力模型回归结果及分析

引力模型回归结果数据如表2所示。

由表2可以看出,引力模型的回归结果较为

表2 引力模型回归结果

| 变量名            | 系数        | 标准误    | P值    | t值    |
|----------------|-----------|--------|-------|-------|
| 中国GDP          | 1.728***  | 0.284  | 0     | 6.08  |
| 贸易国GDP         | 16.65**   | 8.027  | 0.039 | 2.07  |
| 两国之间的距离        | 1.748**   | 0.739  | 0.019 | 2.37  |
| 自由贸易协定         | 2.403***  | 0.414  | 0     | 5.8   |
| 中国人口数量         | -248.5*   | 132.7  | 0.062 | -1.87 |
| 贸易国人口数量        | -1.031*** | 0.308  | 0.001 | -3.34 |
| 常数项            | 4.703*    | 2555   | 0.067 | 1.84  |
| R <sup>2</sup> |           | 0.5094 |       |       |

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示1%、5%、10%的统计显著性水平,下同

显著,回归结果表明:中国的GDP和进口国的GDP这两个变量的系数分别为1.728(在1%的显著性水平下显著)和16.65(在5%的显著性水平下显著),两个系数都为正。中国的GDP和中国乳制品进口贸易量成正比,贸易国的GDP与我国乳制品进口贸易量成正比,也就是说双方的经济规模与贸易量成正比。这是由于经济规模扩大推动了消费需求量的加大,从而使国际贸易需求增加,对中国乳制品进口有正面影响。D这一变量的回归系数是1.748(在5%的显著性水平下显著),为正数,即贸易国双方首都的距离与中国乳制品进口贸易量成正比。特别值得注意的是,这一结果与预期不同,预期中两地距离的系数应为负数,即距离与贸易量成反比。文章引力模型的回归结果表明,地理距离造成的运输成本对乳制品的进口贸易量并不构成阻碍。一般情况下,贸易双方的地理距离越远,实施国际贸易的运输成

本会更高,即成为两国贸易往来的阻碍<sup>[6]</sup>。然而,我国的乳制品贸易却是一个较为特殊的案例,根据历史资料数据可以了解到,我国进口的乳制品通常是源于新西兰、荷兰等各个国家,虽然这些国家与我国的距离都相对较远,但进口贸易量仍然是最大的。我国从附近的邻国,甚至包括“一带一路”沿线国家的乳制品进口都相对较少。文中所选择的30个国家当中,与我国地理距离小于五千公里的仅有蒙古、印度、吉尔吉斯斯坦等7个国家。相对来说,它们都是同中国乳制品进口贸易量较少的亚洲国家。由此可见,与我国距离的远近,并不是影响中国乳制品进口的关键要素,也不会阻挠双方贸易合作<sup>[7]</sup>。FTA变量的回归系数是2.403(在1%的显著性水平下显著),为正数,说明签署FTA对于中国乳制品进口贸易量有促进

作用。由于贸易壁垒的减弱推动了要素的自由流通,促进了区域经济一体化的发展,降低了国际贸易的成本,有利于中国乳制品进口贸易的发展。中国人口总量与贸易国相比,其回归系数各自是-248.5(在10%的显著性水平下显著)以及-1.031(在1%的显著性水平下显著),这表示人口规模与中国乳制品进口贸易量成反比。人口的不断增长会导致国内分工的逐渐深化,反而会降低中国在国际贸易中对乳制品的需求<sup>[8]</sup>。

## 2.2 “一带一路”战略下中国乳制品进口时空格局演变影响因素分析

从时间角度看,2007~2017年不同年份受限主要因素有所不同。11年间国内GDP的快速增长是影响乳制品的主要因素,中国消费水平的逐年提高带动对国外乳制品的需求不断增强(见表3)。

表3 2007~2017年不同年份乳制品进口影响因素的差异(系数平均值)

|                | 2007      | 2012      | 2015        | 2017       |
|----------------|-----------|-----------|-------------|------------|
| 中国GDP          | 1.628***  | 1.728***  | 1.871***    | 1.928***   |
| 贸易国GDP         | 0.365**   | 0.665**   | 0.705**     | 0.865**    |
| 两国之间的距离        | -3.948**  | -2.748**  | -2.571**    | -1.748**   |
| 自由贸易协定         | 10.303*** | 11.903*** | 14.603***   | 18.403***  |
| 中国人口数量         | 148.4*    | 178.3*    | 248.2*      | 298.1*     |
| 贸易国人口数量        | -103.4*** | -123.3*** | -120.032*** | -107.31*** |
| 常数项            | 5.703*    | 6.703*    | -27.64*     | 8.703*     |
| R <sup>2</sup> | 0.5086    | 0.6345    | 0.6312      | 0.5489     |

2008~2012年,乳制品进口的激增,对国内乳制品消费市场有着较大的影响;2009年后平均年出口量为0.41万吨,2016年出口量仅有0.11万吨。而2007~2017年间贸易国的GDP水平对中国乳制品进口的影响水平较为稳定,影响系数不到一个单位点,可见贸易国GDP对国内乳制品进口的影响较弱;关于进出口国家是否签署了FTA

因素,从回归系数结果得知其影响呈增强趋势。其中2007~2012年间影响系数为10.303,2017年影响系数已增至18.403,可见随着中国对外开放水平的扩大、“一带一路”战略的实施,大豆乳制品的贸易摩擦对中国的进口影响有所增强<sup>[9]</sup>。

从空间角度看,不同国家对我国乳制品进口的影响因素存在差异(见表4)。

表4 2017年主要国家进口影响因素的差异性

|      | R2    | 中国GDP    | 贸易国GDP   | 两国之间的距离   | 自由贸易协定    | 中国人口数量 | 贸易国人口数   | 常数       |
|------|-------|----------|----------|-----------|-----------|--------|----------|----------|
| 新西兰  | 0.972 | 2.02***  | 12.65**  | -7.948**  | 16.303*** | 204.8* | -1.42*** | 301.3    |
| 澳大利亚 | 0.763 | 5.62***  | 0.365**  | -0.948**  | 0.303***  | 248.7* | -1.34*** | 2165.6   |
| 美国   | 0.761 | 12.28*** | 10.365** | -12.948** | 22.303*** | 348.3* | -2.03*** | 3245.5   |
| 乌克兰  | 0.898 | 9.54***  | 8.165**  | -3.748**  | 5.303***  | 156.2* | -3.98*** | 789.7    |
| 波兰   | 0.989 | 5.45***  | 9.265**  | -2.848**  | 6.303***  | 150.3* | -4.98*** | 346.4    |
| 马来西亚 | 0.927 | 3.56***  | 12.365** | -1.948**  | 12.303*** | 148.4* | -2.98*** | 12 564.6 |
| 白俄罗斯 | 0.812 | 1.56***  | 7.465**  | -1.148**  | 11.303*** | 37.4*  | -1.87*** | 504.9    |

我国乳制品进口市场主要集中于欧盟、美国、新西兰和澳大利亚等<sup>[10]</sup>。调查显示,2014年新西

兰单个市场的进口份额已达64.44%,紧接其后的美国、法国、澳大利亚和德国四个市场的进口份

额总和仅为 23.69%，由此可以看出中国的乳制品进口市场贸易结构不合理，过于依赖新西兰的进口。澳大利亚方面，对其乳制品的进口需求主要受到我国原奶产量、消费量和价格的影响，其中价格是影响进口的最主要因素，原奶产量和消费量对进口的影响相对较小，其它影响因素则不予考虑。由上述回归结果可知，2017 年中国对澳大利亚进口乳制品中的距离、FTA、Pop 系数较小，其中受国内 GDP 影响系数较大。美国方面，随着中美贸易摩擦的加剧，国家政策明显成为影响进口的主要因素，2017 年中国对美国进口乳制品中的 FTA 因子系数值高达 22.303，未来应该就中美贸易合作达成共识方向努力探讨。其他国家方面，中国向“一带一路”国家出口乳制品贸易在 2008 年后一直处于低谷，暂时没有回暖的趋势<sup>[1]</sup>。2017 年与埃及仅发生了奶粉贸易；虽然与波兰的贸易较为频繁，但市场占比微乎其微。最初的中国与“一带一路”国家的乳制品贸易紧密性相对较低，且呈分散化；随着“一带一路”战略合作的开启，2015 年后，中国与波兰、白俄罗斯、乌克兰、捷克等国的乳制品进口贸易有增强趋势。

### 3 结论及建议

#### 3.1 结论

在“一带一路”战略背景下，和沿线各个国家进行国际贸易是“五通”当中贸易畅通的核心内容，贸易畅通表示要将关注度放在投资的贸易便捷化上，逐步撤销大多数贸易壁垒，并同各个国家与地区建立良好的商业合作模式，共同推动自由贸易区的创建与发展，不但要扩大合作的规模，也要提高合作的质量，不断发掘新的贸易潜力。中国经济一直处于快速发展的状态，人们的生活质量正在迅速提高，乳制品的需求量势必会快速增长。因此，要提高对乳制品进口贸易的重视程度，以促进其健康发展。

根据实证研究结果可以看出，贸易双方经济规模的增大对于中国乳制品进口有相当显著的正面影响，FTA 的签订对于促进与该国的乳制品进口贸易发展也有显著的正面影响，两国间的距离并非影响中国乳制品进口的重要因素，人口规模的增大对于中国乳制品进口有负面影响。

#### 3.2 建议

第一，合理调整关税，优化乳制品进口结构。通过对关税政策的合理调整，合理配置乳制品进出口产品的结构和规模，以确保中国乳制品市场

的供需平衡，缓解乳制品进口对国内相关企业的冲击力度。在满足国内乳制品市场需求的基础上，可对具体的乳制品种类实施差异化、过渡性的关税政策。对于国内市场需求量较低的乳制品种类采用较低的关税策略，以鼓励进口及国内相关产品的生产；对于国内市场需求量较高的乳制品种类，可通过关税和其他非关税壁垒的实施，以起到保护国内相关行业的目的。

第二，为确保乳制品进口贸易的稳定性，提高中国在乳制品进口市场的议价能力，要积极促使进口市场的多元化。在保持同新西兰、澳大利亚等主要乳制品进口国的贸易合作联系的基础上，加强和“一带一路”沿线有着优质奶源的乳制品出口大国的贸易联系，签订 FTA，促进区域一体化发展，使得贸易要素更加自由地流动，以缓解乳制品的进口风险，降低我国乳制品进口的贸易成本。

第三，优化乳制品进口贸易环境，加大对进口乳制品质量的监管力度，坚决抵制质检不合格乳制品的进口，对相关进口企业可实施关停或全面整改处理。对乳制品进口情况实施分类备案管理，把进口乳制品的质量安全列入重点监控清单，以确保进口乳制品的安全。

第四，在重视乳制品国际贸易的同时，要提高国内乳制品的供给能力，提高国内乳制品的质量和成本优势。政府要加大对养殖优质奶牛的奶农、牧场等的财政、政策和技术的支持力度；加强标准化、现代化奶牛饲养技术的推广和应用，以提高奶牛的产量和质量；规范乳制品企业和奶农之间的关系，增加对奶农和乳制品企业的银行贷款优惠额度；积极引进现代化设备，提高乳制品的生产加工能力，扩大国内乳制品企业规模，以缓冲大量进口贸易对国内奶业发展的冲击，维持良好的乳制品贸易发展环境，提高我国乳制品的国际竞争力。

#### 参考文献：

- [1] 杨莉.“一带一路”倡议下中国乳制品贸易发展分析[J].中国畜牧杂志,2018,54(3):119-125.
- [2] 张海森,谢杰.中国与“一带一路”沿线国家农产品贸易潜力分析——基于 HM 指数及随机前沿引力模型[J].价格月刊,2017(11):69-74.
- [3] 王维然,潘志平,朴键一,等.“丝绸之路经济带”构想的背景、潜在挑战和未来走势[J].欧亚经济,2014(4):5-58,126.
- [4] 贺书锋,平璞,张伟华.北极航道对中国贸易潜力的影响——基于随机前沿引力模型的实证研究[J].国际贸易问题,

- 2013(8):3-12.
- [ 5 ] 张国锋. 吉林省玉米综合生产能力变异及影响因素分析[J]. 东北农业科学, 2015, 40(4): 101-103.
- [ 6 ] 金京淑, 刘 妍. 吉林省粮食单产影响因素分析[J]. 东北农业科学, 2010, 35(3): 57-59, 64.
- [ 7 ] 刘家贵, 王录安, 刘旭凡. 中国从“一带一路”沿线国家进口乳制品的影响因素研究—基于引力模型的实证分析[J]. 中国物价, 2016(3): 48-51.
- [ 8 ] 徐晓红, 王洪丽, 郭亚梅. 2003-2008年吉林省农业科技进步贡献率的测算与分析[J]. 吉林农业科学, 2011, 36(3): 61-64.
- [ 9 ] 刘 博, 杨晓光, 王式功. 东北地区主要粮食作物气候生产潜力估算与分析[J]. 东北农业科学, 2012, 37(3): 57-60.
- [ 10 ] 刘文明. 基于农户角度的吉林省耕地可持续利用分析[J]. 东北农业科学, 2018, 43(3): 43-46.
- [ 11 ] Kimura F, Lee H. The Gravity Equation in International Trade in Services [J]. Review of World Economics, 2006, 142(1): 92-121.

(责任编辑:王丝语)



(上接第 24 页)

### 3 结 论

本研究中 pH 值模拟酸雨胁迫对玉米种子萌发和幼苗生长产生了一定的抑制作用,抑制作用随着酸浓度的增加而增加,弱酸(pH=5.0 和 pH=6.0)条件下玉米种子能够正常萌发和生长;pH 低于 5.0 时,玉米种子萌发和幼苗生长严重受阻,pH 值为 1.0 时,玉米种子失去活性完全没有萌发;模拟酸雨降低了玉米种子的根系活力,对玉米幼苗生理指标产生了一定的胁迫作用(叶绿素含量、类胡萝卜素含量、保护酶(SOD、POD、CAT)和非保护酶(PPO、PAL)活性随酸性的增强呈降低趋势)。综合分析认为,玉米种子萌发对 pH 值模拟酸雨胁迫下的临界值和极限值为 3.0 ~ 4.0。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 张新民,柴发合,王淑兰,等. 中国酸雨研究现状[J]. 环境科学研究, 2010(5): 527-532.
- [ 2 ] 刘孝利,曾昭霞,铁柏清,等. 酸雨区不同用地类型土壤有效态 Cd 含量季节变化及关键影响因子[J]. 环境科学, 2017, 38(9): 3882-3887.
- [ 3 ] 郭 娟,罗小丽,姚爱军,等. 模拟酸雨条件下铁硅材料和生物炭对土壤镉形态及生物有效性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2018, 37(7): 1495-1502.
- [ 4 ] 张慧玲,吴建平,熊 鑫,等. 南亚热带森林土壤碳库稳定性与碳库管理指数对模拟酸雨的响应[J]. 生态学报, 2018, 38(2): 203-208.
- [ 5 ] 李如艳,崔红标,刘笑生,等. 模拟酸雨对磷酸二氢钾钝化污染土壤 Cu, Cd, Pb 和 P 释放的影响[J]. 环境工程学报, 2018, 12(1): 227-234.
- [ 6 ] 许 华,谢 璨,魏宇昆,等. 2 种鼠尾草对模拟酸雨胁迫的耐受性比较及其生理机制研究[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(6): 206-214.
- [ 7 ] 邢建伟,宋金明,袁华茂,等. 青岛近岸区域典型海陆人为交互作用下酸雨的化学特征[J]. 环境化学, 2017, 36(2): 296-308.
- [ 8 ] 张宇飞,方向民,陈伏生,等. 模拟酸雨对红壤区茶树器官氮磷含量及其化学计量比的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(4): 1309-1316.
- [ 9 ] 陈书涛,孙 鹭,桑 琳,等. 模拟酸雨对次生林土壤呼吸及异养呼吸的影响[J]. 环境科学, 2017, 38(3): 1235-1244.
- [ 10 ] 闫伟平,边少锋,张丽华,等. 半干旱区抗旱丰产玉米品种的评价及筛选[J]. 东北农业科学, 2017, 42(3): 1-5.
- [ 11 ] 王丽妍,杨成林,徐惠风. 氮肥运筹对寒地水稻生长及产量的影响[J]. 东北农业科学, 2017, 42(5): 15-19.
- [ 12 ] 张海艳. 模拟酸雨对不同类型玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(6): 1621-1626.
- [ 13 ] 高利利,张 晨,邱 琳,等. 酸雨胁迫下镉对冬小麦种子萌发的影响[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(1): 129-133.
- [ 14 ] 袁志忠,曾 硕,周耀渝. 模拟酸雨对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 山西农业科学, 2011, 39(11): 1161-1164.
- [ 15 ] 石玉龙,徐隆华,窦声云,等. NaCl 和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 胁迫对同德老芒麦种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 草地学报, 2017, 25(3): 662-665.
- [ 16 ] 谷会岩,蒋克研,张芸慧,等. 热激对大兴安岭三种松科树种种子萌发的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(19): 6581-6587.
- [ 17 ] 张瑄文,李三姗,甘 琳,等. 生物质炭对苦草(*Vallisneria spiralis*)种子萌发与生长的影响[J]. 湖泊科学, 2018, 30(4): 1041-1051.

(责任编辑:刘洪霞)