

粮食生产潜力中长期预测的验证

刘书田¹, 李敬亚¹, 米长虹¹, 郑宏艳¹, 黄治平¹, 侯彦林^{1*}, 王 农¹, 蔡彦明¹,
王铄今², 侯显达³

(1.农业部环境保护科研监测所, 天津 300191; 2.北京农业信息技术研究中心, 北京 100089; 3.北京优雅施软件研发服务中心, 北京 100089)

摘 要:应用全国、31个省、6个典型地区和16个典型县的数据对粮食生产潜力中长期预测的“综合预测模型”进行了系统性的验证和讨论。研究结果如下:(1)预测误差大小反映中长期生产潜力的预测精度,预测误差大的主要原因是经济发达地区高产农田被大量占用或蔬菜、水果面积大幅度增加而短期内使粮食单产下降;(2)就“综合预测模型”中长期生产潜力预测精度而言:国家级大于省级和地区级、省级和地区级大于县级;不同省、不同地区、不同县之间预测精度差别比较大,这与境内气候的互补性和农田抗御自然灾害的能力有关;(3)粮食生产潜力中长期预测“综合预测模型”是科学的、准确的和实用的,可作为今后粮食生产潜力预测的理论和方法基础。

关键词:粮食生产潜力;中长期预测;综合预测模型;验证

中图分类号:S114

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2016)03-0297-06

doi: 10.13254/j.jare.2015.0193

引用格式:

刘书田, 李敬亚, 米长虹, 等. 粮食生产潜力中长期预测的验证[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(3): 297-302.

LIU Shu-tian, LI Jing-ya, MI Chang-hong, et al. Verification of "Comprehensive Prediction Model" in Medium and Long Term Forecast of Grain Production Potential[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2016, 33(3): 297-302.

Verification of "Comprehensive Prediction Model" in Medium and Long Term Forecast of Grain Production Potential

LIU Shu-tian¹, LI Jing-ya¹, MI Chang-hong¹, ZHENG Hong-yan¹, HUANG Zhi-ping¹, HOU Yan-lin^{1*}, WANG Nong¹, CAI Yan-ming¹,
WANG Shuo-jin², HOU Xian-da³

(1. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China; 2. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China; 3. Software Development and Service Center of Beijing Yours, Beijing 100089, China)

Abstract: The "comprehensive prediction model" in medium and long term forecast of grain production potential was verified and discussed systematically by using the grain production data from 1949 to 2014 in 16 typical counties, 6 typical districts, and 31 provinces of China. The results showed as follows: (1) The prediction error reflected the forecast precision of production potential in medium and long term, the chief reason of large prediction error was high yield farmlands had been occupied in developed area, and the planting areas of vegetables, fruits increased greatly, that led to decrease grain yield in medium and long term; (2) To forecast precision of production potential in medium and long term, the scale of national was higher than the scale of province, the scale of province was higher than the scale of district, the scale of district was higher than the scale of county. And it was large differences in precision between different provinces, different districts and different counties respectively, which was concerned to the complementarity of domestic climate and the ability of the farmland resistance to natural disasters; (3) The "comprehensive prediction model" is scientific, accurate and practical, which can be used as a theory and method for forecasting the grain production potential in future.

Keywords: grain production potential; medium and long term forecast; comprehensive prediction model; verification

收稿日期: 2015-08-11

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程项目(2014-cxgc-hyl)

作者简介: 刘书田(1982—),男,天津人,博士研究生,助理研究员,主要从事土壤生物化学、粮食产量和数据挖掘研究。

E-mail: liushutian6952@126.com

* 通信作者: 侯彦林 E-mail: bjyours@sina.com

粮食产量预测包括短、中、长期生产潜力预测和当年估产2部分,作者基于粮食产量历史数据建立了粮食生产潜力预测和估产的理论、方法,并应用一些案例进行了初步验证^[1-5],本文应用全国、31个省(直辖市、自治区,以下简称省)、6个典型地区和16个典型县(县、市、区,以下简称县)数据对其中的粮食生产潜力中长期预测的“综合预测模型”进行了系统性的验证和讨论。

1 材料与方法

1.1 数据来源

从统计年鉴中整理出全国、31个省、6个典型地区和16个典型县多年粮食单产数据,建立数据库,数据项包括行政单元名称、年代、单产、总产、播种面积等指标。

1.2 粮食生产潜力中长期预测的“综合预测模型”

“双向预测模型”:根据原始历史粮食产量求算2个以上移动步长如10年(针对中期5年的预测)和20年(针对长期10年的预测)的平均产量;再分别以不同样本数如5、10、15和20个点建立4个预测模型;在所建立的4个模型中,先考虑最近的5点和10点建模组合是否符合一个上升、一个先上升后下降或一直下降的条件,如果符合就取其预测结果的平均;如果不符合上述双向预测条件,再判断10点和15点建模组合是否符合条件;如果不符合上述双向预测条件,最后判断15点和20点建模组合是否符合条件;如果以上3个组合都不符合上述双向预测条件,则取所有4个预测模型预测结果的平均。“双向预测模型”的理论基础是:在未来粮食增产过程中,科技进步必然使粮食产量持续增加,而科技进步有时快有时慢;与此相对应,也存在另外一种力量使增产在减少,如阶段性的小气候波动、政策和投入的影响等。在预测未来10年长期潜力的过程中,如果经历了3年后有了实际产量,则可以计算出预测误差,当误差连续3次向一个方向偏离,都超过1%并且递增,还可以对未来预测结果进行小趋势修正^[1],这样还能大幅度提高预测精度。

在“双向预测模型”基础上^[1-5],又经过大量数据挖掘,提出“综合预测模型”,即:(1)首先从4个模型中选择出1个误差最小的模型,要求平均相对误差小于1%,最大误差小于3%;如果选不出来,则从4个模型的两两组合的6个组合中选出1个组合,同样要求平均后的模型其预测平均相对误差小于1%,最大误差小于3%;再选不出来,则将4个模型平均,同样要求

平均后的模型其预测平均相对误差小于1%,最大误差小于3%;再选不出来,则作为特例单独讨论。具体使用时,“双向预测模型”和“综合预测模型”混合使用统称为“综合预测模型”,目的是找到预测误差小的预测模型。

2 结果与分析

2.1 国家级验证

应用统计年鉴中全国的1949—2014年粮食单产数据进行单产中长期潜力预测,1949—2014年单产、步长(n)分别为10年和20年移动平均单产见表1。

2.1.1 中期预测

根据表1,对全国2010—2014年的粮食移动平均单产分别进行5点、10点、15点和20点建模预测,见表2。

表2表明:全国粮食单产5年(2010—2014)中期生产潜力预测结果中,5点建模预测结果误差最小(最大误差和计算平均误差均将误差进行绝对值操作后计算,下同),5年的预测平均误差为1.66%,最大预测误差2.55%。

2.1.2 长期预测

对全国2005—2014年粮食移动平均单产分别进行5点、10点、15点和20点建模预测,见表3。

由表3可知,全国粮食单产10年(2005—2014)中期潜力预测结果中,20点建模预测结果误差最小,因此取20点建模预测结果,10年的预测误差平均为2.12%,最大预测误差2.46%。

为更好地分析生产潜力中长期预测精度,现定义以下标准,见表4。

由表4可知:“综合预测模型”预测国家级中期生产潜力精度合格,预测长期生产潜力虽处于精度低范围,但接近合格。

2.2 省级验证

参照2.1的研究方法对各省进行了验证,结果如表5。

根据表4得出,各省的生产潜力中长期预测精度分布见表6。

根据表6可知:“综合预测模型”预测省级中期生产潜力精度的合格率为80.61%,预测长期生产潜力精度的合格率为93.55%;长期合格率高于中期合格率,但是预测精度整体有所降低。鉴于本研究结果,“综合预测模型”可以作为国家和省级中长期生产潜力预测方法使用。

表1 全国单产与步长10年单产和步长20年单产(1949—2014)($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)Table 1 The yield and the yield of 10 years moving average and 20 years moving average in China(1949—2014)($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

年份	单产	步长10年单产	步长20年单产	年份	单产	步长10年单产	步长20年单产
1949	1 029.00	/	/	1982	3 124.00	2 552.80	2 167.70
1950	1 155.00	/	/	1983	3 396.00	2 673.70	2 267.10
1951	1 220.00	/	/	1984	3 608.00	2 807.00	2 370.70
1952	1 322.00	/	/	1985	3 483.00	2 920.30	2 463.55
1953	1 317.00	/	/	1986	3 529.00	3 036.10	2 551.55
1954	1 314.00	/	/	1987	3 637.00	3 165.00	2 642.05
1955	1 417.00	/	/	1988	3 579.00	3 270.20	2 731.00
1956	1 414.00	/	/	1989	3 632.00	3 354.90	2 822.90
1957	1 460.00	/	/	1990	3 933.00	3 474.80	2 918.95
1958	1 549.00	1 319.70	/	1991	3 876.00	3 579.70	3 009.25
1959	1 462.00	1 363.00	/	1992	4 004.00	3 667.70	3 110.25
1960	1 175.00	1 365.00	/	1993	4 131.00	3 741.20	3 207.45
1961	1 124.00	1 355.40	/	1994	4 063.00	3 786.70	3 296.85
1962	1 270.00	1 350.20	/	1995	4 240.00	3 862.40	3 391.35
1963	1 408.00	1 359.30	/	1996	4 483.00	3 957.80	3 496.95
1964	1 536.00	1 381.50	/	1997	4 376.00	4 031.70	3 598.35
1965	1 626.00	1 402.40	/	1998	4 502.00	4 124.00	3 697.10
1966	1 769.00	1 437.90	/	1999	4 493.00	4 210.10	3 782.50
1967	1 827.00	1 474.60	/	2000	4 261.00	4 242.90	3 858.85
1968	1 800.00	1 499.70	1 409.70	2001	4 267.00	4 282.00	3 930.85
1969	1 794.00	1 532.90	1 447.95	2002	4 399.00	4 321.50	3 994.60
1970	2 012.00	1 616.60	1 490.80	2003	4 333.00	4 341.70	4 041.45
1971	2 070.00	1 711.20	1 533.30	2004	4 621.00	4 397.50	4 092.10
1972	1 984.00	1 782.60	1 566.40	2005	4 642.00	4 437.70	4 150.05
1973	2 187.00	1 860.50	1 609.90	2006	4 716.00	4 461.00	4 209.40
1974	2 275.00	1 934.40	1 657.95	2007	4 748.32	4 498.23	4 264.97
1975	2 350.00	2 006.80	1 704.60	2008	4 950.78	4 543.11	4 333.56
1976	2 371.00	2 067.00	1 752.45	2009	4 870.55	4 580.87	4 395.48
1977	2 348.00	2 119.10	1 796.85	2010	4 973.15	4 652.08	4 447.49
1978	2 527.00	2 191.80	1 845.75	2011	5 165.90	4 741.97	4 511.99
1979	2 785.00	2 290.90	1 911.90	2012	5 298.70	4 831.94	4 576.72
1980	2 734.00	2 363.10	1 989.85	2013	5 376.80	4 936.32	4 639.01
1981	2 827.00	2 438.80	2 075.00	2014	5 385.00	5 012.72	4 705.11

注:“/”表示数据空,下同。

表2 全国粮食单产中期预测结果(2010—2014,步长10年单产)

Table 2 The yield predication result of medium-term forecasting in China(2010—2014, yield of 10 years moving average)

年份	步长10年单产	5点建模预测		10点建模预测		15点建模预测		20点建模预测	
		预测值/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	误差/%	预测值/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	误差/%	预测值/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	误差/%	预测值/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	误差/%
2010	4 652.08	4 632.99	-0.41	4 617.71	-0.74	4 569.25	-1.78	4 577.47	-1.60
2011	4 741.97	4 688.11	-1.14	4 656.09	-1.81	4 580.60	-3.40	4 592.11	-3.16
2012	4 831.94	4 748.46	-1.73	4 694.65	-2.84	4 587.70	-5.05	4 602.90	-4.74
2013	4 936.32	4 814.03	-2.48	4 733.39	-4.11	4 590.57	-7.00	4 609.84	-6.61
2014	5 012.72	4 884.82	-2.55	4 772.32	-4.80	4 589.19	-8.45	4 612.92	-7.98

表 3 全国粮食单产长期预测结果(2005—2014,步长 20 年单产)

Table 3 The yield predication results of long-term forecasting in China(2005—2014, yield of 20 years moving average)

年份	步长 20 年单产	5 点建模预测		10 点建模预测		15 点建模预测		20 点建模预测	
		预测值/kg·hm ⁻²	误差/%	预测值/kg·hm ⁻²	误差/%	预测值/kg·hm ⁻²	误差/%	预测值/kg·hm ⁻²	误差/%
2005	4 150.05	4 126.90	-0.56	4 128.92	-0.51	4 172.80	0.55	4 213.03	1.52
2006	4 209.40	4 154.81	-1.30	4 158.57	-1.21	4 227.72	0.44	4 285.02	1.80
2007	4 264.97	4 174.21	-2.13	4 180.15	-1.99	4 278.85	0.33	4 355.38	2.12
2008	4 333.56	4 185.09	-3.43	4 193.67	-3.23	4 326.20	-0.17	4 424.12	2.09
2009	4 395.48	4 187.45	-4.73	4 199.12	-4.47	4 369.76	-0.59	4 491.23	2.18
2010	4 447.49	4 181.31	-5.99	4 196.50	-5.64	4 409.54	-0.85	4 556.71	2.46
2011	4 511.99	4 166.65	-7.65	4 185.82	-7.23	4 445.53	-1.47	4 620.57	2.41
2012	4 576.72	4 143.47	-9.47	4 167.07	-8.95	4 477.73	-2.16	4 682.80	2.32
2013	4 639.01	4 111.78	-11.37	4 140.26	-10.75	4 506.15	-2.86	4 743.41	2.25
2014	4 705.11	4 071.58	-13.46	4 105.38	-12.75	4 530.78	-3.71	4 802.38	2.07

表 4 生产潜力中长期预测精度分级标准

Table 4 The grading standards of predication precision of medium and long term forecasting of grain production potential

项目	极高	高	合格	低	极低
预测平均误差	$E \leq 0.5\%$	$0.5\% < E \leq 1\%$	$1\% < E \leq 2\%$	$2\% < E \leq 5\%$	$5\% < E$

注: E 表示预测误差。

2.3 典型地区验证

参照 2.1 的研究方法,对 6 个典型地区的案例进行了验证,见表 7。6 个典型地区分别隶属吉林省、山东省、甘肃省、浙江省、湖北省、贵州省,代表我国 6 个主要气候和粮食产区。

由表 7 结合表 4 可知,地区级“综合预测模型”生产潜力中期预测合格率为 83.33%以上,长期预测合格率为 66.67%,同省级预测,中期预测精度高于长期预测精度。

2.4 典型县验证

参照 2.1 的研究方法,对 16 个典型县的案例进行了验证,见表 8。16 个典型县分别隶属吉林省、山东省、甘肃省、浙江省、湖北省、贵州省,代表我国 6 个主要气候和粮食产区。

根据表 4 得出,各县的生产潜力中长期预测精度分布见表 9。

由表 9 可知,县级“综合预测模型”生产潜力中期预测合格率为 50%,长期预测合格率为 69.23%,长期预测合格率高于中期预测合格率,长期预测精度无高级别。

3 讨论

3.1 关于中长期预测分析

(1) 中期潜力是在 10 年移动平均产量支撑线基

础之上预测的未来 1~5 年内的产量潜力;(2) 长期潜力是在 20 年移动平均产量支撑线基础之上预测的未来 1~10 年内的产量潜力;(3) 小趋势修正方法适用于中长期潜力预测。

3.2 关于中长期生产潜力预测精度分析

“综合预测模型”预测中长期生产潜力精度:总体上国家级高于省级和地区级,省级和地区级高于县级;中期预测精度高于长期预测精度,表明长期预测精度受不确定性因素影响较大;不同省、不同地区、不同县之间预测精度差别比较大,这与境内气象条件互补性的强弱和农田抗御自然灾害的能力有关。

4 结论

本文围绕粮食生产潜力中长期预测“综合预测模型”进行了系统验证,结果表明它可以作为国家、省级和地区级中期生产潜力预测的方法,对于长期生产潜力预测而言,它可以作为趋势性预测模型方法使用。

参考文献:

- [1] 侯彦林,郑宏艳,刘书田,等. 粮食产量预测理论、方法及其应用 I. 科技进步增产理论、模型及其应用[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(3): 205-211.
- HOU Yan-lin, ZHENG Hong-yan, LIU Shu-tian, et al. The theory, method and its application of the grain yield forecast I. Theory, model and its application of scientific and technological progress in increasing

表 5 省级中长期粮食预测结果分析(1979—2014)

Table 5 The yield predication error results analysis of medium and long term forecasting in 31 provinces(1979—2014)

省市					省市				
		建模(点)	预测平均误差/%	最大预测误差/%			建模(点)	预测平均误差/%	最大预测误差/%
北京	中期	(5+10)平均	0.53	1.17	湖北	中期	(5+10)平均	0.14	0.18
	长期	(15+20)平均	0.82	1.76		长期	10	0.75	1.25
天津	中期	10	1.48	2.24	湖南	中期	10	0.55	0.71
	长期	10	0.38	0.61		长期	20	1.09	2.31
河北	中期	5	0.76	1.15	广东	中期	20	2.05	5.06
	长期	20	1.88	2.21		长期	(10+15)平均	1.00	1.32
山西	中期	15	4.11	5.62	广西	中期	(10+20)平均	0.57	1.05
	长期	(5+10+15+20)平均	0.69	0.45		长期	20	0.43	0.91
内蒙古	中期	5	0.37	0.89	四川	中期	5	0.29	0.98
	长期	15	0.87	1.51		长期	15	1.40	1.98
辽宁	中期	10	1.66	2.64	贵州	中期	15	2.13	3.41
	长期	20	4.19	7.53		长期	(15+20)平均	0.69	1.69
吉林	中期	10 点小趋势修正	3.80	4.87	云南	中期	5	0.26	0.61
	长期	(10+20)平均	1.38	2.10		长期	15	0.84	1.15
黑龙江	中期	5 点小趋势修正	3.40	5.89	西藏	中期	5	0.71	1.47
	长期	(5+20)平均	1.16	1.93		长期	20	1.85	5.94
上海	中期	10	1.17	2.54	陕西	中期	5	0.94	1.37
	长期	(5+10+15+20)平均	1.44	2.15		长期	15	2.47	6.03
江苏	中期	20	1.06	2.47	甘肃	中期	5	3.28	4.92
	长期	15	1.20	1.83		长期	20	0.35	0.65
浙江	中期	20	0.84	2.07	青海	中期	15	1.22	2.00
	长期	20	1.94	2.44		长期	20	1.00	1.23
安徽	中期	5	0.83	1.66	宁夏	中期	20	0.89	1.82
	长期	10	1.45	2.84		长期	(10+20)平均	0.81	3.53
福建	中期	10	0.21	0.42	新疆	中期	10	0.68	0.97
	长期	20	1.61	4.05		长期	5	0.74	1.55
江西	中期	15	1.04	1.67	海南	中期	(5+10)平均	0.66	1.34
	长期	20	0.67	1.05		长期	10	0.39	1.22
山东	中期	5	0.43	0.89	重庆	中期	20	1.02	1.53
	长期	20	1.39	2.30		长期	20 点小趋势修正	1.74	3.12
河南	中期	20	0.50	1.26					
	长期	20	0.63	1.43					

表 6 各省生产潜力中长期预测精度分布

Table 6 The distribution of predication precision of medium and long term forecast of grain production potential in 31 provinces

项目		极高	高	合格	低	极低
预测平均误差	中期	7	11	7	6	0
	长期	4	12	13	2	0

grain yield[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3):205–211.(in Chinese)

[2] 郑宏艳, 刘书田, 王铎今, 等. 粮食产量预测理论、方法与应用Ⅱ. 粮食生产潜力短期预测理论、模型及其应用[J]. 农业资源与环境学报,

2014, 31(3):212–219.

ZHENG Hong-yan, LIU Shu-tian, WANG Shuo-jin, et al. The theory, method and its application of grain yield forecast Ⅱ. The theory, method and its application of short-term forecast of the grain yield potential[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3):212–219.(in Chinese)

[3] 刘书田, 王铎今, 米长虹, 等. 粮食产量预测理论、方法与应用Ⅲ. 粮食生产潜力中、长期预测理论、模型及其应用[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(3):220–226.

LIU Shu-tian, WANG Shuo-jin, MI Chang-hong, et al. The theory, method and its application of grain yield forecast Ⅲ. The theory, method and its application of medium and long-term forecast of the grain yield

表 7 典型地区中期和长期粮食预测结果分析

Table 7 The yield predication results analysis of medium and long term forecasting in 6 typical districts

地区	建模(点)	预测误差平均/%	最大预测误差/%	地区	建模(点)	预测误差平均/%	最大预测误差/%
吉林省吉林市 (1979—2012)	中期 10	0.65	1.45	浙江省丽水市 (1979—2014)	中期 (5+10)平均	0.39	0.58
	长期 5	1.85	4.22		长期 5 点小趋势修正	4.96	10.56
山东省泰安市 (1979—2013)	中期 5	2.33	4.75	湖北省黄冈市 (1979—2014)	中期 5	1.04	2.18
	长期 5 点小趋势修正	3.21	5.74		长期 15	0.89	2.09
甘肃省天水市 (1979—2013)	中期 (5+15)平均	1	3.23	贵州省遵义市 (1979—2013)	中期 10	1.02	1.74
	长期(数据有限) 5	0.26	0.50		长期 (10+15)平均	0.95	1.72

表 8 典型县(市)中长期粮食预测结果分析

Table 8 The yield predication results analysis of medium and long term forecasting in 16 typical counties

县(市)	建模(点)	预测误差平均/%	最大预测误差/%	县(市)	建模(点)	预测误差平均/%	最大预测误差/%
吉林永吉县 (1979—2012)	中期 (10+15)平均	1.42	2.54	浙江青田县 (1979—2014)	中期 (5+10)平均	0.30	0.54
	长期 (15+20)平均	1.87	2.99		长期 5 点小趋势修正	4.25	7.99
吉林桦甸市 (2008—2012)	中期 15	1.51	3.11	浙江云和县 (1979—2014)	中期 (5+10)平均	4.23	8.07
	长期 (5+20)平均	4.45	5.53		长期 5 点小趋势修正	5.76	12.04
山东东平县 (1979—2008)	中期 15	3.67	4.18	湖北红安县 (1979—2014)	中期 15	2.28	5.61
	长期 无法构建				长期 10	1.51	2.90
山东宁阳县 (1979—2009)	中期 (5+15)平均	1.57	2.09	湖北英山县 (1979—2012)	中期 15	2.21	4.13
	长期 无法构建				长期 (5+10)平均	0.94	2.05
山东新泰市 (1979—2009)	中期 (5+15)平均	2.18	3.11	湖北罗田县 (1979—2013)	中期 5	0.57	1.16
	长期 无法构建				长期 15	1.18	2.77
甘肃甘谷县 (1979—2013)	中期 (5+15)平均	4.24	6.49	贵州遵义县 (1979—2013)	中期 15	1.60	3.51
	长期 5 点小趋势修正	1.27	1.83		长期 20	0.69	2.13
甘肃清水县 (1979—2013)	中期 (5+15)平均	2.44	3.23	贵州正安县 (1979—2012)	中期 (10+15)平均	0.64	1.42
	长期 5 点小趋势修正	1.11	2.30		长期 10	1.37	4.00
甘肃武山县 (1979—2013)	中期 (15+20)平均	2.88	5.63	贵州习水县 (1979—2008)	中期 (5+15)平均	0.59	1.85
	长期 5 点小趋势修正	2.43	4.29		长期 (10+20)平均	1.02	1.86

表 9 典型县生产潜力中长期预测精度分布

Table 9 The distribution of predication precision of medium and long term forecasting of grain production potential in 16 typical counties

项目	极高	高	合格	低	极低
预测平均误差 中期	1	3	4	8	0
长期	0	2	7	3	1

注:由于山东省的东平县、宁阳县和新泰市数据有限,长期预测无法构建,所以县级长期预测有 13 个。

potential[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3): 220-226.(in Chinese)

[4] 米长虹, 王 农, 黄治平, 等. 粮食产量预测理论、方法与应用Ⅳ. 粮

食估产理论、模型及其应用[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(3): 227-232.

MI Chang-hong, WANG Nong, HUANG Zhi-ping, et al. The theory, method and its application of grain yield forecast IV. Theory, method and its application of grain yield estimation[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3): 227-232.(in Chinese)

[5] 黄治平, 蔡彦明, 王铄今, 等. 粮食产量预测理论、方法与应用Ⅴ. 粮食潜力实现率及其评价方法[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(3): 233-236.

HUANG Zhi-ping, CAI Yan-ming, WANG Shuo-jin, et al. The theory, method and its application of grain yield forecast V. The conversion rate of grain yield potential and its evaluation[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3): 233-236.(in Chinese)