

柳 芬,谢世友,冯 欢,等. 四川省粮食产量影响因素的动态关联分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(10):320-324.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.10.084

四川省粮食产量影响因素的动态关联分析

柳 芬,谢世友,冯 欢,崔 莹,陈 川

(西南大学地理科学学院/西南大学三峡库区生态环境教育部重点实验室,重庆 400715)

摘要:应用灰色关联分析方法,从农业土地利用水平、农业现代化水平、农业生产成本、自然灾害 4 个方面选取 10 个指标,研究 20 世纪 80 年代、20 世纪 90 年代、21 世纪前 10 年、2010 年之后 4 个时段中各指标与四川省粮食产量关联度大小。结果表明,单产是四川省粮食产量首要影响因素,粮食播种面积、化肥施用量、农村用电量对四川省粮食产量影响不断增强,耕地面积、有效灌溉面积对四川省粮食产量影响呈现减弱趋势,农业生产资料价格指数与四川省粮食产量灰色关联度在 2011 年之后突降至第 8 位,自然灾害受灾面积、成灾面积虽与四川省粮食产量关联度较低,但其对研究区粮食产量影响不容小觑。

关键词:粮食产量;灰色关联分析;四川省

中图分类号: F326.11

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2017)10-0320-05

改革开放以后,全国掀起经济发展浪潮,粮食作物由于产量低、收购价格低、与经济作物相比利润低等特点,大力种植经济作物,使我国粮食作物种植面积及产量大大减少;工业化和城镇化加快,一是城市盲目无序扩张,占用大量农村土地;二是带动了大量农民工进城,粮食供给面临经济社会结构变化带来的巨大压力^[1];农民为了片面追求作物产量,过度使用化肥、农药,对耕地、水源等造成严重污染,人地矛盾更加突出。面对日趋复杂的国际环境,国家领导人不断意识到,“中国人的饭碗任何时候都要牢牢端在自己手上,我们的饭碗应该装中国粮,一个国家只有立足粮食基本自给,才能掌握粮食安全主动权,进而才能掌控经济社会发展这个大局^[2]。”

四川省位于中国大陆西南腹地,是全国 13 个粮食主产区之一。2014 年年末,四川省常住人口为 8 140.2 万人,年末实有耕地面积为 399.38 万 hm^2 ,以占全国约 3% 的耕地面积养育着全国 6% 的人口,四川省粮食安全生产对维持地区稳定起着重要作用。影响粮食产量的因素有很多,但各因素对粮食产量影响程度不同,确定粮食产量主要影响因素对提高粮食产量及相关政策制定具有重要意义。目前,已有学者对吉林省^[3]、河北省^[4]、陕西省^[5]、河南省^[6]、湖北省^[7]、云南省^[8]、黄淮海平原^[9]、西北 5 省^[10]等粮食主产区的粮食产量主要因素进行分析。由于粮食产量各影响因素与粮食产量之间并没有明确的因果关系,灰色关联分析方法由于其操作简便、易于掌握、排序明确、对数据分布类型及变量之间的相互类型无特殊要求等优点,被多数学者用于粮食产量影响因素研究中^[11]。目前,相关学者对四川省粮食产量因素进行了分

析^[12-13],但各因素对粮食产量影响是一个动态化过程,较短的研究时段,可以较好地反映出研究时段内各因素对四川省粮食产量影响度大小,无法反映各影响因素对四川省粮食产量影响的变化过程及趋势走向。

本研究采用 1983—2013 年 31 年间四川省统计数据,延长研究时段,减少异常及偶然值对四川省粮食产量影响因素灰色关联分析结果的影响,发现各影响因素对四川省粮食产量影响的普遍规律;优化指标结构,考虑粮食作物种植收益对农民种植行为的影响;将研究期根据年代不同进行划分,研究不同年代各指标对四川省粮食产量影响的动态过程,以期为加快四川省粮食产业发展,稳定和提高粮食生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

四川省位于 $97^{\circ}21' \sim 108^{\circ}31'E$ 、 $26^{\circ}03' \sim 34^{\circ}19'N$ 之间,地势总体上呈西高东低走势,地貌类型以平原、丘陵、山地、高原为主,中部为四川盆地,盆周为丘陵、山地,西部是向青藏高原过渡的川西高原。气候温和、湿润,年平均气温为 $14 \sim 19^{\circ}\text{C}$,年平均降水量 $900 \sim 1\,200\text{ mm}$,全年日照时数为 $1\,000 \sim 1\,600\text{ h}$ 。水资源总量较为丰富,总体呈现东多西少的分布格局,时空分布极为不均,水旱灾害频繁^[14-15]。2014 年年末,四川省常住人口为 8 140.2 万,其中,乡村人口为 4 371.3 万,年末实有耕地面积 399.38 万 hm^2 ,农村人均耕地面积为 0.09 hm^2 ,远低于全国同期农村人均耕地面积 0.22 hm^2 水平;2014 年,全年实现地区生产总值 $28\,536.7 \times 10^8$ 元,人均 35 056.51 元,远低于全国同期水平;粮食总产量为 3 374.9 万 t,人均粮食占有量为 414.6 kg 。

四川省主要粮食作物有水稻、小麦、玉米、豆类、薯类。2013 年,四川省粮食播种面积 644.99 万 hm^2 ,其中水稻播种面积为 199.07 万 hm^2 ,小麦播种面积为 121.6 万 hm^2 ,玉米播种面积为 137.8 万 hm^2 ,豆类播种面积为 47.13 万 hm^2 ,薯类播种面积为 124.03 万 hm^2 。2013 年四川省粮食产量 3 387.1 万 t,水稻、小麦、玉米、豆类、薯类产量分别为 1 549.5 万 t、

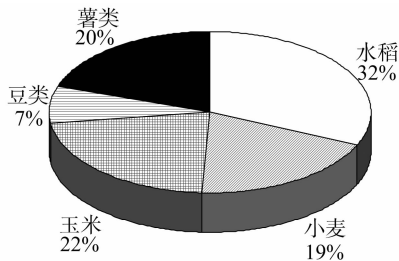
收稿日期:2016-07-13

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAC09B01、2006BAC01A16);重庆市自然科学基金重点项目(编号:CSTC2009BA0002)。

作者简介:柳 芬(1991—),女,山西运城人,硕士,主要从事地貌环境与应用地理的研究。E-mail:905100409@qq.com。

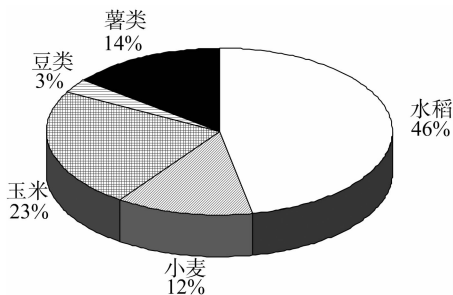
通信作者:谢世友,博士,教授,从事自然地理学、地貌与第四纪地质、水土保持研究。E-mail:xiesy@swu.edu.cn。

421.3 万 t、762.4 万 t、92.1 万 t、479.7 万 t(图 1、图 2)。从分布来看,四川省粮食作物在各地均有种植,主要集中在四川盆地及盆周丘陵地区^[16]。



资料来源:《四川统计年鉴》

图1 2013年四川省主要粮食作物播种面积分布



资料来源:《四川统计年鉴》

图2 2013年四川省主要粮食作物产量状况

1.2 研究方法

灰色关联分析是寻求系统中各因素间的主要关系、找出影响目标值的重要因素,从而掌握事物的主要特征,促进和引导系统迅速而有效发展的计算方法^[17],其基本原理为^[18]:

设一母序列 $x_0(t)$ 和子序列 $x_i(t)$,先对 $x_0(t)$ 、 $x_i(t)$ 进行无量纲化处理,并且记它们在 t 时刻的绝对差值为:

$$\Delta_{0i}(t) = |x_0(t) - x_i(t)|, (t=1, 2, \dots, n).$$

两级最大差和最小差分别为:

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_t \Delta_{0i}(t);$$

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_t \Delta_{0i}(t).$$

关联系数为:

$$\xi_{0i}(t) = (\Delta_{\min} + \Delta_{\max}) / (\Delta_{0i}(t) + k\Delta_{\max}).$$

k 为分辨率系数,取值 $k=0.5$ 。

关联度为:

$$\gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum \xi_{0i}(t).$$

关联度越大,子序列与母序列关系越密切;反之,则关系越不密切。

2 四川省粮食产量影响因素灰色关联动态分析

根据四川省自然环境及社会经济发展状况,并考虑其粮食作物种植结构及特点,影响四川省粮食产量主要因素有土地利用水平、农业现代化水平、自然因素、粮食作物收益状况、国家政策等方面,参考相关研究,并根据数据获取的难易程度及数据完整程度,土地利用水平方面选取耕地面积 x_1 (万 hm^2)、粮食作物播种面积 x_2 (万 hm^2)、粮食作物单产 x_3 (kg/hm^2) 3 个指标;农业现代化水平方面选取有效灌溉面积 x_4 (万 hm^2)、农用机械总动力 x_5 (万 kW)、折纯化肥施用量 x_6 (万 t)、农村用电量 x_7 ($10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$) 4 个指标;选取自然灾害

总受灾面积 x_8 (万 hm^2)、总成灾面积 x_9 (万 hm^2) 指标反映不同程度自然灾害对粮食产量的影响;因较早年代粮食作物收购价格指数不易获取,在粮食作物收益状况中,只选取农业生产资料价格指数 x_{10} 作为指标;国家政策对粮食产量一般为政策性指引或是对农业生产资料如种子价格补贴、农业现代化机械购买补贴等,不易量化研究而且前面选取的指标一定程度上体现了国家政策的影响,因此,本研究不再从国家政策层面单独选取指标。构建各影响因素与粮食产量的灰色关联模型,并将 1983—2013 年数据根据所属年代不同,划分为 4 个时段,20 世纪 80 年代(1983—1990 年)、20 世纪 90 年代(1991—2000 年)、21 世纪前 10 年(2001—2010 年)、2010 年之后(2011—2013 年),分别计算不同年代影响因素与粮食产量的关联度,分析结果见表 1。

2.1 土地利用水平对四川省粮食产量的影响

单产是影响四川省粮食产量的首要因素,从表 1 可以看出,20 世纪 80 年代、20 世纪 90 年代、21 世纪前 10 年、2010 年之后 4 个时段的关联度分别为 0.982 9、0.973 8、0.917 7、0.986 1,关联序依次为 4、1、1、1,单产逐渐成为影响四川省粮食产量的主要因素。1983—2013 年的 31 年中,除个别年份发生较大自然灾害导致单产较大幅度降低外,四川省粮食单产总体呈增长趋势。1983—2013 年,四川省粮食单产年均增长率为 0.4%,同期全国粮食单产年均增长率为 1.51%,与全国平均水平相比处于较低水平,四川省粮食单产还有较大提升空间。20 世纪 80 年代,我国开始加快城市化进程,在城市急剧扩张、经济保持高速增长的过程中,不少耕地被违法、违规占用,未来,应逐渐转变城市土地利用方式,由外延型向内涵挖潜型发展,提高城市土地集约利用效率,减少经济发展对耕地面积的压力。同时,应加大粮食作物补贴,在粮食播种面积无法大幅度增长的情况下,努力提高粮食复种指数;依靠科技进步,发展精细农业,切实提高粮食单产。

粮食播种面积是影响四川省粮食产量的最直接因素。从关联度及关联序结果中可以看出,粮食播种面积对四川省粮食产量影响在 4 个研究时段中关联度分别为 0.986 0、0.926 9、0.841 6、0.964 7,关联序依次为 3、3、4、2,粮食播种面积对四川省粮食产量影响程度总体呈增强趋势。在 1998 年之前,四川省粮食播种面积除个别年份受较大自然灾害影响外,总体以较小速度增长,年均播种面积为 700 万 hm^2 左右。1999 年退耕还林政策实施,使 1999—2003 年间粮食播种面积不断下降,2003 年粮食播种面积达到历年最低,为 608.8 万 hm^2 ,比 1998 年减少 125 万 hm^2 。2004 年开始,国家减免农业税,鼓励了广大农民种粮积极性,粮食播种面积开始有所回升,并一直保持在 640 万 hm^2 左右。在现阶段粮食播种面积不可能出现大幅度增长情况下,四川省应采取有效措施,保证现有粮食播种面积不减少,依靠科技进步,提高粮食单位面积产量。

从图 3 可以看出,1983—2013 年,四川省粮食播种面积和耕地面积保持了较高的一致性。划分的 4 个研究时段中,耕地面积与四川省粮食产量关联度大小依次为 0.986 6、0.892 4、0.796 2、0.958 3,关联序依次为 2、4、6、4。从 1983 年至 2003 年,研究区耕地面积持续下降,1983 年耕地面积为 482.82 万 hm^2 ,2003 年为 390.37 万 hm^2 ,共下降 92.45 万 hm^2 。

表 1 1983—2013 年四川省粮食产量及其影响因素灰色关联分析

年份	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
1983	482.82	707.30	4 254.06	216.0	609.82	100.20	14.10	143.47	44.67	103.00
1984	475.84	693.40	4 360.97	215.90	649.40	98.00	16.10	159.00	75.47	108.30
1985	474.12	663.60	4 332.58	215.40	700.42	103.10	19.30	343.80	215.87	111.90
1986	468.12	667.80	4 363.13	211.30	772.72	120.40	23.60	219.00	87.73	100.60
1987	466.92	671.50	4 338.64	212.50	828.98	113.30	25.40	297.27	100.40	106.30
1988	466.11	679.80	4 284.64	213.80	887.72	114.70	27.10	321.87	109.40	120.50
1989	465.48	688.70	4 394.08	215.60	918.92	130.20	31.20	355.00	147.33	116.20
1990	464.71	698.50	4 680.31	222.60	956.00	143.90	33.00	400.13	182.47	104.70
关联度	0.986 6	0.986 0	0.982 9	0.990 0	0.871 6	0.924 7	0.760 6	0.705 2	0.594 1	0.961 1
关联序	2	3	4	1	7	6	8	9	10	5
1991	463.23	704.80	4 703.75	224.10	1 007.23	154.30	37.40	347.40	161.67	100.80
1992	461.19	702.90	4 796.27	225.30	1 035.60	154.00	40.60	361.70	214.90	106.20
1993	459.38	705.00	4 503.26	226.50	1 066.35	158.10	46.20	483.10	228.90	115.00
1994	457.96	701.50	4 416.39	227.90	1 165.11	170.00	53.80	377.20	157.87	117.40
1995	456.04	705.50	4 812.62	230.10	1 209.73	182.90	61.20	213.27	104.33	130.80
1996	454.31	713.80	4 879.66	232.50	1 263.26	192.80	64.10	252.26	97.20	114.00
1997	451.99	721.10	4 929.14	239.10	1 348.21	201.30	68.40	244.73	120.73	100.90
1998	449.49	733.80	4 941.81	239.10	1 468.33	205.30	73.50	266.50	154.00	92.90
1999	445.47	729.70	5 027.27	242.80	1 606.90	210.30	78.80	185.30	82.00	95.20
2000	434.61	685.40	5 206.45	246.90	1 679.65	212.60	82.80	70.80	43.40	96.20
关联度	0.892 4	0.926 9	0.973 8	0.960 5	0.736 7	0.791 4	0.555 8	0.667 0	0.662 7	0.821 7
关联序	4	3	1	2	7	6	10	8	9	5
2001	428.44	662.70	4 612.19	248.70	1 735.10	212.00	89.50	371.70	189.40	97.80
2002	405.99	642.50	5 097.59	250.10	1 803.68	209.60	93.00	256.42	112.47	104.10
2003	390.37	608.80	5 228.81	250.30	1 891.06	208.40	99.90	274.30	126.40	100.80
2004	390.44	633.30	5 252.64	250.30	2 006.78	214.70	107.80	134.60	65.64	110.90
2005	390.60	650.20	5 243.31	249.50	2 181.70	220.92	112.90	159.37	64.93	107.20
2006	391.66	644.90	4 434.49	248.70	2 344.87	228.20	117.70	293.04	176.66	103.30
2007	394.59	643.80	4 701.91	250.00	2 523.05	238.20	123.30	245.73	111.79	109.00
2008	395.95	642.20	4 889.91	250.70	2 687.55	242.84	128.20	135.50	62.40	116.60
2009	397.61	641.40	4 980.98	252.40	2 952.66	247.97	133.80	159.41	69.60	101.20
2010	401.07	640.10	5 035.70	255.30	3 155.14	248.00	141.70	232.40	85.05	103.60
关联度	0.796 2	0.841 6	0.917 7	0.900 3	0.646 1	0.813 8	0.663 1	0.526 1	0.522 3	0.898 3
关联序	6	4	1	2	8	5	7	9	10	3
2011	398.34	643.70	5 114.65	260.10	3 426.10	251.20	148.60	152.82	72.07	112.40
2012	399.15	646.54	5 128.38	256.60	3 694.03	252.83	156.00	94.39	39.80	104.70
2013	399.38	646.99	5 235.17	261.70	3 953.09	251.14	163.50	160.29	53.79	101.50
关联度	0.958 3	0.964 7	0.986 1	0.942 0	0.802 4	0.961 4	0.867 8	0.760 0	0.590 0	0.798 1
关联序	4	2	1	5	7	3	6	9	10	8

注:灾害数据来源于国家灾情数据库网站,农业生产资料价格指数来源于 EPS 数据平台 (<http://www.epsnet.com.cn/>) 及 PPI 宏观数据网 (<http://www.100ppi.com>),其他数据来源于历年《四川统计年鉴》。

2004 年开始,耕地面积出现小幅回升,徘徊在 400 万 hm^2 左右。

2.2 农业现代化水平对四川省粮食产量的影响因素分析

化肥施用折纯量对四川省粮食产量影响不断加大,在研究时段中,二者的关联度分别为 0.924 7、0.791 4、0.813 8、0.961 4,关联序依次增大为 6、6、5、3。虽然四川省土壤肥沃,但人类源源不断地从土壤中汲取营养、获取食物,必然使土壤肥力下降,粮食产量对化学肥料越来越依赖。未来,四川省应加强对农业生产过程的监测,科学指导农民的施肥活动,防止过度使用化肥,导致土壤、地下水污染。

有效灌溉面积与四川省粮食产量在 4 个研究时段中关联度分别为 0.990 0、0.960 5、0.900 3、0.942 0,相对应关联序分别为 1、2、2、5。有效灌溉面积对四川省粮食产量影响程度在近几年有所降低。四川省水资源丰富,居全国第 2 位,但水

资源空间分布与省内人口、经济发展分布不一致,92% 的人口、90% 的用水集中在面积占全省 38.4% 而水资源仅占全省 45.1% 的东部地区^[19]。近年来,四川省不断加强农田水利设施建设,1997 年,四川省水库总数为 6 616 座,水库总库容量为 $86.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,至 2013 年,新增水库 1 465 座,水库总容量增加 $235.2 \times 10^8 \text{ m}^3$;1983 年,四川省农用排灌动力机械数量为 20.18 万台,总动力为 207.5 万 kW,2013 年,农用排灌冬季机械数为 89.55 万台,总动力为 532.16 万 kW,分别增长 343.76%、156.46%。但从 1983 年至 2013 年,四川省有效灌溉面积总体增长缓慢,1983 年,有效灌溉面积占全省农作物播种面积的 25.28%,2013 年,占到 27.02%。未来,四川省农田水利设施建设还有较大提升空间。

农用机械总动力对四川省粮食产量影响大体呈增强趋势,但总体较弱,4 个研究时段中关联序分别为 7、7、8、7。从

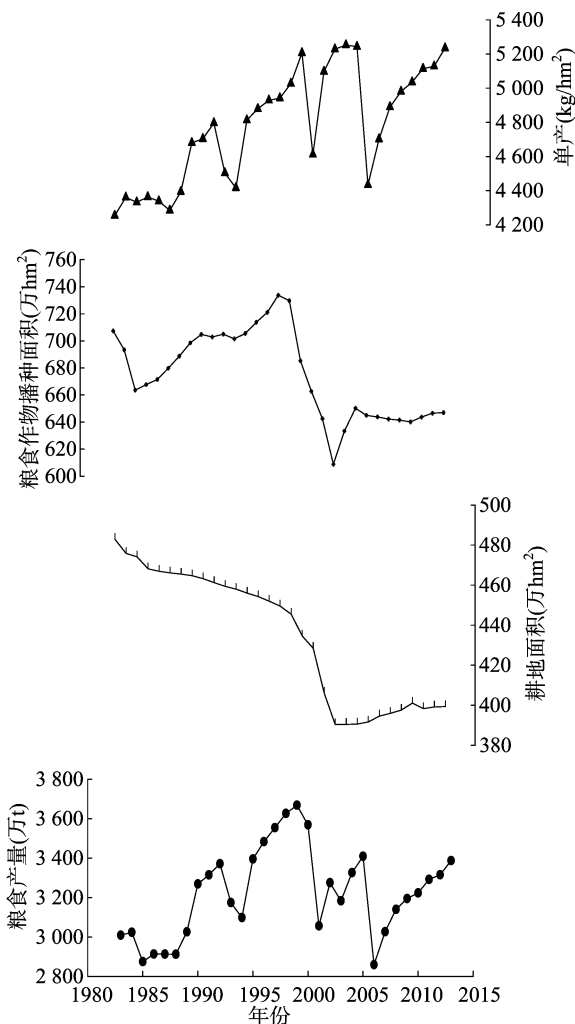


图3 1983—2013 年土地利用水平相关指标变化折线

图4可以看出,从1983—2013年四川省农用机械总动力一直保持增长趋势。2013年全省农用机械总动力为3 953.09万kW,比1983年增长5.48倍;2013年机耕面积为409.5万 hm^2 ,为1983年的7.16倍;播种机、粮食加工机械、机动脱粒机、农用排灌动力机械、农用小型拖拉机、农用大中型拖拉机分别为1.93万、167.41万、135.25万、89.55万、11.91万、12.19万台,农用运输车12.77万辆;机播面积、机收面积分别为50.64万 hm^2 、182.09万 hm^2 。

农村用电量与研究区粮食产量关联度较小,但近年与四川省粮食产量关联度有增强的趋势,各研究时段关联度分别为8、10、7、6。从图4可以看出,四川省农村用电量呈持续增长趋势,2013年用电量为 $163.5 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$,与1983年相比增长 $149.4 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$,年均增长 $4.82 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

2.3 农业生产成本对四川省粮食产量的影响因素分析

粮食作物纯收益对农民种植行为产生很大影响,粮食作物种植纯收益高,能提高农民种粮积极性;粮食种植纯收益低,会打击农民种粮积极性,造成粮食播种面积减少,进而影响粮食产量。粮食作物纯收益等于粮食作物收入减去粮食生产成本,但因为无法收集到每年粮食作物收购价格,无法推算每年粮食作物收入,笔者只从农业生产成本方面分析其对粮食产量的影响。在市场粮食价格、粮食产量较稳定情况下,农

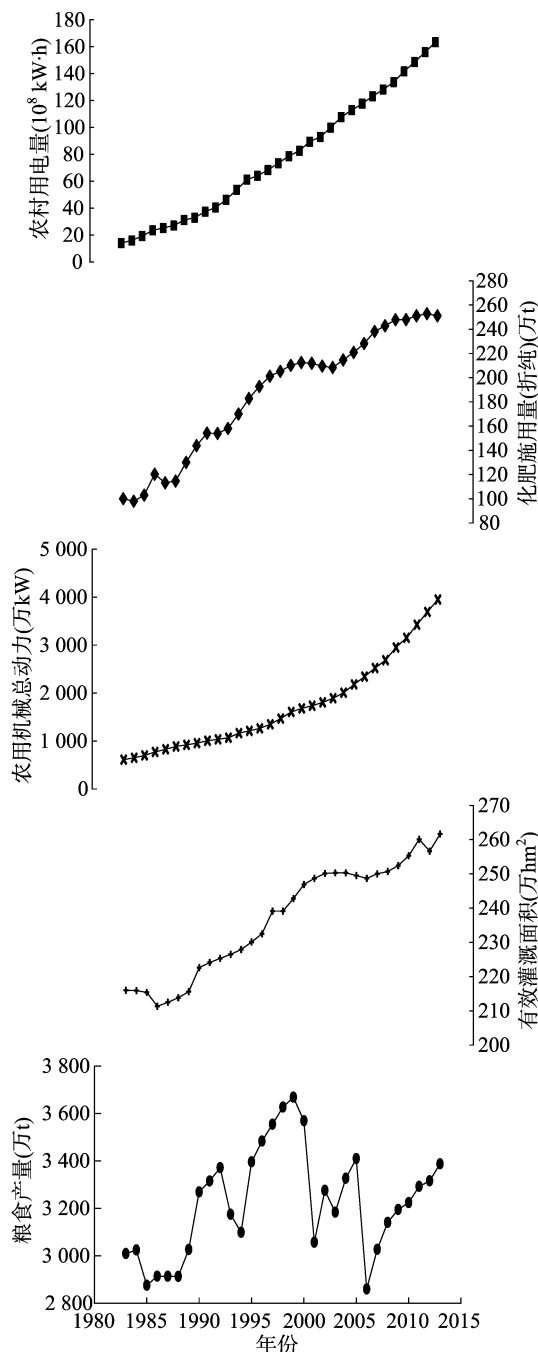


图4 1983—2013 年农业现代化水平相关指标变化折线

业生产成本越高,农民纯收益越低,农民种粮积极性降低。20世纪80年代、20世纪90年代,农业生产成本对四川省粮食产量影响保持稳定水平,二者之间关联度均为5,进入21世纪,尤其是2004年国家废除农业税,以及各项支农惠农政策实施,农业生产成本与粮食产量关联度提高至第3位。2010年之后,虽然农业生产资料价格指数与粮食产量关联度降至第8位,从图5可以看出,农业生产资料价格指数持续下降,粮食产量稳步提升。作为国家的一种战略物资,相关部门应加强对粮食市场的宏观作用,加大对农业支持力度,稳步推进各项惠农政策实施。

2.4 自然灾害对四川省粮食产量影响的因素分析

20世纪80年代、20世纪90年代、21世纪前10年、2010

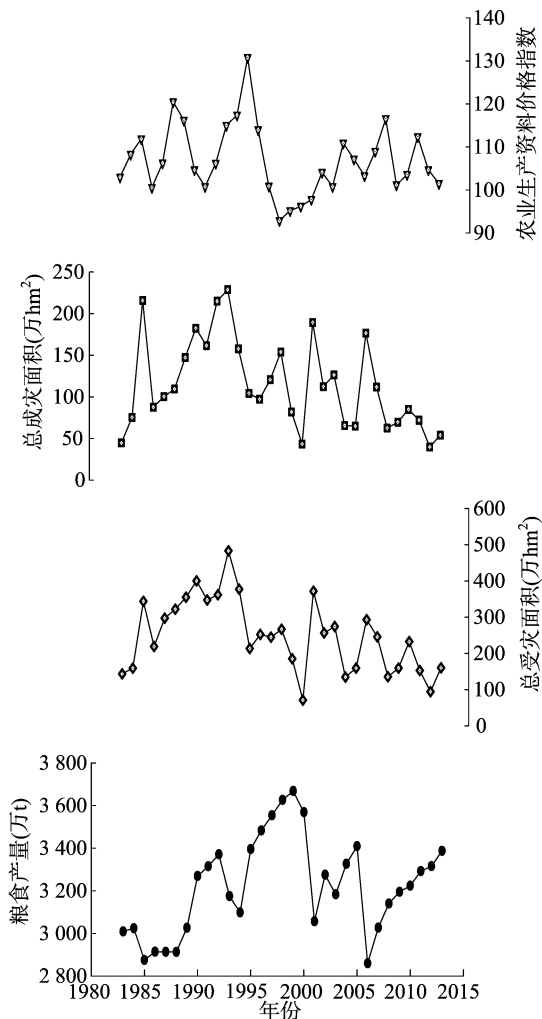


图5 1983—2013 年农业生产成本、自然灾害相关指标变化折线

年之后 4 个研究时段中,总受灾面积与粮食产量关联度依次为 0.705 2、0.667 0、0.526 1、0.760 0,关联序依次为 9、8、9、9,总成灾面积与粮食产量关联度依次为 0.594 1、0.662 7、0.522 3、0.590 0,关联序依次为 10、9、10、10,自然灾害与四川省粮食产量关联度一直处于较低水平(表 1)。四川省易发旱涝灾害,且灾害规模及程度均较重,多发于四川东部地区,与四川省粮食主产区分布地区吻合,与其他省份相比,自然灾害对四川省粮食产量影响更大。四川省近 10 年来旱涝灾害频繁,2004—2007 年川东北地区持续发生特大洪涝灾害^[12],2012 年、2013 年多地出现洪涝灾情;2001 年,四川省发生 1983 年来最严重旱灾,当年作物受灾面积达到 298.00 hm²,成灾面积达到 149.00 hm²,2006 年四川省发生特大干旱,2009 年以来,四川省部分地区已连续 4 年发生严重干旱^[20]。未来应加强对四川省自然灾害发生规律的研究,加强对灾害预警、预报能力;针对四川省农业种植结构及特点,对各种作物风险区划及适播期进行研究,为农业结构调整、实现农业增产增收提供技术依据;加强对农民的培训,提高农民灾后自救及恢复的生产能力。

3 结论

笔者运用灰色关联分析方法,从土地利用水平、农业现代

化水平、农业生产成本、自然灾害 4 个方面选取 10 个指标,分析 20 世纪 80 年代、20 世纪 90 年代、21 世纪前 10 年、2010 年之后 4 个研究时段中,各指标与四川省粮食产量之间关联度大小。结果表明,单产是四川省粮食产量首要影响因素,粮食播种面积、化肥施用量、农村用电量对四川省粮食产量影响不断增强,耕地面积、有效灌溉面积对四川省粮食产量影响呈现减弱趋势,农业生产资料价格指数与四川省粮食产量灰色关联度在 2010 年后突降至第 8 位,自然灾害受灾面积、成灾面积虽与四川省粮食产量关联度较低,但其对研究区粮食产量影响不容小觑。

参考文献:

- [1] 盛国勇,陈池波. 习近平国家粮食安全战略思想探析[J]. 探索, 2015(4):12-17.
- [2] 鄂平玲. 中国人饭碗要端在自己手里[N]. 人民日报海外版, 2011-04-01(2).
- [3] 徐祎璠. 吉林省自然灾害与粮食产量的灰色关联分析[D]. 长春:吉林农业大学,2014:1-27.
- [4] 许月卿,李秀彬. 河北省粮食生产灰色关联动态分析[J]. 地理研究,2002,21(3):339-346.
- [5] 范建刚. 1983—2004 年陕西粮食产量与主要投入要素的灰色关联分析[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(3):209-212.
- [6] 陈慧中,徐梦洁,刘勤. 河南省粮食产量波动及其影响因素分析[J]. 江西农业大学学报(社会科学版),2010,9(1):60-65.
- [7] 张杰,卢李朋,姜朋辉,等. 湖北省粮食生产的多尺度及关联动态分析[J]. 经济地理,2013,33(7):140-147.
- [8] 童彦,潘玉君,华红莲,等. 云南省粮食产量影响因素的实证研究[J]. 资源开发与市场,2007,23(7):594-597.
- [9] 曹志宏,郝晋珉,梁流涛. 黄淮海平原粮食产量与主要投入要素的灰色关联分析[J]. 农业现代化研究,2008,29(3):310-313.
- [10] 范建刚,谢斌. 西北五省区粮食生产灰色关联比较分析[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(8):121-125.
- [11] 周秀文. 灰色关联度的研究与应用[D]. 长春:吉林大学,2007:1-43.
- [12] 周介铭,彭文甫. 影响四川省粮食生产因素的灰色分析与粮食产量预测[J]. 四川师范大学学报(自然科学版),2005,28(3):350-353.
- [13] 任平,王广杰,何伟. 多元统计分析在粮食产量影响因素分析中的应用——以四川省为例[J]. 资源开发与市场,2005,21(3):187-189.
- [14] 刘莉,邓欧平,邓良基,等. 2003—2011 年四川省各市(州)农业水足迹时空变化与驱动力研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015,24(7):1133-1141.
- [15] 廖光明. 四川省旱涝变化特征及其风险评价[D]. 西安:陕西师范大学,2013:1-64.
- [16] 陈俊安. 四川省种植业区域优化布局研究[D]. 雅安:四川农业大学,2009:1-63.
- [17] 邓聚龙. 灰色系统(社会经济)[M]. 北京:国防工业出版社, 1985:52-53.
- [18] 何霞,夏建国,龚一鸿,等. 灰色关联分析在粮食产量影响因素分析中的应用——以川东地区为例[J]. 中国农学通报, 2012,28(9):150-153.
- [19] 周长艳,岑思弦,李跃清,等. 四川省近 50 年降水的变化特征及影响[J]. 地理学报,2011,66(5):619-630.
- [20] 谭江琦. 加快建设渠江流域控制性水利工程[N]. 四川日报, 2010-07-22.