

黑龙港区旱地不同水文年种植方式的灰色决策初探

刘进余 高文选 苑逢山 卢赞民

(河北省沧州地区农业科学研究所, 沧州 061001)

摘 要 应用灰色系统理论和多目标灰色决策的方法, 依据多年调查和研究结果, 综合分析了黑龙港区旱地不同水文年7种植方式的产量、产值、降水经济效益和降水利用效率四个目标的实际效果, 提出了在不同投入水平条件下适合不同水文年的种植方式, 为港区旱地科学种植提供了依据。

关键词 旱地 水文年 种植方式 灰色决策 黑龙港

黑龙港区位于黄淮海平原北部, 拥有耕地3600万亩, 其中无水浇条件的旱地2000万亩, 占耕地面积的55.6%。该区由于受水文、地质、地理和季风气候的影响, 形成了独特的生态特点: (1) 年降水量500~600mm, 为黄淮海平原最低区, 被称为黄淮海平原的“旱槽”; 且年际间变化和相对变率较大, 属于半湿润易旱地区。(2) 光热资源丰富, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温4200~4500 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 年极端最低气温平均 -13°C 左右, 是冬小麦弱冬性品种安全越冬的临界区, 收麦到种麦期间活动积温2600~2800 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 可复种早熟和中熟的夏播接茬作物。最热月平均气温大于 25°C , 喜温作物如棉花、大豆、谷子和玉米等大田作物均能良好成熟, 光照资源优于黄淮平原, 年总辐射120~130 kcal/cm^2 , 年日照时数2600~2800小时。

黑龙港区旱地由于受多种因素的制约, 农田生态系统生产力始终处于低而不稳的状态, 严重影响着该区农业的发展。为了振兴该区旱地农业, 许多专家学者对本区的作物种植方式提出了不同的建议, 有人认为种植谷子和棉花可以提高作物产量和天然降水利用率; 有人认为, 玉米雨热同期产量高; 也有人提出适当发展冬小麦, 一熟变二熟, 产量高、效益大。针对以上情况我们从1982年开始对1970年以来的旱地种植方式进行了研究, 依据实践和试验结果, 应用灰色系统理论的原理和方法, 对该区旱地不同水文年的种植方式进行了灰色决策, 提出了适合不同水文年的种植方式, 为黑龙港区旱地科学种植提供依据。

材料和方法

一、资料来源

1. 调查研究 1982年分别对地处黑龙港区的盐山、河间和沧州市郊区的旱地农业进行了广泛的调查, 获得了1970~1982年期间的旱地种植方式, 过渡年降水量及其效果等数据资

料。

2. 试验研究 1983~1990年在盐山、河间和沧州市作定性定量试验,均在无水浇条件的旱地上进行,该区土壤有机质0.6786%~0.9848%,碱解氮15~35ppm,速效磷2~8ppm,栽培作物全部应用适应旱地种植的对路优种,各试验点实测降水量。

二、不同水文年划分方法

针对作物生长期不同的特点,确定当年10月到次年9月为一个过渡年,再将过渡年分为10~5月和6~9月两个时期,然后应用模糊数学的方法,划分不同年型。其具体方法为:

1. 给出隶属旱这个模糊集合的隶函数为:

$$\mu_{\sim\text{旱}}(x) = 1 - (x_i - 60) / 1000 \quad (10 \sim 5 \text{ 月})$$

$$\mu_{\sim\text{旱}}(x) = 1 - (x_i - 230) / 1000 \quad (6 \sim 9 \text{ 月})$$

$\mu_{\sim\text{旱}}(x)$ —— 对于旱这个模糊集合的隶属度 x_i —— 某一时期降水量

2. 确定指标 10~5月和6~9月多年平均降水量分别为121.1和431.8mm,因此确定以下指标:

(1) 10~5月

(2) 6~9月

$$\mu_{\sim\text{旱}}(x) > 0.97 \text{ 为旱}$$

$$\mu_{\sim\text{旱}}(x) > 0.9 \text{ 为旱}$$

$$0.91 \leq \mu_{\sim\text{旱}}(x) \leq 0.97 \text{ 为平}$$

$$0.7 \leq \mu_{\sim\text{旱}}(x) \leq 0.9 \text{ 为平}$$

$$\mu_{\sim\text{旱}}(x) < 0.91 \text{ 为湿}$$

$$\mu_{\sim\text{旱}}(x) < 0.7 \text{ 为湿}$$

3. 划分结果 把三个基点20年实测降水量数据归类为17种水文年,其结果见表1。

表1 不同年型降水量标准及代表年降水量 (1970~1990年)

水文年	代号	降水标准 (mm)		代表年降水量 (mm)			地点×年分
		10~5月	6~9月	10~5月	6~9月	10~9月	
旱旱	AA	<90	<330	56.7	268.1	324.8	2×2
平旱	BA	90~150	<330	107.7	258.3	366.0	3×1
湿旱	CA	>150	<330	163.0	274.6	410.6	2×2
旱平	AB	<90	330~530	67.7	459.7	527.4	2×2
平平	BB	90~150	330~530	124.4	399.7	524.1	2×1
湿平	CB	>150	330~530	167.4	384.8	552.1	2×1
旱湿	AC	<90	>530	74.8	542.8	617.6	1×2
平湿	BC	90~150	>530	100.9	534.7	635.6	2×1

三、灰色决策方法

本研究采用多目标灰色决策方法[1,2,3],选择上限效果测度。首先,分别计算各局势在第K目标下的效果测度矩阵 $R(K)$ 。再按平均或加权平均求出K个目标的综合效果测度矩阵 $R(\Sigma)$ 。最后,分别对矩阵 $R(\Sigma)$ 进行行列和优序化变换,求得优序化决策矩阵 R^* ,将 R^* 根据

效果测度的大小划分为若干梯段, 逐段用事件选择最佳对策。

结果与分析

八种水文年构成事件 $Q = \{ \text{旱旱、平旱、湿旱、旱平、平平、湿平、旱湿、平湿} \}$ 。黑龙港区旱地主要有 7 种植植方式: (1) 冬小麦-夏玉米; (2) 冬小麦-夏谷; (3) 冬小麦-夏大豆; (4) 夏玉米; (5) 夏谷; (6) 大豆; (7) 棉花。这 7 种方式构成对策集 $D = \{ \text{冬小麦-夏玉米、冬小麦-夏谷、冬小麦-夏大豆、夏玉米、夏谷、大豆、棉花} \}$ 。决策目标是选择适宜的种植方式、使不同水文年产量高, 效益大和天然降水利用率高。

一、不同水文年高水平投入旱地种植方式

对 7 种旱地种植方式都进行集约性管理, 施肥水平较高, 通过多年试验和调查研究得出不同水文年各种种植方式的产量、产值、降水经济效益和天然降水利用效率等 4 个目标的实际效果(表 2)。

按照计算程序, 运用 $u^{(1)}$ 、 $u^{(2)}$ 、 $u^{(3)}$ 和 $u^{(4)}$ 数据, 在 FC-150C 计算机上运算, 分别求出各目标的效果测度, 然后采用等权重, 求得产量、产值、降水经济效益和降水利用效率 4 个目标的综合效果测度矩阵 $R(\Sigma)$ 。

$$R(\Sigma) = \begin{pmatrix} 0.4474 & 0.4532 & 0.3496 & 0.3247 & 0.3553 & 0.2209 & 0.5558 \\ 0.5145 & 0.5170 & 0.4262 & 0.3099 & 0.3357 & 0.2151 & 0.5323 \\ 0.5587 & 0.5542 & 0.4863 & 0.2965 & 0.3229 & 0.2002 & 0.5410 \\ 0.5493 & 0.5018 & 0.4131 & 0.3681 & 0.3444 & 0.2086 & 0.6433 \\ 0.6299 & 0.5817 & 0.4724 & 0.3318 & 0.3346 & 0.2413 & 0.6918 \\ 0.6739 & 0.5941 & 0.5209 & 0.3801 & 0.3454 & 0.2308 & 0.6902 \\ 0.6963 & 0.5293 & 0.4752 & 0.4575 & 0.3218 & 0.2295 & 0.6399 \\ 0.7636 & 0.5415 & 0.5327 & 0.4811 & 0.3231 & 0.2176 & 0.6182 \end{pmatrix}$$

对 $R(\Sigma)$ 进行行列优劣变化。求得优序化决策阵 R^* 。

$$R^* = \begin{pmatrix} 0.7636 & 0.6918 & 0.5941 & 0.5327 & 0.4811 & 0.3553 & 0.2413 \\ (8,1) & (5,7) & (6,2) & (8,3) & (8,4) & (1,5) & (5,6) \\ 0.6963 & 0.6902 & 0.5817 & 0.5209 & 0.4575 & 0.3454 & 0.2308 \\ (7,1) & (6,7) & (5,2) & (6,3) & (7,4) & (6,5) & (6,6) \\ 0.6739 & 0.6433 & 0.5715 & 0.4863 & 0.3816 & 0.3444 & 0.2295 \\ (6,1) & (4,7) & (8,2) & (3,3) & (5,4) & (4,5) & (7,6) \\ 0.6399 & 0.6299 & 0.5542 & 0.4752 & 0.3801 & 0.3357 & 0.2209 \\ (7,7) & (5,1) & (3,2) & (7,3) & (6,4) & (2,5) & (1,6) \\ 0.6182 & 0.5587 & 0.5470 & 0.4724 & 0.3681 & 0.3346 & 0.2176 \\ (8,7) & (3,1) & (2,2) & (5,3) & (4,4) & (5,5) & (8,6) \\ 0.5553 & 0.5493 & 0.5293 & 0.4262 & 0.3247 & 0.3231 & 0.2157 \\ (1,7) & (4,1) & (7,2) & (2,3) & (1,4) & (8,5) & (2,6) \\ 0.5410 & 0.5415 & 0.5018 & 0.4131 & 0.3229 & 0.3099 & 0.2086 \\ (3,7) & (2,1) & (4,2) & (4,3) & (3,5) & (2,4) & (4,6) \\ 0.5323 & 0.4474 & 0.4532 & 0.3496 & 0.3213 & 0.2965 & 0.2002 \\ (2,7) & (1,1) & (1,2) & (1,3) & (7,5) & (3,4) & (2,6) \end{pmatrix}$$

表2 不同水文年高水平投入旱地七种种植方式的产量、产值、降水经济效益和降水利用效率

代 号	$u^{(1)}$ 产 量 (kg/亩)				$u^{(2)}$ 产 值 (元/亩)									
	冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏谷	冬小麦—夏大豆	玉米	谷子	大豆	棉花	冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏谷	冬小麦—夏大豆	玉米	谷子	大豆	棉花
AA	247.7	241.3	165.2	188.2	193.6	93.5	134.3	143.6	154.0	143.7	94.1	116.1	102.8	375.9
BA	303.2	312.9	219.9	193.8	198.2	98.3	138.2	181.7	203.2	186.6	96.9	118.9	108.1	386.8
CA	365.4	354.5	285.8	207.9	213.8	102.7	145.1	224.2	232.8	231.4	102.9	123.3	113.1	406.3
AB	405.5	354.7	298.2	284.0	249.0	132.6	207.5	232.5	227.8	213.4	142.0	149.4	112.7	581.0
BB	459.3	411.1	300.9	294.6	243.7	135.3	220.0	270.7	267.0	253.7	147.3	146.2	148.8	616.0
CB	509.1	462.8	347.0	301.2	260.7	134.3	225.0	304.3	253.1	234.7	152.1	156.4	147.7	630.0
AC	556.7	404.4	326.7	383.5	254.1	139.4	215.0	318.1	263.1	277.7	191.3	152.5	153.3	602.0
BC	617.6	442.0	375.2	399.0	250.6	135.2	210.0	360.3	290.1	312.7	162.5	150.3	148.7	568.0

(续表)

代 号	$u^{(3)}$	降 水	经 济	效 益	(元/mm·亩)			$u^{(4)}$	降 水	利 用	数 率 (kg/mm·亩)			
		冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏大豆	冬小麦—夏玉米	谷子	大豆	棉花		冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏大豆	谷子	大豆	棉花	
AA	0.443	0.475	0.443	0.290	0.353	0.317	1.159	0.76	0.75	0.51	0.58	0.60	0.29	0.41
BA	0.497	0.555	0.510	0.265	0.325	0.295	1.057	0.83	0.86	0.60	0.55	0.54	0.27	0.38
CA	0.507	0.527	0.523	0.235	0.290	0.256	0.919	0.83	0.80	0.65	0.47	0.48	0.23	0.33
AB	0.444	0.435	0.407	0.271	0.285	0.215	1.103	0.77	0.63	0.47	0.51	0.43	0.25	0.36
BB	0.546	0.503	0.431	0.281	0.279	0.284	1.175	0.83	0.73	0.57	0.56	0.46	0.26	0.42
CB	0.511	0.443	0.506	0.270	0.278	0.263	1.120	0.90	0.82	0.62	0.53	0.46	0.21	0.43
AC	0.543	0.423	0.452	0.312	0.248	0.249	0.979	0.91	0.66	0.53	0.62	0.41	0.23	0.41
BC	0.567	0.456	0.492	0.314	0.236	0.234	0.925	0.97	0.70	0.53	0.60	0.39	0.21	0.40

表3 不同水文年低水平投入旱地七种种植方式的产量、产值、降水经济效益和降水利用效率

代 号	$u^{(1)}$ 产 量 (kg/亩)				$u^{(2)}$ 产 值 (元/亩)									
	冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏谷	冬小麦—夏大豆	玉米	谷子	大豆	棉花	冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏谷	冬小麦—夏大豆	玉米	谷子	大豆	棉花
AA	102.8	100.5	66.1	73.6	80.6	43.6	49.3	57.4	62.1	60.9	36.8	48.3	48.0	137.9
EA	123.3	121.9	88.3	76.4	81.7	45.4	58.7	71.1	78.0	77.5	38.2	49.0	49.7	164.0
CA	153.0	156.5	117.5	79.0	84.3	49.2	59.8	91.0	101.3	98.1	39.5	50.6	54.1	167.0
AB	169.2	147.6	101.6	117.8	99.4	69.1	72.8	99.4	93.4	92.2	53.9	59.6	76.0	203.8
BB	198.7	178.3	134.2	124.2	107.9	67.5	74.9	114.2	114.5	115.6	62.1	64.8	74.3	209.7
CB	224.3	195.7	161.8	123.6	117.5	63.8	75.6	132.2	126.8	136.4	61.8	70.5	75.6	211.7
AC	227.2	209.2	181.4	150.5	120.7	74.4	99.3	129.2	135.6	156.5	75.3	72.4	81.8	277.9
EC	253.1	221.2	194.0	154.3	126.1	73.0	100.8	147.1	144.7	163.4	77.1	75.6	80.3	282.4

(续表)

代 号	$u^{(3)}$	降 水	经 济	效 益	(元/mm.亩)		$u^{(4)}$	降 水	利 用	效 率	(kg/mm.亩)				
		冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏谷	冬小麦—夏大豆	玉米	谷子	大豆	棉花	冬小麦—夏玉米	冬小麦—夏谷	冬小麦—夏大豆	玉米	谷子	大豆	棉花
AA	0.177		0.195	0.188	0.113	0.149	0.148	0.425	0.32	0.31	0.20	0.23	0.25	0.13	0.15
EA	0.194		0.213	0.212	0.104	0.134	0.136	0.448	0.34	0.33	0.24	0.21	0.22	0.12	0.16
CA	0.206		0.229	0.222	0.039	0.114	0.122	0.378	0.35	0.35	0.27	0.18	0.19	0.11	0.14
AB	0.180		0.178	0.176	0.112	0.114	0.145	0.389	0.32	0.23	0.19	0.22	0.19	0.13	0.14
EB	0.218		0.218	0.220	0.118	0.124	0.142	0.400	0.38	0.34	0.26	0.24	0.21	0.13	0.14
CB	0.235		0.225	0.243	0.110	0.125	0.134	0.376	0.40	0.35	0.29	0.22	0.21	0.12	0.13
AC	0.210		0.221	0.255	0.123	0.118	0.133	0.452	0.37	0.34	0.30	0.24	0.20	0.12	0.16
EC	0.231		80.22	0.257	0.121	0.119	0.126	0.444	0.41	0.35	0.31	0.24	0.20	0.11	0.16

矩阵 R^* 中分子为综合效果测度,分母为优序化前的行列标,分别代表事件和对策。优序化决策矩阵被分为5个梯段(虚线表示),按梯段选择的最优化决策为:

1. 旱早年型以棉花、冬小麦-夏谷、冬小麦-夏玉米和单季谷子四种种植方式较好。
2. 平早年型以冬小麦-夏谷、棉花、冬小麦-夏玉米和冬小麦-大豆四种方式较好。
3. 湿早年型以冬小麦-夏玉米、冬小麦-夏谷、棉花和冬小麦-夏大豆四种方式较好。
4. 旱平、平平和平湿平年型以棉花、冬小麦-夏玉米、冬小麦-夏谷和冬小麦-夏大豆四种方式较好。棉花在四种方式中居第一位。
5. 旱湿和平湿年型以冬小麦-夏玉米、棉花、冬小麦-夏谷和冬小麦-夏大豆四种方式较好。冬小麦-夏玉米在四种种植方式中居第一位。

二、不同水文年低水平投入旱地种植方式

因7种方式经营管理粗放,施肥水平较低,通过试验和调查得出不同水文年7种植方式的产量、产值、降水经济效益和降水利用效率4个目标的实际效果(表3)。

利用计算机,运用 $u(1)$ 、 $u(2)$ 、 $u(3)$ 和 $u(4)$ 资料,求得产量、产值、降水经济效益和降水利用效率四个目标的综合效果测度矩阵 $R(\Sigma)$:

$$R(\Sigma) = \begin{pmatrix} 0.4454 & 0.4520 & 0.3452 & 0.3081 & 0.3573 & 0.2467 & 0.4960 \\ 0.4994 & 0.5085 & 0.4195 & 0.2949 & 0.3324 & 0.2373 & 0.5485 \\ 0.5591 & 0.6002 & 0.4904 & 0.2707 & 0.3070 & 0.2311 & 0.5014 \\ 0.5455 & 0.4977 & 0.3954 & 0.3647 & 0.3299 & 0.2950 & 0.5529 \\ 0.6254 & 0.6055 & 0.5151 & 0.3393 & 0.3606 & 0.2903 & 0.5663 \\ 0.7126 & 0.6435 & 0.5923 & 0.3718 & 0.3757 & 0.2822 & 0.5495 \\ 0.6806 & 0.6563 & 0.6418 & 0.4298 & 0.3706 & 0.2927 & 0.6917 \\ 0.7580 & 0.6862 & 0.6675 & 0.4340 & 0.3793 & 0.2922 & 0.6927 \end{pmatrix}$$

对 $R(\Sigma)$ 进行行列优序化变换,求得优序化决策阵 R^* 。

$$R^* = \begin{pmatrix} 0.7580 & 0.6927 & 0.6862 & 0.6675 & 0.4340 & 0.3793 & 0.2950 \\ (8,1) & (8,7) & (8,2) & (8,3) & (8,4) & (8,5) & (4,6) \\ 0.7126 & 0.6917 & 0.6563 & 0.6418 & 0.4298 & 0.3757 & 0.2927 \\ (6,1) & (7,7) & (7,2) & (7,3) & (7,4) & (6,5) & (7,6) \\ 0.6806 & 0.6435 & 0.5923 & 0.5663 & 0.3893 & 0.3707 & 0.2922 \\ (7,1) & (6,2) & (6,3) & (5,7) & (5,4) & (7,5) & (8,6) \\ 0.6254 & 0.6055 & 0.5529 & 0.5151 & 0.3718 & 0.3606 & 0.2903 \\ (5,1) & (5,2) & (4,7) & (5,3) & (6,4) & (5,5) & (5,6) \\ 0.6002 & 0.5591 & 0.5494 & 0.4904 & 0.3647 & 0.3573 & 0.2822 \\ (3,2) & (3,1) & (6,7) & (3,3) & (4,4) & (1,5) & (6,6) \\ 0.5435 & 0.5455 & 0.5035 & 0.4195 & 0.3324 & 0.3081 & 0.2467 \\ (2,7) & (4,1) & (2,2) & (2,3) & (2,5) & (1,4) & (1,6) \\ 0.5014 & 0.4994 & 0.4994 & 0.3954 & 0.3299 & 0.2949 & 0.2373 \\ (3,7) & (4,2) & (2,1) & (4,3) & (4,5) & (2,4) & (2,6) \\ 0.4960 & 0.4520 & 0.4454 & 0.3452 & 0.3070 & 0.2707 & 0.2311 \\ (1,7) & (1,2) & (1,1) & (1,3) & (3,5) & (3,4) & (3,6) \end{pmatrix}$$

优序化决策矩阵被分为五个梯段(虚线表示)按梯段选择的最优化决策为:

1. 旱旱和平旱年型以棉花、冬小麦-夏谷、冬小麦-夏玉米和冬小麦-夏大豆四种种植方式较好。
2. 湿旱年型以冬小麦-夏谷、棉花、冬小麦-夏玉米和冬小麦-夏大豆四种方式较好。
3. 旱平和旱湿年型以棉花、冬小麦-夏玉米、冬小麦-夏谷和冬小麦-夏大豆四种种植方式较好。
4. 平平年型以冬小麦-夏玉米、冬小麦-夏谷、棉花和冬小麦-夏大豆四种方式较好。
5. 湿平年型以冬小麦-夏玉米、冬小麦-夏谷、冬小麦-夏大豆和棉花四种方式较好。
6. 平湿年型以冬小麦-夏玉米、棉花、冬小麦-夏谷和冬小麦-夏大豆四种方式较好。

讨 论

1. 黑龙港区旱地在低水平投入及粗放管理情况下, 旱旱、平旱、旱平和旱湿4种水文年种植棉花效果最好; 在平平、湿平和平湿三种水文年以种植冬小麦-夏玉米两茬为最优; 在湿旱年型最好采用冬小麦-夏谷两茬种植方式。在高水平投入及集约管理情况下, 无论何种种植方式作物产量均在低投入水平的基础上有明显的提高。在旱旱、旱平、平平和平湿4种水文年以种植棉花效果最好; 在湿平、旱湿和平湿三种水文年以种植冬小麦-夏玉米两茬最优, 在平旱年型以种植冬小麦-夏谷两茬为好。以上决策为在该区发展棉花和扩大秋夏两季种植面积, 增加旱地产量, 提高经济效益, 充分利用光热水资源提供了依据。

2. 适宜的种植方式除考虑产量、效益及资源合理利用外, 也应注重作物间的时空配合效果, 前后作茬口特性的影响, 同时还应考虑人们对各种作物的需求数量。

3. 灰色系统理论和模糊数学的兴起, 为在农业上广泛应用数学方法, 解决实际问题, 开辟了广阔的应用前景。本研究应用灰色系统理论对黑龙港地区旱地不同水文年种植方式进行了灰色决策, 仅选择了4种目标, 也可考虑积温利用、日照和资源的保护利用程度等更多目标。

本研究承蒙贵州农学院郭超亚教授和本所黄森昆副研究员帮助, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 罗建军等. 灰色系统理论及其控制. 北京: 农业出版社, 1987, 60~70
- 2 邓聚龙. 灰色系统. 北京: 国防工业出版社, 1987, 86~90
- 3 郭超亚等. 贵州旱地多熟制种植方式的灰色决策. 贵阳: 贵州科技出版社, 1990: 139~142

A Preliminary Report on the Grey Decision Approach for the Planting Ways in Dry Land of Heilonggang Area in Different Hydrological Years

Liu Jinyu Gao Wenxuan Yuan Fengshan Lu Zanmin

(Cangzhou Institute of Agricultural Sciences, Cangzhou)

Abstract According to the results of investigation in many years, the practical effects of seven planting ways in yield, output value, precipitation economic benefit and precipitation application efficiency in the dry land of Heilonggang area and in different hydrological years were analysed using methods of the grey theory and the multiple-objective grey decision. The planting ways suitable to various hydrological years at various input levels were described which may provide basis for scientific planting in Heilonggang area.

Key words: Dry land; Hydrological year; Planting way; Grey decision; Heilonggang area