

渭北旱塬节水型种植业结构优化研究

——以长武县为例

高琼¹, 谢小玉¹, 王立祥², 王龙昌¹, 曹群虎³, 段长林³

(1. 西南大学农学与生物科技学院, 重庆 400716; 2. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 长武县农业技术推广中心, 陕西 长武 713600)

摘要: 以陕西长武县为例, 对典型旱作农区种植业结构的现状进行了分析, 基于模糊优选理论, 以经济、社会、生态三者综合效益最大为目标, 构建节水型种植结构多目标模糊优化模型, 提出长武县 2010、2015、2020 年的节水型种植结构优化调整方案。依据方案, 2010、2015、2020 年粮食作物种植面积比 2007 年分别下降 11%、19%、24%; 经济作物种植面积提高 7%、12%、17%; 饲草作物提高 8%; 降水资源的利用效率从 2007 年的 6.86 kg/(mm·hm²) 上升到 2020 年的 14.08 kg/(mm·hm²)。

关键词: 渭北旱塬; 节水型种植结构; 多目标模糊优化模型

中图分类号: F323.213 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0219-06

长武县地处陕西省渭北旱塬西部, 属于西北黄土高原丘陵沟壑区, 东与彬县为邻, 南与甘肃省灵台县接壤, 西与甘肃省泾川接壤, 北与甘肃省宁县、正宁县接壤, 成为渭北与陇东高原结合部的过渡地带。南北长 30.06 km, 东西长 27.36 km, 总面积 567.1 km²。属西北内陆暖温带半湿润大陆性季风气候区, 四季冷暖干湿分明, 年均日照 2 226.5 h, 气温 9.1℃, ≥10℃ 积温 2 994℃, 无霜期 171 d, 年降水量 587.8 mm。境内黄土母质肥沃熟化, 土壤团粒细, 保墒性能好, 宜于垦耕。光、热量丰富, 降水量多集中于 7~9 月的夏秋季节, 雨热同季, 农作物一年一熟或两年三熟。是陕西省的粮食主产区, 也是我国重要的旱作农业区。

降水是旱地农业唯一的水分补给源, 而土壤水作为降水入渗后所形成的动态水资源, 是作物赖以生存的直接水资源。长期以来, 渭北旱塬普遍实行“三为主”(即: 种植业以粮食作物为主, 粮食作物以夏粮为主, 夏粮以冬小麦为主)的种植业结构。这种结构突出了小麦等夏粮的重要性, 而没有充分发挥当地夏、秋两季丰富的水热资源优势, 更不利于“粮—经—饲”三元结构的形成。近十多年来, 渭北旱塬果树生产得到快速发展, 粮食面积相应减少, 许多地方又面临粮食安全的压力。总体来看, 由于种植结构不合理, 使得有限的降水资源利用率低下, 没有达到生态效益、经济效益、社会效益最大化。因此, 构

建节水型种植结构, 要与旱区降水资源相适应, 以充分提高水分利用效率, 挖掘旱作农田降水生产潜力为目标。

1 长武县种植业现状及存在的问题

从表 1 中可以看出长武县 2000~2007 年主要作物播种面积变化情况。2000~2007 年, 小麦播种面积呈现急剧减少趋势, 从 11 287 hm² 下降到 7 742 hm²; 玉米播种面积却呈缓慢增加趋势, 从 2 194 hm² 到 3 543 hm²; 而饲料作物一直处于占农作物总播种面积的 2% 左右; 蔬菜和油料作物都趋于缓慢增长的状态。由于近年来果业的快速发展, 整个渭北旱塬果树的种植面积大幅度增长, 长武县果树种植面积由 2000 年的 6 667 hm² 增加到 2007 年的 14 333 hm², 占种植业总面积的 46%。

从长武县种植结构发展来看, 作物结构比例明显失调, 表现为粮食作物比重过大, 经济作物比重偏小, 饲料作物严重不足, 其结构属于以粮食作物为主的“粮—经”二元结构, 也是耗水型结构。粮食作物播种面积占农作物总播种面积的比例一直保持在 80% 以上, 而具有高用水性能的饲料作物没有得到应有的重视, 因而粮食作物、经济作物、饲料作物的三元种植结构还没有建立起来。由于经济因素导致果树的种植面积不断扩大, 挤占了耕地面积, 使粮食种植的面积有缩小的趋势。

收稿日期: 2008-12-20

基金项目: 农业部“948”项目(2006-G52); 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD29B08); 国家自然科学基金项目(30871474)

作者简介: 高琼(1982—), 女, 新疆伊宁人, 硕士研究生, 主要从事农业生态与农业工程研究。E-mail: joan_1214_2004@163.com。

通讯作者: 谢小玉(1968—), 女, 陕西勉县人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事农业生态、设施农业方面的教学与科研工作。

E-mail: xiexy8009@163.com。

表 1 长武县历年种植结构的变化

Table 1 The change of planting structure in different periods in Changwu County

年份 Year	种植业总 面积(hm ²) Total planting area	农作物总 面积(hm ²) Total crop planting area	不同作物种植面积(hm ²) Area of different crops						
			小麦 Wheat	玉米 Maize	其他秋粮 Other autumn grain	饲草 Forage	蔬菜 Vegetable	油料 Oil crops	果树 Fruit tree
2000	27957	21290	11287	2194	4444	81	693	400	6667
2001	26733	20067	11175	2456	3436	244	746	349	6667
2002	25033	19420	10754	2962	3060	353	826	394	5613
2003	29315	18945	10047	3298	3857	323	933	487	10370
2004	27358	16988	7252	3629	2788	347	1093	602	10370
2005	30786	17351	7725	3650	2763	272	1217	592	13435
2006	31349	17016	7631	3521	2739	306	1505	684	14333
2007	31316	16983	7742	3543	2929	340	1721	583	14333

注:种植业总面积:指农作物播种面积和果树种植面积总和;农作物总面积:指粮经饲作物的面积。

Note: Total planting area means the sum of total crop planting area and total fruit tree area; Total crop planting area means the total area of grain, cash and forage crops.

从种植业现状看,作物生育期需水与降水资源分布不匹配,粮食作物以冬小麦为主,冬小麦生育期和降雨峰值不相吻合,休闲期正好在全年降雨量最大的季节,虽然渭北旱塬的土层深厚保水性较强,但是夏季温度高,蒸发量也比较大,土壤中能贮存的水量是有限的,因此水分利用率比较低。研究表明,夏粮作物的水分满足率低于秋粮,而且夏粮作物生育期在 3~5 月,容易发生春旱,产量受气候波动影响大,稳产性能差。相反,秋熟作物生育期与降水分布吻合性良好,水分利用效率高,增产潜力大,稳产性能强^[1]。因此,立足当地降水资源分布规律,以提高降水利用效率为目标,调整种植业结构,是发展旱作农区节水型农业的基本方向。

2 节水型种植结构多目标模糊优化模型的建立

本文采用陈守煜提出的模糊优选理论^[2,3],以区域经济、社会、生态综合效益最大作为目标,建立旱区节水型种植结构的多目标模糊优化模型,并使用模糊定权的方法来确定目标的权重,使复杂种植业结构系统的大量定性目标与定量目标的统一得以解决,并且使多目标优化问题得到比较成功的解决。

当某一个旱作农区有多种作物,而降水资源对作物的利用率较低时,为了获得最大的综合效益,必须合理安排每种作物的种植面积,由于作物种植结构决策的优劣,在优选识别过程中,并不存在绝对分明的界限,具有中介过渡性,属于模糊概念。

设旱区有 n 种作物,组成集合

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

样本 j 的特性用 m 个指标特征值表示:

$$X = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$$

则样本集可用 $m \times n$ 阶指标特征值矩阵表示:

$$X = (x_{ij})$$

式中, x_{ij} 为样本 j 指标 i 的特征值; $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

作物种植结构的定量指标通常分为两种类型,即特征值越大越优和越小越优两类,分别采用公式 $r_{ij} = x_{ij}/\max x_j$ 和 $r_{ij} = \min x_j/x_{ij}$ 计算相对隶属度,进行无量纲化;对于定性指标,采用陈守煜提出的以互补性准则为判断准则的二元对比法计算相对隶属度。因此组成了指标相对隶属度矩阵:

$$R = (r_{ij})$$

由矩阵 R 知样本的 j 的 m 个指标相对隶属度:

$$r_j = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})^T$$

一般地,样本集的 m 个指标对优选的影响程度不同,故指标应具有不同的权重,设指标权向量 w

$$= (w_1, w_2, \dots, w_m), \text{ 满足 } \sum_{i=1}^m w_i = 1.$$

应用两级模糊优选模型,得到作物 j 的综合效益对优的相对优属度:

$$u_j = \frac{1}{1 + \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i(r_{ij} - 1)]^p / \sum_{i=1}^m (w_i r_{ij})^p \right\}^{\frac{2}{p}}}$$

以种植区域综合效益最大作为目标,建立旱区节水型种植制度多目标模糊优化模型。建模思路如下:

2.1 目标函数

$$\max Z = \max \sum_{i=1}^m u_j a_j$$

式中, Z 为种植业综合效益^[8]; u_j 为应用两级模糊优化模型得到的作物 j 的综合效益最优的相对优属度; a_j 为作物 j 的最优种植面积。

2.2 决策变量

决策变量共设 8 个。即:小麦(a_1);玉米(a_2);其它粮食(a_3);饲草(a_4);蔬菜(a_5);油菜籽(a_6);果树(a_7)。考虑到本区果园面积较大,从控制水土流失、提高降水资源利用效率、发展畜牧业生产、增加农民收入的角度考虑,可利用一定面积的果园发展果间作(如果园间作三叶草等),因此,增设了一个决策变量——果园饲草(a_4')。

2.3 约束条件

(1) 农作物总种植面积约束:

$$\sum_{j=1}^7 a_j \leq cG + E$$

式中, G 为规划期末农作物耕地面积; E 为果园的种植面积; a_j 为第 j 种农作物最优种植面积; c 为复种指数 150%。

(2) 粮食作物种植面积约束:

$$\sum_{j=1}^3 a_j \leq cd_{j1}G$$

式中, d_{j1} 为粮食作物播种面积占农作物播种面积的比重,其取值根据作物栽培适宜面积约束要求具体确定。

(3) 饲草作物占农作物播种面积约束:

$$\sum_{j=4}^6 a_j \leq d_{j2}G$$

式中, d_{j2} 为饲草作物播种面积占农作物播种面积的比重,其取值根据作物栽培适宜面积约束要求具体确定。

(4) 经济作物种植面积约束:

$$\sum_{j=5}^6 a_j \leq cd_{j3}G$$

式中, d_{j3} 为经济作物(主要包括蔬菜、油菜等)播种

面积占农作物播种面积的比重,其取值根据作物栽培适宜面积约束要求具体确定。

(5) 粮食需求量约束:

$$\sum_{j=1}^3 y_j d_{j4} a_j \geq O$$

式中, O 为粮食需求量; y_j 为第 j 种粮食作物的水分生产潜力值; d_{j4} 为粮食作物水分生产潜力开发度。

(6) 口粮作物(冬小麦)种植面积约束:

$$y_1 a_1 \geq 30\%O$$

根据研究区域实际情况,确保冬小麦产量占粮食总产量的 30%。

(7) 主要作物水分生产潜力约束:

$$\sum_{j=1}^4 Y_j \times a_j / \sum_{j=1}^4 a_j \geq F$$

式中, Y_j 为第 j 种作物的水分生产潜力值; F 为全县主要农作物的水分生产潜力。分别计算作物各自的水分生产潜力,再以种植面积为权重,加权平均计算全县农作物的水分生产潜力。

(8) 园地(果园)种植面积约束:

$$a_7 \leq E$$

式中, E 为果园的种植面积。

(9) 饲草种植面积约束:

$$a_4 + a_4' \geq d_{j5}G$$

式中, d_{j5} 为饲草种植面积占农作物耕地面积的比重。

3 节水型种植结构的优化

3.1 综合效益最优的相对隶属度的确定

长武县主要种植的农作物有小麦、玉米、其他秋粮、油料、果树、蔬菜、饲草七类,种植业的综合效益是以经济效益、社会效益、生态效益作为评价指标,定量评价指标的特征值(见表 2),其中经济效益指标为每种作物每公顷的产值(元/hm²),社会效益指标为每作物销售收入占农民人均纯收入的比重。

表 2 定量评价指标的特征值

Table 2 Considered quantitative feature values of each crop

指标 Index	小麦 Wheat	玉米 Maize	其他秋粮 Other autumn grain	饲草 Forage	蔬菜 Vegetable	油料 Oil crops	果树 Fruit tree
经济效益(元/hm ²) Economic benefit (Yuan/hm ²)	3957	9993	577	1060	8884	2695	16354
社会效益(%) Social benefit	8.05	7.91	0.38	0.05	3.42	0.35	52.36

由于各种作物生态效益是定性指标,很难找到一个量化指标来反映,因此这里选用定性指标定量

化方法,运用专家的经验知识作重要性程度的二元比较判断。在作比较判断时,主要从生态适应性、水

分利用效率、水土保持能力、化肥、农药、农膜使用量、培肥等方面,综合专家的咨询意见,确定 7 种作物生态效益指标的重要性二元比较一致性排序矩阵为:

$${}_7E = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 1 & 0 & 1 & 0.5 & 0 \\ 1 & 0 & 0.5 & 0 & 1 & 0.5 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0.5 & 1 & 1 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 0.5 & 0 & 1 & 0.5 & 0.5 \\ 1 & 1 & 1 & 0.5 & 1 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$$

以排序为 1 的饲料,逐个与排序其他序号的作物做

二元比较判断,对照语气算子与定量标度相对隶属度关系(表 3),有:

$$r_{7j} = (0.25, 0.429, 0.381, 1, 0.144, 0.601, 0.818)$$

于是可得长武县 7 种作物指标特征值相对隶属度矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.242 & 0.611 & 0.035 & 0.065 & 0.543 & 0.165 & 1 \\ 0.154 & 0.151 & 0.007 & 0.001 & 0.065 & 0.007 & 1 \\ 0.250 & 0.462 & 0.381 & 1 & 0.144 & 0.601 & 0.818 \end{bmatrix}$$

应用两级模糊优选模型,得到作物 j 的综合效益最优的相对隶属度 u_j :

$$u_j = (0.0927, 0.4254, 0.1440, 0.6849, 0.1365, 0.4056, 0.97273)$$

表 3 语气算子与定量标度相对隶属度关系

Table 3 Relationship between linguistic operator and relative membership of quantitative scales

语气算子 Mood operator	同等 Equal	稍稍 A little	略为 Slightly	较为 Relatively	明显 Obviously	显著 Significant	十分 Quite	非常 Extremely	极其 Exceedingly	极端 Extreme	无可比拟 Beyond comparison
定量标度 Quantitative scale	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
相对隶属度 Relative membership degree	1.0	0.818	0.667	0.538	0.429	0.333	0.25	0.176	0.111	0.053	0

3.2 有关参数的确定

根据在长武县统计局、气象局、农业技术推广站收集的(2000~2007年)的统计资料、气象资料、实验资料等,用GM(1,1)、人口自然增长率预测方法^[4]、一元回归预测法等方法进行预测,确定约束方程中的相关参数(见表4,表5)。

2007年长武县的总人口为177 221人,到2020年总人口将增长到185 917人。现长武县人均粮食自给率只有77%,远期目标是到2020年粮食自给率要达到100%,按粮食的人均需求量为380 kg/人·a^[7],确定粮食的总需求量。从农业和农村经济可持续发展的角度考虑,园地不再大幅度增加,保持耕地动态平衡,到2020年全县农作物的耕地面积保持在10 295 hm²。

在结构优化中,注重发展“粮—经—饲”三元种植结构。卢良恕等提出我国粮食作物、经济作物、饲料作物理想的种植面积比例为4:3:3^[5]。从粮食安全的角度考虑,根据当地实际情况,粮—经—饲种植面积比例7:2:1(2010年)、6.5:2.5:1(2015年)、6:3:1(2020年)为宜。由于耕地面积有限,在园地里套作饲草,使饲草种植面积与粮、经种植面积的比例为6:3:3,甚至可以达到6:3:4。果树面积保持在14 333 hm²。

3.3 优化结果与分析

运用LINGO软件编写求解程序,求得2010~

2020年长武县节水型种植优化方案(见表6)。

表 4 约束方程中相关参数

Table 4 Relative parameters in constraint equation

参数 Parameters	现状 (2007) Status	近期 (2010) Recent	中期 (2015) Middle	远期 (2020) Forward
人口数量(人) Population	177221	178642	182243	185917
粮食自给率(%) Grain self-sufficient rate	77	80	90	100
耕地面积(hm ²) Cultivated area	11322	11050	10673	10295
小麦生产潜力开发度(%) Potential productivity development degree of wheat	41	50	60	70
玉米生产潜力开发度(%) Potential productivity development degree of maize	80	85	90	95
其它秋粮生产潜力开发度(%) Potential productivity development degree of other autumn grain crops	35	40	50	60

表 5 水分生产潜力^[6]

Table 5 Potential productivity of water

参数 Parameters	小麦 Wheat	玉米 Maize	其他秋粮 Other autumn grain	饲草 Forage
水分生产潜力(kg/hm ²) Water potential productivity	7119	9978	6300	26220

表6 长武县2010~2020年节水型种植结构优化结果

Table 6 Result of the optimization model for water-saving cropping structure in 2010~2020

作物 Crops	2007		2010		2015		2020	
	面积(hm ²) Area	比例(%) Percentage	面积(hm ²) Area	比例(%) Percentage	面积(hm ²) Area	比例(%) Percentage	面积(hm ²) Area	比例(%) Percentage
小麦 a ₁ Wheat	7742	45.92	4577	27.62	4378	27.35	4253	26.95
玉米 a ₂ Maize	3543	21.02	5451	32.89	5446	34.02	5217	33.06
其它秋粮 a ₃ Other autumn grain	2929	17.37	2126	12.83	583	3.64	135	0.86
饲草 a ₄ Forage	340	2.02	1105	6.67	1601	10.00	1544	9.78
蔬菜 a ₅ Vegetable	1721	10.21	1721	10.38	2666	16.65	2666	16.89
油料 a ₆ Oil crops	583	3.46	1594	9.62	1336	8.34	1966	12.46
果树 a ₇ Fruit tree	14333	—	14333	—	14333	—	14333	—
果园饲草 a ₄ ' Orchard forage	—	—	2210	—	3202	—	4354	—

从优化结果可以看出,粮食作物的比重逐渐下降,2010、2015、2020年分别比基年(2007年)下降了11%、19%、24%;粮食内部结构中,在满足人均对小麦需求量的条件下,小麦种植面积则从7 742 hm²,分别减少了3 165、3 364、3 489 hm²,种植面积比例由45%下降到27%;玉米种植面积比例则由21%逐步增加到33%,而其它秋粮作物由于经济、社会效益较低,在规划年内种植面积快速减少,到2020年其它秋粮作物减少到135 hm²。经济作物的种植面积比例由现在的13%分别增加到2010年的20%、2015年的25%、2020年的30%。饲草作物的种植面积占耕地面积的比重从2%增加到10%就没有再增加,但在园地种植饲草的面积逐年扩大,从2007年到2020年扩大了4 353 hm²,园地中的饲草种植量可以根据畜牧业发展的实际情况在此基础上有所增加。在园地里种植饲草既增加饲料量,对园地有培肥、保持水土等作用,并减少土壤的水分无效蒸发。

对于果树生产,目前长武县果树面积在种植业中已占很高比重(46%)。长武县作为渭北旱塬节水型种植结构优化典型县,从全局考虑:第一,渭北旱塬是陕西省粮食主产区,要确保粮食安全;第二,近年来市场对苹果的需求量达到了饱和状态,继续扩大苹果的种植面积,会给农民带来不必要的损失。因此,在优化结构中果园的种植面积没有变化。

节水型种植结构优化模型是以已有的社会经济条件为基础,通过对农作物种植结构的调整,使种植业综合效益值由17 293增长到18 811;按2007年不变价格计算,2010年、2015年、2020年种植业总产值比2007年分别增长2 221万元、3 917万元、5 048万元;粮食总产量、油料总产量、苜蓿总产量都有大幅度的提高,尤其是油料总产量和饲草总产量比2007

年的总产量分别增长7倍和6倍之多;降水利用效率从2007年的6.86 kg/(mm·hm²)提高到2010年的10.06 kg/(mm·hm²)、2015年的12.91 kg/(mm·hm²)和2020年的14.08 kg/(mm·hm²)(见表7)。

表7 长武县种植业结构优化的综合效益

Table 7 Comprehensive benefits of the optimization model for cropping structure

指标 Index	2007	2010	2015	2020
综合效益值 Comprehensive benefit value	17293	18675	18750	18811
种植业总产值(万元) Total output value (10 ⁴ yuan)	31936	34157	35853	36984
粮食总产量(t) Total grain yield	54773	67881	69443	71157
油料总产量(t) Total oil yield	743	2546	2846	5234
饲草总产量(t) Total forage yield	4512	15935	27286	30363
降水利用效率(kg/(mm·hm ²)) Precipitation use efficiency	6.86	10.06	12.91	14.08

4 小结

以往的节水型种植结构研究多局限于灌溉农区,实施“压缩高耗水作物面积,扩大低耗水作物面积”的研究思路。本研究从旱作农区实际特点出发,用模糊数学方法,以渭北旱塬综合效益最大为目标,并针对提高降水资源利用效率,建立与渭北旱塬降水资源相适应的节水型种植结构优化模型。在保证粮食安全的前提下,扩大雨热同季、水分生产潜力值高、综合效益高的秋熟作物——春玉米和多年生豆科饲草作物,使旱作农区降水资源得到充分的利用,开发农田水分生产潜力,将社会效益、经济效益、生态效益三者结合在一起,提高降水资源利用效率。

尽管本研究提出的模型是合理的,方法是可行的,可以为当地决策部门提供参考,但是作物种植结构调整是一项复杂的系统工程,不仅要考虑耕地资源的限制、降水资源的时空分布不均和作物本身生产潜力的大小,各个生育阶段的需水、缺水规律,还必须结合社会和市场的需求特点,统筹考虑经济社会发展等多方面问题。因此,要将该优化模型运用到实际决策过程中,还要综合考虑市场、经济、政策、社会需求等方面的影响,并积极采用现代生物技术和各种旱作节水农业技术,以降低优化方案实施的风险性。此外,本文建立的“粮—经—饲”三元结构,对于长武县整个县域来说是必要的,但就某一具体乡(镇)、村庄、农场或农户而言,在种植业布局上可因地制宜、各有侧重,以适应专业化、商品化、标准化生产的需要,充分发挥优化结构的综合效益。

参考文献:

- [1] 王龙昌. 宁南旱区应变型种植制度的机理与技术体系构建[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2001:74—89.
- [2] 陈守煜, 马建琴, 邱林. 多维多目标模糊优选动态规划及其在农业灌溉中的应用[J]. 水利学报, 2002, (4):33—38.
- [3] 陈守煜, 马建琴, 张振伟. 作物种植结构多目标模糊优化模型与方法[J]. 大连理工大学学报, 2003, (1):12—15.
- [4] 武学萍. 洛阳市节水型种植制度研究与综合评价[D]. 北京:中国农业科学院, 2006:96—99.
- [5] 卢良恕, 等. 中国农业需水与节水高效农业建设[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004:241—244.
- [6] 信乃谄, 王立祥. 中国北方旱区农业[M]. 南京:江苏科学技术出版社, 1998:150—196.
- [7] 胡利平, 许彦平. 天水旱作区自然降水生产潜力的适度开发对策[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6):17—21.
- [8] 高明杰, 罗其友. 水资源约束地区种植业结构优化研究[J]. 自然资源学报, 2008, (3):204—210.

Study on the optimization of water-saving cropping structure in Weibei dryland

—With Changwu County as example

GAO Qiong¹, XIE Xiao-yu¹, WANG Li-xiang², WANG Long-chang¹, CAO Qun-hu³, DUAN Chang-lin³

(1. College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. Changwu Agricultural Technology Extension Center, Changwu, Shaanxi 713600, China)

Abstract: Based on fuzzy optimization theory, with Changwu County as example, the planting structure situation of typical dryland farming region was analyzed. In order to attain the maximum comprehensive benefits in economy, society and ecology, the thesis established a multi-objective fuzzy optimization model of water-saving cropping structure, and concluded the optimized project in the year of 2010, 2015 and 2020. According to the project, compared with 2007, the crop planting area decreased by 11%, 19% and 24% respectively; economic crop planting area increased by 7%, 12% and 17%; and fodder-crop planting area raised by 8%. The utilization efficiency of rainfall ascend from 6.86 kg/(mm·hm²) in 2007 to 14.08 kg/(mm·hm²) in 2020.

Key words: Weibei dryland; water-saving cropping structure; multi-objective fuzzy optimization model