

不同粮食消费模式下西北旱区大型灌区耕地压力分析

张翔^{1,2}, 张青峰^{1,2}, 田龙^{1,2}, 王武卫³

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100;
3. 陕西省渭南市东雷二期抽黄工程管理局, 陕西 渭南 714000)

摘要: 利用耕地压力指数模型, 计算分析了 2010 年西北旱区大型灌区不同粮食消费模式下的耕地压力指数、粮食盈余情况及可再承载人口状况。结果表明: 在平衡膳食(PH)、初步小康或营养安全(XK)、富裕型(FY)社会三种不同粮食消费模式下, 西北旱区 97 所大型灌区的耕地压力虽差异明显, 但整体压力较小, 三种模式的平均耕地压力指数(K 值)均小于 1, 人粮关系较为和谐, 除保证自身粮食需求外仍有一定的粮食盈余; 三种模式下, 粮食盈余量为 869.19、586.18、41.46 万 t, 可再承载人口数为 2698.75、1465.46、75.38 万人。

关键词: 耕地压力指数; 粮食盈余量; 承载人口; 人粮关系; 西北旱区; 大型灌区
中图分类号: F323.21 **文献标志码:** A

Analysis of the arable pressure on large-scale irrigation areas in the arid regions of northwest China under different food consumption patterns

ZHANG Xiang^{1,2}, ZHANG Qing-feng^{1,2}, TIAN Long^{1,2}, WANG Wu-wei³

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Water Saving Agriculture in Arid Areas of China, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. 2nd Donglei of Yellow River Diversion Project Bureau in Weinan, Weinan, Shaanxi 714000, China)

Abstract: Based on the arable pressure index (API) model, the APIs of large-scale irrigation areas in arid regions of northwest China were calculated, and the conditions of food supplies and re-carrying population were analyzed under different food consumption patterns. The results showed that the overall APIs were still low, average arable pressure indexes (K values) of three patterns were less than or equal to 1, and the relationship between population and food production was relatively harmonious, although there were obvious differences in APIs of 97 irrigations under different food consumption patterns. In addition to supplying food for self-consumptions, there was still respectable amount of surplus food, which was 869.19, 586.18 and 41.46 ten thousand tons, respectively, under the economic society of balanced diet (PH), a comfortable level of living (XK), and relatively comfortable society (FY). The re-carrying populations were 2698.75, 1465.46, and 75.38 ten thousand people, respectively. The results could be used to provide data and theoretical bases for assessing the status of arable land resources in the northwest arid areas.

Keywords: arable pressure index; arable pressure; food supply; re-carrying population; relationship between population and food production; arid region of northwest China; large-scale irrigation area

随着工业化、城镇化的快速发展、人口不断增加和人民生活水平的提高, 居民食品消费结构持续升级, 我国粮食供求形势处于波动性紧平衡状态^[1]。粮食持续稳定增产的难度加大, 粮食消费需求刚性增长, 而耕地减少、水资源短缺、气候变化等对粮食生产的约束日益突出。作为发展中国家和农业大国, 我国的粮食安全问题是保障国家安全的基本要求, 也是人-粮关系中需要统筹解决的重要科学难

收稿日期: 2014-03-10
基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2011BAD29B09-1-1C)
作者简介: 张翔 (1988—), 男, 甘肃张掖人, 硕士研究生, 研究方向为地图学与地理信息系统。E-mail: giszx@nwsuaf.edu.cn。
通信作者: 张青峰 (1974—), 男, 副教授, 主要从事地图学与地理信息系统、土地资源与空间信息技术研究。E-mail: zhqf@nwsuaf.edu.cn。

题^[2]。近年来,有关粮食安全的研究从长时间序列粮食生产态势、时序变化、空间格局与驱动机制,到国家、省市、县、区不同层面粮食生产规律与粮食安全规划,对于制定粮食生产总体规划和促进我国粮食安全具有重要的意义。伴随着人粮矛盾由“粮缺型-钱缺型-营养型”的变化,粮食安全亦经历了“总量-购买-营养”的转变^[3],并被赋予了平衡膳食和营养安全的内涵。粮食安全、平衡膳食、营养安全模式下的人-粮关系的研究,是未来经济社会中粮食生产面临的重要科学问题。

我国水资源总量贫乏,开发利用程度极不平衡,人均水资源占有量低且分布极不均匀,水土资源分布极不匹配^[4]。由于降雨的时空分布不均所致水旱灾害频繁,即使在我国南部及降雨量较高的湿润地区,夏季和秋季的干旱仍然严重影响着水稻的生产;东北及北部等半湿润地区,小麦的生产受缺水的影响较大,而在西北干旱半干旱地区,没有灌溉就意味着没有农业^[5],可见灌溉在提高作物产量方面发挥着非常重要的作用。迄今为止,我国共建有大型灌区 402 所,总规划灌溉面积 1 920 万 hm^2 ,有效灌溉面积 1 580 万 hm^2 ,有效灌溉面积、耕地面积和粮食产量分别占全国总量的 29%、11% 和 22%^[6],粮食平均单产是全国平均水平的 1.75 倍。大型灌区不仅是我国农业规模化生产和重要的商品粮、棉、油基地,也是重要的人口集聚地,是农业、农村乃至经济社会发展的重要基础设施,在维持粮食安全和农业稳定方面具有重要意义。西北旱区共有大型灌区 97 所,占大型灌区总数的 24%,分布着诸多商品粮基地如河西走廊、内蒙古的大青山南北、青海的湟水谷底和柴达木盆地、宁夏的河套平原、新疆的伊犁河谷地和天山北麓平原等,承载着区域乃至全国的粮食供给,对于区域及全国的粮食安全具有重要意义。然而西北旱区也存在着诸多制约农业协调持续发展的因素,如年积温较低,光热效能不高,土壤肥力不足,耕地品位不高,水资源紧缺等,区域内人口、粮食和耕地之间的矛盾日益突出^[7-9],耕地状况能否确保粮食供求基本平衡、维护经济社会稳定,是社会发展中的首要问题。

耕地压力模型是由我国学者蔡运龙教授于 21 世纪初根据我国耕地资源流失原因及态势的分析,提出的一种新的分析粮食安全状况的方法^[10],该方法能因地制宜地兼顾食物安全和经济发展对土地的需求,具有显著的科学性和可操作性,是分析粮食安全动态的重要工具。纵观有关耕地压力的研究,主要集中在如何评价土地资源安全、土地限制性分析

等时空变化及影响机理等方面^[11-18],研究尺度多以省、地区、县(市)进行,以灌区为对象的研究却鲜有报道。为此,本文以西北旱区中的大型灌区为对象,利用耕地压力模型科学认识其不同粮食消费模式下的耕地压力状况,评估其人-粮关系,进而为西北旱区农业水土资源的优化配置提供依据,具有重要现实意义。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区域概况

西北旱区地处半湿润偏旱区向干旱典型大陆性气候过渡区^[19-21],辖疆、青、甘、宁、陕、蒙 6 个省 57 个地区 391 个县(自治县、县级市、旗、市辖区),总面积 $3.74 \times 10^6 \text{ km}^2$ ^[7],约占全国国土面积的 39%。总人口约 1.01×10^8 人,占全国总人口 7.54%。其中,97 所大型灌区的分布见图 1,其总土地面积约为 43.56 万 km^2 ,耕地面积 $5.31 \times 10^6 \text{ hm}^2$,粮食总产量为 2 039 万 t,总人口 3 631 万人,人口密度为 $80.6 \text{ 人} \cdot \text{km}^{-2}$,实际人均耕地面积约 $0.146 \text{ hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$,粮食单产约为 $7\ 100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

1.2 数据来源

根据全国大型灌区续建配套与节水改造规划灌区分布图,通过几何配准、数字化、镶嵌获得西北旱区大型灌区空间分布信息,属性数据源自 2010 年各省大型灌区统计资料。

1.3 耕地压力指数模型

耕地压力指数 K 值反映了一定区域的耕地压力状况, K 值与 1 的偏离程度代表了最小人均耕地面积值和实际值的离合度,偏离程度越大,表明耕地资源的安全($K < 1$)或压力($K > 1$)程度越强。计算方法见式(1):

$$K = \frac{S_{\min}}{S} \tag{1}$$

式中, $\bar{S}$ 为实际人均耕地面积(hm^2); $S_{\min}$ 为最小人均耕地面积(hm^2),指区域内保障粮食需求下的最小人均耕地面积的理论需求,计算方法见式(2):

$$S_{\min} = \beta \frac{G_r}{pqk} \tag{2}$$

式中, β 为粮食自给率(%),按照 100% 计算,即认为粮食需求均由自行生产供给; p 为粮食单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$); q 为粮食作物播种面积与总播种面积之比(%); k 为复种指数(%); G_r 为人均粮食需求量($\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$),不同经济社会、不同国家、不同人种有所不同。

因此,公式(1)可进一步转化为:

$$K=\frac{S_{\min}}{S}=\frac{\beta G_p R}{p}$$

(3)

式中, R 为总人口(人); P 为粮食总产量(kg)。

1.4 耕地压力分级标准

结合西北旱区耕地资源和社会经济发展的现实状况,对大型灌区耕地压力指数统计数据进行聚类分析,参照相关文献[7,11–14,20,22],确定了西北旱区大型灌区耕地压力分级标准,如表 1 所示。

1.5 人均粮食需求量选择

已有研究表明,我国不同经济社会条件下的人均粮食消费模式即人均粮食需求量不同^[23–27](见图 2)。据此,本研究分别选定代表平衡膳食中等水平(PH)、营养安全及初步小康型(XK)、富裕型(FY)经济社会中人均粮食消费量(分别为 322.07、400、550 kg·a⁻¹)以揭示不同经济社会中的人–粮关系。

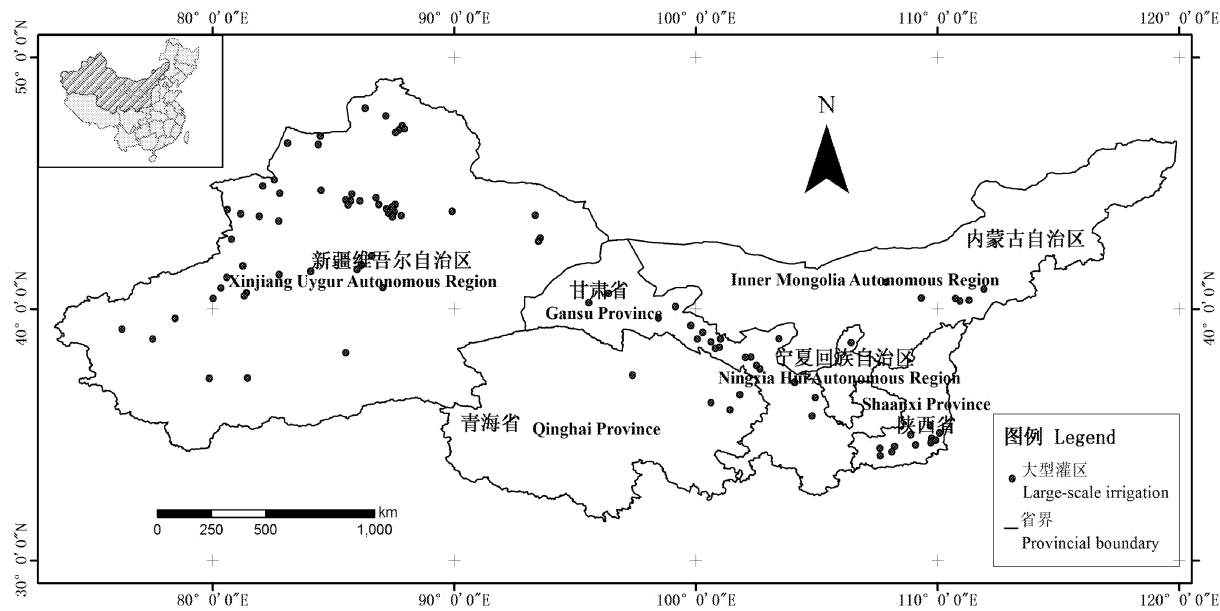


图 1 西北旱区大型灌区分布图

Fig.1 Distribution of large-scale irrigation areas in arid regions of northwest China

表 1 耕地压力分级评价标准

Table 1 Grading criteria for arable pressures

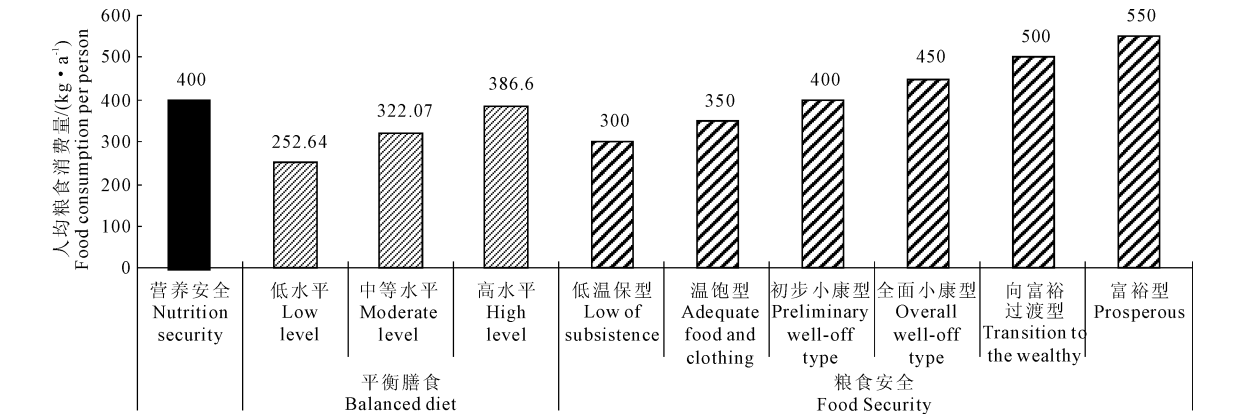
耕地压力级别 Level	耕地压力指数 K	表征类型 Type	亚级 Sub-level	耕地压力指数 K	表征状态 Characteristics
I	[0.0,0.8)	不明显 Not obvious	I a	[0.0,0.2)	很小 Very small
			I b	[0.2,0.5)	较小 Smaller
			I c	[0.5,0.8)	小 Small
II	[0.8,1.0)	预警 Alert	II a	[0.8,0.9)	稍小 Slightly smaller
			II b	[0.9,1.0)	稍大 Slightly larger
III	[1.0,+ ∞)	明显 Obvious	III a	[1.0,1.5)	大 Big
			III b	[1.5,2.0)	较大 Bigger
			III c	[2.0,+ ∞)	很大 Very big

2 结果与分析

2.1 总体耕地压力

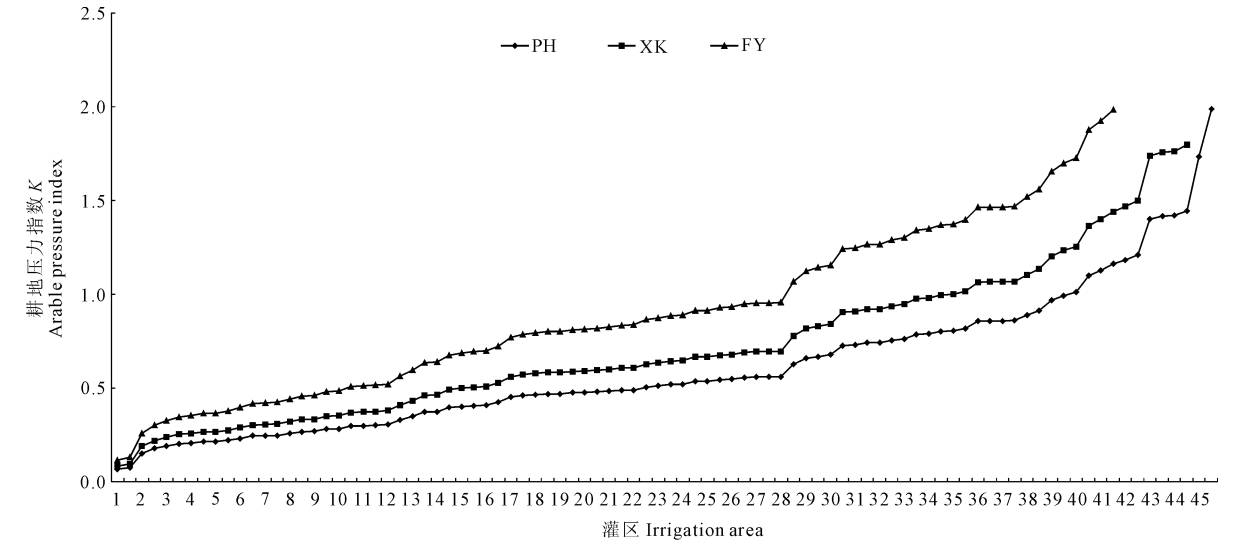
由耕地压力模型模拟的结果表明(图 3 和表 2),随着经济社会由平衡膳食的中等水平(PH)向初步小康社会或营养安全(XK)和富裕型社会(FY)的发展演变,西北旱区大型灌区总体耕地压力表现出

“不明显小(0.574)—不明显小(0.712)— 预警稍大(0.980)”的演变规律,且二者具有良好的线性相关关系。这表明,依据目前的耕地与人口的数量关系、粮食作物种植结构和技术水平条件下,西北旱区大型灌区整体上完全能够满足小康型和富裕型社会的粮食需求。



注:依据我国卫生部门推荐每人日食热值计算^[23-27]。
Note: According to China Health Department recommend caloric value per person per day^[23-27].

图 2 不同粮食消费模式下的人均粮食需求量
Fig.2 Per capita food demand on different food consumption society



注: K 值 > 2.0 的数据见表 2。1:农六师开垦河灌区; 2:东河灌区; 3:木扎提河灌区; 4:夏塔灌区; 5:巩乃斯河下游灌区; 6:河套灌区; 7:农五师博尔塔拉灌区; 8:农四师霍尔果斯灌区; 9:福海水库灌区; 10:喀浪古尔灌区; 11:额河一干渠灌区; 12:农十师北屯灌区; 13:麻地壕; 14:南岸; 15:洪临灌区; 16:农一师塔里木灌区; 17:台兰河灌区; 18:交口灌区; 19:农八师安集海灌区; 20:羊毛湾灌区; 21:杂木灌区; 22:友联灌区; 23:镫口扬水; 24:冯家山灌区; 25:农三师前海灌区; 26:柴达木; 27:渭干河灌区; 28:哈巴河大型灌区; 29:洪水河灌区; 30:黄河谷地; 31:额敏河北部灌区; 32:靖会灌区; 33:石堡川灌区; 34:红崖山灌区; 35:马营河灌区; 36:玛纳斯河灌区; 37:大满灌区; 38:农六师五家渠灌区; 39:桃曲坡灌区; 40:兴电灌区; 41:湟水; 42:和田河灌区; 43:农二师十八团渠灌区; 44:阿克苏河灌区; 45:车尔臣河灌区。下同。

Note: Data of K > 2.0 shown in Table 2. 1:Sixth agricultural division Kaiken river irrigation; 2:East river irrigation; 3:Muzhati river irrigation; 4:Xiata irrigation; 5:The downstream of Gongnaisi river irrigation; 6:Hetao irrigation; 7:Fifth agricultural division Boertala irrigation; 8:Fourth agricultural division Huoerguosi irrigation; 9:Fuhai reservoir irrigation; 10:Kalang gur irrigation; 11:E He Yigan canal irrigation; 12:Tenth agricultural division Beitun irrigation; 13:MaDi trench; 14:South coast; 15:Honglin irrigation; 16:First agricultural division Tarim irrigation; 17:Tailan river irrigation; 18:Jiaokou irrigation; 19:Eighth agricultural division Anjihai irrigation; 20:Yangmaowan irrigation; 21:Zamu irrigation; 22:Youlian irrigation; 23:Deng kou yang shui; 24:Fengjiashan irrigation; 25:Third agricultural division Qianhai irrigation; 26:Qaidam; 27:Weigan river irrigation; 28:Habahe large - scale irrigation; 29:Hongshui river irrigation; 30:Yellow river valley; 31:Northern of Emin river irrigation; 32:Jinghui irrigation; 33:Shipuchuan irrigation; 34:Hongya mountain irrigation35:Maying river irrigation; 36:Manas river irrigation; 37:Daman irrigation;38:Sixth agricultural division Wujia canal irrigation; 39:Taoqupo irrigation40:Xingdian irrigation; 41:Huangshui; 42:Hetian river irrigation; 43:Second agricultural division eighteen groups Canal irrigation; 44:Aksu river irrigation; 45:Che' erchen river irrigation. The same below.

图 3 各大型灌区耕地压力指数 (K≤2.0)
Fig.3 Arable pressure indexes of large-scale irrigation area (K≤2.0)

从耕地压力的分级数量占比(图 4)可以看出, 大型灌区的耕地压力在由 PH 型—XK 型—FY 型社

会的发展过程中,表现为以不明显较小为主(38 个)向不明显较小(26 个)和小(27 个)为主、不明显较小(17 个)和明显大(19 个)为主的发展态势。这说明

随着社会发展,灌区耕地压力整体增大,且相当多的灌区的耕地压力逐渐不能满足经济社会对其粮食的需求。

表 2 耕地压力指数大于 2.0 的大型灌区特征值

Table 2 Characteristics of large-scale irrigation area when the API is greater than 2.0

灌区 Irrigation area	耕地压力指数 K Arable pressure index			粮食单产 Per grain output p /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	粮食总产量 Total grain output P /10 ⁴ t	人口密度 Population density /(人 $\cdot\text{km}^{-2}$)	人均耕地面积 Arable land area of per person /hm ²	人均粮食作物 播种面积 Grain crops sown area of per person/hm ²
	PH	XK	FY					
和田河灌区 Hetian river irrigation	—	—	2.021	6574	34.692	30.88	0.068	0.0414
农十二师头屯河灌区 Twelfth agricultural division Toutunhe irrigation	—	—	2.063	7500	0.900	135.88	0.356	0.0766
农二师十八团渠灌区 Second agricultural division eighteen groups canal irrigation	—	—	2.390	7050	1.130	35.58	0.638	0.0296
农八师玛纳斯河灌区 Eighth agricultural division Manas river ir- rigation	—	—	2.418	6825	13.468	84.31	0.279	0.0333
阿克苏河灌区 Aksu river irrigation	—	—	2.424	7380	16.271	22.75	0.203	0.0307
博斯腾灌区 Bositeng irrigation	—	—	2.470	6945	21.886	59.05	0.142	0.0321
车尔臣河灌区 Qiemo river irrigation	—	2.154	2.962	4500	1.155	107.86	0.228	0.0413
农十三师石城子灌区 Thirteenth agricultural division Shichengzi irrigation	—	2.471	3.398	6195	0.350	86.84	0.379	0.0284
双塔灌区 Towers irrigation	2.018	2.507	3.447	8100	1.283	106.15	0.382	0.0286
石城子灌区 Shichengzi irrigation	2.700	3.353	4.611	5670	4.143	421.19	0.064	0.0210
乌鲁木齐河灌区 Urumqi river irrigation	7.336	9.111	12.527	6481	7.201	578.94	0.015	0.0068
农二师塔里木灌区 Second agricultural division Tarim irrigation	8.320	10.334	14.209	5250	0.200	19.46	0.684	0.0037
党河灌区 Dang river irrigation	10.683	13.268	18.244	5625	0.410	212.28	0.184	0.0064
农十二师乌鲁木齐河灌区 Twelfth agriculture division of Urumqi riv- er irrigation	28.762	35.721	49.117	7050	0.030	11.34	0.224	0.0747
煤窑沟灌区 Meiyaogou irrigation	844.427	1048.750	1442.031	4800	0.006	64.54	0.120	0.0001

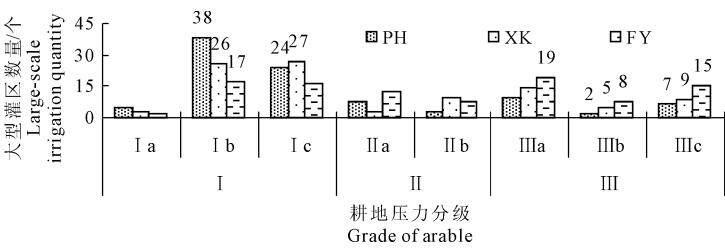


图 4 不同粮食消费模式下大型灌区耕地压力的分级数量

Fig.4 Classification of arable pressures under different food consumption society

2.2 灌区耕地压力

由图 3 和表 2 可知,农六师开垦河灌区、农九师额敏灌区、东河灌区、……、渭干河灌区、鸳鸯灌区、哈巴河灌区等 55 个灌区均能满足不同经济社会对其粮食的需求($K < 1$)。其它灌区如大黑河、洪水河

灌区、金沟河灌区、……、农十二师乌鲁木齐河灌区、煤窑沟灌区等则由不明显逐步向预警和明显过渡,耕地压力明显很大的灌区主要集中分布于新疆维吾尔自治区,其次为青海省和甘肃省。究其原因,主要有几方面:(1) 灌区主要种植葡萄、棉花、瓜果、蔬

菜,粮食作物播种面积占总播种面积的比例 q (平均为 47.40%) 小,而粮食总产量 (P) 低,是造成 K 值偏高的主要原因,如煤窑沟灌区 ($q = 0.07\%$); (2) 粮食单产偏低,低于灌区总体平均水平,如车尔臣河灌区、煤窑沟灌区; (3) 总人口数量偏高,人口密度远远超过灌区平均值,如洛惠渠灌区、乌鲁木齐河灌区; (4) 人均粮食作物播种面积远低于平均水平

($0.0693\text{ hm}^2\cdot\text{人}^{-1}$),如煤窑沟灌区、农二师塔里木灌区。其中的一种或多种原因在其他类似灌区也较为普遍。

2.3 粮食盈亏与可再承载人口

为农业供水,满足经济社会的粮食需求是大型灌区的主要功能之一。本文进一步测算了不同粮食消费模式下灌区的粮食盈余/亏缺状况。

表 3 西北旱区大型灌区不同耕地压力级别下人-粮盈余状况							
Table 3 Overall people - food condition of large - scale irrigation areas in arid regions of Northwest China under different arable pressure levels							
级别 Level	亚级 Sub - level	PH		XK		FY	
		粮食盈余 Food surplus /10 ⁴ t	可再承载人口 Re - carrying population/万人	粮食盈余 Food surplus /10 ⁴ t	可再承载人口 Re - carrying population/万人	粮食盈余 Food surplus /10 ⁴ t	可再承载人口 Re - carrying population/万人
I	I a	47.73	148.19	32.07	80.18	23.31	42.38
	I b	541.39	1680.96	338.60	846.49	238.17	433.05
	I c	368.69	1144.75	376.75	941.88	78.81	143.29
II	II a	11.26	34.96	3.89	9.71	61.47	111.76
	II b	1.52	4.72	7.53	18.82	31.05	56.45
III	III a	- 34.57	- 107.33	- 44.73	- 111.82	- 85.86	- 156.11
	III b	- 1.19	- 3.71	- 41.35	- 103.36	- 68.50	- 124.55
	III c	- 65.64	- 203.80	- 86.58	- 216.45	- 236.99	- 430.90
合计 Sum		869.19	2698.75	586.18	1465.46	41.46	75.38

注: - 代表亏缺
Note: - representative deficiency.

从表 3 可知,当经济社会从 PH 向 XK 和 FY 型社会发展,粮食总盈余量和可再承载人口亦表现为总体递减规律,且在不同耕地压力级别中的分布呈现波动的趋势,但主要集中在 I b 等级中。

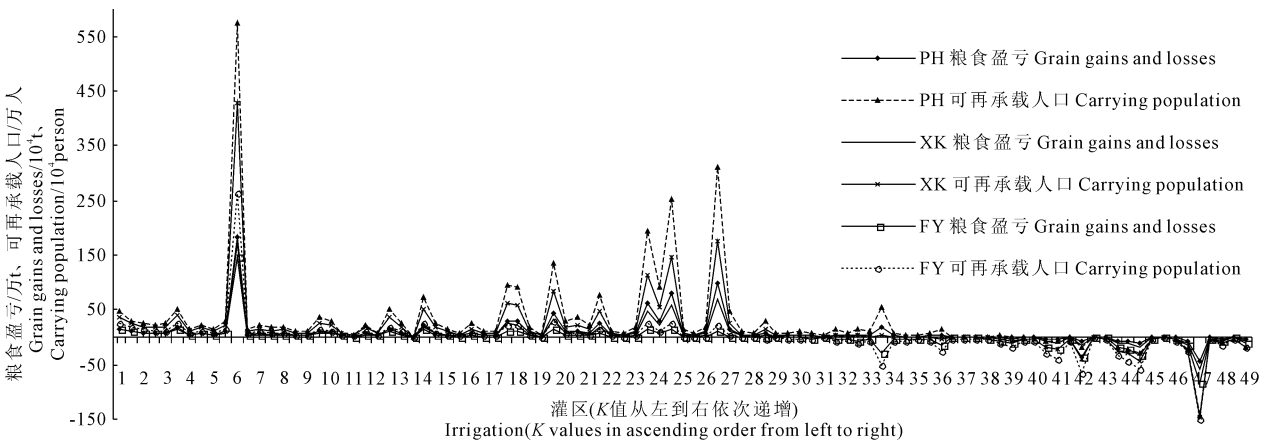
由图 5 可知,内蒙古河套灌区在众多灌区中的地位最为突出,其粮食盈余量和可再承载人口数量在 PH、XK、FY 型社会中分别达到 184.64、171.14、145.15 万 t 和 573.31、427.86、263.91 万人,分别占总盈余量的 19.02%、22.55%、33.54%。其次为宁夏的引黄灌区、陕西的宝鸡峡灌区、新疆的叶尔羌河灌区和陕西的泾惠渠灌区,其粮食盈余量和可再承载人口数量分别占总量的 11.55%、9.3%、7.15%、5.01%、11.97%、9.95%、7.84%、5.81% 和 28.9%、36.02%、35.6%、37.96% (占总正盈余量的 10.34%、8.33%、6.40%、4.48%、9.25%、7.68%、6.05%、4.49% 和 2.77%、3.45%、3.41%、3.63%)。另一方面,乌鲁木齐河、博斯腾、石城子、阿克苏河、和田河等灌区的粮食总产量较为亏缺,人口过剩现象较为突出。尤以乌鲁木齐河灌区为甚,其在经济社会由 PH 型向 XK 型和 FY 型发展过程中,粮食亏缺量分别为 45.62、58.40、83.01 万 t,人口过剩 141.65、

146.01、150.92 万人。

3 结论与讨论

本研究由耕地压力模型模拟了不同粮食消费模式下西北旱区大型灌区耕地压力特征,模拟结果反映了其在人口、水资源、粮食生产能力、种植制度和方式等不变的情况下经济社会发展不同阶段的人粮关系状况。

西北旱区大型灌区虽然整体上耕地压力不大,均能满足 PH、XK、FY 型社会人类对粮食的需求,并可向周边进行粮食输出,呈现出良好的耕地资源开发利用潜力,但仍需注意在耕地压力处于明显级别(III)的大型灌区,其耕地压力明显,粮食生产不能保证本区域正常需求,需要外来进口粮食加以补充;对于耕地压力处于预警级别(II)的大型灌区,如不协调好自身粮食作物种植结构、控制人口增长或提高粮食单产,仍有导致粮食危机的可能。倘若将灌区中的耕地全部种植粮食作物,则全部灌区的 K 值均小于 1 并处于 Ia 或 Ib 水平,这说明西北旱区大型灌区的人粮关系较为和谐,对于协调西北旱区粮食安全、种植结构调整、人口承载发挥着举足轻重的作用。



注:1~45:同图 3; 46:双塔; 47:乌鲁木齐河; 48:党河; 49:煤窑沟。
Note: 1~45: The same with Fig.3; 46:Towers irrigation; 47:Urumqi river irrigation; 48:Dang river irrigation; 49:Meiyaogou irrigation

图 5 不同粮食消费模式下大型灌区粮食盈亏与可再承载人口数量

Fig.5 Food supplies and re-carrying population of large-scale irrigation areas under different food consumption societies

从经济社会发展的角度来看,在 PH 型社会中, $K \leq 1$ 的灌区数量占总数的 80.4%,绝大多数大型灌区在保证人口营养健康的前提下,仍可为 3 013.59 万人提供 97.59 万 t 粮食;在 XK 型社会中, $K \leq 1$ 的灌区数量占总数的 71.1%,大多数灌区能够满足小康社会的人均粮食需求,且能为 1 897.09 万人提供 758.84 万 t 粮食;在 FY 型社会中, $K \leq 1$ 的灌区数量占总数的 56.7%,大部分灌区在富裕型社会条件下,还可为 786.94 万人提供 432.82 万 t 粮食。从粮食亏缺的角度来看,在 PH 型社会中,有 19 个灌区粮食亏缺 101.4 万 t,314.84 万人无法满足其粮食需求;在 XK 型和 FY 型社会中,相应的数量分别增加至 28 个灌区、172.65 万 t、431.63 万人和 42 个灌区、391.36 万 t、711.56 万人。研究结果对于人口众多、资源有限的西北旱区而言,不仅能够对周边区域发挥良好的辐射和共轭作用,有助于指导灌区自身的粮食生产,调整因不合理的食物消费结构而造成的粮食浪费,促进西北旱区大型灌区的协调发展,而且对于指导各省乃至西北旱区的农业生产宏观战略提供理论依据。

结合西北旱区地理条件和特点,针对耕地压力较高的灌区:(1) 以西部大开发为契机,加大科技投入,调整农业结构,在作物类型结构多元化发展的同时,应保证区域自身粮食需求的最小粮食作物面积,根据灌区自身地理、气候条件,使经济作物结构向单一化方向发展,选用高产耐旱粮食作物品种,提高耕地肥力和粮食单产,增加粮食产量,缓解耕地压力,保障粮食安全;(2) 人口数量偏高也是对灌区耕地产生压力,造成粮食危机的因素,因此有必要控制人口增长,减小人口密度,维持低生育水平,灌区的发

展要依靠劳动者素质的提高;(3) 注意生态环境保护,加强生态建设,建立适当的生态补偿机制,充分发挥灌区在生态环境改善中的重要作用,在合适的尺度上合理配置水土资源,并辅以配套的政策措施;(4) 西北大开发战略的实施,使得西北旱区经济迅速发展,城市化进程加快,大量的耕地被占用,导致耕地压力增大,因此制定有效的耕地保护政策,对于撂荒的土地,根据其土壤肥力、坡度等因素综合考虑,增加有效耕地面积;(5) 提高灌区利用效率,减少水资源的浪费,修复已损坏的各类农田水利工程,推广节水灌溉技术,开源节流并重,提高灌溉可利用水量,增强抵御自然灾害的能力。

西北旱区大型灌区粮食生产能力高,除了满足自身的粮食需求外,还可为周边地区提供一定粮食输出和生态移民的空间,这主要得益于灌区较为完善的水利设施和灌溉体系及制度,因此,要充分发挥好灌区在旱区农业、农村发展以及城乡经济发展的支撑与辐射带动作用,协调好不同灌区间、灌区内部的粮食供给,实现西北旱区的整体粮食安全。研究结果对于进一步分析和探讨西北旱区的农业水资源和农业土地资源的优化配置也具有一定参考价值。本研究仅从农业土地资源角度对人粮关系进行了初步研究,未考虑农业水资源的影响,也未对中小灌区进行综合定量分析,这仍有待进一步深入探讨和分析。

参考文献:

[1] 杨学利,张少杰.当前我国粮食安全现状及对策研究[J].经济纵横,2010,(6):46-49.
[2] 陆文聪,李元龙,祁慧博.全球化背景下中国粮食供求区域均衡:对国家粮食安全的启示[J].农业经济问题,2011,(4):16-

26.

[3] 张 晶. 中国人粮关系的区域差异和国家粮食安全[J]. 经济地理, 2009, 29(11): 1884-1917.

[4] 刘昌明, 何希吾. 中国 21 世纪水问题方略[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 86-95.

[5] 高占义. 中国的灌溉发展及其作用[J]. 水利经济, 2006, (1): 36-39, 82.

[6] 朱秀珍. 大型灌区运行状况综合评价研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.

[7] 刘 勤, 严昌荣, 梅旭荣, 等. 西北旱区参考作物蒸散量空间格局演变特征分析[J]. 中国农业气象, 2012, 33(1): 48-53.

[8] 佟 玲, 康绍忠, 杨秀英. 西北旱区石羊河流域作物耗水点面尺度转化方法的研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 45-51.

[9] 李栋梁, 魏 丽, 蔡 英, 等. 中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 135-142.

[10] 蔡运龙, 傅泽强, 戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J]. 地理学报, 2002, (02): 127-134.

[11] 赵永敢, 李玉义, 逢焕成, 等. 四川省耕地压力时空变化特征分析[J]. 中国农业资源与区划, 2012, 33(3): 28-32.

[12] 李建平, 上官周平. 陕西省耕地生产能力的时空分布[J]. 农业工程学报, 2012, 28(10): 239-246.

[13] 耿艳辉, 闵庆文, 成升魁, 等. 泾河流域耕地 - 人口 - 粮食系统与耕地压力指数时空分布[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 68-73.

[14] 任桂镇, 赵先贵, 巢世军, 等. 基于耕地生态压力指数的中国耕地压力时空差异分析[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(10): 37-41.

[15] 朱红波, 张安录. 中国耕地压力指数时空规律分析[J]. 资源科学, 2007, 29(2): 104-108.

[16] 李根明, 孙 虎, 耿海波, 等. 耕地压力评价模型的建立及应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 2007, 23(4): 464-467.

[17] 赵永华, 刘晓静, 奥 勇. 陕西省耕地资源变化及耕地压力指数分析与预测[J]. 农业工程学报, 2013, (11): 217-223.

[18] 刘笑彤, 蔡运龙. 基于耕地压力指数的山东省粮食安全状况研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, (S1): 334-337.

[19] 王鹏新, 魏益民. CPR/91/114 项目在西北旱区实施的科技扶贫成效与经验[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(3): 130-134.

[20] 刘巽浩. 对西北旱区农业发展战略的思考[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 1-2.

[21] 康绍忠, 许 迪, 李万红, 等. 关于西北旱区农业与生态节水基本理论和关键技术研究领域若干问题的思考[J]. 中国科学基金, 2002, (5): 274-278.

[22] 孙 强, 王 乐, 蔡运龙. 基于 SOFM 网络的中国耕地压力综合分区[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2008, 44(4): 625-631.

[23] 刘 东, 封志明, 杨艳昭, 等. 中国粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局现状[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 1-6.

[24] 梅方权. 21 世纪前期中国粮食发展分析[J]. 中国软科学, 1995, (11): 98-101.

[25] 卢良恕, 刘志澄. 中国中长期食物发展战略[M]. 北京: 农业出版社, 1993.

[26] 贺一梅, 杨子生. 基于粮食安全的区域人均粮食需求量分析[J]. 全国商情(经济理论研究), 2008, (7): 6-8.

[27] 唐华俊, 李哲敏. 基于中国居民平衡膳食模式的人均粮食需求量研究[J]. 中国农业科学, 2012, 45(11): 2315-2327.

(上接第 186 页)

[11] 陈志龙, 李 勇, 许建平, 等. 不同覆盖处理对旱作水稻土壤碳氮变化及氮素平衡的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(4): 314-317.

[12] 黄新宇, 徐阳春, 沈其荣, 等. 水作与地表覆盖旱作水稻的生长和水分利用效率[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(1): 32-35.

[13] 殷晓燕, 徐阳春, 沈其荣, 等. 直播旱作和水作水稻的氮素吸收利用特征研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(6): 983-986.

[14] 张 耗, 剧成欣, 陈婷婷, 等. 节水灌溉对节水抗旱水稻品种产量的影响及生理基础[J]. 中国农业科学, 2012, 45(23): 4782-4793.

[15] 钱晓晴, 沈其荣, 徐 勇, 等. 不同水分管理方式下水稻的水分利用效率与产量[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 399-404.

[16] 张玉屏, 黄义德, 李金才, 等. 旱作条件对水稻根系生长发育和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2000, 28(5): 605-606, 637.

[17] 李德福, 李金才, 魏凤珍. 拔节长穗期水分胁迫对旱作水稻若干生理特性和经济产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(7): 1166-1167, 1169.

[18] 陈新红, 王志琴, 杨建昌. 不同氮素水平与水分胁迫对水稻秧苗素质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(1): 78-81, 93.

[19] 马廷臣, 余蓉蓉, 陈荣军, 等. PEG - 6000 模拟干旱对水稻苗期根系形态和部分生理指标影响的研究[J]. 中国农业通报, 2010, 26(8): 149-156.

[20] 程建峰, 戴廷波, 曹卫星, 等. 不同氮收获指数水稻基因型的氮代谢特征[J]. 作物学报, 2007, 33(3): 497-502.

[21] 杨建昌, 王志琴, 朱庆森. 水稻品种的抗旱性及其生理特性的研究[J]. 中国农业科学, 1995, 28(5): 65-72.