陕北黄土高原农牧交错带土地生产潜力及人口承载力*

孟庆香[1,2,3], 刘国彬[3], 常庆瑞[1], 杨勤科[3]
(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 河南农业大学 资源与环境学院, 河南 郑州 450002;
3 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 根据陕北黄土高原农牧交错带生态环境特点以及作物生长发育过程对光、热、水、土资源的要求和利用效率, 运用逐步订正法对该地区的土地生产潜力进行了定量估算, 并对其土地的人口承载力进行了计算与分析, 指出了提高该地区土地生产潜力及人口承载力的途径。结果表明, 该地区光温生产潜力为光合生产潜力的65.21%, 气候生产潜力为光温生产潜力的37.91%, 土壤生产潜力为气候生产潜力的32.19%, 现实生产能力仅为土壤生产潜力的42.47%; 在现实生产能力水平下, 人民生活仅能维持我国低消费水平, 如果要实现世界中等消费水平, 必须使土地的现实生产能力达到土壤生产潜力的89.40%, 气候生产潜力的27.00%。提高该地区土地生产潜力及人口承载力的途径包括提高植被覆盖度, 控制土地荒漠化; 发展设施农业和灌溉农业, 提高作物产量; 改进施肥方法, 培肥地力; 因地制宜, 开发滩区等。

[关键词] 陕北黄土高原农牧交错带; 土地生产潜力; 人口承载力; 限制因子
[中图分类号] S181 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2006)12-0135-07

当前, 我国人口、资源、环境矛盾十分突出, 土地生产潜力及人口承载量研究日益为人们重视。其目的不仅要求得区域土地资源能够供养人口的确切数据, 而且要在此基础上进一步揭示人口、资源、环境与发展(PRED)相互作用机理并研究调控的对策, 进而为规划、决策与社会协调发展服务[1-3]。

陕北农牧交错带位于陕西省北部毛乌素沙地与黄土丘陵沟壑区的过渡地带, 包括榆阳、神木、府谷、横山、靖边、定边、佳县7县区共174个乡镇[4], 总面积357.59万 hm^2, 平均海拔800~1 800 m, 属于温带、暖温带大陆性季风气候, 年均气温7.9~10.0 ℃, 降水量316~445 mm, 蒸发量1 164~1 290 mm, 年际和年内气候变化剧烈, 且暴雨、洪水、干旱、沙暴、冰雹等自然灾害频繁。区域日照丰富, 太阳辐射强度大, 总辐射量亦多, 有利于植物营养物质的积累, 土壤有风沙土、潮土、沼泽土等[5]。区域自然环境恶劣, 生态系统脆弱, 粮食长期不能自给。随着人口不断增长, 人地关系日趋紧张, 食物生产同食物消费成为困扰区域经济发展的重大问题。因此, 研究该地区土地生产潜力及人口承载量, 掌握土地生产潜力状况和特点, 揭示影响生产潜力的限制因子及限制强度, 提出相应的开发战略和实施途径, 对于促进该地区粮食生产、协调人地关系和社会经济持续发展具有重要的战略意义。

1 土地生产潜力估算

1.1 土地生产潜力估算原理

在一个地区内, 土地能生产人们可以利用的能量和蛋白质的能力称为土地生产潜力[1]。对耕地而言, 土地生产潜力是指单位面积耕地生产粮食的能力或数量, 是各种自然资源与社会资源综合作用的结果。土地生产潜力是通过作物的生长潜力来体现的, 可通过估算区域不同作物生产潜力并以面积作为权重, 计算区域土地生产潜力。作物生产潜力[2]是指在水分供应适宜, 作物生长发育、产量形成所需要的营养要素得到充分满足, 无病虫草害, 管理措施最佳的前提下, 作物最优品种在其生长期内, 由一定的气候、土壤条件决定的生物化学潜能。

* [收稿日期] 2005-12-07
[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(49971005; 30170790); 国家科技部重点科技项目(2002BA901A43); 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018606); 国家"十五"科技攻关项目(2004BA508B14)
[作者简介] 孟庆香(1977-), 女, 河南新乡人, 讲师, 博士, 主要从事土地评价与生态环境评价研究。E-mail: qxmeng@126.com
[通讯作者] 刘国彬(1958-), 男, 研究员, 主要从事水土保持与流域管理研究。E-mail: gbliu@ms.iswc.ac.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作物生产潜力的高低,一方面取决于作物遗传特性及其对环境条件的适应性;另一方面取决于环境资源的数量,质量及其对作物的适宜程度。环境资源可概括为气候(主要为光,温,水)和土壤。因此,作物生产潜力公式可表示为:

$$Y = f(R, T, W, S) \quad (1)$$

式中,Y 为作物生产潜力;R 为太阳辐射因子;T 为温度因子;W 为水分因子;S 为土壤肥力因子。

1.2 作物生产潜力的估算方法

作物生产潜力的估算方法很多,本文采用逐步订正法[1-3]进行估算,主要计算公式如下。

1.2.1 光合生产潜力(Y_q)

$$Y_q = K \cdot CL \cdot E \cdot \sum Q \quad (2)$$

式中,K 为物能转换系数,$K = 1\times10^4\times10^4 \cdot CH / (4.25\times10^3)$,其中$CH$ 为经济系数;CL 为叶面积订正系数;E 为光能利用率(%),$E = \epsilon(1-\alpha)(1-\beta)(1-\gamma)(1-\delta)(1-\omega)\cdot\varphi\cdot(1-s)^{-1}$;$\sum Q$ 为生育期间单位面积太阳有效辐射量(J/m^3)。

1.2.2 光温生产潜力(Y_{mp})

$$Y_{mp} = Y_q \cdot f(T) \quad (3)$$

式中,$f(T)$ 为温度订正函数,对喜凉和喜温作物分别采用如下函数进行近似估算[3]。

喜凉作物:

$$f(T) = \begin{cases} 0 & T \le 0 \\ T/20 & 0 < T \le 20 \\ 1 & T > 20 \end{cases} \quad (4)$$

喜温作物:

$$f(T) = \begin{cases} 0.033T - 0.2 & 6 \le T < 21 \\ 0.071\,4T - 1.00 & 21 \le T < 28 \\ 1.00 & 28 \le T < 32 \\ -0.083T + 3.67 & 32 \le T < 44 \\ 0 & T < 6 \text{ 或 } T > 44 \end{cases} \quad (5)$$

式中,T 为作物生育期内平均温度(℃)。

1.2.3 气候生产潜力(Y_p)

$$Y_p = Y_{mp} \cdot f(W) \quad (6)$$

式中,$f(W)$ 为水分订正系数,$f(W) = ET/ET_0$,其中 ET_0 为充分供水条件下可能蒸发量;ET 为某一供水条件下的农田实际蒸发量(mm),$ET = R - CR = (1-C)R$,其中R 为降水量(mm);CR 为流出量(从地表和渗入耕作层以下流出量,mm);C 为地表和地下流量占降水量系数。

1.2.4 土壤生产潜力(Y_s)

$$Y_s = Y_p \cdot f(S) \quad (7)$$

式中,$f(S)$ 为土壤肥力订正系数,$f(S) = N_u \cdot O_m$,其中O_m 为土壤中有机质订正系数[3,6-7],N_u 为土壤中氮磷钾等养分含量订正系数。

$$N_u = \begin{cases} 1 & A_N \ge 90 \cap A_p \ge 10 \cap A_k \ge 150 \\ (A_N/90 + A_P/10 + A_K/150)/3 & A_N < 90 \cup A_p < 10 \cup A_k < 150 \end{cases} \quad (8)$$

式中,A_N,A_p,A_k 分别为土壤中的碱解氮、速效磷和速效钾含量(mg/kg)。

$$O_m = \begin{cases} 1 & A_m \ge 30 \\ 0.5 + A_m/60 & A_m < 30 \end{cases} \quad (9)$$

式中,A_m 为土壤中有机质含量(g/kg)。

1.3 陕北黄土高原农牧交错带土地生产潜力分析

陕北黄土高原农牧交错带作物以玉米、高粱、谷子、糜子、马铃薯、大豆为主[4],作物种植制度为一年一熟。该地区作物生产潜力估算时的相关参数包括反射率(α),漏射率(β),光能利用率(E),经济系数(CH),物能转换系数(K),作物叶面积系数(LAI),叶面积订正系数(CL)和全生育期(G)。该地区各种作物生产潜力估算时的相关参数值见表1[7-8]。

表1 陕北黄土高原农牧交错带作物生产潜力估算的相关参数

Table 1 Parameters to calculate land productive potential in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern shaanxi

作物 Crop	α	β	E/%	CH	K	LAI	CL	G/d
谷子 Millet 1	0.09	0.08	6.076	0.40	9411.75	4.0	0.45	143
玉米 Maize	0.08	0.06	6.276	0.45	10588.35	5.0	0.50	163
高粱 Jowar	0.08	0.06	6.276	0.40	9411.75	4.5	0.47	153
大豆 Soybean	0.10	0.07	6.074	0.35	8235.30	3.5	0.40	133
马铃薯 Patota	0.10	0.07	6.074	0.60	14117.70	4.0	0.45	148
糜子 Millet 2	0.09	0.08	6.076	0.45	10588.35	4.0	0.45	123

1.3.1 作物光合生产潜力

按照公式(2),计算陕北黄土高原农牧交错带作物光合生产潜力,结果见表2。由表2可知,6种作物光合潜力均较高,这主要与太阳辐射及日照有关,该地区日照时间长,日照百

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

分率高, 太阳辐射强度大, 总辐射量亦多, 有利于植物的营养物质积累。从各区县 6 种作物平均光合潜力看, 变化趋势与太阳辐射量的变化一致: 榆阳区> 府谷县> 神木县> 横山县> 定边县> 靖边县> 佳县。6 种作物中, 马铃薯、玉米的光合潜力较大, 主要是因为马铃薯(以鲜薯计)的收获指数明显高于其他作物; 玉米生育期较长, 干物质积累时间长, 生育期间单位面积太阳有效辐射量大。其他作物光合生产潜力依次是高粱> 谷子> 大豆> 糜子。糜子的光合潜力低, 最主要是由于其生育期较短所致。目前作物光合潜力未充分发挥的主要原因, 是作物群体结构不够合理, 作物光合效率低于理论最高值。

表 2　陕北黄土高原农牧交错带 6 种作物光合潜力估算结果

Table 2　Estimation of light productive potential of 6 crops in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern Shaanxi　　kg/hm^2

地区 Zone	谷子 Millet 1	玉米 Maize	高粱 Jowar	大豆 Soybean	马铃薯 Patota	糜子 Millet 2	各县平均 Average
榆阳区 Yulin	18 288	26 846	21 529	17 851	27 815	17 536	21 644
神木县 Shenmu	18 001	26 398	20 437	17 537	27 365	17 250	21 165
府谷县 Fugu	18 378	26 946	19 979	17 898	27 931	17 582	21 452
横山县 Hengshan	17 602	25 772	19 433	17 107	26 761	16 894	20 595
靖边县 Jingbian	17 109	25 119	19 669	16 704	26 021	16 395	20 169
定边县 Dingbian	17 327	25 290	19 457	16 767	26 362	16 678	20 314
佳县 Jiaxian	17 147	25 152	19 457	16 697	26 034	16 383	20 145
平均 Average	17 693	25 932	19 995	17 223	26 898	16 960	20 783

1.3.2　作物光温生产潜力　光合生产潜力未考虑光合作用时的生化反应速率, 实际上温度影响光合作用时生化反应过程的快慢和植物呼吸速率, 即温度是制约光合作用的限制因子。因此, 本研究采用温度订正系数法进行陕北黄土高原农牧交错带光温生产潜力估算。首先计算作物生育期内平均温度, 然后依据公式(4)和(5), 计算温度订正系数$f(T)$, 最后依据公式(3)计算作物光温生产潜力, 结果见表3。由表3 可知, 佳县和府谷县6 种作物的温度订正系数高于或等于其他区县, 这是因为佳县、府谷县属暖温带季风气候, 其他县区属温带季风气候; 6 种作物中, 温度订正系数平均值的大小次序为马铃薯> 糜子> 谷子> 高粱> 玉米> 大豆, 这不仅与作物生育期长度有关, 而且和生育期内的温度有直接关系。

表 3　陕北黄土高原农牧交错带 6 种作物的温度订正系数及光温生产潜力估算结果

Table 3　Temperature revisal coefficient and estimation of thermal productive potential in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern Shaanxi

地区 Zone	谷子 Millet 1		玉米 Maize		高粱 Jowar		大豆 Soybean		马铃薯 Patota		糜子 Millet 2	
	$f(T)$	Ymp/(kg·hm^{-2})	$f(T)$	Ymp/(kg·hm^{-2})	$f(T)$	Ymp/(kg·hm^{-2})	$f(T)$	Ymp/(kg·hm^{-2})	$f(T)$	Ymp/(kg·hm^{-2})	$f(T)$	Ymp/(kg·hm^{-2})
榆阳区 Yulin	0.46	8 368	0.42	11 404	0.44	9 488	0.40	7 082	0.98	27 129	0.48	8 422
神木县 Shenmu	0.48	8 702	0.45	11 887	0.47	9 534	0.42	7 399	1.00	27 365	0.5	8 700
府谷县 Fugu	0.49	9 004	0.46	12 320	0.47	9 465	0.43	7 688	1.00	27 931	0.51	8 967
横山县 Hengshan	0.47	8 234	0.44	11 231	0.45	8 773	0.41	6 986	0.99	26 528	0.49	8 260
靖边县 Jingbian	0.42	7 267	0.39	9 899	0.41	8 044	0.37	6 143	0.93	24 117	0.45	7 297
定边县 Dingbian	0.43	7 491	0.39	9 987	0.42	8 096	0.37	6 122	0.94	24 728	0.45	7 576
佳县 Jiaxian	0.52	8 900	0.49	12 244	0.50	9 776	0.46	7 664	1.00	26 034	0.54	8 815
平均 Average	0.47	8 281	0.43	11 282	0.45	9 025	0.41	7 012	0.98	26 262	0.49	8 291

注: 马铃薯是喜凉作物, 谷子、玉米、高粱、大豆、糜子是喜温作物。

Note: Patato is a cool-loving crop, and others are thermophilious crops.

将不同作物的光温生产潜力(表3)与光合生产潜力(表2)进行比较可以看出, 热量因子(温度)对不同作物限制作用差别很大。其中对大豆的限制作用最大, 光温潜力只占光合潜力的40.71%, 热量因子对其降解幅度为10 211 kg/hm^2; 其次是玉米, 光温潜力只占光合潜力的43.50%, 降解幅度为14 650 kg/hm^2; 热量因子对马铃薯的限制作用最小, 光温潜力占光合潜力的97.30%, 降解幅度是637 kg/hm^2。这主要是因为大豆为喜温作物, 而该地区温度偏低, 在大豆出苗和开花期, 气温低于大豆适温, 对产量影响极大。玉米也是喜温作物, 对温度要求较高, 抽雄开花期要求日均温26～27 ℃, 子粒灌浆成熟期要求日均温20～24 ℃[8], 而该地区难以满足这些条件, 故其光温潜力较光合潜力低得多。马铃薯是

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

喜凉作物,生长适温也比较低,温度对其影响不大。可见,调整种植结构,选取适种作物,是增加该地区光温利用效率的有效途径。

1.3.3 作物气候生产潜力 陕北黄土高原农牧交错带降水量小,蒸发量大,且年际变化大,地域间很不平衡。针对这种情况,为了使估算结果具有可比性,利用彭曼公式[2]计算水分订正系数$f(W)$,利用公式(6)计算作物气候生产潜力,结果见表4。由表4可知,不同作物水分订正为0.344~0.444,水分对6种作物的影响程度不同,其中玉米的水分订正系数最小,故水分对玉米的影响最大,原因是玉米的需水量较大[9],区域水分难以满足玉米生长的需要。水分对糜子影响最小,因其比较抗旱[9]。马铃薯的气候生产潜力最高,为10 304 kg/hm,这主要是因为马铃薯的收获指数远大于其他作物,其次是玉米、糜子、高粱、谷子和大豆。

表4 陕北黄土高原农牧交错带6种作物的水分订正系数及气候生产潜力的估算结果

Table 4 Precipitation revisal coefficient and estimation of climate productive potential in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern Shaanxi

地区 Zone	谷子 Millet 1		玉米 Maize		高粱 Jowar		大豆 Soybean		马铃薯 Patota		糜子 Millet 2	
	$f(W)$	Yp/(kg·hm^{-2})	$f(W)$	Yp/(kg·hm^{-2})	$f(W)$	Yp/(kg·hm^{-2})	$f(W)$	Yp/(kg·hm^{-2})	$f(W)$	Yp/(kg·hm^{-2})	$f(W)$	Yp/(kg·hm^{-2})
榆阳区 Yulin	0.373	3 121	0.353	4 025	0.384	3 643	0.356	2 521	0.402	10 906	0.457	3 849
神木县 Shenmu	0.400	3 481	0.375	4 458	0.411	3 918	0.377	2 789	0.432	11 822	0.496	4 315
府谷县 Fugu	0.405	3 647	0.38	4 682	0.416	3 937	0.383	2 945	0.437	12 206	0.504	4 519
横山县 Hengshan	0.361	2 973	0.341	3 830	0.371	3 255	0.344	2 403	0.388	10 293	0.439	3 626
靖边县 Jingbian	0.360	2 616	0.341	3 375	0.371	2 984	0.344	2 113	0.387	9 333	0.428	3 123
定边县 Dingbian	0.269	2 015	0.256	2 557	0.278	2 251	0.26	1 592	0.289	7 146	0.317	2 402
佳县 Jiaxian	0.442	3 936	0.361	4 420	0.393	3 840	0.365	2 794	0.411	10 713	0.469	4 130
平均 Average	0.373	3 088	0.344	3 879	0.375	3 383	0.347	2 433	0.392	10 304	0.444	3 683

1.3.4 作物土壤生产潜力 陕北黄土高原农牧交错带的土壤以沙质土为主,其次为轻壤土,土质较疏松,适耕期较长,通透性良好,发小苗不发老苗,耕地自然肥力很低、质量较差,低于陕西省平均水平,加上人为的不合理利用,根本不能满足作物正常生长发育的需求,严重限制了气候生产潜力的发挥。为使计算结果具有可比性,依据公式(8)和(9),计算土壤肥力订正系数$f(S)$,然后依据公式(7)计算作物土壤生产潜力(Ys),结果见表5。由表5可知,区域$f(S)$平均值为0.325。土壤对气候生产潜力的降解作用很大,区域土壤生产潜力约为气候生产潜力(图4)的1/3。7县区中,土壤肥力订正系数为:定边县>神木县>横山县>府谷县>榆阳区>靖边县>佳县。佳县土壤肥力订正系数最小,其原因是该县土壤有机质含量和氮磷钾等养分含量很低;定边县土壤中有机质和养分含量位于7县区之首,因此定边县土壤肥力对土地生产潜力的降解作用最小,其土壤肥力订正系数最大。6种作物的土壤生产潜力大小次序为:马铃薯>玉米>糜子>高粱>谷子>大豆。该地区农业生产经营管理水平较低,投入不足,严重制约了土壤生产潜力的发挥。

表5 陕北黄土高原农牧交错带作物土壤生产潜力的估算结果

Table 5 Estimation of soil productive potential in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern Shaanxi

地区 Zone	肥力订正系数 $f(S)$	谷子/(kg·hm^{-2}) Millet 1	玉米/(kg·hm^{-2}) Maize	高粱/(kg·hm^{-2}) Jowar	大豆/(kg·hm^{-2}) Soybean	马铃薯/(kg·hm^{-2}) Patota	糜子/(kg·hm^{-2}) Millet 2
榆阳区 Yulin	0.304	950	1 225	1 109	767	3 320	1 172
神木县 Shenmu	0.371	1 292	1 655	1 455	1 035	4 389	1 602
府谷县 Fugu	0.314	1 143	1 468	1 235	923	3 827	1 417
横山县 Hengshan	0.357	1 062	1 368	1 162	858	3 676	1 295
靖边县 Jingbian	0.266	695	896	792	561	2 478	829
定边县 Dingbian	0.409	824	1 046	921	651	2 923	982
佳县 Jiaxian	0.252	992	1 114	967	704	2 699	1 040
平均 Average	0.325	994	1 253	1 092	786	3 330	1 191

1.3.5 区域土地生产潜力 以各县区不同作物种植面积占总种植面积比例作为不同作物权重,从而计算土地生产潜力。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$Yq' = 1/6\sum_{i=1}^{n} W_i Y_i \qquad (10)$$

式中, Yq 为加权计算的光合生产潜力; W_i 为 i 作物权重; Y_i 为 i 作物光合生产潜力; n 为1～6。同理, 可以求出加权计算的光温生产潜力(Ymp)、气候生产潜力(Yp)以及土壤生产潜力(Ys), 结果见表6。由表6可知, 陕北黄土高原农牧交错带光温生产潜力为光合生产潜力的65.21%, 表明受温度影响作物生产潜力降低很大, 可通过人为调控, 提高地温和近地面层的温度, 为作物生长创造更适宜的温度条件来提高作物生产潜力, 这是农业生产持续稳定发展的潜在方向。该区气候生产潜力为光温生产潜力的37.91%, 表明降水严重影响作物的生产潜力。该地区一方面可通过建立合理的农林牧用地结构, 增加植被, 控制水土流失; 另一方面可通过加强基本农田建设, 兴修水利设施, 同时选育抗旱品种, 增强抗旱能力, 来提高气候生产潜力。该区土壤生产潜力为气候生产潜力的32.19%, 土壤肥力因子对作物生产潜力影响很大, 是最主要的限制性因子, 而其又易于人为调控, 因此要进一步提高农业生产水平, 当前可采取的最优措施是培肥地力, 在增加化肥用量的同时, 增加有机肥的施用量。

表6　陕北黄土高原农牧交错带土地生产潜力估算结果

Table 6　Estimation of land productive potential in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern Shaanxi　　kg/hm^2

地区 Zone	Yq'	Ymp'	Yp'	Ys'
榆阳区 Yulin	23 634	13 800	5 313	1 617
神木县 Shenmu	21 387	12 454	5 171	1 920
府谷县 Fugu	21 584	13 964	6 068	1 903
横山县 Hengshan	21 066	13 616	5 163	1 844
靖边县 Jingbian	23 262	15 158	5 737	1 523
定边县 Dingbian	23 909	17 881	5 133	2 100
佳县 Jiaxian	21 189	14 877	5 985	1 508
平均 Average	22 290	14 536	5 510	1 774

2　人口承载力计算

2.1　土地现实生产能力及承载力

根据陕西省统计年鉴(1995～2000年)[4]资料和《陕西省土地利用现状调查数据集》, 计算陕北黄土高原农牧交错带的土地现实生产能力(Yf)和人均粮食占有量, 结果见表7。

表7　陕北黄土高原农牧交错带土地现实生产能力及人均占有粮食量[3]

Table 7　Actual productivity and crop amount per capita in hand in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern Shaanxi

地区 Zone	粮食总产量/万kg Total yield	年末耕地/万hm^2 Cropland	总人口/万 Total population	现实生产能力/(kg·hm^{-2}) Actual productivity	人均粮食占有量/(kg·年$^{-1}$) Grain per capita
榆阳区 Yulin	13 429.90	9.35	39.10	1436.00	343.47
神木县 Shenmu	8 119.40	12.16	33.41	667.73	243.01
府谷县 Fugu	4 723.90	8.06	20.54	586.16	229.97
横山县 Hengshan	10 252.60	11.80	30.97	868.86	331.04
靖边县 Jingbian	7 318.20	11.24	26.56	651.08	275.58
定边县 Dingbian	9 554.10	21.97	29.24	434.79	326.79
佳县 Jiaxian	5 072.80	8.06	25.16	629.53	201.62
平均 Average	8 353.00	11.81	29.28	753.45	285.26

由表7可知, 该地区人均粮食占有量仅为285.26 kg/年, 人民生活处于温饱阶段。就各县区而言, 佳县、府谷县、神木县、靖边县人均粮食占有量不足300 kg/年, 未达到我国制定的最低消费标准, 主要是因为这4县人多地少, 农业生产的经营管理水平较低, 投入不足, 严重制约了土地生产潜力的发挥。横山县、定边县、榆阳区人均粮食占有量为300～400 kg/年, 介于我国中低消费水平, 人民生活可以自给。榆阳区水田面积1 828 hm^2, 占耕地面积的19.55%, 土地现实生产能力较高, 因而该区人均粮食占有量位居7县区之首, 但距世界发达国家的中等消费水平尚有较大差距。

将表7中现实生产能力与表6中作物生产潜力进行比较可以发现, 研究区耕地现实生产能力很低, 是土壤生产潜力的42.47%, 气候生产潜力的13.67%, 光温生产潜力的5.18%。只有增加物质能

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

量投入,改善土壤肥力状况,提高农业生产经营管理水平,才能达到土壤生产潜力水平。就各县区而言,榆阳区发挥土壤生产潜力较为容易,只要在现实生产能力基础上稍加提高产量即可;神木县、府谷县和佳县实现土壤生产潜力的难度很大,需要有很高的投入,改善水热条件才行;横山县、靖边县、定边县位于上述两者之间。

2.2 不同消费水平下的土地人口承载力分析

根据陕北黄土高原农牧交错带土地生产能力和土地面积,计算粮食总产量,并依据我国和世界消费水平,计算不同消费水平下的土地人口承载力,结果见表8。陕北黄土高原农牧交错带人口为204.98万人,按现实生产能力(Yf)计算,仅有194.90万人可以维持我国低消费水平,还有4.92%人口难以实现温饱;按我国中高消费水平计算,该区人口已严重超载;按世界高消费水平计算,该区人口是其2.8倍以上。如果按照土壤生产潜力(Ys)计算,按世界中等消费水平估计,可以承载244.34万人。因此,提高农业生产经营管理水平,采取合适的耕作栽培措施,适当增加有机肥和无机营养物质的投入,改善土壤肥力状况,实现土壤生产潜力,是增强区域人口承载力和提高人民生活水平的重要途径。如果按照气候生产潜力(Yp)、光温生产潜力(Ymp)和光合生产潜力(Yq)计算,全区完全可以达到世界高消费水平。因此,提高该区土地生产潜力,可以改善人民生活,增强土地人口承载力。

表8 在不同生产力水平下陕北黄土高原农牧交错带土地的人口承载力

Table 8 Land bearing capacity of existing consumption standard in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of northern Shaanxi

生产力水平 Capacity	粮食总产/万kg Crop yield	我国消费水平/万人 China standard			世界消费水平/万人 World standard		
		低消费 Low	中消费 Middle	高消费 High	低消费 Low	中消费 Middle	高消费 High
Yq'	1 842 045.60	6 140.15	4 605.11	3 684.09	4 605.11	3 070.08	2 302.56
Ymp'	1 201 255.04	4 004.18	3 003.14	2 402.51	3 003.14	2 002.09	1 501.57
Yp'	455 346.40	1 517.82	1 138.37	910.69	1 138.37	758.91	569.18
Ys'	146 603.36	488.68	366.51	293.21	366.51	244.34	183.25
Yf	58 470.90	194.90	146.18	116.94	146.18	97.45	73.09

注:中国低、中、高消费水平分别为300, 400, 500 kg/(人·年),世界低、中、高消费水平分别为400, 600, 800 kg/(人·年)[9]。

Note: The low, middle and high consumption standard is 300, 400 and 500 kg per capita in a year in China, and 400, 600 and 800 kg per capita in a year in the world.

3 提高土地生产潜力及人口承载力的途径

陕北黄土高原农牧交错带光热资源丰富,土地光能生产潜力较大,由于温度、降水和土壤肥力条件限制,加上地势起伏,土壤质地较粗,风蚀沙化,水土流失,养分贫瘠,致使土地单产很低,人民群众生活困难,人口严重超载。因此,要充分挖掘土地资源的生产潜力,提高单位面积作物产量和土地人口承载力,在现有技术水平和经济条件下,应采取以下主要措施。

(1)提高植被覆盖度,控制土地荒漠化。研究区由于自然因素(地质和气候变迁)和人为因素(滥垦乱樵和破坏植被),土地荒漠化严重。建立和完善植被防护体系,提高植被覆盖度是防治土地荒漠化最根本的途径[10]。应按照"因地制宜、先易后难"的原则,"乔、灌、草"适宜配置,"带、网、片"合理布局,控制土地荒漠化。

(2)发展设施农业和灌溉农业,提高作物产量。温度是限制生产潜力发挥的重要因素,但是该地区降水量少且集中,水分条件不好,因此应该发展设施农业,提高地温,以达到增产的目的,具体措施如推广地膜覆盖技术、发展大棚农业等。此外,还可采取利用地下水,发展灌溉农业等措施来提高作物产量。该区大面积的沙丘地是自然降水的天然蓄水库,地下水资源较为丰富。挖井开渠,引水拉沙,平整土地,发展小型水利潜力很大。

(3)改进施肥方法,培肥地力。该地区主要问题在于土壤干旱贫瘠,化肥和有机肥投入量均很低(约为全国平均水平的1/2),因此应该增施肥料,扩大农田物质投入。据对榆阳区、神木县等地的田间试验结果[11]分析,氮磷肥和有机肥均有增产效果,其中N, P配合施入后,产量达1 170 kg/hm^2,达到了土壤生产潜力的82.5%。可见该地区应加大化肥施用量。与此同时,还可通过增施有机肥、秸秆还田、种植绿肥、粮豆轮作等措施来培肥地力,做到有机无机结合,进行平衡施肥。

(4)因地制宜,开发滩区。本地区北部有19.03

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

万 hm^2 滩地, 除已用于种植业生产的部分外, 还有 9.21 万 hm^2 宜农而未被农业利用的土地, 可以在营造防护林网, 发展小型水利的基础上, 因地制宜, 有计划地逐年开垦为农业用地。对未开发的盐碱滩地, 在有条件的地方可采取挖沟排水、引洪漫淤、客土(沙)压碱等方法; 在无排水条件的地方, 可通过开采地下水进行灌溉, 同时降低水位, 达到排水排盐的目的。对已作为农田的滩地需精耕细作, 提高单产, 条件较好的滩地, 可以发展水稻田。

[参考文献]

[1] 林　培. 土地资源学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996.
[2] 常庆瑞. 土地资源学[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2002: 84-87, 109-125.
[3] 刘胤汉. 自然资源学概论[M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1988: 186-190.
[4] 陕西统计年鉴编委会. 陕西统计年鉴: 1996—2000[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000.
[5] 陕西省土壤普查办公室. 陕西土壤[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1980.
[6] 何毓蓉, 周红艺, 张保华, 等. 四川省耕地地力生产潜力及承载力研究[J]. 地理科学, 2004, 24(1): 20-26.
[7] 高振虎. 榆林地区粮食生产潜力与开发研究[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(15): 105-110.
[8] 邓根云. 气候生产潜力的季节分配与玉米的最佳播期[J]. 气象学报, 1986, 44(2): 192-198.
[9] 戴　进, 聂庆华, 陈明荣. 陕北黄土高原土地生产力与人口适宜容量研究[J]. 自然资源, 1997(6): 10-18.
[10] 高会军, 姜琦刚, 霍晓斌. 陕北长城沿线沙质荒漠化遥感研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(3): 471-476.
[11] 安韶山. 农牧交错带土地沙化的本质及其形成研究[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 106-111.

Discussion on land production potentiality and land carrying capacity in agriculture and pasturage interlaced zone in Loess Plateau of Northern Shaanxi

MENG Qing-xiang[1,2,3], LIU Guo-bin[3], CHANG Qing-rui[1], YANG Qing-ke[3]

(1 *Resource and Environment Collage, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;
2 *College of Resources & Environment, He'nan Agriculture University, Zhengzhou, He'nan* 450002, *China*;
3 *Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: Based on environmental characteristics and the requirement and use efficiency of light, heat, water and soil resources by crops in their developing process, this paper estimates the potential land productivity in quantities, calculates the land carrying capacity and points out the ways to improve the potential land productivity and the land carrying capacity by using step correcting method in agriculture and pasturage interlaced zone in loess plateau of Northern Shaanxi. It is surveyed that thermal productive potential is 65.21% of light productive potential; climate productive potential is 37.91% of thermal productive potential; soil productivity potential is 32.19% of climate productive potential; and actual productivity is 42.47% of soil productivity potential. Actual productivity just maintains the need of low consumption level of China. To attain middle consumption level in the world, the soil productive potential must get to 89.40% and the potential climate productivity 27%. The methods we should take now include: increasing vegetation to control land desertification; developing irrigation agriculture to increase crop yields; improving means to fertilize the soil; taking tillage techniques, to exploit bottom land and according to local conditions.

Key words: agriculture and pasturage interlaced zone of northern shaanxi loess plateau; land productive potential; land carrying capacity; constraint factor

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net