

陕北丘陵沟壑区主要小杂粮降水生产潜力研究

张雄¹, 董伟², 王立祥³

(1. 榆林学院, 陕西 榆林 719000; 2. 河南大学, 河南 开封 475001; 3. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以陕北榆林市榆阳区田区试验结果为基础, 对陕北黄土丘陵沟壑区主要小杂粮作物的降水生产潜力进行了研究分析。结果表明, 不同小杂粮作物降水生产潜力依次为: 谷糜 > 黑豆 > 绿豆 > 荞麦。目前陕北黄土丘陵沟壑区主要小杂粮作物的生产潜力开发度仅为 9.78% ~ 19.07%, 平均为 13.83%, 尚有 86.17% 的生产潜力没有发挥出来。田区试验结果与公式概算具有很好的吻合度, 表明所取得的降水生产潜力结果具有可靠性。对照较低的现实生产水平, 该结果预示着小杂粮生产的巨大发展前景。

关键词: 陕北丘陵沟壑区; 小杂粮; 降水生产潜力; 开发程度

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2007)04-0155-04 中图分类号: S157.2, S5-33

Rainfall Productive Potential of Main Grain Minor Crops in Loess Hilly and Gully Region of North Shaanxi Province

ZHANG Xiong¹, DONG Wei², WANG Li-xiang³

(1. Yulin College, Yulin, Shaanxi 719000, China; 2. He'nan University, Kaifeng, He'nan 475001, China; 3. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the two-year field experiment in Yuyang district of North Shaanxi Province, the rainfall productive potential of minor grain crops in the loess hilly and gully region of North Shaanxi Province is studied systematically. Results show that minor grain crops rank in the descendant order of millet, black soybean, mung bean and buckwheat in terms of the rainfall productive potential. Development degree of the rainfall productive potential in the region is from 9.78% to 19.07%, with an average of 13.83% only. This indicates tremendous prospects of their productive potential exploiting.

Keywords: loess hilly and gully region of North Shaanxi Province; minor grain crops; rainfall productive potential; development degree

作物生产潜力(crop productive potential)又称作物生产潜势,是指在一定的环境资源存在范围内,农田作物应能实现的最大生产力。其中,以光、热辐射为主体的热量资源应能实现的生产能力,称“热量生产潜力”,简称“热潜势”,也叫光温生产力;水分资源应予实现的生产力,称“水分生产潜力”,简称“水潜势”,也叫气候生产力。在欠缺人工补充水源的雨养旱作农区,农田水分生产潜力可视为降水生产潜力^[1]。小杂粮是传统意义上的低产作物,也因此极大地制约着其产业优势和经济效益的发挥。作为陕北黄土丘陵沟壑区重要的优势作物资源,小杂粮生产到

底有无潜力,有多大潜力,为什么现实生产力如此之低?其开发前景如何?对这些问题的研究解决,不仅可以为合理开发和利用小杂粮资源提供科学指导,而且对于制定农业发展规划,确立适宜的农业生产结构和种植制度,建立有利于水分资源高效利用的旱作节水技术体系具有重大的应用价值。

1 研究区域的基本情况

陕北黄土丘陵沟壑区包括榆林市的米脂、绥德、吴堡、清涧、子洲等县的全部,佳县的大部,榆阳、神木、府谷、定边、靖边、横山等县(区)的一部分和延安

收稿日期: 2007-03-20

修回日期: 2007-06-27

资助项目: 陕西省自然科学基金研究计划项目(2006C125); 陕西省教育厅科学研究计划项目(06JK150)

作者简介: 张雄(1970-),男(汉族),陕西省榆林市人,博士,副教授,主要从事农业资源利用和可持续发展研究。电话(0912)3896585;

E-mail: zhangxiong5188@sina.com。

市的延川、延长、子长、宝塔、安塞、志丹、吴旗、甘泉、宜川等县(区)的全部,共 21 个县(区),土地面积 49 140 km²,约占全省的 25%。

该区地处黄土高原腹地,梁峁交错,沟壑纵横,是西北黄土高原人口比较集中,水土流失严重的地区。气候资源特点与黄土高原全区相近,属温带半干旱季风气候区,光热资源丰富,年日照时数 2 500~ 2 800 h,日照百分率为 53%~ 65%,年太阳总辐射量达 533.4~ 596.4 kJ/cm²,是我国光能资源最丰富的地区之一;年平均气温在 7.6℃~ 10.9℃之间,≥10℃活动积温 2 900℃~ 4 101℃,能够满足秋作物的正常生长发育和产量的需要,气温日较差达 11.0℃~ 15.0℃,对作物的光合作用和有机物质的积累十分有利,所产农产品品质优良。年降雨量为 324~ 575 mm,年变率大,季节分配不均,加之蒸发量大,水分供需矛盾突出,以旱地雨养农业为主,但其有利的一面是雨热同季,年降雨量的 60%~ 70%集中在作物积极生长的 6—9 月高温季节,十分有利于秋季作物的生长^[2-3]。

由于严酷的生态环境和以旱作为主生产方式,使得小杂粮作物在该区分布较为集中,是陕西省主要的小杂粮产区,也是黄土高原重要的小杂粮产区之一。农作物以谷、糜、豆类、荞麦等小杂粮为主,特别是该区所产荞麦、绿豆,粒大,质优,色艳,在国内外市场上享有盛誉,市场竞争力较强,是黄土高原荞麦、绿豆主要外贸出口基地。

2 陕北黄土丘陵沟壑区主要小杂粮作物降水生产潜力概算

国家宁南旱农试区蒋骏、王立祥等人针对黄土高原日较差大,降水少,径流多,土层深厚蓄墒能力强和以旱农为主的农业生产条件,建立了适合黄土高原地区气候与土壤特点的作物生产潜力估算模型^[1,4-5]。本研究即依照该模型,对陕北黄土丘陵沟壑区主要小杂粮作物降水生产潜力进行了概算。

2.1 热量生产潜力

热量生产潜力即光温生产潜力,是指作物在水肥条件处于最适状态时,由光温因素组合所决定的产量水平,反映了最高投入水平下特定作物在一个地区的灌溉农田可能达到的产量上限。热量生产潜力的高低是由光照和热量两个因素共同决定的。

陕北黄土丘陵沟壑区属于太阳辐射高值区,光照资源对作物生产而言是充裕的,热量条件则成为决定灌溉农田最高生产力水平的主要因素。由表 1 可以

看出,由南向北,随光热资源的增加,作物热量生产潜力呈增加趋势。各种小杂粮作物热量生产潜力分别是:糜子 4 716.67~ 5 598.01 kg/hm²,黑豆 4 443.01~ 5 437.01 kg/hm²,绿豆 3 773.33~ 4 478.81 kg/hm²,荞麦 2 112.55~ 2 524.55 kg/hm²。不同作物热量生产潜力大小次序为:糜子> 黑豆> 绿豆> 荞麦。

表 1 陕北黄土丘陵区主要小杂粮热量生产潜力 kg/hm²

地区	糜子	黑豆	绿豆	荞麦
榆阳	5 391.94	5 314.31	4 313.55	2 524.55
佳县	5 511.72	5 321.42	4 409.38	2 482.47
米脂	5 483.22	5 216.15	4 332.72	2 431.80
绥德	5 345.95	5 115.70	4 276.77	2 401.52
清涧	5 414.55	5 179.02	4 333.24	2 425.51
子洲	5 329.08	5 108.97	4 263.27	2 378.93
吴堡	5 598.01	5 437.01	4 478.81	2 489.90
宝塔	5 070.31	4 821.35	4 056.26	2 305.06
志丹	4 716.67	4 443.01	3 773.33	2 112.55
延川	5 325.26	5 125.63	4 260.21	2 365.65
甘泉	4 841.33	4 696.83	3 873.07	2 163.58

2.2 降水生产潜力

农田作物的水分生产潜力不仅与光照和热量条件有关,更重要的是取决于作物生育期的水分满足程度。小杂粮主要种植于旱作农田,缺乏补充灌溉又无地下水供应,天然降水是作物需水的惟一给源。降水生产潜力反映了现阶段某地区小杂粮作物最大的生产能力,具有较大的现实生产价值。表 2 所列是陕北黄土丘陵沟壑区主要小杂粮作物降水生产潜力的公式概算值。

由表 2 中可以看出,糜子、黑豆、绿豆、荞麦等作物降水生产潜力值在不同地区间呈现明显规律性变化,即由南向北,随着降水量的递减,潜力值呈下降趋势,而荞麦出现由南向北增加趋势,主要是由于荞麦生育期正值陕北黄土丘陵区雨季,在正常气候年份下,降水量可基本满足其生长发育要求,故其降水生产潜力大小仍取决于其热量生产潜力的大小。各种小杂粮作物的水分生产潜力分别为:谷糜 3 019.87~ 5 276.80 kg/hm²,黑豆 2 453.18~ 5 080.13 kg/hm²,绿豆 2 603.30~ 4 260.21 kg/hm²,荞麦 2 080.81~ 2 500.06 kg/hm²。不同作物水分生产潜力大小次序与热量生产潜力相同,依次是糜子、黑豆、绿豆和荞麦。

表 2 陕北黄土丘陵区主要小杂粮降水生产潜力 kg/hm²

地区	糜子	黑豆	绿豆	荞麦
榆阳	3 544.12	2 771.94	2 732.63	2 500.06
佳县	3 019.87	2 453.18	2 603.30	2 080.81
米脂	3 775.20	3 115.08	3 044.60	2 431.80
绥德	4 130.28	3 657.21	3 510.80	2 401.52
清涧	3 780.75	3 810.21	3 289.80	2 425.51
子洲	3 454.31	3 416.37	2 955.73	2 378.93
吴堡	3 892.86	3 243.18	3 322.38	2 489.90
宝塔	4 728.06	4 502.66	3 993.39	2 305.06
志丹	3 370.53	3 236.29	2 790.38	2 112.55
延川	5 276.80	5 080.13	4 260.21	2 365.25
甘泉	4 833.58	4 547.47	3 873.07	2 163.58

注: 概算公式中降水量为相关县区 1981—2000 年资料。

3 降水生产潜力的田区研究

不同区域间生态环境、资源分布、作物种群迥异, 同时研究人员研究目标、出发点也各不相同, 加上生产潜力研究本身的复杂性, 即使应用同一潜力概算模型, 也难免会出现概算结果的不一致, 有时甚至会相差甚远。因此, 在进行特定地区降水生产潜力研究时辅之以田区试验研究, 相互验证, 是非常必要的, 是获得可信的作物降水生产潜力值的一个重要途径。

王立祥等(1982, 1984, 1987)在长期降水生产潜力研究基础上提出, 干旱固然是旱区农业生产的经常威胁, 然而地力不足, 导致自然降水大量无谓损耗, 是丰足的光热资源转化效率低下的最直接原因^[6-8]。因此, 田区试验中的作物降水生产潜力值, 只有在地力水平相应并未成为水分充分利用的制约条件时, 才能实现。所以, 肥力梯度法就成为获得作物水分生产潜力的基本研究方法。本研究的田区试验选择当地典型土壤、肥力中上且无径流汇聚和输出的田块作试

验地, 以人工添加肥料的方法形成肥力梯度。

作物耗水系数, 是指每 1 hm² 农田形成 1 kg 经济产量所消耗的水分毫米值, 在忽略旱作农田径流的情况下, 可用下式表示^[1]:

$$R_w = F_w / G = (W_1 + P - W_2) / G \quad (1)$$

式中: R_w ——作物的耗水系数; F_w ——作物生产年度耗水量(mm); W_1 ——前作收获后或作物播种前 2 m 土层的水分含量(mm); P ——生产年度降水量(mm); W_2 ——作物收获后 2 m 土层的水分残留量(mm); G ——作物经济学产品产量(kg/hm²)。

当一定的耗水量能实现的产量达到最高值时, 耗水系数则处于最低值。此时的耗水系数值可视为降水生产潜力的表达指标, 称为“耗水系数潜力值”。研究表明, 用耗水系数作为降水生产潜力的间接表达指标, 具有年际变化幅度小、稳定性好的特征。因此, 可以较好地作为同一地点、相同作物在任一降水气候年份的降水生产潜力的换算系数。并能扩大应用范围, 即以测定作物生产潜力的耗水系数, 对相似类型地区进行潜力估算。其换算公式为^[1]:

$$Y_w = F_w / R_w$$

式中: Y_w ——降水生产潜力值(kg/hm²); F_w ——作物生产年度或生育期间耗水量(mm); R_w ——耗水系数潜力值[mm/(kg·hm⁻²)]。

本研究在平整不产生径流的农田中, 采用当地推广的优良品种, 经精细管理, 取得了榆阳区试点黑豆、绿豆、荞麦等小杂粮作物降水生产潜力的耗水系数潜力值, 年度间吻合性较好, 说明耗水系数具有良好的稳定性(表 3)。

据此, 依照研究取得的诸如表 3 所示的耗水系数潜力值, 可以较为精确地求得任一年份的作物降水生产潜力值。田区试验结果与公式概算具有很好的吻合度, 也显示了研究所取得的降水生产潜力的可靠性。

表 3 陕北黄土丘陵区主要小杂粮作物耗水系数田区试验值

作物	年份	播前 2 m	生育期	收获后 2 m	耗水量/ mm	田区产量	耗水系数
		土层贮水量/ mm	降水量/ mm	土层贮水量 mm		最高值/ (kg·hm ⁻²)	最低值/ (mm·kg ⁻¹)
黑豆	2001	323.25	468.60	385.37	406.48	2244.76	0.181
	2002	243.34	459.10	238.07	464.37	2887.07	0.161
荞麦	2001	234.89	433.00	453.46	216.43	1865.05	0.116
	2002	338.56	282.70	358.20	263.06	2135.04	0.123
绿豆	2002	282.25	459.10	351.31	390.04	2344.41	0.166

4 主要小杂粮作物降水生产潜力的开发程度

由于受生产条件和农作技术等多种因素的综合作用,目前陕北黄土丘陵沟壑区小杂粮生产的水分利用效率还比较低,表现为作物的现实生产力与降水生产潜力之间的巨大差距。潜力的开发度(即作物的现实生产力占潜在生产力的百分率)可作为衡量农田作物生产潜力开发程度的量化指标,也可作为农业资源利用效率和农业技术水平高低的综合评价指标^[9]。其计算公式为:

$$R = Y_A / Y_P \times 100\% \quad (3)$$

式中: R —— 潜力开发度(%); Y_A —— 现实生产力(kg/hm^2); Y_P —— 潜在生产力(kg/hm^2)。

对小杂粮作物而言,因其主产于旱作农区,潜力的开发度可视为现实生产力占其降水生产潜力的百分率。由表 4 可知,陕北黄土丘陵沟壑区糜子、绿豆、荞麦等主要小杂粮作物的生产潜力开发度仅为 9.78%~19.07%,平均为 13.83%,目前尚有 86.17% 的生产潜力没有发挥出来。可见,该区小杂粮降水生产潜力的开发前景仍十分巨大。

表 4 陕北黄土丘陵区主要小杂粮作物生产潜力开发程度

作物	降水生产潜力/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	现实生产力/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	潜力开发度/ %
糜子	3 982.40	759.4	19.07
黑豆	3 621.25	501.8	13.86
绿豆	3 306.94	342.8	10.37
荞麦	2 332.27	228.0	9.78
平均	3 310.72	458.0	13.83

注:现实产量为延安、榆林 1996—2000 年统计年鉴相关县区各作物产量资料的平均值。

研究所展示的各种小杂粮作物的降水生产潜力值远远高出其大田现实产量,预示着开发降水生产潜力的可能性,也说明所谓的“高产作物”与“低产作物”是相对的,在生态条件严酷的旱作农田,小杂粮作物并非注定是“低产作物”,其现实的低产性是由多种因素制约的结果。显然,揭示降水生产潜力开发的制约因素,藉助科技进步,确立适宜的技术途径和开发对策,对该区小杂粮生产潜力的开发和增进有着重要的意义,无疑也将极大地促进其生产的可持续发展和产业开发。

[参 考 文 献]

- [1] 信乃途,王立祥. 中国北方旱地农业[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1998.
- [2] 梅福生,余景荣. 陕北丘陵沟壑区农业气候资源及其开发利用[A]. 见: 农业气象研究论文集[C]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1994. 19—24.
- [3] 吴权明,冉龙贵. 陕北丘陵沟壑区种植业的结构调整[J]. 水土保持通报, 2001, 21(6): 7—11.
- [4] 蒋骏,王立祥. 西北黄土高原旱地作物生产潜力估算公式的研究——以冬小麦为例[J]. 干旱地区农业研究, 1990(2): 46—53.
- [5] 蒋骏,王立祥. 宁夏南部不同降水年型主要粮食作物的降水生产潜力的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1990(4): 54—61.
- [6] 王立祥. 西北黄土高原降水生产潜势及开发[J]. 西北农学院学报, 1982(2): 37—50.
- [7] 王立祥,王留芳,李顺昌,等. 宁夏固原半干旱旱作农区农业结构改革及效益研究[J]. 西北农业大学学报, 1987, 15(3): 9—18.
- [8] 西北农学院农业生态系统及控制研究课题组. 西北黄土高原农业生产结构改革及效益[J]. 西北农学院学报, 1984(3): 75—86.
- [9] 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]. 西北农林科技大学博士论文, 2000.