

樊纲惟,董立凡,樊洁馨,等. 汉中盆地水稻气候生产潜力分析与评价[J]. 陕西气象,2017(3):35-38.

文章编号:1006-4354(2017)03-0035-04

汉中盆地水稻气候生产潜力分析与评价

樊纲惟¹,董立凡²,樊洁馨³,王欣⁴,王岚玉¹

(1. 略阳县气象局,陕西略阳 724300;2. 秦都区气象局,陕西咸阳 712000;

3. 汉中市气象局,陕西汉中 723000;4. 汉台区气象局,陕西汉中 723000)

摘要:利用汉中市汉台区气象站 1970—2015 年的气象资料,采用逐步订正模型,计算了近 46 年汉中水稻光合生产潜力、光温生产潜力和气候生产潜力。结果表明:汉中盆地水稻光合生产潜力为 23 265 kg/hm²,光温生产潜力为 20 532 kg/hm²,气候生产潜力为 18 298 kg/hm²。汉中盆地水稻生育期为 4—9 月,生育期光热资源较好,水资源丰富,但存在水稻生育期降水分布不均的问题,建议 4—6 月适量增加灌溉,7—9 月降水偏多,易造成水稻减产,应注意防涝排涝。

关键词:汉中盆地;水稻;气候资源;生产潜力;评价

中图分类号:S162

文献标识码:A

农业气候资源是农业自然资源的重要组成部分,气候资源的利用率直接影响农作物产量和品质。作物气候生产潜力是评价农业气候资源的判据之一,取决于光、温、水三要素的数量及其相互配合协调的程度^[1]。通过对一个地区气候生产潜力进行估算,可以反映该地区的气候生产力水平和农业资源协调程度,分析出不同要素对生产力影响的大小,从而发现一个地区农业生产中的主导限制因素^[2]。

汉中盆地位于陕西省西南部,东经 105°30′50″~108°16′45″,北纬 32°03′54″~33°53′16″,属温暖湿润的亚热带气候,主产水稻、小麦、玉米、油菜等。其中水稻是最重要的粮食作物,常年种植

面积 9.33 万 hm²,约占全省的 70%^[3]。为促进汉中盆地经济可持续发展和自然资源合理开发利用,本文利用汉台区气象站 1970—2015 年的气温、降水量、日照时数等气候观测资料,采用定量评估方法对汉中盆地水稻气候生产潜力进行定量分析,找出主要制约和影响因素,探讨通过采取适当措施充分挖掘可能的增产潜力,为该地区农业持续发展提供理论和决策依据。

1 分析方法

光、温、水是作物生长发育不可缺少的气候因子,本文根据这三个要素来计算汉中盆地的水稻生产潜力。关于气候生产潜力的计算问题,国内外已有不少研究^[4-5]。采用高素华的“作物生长动

收稿日期:2016-08-31

作者简介:樊纲惟(1988—),女,汉族,陕西安康人,硕士,助理工程师,从事气候与生态环境方面的研究。

[5] 李耀东,高守亭,刘健文. 对流能量计算及强对流天气落区预报技术研究[J]. 应用气象学报,2004,15(1):10-20.

[6] 李晓霞,康凤琴,张铁军,等. 甘肃一次强对流天气的数值模拟和分析[J]. 高原气象,2007,26(5):1077-1085.

[7] 张晶晶,于华英,吴彬. 一次强对流的三维数值模拟分析[J]. 气象与减灾研究,2009,3(1):39-45.

[8] 曹雪梅,蒋小莉,王凌军,等. 延安宝塔区近 10 年冰雹时空分布与历史状况对比[J]. 陕西气象,2016(1):13-16.

[9] 杜继稳,侯明全,梁生俊,等. 陕西省短期天气预报技术手册[M]. 北京:气象出版社,2007:1-8.

[10] 雷崇典,戴彩梯. 陕北地区左移强雹暴[J]. 气象科学,2004,24(3):361-366.

态统计”模型,进行逐级订正,计算光合生产潜力 Y_1 、光温生产潜力 Y_2 和气候(光温水)生产潜力 Y_3 [4]。气候生产潜力主要采用作物生育期的气象要素来计算,不同区域的作物生育期有所不同,本文水稻生育期为 4—9 月 [6]。

1.1 光合生产潜力 (Y_1)

光合生产潜力是假设作物在温度、水分、养分等处于最适宜和最协调的条件下,由光能资源决定的最高产量 [7]。计算公式为

$$Y_1 = c \times F(Q) = k\Omega\varepsilon\varphi(1-\alpha)(1-\beta)(1-\rho)(1-\gamma)(1-\omega)(1-\eta)^{-1}(1-\xi)^{-1}Aq^{-1}f(L) \sum Q_j, \quad (1)$$

式中, c 为单位转换系数; Q_j 为各发育阶段的总辐射量 (MJ/m^2); j 为发育阶段序号; k 为能量转换系数,经转换后 $k = 10\,000.5$ 。其它参数的意义及参考值见表 1 [4,8]。

表 1 水稻光合生产潜力计算所用参数和取值

| 参数 | 物理意义 | 取值 |
|---------------|---------------------------------------|--------|
| ε | 光合辐射占总辐射的比例 | 0.420 |
| φ | 光合作用量子效率 | 0.224 |
| α | 植物群体反射率 | 0.100 |
| β | 植物繁茂群体透射率 | 0.100 |
| ρ | 非光合器官截获辐射比例 | 0.100 |
| γ | 超过光饱和点光的比例 | 0.050 |
| ω | 呼吸消耗占光合产物的比例 | 0.330 |
| η | 成熟谷物的含水率 | 0.140 |
| ξ | 植物无机灰分含量比例 | 0.080 |
| A | 作物经济系数 | 0.450 |
| q | 单位面积干物质含热量 (MJ/m^2) | 16.900 |
| Ω | 作物光合固定 CO_2 能力的比例 | 0.900 |
| $f(L)$ | 作物叶面积动态变化订正值 | 0.560 |

由于汉中市没有太阳辐射观测站,根据气象行业标准中的计算方法,采用研究站点的日照百分率来计算太阳总辐射 [9]。表达式为

$$Q = (a + bs)Q_a, \quad (2)$$

式中: Q 为太阳总辐射; Q_a 为地球外辐射; s 为日照百分率; a, b 为回归系数,采用 $a = 0.25, b =$

0.50。地球外辐射的计算公式如下

$$Q_a = \frac{T}{\pi} Gd (\omega_0 \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \sin\omega_0), \quad (3)$$

式中: Q_a 表示每日地球外辐射总量 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); T 表示周期 ($24 \times 60 \text{ min}$); G 表示太阳常数,为 $0.820 (\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1})$; φ 表示地理纬度 (rad); δ 表示太阳磁偏角 (rad),由下式计算

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right), \quad (4)$$

式中, J 表示日序,1月1日为1,12月31日为365或366,平时取365,闰年时取366; d 表示日地平均距离,由下式计算

$$d = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right); \quad (5)$$

ω_0 表示日落时角 (rad),计算公式为

$$\omega_0 = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)]. \quad (6)$$

1.2 光温生产潜力 (Y_2)

光温生产潜力是指在水分条件充足的情况下,由光照条件和温度决定的生产潜力,是在光合生产潜力的基础上,依据温度对作物的影响来估算作物的生产潜力。其表达式为

$$Y_2 = f(T)Y_1. \quad (7)$$

$f(T)$ 为温度订正系数,

$$f(T) = [(T - T_1)(T_2 - T)^B] / [(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B], \quad (8)$$

$$B = (T_2 - T_0) / (T_0 - T_1). \quad (9)$$

T 是某一时段的平均气温, T_1, T_2, T_0 分别是该时段内作物生长发育的下限温度、上限温度和产量形成的最适温度。水稻各生长发育阶段的三基点温度见表 2 [10]。

表 2 高产条件下水稻三基点温度 $^{\circ}\text{C}$

| 月份 | 生长发育时期 | T_0 | T_1 | T_2 |
|-----|--------|-------|-------|-------|
| 4 | 苗期 | 22 | 10 | 40 |
| 5—6 | 营养生长期 | 25 | 13 | 35 |
| 7 | 抽穗开花 | 25 | 20 | 37 |
| 8—9 | 灌浆成熟 | 25 | 13 | 35 |

2.3 气候生产潜力 (Y_3)

气候生产潜力是指受光照、温度和水分共同

影响所能得到的最大生产潜力,是在光温生产潜力的基础上,依据自然降水对作物的影响来估算作物的生产潜力。其表达式为

$$Y_3 = f(W)Y_2. \quad (10)$$

$f(W)$ 为水分订正函数,

$$f(W) = \begin{cases} \frac{R}{ET_c} & 0 \leq R < ET_c \\ 1 & R \geq ET_c \end{cases}, \quad (11)$$

式中: R 是作物生育期内的有效降雨量(mm); ET_c 是作物理论需水量(mm)。

ET_c 采用 FAO 推荐的公式来进行计算^[11],

$$ET_c = K_c \times ET_0. \quad (12)$$

K_c 为作物系数,水稻的作物系数见表 3^[4]; ET_0 为参考作物蒸散量(mm),计算公式^[12]如下

$$ET_0 = 0.0018(25 + T)^2(100 - U), \quad (13)$$

其中, T 为月平均气温($^{\circ}\text{C}$), U 为月平均相对湿度。

表 3 水稻生育期作物系数

| 月份 | 生长发育时期 | 系数 |
|-----|--------|------|
| 4 | 苗期 | 1.00 |
| 5—6 | 营养生长期 | 1.35 |
| 7 | 抽穗开花 | 1.35 |
| 8—9 | 灌浆成熟 | 1.20 |

2 结果与分析

2.1 光合生产潜力(Y_1)

由表 4 可以看出,汉中盆地水稻光合生产潜力为 23 265 kg/hm²(19 154~26 223 kg/hm²),这与肖厚军等^[12]计算的贵州水稻光合生产潜力 23 030 kg/hm²基本一致,低于王建勋等^[13]计算的塔里木河流域的水稻光合生产潜力 25 125 kg/hm²,高于四川省多年平均水稻光合生产潜力 17 044 kg/hm²^[14]。目前,汉中盆地水稻平均单产 8 996 kg/hm²^[3],约占当地光合生产潜力的 39%。

2.2 光温生产潜力(Y_2)

汉中盆地水稻光温生产潜力为 20 532 kg/hm²(16 261~23 889 kg/hm²),普遍低于辽宁沈

表 4 研究区水稻气候生产潜力

| 参数 | 多年均值 | 最大值 | 最小值 |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Y_1 /(kg/hm ²) | 23 265 | 26 223 | 19 154 |
| Y_2 /(kg/hm ²) | 20 532 | 23 889 | 16 261 |
| Y_3 /(kg/hm ²) | 18 298 | 23 095 | 9 122 |
| $f(T)$ | 0.88 | 0.94 | 0.83 |
| $f(W)$ | 0.89 | 1.00 | 0.42 |

阳至营口一带的水稻光温生产潜力(约 24 000 kg/hm²)^[15],明显高于塔里木河流域(14 387 kg/hm²)^[13]。温度订正系数 $f(T)$ 表示温度条件对水稻生长的适宜程度,其数值在 0~1 之间,越接近 1,表示越适宜作物生长。表 4 显示,汉中盆地水稻生育期的温度订正系数为 0.88,与湖北官司河流域的温度订正系数(0.81)^[16]比较一致,明显高于塔里木河流域温度订正系数(0.57)^[13],说明汉中盆地的热量资源较丰富。

2.3 气候生产潜力(Y_3)

汉中盆地水稻的气候生产潜力为 18 298 kg/hm²(9 122~23 095 kg/hm²),同样普遍低于辽宁沈阳至营口一带的水稻气候生产潜力(约 22 000 kg/hm²)^[15],明显高于塔里木河流域水稻的气候生产潜力 1 374 kg/hm²^[13]。水分订正系数与温度订正系数一样,也是越接近 1 表示越适宜作物生长。汉中盆地多年平均水分订正系数为 0.89,其中水分订正系数为 1.0 的年份达到 50%,但这并不表示这些年份的水稻产量就很高,因为水分过多和水分过少同样影响水稻的产量。杨丽霞等^[17]在对汉中水稻产量的气候影响因素的研究中发现,降水在水稻生育期 5 月对产量的影响为正效应,8 月为负效应。即 5 月降水增加可以增产,8 月降水增加会造成减产。表 5 显示,汉中盆地 7、8、9 月降水量的多年平均值均高于水稻理论需水量,尤其是 1981 年,7—9 月总降水量达到 912.5 mm,而理论需水量只有 231.7 mm,实际降水量是理论需水量的近 4 倍,对当年水稻生长发育十分不利。从图 1 可以看出,当地光热资源比较稳定,水分对水稻生产潜力影响相对较大。在

实际生产中,由于水稻是灌溉作物,因此水分是影响当地水稻生产的主要可控因素,可通过兴修水利,科学管理,提高水分利用率。

表5 研究区水稻生育期各月水分数据

| 月份 | 生育期理论 需水量/mm | 生育期实际 降水量/mm | 水分订正 系数 |
|----|-----------------|-----------------|------------|
| 4 | 78.35 | 56.24 | 0.72 |
| 5 | 125.63 | 94.85 | 0.75 |
| 6 | 138.73 | 97.43 | 0.70 |
| 7 | 123.77 | 166.74 | 1.00 |
| 8 | 111.93 | 127.67 | 1.00 |
| 9 | 71.61 | 149.38 | 1.00 |

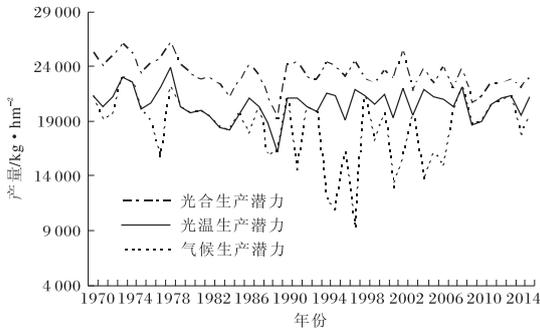


图1 研究区水稻年均生产潜力

3 结语

综上分析可以看出,汉中盆地的光热资源较好,水资源丰富,有利于水稻的生长发育,但存在水稻生育期降水分布不均的问题,建议4—6月适量增加灌溉,7—9月降水偏多,易造成水稻减产,要注意防涝排涝。通过提高农田管理水平,充分地利用气候资源,可进一步提高汉中盆地的水稻产量。

参考文献:

[1] Schulze R. Transcending scales of space and time in impact studies of climate and climate change on agrohydrological response [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2000, 82(1):185-212.

[2] 江爱良. 农业气象和农业发展的战略研究[J]. *中国农业气象*, 1990, 11(1):1-4.

[3] 任满丽,王虎军. 汉中市水稻生产现状、问题及对策[J]. *陕西农业科学*, 2011(2):90-91,223.

[4] 高素华. 中国三北地区农业气候生产潜力及开发利用对策研究[M]. 北京:气象出版社,1995.

[5] 赖荣生,余海龙,黄菊莹. 作物气候生产潜力计算模型研究述评[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(5):11-14.

[6] 樊晓玲,张小峰. 2011年汉中市水稻全生育期气象条件分析[J]. *现代农业科技*, 2012(18):238-240.

[7] Loomin R S, Williams W A. *Photosynthesis and productivity in different environments* [M]. London: Cambridge University Press, 1975:145-172.

[8] 王铭,李秀军,刘兴土,等. 东北三省农业气候生产潜力及气候资源满足率的研究[J]. *土壤与作物*, 2012, 1(1):27-33.

[9] QX/T 81—2007 中华人民共和国气象行业标准[S]. 北京:中国标准出版社, 2007:9-10.

[10] 刘彬,杨改河,张丽萍. 新疆地区农业资源生产潜力分析与评价——以阿拉尔垦区为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(3):139-143.

[11] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. *Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56* [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998:37-58.

[12] 苏维词. 内蒙古准格尔旗主要耕作土的农业自然生产潜力及限制因子分析[J]. *干旱地区农业研究*, 1994, 12(2):63-68.

[13] 王建勋,朱晓玲,庞新安,等. 塔里木河流域主要农作物气候生产潜力分析——以塔里木河上游的阿克苏地区为例[J]. *中国农业气象*, 2006, 27(2):76-78.

[14] 张玉芳,庞艳梅,刘琰琰,等. 近50年四川省水稻生产潜力变化特征分析[J]. *中国生态农业学报*, 2014, 22(7):813-820.

[15] 马树庆,袁福香,郭春明. 东北区主要粮豆作物气候生产潜力实现率及其提高途径[J]. *农业系统科学与综合研究*, 1999, 15(3):203-208.

[16] 李国蓉,王青,余音,等. 官司河流域农业自然生产潜力研究[J]. *湖北农业科学*, 2010, 49(2):334-337.

[17] 杨利霞,袁再勤,孟茹. 汉中市水稻产量特征及气候要素对其影响研究[J]. *陕西气象*, 2013(1):15-17.