

文章编号: 1005-0906(2008)04-0192-04

山西省玉米气候资源利用效率分析

钱锦霞¹, 胡良温²

(1. 山西省气候中心, 太原 030002; 2. 山西省气象科学研究所, 太原 030002)

摘要: 利用山西省境内较均匀分布的 39 个县(市)1991~2000 年玉米单产和同期气象资料, 分析了山西省玉米气候资源利用效率和玉米气候资源利用效率的区域分布特点。山西省玉米光能利用率平均为 0.26%, 热量利用效率平均为 1.37 kg/(℃·d·hm²), 降水量利用效率平均为 12.28 kg/(mm·hm²)。玉米气候资源利用效率区域性、区域内差异明显。提高降水量和光能利用效率有助于提高气候资源综合利用效率。

关键词: 玉米; 气候; 资源利用; 效率分析

中图分类号: S513

文献标识码: A

Analysis of Climatic Resources Utilization Efficiency of Maize in Shanxi Province

QIAN Jin-xia¹, HU Liang-wen²

(1. Shanxi Climate Center, Taiyuan 030002; 2. Shanxi Meteorological Institute, Taiyuan 030002, China)

Abstract: Based on meteorological and maize yield data in 10 years(1991 – 2000), the climatic resources utilization efficiency of maize in Shanxi province had been calculated and analyzed. The utilization efficiency of light was 0.26%, that of heat was 1.37 kg/(℃·d·hm²), and that of precipitation was 12.28 kg/(mm·hm²). The climatic resources utilization efficiency of maize had a great difference among region. The precipitation played an important role during maize growth. The improving of utilization efficiency of precipitation and light helped to the improving of climatic resources utilization efficiency.

Key words: Maize; Climate; Resources Utilization; Efficiency Analysis

在农作物产量形成过程中, 光能是基本能源; 水分既是农作物生长的基本条件, 又是植物体的组成部分; 热量不仅决定一个地区的作物生产力, 而且是光、水资源作物转换的影响和制约条件。许多学者在气候资源利用效率方面做了卓有成效的研究^[1-6]。山西省境内地形复杂, 以干旱为主的自然灾害发生频繁, 造成产量低而不稳, 玉米对粮食产量具有举足轻重的作用。研究山西省玉米对气候资源利用效率的分布状况具有十分重要的现实意义。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

山西省位于东经 110°14'42"~114°33'17"、北纬 34°34'58"~40°44'30"。境内地形复杂, 海拔高度悬殊。受季风气候的影响, 南北气候差异较大。年平均气温为 3.9~14℃, 1 月最冷(平均气温为 -14.4~-0.5℃), 7 月最热(平均气温为 19.5~27.4℃), ≥10℃积温为 2 251.6~4 636.2℃·d; 年降水量为 362.4~606.5 mm, 50%以上的降水集中在 6~8 月。玉米在全省各地均有分布。

1.2 资料选择

在山西省境内选择 39 个代表站, 它们分别分布在盆地、丘陵、山地和河谷等地形, 位置也较为均匀。1991~2000 年玉米平均产量资料来自山西省统计局, 同期气象资料来自山西省气象局。

1.3 计算方法

光能利用效率 SUE 、热量利用效率 HUE 和降水量利用效率 WUE 分别按如下公式计算:

$$SUE = H \times Y / \sum Q \times 100\% \quad (1)$$

$$HUE = Y / \sum T \quad (2)$$

收稿日期: 2007-06-06

基金项目: 山西省科技发展计划项目(2006031101-01)、山西省气象局项目(0622)

作者简介: 钱锦霞(1966-), 女, 山西人, 高级工程师, 主要从事农业气象业务与科研工作。Email: qiansx@126.com

$$WUE=Y/\sum R$$

(3)

其中, Y 为各站玉米单产 (kg/hm^2), H 为单位面积上干物重燃烧热(J/g),取 $1\,779\times 10^4(\text{J}/\text{kg})$, $\sum Q$ 为玉米生长期间的太阳总辐射(MJ/kg)。太阳总辐射的计算采用全国通用公式^[7]。 $\sum T$ 为日平均气温稳定通过 10°C 期间的积温, $\sum R$ 为玉米生长期间的降水量。

对光能、热量和降水量利用效率的综合评价采用综合指数,即首先对 SUE 、 HUE 和 WUE 作标准化处理,仍记为 SUE 、 HUE 和 WUE ,并假设光能、热量和降水量利用效率权重系数均为 1。定义玉米农业气候资源综合指数 $AUI=\frac{1}{2}(HUE+WUE+SUE)$ (4)

2 结果与分析

2.1 光能利用率特点

作物干物重的 90%以上来自光合作用,子粒产量主要取决于光能利用率的高低,即光合产物中贮存的能量占有效辐射能或占太阳总辐射能的百分比^[8]。以公式(1)计算各站光能利用率(表 1)。分析 39

个代表站玉米对光能利用效率,利用率较大的县(市)为芮城、安泽和沁县,达 0.4%以上;其次为运城、垣曲、侯马、吉县、襄垣、榆社、太原、原平和朔州等,为 0.3%~0.4%;阳城、阳泉、灵丘、右玉和西北部各县(市)光能利用率低,为 $\leq 0.2\%$ 。不同县(市)间差异明显,光能利用率最大的安泽比最小的临县多 0.34 个百分点,若将临县的光能利用率提高到全省平均水平,则光合生产潜力为 $5\,071.8\text{ kg}/\text{hm}^2$,玉米平均产量可增加 140%。

从区域分布看,南部和东南部光能利用率高,平均 $\geq 0.3\%$;其次为中部和北部,平均为 $0.25\%\sim 0.26\%$;西北部光能利用率低,平均为 0.15% 。同一区域内也存在明显差异,芮城和万荣同属于麦收后复播夏玉米,芮城比万荣多 0.13 个百分点。

2.2 热量利用效率特点

热量利用效率即积温每 $1^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ 所生产的玉米单产,单位为 $\text{kg}/(^\circ\text{C}\cdot\text{d}\cdot\text{hm}^2)$ 。根据公式(2)计算得各站热量利用效率(表 1)。

表 1 山西省玉米光能、热量、降水量利用效率
Table 1 Shanxi corn light, heat, and precipitation utilization efficiency of maize in Shangxi

县(市) County	玉米单产(kg/hm^2) Maize yield	光能利用率(%) Light utilization efficiency	热量利用率 [$\text{kg}/(^\circ\text{C}\cdot\text{d}\cdot\text{hm}^2)$] Heat utilization efficiency	降水量利用效率 [$\text{kg}/(\text{mm}\cdot\text{hm}^2)$] Precipitation utilization efficiency
芮城	4 851.4	0.41	1.13	17.97
运城	4 241.1	0.36	0.90	15.00
垣曲	3 913.3	0.37	0.90	11.39
万荣	3 278.8	0.28	0.79	10.78
侯马	5 377.8	0.30	1.24	14.78
临汾	4 390.5	0.25	1.00	12.55
吉县	6 496.4	0.37	1.80	16.93
安泽	7 741.5	0.45	2.39	16.50
隰县	5 447.2	0.29	1.66	14.41
南部平均	5 082.0	0.34	1.31	14.50
平顺	4 454.5	0.25	1.43	9.84
襄垣	6 603.8	0.37	1.93	16.80
陵川	4 831.2	0.26	1.70	10.56
阳城	3 446.7	0.19	0.86	7.61
沁源	4 852.9	0.28	1.55	11.09
沁县	7 542.3	0.44	2.32	17.49
东南部平均	5 288.6	0.30	1.63	12.20
榆社	5 292.0	0.30	1.67	13.58
和顺	4 477.8	0.26	1.71	11.34
交城	4 508.3	0.25	1.21	13.47
介休	4 175.4	0.24	1.11	14.06
太原	6 009.5	0.33	1.66	15.77
阳泉	2 766.3	0.16	0.71	6.62
寿阳	4 173.3	0.24	1.40	10.71
中部平均	4 486.09	0.25	1.35	12.22
临县	2 111.2	0.11	0.65	5.40

续表 1 Continued 1

县(市)	玉米单产(kg/hm ²)	光能利用率(%)	热量利用率	降水量利用效率
County	Maize yield	Light utilization efficiency	[kg/(℃·d·hm ²)] Heat utilization efficiency	[kg/(mm·hm ²)] Precipitation utilization efficiency
离石	3 227.3	0.18	0.95	9.71
静乐	2 754.2	0.15	0.96	7.19
石楼	2 469.9	0.14	0.73	6.54
兴县	3 552.3	0.20	1.05	8.67
五寨	2 241.1	0.12	0.87	5.42
河曲	3 180.9	0.16	0.95	9.95
西北部平均	2 791.0	0.15	0.88	7.60
原平	5 908.0	0.33	1.67	15.93
朔州	6 199.3	0.34	2.06	17.08
灵丘	3 405.0	0.18	1.10	9.69
五台	4 509.5	0.25	1.57	10.67
山阴	4 925.7	0.25	1.55	15.26
浑源	5 280.4	0.29	1.82	14.90
广灵	5 348.7	0.28	1.76	16.14
右玉	3 309.2	0.16	1.44	9.07
大同	4 510.7	0.23	1.49	13.78
天镇	5 131.5	0.26	1.74	14.30
北部平均	4 852.8	0.26	1.62	13.68
全省平均	4 525.2	0.26	1.37	12.28

分析表 1 可知, 山西省玉米热量利用效率高的县(市)为安泽、沁县和朔州, 达 2.0 kg/(℃·d·hm²)以上; 较高的县(市)为吉县、襄垣和浑源为 1.8 ~ 2.0 kg/(℃·d·hm²); 中等的县(市)为隰县、陵川、沁源、和顺、榆社、太原、原平、五台、山阴、广灵和天镇为 1.5 ~ 1.8 kg/(℃·d·hm²); 较低的县(市)为芮城、侯马、临汾、平顺、交城、介休、寿阳、兴县、灵丘、右玉和大同为 1.0 ~ 1.5 kg/(℃·d·hm²); 利用率低的县(市)为运城、垣曲、万荣、阳城、阳泉、临县、离石、静乐、石楼、五寨和河曲为 <1.0 kg/(℃·d·hm²)。

从区域分布看, 东南部和北部热量资源利用率高, 平均 >1.60 kg/(℃·d·hm²); 其次为中部和南部, 平均为 1.31 kg/(℃·d·hm²)和 1.35 kg/(℃·d·hm²), 西北部最小, 平均为 0.88 kg/(℃·d·hm²)。东南部为半湿润气候, 年降水量最多, 也成为热量利用率最高的区域; 北部热量资源最少, 利用率高; 右玉是全省热量资源最贫乏的县(市), 而并非热量利用率最低的县(市); 热量资源丰富的南部运城盆地, 在夏玉米生育期间, 气温高、生育期短, 有一部分超过适宜温度的热量为无效, 干物质积累过程不充分, 热量利用率低; 中部热量资源较为丰富, 但常常因为水分条件等对产量造成影响^[9], 热量资源不能得到充分利用; 中西部吕梁山区属于黄土丘陵地带, 土壤贫瘠、沙化严重, 热量资源较为丰富, 但利用不充分, 受到限制。在

同一区域内, 不同县(市)热量利用效率也存在明显差异。如东南部的沁县, 其热量利用效率是平顺的 1.6 倍, 是沁源的 1.5 倍; 北部的朔州, 其热量利用效率是浑源的 1.1 倍, 是灵丘的 1.9 倍。利用效率的差异表明热量资源利用潜力很大。

2.3 降水量利用效率特点

降水量利用效率只反映降水对玉米产量形成的贡献, 即每生产 1 kg 玉米所消耗的降水量, 并非严格意义上的水分利用效率, 但对于山西省的绝大部分县(市)来说, 自然降水是作物生长水分的主要来源。以公式(3)计算各站降水量利用效率(表 1)。

分析表 1 可知, 山西省玉米降水量利用效率高的县(市)为芮城、沁县和朔州, 达到 17.0 kg/(mm·hm²)以上; 较高的县(市)为运城、吉县、安泽、襄垣、太原、原平、山阴和广灵为 15.0 ~ 17.0 kg/(mm·hm²); 中等的县(市)为垣曲、万荣、侯马、临汾、隰县、陵川、沁源、榆社、和顺、交城、介休、寿阳、五台、浑源、大同和天镇为 10.0 ~ 15.0 kg/(mm·hm²); 较低的县(市)为平顺、阳城、阳泉、临县、离石、静乐、石楼、兴县、五寨、河曲、灵丘和右玉为 <10.0 kg/(mm·hm²)。

全省平均降水量利用效率为 12.28 kg/(mm·hm²), 比内蒙古高 0.87 kg/(mm·hm²), 但利用率最高为 17.91 kg/(mm·hm²), 为内蒙古乌前旗的 46%, 利用率最低为 5.40 kg/(mm·hm²), 比内蒙古鄂伦春高 1.06 kg/(mm·

hm²);在所选的 39 个站中,有 28 个站的降水利用效率在 10.0 kg/(mm·hm²)以上,占到 72%,绝大部分县(市)玉米对降水利用率较高。从区域分布情况看,除中西部吕梁山区降水利用效率较低外,其余区域都在 10%以上。降水利用率高表明降水在山西省玉米生产中具有极为重要的作用。同热量资源利用效率雷同,区域内部差异明显。水分利用效率与苗期干旱程度有关,不同时期缺水胁迫使植株光合速率降低,有机物积累减少,生理功能和各项指标降低,生长发育停滞,对产量影响极大^[10];春播期无透雨年占有较大比例、苗期降水变化大、严重不足等^[12],严重影响到玉米的高产稳产,阻碍了降水量利用效率的提高。

2.4 综合指数分布特点评价

为了了解山西省玉米对农业气候资源的综合利用情况,按照公式(4)计算出农业气候资源利用效率综合指数。山西省玉米综合指数分布在 -1.73 ~ 1.84,综合利用指数 >1.0 的县(市)为朔州、襄垣、安泽、吉县和沁县,综合利用指数 <-1.0 的县(市)为阳泉、五寨、静乐、石楼、临县和阳城,72%的县(市)综合利用指数在 -1 ~ 1 范围内。综合指数与光能、热量和降水量利用效率的相似系数^[12]大小顺序依次为:降水量 > 光能 > 热量。综合指数与降水量、光能利用率的相似等级为好,与热量利用效率的相似等级为一般,提高降水量和光能利用率有助于提高气候资源综合利用指数。

3 结 论

(1)玉米光能利用率平均为 0.26%,部分县(市)达到世界陆地植物平均光能利用率 0.3%的水平,甚至达到高产地区一般农田 0.4%的水平。光能利用率最高与最低相差 0.34%。区域性差异明显,南部光能利用率高,平均达到 0.32%,西北部平均 0.15%,相差 2 倍多。光能利用潜力很大。

(2)玉米热量利用效率平均为 1.37 kg/(℃·d·hm²)。热量利用效率并不随热量资源的丰富而增加,南部

运城和临汾盆地 ≥10℃ 积温在 4 000℃·d 以上,利用效率为 0.86 ~ 1.24 kg/(℃·d·hm²);北纬 39°N 以北,≥10℃ 积温在 2300 ~ 3400℃·d,热量利用效率为 0.95 ~ 2.06 kg/(℃·d·hm²);西北部耕作栽培条件差,热量利用效率最低。

(3)玉米降水量利用效率平均为 12.28 kg/(mm·hm²),降水量利用效率高,降水在山西玉米生产中具有极为重要的作用。采取地膜覆盖、选择适宜品种、作物施肥、补充灌溉和应用化学物质等措施提高降水量利用效率,可有效提高玉米对农业气候资源的综合利用效率。

参考文献:

- [1] 崔读昌. 中国粮食作物气候资源利用效率及其提高的途径[J]. 中国农业气象, 2001, 22(2): 25-31.
- [2] 崔震海, 马兴林, 张立军, 等. 苗期干旱对玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 79-81, 89.
- [3] 高 涛, 于 晓, 李海英. 内蒙古粮食作物热量和降水资源利用效率的分布特点[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 99-102.
- [4] 高 涛, 于 晓, 李海英. 内蒙古粮食作物对光能利用效率的分布特点[J]. 华北农学报, 2003, 18(1): 103-106.
- [5] 王韶唐. 植物的水分利用效率和旱地农业生产[J]. 干旱地区农业研究, 1987, 5(2): 67-80.
- [6] 梁宗锁, 康绍忠. 植物水分利用及其提高途径[J]. 西北植物学报, 1996, 16(6): 79-84.
- [7] 高国栋. 气候学教程[M]. 北京: 气象出版社, 1990: 77-136.
- [8] 王庆成, 柴兰高, 李宗新, 等. 山东省玉米的生产现状与发展策略[J]. 玉米科学, 2006, 14(5): 159-162.
- [9] 钱锦霞, 赵桂香, 李 芬, 等. 晋中市近 40 年气候变化特征及其对玉米生产的影响[J]. 中国农业气象, 2006, 27(2): 125-129, 133.
- [10] 杜长玉, 庞全国, 李东明. 玉米不同时期缺水胁迫对产量和生理指标的影响[J]. 玉米科学, 2002, 10(增刊): 64-65, 72.
- [11] 钱锦霞, 李 芬, 赵桂香, 等. 2004 年山西省玉米丰收的农业气象条件分析[J]. 山西农业科学, 2006, 34(2): 11-14.
- [12] 钱锦霞, 王振华, 赵桂香. 山西省玉米生育前期降水概率与特征分析[J]. 玉米科学, 2006, 14(5): 163-165.
- [13] 龚晓峰, M.B.Richman. 主分量分析在区域性气候分型中应用的统计试验研究[J]. 大气科学, 1992, 16(6): 649-658.

(责任编辑:朱玉芹)