

马兴祥,陈雷,丁文魁,等. 灌水量和气温对玉米生物耗水及产量的影响[J]. 干旱气象,2014,32(4):521-526, [MA Xingxiang, CHEN Lei, DING Wenkui, et al. Effects of Irrigation Amount and Temperature on Water Consumption and Yield of Maize[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(4):521-526], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-04-0521

灌水量和气温对玉米生物耗水及产量的影响

马兴祥^{1,2}, 陈雷³, 丁文魁²,
任丽雯², 赵尔建⁴, 张兆生³

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020;
2. 甘肃省武威农业气象试验站, 甘肃 武威 733000; 3. 甘肃省武威市气象局, 甘肃 武威 733000; 4. 甘肃省古浪县气象局, 甘肃 古浪 733100)

摘要:为了掌握玉米适宜灌水量,以石羊河流域武威荒漠生态和农业气象试验站为试验地点,按照常规灌水方式设计玉米全生育期灌水量 $3\ 750\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $4\ 500\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $5\ 250\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $6\ 000\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 4种处理,并按1:1.5:1:1比例分4次灌溉,采用水量平衡法计算玉米不同生育阶段的耗水量,分析研究不同灌水处理对玉米产量的影响。结果表明:在相同气候年景下,不同灌水条件对玉米发育期影响不明显;在玉米生物耗水过程中,气温升高耗水量增加,气温升高 $1\ ^\circ\text{C}$,耗水量增加 $124\ \text{mm}$;玉米全生育期耗水量呈抛物线变化,峰值出现在拔节至抽雄期间,此期间也正是耗水量影响玉米产量最敏感的时期,期间耗水量每增加 $1\ \text{mm}$,玉米产量增加 $0.33\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;不同灌水处理情景下,水分利用率以灌水量为 $5\ 250\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 最高,可达 $34.7\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$,故该灌水量可视为当地适宜灌水量。

关键词:玉米耗水;产量;灌水量

文章编号:1006-7639(2014)-04-0521-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-04-0521

中图分类号:S513

文献标识码:A

引言

灌水量决定灌溉区用水多少。研究不同灌水条件对农作物产量影响,掌握适宜灌水量,合理利用有限的水资源,获得较高产量,是解决水资源短缺的有效手段。我国水资源严重短缺,人均淡水资源仅为世界平均水平的 $1/4$,是全球人均水资源最贫乏的国家之一。我国农业正经受着水资源不足、耕地减少、农业生态环境日益恶化的严重威胁,农业灌溉水利用率远低于世界先进水平。目前我国农业正处在从传统农业向现代农业发展过渡时期,农业科技水平有待进一步提高。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》明确把水和矿产资源确定为科学技术发展的优先领域,把综合节水列为优先主题,强化开发灌溉节水技术、旱作节水与生物节

水综合配套技术,因此开展提高水资源利用率研究意义重大。

近年来,在我国干旱灌溉区广泛深入地开展了水资源利用研究^[1-7],在灌水方式、灌水设施、灌溉量、灌水亏缺等方面取得了丰硕的研究成果,并在提高农作物高产稳产中起到了积极的指导和推进作用。随着农业新技术的推广应用,由于气候变暖导致的水资源匮乏^[8-13],使农业用水矛盾凸显,节水已成为农业生产关注和研究的热点。因此,研究干旱区不同农作物在有限水资源条件下取得理想产量,保持农业持续稳定发展是本研究的出发点和归宿,以期对石羊河流域综合治理,特别是在水资源的合理调配、产业结构调整、农业种植制度改革以及自然灾害综合防御等方面提供一定的参考,具有一定的推广应用前景。

收稿日期:2014-01-10; **改回日期:**2014-04-18

基金项目:国家自然科学基金项目(41275118,31300376)、科技部行业(气象)专项(GYHY201106029)、干旱气象科学研究基金项目(IAM201312)、甘肃省自然科学基金项目(1208RJYA025)共同资助

作者简介:马兴祥(1955-),男,甘肃古浪县人,主要从事农业生态与气象试验研究. E-mail:wwqxjmx@163.com

1 资料与方法

1.1 试验地点

2011年,在武威荒漠生态与农业气象试验站进行试验。试验站地处我国西北中温带干旱区的甘肃省河西走廊绿洲农业生态区,位于河西走廊东端武威市清源镇的发展村(37°55'N, 102°40'E, 海拔1 531.5 m),主要地貌地形为相对平坦的台地,土壤为沙壤土,碱性、肥力中等。年平均气温8.0℃,降水量162 mm,年太阳总辐射为6 031 MJ·m⁻²,年平均无霜期为248 d。2011年,年平均气温为7.4℃,较常年平均值偏低0.6℃,其中从玉米播种到成熟期间平均气温为19.2℃,≥10℃积温2 695℃·d,降水量244 mm。试验期间属气温偏高、降水偏多年份。

1.2 试验设计

试验的玉米品种为德威2号。试验小区面积18 m×11 m,播种量30 kg·hm⁻²。播种时,施尿素225 kg·hm⁻²,磷二氮187.5 kg·hm⁻²;灌头水时,追加施尿素225 kg·hm⁻²;灌二水时,追施玉米多用肥225 kg·hm⁻²。田间管理与大田制种玉米相同。

玉米全生育期灌水量设计了4种处理方式,灌水量分别为3 750 m³·hm⁻²、4 500 m³·hm⁻²、5 250 m³·hm⁻²、6 000 m³·hm⁻²,并分4次灌完,4次灌水分配比例1:1.5:1:1。水量用水表控制,胶皮管输入试验地。不同处理地块用1 m深建筑防水膜(SBS)隔离,防止土壤水分横向渗透运移。

1.3 观测项目与方法

1.3.1 生育期观测

按中国气象局《农业气象观测规范》,试验期间对玉米生长过程中一些重要特征的出现时间在不同处理小区选择有代表性的2行作观测点,每测点连续选10株作标记进行发育期观测。主要发育期划分为播种、出苗、三叶期、七叶期、拔节期、抽雄期、乳熟期、成熟期。

1.3.2 产量性状

按《农业气象观测规范》要求,在乳熟、成熟期测定4种灌水处理下玉米的密度、产量结构要素,收获单打单收记产。

1.3.3 土壤水分测定与计算

在试验地段测定0~100 cm不同深度土壤水文常数,包括:田间持水量、容重、凋萎系数(表1)。为掌握玉米生育期间土壤水分动态变化,在玉米全生育期每旬测定1次土壤含水量,采用人工土钻分层取土置于铝盒中,取土间隔10 cm,并采用烘干法测定土壤含水量,其公式为:

$$\text{土壤含水率} = (\text{土壤鲜质量} - \text{土壤干质量}) / \text{土壤干质量} \times 100\% \quad (1)$$

农田有效贮存量采用《农业气象观测规范》的计算方法,其公式为:

$$u_i = \rho_i \times H_i \times (W_i - W_{ik}) \times 10 \quad (2)$$

式(2)中: u 为土层有效贮存量(单位:mm); i 为土层编号; ρ_i 为第 i 层土壤的干容重(单位:g·cm⁻³); H_i 为第 i 层土壤厚度(单位:cm); W_i 第 i 层土壤的含水率,以占干土质量的百分数计; W_{ik} 为第 i 层土壤的凋萎湿度,以重量含水率计。

表1 2011年9月15日武威荒漠生态试验站试验地的土壤水文常数和物理特征值

Tab.1 The soil hydrology constants and physical eigenvalues on 15 September 2011 in desert and ecology experimental station of Wuwei

土层深度/cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
容重/g·cm ⁻³	1.55	1.58	1.50	1.67	1.50	1.46	1.36	1.35	1.36	1.41
田间持水量/%	17.6	15.5	19.8	21.6	23.4	24.2	24.3	23.5	24.4	24.8
凋萎湿度/%	5.7	4.4	3.3	5.0	7.1	6.8	7.0	7.6	6.9	6.0

1.3.4 农田耗水量的计算

利用测定的土壤含水量来计算作物耗水量^[8],其公式为:

$$ET = 10 \sum_{i=1}^n \rho_i H_i (W_{i1} - W_{i2}) + M + R + K \quad (3)$$

上式中, ET 为阶段耗水量(单位:mm); i 为土层编号; n 为总土层数; ρ_i 为第 i 层土壤干容重(单位:g/

cm³); H_i 为第 i 层土壤厚度(单位:cm); W_{i1} 和 W_{i2} 分别为第 i 层土壤时段末和时段初的含水率,以占干土质量的百分数计; M 为灌溉量(单位:mm); R 为降水量(单位:mm); K 为时段内的地下水补给量(单位:mm),当地下水埋深>2.5 m时, K 值可忽略不计,本试验地的地下水埋深在10 m以下,故地下水补给量可视为0。

1.3.5 水分利用效率的计算

水分利用效率的计算公式为^[1]:

$$WUE = Y/ET_a \quad (4)$$

上式中, WUE 为水分利用效率(单位: $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$); Y 为籽粒产量(单位: $kg \cdot hm^{-2}$); ET_a 为玉米生育期间实际耗水量(单位: mm)。

2 结果与分析

2.1 灌水量对玉米发育进程的影响

按玉米生长状况,分别在6月14日、7月20日、8月4日、8月30日进行灌水。4种灌水处理下的发育期特征基本一致(表略),说明本试验条件下灌水量对玉米发育期影响不明显。玉米生育期的气象要素特征见表2。

表2 玉米发育期的气象条件

Tab.2 The meteorology conditions during the growth stage in study area

生育期	播种	出苗	三叶	七叶	拔节	抽雄	乳熟	成熟	全生育期
日期	05-22	05-28	06-03	06-20	07-01	08-02	09-07	10-10	
间隔日数/d		6	5	17	11	32	36	33	140
日均气温/°C		17.3	19.9	22.6	22.4	21.9	20.3	12.1	19.2
积温/°C·d		138.6	19.6	383.8	245.9	677.5	731.1	398.4	2694.9
降水/mm		2.3	1.6	0.2	11.2	89.5	103.7	35.4	243.9

2.2 灌水量对全生育期0~100 cm 土层平均有效贮水量的影响

有效贮水量是玉米生长发育水分供给的基础^[14]。试验表明不同灌水量处理后0~100 cm 土层平均有效贮水量有明显差异(表3)。在相同降水条件下,灌水1、2、3处理的0~100 cm 土层平均土壤有效贮水量随灌水量增加而增加,当灌水量增加到处理4条件下,土壤贮水量略有下降,说明灌水量在5250 $m^3 \cdot hm^{-2}$ (处理3)以上当地土壤有效贮水量出现转折,虽然灌水增加而有效贮水量开始减少,但各处理每次灌水后土壤有效贮水量均有增加,4次灌水后土壤有效贮水量平均增加量在3.16~5.37 mm之间。可见,4次灌水处理对土壤有效贮水量的影响差异显著。

表3 0~100 cm 平均土层有效贮水量及灌水前后平均增量(单位:mm)

Tab.3 The average effective water storage capacity of soil at 0-100 cm depth and the increments before and after the irrigation

	处理1	处理2	处理3	处理4
头水增量	8.68	8.77	1.44	0.79
2水增量	10.14	7.43	1.28	4.35
3水增量	2.55	2.99	4.12	5.25
4水增量	0.11	0.06	5.81	4.51
0~100 cm 贮水均值	18.87*	19.67*	20.50*	19.44*

注: * 表示通过0.01显著性检验

2.3 不同灌水条件下玉米生长期耗水量变化

从玉米全生育期耗水量的变化来看(图1),不同灌水条件下耗水量随发育进程的推进在拔节到抽雄前均呈持续增加趋势,这一时期耗水出现峰值,而后开始持续减少,全生育期耗水量呈抛物线变化。另外,通过计算得到不同灌水处理下玉米全生育期的耗水量,其中处理1为3429.54 mm,处理2为4201.06 mm,处理3为4775.61 mm,处理4为5199.23 mm,这表明玉米全生育期耗水量具有灌水越多耗水量越大的特点。从日耗水量看,处理1为24.5 mm/d,处理2为30.01 mm/d,处理3为34.11 mm/d,处理4为37.14 mm/d。

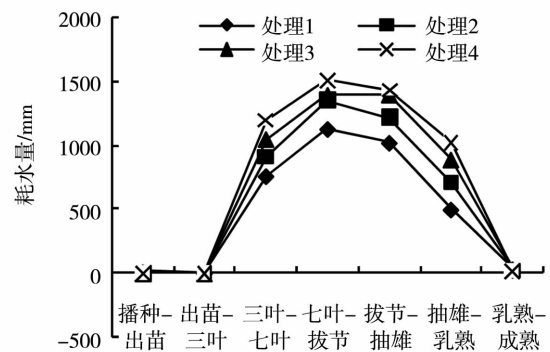


图1 不同灌水处理下玉米生育期耗水量变化

Fig.1 The change of water consumption of maize during different growth stages

2.4 气象条件对玉米全生育期耗水量的影响

表4为环境条件与玉米全生育期耗水量的相关

系数。可以看出,4种处理情况下日平均气温与耗水量均呈显著正相关($P < 0.05$),且相关系数随耗水量的增加而逐渐增大;积温和降水与耗水量之间也呈不显著的正相关。

表4 环境条件与玉米全生育期耗水量的相关系数

Tab.4 The correlation coefficient between environmental conditions and water consumption of maize during the whole growth period

	处理1	处理2	处理3	处理4
日平均气温	0.7476**	0.7541**	0.7596**	0.7701**
积温	0.4348	0.4755	0.5465	0.5457
降水	0.2845	0.3300	0.3954	0.3839

注: **表示通过0.05显著性检验

根据相关分析,可获得日平均气温与耗水量之间的一元线性回归方程:

$$\begin{cases} Y_1 = -1434.293 + 98.678 X & F = 6.334 > F_{0.05} \\ Y_2 = -1719.670 + 118.965 X & F = 6.594 > F_{0.05} \\ Y_3 = -1893.789 + 132.104 X & F = 6.818 > F_{0.05} \\ Y_4 = -2086.180 + 145.073 X & F = 7.285 > F_{0.05} \end{cases} \quad (5)$$

上式, $Y_1 \sim Y_4$ 代表1~4灌水处理条件下的耗水量(单位:mm), X 为气温(单位:°C)。

由公式5可知,在灌水处理1情景下气温升高1°C,耗水量增加99mm,在灌水处理2情景下气温升高1°C,耗水量增加119mm,在灌水处理3情景下气温升高1°C,耗水量增加132mm,在灌水处理4情景下气温升高1°C,耗水量增加145mm。可见,灌水增加,气温高耗水增多。

2.5 不同发育期耗水量对玉米产量的影响

计算不同发育期耗水量与玉米产量的相关系数(表5)。可以看出,各生长阶段玉米的耗水量均与产量呈正相关关系,其中拔节到抽雄阶段的耗水量与玉米产量的相关系数最大,为0.982,其次全生育期,相关系数为0.942,再次为抽雄到乳熟期,相关系数0.939,且这3个时段的相关性通过了显著性检验($P < 0.01$)。说明这3个发育期的耗水量对玉米产量影响较明显。

根据相关系数可得到线性回归方程:

$$Y = 888.20 + 0.334 X_1 \quad (6)$$

$$Y = -1900.826 + 0.690 X_2 \quad (7)$$

上式中: Y 为玉米产量(单位: $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), X_1 为拔节到抽雄期的耗水量, X_2 为全生育期的耗水量。由公式得出,拔节到抽雄期耗水量每增加1mm,玉米产量增加0.33 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;全生育期耗水量每增加1mm,玉米产量将增加0.69 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表5 不同发育期耗水量与玉米产量的相关系数

Tab.5 The correlation coefficients between the yield of maize and the water consumption during the different growth stage

播种—出苗	出苗—三叶	三叶—七叶	七叶—拔节	拔节—抽雄	抽雄—乳熟	乳熟—成熟	全生育期
0.785	0.803	0.904	0.888	0.982*	0.939*	0.468	0.942*

注: *表示通过0.01显著性检验

2.6 不同耗水量对玉米产量及其构成因素的影响

统计不同处理状况下玉米全生育期灌水量与产量及其构成因素的相关关系发现(表略),只有茎秆重($r = 0.977$)、株籽粒重($r = 0.840$)、产量($r = 0.942$)达到显著水平,其它要素不显著。

表6为不同灌水处理对玉米产量及其构成要素的影响。可以看出,在处理1、2、3状况下,随着耗水量的增加,玉米的株籽粒重、株茎秆重呈增加趋势,这可能是耗水多的玉米随着水分供应的增多,光合积累也多,生产的籽粒多,产量就高。然而,当耗水

表6 不同耗水量对玉米产量及其构成要素影响

Tab.6 The effects of different water consumption on maize yield and its formation elements

处 理	茎粗 /cm	穗粗 /cm	穗长 /cm	秃尖长 /cm	株粒重 /g	株茎重 /g	穗芯重 /g	百粒重 /g	实产 /kg·hm ⁻²	总耗水 /mm	水分利用率 /kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹
1	1.9	3.4	14.2	6.2	104.6	377.78	48.99	28.7	429.0	3 429.54	12.5
2	1.9	3.5	14.6	5.2	113.2	386.11	51.12	28.7	946.1	4 201.06	22.5
3	2.0	4.2	15.3	6.2	212.7	388.89	55.50	28.53	1 656.0	4 775.61	34.7
4	1.7	3.9	14.5	5.2	184.9	397.22	148.8	28.53	1 505.4	5 199.23	29.0

超过一定量时,这种变化趋势有所改变,处理4的籽粒重和产量较耗水小的处理3有所减小,说明耗水处理3可达到较高产量。同时还发现,处理3的水分利用率最高,可视为当地玉米适宜灌水量。

3 结论与讨论

(1)在相同气候年景下,不同灌水条件对玉米发育期影响不明显。

(2)在玉米全生育期间总降水量为243.9 mm的气候情景下,灌水1、2、3处理下的0~100 cm土层平均土壤有效贮水量随灌水量的增加而增加,当灌水量增加到处理4条件下土壤的有效贮水量略有下降。

(3)不同灌水条件下,耗水量随发育进程推进在拔节到抽雄前呈持续增加趋势,这一时期耗水出现峰值,而后开始逐渐减少,全生育期呈抛物线变化。

(4)气候变暖会导致农作物耗水增加。在玉米生物耗水过程中,气温与之相关最显著,气温每升高1℃,耗水量平均增加124 mm。这与马鹏里^[9]、康绍忠^[10]等气候变暖背景下西北地区作物耗水量逐年增加的研究结果基本一致。

(5)耗水量影响玉米产量最敏感时期是拔节到抽雄期,期间耗水量每增加1 mm,玉米产量增加0.33 kg·hm⁻²。

(6)水源短缺是制约农作物生产安全、保持持续稳定高产的瓶颈^[12-17]。通过不同灌水处理试验,以玉米水分利用效率最高为依据,确定当地灌水5 250 m³·hm⁻²为适宜灌溉量,可获得较高的产量。这正好印证了“过量灌水并不能增加玉米产量^[9-11]”这一结论。然而,由于作物所处的气候年景不同,自然降水量存在差异,灌水量也要有所改变,但这一灌溉量可作为调整基础参考。

参考文献:

- [1] 陈静静,张富仓.不同生育期灌水和施氮对夏玉米生长、产量和水分利用效率的影响[J].西北农林大学学报(自然科学版),2011,39(1):89-95.
- [2] 刘文兆.作物生产、水分消耗与水分利用效率间的动态联系[J].自然资源学报,1998,13(1):23-27.
- [3] 张鹏,张富仓,吴立峰,等.不同灌水和施氮对河西绿洲玉米生长、产量和水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(4):137-143.
- [4] 杨涛,梁宗锁,薛吉全,等.不同玉米品种水分利用效率的差异化研究[J].农业工程学报,2005,21(10):21-25.
- [5] 肖俊夫,刘战东,南纪琴,等.不同水分处理对春玉米生态指标、耗水量及产量的影响[J].玉米科学,2010,18(6):94-97.
- [6] 李喜平.河南省夏玉米生长季水分供需时空变化特征[J].干旱气象,2013,31(4):796-802.
- [7] 路振广,邱新强,杨静敬,等.不同灌水定额条件下夏玉米生长发育及耗水特性分析[J].节水灌溉,2012(12):46-50.
- [8] 郑成岩,于振文,张永丽,等.不同施氮水平下灌水量对小麦水分利用特征和产量的影响[J].应用生态学报,2010,21(11):2799-2805.
- [9] 马鹏里,杨兴国,陈端生,等.农作物需水量随气候变化的响应研究[J].西北植物学报,2006,26(2):348-353.
- [10] 康绍忠,栗晓玲,杜太生.西北旱区流域水资源转化规律及其节水调控模式:以甘肃石羊河流域为例[M].北京:中国水利水电出版社,2009.66-78.
- [11] 孙景生,肖俊夫,段爱旺,等.夏玉米耗水规律及水分胁迫对其生长发育和产量的影响[J].玉米科学,1999,7(2):45-48.
- [12] 殷雪莲,郝志毅,魏锋,等.气候变暖对河西走廊中部农业的影响[J].干旱气象,2008,26(2):90-95.
- [13] 南纪琴,肖俊夫,刘战东,等.不同灌水次数对夏玉米产量性状及耗水规律的影响[A].中国农业工程学会学术年会论文集[C],2011.
- [14] 张强,赵映东,张存杰,等.西北干旱区水循环与水资源问题[J].干旱气象,2008,26(2):1-8.
- [15] 于晓芳,高聚林,宋国栋,等.玉米叶片水分利用效率及其相关性状的研究[J].玉米科学,2008,16(3):64-69.
- [16] Saxton K E, Rawls W J, 潘永地.水文方案中用质地和有机质估算土壤水分特征[J].干旱气象,2007,25(4):85-94.
- [17] 张强,陈丽华,王润元,等.气候变化与西北地区粮食和食品安全[J].干旱气象,2012,30(4):509-512.

Effects of Irrigation Amount and Temperature on Water Consumption and Yield of Maize

MA Xingxiang^{1,2}, CHEN Lei³, DING Wenkui²,
REN Liwen², ZHAO Erjian⁴, ZHANG Zhaosheng³

- (1. *Institute of Arid Meteorology, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China;*
2. *Wuwei Agricultural Meteorology Experimentation Station of Gansu Province, Wuwei 733000, China;*
3. *Wuwei Meteorological Bureau of Gansu Province, Wuwei 733000, China;*
4. *Gulang Meteorological Station of Gansu Province, Gulang 733100, China)*

Abstract: In order to grasp the suitable irrigation amount of maize, the desert ecological and agricultural meteorological experimentation station of Wuwei in the Shiyang river basin was chosen as the test site, and the 4 kinds of irrigation amount were designed as $3\ 750\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, $4\ 500\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, $5\ 250\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ and $6\ 000\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ in the whole growing period of maize according to conventional irrigation method, with separate irrigation at a ratio of 1:1.5:1:1 for each of them, firstly. Then, the water consumption amounts were calculated respectively by using water balance method in different stage of maize, and the influence with different irrigation processing on yield of maize was analyzed. The results showed that there was not a significant effect with different irrigation amount on growth period of maize under the same climatic conditions. The change of water consumption amount of maize during growing period presented an upward parabola curve, and its peak appeared from jointing stage to tasseling stage. The maize yield was the most sensitive to water consumption amount from jointing stage to tasseling stage, and when water consumption amount increased 1 mm, the maize yield would increase $0.33\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. In additional, the amount increased with temperature rising in the process of maize water consumption, and a rise of $1\ ^\circ\text{C}$ in temperature would increase water consumption amount by about 124 mm. Among these different treatments, the water use efficiency of irrigation amount with $5\ 250\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ was the highest, which was up to $34.7\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$. Therefore, this irrigation amount can be considered as the local suitable irrigation amount.

Key words: maize water consumption; yield; irrigation amount

(上接第 504 页)

Application of Joint Drought Index in Drought Monitoring —A Case Study in Shaoguan of Guangdong Province

HUANG Qiang¹, CHEN Zishen¹, KONG Lan², JIANG Renfei²

- (1. *Department of Water Resources and Environment, Sun Yat - sen University, Guangzhou 510275, China;*
2. *China Water Resources Pearl River Planning Surveying and Designing Co., Ltd., Guangzhou 510610, China)*

Abstract: It is accepted that climate change has a great impact on water cycle and regional water balance, and thus it would change the formation and evolution of drought conditions in some degree. In this context, the standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI), which has also taken another important factor evapotranspiration in the process of regional water balance into consideration, would be more suitable for drought monitoring than the standardized precipitation index (SPI). The different time scales SPEI can reflect the duration informations of drought, so the single SPEI of a certain time scale can only indicate a fraction of drought information. In order to form an overall judgement in drought monitoring, a new index called joint drought index (JDI) was established by the combination with different SPEIs. The accuracy and effectiveness of JDI in drought monitoring were then verified by the forecast evaluation system and comparison with the actual drought. In conclusion, JDI can be used as a new ideal index for future drought monitoring.

Key words: drought monitorig; climate change; standardized precipitation evapotranspiration index; joint drought index