

吉林省西部玉米生产水足迹研究

秦丽杰, 靳英华, 段佩利

(东北师范大学城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024)

摘要: 玉米是吉林省西部的主要农作物, 通过在吉林省西部开展玉米大田试验, 探讨在相同的土壤及农田管理条件下, 不同试验年份玉米生产需水及水分来源的变化规律, 通过比较分析玉米生产水足迹的动态变化, 实现水资源的合理利用, 保护生态环境, 促进农业的可持续发展。3 a 大田试验的研究结果表明, 玉米生产水足迹以绿水足迹为主, 占80%以上, 蓝水足迹不足1%, 灰水足迹介于10%~20%之间。而在绿水足迹中, 降水较充足的年份, 有效降水足迹占70%以上, 一般干旱年份有效降水足迹占一半, 极端干旱年份有效降水足迹则只占30%, 这将对土壤水分平衡带来不利影响。3a中, 单位质量玉米蓝水量约0.005~0.006 m³/kg, 占单位质量玉米需水量的比例低于1%; 单位质量玉米绿水量为0.559~0.839 m³/kg, 占单位质量玉米需水量的99%以上; 单位质量玉米灰水量为0.099~0.122 m³/kg。通过对玉米生产水足迹的研究, 明确了绿水在吉林省西部雨养农业粮食安全中的重要地位。

关键词: 水足迹; 玉米; 吉林省西部

中图分类号: X171; S187

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)08-1020-06

农作物生长需要消耗大量的水资源, 但在衡量农业用水时, 通常以灌溉用水作为主要指标, 忽视了作物生长中对土壤水的利用及生产过程中可能造成的水质污染。

水足迹(water footprints)概念^[1]的提出将实物形态的水与虚拟形态的水联系起来, 涵盖了蓝水、绿水和灰水, 可以真实地反映对水资源的需求及所需水资源的来源。在目前的水足迹研究中, 消费水足迹研究较多^[2-9], 生产水足迹研究较少。

吉林省西部干旱缺水, 生态环境脆弱, 水是粮食生产的主要制约因素。玉米是吉林省西部的主要农作物, 本文通过在吉林省西部开展玉米大田试验, 探讨在相同的土壤及农田管理条件下, 不同试验年份玉米生产需水及水分来源的变化规律, 通过比较分析玉米生产水足迹的动态变化, 以实现水资源的合理利用, 保护生态环境, 促进农业的可持续发展。

1 研究区概况

研究区位于吉林省西部长岭县的东北师范大

学松嫩草地生态研究站(44°40' N, 123°44' E) 附近的农田, 农田土壤类型为风沙土, 其中砂占61%, 粉砂占18%, 粘粒占21%, 田间持水量为24.3%, 永久萎蔫点为3.6%, 土壤有机质含量相对较低。研究区年平均温度5.2℃, 活动积温2 920℃, 无霜期140~160天, 年平均降水量453 mm, 约70%的降水量集中在6~8月。年平均蒸发量1 600 mm, 约是降水量的3.5倍。年平均风速3.5 m/s, 春季平均风速最大, 春季风速在10.8~13.8 m/s之间有21 d, 风速在17.2~20.7 m/s之间有14.4 d, 4月最大风速为28 m/s。春季(3~5月)的干旱和大风(17.2~20.7 m/s)是该地区气候的典型特征。农业生产为雨养农业。

2 研究方法

2.1 大田试验

吉林省西部玉米的耕作方式为垄作垄台上播种, 垄距为65 cm, 株距为40 cm。试验小区面积为25 m×3.9 m, 玉米品种为郑单958。坐水种, 用水量为40 m³/hm², 种肥为磷酸二铵(N-P-K, 18-46-0), 施肥量为6.5 g/株。大喇叭口期中耕施肥, 尿素施

收稿日期: 2011-09-10; **修订日期:** 2012-01-29

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2005CB121101), 吉林省科技发展计划项目(20070559), 教育部人文社会科学规划基金项目(10YJA840032)和吉林省教育厅社会科学项目(2007552)资助。

作者简介: 秦丽杰(1966-), 女, 博士, 副教授, 主要从事水资源与水环境研究。E-mail: qinlj953@nenu.edu.cn

用量为 6.5 g/株。4 次重复。每个试验小区的播种时间、播种方法、施肥及其它管理方式均相同, 生长期无灌溉。

2.2 试验时间

玉米种植试验时间为 2005~2007 年。试验区生长季多年平均降水量为 387.3 mm, 3 个试验年生长季降水量分别为 413.9 mm、235 mm、209.9 mm。2005 年生长季降水量高于多年平均值, 而 2006 年和 2007 年生长季遭遇干旱, 特别是 2007 年生长季降水不仅少, 而且分布极不均匀, 如图 1 所示。

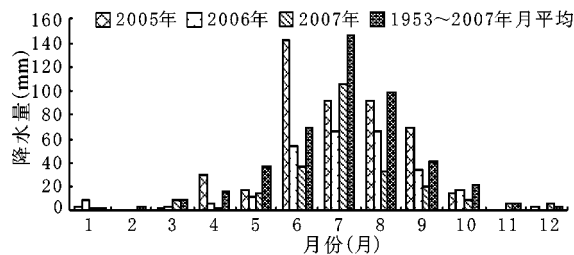


图1 1953~2007年月平均降水量及
2005~2007年的月平均降水量

Fig.1 Monthly mean precipitation in 2005,
2006 and 2007 and in 1953-2007

2.3 水足迹量化方法

2.3.1 作物生长需水量

作物生长所需的水量通常采用联合国粮农组织FAO推荐的Penman-Monteith模型计算。

首先, 计算气候因素影响下的参考作物需水 ET_0 :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

式(1)中, R_n 为作物表面的净辐射量 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$); G 为土壤热通量 [$\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]; T 为平均气温 ($^{\circ}\text{C}$); U_2 为离地面 2 m 高处的风速 (m/s); e_s 为饱和水气压 (kPa); e_a 为实测水气压 (kPa); $e_s - e_a$ 为饱和水气压与实际水气压的差额 (kPa); Δ 为饱和水气压与温度相关曲线的斜率 ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$); γ 为湿度计常数 ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$)。

然后, 用作物系数 K_c 对 ET_0 进行调整, 获得具体农作物生长需水 ET_c :

$$ET_c = K_c ET_0 \quad (2)$$

本文采用联合国粮农组织开发的基于Penman-Monteith模型的CropWat软件计算玉米生长需水量。

2.3.2 作物生长需水中蓝水、绿水划分

作物生长需水一般包括蓝水和绿水两部分。

蓝水是降水形成的地表水和地下水, 是可见的液态水流, 包括河流、湖泊及地下含水层中的水, 在作物生长需水中通常以灌溉用水来表示; 绿水是降水中下渗到非饱和土壤层中用于植物生长的水, 是垂向进入大气的不可见水^[10-14]。

研究区玉米生长期无灌溉, 除坐水种的需水量外, 玉米生长需要的水分均来自土壤水。单位质量玉米生长所需水量的计算公式为:

$$VW_{\text{prod}} = VW_{\text{blue}} + VW_{\text{green}} = \frac{IR}{Y} + \frac{CWR - IR}{Y} \quad (3)$$

式(3)中, VW_{prod} 为单位质量玉米生长需水量 (m^3/kg); VW_{blue} 为单位质量玉米蓝水量 (m^3/kg); VW_{green} 为单位质量玉米绿水量 (m^3/kg); CWR 为玉米生长需水量 (m^3/hm^2), $CWR = \frac{ET_c \times 10000}{1000}$; IR 为坐水种需水量 (m^3/hm^2); Y 为玉米产量 (kg/hm^2)。

玉米生长所需的绿水来源于两部分, 一是有效降水, 另一是除有效降水之外的土壤水。

当有效降水量 $ER \geq CWR - IR$ 时, 单位质量玉米绿水量为:

$$VW_{\text{green}} = \frac{CWR - IR}{Y} \quad (4)$$

当有效降水量 $ER < CWR - IR$ 时, 单位质量玉米绿水量由两部分组成, 即

$$VW_{\text{green}} = \frac{ER}{Y} + \frac{SW}{Y} \quad (5)$$

式(5)中, ER 为有效降水量 (m^3/hm^2), SW 为除有效降水之外的土壤水消耗量 (m^3/hm^2)。

2.3.3 灰水

在作物生长过程中施加肥料和喷洒农药, 易造成水质污染。为防止水污染, 使水质达到安全标准, 用于稀释各种营养元素 (N、P、K) 及药剂所需水资源量称为灰水。通常以稀释淋失氮的需水量为代表, 将氮肥施用量的 5%~15% 作为淋失氮^[15]。本文选择氮肥施用量的 10% 作为淋失量, 研究区地势平坦, 周围无河流, 淋失的氮肥渗入地下, 对地下水可能造成污染。为避免地下水污染, 需计算使地下水中氮达标的稀释水量。本文采用中国地下水质量标准 (GB/T 14848-93) 中的 III 类标准, 地下水中的氮不能超过 20 mg/L。单位质量玉米的灰水量的计算公式为:

$$VW_{\text{gray}} = \frac{N}{C_{0N} \times Y} \quad (6)$$

式(6)中, VW_{gray} 为单位质量玉米灰水量 (m^3/kg); N 为氮淋失量 (g/hm^2); C_{0N} 为地下水中氮标准 (mg/L)。

2.3.4 玉米生产水足迹

玉米生产水足迹是指玉米生长全过程中所消耗的水资源总量,包括蓝水、绿水和灰水,即

$$WF_{\text{prod}} = WF_{\text{blue}} + WF_{\text{green}} + WF_{\text{gray}} \quad (7)$$

式中 WF_{prod} 为玉米生产水足迹; WF_{blue} 为蓝水足迹; WF_{green} 为绿水足迹; WF_{gray} 为灰水足迹。

为了能更清晰地分析水足迹的来源及对生态环境的影响,在研究中往往把灰水足迹单独列出。

3 结果与分析

3.1 不同年份玉米生长需水量

将2005~2007年研究区的气象数据输入联合国粮农组织提供的Cropwat 8.0,并根据试验地的实际情况及区域的玉米系数^[16-18]对软件中的 K_c 值进行修正,计算玉米生长需水量。研究区玉米生长季各月需水量如图2所示。

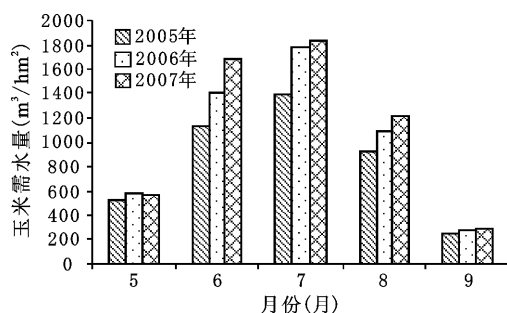


图2 2005~2007年玉米生长季各月需水量

Fig.2 Water requirement in maize growing season in 2005, 2006 and 2007

从整个生长季玉米需水量来看,2007年的需水量最大(5 590 m³/hm²),2006年次之(5 134 m³/hm²),2005年最小(4 248 m³/hm²)。在3个试验年中,玉米生长季需水呈现先升后降的趋势,高峰期均在6~8月。这是由于玉米生长初期,植株较小,需水量低;6月以后随着植株增大,叶面积指数增大,蒸腾量增加,需水量升高;到7、8月份玉米冠层充分发育,需水量大,7月达到最大值。9月,由于植株衰老,蒸腾量减少,需水量亦降低。

3a中,5月和9月玉米生长需水量差异不大,所占的比重不超过20%,而6、7、8月则差异较大。其中,2005年为降水较充足年份,6、7、8月的需水总量较低;2006年虽遇干旱,但降水分布规律与多年降水分布规律相一致,6、7、8月的需水总量居中;2007年遭遇干旱,降水量分布不均,6月不仅

降水量少,而且气温高于7、8月,6、7、8月的需水总量最高,而且6月玉米生长需水量占整个生长季需水量的比重高于2005年和2006年。

从单位质量玉米生长需水量(表1)来看,2007年最大,为0.845 m³/kg,2006年次之,为0.633 m³/kg,2005年最小,为0.564 m³/kg。可见玉米生长季需水量及单位质量玉米生长需水量,均是越干旱的年份,其需水量越大。

表1 2005~2007年单位质量玉米生长需水量 (m³/kg)

Table 1 Maize growing water requirement in per unit weight of maize in 2005, 2006 and 2007(m³/kg)

	5月	6月	7月	8月	9月	合计
2005年	0.070	0.151	0.185	0.123	0.035	0.564
2006年	0.071	0.173	0.220	0.134	0.035	0.633
2007年	0.085	0.256	0.276	0.183	0.045	0.845

3.2 玉米蓝水足迹与绿水足迹

研究区玉米生长所需水分来源,除坐水种的蓝水外,无灌溉,其它均来源于绿水,如表2。

表2 2005~2007年玉米生长需水中的蓝水、绿水足迹 (m³/hm²)

Table 2 Blue water footprint and green water footprint of maize in 2005, 2006 and 2007(m³/hm²)

	玉米需水量	蓝水足迹	绿水足迹
2005年	4248	40	4208
2006年	5134	40	5094
2007年	5590	40	5550

研究区玉米生长需水中,蓝水消耗量占0.7%~0.9%,绿水消耗量占99.1%~99.3%,玉米生长需水主要来源于绿水。

3a中,虽然采用相同的试验地、相同的品种、相同的播种时间、相同的播种方法、相同的施肥量、相同的农田管理,但由于气候条件的差异,玉米产量差异明显,因此,单位质量玉米蓝水、绿水量的消耗量也不同,如表3。

3a中,单位质量玉米蓝水量约0.005~0.006 m³/kg,占单位质量玉米需水量的比例低于1%;单位质量玉米绿水量为0.559~0.839 m³/kg,占单位质量玉米需水量的99%以上。其中,2007年单位质量玉米绿水量最高,2005年最低。

研究区降水量较少,有效降水量无法满足玉米生长需水,因此,除有效降水之外,还需由原来

表3 2005~2007年单位质量玉米蓝水、绿水量(m^3/kg)Table 3 Blue water volume and green water volume in per unit weight of maize in 2005, 2006 and 2007(m^3/kg)

	单位质量玉米 蓝水量	单位质量玉米蓝水量占单位 质量玉米需水量的比例	单位质量 玉米绿水量	单位质量玉米绿水量占单位 质量玉米需水量的比例
2005年	0.005	0.9%	0.559	99.1%
2006年	0.005	0.8%	0.628	99.2%
2007年	0.006	0.7%	0.839	99.3%

储存在土壤中的水分来满足玉米生长需要。因此,玉米生长消耗的绿水由两部分组成,即有效降水和其它土壤水。有效降水量与其它土壤水在生长季各月的水足迹比较如图3。

绿水消耗量中,2005年有效降水的绿水足迹为 $3\,102\text{ m}^3/\text{hm}^2$,占73.7%,其它土壤水的绿水足迹为 $1\,106\text{ m}^3/\text{hm}^2$,占26.3%;2006年有效降水的绿水足迹为 $2\,093\text{ m}^3/\text{hm}^2$,占41.1%,其它土壤水的绿水足迹为 $3\,001\text{ m}^3/\text{hm}^2$,占58.9%;2007年有效降水的绿水足迹为 $1\,871\text{ m}^3/\text{hm}^2$,占33.7%,其它土壤水的绿水足迹为 $3\,679\text{ m}^3/\text{hm}^2$,占66.3%。

玉米生产的绿水足迹中,降水较充足的2005年以有效降水足迹为主,而降水少的干旱年份2006年、2007年以其它土壤水足迹为主。

在灌溉区,玉米生长所需的水分来源于大气降水和灌溉水,即用灌溉水来补充有效降水量的不足,保证土壤水分平衡。但是研究区除坐水种外,玉米生长期无灌溉,因此,玉米生长过程中除消耗有效降水外,还需消耗大量贮存在土壤中的水分,来满足玉米生长需要。这些除有效降水之外的土壤水,可能是非生长季的有效降水形成的土壤水,也可能是地下水上升和大气中水汽的凝结形成的土壤水。研究区2005年非生长季有效降水量为 $507\text{ m}^3/\text{hm}^2$,2006年为 $347\text{ m}^3/\text{hm}^2$,2007年为 $290\text{ m}^3/\text{hm}^2$,均不能满足玉米生长需水中除有效

降水之外的土壤水的需求。因此,研究区若长期采用无灌溉的生产方式,在遭遇连续干旱年时,将使耕层土壤含水量逐渐降低,破坏土壤的水分平衡,进而影响农业的可持续发展。

3.3 玉米灰水足迹

研究区玉米生产过程中共施肥 $500\text{ kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$,其中磷酸二铵、尿素各 $250\text{ kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 。根据磷酸二铵、尿素中的氮含量,计算氮淋失量为 $16.17\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。研究区淋失氮的排放去向为地下水。为使地下水中氮的浓度符合中国地下水质量标准(GB/T 14848-93)中的III类标准,每年需要 $808.5\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的稀释水,即每年灰水量为 $808.5\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。2005年单位质量玉米使用灰水 $0.107\text{ m}^3/\text{kg}$,2006年单位质量玉米使用灰水 $0.099\text{ m}^3/\text{kg}$,2007年单位质量玉米使用灰水 $0.122\text{ m}^3/\text{kg}$ 。

本试验的施肥量在当地作物生产中属于低肥,若采用中肥(磷酸二铵、尿素各 $300\text{ kg}/\text{hm}^2$),氮淋失量为 $19.40\text{ kg}/\text{hm}^2$,则每年的灰水量为 $970\text{ m}^3/\text{hm}^2$;若采用高肥(磷酸二铵 $300\text{ kg}/\text{hm}^2$,尿素 $400\text{ kg}/\text{hm}^2$),氮淋失量为 $24.07\text{ kg}/\text{hm}^2$,则每年的灰水量为 $1\,203.5\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。由于研究区淋失氮的排放去向是地下水,因此,化肥的施用量越大,灰水足迹越大。

3.4 玉米生产水足迹

3a大田试验中,玉米的水足迹变化与气候条件密切相关。降水量较充足的2005年,玉米生产

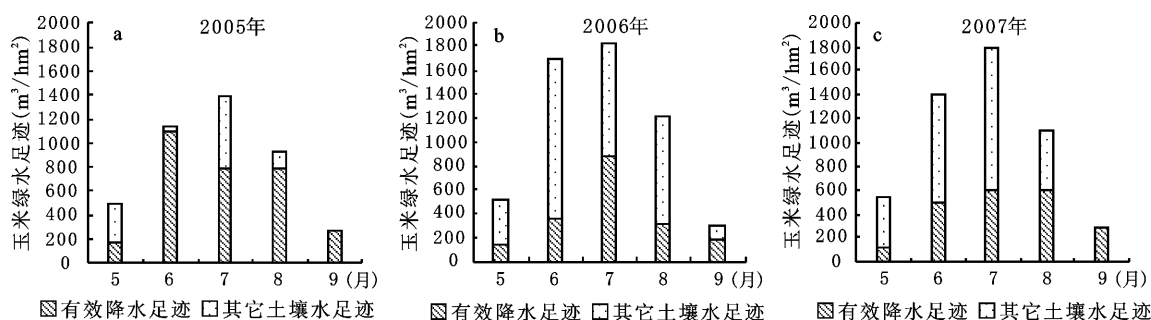


图3 2005~2007年玉米绿水足迹分解

Fig.3 Composition of maize green water footprint in 2005, 2006 and 2007

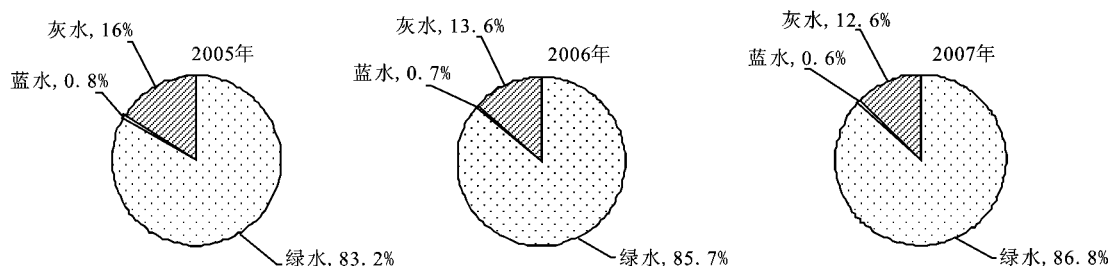


图4 2005~2007年玉米生产水足迹分解

Fig.4 Composition of maize production water footprint in 2005, 2006 and 2007

水足迹为 $5\,056.5\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 其中蓝水足迹占 0.8%, 绿水足迹占 83.2%, 灰水足迹占 16.0%。降水分布正常的一般干旱年 2006 年, 玉米生产水足迹为 $5\,942.5\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 其中蓝水足迹占 0.7%, 绿水足迹占 85.7%, 灰水足迹占 13.6%。降水分布极不均匀的极端干旱年 2007 年, 玉米生产水足迹为 $6\,398.5\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 其中蓝水足迹占 0.6%, 绿水足迹占 86.8%, 灰水足迹占 12.6%, 如图 4。说明越是干旱年份, 玉米生产水足迹越大, 绿水的消耗量越大, 对土壤含水量影响越大。

4 结论与讨论

1) 研究区玉米生产水足迹以绿水足迹为主, 占 80% 以上, 蓝水足迹不足 1%, 灰水足迹介于 10%~20% 之间。而在绿水足迹中, 降水较充足的年份, 有效降水足迹占 70% 以上, 一般干旱年份有效降水足迹占一半, 极端干旱年份有效降水足迹则只占 30%。研究区若长期采用无灌溉的生产方式, 在遭遇连续干旱年时, 将使耕层土壤含水量逐渐降低, 破坏土壤的水分平衡, 进而影响农业的可持续发展。

2) 研究区灰水足迹随着施肥量的增加而变大, 其值与施肥量呈正相关。目前的灰水足迹研究中, 基本上是借鉴国外的灰水研究, 只考虑化肥中氮的排放, 而且排放去向只进入地下水, 不考虑对地表水的影响。实际上, 灰水足迹的测量是一个非常复杂的问题, 不仅取决于施肥的品种及施用量, 而且取决于氮的排放去向。它不只进入地下水, 也进入地表水, 同时还要考虑地表水、地下水的功能分区。农作物生产中, 农药的使用也会对水环境造成污染, 应将其考虑在内。因此, 灰水足迹的测量还需进一步深入研究。

3) 通过对玉米生产水足迹的探讨, 既可掌握不同年份玉米生产水足迹的变化, 又可分析玉米

生产过程中的水分来源, 进而可了解水资源对作物生产的满足程度, 为解决生产中存在的矛盾提供一定的依据。绿水是玉米生长的主要水源, 只有保护好当地的绿水资源, 才能保证其生产的可持续发展。通过本研究, 明确了绿水在吉林省西部雨养农业粮食安全中的重要地位。

参考文献:

- [1] Hoekstra A Y. Virtual water: an introduction [C]//Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade-Value of Water Research Report Series No.12 Delft, Netherlands: IHE, 2003.
- [2] Chapagain A K, Hoekstra A Y, Savenije H H G, et al. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries [J]. Ecological Economics, 2006, 60: 186-203.
- [3] 龙爱华, 徐中民, 张志强. 西北四省(区) 2000 年的水资源足迹 [J]. 冰川冻土, 2003, 25(6): 692~700.
- [4] 王新华, 徐中民, 李应海. 甘肃省 2003 年的水足迹评价 [J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 909~915.
- [5] Chapagain A K, Hoekstra A Y. The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands [J]. Ecological Economics, 2007, 64: 109-118.
- [6] 周 姣, 史安娜. 区域虚拟水贸易计算方法及实证 [J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(4): 184~188.
- [7] 赵 旭, 杨志峰, 陈 彬. 基于投入产出分析技术的中国虚拟水贸易及消费研究 [J]. 自然资源学报, 2009, 24(2): 286~294.
- [8] 孙才志, 张 蕾. 基于分形的中国地均农畜产品虚拟水规模分布的时空演变研究 [J]. 地理科学, 2009, 29(3): 402~408.
- [9] 邹 君, 杨玉蓉, 黄翅勤, 等. 中国区域虚拟水战略优势度评价 [J]. 地理科学, 2009, 29(1): 78~82.
- [10] Falkenmark M. Land-water linkages: A synopsis [C]//Land and Water Integration and River Basin Management: Proceedings of An FAO Informal Workshop. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995, (1): 15-16.
- [11] Ringersma J, Batjes N H, Dent D L. Green Water: Definitions and Data for Assessment [R]. Wageningen: ISRIC-World Soil Information, 2003.

- [12] Falkenmark M, Rockstrom J. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management[J]. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2006, **132** (3): 129-132.
- [13] 程国栋, 赵文智. 绿水及其研究进展[J]. *地球科学进展*, 2006, **21**(3): 221~227.
- [14] 刘昌明, 李云成. “绿水”与节水: 中国水资源内涵问题讨论[J]. *科学对社会的影响*, 2006, (1): 16~20.
- [15] 何 浩, 黄 晶, 淮贺举, 等. 湖南省水稻水足迹计算及其变化特征分析[J]. *中国农学通报*, 2010, **26**(14): 294~298.
- [16] 王冬妮, 马玉平, 王石立, 等. 东北玉米生长模型中土壤水分参数的敏感性分析[J]. *中国农业气象*, 2010, **31**(2): 219~224.
- [17] 刘志明, 晏 明, 沈柏竹. 吉林省中西部地区玉米水分盈亏计算与增产潜力的分析研究[J]. *农业系统科学与综合研究*, 1998, **14**(4): 269~272.
- [18] 亢振军, 尹光华, 刘作新, 等. 辽西玉米需水规律及灌溉预报研究[J]. *中国科学院研究生院学报*, 2010, **27**(5): 614~620.

Production Water Footprint of Maize in the West of Jilin Province

QIN Li-jie, JIN Ying-hua, DUAN Pei-li

(College of Urban and Environmental Science, Northeast Normal University, Changchun, Jilin 130024, China)

Abstract: Maize is the main crop in the west of Jilin Province. According to the field experiments in the west of Jilin Province, this paper discusses the water requirement of maize growth and the changes of water source in different years based on the same soil and farm management conditions, namely, comparatively analyzes the dynamic change of maize production water footprint. It is useful for the rational utilization of water resources, the protection of ecological environment and the agricultural sustainable development. The results of the 3 years field experiments (2005, 2006 and 2007) indicate that the major portion of maize production water footprint is green water with more than 80%. The blue water footprint is less than 1% and the gray water footprint is between 10%-20%. In the green water footprint, the effective precipitation footprint is more than 70% in the abundant rainfall year. By contrast, in the drought year it accounts for 50%, while in the extreme drought year, it only accounts for 30%. They will bring about an adverse effect on the soil moisture balance. During the 3 years, the blue water per unit weight of maize is about 0.005-0.006 m³/kg, which is lower than 1% of the maize water requirement per unit weight. The green water per unit weight of maize is 0.559-0.839 m³/kg, accounting for more than 99% of maize water requirement per unit weight. The gray water per unit weight of maize is 0.099-0.122 m³/kg. According to the study of water footprint of maize production, it clearly shows that green water occupies an important position in rain-fed agriculture and food security in the west of Jilin Province.

Key words: water footprint; maize; west of Jilin Province