

土壤湿度对玉米生长发育及产量的影响

宫丽娟¹,姜丽霞¹,张立群²,李 帅¹,王秋京¹

(1. 黑龙江省气象科学研究所,黑龙江 哈尔滨 150030;2. 龙江县气象局,黑龙江 龙江 161100)

摘要:为了提高玉米对土壤水分的利用率,以玉米为试验材料,在自然条件下,通过灌溉和非灌溉对比研究,分析不同土壤湿度对玉米生长发育及产量的影响。结果表明:试验田表层(0~30 cm)与深层(30~50 cm)土壤水分随时间的波动趋势相似,但表层土壤更易受外界影响。生育期内不同土壤湿度对玉米生长性状、干物质重及产量影响显著。灌溉处理为玉米生育期提供了更适宜的土壤水分,利于玉米地上干物质的累积,玉米进入乳熟期后,适当地灌溉更有利于稳产高产。

关键词:玉米;土壤湿度;灌溉;产量

中图分类号:S513.06

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2013)11-0027-04

玉米是黑龙江省主要的粮食作物。近年来,随着规模养殖、饲料和玉米淀粉深加工等产业的迅速发展,玉米的需求量日益加大,品质要求不断提高^[1]。近年来,玉米在粮食作物种植中占有的比例不断增加,截至2011年,玉米种植面积占全省粮食作物总播种面积的40%,产量占全省粮食总产量的48%,可见玉米在黑龙江省粮食作物生产中具有举足轻重的作用。随着全球变暖,气象灾害日趋频发,干旱成了影响玉米产量的主要因素^[2]。

水分是作物生长的主要因素之一,它是作物进行光合作用制造有机质的原料,向作物体内输送营养的媒介,影响作物本身细胞一系列生物化学变化^[3]。因此水分条件适当与否,对作物的生长发育、产量高低和品质优劣都有直接的影响。玉米是需水较多的作物,了解玉米对水分变化的响应与适应机理是玉米生产防灾减灾以及促进玉米可持续发展的关键。迄今为止,基于水分胁迫试验,研究土壤水分以及干旱对玉米生长发育、形态、产量以及生理生化指标等影响的报道已有很多^[4-10]。目前试验多为盆栽,限制了玉米根系的生长空间,难以推广到大田作物,且多数试验为某个生育阶段的水分控制或胁迫处理^[11-12]。目前基于自然条件下,玉米出苗后进行的水分控制试验研究尚不多见。因此,有必要研究在自然条件下,灌溉和非灌溉2种状态下,玉米在不同生育阶段的生长发育动态、形态表征以及产量等的变化,

为制定玉米适应与减缓干旱不良影响和节水灌溉的对策提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2011~2012年5~9月在龙江县农业气象试验站玉米观测田(N 47°20', E 123°11', 海拔高度为190.0 m)进行。土壤类型为黑壤土,表层(0~30 cm,下同)土壤田间持水量平均值为29.4%,容重为1.14 g·cm⁻³。

1.2 材料

供试玉米品种为葫科336。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设A和B2个处理区:A区在试验全过程均处于自然条件,B区水分充足,即在试验过程中若观测到土壤相对湿度下降至65%,则立即做灌溉处理。每个处理区为16 m×16 m的规格,3次重复,为消除水肥侧向运动的影响以及其它不可预见因素的干扰,2个处理区周围以及2个区中间设宽度大于2 m的玉米保护带,种植与试验一致的品种。

1.3.2 测定项目及方法 试验土壤湿度的观测层次为0~10、10~20、20~30、30~40、40~50 cm土层,采用土钻烘干法。从玉米播种至成熟,每旬逢3、8日观测1次,在玉米大喇叭口期进行加密观测,每3 d观测1次。生育期内观测不同阶段的株高(每个处理固定5株)、茎粗、叶面积、地上干物质重量以及最终的果穗性状和产量,取平均值。

玉米栽培行距为68 cm,株距30 cm,种植密度为4.95株·m⁻²。施肥量、施肥时期及田间管理与大田管理保持一致。

收稿日期:2013-05-30

基金项目:公益性行业(气象)科研资助项目(GYHY201206018,GYHY201106026)

第一作者简介:宫丽娟(1982-),女,黑龙江省尚志市人,硕士,工程师,从事应用气象研究。E-mail: footprint05@126.com。

2 结果与分析

2.1 土壤湿度变化

龙江县玉米分别于 2011 年 5 月 3 日和 2012 年 5 月 8 日播种,于当年 9 月 26 和 28 日成熟。玉米生育期集中在 5~9 月。图 1 为试验站玉米全生育期的气温与降水量。该文以易受降水和灌溉影响的表层土壤(以下简称土壤)为研究对象。由图 2 可知,全生育期内表层(0~30 cm)土壤水分波动幅度(为 64%~98%)大于深层(40~50 cm)土壤(为 72%~96%),主要是由于表层土壤更易受降水、植株蒸腾和棵间蒸发影响。A 区和 B 区土壤水分的波动趋势基本一致,在 7 月 13~28 日和 8 月 13 日~9 月 13 日期间,B 区土壤相对湿度要明显大于 A 区。在玉米全生育期内 B 区土壤保持无旱。5 月份表层水分小幅减少,此阶段降雨量较少,温度为 15℃,玉米处于苗期,需水量相对较少,水分消耗以棵间蒸发为主,土壤水分处于一个小的低谷。6~7 月份土壤水分波动频繁,此期间降水量变化大,气温从 15℃上升至 23℃,玉米植株也由稀疏变成封垄状态。由于水、热和植株多重因素的影响,此期间的土壤水分波动剧烈。在 6 月 23 和 28 日观测中,土壤水分处于又一小低谷状态,但未出现旱情。2012

年 7 月 18 日土壤相对湿度下降到 64%(见图 3b),立即在 B 区采取灌溉,土壤相对湿度上升至 96%。6~7 月降水量增多,达到全生育期降水量的 80%。在 6 月降水补给初期,玉米主要处于七叶期~拔节期,需水量不大,此时补给量大于棵间蒸发和植株蒸腾,所以土壤含水量不断升高。进入 7 月玉米的拔节期~抽雄期,玉米的需水量加大,植株生长耗水量增大,使得田间水分呈下降趋势(见图 2)。8 月份,玉米主要处于抽雄期~乳熟期,气温高、降水少,植株大量从土壤中补给水分,使得田间土壤水分持续下降,8 月末下降至整个生育期的波谷状态。9 月份,降水量相对增多,气温逐渐降至 14℃左右,且玉米处于生长后期,需水量减少,土壤水分又趋于平稳略有下降的状态。

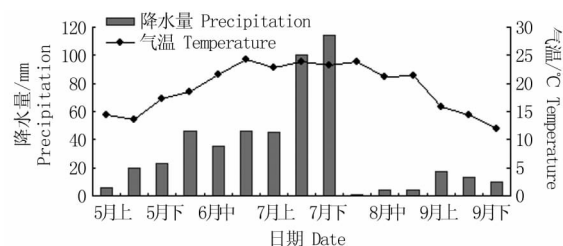


图 1 全生育期积温与降水量变化

Fig. 1 Change of accumulated temperature and precipitation in the whole growth period

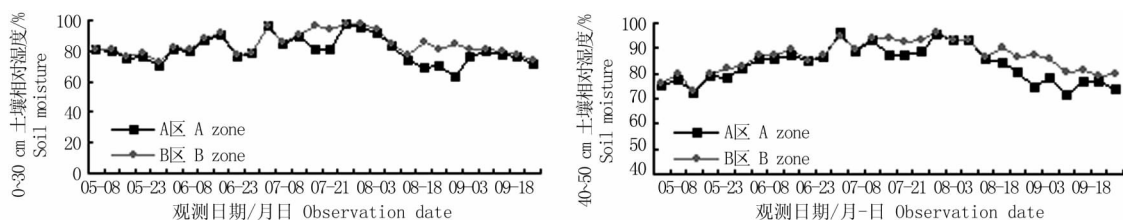


图 2 全生育期内 0~30 cm 与 40~50 cm 处 A 区和 B 区的土壤水分比较

Fig. 2 Soil moisture comparison of 0~30 cm and 40~50 cm depth between A region and B region in the whole growth period

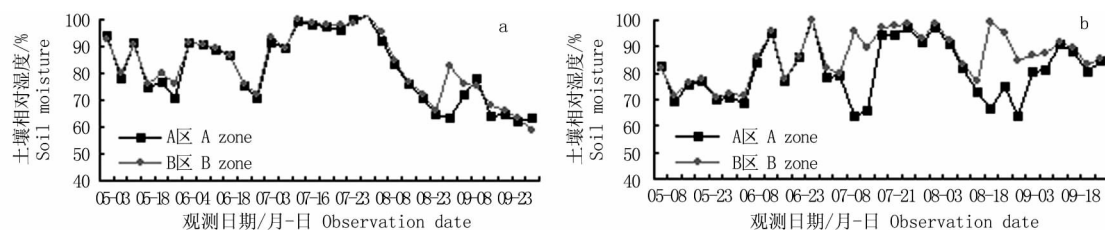


图 3 全生育期内 0~30 cm 处 A 区和 B 区的土壤湿度(a:2011 年,b:2012 年)

Fig. 3 Soil moisture comparison of 0~30 cm depth between A region and B region(a: 2011,b: 2012)

2.2 不同水分处理对玉米生态指标的影响

2.2.1 不同水分处理对玉米茎粗的影响 不同水分条件对玉米的生长发育有一定的影响。玉米营养生长期 A 区和 B 区土壤水分平均相差 4%,株高长势状况差异不大,抽雄后茎粗不再增长。2012 年 A 区与 B 区土壤水分差大于 2011 年(见

图 3),而 2012 年植株茎粗却稍有差异(见图 4)。2012 年 6 月 3 日前 B 区玉米茎粗大于 A 区,此时玉米为出苗期~三叶期,在土壤水分条件适宜的情况下,土壤水分大对植株茎部生长有利。6 月 3~23 日,玉米主要处于七叶期,A 区土壤水分小于 B 区,但茎粗大于 B 区,主要是由于土壤水分

小,更利于作物蹲苗。6月28日后,B区玉米茎粗普遍大于A区,7月8日拔节期,二者茎粗相当。可见在玉米全生育期内,适宜的土壤湿度对茎粗生长有利(见图4)。

2.2.2 不同水分处理对玉米叶面积的影响 在玉米全生育期内,不同区域单株叶面积(以下简称叶面积)的变化趋势基本一致,即随着生育进程呈现先缓慢增长后快速增长然后趋于平稳再减少的变化趋势(见图5左)。这与玉米各生育期叶片生理活动的强弱及衰老进程有关。在玉米出苗期~抽雄期,A区和B区长势相当,叶面积差(B区叶面积减去A区叶面积)在50 cm²以内,抽雄后B区玉

米叶面积明显大于A区(见图5右)。这表明玉米叶面积在生殖生长阶段对土壤水分敏感。

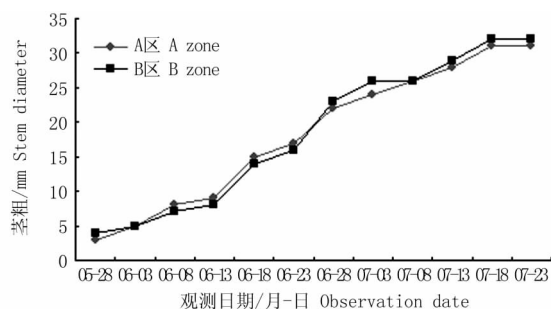


图4 2012年不同土壤水分处理对玉米茎粗的影响
Fig. 4 Effects of different soil moisture treatments on stem diameter of maize in 2012

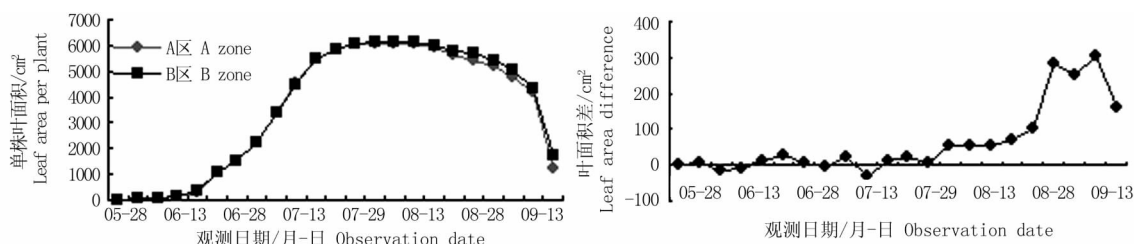


图5 不同土壤水分对叶面积的影响
Fig. 5 Effects of different soil moisture treatments on leaf area per plant

2.2.3 不同水分处理对玉米叶片干重、茎干重和单株干重的影响 在玉米全生育期间,叶片干重、茎干重和单株干重在A区和B区的变化趋势基本一致。玉米抽雄前两个区域的各干重相差非常小,抽雄后B区无论是叶片干重、茎干重还是单株干重都逐渐大于A区,在乳熟期达到最大。以叶片干重和茎干重为例(见图6),抽雄前,A区和B区的叶片干重差(B区减去A区)小于0.5 g,茎干重差小于0.7 g,而在乳熟期二者干重差分别达到4.7和13.1 g,这与乳熟期间灌溉,土壤湿度增加有直接关系。分析发现B区和A区土壤相对湿度差与叶片干重差、茎干重差和单株干重差有显著的相关性(见表1),即B区比A区土壤相对湿度每升高1%,玉米的叶片干重、茎干重和单株干重分别增加0.627、0.078和3.170 g。可见,玉米生长期间,土壤水分的增高,有利于玉米积累干

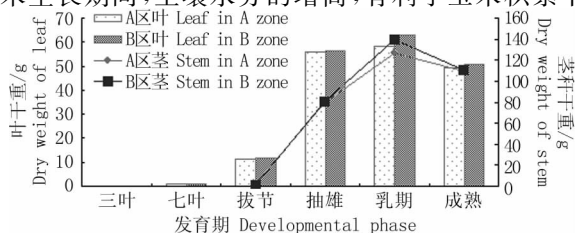


图6 不同土壤水分对植株干重的影响
Fig. 6 Effects of different soil moisture treatments on dry weight per plant

物质,这对产量形成十分有利。

表1 玉米B区和A区水分差与玉米干物质的关系
Table 1 The relationship of soil moisture difference and dry height of maize

干重 Dry weight	线性方程 Linear equation	相关系数 r Correlation coefficient
叶片干重 Dry weight of leaf	$y=0.516x+0.111$	0.860**
茎干重 Dry weight of stem	$y=0.134x-0.056$	0.676*
单株干重 Dry weight of plant	$y=2.133x+1.037$	0.800**

注: ** 和 * 为 1% 和 5% 水平的差异显著性。

Note: ** and * mean significant difference at 0.01 and 0.05 level.

2.3 不同水分对玉米产量及其构成因子的影响

试验通过设定灌溉和非灌溉2种处理,分析水分与产量的关系,结果表明(见表2),在相同品种、肥力相当、气候条件一致的情况下,B区(灌溉)比A区(非灌溉)有不同程度的增产作用(除秃尖比外)。从玉米穗部性状分析,B区的玉米穗长和穗粗比A区的长势好,秃尖比A区和B区相当。B区的粒重、百粒重和每穗粒数比A区分别高11.0%、5.8%和4.9%。说明B区的籽粒比A区的籽粒大,粒数多。产量对比,B区相对较高,试验区范围内高出736.95 kg。综上所述,土壤水分的多少直接影响玉米产量水平。

表 2 不同土壤水分处理玉米产量及其构成因子比较
Table 2 The comparison of yield and its components of
maize on different soil moisture treatments

项目 Item	A 区 A zone	B 区 B zone	灌溉增产/% Increased yield
穗长/cm Ear length	25.60	26.45	3.3
穗粗/cm Ear diameter	4.95	5.25	6.1
秃尖比 Rate of barren ear tip	0.02	0.02	0
单株粒重/g Grains weight per plant	218.68	242.78	11.0
百粒重/g 100-grain weight	41.11	43.48	5.8
单产/kg·hm ² Theoretical yield	14586.90	15323.85	5.1
每穗粒数/粒 Number of grain per ear	532.50	558.50	4.9

3 结论与讨论

玉米全生育期内表层和深层土壤水分波动趋势基本一致,但表层土壤更易受降水、灌溉、植株蒸腾和棵间蒸发等因素影响。作物的生长发育与土壤水分状况有密切的关系,自然条件下灌溉与非灌溉玉米茎粗、叶面积的变化趋势一致,但灌溉区玉米的生长性状要好于非灌溉区。

抽雄期~乳熟期是玉米生殖生长阶段,对水分需求比较敏感。此期间灌溉区与非灌溉区土壤相对湿度均不低于 70%。分析比较,灌溉与非灌溉地上干物质累积量差与土壤相对湿度差具有极显著的正相关,即在一定土壤湿度范围内,灌溉处理为玉米生育期提供了更适宜的土壤水分,有利于玉米地上干物质的累积。在玉米乳熟至成熟期间,适宜的土壤湿度对玉米果穗性状和产量形成均呈有利趋势。

该试验在自然条件下,采用了灌溉与非灌溉对比观测的方式,研究在大田环境,不同土壤湿度对玉米生长的影响,对粮食增产具有重要的参考作用。但由于该试验只进行了 2 a,玉米生育期间未发生持续时间长、程度重的干旱,无法分析土壤干旱对玉米生长性状和产量的影响。试验应进一步考虑不同土壤湿度对玉米生长发育的影响,研究如何采取针对性措施,更好地提高玉米对降水和灌溉的利用效率。

参考文献:

- [1] 袁文平,周广胜. 标准化降水指标与 Z 指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报,2004,28(4):523-529.
- [2] 王振华,张林. 黑龙江省松嫩平原中南部玉米生产限制因素及对策[J]. 玉米科学,2008,16(5):147-149.
- [3] 王延宇,王鑫,赵淑梅. 玉米各生育期土壤水分与产量关系的研究[J]. 干旱地区农业研究,1998,16(1):100-105.
- [4] 侯玉虹,尹光华,刘作新,等. 土壤底墒与苗期灌溉量对玉米出苗和苗期生长发育的影响[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):51-57.
- [5] 蔡福,明惠青,张淑杰,等. 辽宁农田土壤田间持水量的空间变异性分析[J]. 气象与环境学报,2009,25(1):27-30.
- [6] 王洪预,李秋祝,赵宏伟,等. 不同生育时期干旱处理对春玉米保护酶活性及产量的影响[J]. 东北农业大学学报,2007,38(1):13-17.
- [7] 陈家宙,王石,张丽丽,等. 玉米对持续干旱的反应及红壤干旱阈值[J]. 中国农业科学,2007,40(3):532-539.
- [8] 袁佐清,张建勇. 水分胁迫对玉米大喇叭口期生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(4):235-242.
- [9] 郑明喜,解伏菊,侯传美. 黄河三角洲退化湿地植被与土壤的恢复研究[J]. 气象与环境学报,2012,28(1):11-16.
- [10] 赵丽英,邓西平,山仑. 持续干旱及复水对玉米幼苗生理生化指标的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):59-61.
- [11] 白向历,孙世贤,杨国航,等. 不同生育时期水分胁迫对玉米产量及生长发育的影响[J]. 玉米科学,2009,17(2):60-63.
- [12] 赵天宏,沈秀瑛,杨德光. 抽雄期水分胁迫对玉米籽粒产量及其果穗性状的影响[J]. 辽宁农业科学,2002(6):5-7.

Effects of Soil Moisture Treatments on Plant Growth Status and Yield of Maize

GONG Li-juan¹, JIANG Li-xia¹, ZHANG Li-qun², LI Shuai¹, WANG Qiu-jing¹

(1. Meteorological Science Institute of Heilongjiang Province, Harbin, Heilongjiang 150030;
2. Meteorological Bureau of Longjiang, Longjiang, Heilongjiang 161100)

Abstract: In order to improve utilization of soil moisture in maize production, taking maize as experimental material, the effects of different soil moisture content on growth and yield of maize were studied by comparison observation for irrigation and non-irrigation. The results showed that the soil moisture fluctuation trends were similar between surface layer(0~30 cm) and deep level(30~50 cm) in the test field, but the surface layer was more easily influenced by the outside factors. Different soil humidity had significant effects for maize growth, dry weight and yield during growth period. Irrigation provided more water in favor of dry matter accumulation on the ground. Appropriate irrigation was more conducive to the stable and high production of maize after milk stage.

Key words: maize; soil moisture; irrigation; yield