

吐丝期干旱胁迫对玉米生长及产量的影响

徐莹莹,刘玉涛,高 盼,王宇先,杨慧莹,王俊河,樊景胜

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为促进玉米抗旱栽培,以先玉 335 为材料,采用大田小区对比试验,开展吐丝期干旱胁迫对玉米生长及产量影响的研究。通过对土壤含水量、玉米叶片形态和生理、果穗性状及产量等指标的测定,分析干旱胁迫对玉米生长及产量的影响。结果表明:土层 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm,不同处理的土壤含水量显著差异($P<0.05$),无干旱胁迫(T2)>干旱胁迫 5 d(T3)>干旱胁迫 10 d(T4)>干旱胁迫 15 d(T5)>自然生长(T1)。叶片卷曲度 T1>T5>T4>T3>T2。叶片保绿性、相对含水量、SPAD 值均为 T2>T3>T4>T5>T1。T2 叶片相对含水量分别比 T1、T3、T4、T5 高 55.38%、5.31%、24.17%和 37.91%,T2 的 SPAD 值分别比 T1、T3、T4、T5 高 38.70%、9.45%、18.97%和 27.10%。干旱胁迫对玉米性状及产量具有影响,干旱导致玉米穗长缩短,秃尖变长,穗粗、行粒数减少,产量下降($P<0.05$),T2 产量分别比 T1、T3、T4 和 T5 高 50.25%、8.94%、15.06%和 28.12%。

关键词:玉米;吐丝期;干旱胁迫;产量

中图分类号:S513 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)04-0016-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.04.0016

干旱是限制玉米稳产、高产的主要因素^[1],随着玉米的生长,在无外源水分补给的条件下土壤有效水分持续减少,由于水分不足会造成玉米生长发育的停滞,并随着水分胁迫程度的加剧最终对产量造成伤害^[2]。本研究采取大田对比试验,将水分作为环境单一控制因素,根据当年降水量选择干旱胁迫时期,通过对土壤含水量、玉米叶片形态和生理、果穗性状及产量等指标的测定,分析干旱胁迫对玉米生长及产量的影响,为玉米抗旱

栽培技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2016 年在齐齐哈尔分院试验地进行,试验地位于 N 47°15'、E 123°40',海拔 150 m,属于松嫩平原西部半干旱区,年活动积温 2 700~3 100 ℃,年降雨量 404.3~441.5 mm,地势平坦,排灌方便,土壤为碳酸盐黑钙土,基础肥力见表 1。

表 1 供试土壤基础肥力

Table 1 Basic fertility of experimental soil

碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	盐总量/%	全氮/%	全磷/%	全钾/%
Alkaline nitrogen	Available phosphorus	Available kalium		Organic matter	Salt content	Total nitrogen	Total phosphorus	Total kalium
100	16.9	134	7.82	26.5	0.027	0.162	0.09	0.50

1.2 材料

供试玉米品种为先玉 335。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 玉米留苗密度 60 000 株·hm⁻²,等行距种植,行距 60 cm,株距 27.7 cm。小区面积 28.8 m²,30 个小区;灌溉与非灌溉小区之间设 1.2 m 间隔(种植 2 行玉米,不作为取样测产区),以避免水分处理之间的侧渗影响。本试验干旱处理的时期根据试验年份的雨水特征确定,共设 5 个水分处理,T1:自然生长;T2:无干旱胁迫,即土壤水分不足时进行灌溉;T3:干旱胁迫 5 d,胁迫 5 d 后复水,即无干旱胁迫处理灌溉当日之后(含

收稿日期:2017-02-16

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(2013 03125-21,201503116-02);齐齐哈尔市科技局农业攻关资助项目(NYGG-201409);国家现代农业技术体系建设资助项目(CARS-02)

第一作者简介:徐莹莹(1989-),女,黑龙江省齐齐哈尔市人,硕士,研究实习员,从事作物栽培和微生物研究。E-mail: ghdetongzhuo@163.com。

通讯作者:刘玉涛(1968-),男,黑龙江省尚志市人,学士,副研究员,从事作物栽培和旱作节水研究。E-mail: 00681107@163.com。

当日)的第 6 天进行灌溉;T4:干旱胁迫10 d;T5:干旱胁迫15 d。所有处理肥料用量一致,并根据生长情况及时中耕除草和病虫害防治,确保不出现其它逆境。

1.3.2 测定项目及方法 (1)生长季节气象要素:调查生育期内日平均气温、日降雨量。(2)生育期土壤含水量测定:采用烘干法测定玉米播种期、6 叶展期、12 叶展期、吐丝期、吐丝后 20 d 和成熟期 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 的土壤含水量。(3)植株叶片形态观察:干旱发生后,观察测定植株叶卷曲度和保绿性。叶卷曲度:将叶卷曲度分为 5 个级别,设 0 级为不卷曲的正常叶片,叶卷曲度(LRI)= $\sum(N \times S/T)$,N 为同一级别卷曲株数,S 为卷叶级别值,T 为总株数^[3];保绿性:同一级别绿叶片数在整株绿叶数中的比例。(4)植株叶片生理指标测定:测定吐丝期后 20 d 叶片的相对含水量和成熟期叶片 SPAD

值。(5)常规测产:每个处理测 4 点,每点取20 m²植株的果穗,考察穗长、穗粗、穗重、穗行数、行粒数、粒重、秃尖长及百粒重(烘干重),最后计算测定公顷子粒产量(14%标准含水量)。

采用 Excel 2007 和 SPSS 12.0 软件进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 生长季节气候要素

2016 年试验地玉米生育期(5 月 1 日至 9 月 30 日)≥0℃的活动积温为 3 026.9℃,≥10℃的活动积温为 2 995.0℃,比 2011-2015 年平均水平 2 943.9℃高出 51.1℃。降雨量为 283.2 mm,比 2011-2015 年平均降水量420.8 mm 少 137.6 mm,其中 7 月降雨量比 2011-2015 年平均水平减少 93.04%,8 月降雨量比 2011-2015 年平均水平减少 53.0%(见表 2)。玉米吐丝期出现严重干旱,选择该时期进行干旱胁迫研究。

表 2 2016 年生育期(5-9 月)气象资料
Table 2 Meteorological data for growth period (from May to September) of 2016

项目内容 Items		前 5 年 均值 Mean five years before		前 5 年 均值 Mean five years before		前 5 年 均值 Mean five years before		前 5 年 均值 Mean five years before		前 5 年 均值 Mean five years before	
		五月 May	六月 June	五月 May	六月 June	七月 July	八月 August	七月 July	八月 August	九月 September	十月 October
平均气温/℃ Average temperature	上旬	14.3	19.6	14.3	19.6	25.6	23.7	25.6	23.7	18.9	15.9
	中旬	17.2	18.9	17.2	18.9	23.9	23.4	23.9	23.4	15.9	13.0
	下旬	17.0	21.4	17.0	21.4	24.6	19.2	24.6	19.2	13.0	10.1
	月总	502.2	463.7	600.0	650.0	765.7	703.1	682.0	687.6	445.1	439.5
降水量/mm Precipitation	上旬	20.3	6.4	20.3	6.4	0.5	17.5	0.5	17.5	36.9	28.6
	中旬	1.0	37.1	1.0	37.1	8.2	2.8	8.2	2.8	8.2	52.7
	下旬	22.9	75.4	22.9	75.4	2.8	13.6	2.8	13.6	28.6	17.1
	月总	44.2	45.1	118.9	71.3	12.5	179.6	33.9	72.1	73.7	52.7
相对湿度/% Relative humidity	上旬	42	42	42	42	63	58	63	58	72	76
	中旬	43	56	43	56	63	58	63	58	76	66
	下旬	39	62	39	62	64	56	64	56	66	71
	月均	41	53	41	53	63	57	63	57	71	71

2.2 干旱胁迫对土壤水分的影响

由图 1 至图 3 可知,干旱发生前,即播种期至吐丝期,土层 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 各处理的土壤含水量差异较小,而吐丝期后 20 d 和成熟期,除 T2、T3 处理差异不显著,与其它处理

的土壤含水量差异显著($P<0.05$), $T2>T3>T4>T5>T1$ 。吐丝期后 20 d、土层 0~60 cm, T2 土壤平均含水量分别比 T1、T3、T4、和 T5 高 25.82%、1.58%、10.81%和 17.13%;成熟期 T2 土壤平均含水量分别比 T1、T3、T4、和 T5 高

29.74%、1.43%、9.90%和 21.80%。土壤含水量变化情况表明,在干旱发生前的各生育时期,不同处理的土壤含水量差异较小,经干旱胁迫后含水量受到影响,其中自然生长持续干旱 20 d 受到的影响最大,其次为干旱胁迫 15 d、10 d,干旱胁迫 5 d 受到的影响最小。

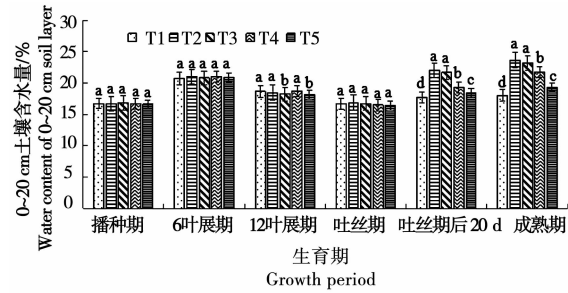


图 1 生育期土壤含水量(0~20 cm)

Fig. 1 Water content of 0~20 cm soil layer during growth period

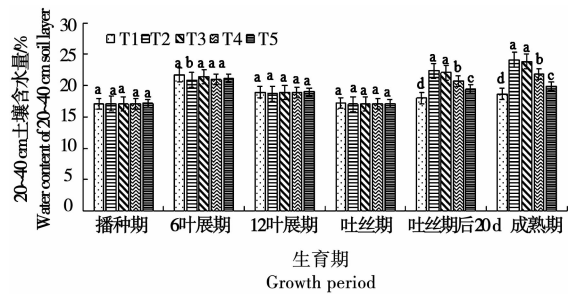


图 2 生育期土壤含水量(20~40 cm)

Fig. 2 Water content of 20~40 cm soil layer during growth period

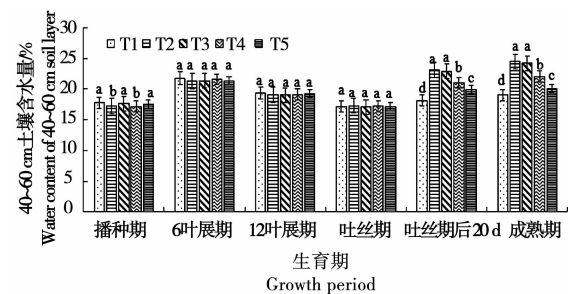


图 3 生育期土壤含水量(40~60 cm)

Fig. 3 Water content of 40~60 cm soil during growth period

2.3 干旱胁迫对玉米植株叶片形态的影响

2.3.1 干旱胁迫对植株叶卷曲度的影响 叶片卷曲是叶片内部水势状况和渗透调节结果的外部形态表现,它能直观地反映作物对土壤水分胁迫的敏感程度^[3]。由表 3 可知,不同处理的植株叶卷曲度存在一定差异,说明干旱胁迫对玉米叶片

形态有较大影响。T1 卷曲度最大,其次为 T5、T4、T3、T2 卷曲度最小,这是由于 T1、T3、T4 和 T5 从吐丝期开始持续不同时间的干旱胁迫,为适应干旱环境,叶片卷曲度发生改变,干旱胁迫时间越长卷曲度越大。

表 3 吐丝期后 20 d 植株叶卷曲度

Table 3 Plant leaf curl of 20 days after silking period

处理 Treatments	同一级别卷 曲株数(N)	卷叶级 别(S)	总株 数(T)	叶卷 曲度
	Curled	Level of	Total	Leaf curl
	number	curled	number	
	of same level plant	leaf	of plants	
T1	8	4	10	3.40 a
T2	2	1	10	0.22 d
T3	2	1	10	0.24 d
T4	6	3	10	1.50 c
T5	6	4	10	2.58 b

2.3.2 干旱胁迫对植株叶片保绿性的影响 玉米保绿性是指植株在籽粒成熟期叶片因衰老进程减缓而无明显失绿,除了受自身基因调控外,与环境条件有密切关系,一般将成熟期的绿叶数所占比、叶绿素含量等作为保绿性的衡量指标^[4]。由图 4 可知,成熟期 T2 叶片保绿性最高,T1 保绿性最低,二者保绿性相差较大,说明干旱胁迫对玉米绿叶数有较大影响。研究表明,保绿性与叶片含水量具有最稳定的遗传相关,叶片含水量对保绿性具有最强烈的影响^[5]。Tollenaar 等^[6]人发现保绿性较好的玉米植株表现出衰老延缓的特征,其叶片含水量和叶绿素含量均较高。

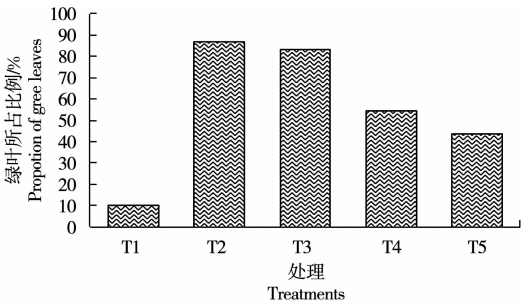


图 4 成熟期植株叶片保绿性

Fig. 4 Leaf stay-green trait of mature period

2.4 干旱胁迫对玉米植株叶片生理的影响

2.4.1 干旱胁迫对叶片相对含水量的影响 相对含水量是反映作物水分生理状况的重要指标^[7]。由图 6 可知,吐丝期不同处理的玉米植株叶片相对含水量为:T2>T3>T4>T5>T1,T2 叶片相对含水量分别比 T1、T3、T4、T5 高 55.38%、5.31%、24.17%和 37.91%,说明叶片相对含水量随干旱胁迫时间延长而降低。

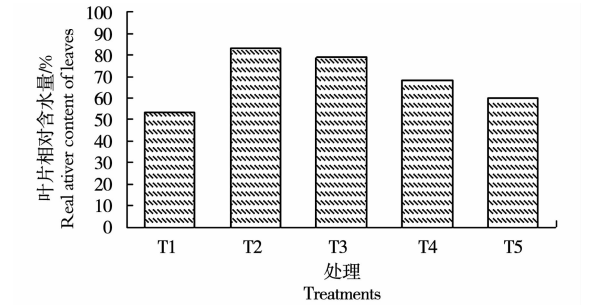


图 5 吐丝期后 20 d 植株叶片含水量

Fig. 5 Leaf water content of 20 days after silking period

2.4.2 干旱胁迫对叶片 SPAD 值的影响 叶绿素是玉米光和色素中最重要的一类,其含量的高低能反映出玉米对水分等环境条件的敏感程度^[8]。由图 5 可知,成熟期不同处理的玉米植株叶片 SPAD 值为:T2>T3>T4>T5>T1,T2 的

SPAD 值分别比 T1、T3、T4、T5 高 38.70%、9.45%、18.97%和 27.10%,说明干旱胁迫对玉米叶绿素含量有一定影响,干旱胁迫时间越长,叶绿素含量越低。

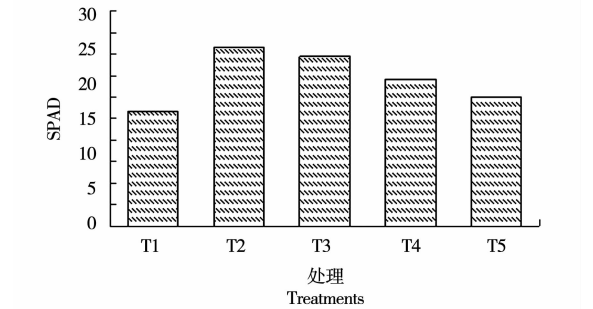


图 6 成熟期植株叶片 SPAD 值

Fig. 6 Leaf SPAD value of mature period

2.5 干旱胁迫对玉米农艺性状及产量的影响

由表 4 可知,不同处理的穗重、粒重、秃尖长等农艺性状及产量存在差异,T2 产量分别比 T1、T3、T4 和 T5 高 50.25%、8.94%、15.06%和 28.12%。说明干旱胁迫 5 d 对产量影响较小,而干旱胁迫 10 d、15 d 产量下降幅度较大,自然生长持续干旱 20 d,产量下降,各处理产量差异极显著。

表 4 玉米农艺性状及产量

Table 4 Agronomic characteristics and yield of corn

处理 Treatment	穗重/kg Spike weight	粒重/kg Grains weight	穗长/cm Spike length	穗粗/cm Spike diameter	秃尖长/cm Bald length	穗行数 Spike row number	行粒数 Grainsper row	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield
T1	7.04	5.51	20.0	4.1	2.5	14	42	6797.78 eE
T2	10.92	8.86	21.5	5.0	0.5	18	48	10213.67 aA
T3	9.87	8.11	21.0	4.8	1.5	18	46	9375.50 bB
T4	8.28	6.50	22.5	4.6	2.0	16	44	8876.82 cC
T5	7.56	5.99	20.5	4.2	2.5	14	42	7971.96 dD

3 结论与讨论

(1)土壤含水量变化情况表明,吐丝期前各处理的土壤含水量差异较小,吐丝期干旱胁迫后土层 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 含水量受到影响,其中自然生长持续干旱 20 d 受到的影响最大,其次为干旱胁迫 15 d、10 d,干旱胁迫 5 d 受到的影响最小,土壤含水量为:T2>T3>T4>T5>T1。

(2)叶片卷曲度和绿叶数是水分胁迫对玉米形态影响最直观的表现。叶片卷曲度 T1>T5>T4>T3>T2,说明叶片卷曲度会随着干旱胁迫的加剧而增大,绿叶数会随着干旱胁迫的加剧而减少,这是由于干旱胁迫造成叶片含水量及 SPAD 值明显下降,保绿性降低,导致叶片提前变黄、衰老,这与刘培^[9]研究结果相一致。

(3)吐丝期干旱胁迫对玉米性状及产量有显

著影响。干旱胁迫导致玉米穗长缩短,秃尖变长,穗粗、行粒数减少,产量显著下降($P<0.05$),其中干旱胁迫 5 d 对产量影响较小,而干旱胁迫 10 d、15 d 产量下降幅度较大,自然生长持续干旱 20 d,产量下降高达 33.44%,这些差异主要是由于吐丝期干旱不利于玉米生长及干物质积累,干旱胁迫时间越长对玉米产量、品质危害越大,这与何海军等^[10]研究结果一致,其研究结果表明干旱胁迫导致玉米穗长缩短,秃尖变长,穗粗、行粒数等显著减少,产量显著下降,且干旱胁迫程度越大,减产越严重。

本研究只分析了吐丝期干旱胁迫对单一玉米品种生长发育及产量的影响,而自然界干旱发生具有随机性,今后还需对其它关键生育期及不同品种进行干旱胁迫研究,为玉米抗旱品种的选择及合理灌溉提供理论和实践依据。

参考文献:

- [1] 任丽雯,王兴涛,刘明春,等.干旱胁迫对土壤水分动态及玉米水分利用效率影响研究[J].中国农学通报,2015,31(32):142-147.

- [2] 孟凡超,刘明,于吉林,等.水分胁迫对玉米产量及干物质分配的影响[J].江苏农业科学,2011,39(3):96-97.
- [3] 金千俞,欧阳由男,禹盛苗,等.土壤干旱胁迫对不同水稻品种叶卷曲度的影响[J].中国水稻科学,2003,17(4):349-354.
- [4] 刘开昌,董树亭,赵海军,等.我国玉米自交系叶片保绿性及其与产量的关系[J].作物学报,2009,35(9):1662-1671.
- [5] 何萍,金继运.保绿型玉米的营养生理研究进展[J].玉米科学,2000,8(4):41-44.
- [6] Tollenaar M, Lee EA. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Res, 2002, 75: 161-169.
- [7] 郝玉兰,潘金豹,张秋芝,等.不同生育期水分胁迫对玉米叶片 CAT 和 MDA 的影响[J].北京农学院学报,2003,18(3):178-180,222.
- [8] 黄莺,赵致.杂交玉米品种抗旱性生理指标及综合评价初探[J].种子,2001(1):12-14.
- [9] 刘培.土壤水分胁迫对作物的生长发育、生理特征及其产量影响的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [10] 何海军,寇思荣,王晓娟.干旱胁迫对不同株型玉米光合特性及产量性状的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):63-66,74.

Effects of Drought Stress on Growth and Yield of Maize During Silking Period

XU Ying-ying, LIU Yu-tao, GAO Pan, WANG Yu-xian, YANG Hui-ying, WANG Jun-he, FAN Jing-sheng

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006)

Abstract: In order to promote the drought-resistant cultivation of maize, taking Xianyu 335 as material, through the field plot experiment, effects of drought stress on growth and yield of maize during silking period were studied. Through the determination of soil water content, leaf morphology and physiology, ear traits and yield index, effect of drought stress on growth and yield of maize were analyzed. The results showed that 0~20 cm, 20~40 cm and 40~60 cm of soil, water content of different treatments were significantly different ($P<0.05$), no drought stress (T2)>drought stress last 5 days (T3)>drought stress last 10 days (T4)>drought stress last 15 days (T5)>natural growth (T1). Leaf curl was T1>T5>T4>T3>T2. Leaf stay-green trait, relative water content and SPAD value were T2>T3>T4>T5>T1. Leaf relative water content of T2 was 55.38%, 5.31%, 24.17% and 37.91% higher than T1, T3, T4 and T5, respectively. SPAD value of T2 was 38.70%, 9.45%, 18.97% and 27.10% higher than T1, T3, T4 and T5, respectively. Drought stress had an influence on characters and yield of corn, leading to ear length shorter, bald length longer, ear diameter and grains per row decreased and yield decreased significantly ($P<0.05$). Yield of T2 was 50.25%, 8.94%, 15.06% and 28.12% higher than T1, T3, T4 and T5, respectively.

Keywords: maize; silking period; drought stress; yield

(该文作者还有王淑荣和武琳琳,单位同第一作者)