

文章编号: 1005-0906(2009)02-0060-04

不同生育时期水分胁迫对玉米产量及生长发育的影响

白向历¹, 孙世贤², 杨国航³, 刘 明¹, 张振平¹, 齐 华¹

(1. 沈阳农业大学, 沈阳 110161; 2. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100026;

3. 北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100097)

摘 要: 不同生育时期水分胁迫的研究结果表明, 任何生育时期的土壤干旱均会导致玉米减产, 其中抽雄吐丝期水分胁迫减产最重, 其次是拔节期, 苗期相对较轻。苗期水分胁迫使玉米子粒的“库”形成受到一定阻碍, 但由于后期仍维持较大的绿叶面积, 复水后可迅速补偿由于前期水分胁迫所减少的生长量, 减产较轻。拔节期水分胁迫导致植株矮化, 穗位高降低, 从而使产量降低。抽雄吐丝期是玉米的水分临界期, 干旱可导致散粉至吐丝期间隔(ASI)加大, 致使花期不遇, 穗粒数大幅度下降, 从而严重影响玉米的产量。

关键词: 玉米; 生育时期; 水分胁迫; 产量**中图分类号:** S513.01**文献标识码:** A

Effect of Water Stress on Maize Yield During Different Growing Stages

BAI Xiang-li¹, SUN Shi-xian², YANG Guo-hang³, LIU Ming¹, ZHANG Zhen-ping¹, QI Hua¹

(1. College of Agronomy Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;

2. National Agricultural Technology Extension and Service Center, Beijing 100026;

3. Maize Research Centre, Beijing Academy of Agricultural & Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: The result of maize experiment with water stress in different growing stages showed that soil drought stress could lead to yield decreasing in any growing stages. The yield decreased most in tassel and silking stage under water stress, next in jointing stage, and the affect of seeding stage was faintish comparatively. Although water stress could restrict the sink formation of maize seed, the later stage could maintain large leaf area. Re-watering could rapidly compensate the growth increment in prophase stage with water stress. Water stress in booting stage may lead to plant dwarfing, ear height lowering and the yield decreasing. Flowering was the water critical stage in maize. Drought might lead to the increment of ASI, the great decrement of grain number. Accordingly, it affected the maize yield seriously.

Key words: Maize; Growing stage; Water stress; Yield

干旱是造成玉米减产的一个重要因素。在玉米生长发育进程中, 对水分胁迫的反应因生育时期不

同而有较大差异, 但由于试验方法和材料各异, 研究结果不一, 其中玉米抽雄吐丝期水分胁迫对子粒产量影响最大。本试验测定了不同生育时期水分胁迫对不同耐旱性玉米产量及穗部性状及生长发育的影响, 探讨不同生育时期水分胁迫造成减产的原因及对玉米生长发育的影响, 为玉米抗旱育种提供一定的理论依据, 同时为干旱、半干旱地区玉米的抗旱栽培措施提供实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用农大 108、京科 308、吉单 261、中单 808、丹

收稿日期: 2008-03-11**基金项目:** 北京农业育种基础研究创新平台项目“超级玉米品种选育及中国玉米标准 DNA 指纹库构建研究”——超级玉米品种试验鉴定关键技术与方法研究; 国家科技支撑计划(2006BAD02A13-4-5)**作者简介:** 白向历(1981-), 女, 辽宁阜新人, 博士, 主要从事作物逆境生理生态与调控研究。

E-mail: baixiangli2008@yahoo.com.cn

齐 华为本文通讯作者。E-mail: qihua10@163.com

玉 39、郑单 958 抗旱能力不同的玉米品种作为供试材料。

1.2 试验方法

试验于 2006 ~ 2008 年在沈阳农业大学农学院实验基地进行。单株室外盆栽,盆钵直径 33 cm,高 28 cm。盆土为草甸棕壤,有机质含量 1.12%,每盆施优质农家肥 500 g 作基肥,磷酸二铵 4 g 作种肥。盆钵排列方式为大垄双行,大垄行距 66 cm,双行行距 33 cm,株距 33 cm。种植密度为 51 000 株 /hm²。5 月 4 日播种,9 月 22 收获。分别在苗期(MW)、拔节期(BW)和抽雄吐丝期(TW)进行干旱处理,持续胁迫 7 d 后解除胁迫,恢复正常供水至成熟,以正常供水为对照(CK)。水分胁迫期间将盆钵置于防雨棚内,夜间

及阴雨天盖膜防雨。

1.3 子粒产量及穗部性状观测

2006 ~ 2007 年在生长期内记载生育进程、散粉至吐丝期间隔,测量株高、穗位高和茎粗等指标。玉米收获后风干进行室内考种,分别观测穗粒重、百粒重、穗粒数、穗行数、行粒数、穗长、穗粗、秃尖长等穗部性状及产量。

1.4 数据处理与统计分析方法

数据用 Excel 进行处理,统计分析采用 DPS 数据分析程序进行。

2 结果与分析

2.1 不同生育时期水分胁迫对玉米产量的影响

表 1 不同玉米品种子粒产量及生物产量的比较

Table 1 Comparison of yield and biology yield with different maize varieties g/ 株

品 种 Variety	正常供水 CK		苗期胁迫 MW		拔节期胁迫 BW		抽雄吐丝期胁迫 TW	
	子粒产量	生物产量	子粒产量	生物产量	子粒产量	生物产量	子粒产量	生物产量
	Seed yield	Biological yield	Seed yield	Biological yield	Seed yield	Biological yield	Seed yield	Biological yield
农大 108	172.55	357.68	155.75	316.57	155.22	327.96	115.85	283.93
京科 308	174.82	335.87	168.85	312.52	174.89	345.04	151.56	299.46
吉单 261	187.64	342.55	172.54	329.52	132.64	270.61	89.04	228.66
中单 808	198.67	366.88	177.39	337.00	187.98	353.63	119.25	275.46
丹玉 39	212.61	409.54	191.16	379.73	176.72	350.06	114.30	273.79
郑单 958	222.67	367.11	175.07	287.92	178.20	292.85	104.27	204.97
平均值	194.83	363.27	173.46	327.21	167.61	323.36	115.71	261.04

表 2 不同生育时期水分胁迫玉米子粒产量的方差分析

Table 2 Variance analysis of water stress on maize seed yield during different growing stages

变异来源	平方和	自由度	均 方	F 值
Source of variation	SS	DF	MS	F value
品种间	2 905.84	5	581.17	2.18
处理间	20 277.92	3	6 759.30	25.37**
误 差	3 997.251	15	266.48	
总变异	27 181.01	23		

表 3 不同生育时期水分胁迫玉米产量的多重比较

Table 3 Multiple comparison of water stress on maize yield during different growing stages

处 理	平均子粒产量(g/ 株)	平均生物产量(g/ 株)	经济系数
Treatment	Average seed yield per plant	Average biologyyield per plant	Economical coefficient
对照(CK)	194.83 a A	363.27 a A	0.54 a A
苗期胁迫(MW)	173.46 b A	327.21 b A	0.51 a A
拔节期胁迫(BW)	167.61 b A	323.36 b A	0.50 a A
抽雄吐丝期胁迫(TW)	115.71 c B	261.04 c B	0.40 b B

注:表中大写字母为 0.01 水平差异,多重比较采用 Duncan 法。下表同。
Notes: Capital letters in the table mean the yield difference of different maize hybrid varieties at 0.01 significant levels. Duncan's method is adopted for multiple comparisons. The same as the following tables.

不同生育时期的水分胁迫均可导致玉米子粒产量下降,且不同处理间差异极显著。抽雄吐丝期水分胁迫减产最严重,拔节期次之,苗期减产最小,与对照相比分别减产 40.61%、13.97%、10.97%(表 1)。苗期和拔节期产量下降与对照相比差异达到显著水平,抽雄吐丝期产量与对照相比差异极显著。水分胁迫也使玉米生物产量下降,经济系数降低,两者均以抽雄吐丝期下降幅度最大,其次是拔节期,苗期最小,影响的规律与经济产量变化一致(表 2、表 3)。

2.2 不同生育时期水分胁迫对玉米子粒产量相关性状的影响

水分胁迫条件下,穗粒数和行粒数在抽雄吐丝期下降幅度最大,拔节期次之,苗期最小。苗期水分

胁迫下穗粒数与对照比较下降 12.41%,达到了显著水平;拔节期和抽雄吐丝期水分胁迫穗粒数与对照相比下降 20.67%和 45.85%,差异极显著。抽雄吐丝期水分胁迫行粒数与对照相比下降 42.93%,差异极显著;苗期和拔节期下降了 10.62%和 11.95%,差异未达到显著水平。百粒重在拔节期和抽雄吐丝期水分胁迫则略有增加,与对照相比增加 8.62%和 6.59%,达到了显著水平;苗期水分胁迫百粒重略有下降,与对照相比下降 0.33%,下降不显著。拔节期水分胁迫穗行数下降幅度最大,与对照相比差异极显著;抽雄吐丝期次之,与对照相比下降了 13.33%和 6.67%,差异显著;苗期水分胁迫的穗行数保持在对照水平(表 4)。

表 4 不同生育时期水分胁迫对玉米产量相关性状的多重比较
Table 4 Multiple comparison of correlation factor of water stress on maize yield during different growing stages

处 理 Treatment	穗粒数(粒) Kernels per ear	百粒重(g) 100-kernel weight	穗行数(行) The ear row number	行粒数(粒) Grain number per row
对照(CK)	575.00 a A	33.52 b B	15.30 a A	37.67 a A
苗期胁迫(MW)	503.67 b AB	33.41 b B	14.96 ab A	33.67 a A
拔节期胁迫(BW)	456.17 b B	36.41 a A	13.44 c B	31.67 a A
抽雄吐丝期胁迫(TW)	311.33 c C	35.73 a AB	14.33 b AB	21.50 b B

2.3 不同生育时期水分胁迫对玉米穗部性状的影响

表 5 结果表明,抽雄吐丝期水分胁迫玉米穗长下降幅度最大,苗期次之,拔节期较小,分别较对照下降 26.13%、6.5%、5.8%。其中拔节期达到显著水平,其他两个时期达到了极显著水平。水分胁迫也使玉米穗粗减小,下降幅度大小依次为抽雄吐丝期胁

迫 > 拔节期胁迫 > 苗期胁迫,分别较对照下降 6.69%、3.85%、1.42%;抽雄吐丝期和拔节期水分胁迫与对照相比差异达到了极显著水平,苗期胁迫则差异不显著;各时期水分胁迫对秃尖长的变化规律与穗长的变化规律基本一致,但与对照比较差异均未达到显著水平。

表 5 不同生育时期水分胁迫对玉米穗部性状的多重比较
Table 5 Multiple comparison of water stress on maize ear character during different growing stages

处 理 Treatment	穗长(cm) Ear length	穗粗(cm) Ear diameter	秃尖长(cm) Barren ear tips length
对照(CK)	20.17 a A	4.93 a A	1.78 a A
苗期胁迫(MW)	18.86 b B	4.86 ab AB	1.17 a A
拔节期胁迫(BW)	19.00 b AB	4.74 bc BC	1.35 a A
抽雄吐丝期胁迫(TW)	14.90 c C	4.60 c B	1.25 a A

2.4 不同生育时期水分胁迫对生长发育的影响

表 6 不同生育时期水分胁迫对生长发育指标的多重比较
Table 6 Multiple comparison of water stress on maize growth characters during different growing stages

处 理 Treatment	株高(cm) Plant height	穗位高(cm) Ear height	茎粗(cm) Stem diameter	散粉至吐丝期间隔 ASI
对照(CK)	273.30 a A	114.57 a A	2.81 ab A	2.67 b B
苗期胁迫(MW)	263.33 b A	114.41 a A	2.88 a A	3.50 b B
拔节期胁迫(BW)	229.78 c B	96.71 b B	2.83 a A	3.00 b B
抽雄吐丝期胁迫(TW)	270.56 ab A	115.40 a A	2.71 b A	9.00 a A

由表 6 可以看出,玉米拔节期水分胁迫对株高和穗位高的影响较大,拔节期水分胁迫后植株高和穗位高平均较对照下降 15.92%和 15.59%,差异极显著;另外两个处理与对照差异不显著。抽雄吐丝期水分胁迫对玉米散粉至吐丝期间隔(ASI)影响较大,较对照延迟 6 d,差异达到极显著水平;另外两个处理与对照间差异不明显。水分胁迫对茎粗的影响较小,各处理与对照相比差异不显著。

3 结论与讨论

水分胁迫导致玉米子粒产量下降,胁迫时期不同其减产的程度也不尽相同。本试验中以抽雄吐丝期胁迫减产最严重,拔节期胁迫次之,苗期胁迫减产最小。抽雄吐丝期是玉米的水分临界期,水分胁迫可导致花期不遇,花丝受精能力下降,大量合子败育,从而严重影响玉米产量。干旱复水后的补偿效应贯穿于作物的整个生育期中,补偿效应可能是植株自我抵御短期、不定期或难以预期干旱环境的一种手段。苗期和拔节期水分胁迫结束后,植株可快速地部分或全部弥补前期干旱所减少的生长量,而且苗期适当干旱可促进玉米根系的发育,从而增强抗旱能力。

经济系数反映了“源”的光合产物向“库”转运和积累的能力。水分胁迫致使玉米经济系数减小,并以抽雄吐丝期减小幅度最大,其次是拔节期,苗期最小,与经济产量的变化一致。玉米生育期间水分胁迫,将使果穗建成受到严重影响,使果穗体积减小,导致库容量不足,无法贮存较多的干物质。苗期和拔节期水分胁迫使子粒“库”形成受到一定的阻碍,但由于后期仍维持较大的绿叶面积,使其得到部分补偿,故减产较轻。

玉米抽雄吐丝期遇到水分胁迫不同于其他生育阶段,这一时期干旱缺水将直接影响子粒产量的形成。穗粒数的减少是玉米抽雄吐丝期水分胁迫下产量降低的主要限制因子。研究表明,玉米生长中后期受到干旱胁迫后,玉米植株所积累的干物质分配到子粒中的比例明显下降,尤其以抽雄吐丝期下降幅度最大,玉米抽雄吐丝期对水分胁迫非常敏感,此期干旱将导致穗粒数减少。百粒重的增加可以弥补穗粒数的减少而导致的产量损失,但百粒重的增产作用远远小于由于穗粒数下降所造成的产量损失,从

而使产量大幅度下降。玉米穗行数和行粒数减少也是穗粒数降低的主要因素,秃尖增长也是导致穗粒数降低的原因之一。在玉米开花期遇水分胁迫使 ASI 加大,说明干旱导致雄穗花期缩短,雌穗吐丝延迟,花粉活力下降,使子粒败育率大量增加,严重干旱可能导致花期不遇,造成大幅减产。

玉米在拔节期遇到水分胁迫将导致植株矮化,穗位高降低,生长发育受阻,以致于生物产量和经济产量下降。

参考文献:

- [1] 张卫星,赵致,柏光晓,等.不同玉米杂交种对水分和氮胁迫的响应及其抗逆性[J].中国农业科学,2007,40(7):1361-1370.
- [2] 张凤路,D Kirubi.玉米雌雄穗开花间隔与产量关系研究[J].作物学报,2002(1):76-78.
- [3] 高亚军,李生秀,田霄鸿,等.不同供肥条件下水分分配对旱地玉米产量的影响[J].作物学报,2006(3):415-422.
- [4] 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.
- [5] 关义新,戴俊英,等.玉米花期干旱及复水对植株补偿生长及产量的影响[J].作物学报,1997(6):741-747.
- [6] 王鹏文,戴俊英,魏云鹏.干旱胁迫对玉米产量和品质的影响研究[J].玉米科学,1999,7(7):102-106.
- [7] 赵天宏,沈秀瑛,杨德光.抽雄期水分胁迫对玉米子粒产量及其果穗性状的影响[J].辽宁农业科学,2002(6):5-7.
- [8] 白莉萍,隋方功,孙朝晖,等.土壤水分胁迫对玉米形态发育及产量的影响[J].生态学报,2004(7):1557-1559.
- [9] 陈军,戴俊英.干旱对不同耐旱性玉米品种光合作用及产量的影响[J].作物学报,1996(6):757-762.
- [10] 张维强,沈秀瑛,戴俊英.干旱对玉米花粉、花丝活力和子粒形成的影响[J].玉米科学,1999,7(7):45-50.
- [11] 葛体达,隋方功,白莉萍,等.不同土壤水分对玉米光合特性和产量的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2005(2):143-147.
- [12] 王静,杨德光,马凤鸣,等.水分胁迫对玉米叶片可溶性糖和脯氨酸含量的影响[J].玉米科学,2007,15(6):57-59.
- [13] Kramer P J. Water Relations of Plants[M]. Academic Press, 1983.
- [14] Wilton J H. Effect of plant population on growth in maize[J]. Ann. Applied Bio., 1978, 90(1): 127-132.
- [15] Guan Y X, Dai J Y, Xu S C, et al. Effects of soil D rought during flowering and rewatering on plant compensative growth and yield of maize[J]. Acta Agronomica Sinica, 1997, 23 (6): 740-745.
- [16] Liang Z S, Kang S Z, Shao M A, et al. Growth rate and water consumption of maize plant in soil alternate drying wetting[J]. Transactions of the SAE, 2000, 16(5): 38-40.

(责任编辑:张英)