

文章编号:1003-8701(2014)03-0018-04

辽西半干旱区玉米单生育期受旱和连旱对生长和产量的影响

窦超银¹, 于景春², 于秀琴²

(1. 辽宁省水利水电科学研究院, 沈阳 110003; 2. 辽宁省建平县灌溉试验站, 辽宁 建平 122405)

摘要: 辽西地区干旱缺水, 为了保障粮食生产和提高旱情抵御能力, 将有限的灌溉水资源合理利用, 本文研究了玉米单生育期受旱和连旱对玉米生长、产量和水分利用效率等的影响。结果表明, 各生育期单旱连旱均不利于玉米生长和产量形成, 连旱使作物生长受抑加重, 减产加剧, 最大减产达到 42.6%。苗期、拔节期和抽穗期玉米生长和最终产量较容易受干旱影响, 而灌浆期受旱影响相对较小; 各处理水分利用效率 (WUE) 在 $2.2 \sim 3.23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 之间变化, 由大到小顺序为苗期拔节期连旱 > 对照 > 灌浆期单旱 > 拔节抽穗期连旱 ≈ 苗期单旱 > 抽穗灌浆期连旱 > 拔节期单旱 > 抽穗期单旱, 拔节和抽穗期受旱将导致 WUE 下降, 连旱有利于提高 WUE, 但不利于保障粮食生产。因此, 综合考虑粮食生产和水分利用效率, 当灌溉水资源匮乏时, 可在灌浆期适度水分控制灌溉。

关键词: 辽西半干旱区; 干旱胁迫; 产量; 水分利用效率

中图分类号: S274.1

文献标识码: A

Effects of Short Time and Continuous Drought Stress on Growth and Yield of Maize in Semi-Arid Area of Western Liaoning

DOU Chao-yin¹, YU Jin-chun², YU Xiu-qin²(1. *Water Conservancy and Hydropower Science Research Institute of Liaoning, Shenyang 110003;**2. Jianping Irrigation Experiment Station, Jianping 122405, China)*

Abstract: Drought stress and water deficiency is the status quo in western arid region of Liaoning province. To provide theoretical basis for reasonable irrigation, effects of short time and continuous drought stress on the growth, yield and water use efficiency of maize were studied with 'Danyu 77' as the test material under controlled irrigation. The results showed that the growth and yield of maize were restrained by drought stress, and the situation was the worst in continuous drought stress, in which the maximum reduction of yield reached 42.6%. Seedling stage, elongation stage and heading stage of plant growth were susceptible to drought stress, while during the grain filling stage, the adverse effects were not significant. Water use efficiency of the treatments ranged from 2.2 to $3.23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, and in following order: continuous drought from seedling to elongation stage > ck > drought in grain filling stage > continuous drought from elongation to heading stage = seedling stage drought > continuous drought from heading to grain filling stage > elongation stage drought > heading stage drought. WUE decreased as drought stress happened during elongation stage to heading stage. Though WUE increased in continuous drought stress, but crop production reduced substantially. When the water resource is scarce for irrigation in the research area, for balancing food production and WUE, appropriate drought stress in grain filling stage is recommended.

Keywords: Semi-arid area of western Liaoning; Drought stress; Yield; Water use efficiency

收稿日期: 2013-10-19

基金项目: 水利部科技推广项目(TG1203); 水利部公益性行业科研专项资助项目(201101061)

作者简介: 窦超银(1982-), 男, 博士, 工程师, 主要从事农业水土工程方向研究。

辽宁西部是辽宁干旱的主发区,1949 年以来,春、夏、伏和秋旱的发生分别占 70%、30%、20%和 10%左右,其中春夏连旱占 9%,春、夏、伏连旱占 5%,春、夏、伏、秋连旱占 3%,其他连旱也时有发生^[1-2]。作为玉米的主要种植区,面临着严峻的旱情压力,但由于灌溉水资源匮乏,该地区有灌溉条件的种植面积较少,大部分依靠自然降雨满足需水要求^[3],研究表明在玉米生育期中,苗期、拔节期、抽穗开花期和灌浆成熟期干旱发生频率分别为 60%~96%、30%~58%、20%~40%和 30%~52%^[4],因旱灾玉米减产量从 1981 年开始显著增加,而暖干化的气候变化趋势给保障粮食生产进一步增加了压力^[5]。

根据作物耐旱能力,合理分配地区有限的灌溉水资源,增加粮食产量或最大程度地减轻干旱对作物的伤害,提高作物的水分利用效率,是缓解辽西地区旱情压力,提高旱情抵御能力的主要途径。如有研究表明在雨养条件下,灌浆期补充灌溉一次,灌水 45 mm,既可显著提高产量,又能明显提高灌溉效率和水分利用效率^[6],而覆膜保苗节水和露地坐水种补灌节水技术可以提高幼苗素质,提高作物前期抗旱性^[7],两种技术条件下产量分别增加 48.5%和 49.9%,水分利用效率提高 30.9%和 21.4%^[8],但是在前人的研究中灌溉多以传统灌溉作为参考,单生育期受旱和生育期连旱对玉米生长影响研究较少。因此,本文将通过研究玉米单生育期干旱和连旱对玉米生长、产量和水分利用效率等的影响,探究玉米干旱敏感期及耐旱能力,从而为保障地区农业生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于辽宁省建平县灌溉试验站内,位于辽宁省西部(E119°18',N41°17'),海拔 512 m,属于半湿润半干旱季风型大陆性气候,多年平均气温 7.1℃,平均降水量 410 mm,平均蒸发量 1 600~1 800 mm,有效积温 3 200℃·d,作物生育期日照时数 1 384 h,无霜期 133 d;土壤为褐土,质地为沙壤土,土壤容重 1.4 g·cm⁻³,田间最大持水量 21.0%,土壤 pH 值 7.0。0~25 cm 耕层土壤速效氮 40.0 mg·kg⁻¹,速效磷 12.5 mg·kg⁻¹,速效钾 80.0 mg·kg⁻¹,土壤有机质 1.66%。

1.2 供试材料与试验设计

试验于 2011 年 5~9 月在建平县灌溉试验站测坑内进行,测坑面积为 6.66 m²(2 m×3.33 m),

测坑深度为 1.8 m,底部设 20 cm 厚的砂石滤层,滤层上覆 1.5 m 厚的土壤,土壤表面距坑沿 10 cm;每个测坑四周的防渗墙深 2 m,以防不同处理间的水侧渗;在每个测坑内沿对角线埋设中子仪水分测量导管 2 个,埋深 1.8 m;测坑上方有电动防雨棚。

表 1 不同处理玉米各生育期土壤水分控制下限 %

处理	MQ	BJ	CS	GJ
适宜水分(CK)	70	70	75	70
苗期干旱(D1)	50	70	75	70
拔节期干旱(D2)	70	50	75	70
抽穗期干旱(D3)	70	70	55	70
灌浆期干旱(D4)	70	70	75	50
苗期拔节期连旱(L1)	50	50	75	70
拔节抽穗期连旱(L2)	70	50	55	70
抽穗灌浆期连旱(L3)	70	70	55	50

注:表中数值为土壤相对田间持水量的百分比

供试品种为玉米丹玉 77,根据 20 cm 土层土壤水分控制灌水上限,试验在苗期(MQ)、拔节期(BJ)、抽穗期(CS)和灌浆期(GJ)分别设单生育期受旱和连旱共计 7 个处理,另设适宜水分控制的对照处理,不同处理玉米各生育期土壤水分控制下限如表 1 所示,控制上限均为田间持水量的 90%,每个处理重复 3 次。所有处理田间管理和试验区附近大田管理相同。

1.3 试验观测

每 5 d 测一次土壤含水率,生育期交替日、灌水前后及降雨前后加测一次,当土壤持水量接近灌水下限时进行补充灌溉^[9],灌溉水量通过水表观测。在玉米生育期内,分别在玉米的苗期、拔节期、抽穗期和灌浆期测定植株的株高、茎粗和单株全部展开叶的叶面积,按长×宽×系数法调查叶面积,叶面积指数(LAI)通过叶面积与单位土地面积折算求得^[10];每次测定均在小区内随机取 10 株样本,取其平均数;成熟时各测坑单独收获、脱粒、晒干并计产,每个处理的玉米产量均以重复产量的平均值来代表该处理的实际产量;生育期耗水量采用土壤水量平衡法进行计算^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同干旱处理对玉米生长的影响

2.1.1 株高

不同处理玉米株高在生育期内总体变化趋势相同,随着生育期的进行,株高持续增大,拔节期和抽穗期株高增加最为迅速,抽穗期后,株高相对

稳定(表 2)。单生育期干旱处理苗期阶段各处理株高在 44.4~49.8 cm 之间,差异不显著;在株高迅速增长的拔节和抽穗期,D1、D2 显著低于对照处理,而其他处理和 CK 差异不显著,拔节期 D1 处理株高均值小于 D2 处理,但抽穗期 D1 处理株高高出 D2 处理;抽穗期后,植株生长缓慢,灌浆期干旱处理对株高影响不明显,D4 处理平均株高 274.6 cm,与 CK 处理差异不显著,其他处理之间的差异和抽穗期相似。连旱处理表明苗期阶段各处理株高与 CK 相近,处理间差异不明显;从拔节期到灌浆期结束,L1 和 L2 处理株高显著低于 CK 处理,L1 平均株高始终低于 L2 处理;抽穗期前 L3 未进行处理,株高显著高于 L1 和 L2 处理,抽穗期干旱处理开始后,L3 处理株高低于 CK 处理,和其他连旱处理之间差异不显著。此外,从表 2 还可以看出,L1 和 L2 处理株高分别高于 D1 和 D2 处理,L3 处理株高和 D3 相近但明显矮于 D4 处理,即连旱处理一般株高均明显矮于同生育期单生育期干旱处理。株高的变化说明灌浆期前,不同生育期干旱均会影响玉米的株高生长;受旱时间越早,株高受到抑制越明显^[11];受旱时间越长,玉米受到的影响也越大^[12]。

表 2 各处理玉米株高变化 cm

处理	MQ	BJ	CX	GJ
CK	46.2a	105.4a	274.0a	276.8a
D1	45.2a	86.0b	255.8b	254.0b
D2	44.4a	91.0b	243.8b	250.4b
D3	48.6a	103.6a	264.0ab	267.6ab
D4	49.8a	102.0a	274.8a	274.6a
L1	44.8a	86.2b	242.6b	250.6b
L2	48.8a	96.6b	259.0b	259.4b
L3	46.2a	108.8a	265.2ab	267.2ab

注:表中同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上有差异(P<0.05),下同

2.1.2 茎粗

玉米生育期内茎粗的变化如表 3 所示,随着玉米生长的进行,玉米茎粗逐渐增大,抽穗期后茎粗相对稳定,变化较小。各处理之间差异表明,在拔节期 D1、D2 和 L1 处理显著低于 CK 处理水平,其中 D1 处理茎粗最小,仅为 CK 茎粗的 75.0%;拔节期后,各处理玉米茎粗均在 2.1~2.3 cm 之间变化,处理间差异均未达到显著水平。说明玉米抽穗前干旱胁迫会抑制茎的生长,抽穗后玉米由营养生长转向生殖生长,一般茎秆营养物质向子粒转移将导致茎粗有减小趋势^[12],在本试

验中可能由于干旱胁迫对作物同化物质积累和储藏极为不利,进而影响营养物质传输与再分配,营养物质转移量小且迟缓,导致处理间茎粗差异不明显。

表 3 各处理玉米茎粗变化 cm

处理	MQ	BJ	CX
CK	2.0a	2.2a	2.3a
D1	1.5b	2.1a	2.1a
D2	1.7b	2.2a	2.2a
D3	2.0a	2.2a	2.2a
D4	2.0a	2.1a	2.2a
L1	1.6b	2.1a	2.1a
L2	1.9a	2.2a	2.2a
L3	1.9a	2.2a	2.2a

2.1.3 叶面积指数

从表 4 中可以看出,各处理 LAI 均随着生育期的进行持续增大,抽穗期前 LAI 增长明显,抽穗期后增长速度下降。玉米单生育期干旱处理各处理苗期 LAI 均较小,处理之间 LAI 差异不显著;随着玉米生长,苗期干旱处理对 LAI 的影响显现,同时,拔节期和抽穗期干旱处理对 LAI 影响明显,D1、D2 和 D3 处理 LAI 显著小于 CK 处理,其中 D1<D2<D3;灌浆期干旱处理(D4)LAI 受抑较小,和 CK 处理差异不显著。连旱对 LAI 的影响表现为苗期不明显,拔节期后经连旱处理的 LAI 均显著小于 CK 处理,且连旱处理 LAI 低于同生育期单生育期干旱处理。这说明灌浆期前,干旱会不同程度地减小玉米 LAI,受旱时间越早,受旱时间越长,LAI 受到抑制越明显;灌浆期后干旱对 LAI 的减小作用减轻。这是由于前期干旱抑制了新生叶片的生长,而后期主要是干旱加重了叶面积的损伤,加速叶面积老化,致使 LAI 衰减^[12-13]。

表 4 各处理玉米 LAI 变化

处理	MQ	BJ	CX	GJ
CK	0.13a	0.59a	4.23a	4.49a
D1	0.10a	0.46b	3.46b	3.63b
D2	0.10a	0.47b	3.58b	3.76b
D3	0.09a	0.58a	3.76b	3.93b
D4	0.13a	0.58a	4.16a	4.29ab
L1	0.10a	0.39c	3.41b	3.61b
L2	0.12a	0.47b	3.62b	3.71b
L3	0.11a	0.53a	3.78b	3.84b

2.2 不同生育期干旱处理对玉米考种的影响

各处理小区考种结果如表 5 所示。干旱对穗长有减小作用,灌浆前穗长受干旱影响较灌浆期后明显,D1、D2、D3 和 D4 处理穗长分别为 CK 处

理的 87.2%、87.2%、88.9%和 95.0% ;连旱对穗长的减小更为严重 ,L1、L2 和 L3 处理穗长分别为 CK 处理的 85.0%、84.5%和 90.6% ;显著性分析表明除 D4 处理和 CK 处理差异不显著外 ,其他干旱处理穗长均显著短于 CK 处理。处理之间穗粗差异则表明干旱处理对穗粗的影响相对较小 ,各处理穗粗均值 5.1~5.6 cm 之间变化 ,差异不显著。

表 5 玉米生育期内各处理产量构成差异

处理	穗长(cm)	穗粗(cm)	穗粒数(粒)	百粒重(g)
CK	18.0a	5.6a	625.9a	32.9a
D1	15.7b	5.3a	460.8b	29.8a
D2	15.7b	5.3a	477.2b	30.5a
D3	16.0b	5.3a	511.8b	31.1a
D4	17.1a	5.4a	547.8ab	32.1a
L1	15.3b	5.1a	448.0b	29.9a
L2	15.2b	5.3a	442.0b	29.2a
L3	16.3b	5.3a	465.9b	32.1a

各处理之间穗粒数的差异和穗长相似 ,干旱降低了穗粒数 ,且干旱出现越早和延续时间越长 ,穗粒数越少 ;D1~D4 处理穗长分别为 CK 处理的 73.6%、76.2%、81.8%和 87.5% ;L1~L3 处理穗长分别为 CK 处理的 71.6%、70.6%和 90.4% ;灌浆期前连旱或单生育期干旱处理穗粒数均显著少于 CK 处理。玉米百粒重受干旱影响较小 ,各处理百粒重在 29.2~32.9 g 之间变化 ,且处理间差异均不显著。

由此可见 ,干旱处理将减小穗的大小 ,减少穗上粒数 ,但对穗粗和粒重的影响较小 ;苗期到抽穗期穗形状和粒数对干旱相对敏感 ,且随着旱情的加重 ,穗的形状和粒数受影响程度增大 ,这与前人试验研究结果相一致^[14-15]。

2.3 不同生育期干旱处理对玉米产量、耗水量和水分利用效率(WUE)的影响

从表 6 中可以看出 ,干旱处理对玉米产量有明显的减产作用。单生育期干旱处理 ,苗期、拔节期和抽穗期干旱减产最为明显 ,分别减产 38.9%、35.2%和 29.2% ,灌浆期干旱处理产量下降相对较少 ;连旱减产较单生育期受旱更为明显 ,L1、L2 和 L3 分别减产 40.4%、42.6%和 31.0% ;方差分析表明除灌浆期干旱处理产量和 CK 处理差异不显著外 ,其他处理产量均显著降低。干旱处理降低了耗水量 ,各处理全生育期耗水量由大到小顺序为 CK>D3>D4>L3>D2>D1>L2>L1 ,连旱大幅减少作物耗水 ,L1 和 L2 处理耗水量分别为 2 488.0 m³·hm⁻² 和 3 084.0 m³·hm⁻² ,仅占 CK 处理的

47.8%和 59.2% ;对于干旱处理条件下全生育期耗水量和产量相关分析 ,结果表明两者显著相关 (p<0.01) ,相关系数达 0.89 ,说明在玉米受旱时 ,水分是产量的决定性因素之一。

表 6 不同干旱处理产量、耗水量和 WUE 差异

处理	产量(kg·hm ⁻²)	耗水量(m ³ ·hm ⁻²)	WUE(kg·m ⁻³)
CK	13482.0a	5208	2.59a
D1	8232.0bc	3280	2.51a
D2	8733.0bc	3792	2.30b
D3	9550.5b	4350	2.20b
D4	10549.5ab	4170	2.53a
L1	8037.0b	2488	3.23c
L2	7744.5c	3084	2.51a
L3	9299.0b	4016	2.32b

WUE 由大到小顺序为 L1>CK>D4>L2 ≈ D1>L3>D2>D3 ,表明连旱处理 WUE 一般高于单生育期干旱处理 ;方差分析表明 L1 处理 WUE 显著高于 CK 处理 ,而 D2、D3 和 L3 处理显著低于 CK 水平。虽然 L1、L2 和 D1 处理 WUE 较高 ,但处理均造成大幅减产 ,为了保障粮食生产 ,应避免 L1、L2 和 D1 受旱情况的发生 ;从提高 WUE 角度来看 ,拔节和抽穗期应避免玉米受旱 ;因此 ,综合考虑粮食生产和 WUE ,当灌溉水资源匮乏时 ,可在灌浆期适度水分控制灌溉。

3 结 论

玉米抗旱性的强弱取决于外界施加的干旱胁迫强度和玉米对水分胁迫的反应强度 ,当胁迫引起有限和可逆应变时 ,随着胁迫消除恢复到原来状态 ,当超出弹性反应限度时 ,将对玉米生长起到某种限制^[12]。试验结果表明 :1. 不同生育期受旱 ,玉米株高、茎粗和 LAI 均会受影响 ,干旱延续时间越长 ,影响越严重 ;灌浆期受旱对玉米营养生长影响相对较小。2. 玉米穗长和穗粒数受旱影响明显 ,穗粗和百粒重受旱影响相对较轻 ;苗期到抽穗期穗形状和粒数对干旱相对敏感 ,且连旱条件下 ,穗的形状和粒数受影响程度增大。3. 干旱处理具有明显的节水效果 ,但玉米产量均有不同程度的下降 ,连旱处理尤为明显 ;拔节和抽穗期干旱 WUE 较小 ,应避免该生育期受旱 ,当灌溉水资源匮乏时 ,可在灌浆期适度水分控制灌溉。

参考文献 :

- [1] 李 松 ,王殿武 ,郭 锐 ,等 . 辽宁省干旱分析与抗旱减灾对策[J] . 广西水利水电 ,2011(1) :54-57 . (下转第 58 页)

表 1 11%精甲霜灵·咯菌腈·嘧菌酯悬浮种衣剂试验结果统计

药剂处理	播种后至出苗 50%时间(d)	出苗率(%)	苗期根数	发病率(%)	防效(%)	产量(kg/hm ²)	增产率(%)
11%精甲霜灵·咯菌腈·嘧菌酯 悬浮种衣剂 100 mL/100 kg 种子	7	75.8	7.6a	5.2 b	73.2	8 042	25.01
11%精甲霜灵·咯菌腈·嘧菌酯 悬浮种衣剂 300 mL/100 kg 种子	7	83.0	7.8a	2.6 b	86.6	8 082	25.63
11%精甲霜灵·咯菌腈·嘧菌酯 悬浮种衣剂 400 mL/100 kg 种子	7	80.0	7.8a	1.0 b	94.8	8 200	27.47
6%戊唑醇悬浮种衣剂 100 mL/100 kg 种子	9	71.7	7.9a	0.6 b	96.9	7 569	17.66
4.23%种菌唑·甲霜灵微乳剂 300 mL/100 kg 种子	7	82.3	7.5a	2.8 b	85.6	7 962	23.77
CK	7	71.7	6.5b	19.4 a	—	6 433	—

3 结果与讨论

11%精甲霜灵·咯菌腈·嘧菌酯悬浮种衣剂防治玉米丝黑穗病用于玉米种子播前包衣,适宜剂量为 300 mL/100 kg 种子;上一年玉米丝黑穗病发病重的地块或玉米种子高感丝黑穗病的品种可提高用量,为 400 mL/100 kg 种子,对玉米丝黑穗病亦有较好的防治效果,包衣时应和种子充分搅拌,使其包衣均匀,拌种包衣后置干燥阴暗处自然干燥成膜,拌种包衣后尽量在 20 d 内播种,以保证药效正常发挥。另外 11%精甲霜灵·咯菌腈·嘧菌酯悬浮种衣剂对玉米苗期病害的综合防治还有待于进一步试验探索。

参考文献:

- [1] 王振华,姜艳喜,王立丰,等.玉米丝黑穗病的研究进展[J].玉米科学,2002,10(4):61-64.
- [2] 邢跃先,檀国庆,李晓辉,等.玉米丝黑穗病侵染率与发病率[J].玉米科学,2007,15(6):111-113.
- [3] 陈亿兵,金焕贵,魏民,等.9%毒死蜱·烯唑醇悬浮种衣剂防治玉米地下害虫和丝黑穗田间药效评价[J].黑龙江农业科学,2010(7):63-64.
- [4] 张海英,刘永刚,郭建国,等.甲霜·种菌唑 4.23%微乳剂对玉米生长安全及防治丝黑穗病效果研究[J].农药科学与管理,2011,32(3):53-55.
- [5] 程根武,刘赢,祁之秋,等.嘧菌酯对几种植物病原真菌的室内活性测定[J].农药,2005,44(4):190-191.
- [6] 时春喜,龙书生,俞征,等.25%嘧菌酯水悬浮剂对作物主要病害的杀菌谱测定[J].农药,2005,44(2):93-94.
- [7] 杨玉柱,焦必宁.新型杀菌剂咯菌腈研究进展[J].现代农药,2007,6(5):35-39.
- [8] 王岩.精甲霜灵的合成研究[D].吉林大学,2008.

(上接第 21 页)

- [2] 辽宁省水利厅.辽宁省水资源[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2006.
- [3] 孙仕军,闫瀛,张旭东,等.东北地区自然降雨条件下种植密度对玉米田间水分的影响[J].玉米科学,2011,19(2):90-94.
- [4] 张淑杰,张玉书,纪瑞鹏,等.东北地区玉米干旱时空特征分析[J].干旱地区农业研究,2011,29(1):231-236.
- [5] 纪瑞鹏,张玉书,冯锐,等.辽宁省农业气候资源变化特征分析[J].资源科学,2007,29(2):74-82.
- [6] 尹光华,刘作新,张自坤,等.辽西半干旱区春玉米有限补灌制度研究[J].农业科技与装备,2007(6):36-38.
- [7] 刘海军,徐宗学.黑龙江西部旱区大豆和玉米的节水灌溉计划研究[J].灌溉排水学报,2011,30(4):29-32.
- [8] 王延宇,王鑫,赵淑梅,等.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.
- [9] 郭元裕.农田水利学[M].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [10] 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.
- [11] 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,2004,24(7):1556-1560.
- [12] 宋凤斌,王晓波.玉米非生物逆境生理生态[M].北京:科学出版社,2005.
- [13] 徐世昌,戴俊英,沈秀瑛,等.水分胁迫对玉米光合性能及产量的影响[J].作物学报,1995,21(3):356-363.
- [14] 宋凤斌,戴俊英.水分胁迫对玉米雌穗的伤害作用[J].吉林农业大学学报,1996,18(4):1-6.
- [15] 安飞虎,张恒嘉,李云,等.绿洲新垦沙地春玉米农田有限灌溉试验研究[J].灌溉排水学报,2009,28(3):110-113.