

文章编号 :1003-8701(2014)01-0016-04

# 控制灌溉在玉米大垄双行膜下 滴灌种植中的应用研究

窦超银,孟维忠

(辽宁省水利水电科学研究院,沈阳 110003)

**摘要:** 为了更为合理地推广应用大垄双行膜下滴灌技术,本文选用玉米浚单 20 和辽单 535 为试验材料,研究了不同灌溉制度对玉米生长、产量和水分利用效率(WUE)的影响。结果表明:不同品种之间,营养生长和产量性状差异显著,但同一玉米品种控制灌溉条件下,株高、叶面积指数(LAI)、地上物质干重/鲜重、穗长、穗粗、穗粒数、百粒重和穗粒重等均得到明显提高,秃尖长减小;控制灌溉具有明显的节水增产效应,浚单 20 和辽单 535 分别增产 11.6%和 8.8%,WUE 分别提高 22.1%和 19.1%,因此,通过控制灌溉技术制定灌溉制度,将有利于大垄双行膜下滴灌技术优势的进一步发挥。

**关键词:** 产量;大垄双行;控制灌溉;膜下滴灌;水分利用效率

中图分类号:S275.5

文献标识码:A

## Application of Controlled Irrigation on Maize Planted in Double Row at One Wide Ridge with Mulch-Drip Irrigation

DOU Chao-yin, MENG Wei-zhong

(Water Conservancy and Hydropower Science Research Institute of Liaoning, Shenyang 110003, China)

**Abstract:** In order to popularize the technology of planting maize in double row at one wide ridge with mulch-drip irrigation, effects of irrigation scheduling on the growth, yield and water use efficiency (WUE) were studied in this paper with 'Jundan 20' and 'Liaodan 535' as the test crops. The results showed that vegetative growth and yield components varied significantly between the two varieties. However, stem length, leaf area indexes (LAI), the fresh weight and dry weight of the matter above ground, ear length, ear coarse, kernels per spike, spike grain weight of the same variety were promoted while the length of barren ear tip decreased by controlled irrigation. Moreover, yield and WUE were both increased by controlled irrigation, yield of 'Jundan 20' and 'Liaodan 535' increased by 11.6% and 8.8% separately while WUE increased by 22.1% and 19.1%. Therefore, the technology of double row at one wide ridge with mulch-drip irrigation would be better used if the technology of controlled irrigation was combined.

**Keywords:** Yield; Double row at one wide ridge; Controlled irrigation; Mulch-drip irrigation; Water use efficiency

玉米大垄双行膜下滴灌技术是将玉米大垄双行种植和膜下滴灌高效节水灌溉技术相结合的种植模式,一方面具有玉米大垄双行种植技术增温、

保墒、灭草,通风透光好、光能利用率高,增产增收的优点<sup>[1-2]</sup>,另一方面具有膜下滴灌增温保温、节水抗旱、提高肥料利用率等特点<sup>[3-4]</sup>,此外,通过改进农业机具,玉米大垄双行膜下滴灌技术集整地、地膜覆盖、铺设田间管路、栽培、施肥注药等为一体,有效地提高了生产效率,因此,随着国家“东北四省区节水增粮行动”和辽宁省“千万亩滴灌灌溉工程”等工程的实施,玉米大垄双行膜下滴灌技术

收稿日期:2013-08-02

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,主要从事节水灌溉原理与技术研究。

在辽西半干旱地区得到了大面积推广应用。但是,由于前期基础研究的匮乏,尚缺乏适合大垄双行膜下滴灌种植模式的灌溉制度,目前多根据生产经验或参考其他地区滴灌灌溉制度灌溉,从而限制了技术优势的发挥。因此,本文针对该技术在辽西地区的应用,将控制灌溉与大垄双行膜下滴灌技术相结合,一方面,为这一地区的合理灌溉提供理论依据,另一方面,为大垄双行膜下滴灌技术的进一步推广应用奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

试验区位于辽宁省建平县八家农场,地处辽宁省西部(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,质地为砂壤土,土壤容重 1.4 g/cm<sup>3</sup>,田间最大持水量 21.0%,土壤 pH 值 7.0。

### 1.2 供试材料与试验设计

试验于 2012 年 5~9 月进行,以大垄双行膜下滴灌技术为中心,包括玉米大垄双行+膜下滴灌+浚单 20(J1),玉米大垄双行+膜下滴灌+浚单 20+控制灌溉(J2),玉米大垄双行+膜下滴灌+辽单 535(L1),玉米大垄双行+膜下滴灌+辽单 535+控制灌溉(L2)4 个处理,每个处理面积 66.7 m<sup>2</sup>,玉米垄距 1.2 m,玉米宽行距 0.8 m,窄行距 0.4 m,株距 0.27 m。控制灌溉以 30 cm 土层土壤含水量为控制依据,苗期、拔节孕穗和抽穗开花期土壤含水量低于田间持水量的 70%,成熟期控制下限为田间持水量的 60%,一次灌水 300 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,非控制灌溉处理根据当地生产经验灌溉,一次灌水 300 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,每个处理设 3 个重复。

### 1.3 田间管理

播种前种子进行晾晒处理,各处理均在春播前翻地,平整土地,施农家肥(鸡粪)1.5 t/hm<sup>2</sup>,5 月 11 日机械播种,采用起垄、覆膜、铺设滴灌带,施肥和注药一体机田间作业,底肥磷酸二铵 225 kg/hm<sup>2</sup>,玉米复合肥 225 kg/hm<sup>2</sup>。5~6 叶期定苗,拔节期中耕除草,喷施农药甲胺磷一次,防治虫害。

### 1.4 测定指标

降雨蒸发量利用试验区附近的小型气象站监测。每 5 d 测一次土壤含水率指导灌溉,生育期交替日、灌水前后及降雨前后加测一次,土壤含水量

利用 TDR 测定,在各小区中部埋设中子仪水分测量导管 2 个,埋深 1.8 m。灌溉水量通过水表观测。在玉米生育期内,分别在玉米苗期、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<sup>[5]</sup>;在抽雄、灌浆和成熟期截取玉米地上部分物质,称鲜重后杀青,在 105℃下杀青 30 min,再于 80℃烘干至恒重,称干重,每次测定均在小区中部随机取 5 株样本,取平均数<sup>[6]</sup>;成熟时各小区随机取样 10 株,收获后室内考种,考查项目:穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、穗粒数和百粒重等主要农艺性状,其余植株收获测产<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 降水和灌溉

图 1 表明玉米苗期日蒸发量较大,一般接近 10 mm/d,进入拔节期后日蒸发量在 6~8 mm/d 之间,成熟期后,日蒸发量进一步减小,一般低于 5 mm/d,全生育期日均蒸发量约 4.4 mm/d。玉米生育期内共降雨 39 次,降雨量达到 389.4 mm,其中有效降雨 17 次,累积降雨量 339.2mm,最大降雨量发生在 7 月 22 日,降雨量达到 107.2mm,其次发生在 6 月 14 日,降雨 59.2mm。J1 和 L1 处理分别在 5 月 10 日(播前)、5 月 12 日(播后)和 6 月 27 日(拔节期)各灌水一次,累积灌水 90mm,J2 处理分别在 5 月 10 日(播前)和 7 月 6 日各灌水一次,累积灌水 60 mm,L2 处理分别在 5 月 10 日(播前)和 7 月 8 日各灌水一次,累积灌水 60 mm。

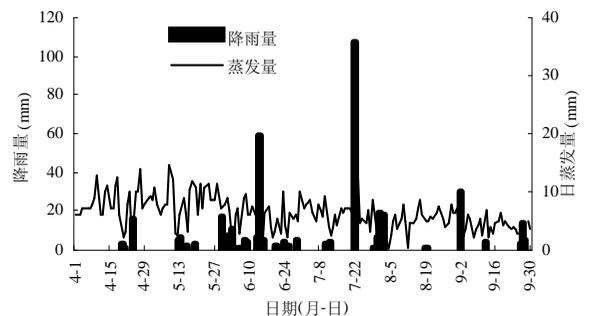


图 1 玉米生育期内降雨量和蒸发量

### 2.2 不同生育期灌溉处理对玉米生长的影响

#### 2.2.1 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,灌浆期后,株高相对稳定(图 2)。不同处理之间,苗期株高差异不明显,

拔节期后,控制灌溉处理株高高于普通灌溉,抽雄期 J2 和 L2 处理株高分别高出 J1 和 L1 处理 13.8%和 19.2%,灌浆期和成熟期高出 8.0%~9.0%,但方差分析结果表明浚单 20 和辽单 535 两个品种控制灌溉引起的株高差异均未达到显著水平。玉米苗期根系大量生长发育,地上部分生长缓慢,是苗期株高相近的主要原因<sup>[8]</sup>;随着玉米生长,控制灌溉条件下土壤保持着适宜玉米生长的水分条件和通气性,而 J1 和 L1 处理以当地群众经验为基础,分别在播种后和拔节期开始时灌溉“保苗水”和“拔节水”,受播前春灌和降雨影响,苗期和拔节初期土壤含水量较高,拔节后期土壤供水不足,一定程度抑制了玉米株高生长。

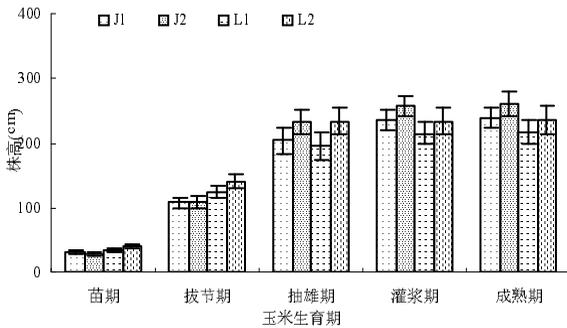


图 2 灌溉处理对玉米株高的影响

### 2.2.2 茎粗

玉米生育期内茎粗的变化如图 3 所示,拔节~抽雄期,随着玉米生长的进行,玉米茎粗逐渐增大,抽雄期后,茎粗相对稳定。控制灌溉有利于茎粗生长,但差异不明显,J2 和 L2 处理茎粗平均分别仅高出 J1 和 L1 处理 0.2 cm 和 0.1 cm;相同灌溉处理条件下,J1 和 J2 处理茎粗平均高出 L1 和 L2 处理近 29%,且各生育期差异均达到显著水平,说明茎粗主要由玉米品种自身特性决定<sup>[9]</sup>,大垄双行膜下滴灌种植条件下,品种引起的差异明显大于控制灌溉处理。

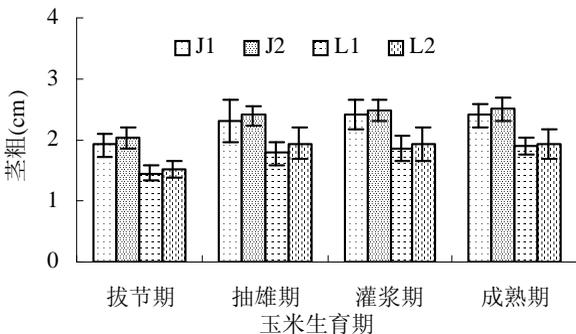


图 3 灌溉处理对玉米茎粗的影响

### 2.2.3 叶面积指数(LAI)

从图 4 可以看出,各处理 LAI 均随着生育期的进行先增大后减小,抽雄期前 LAI 增长明显,抽雄期~灌浆期增长平缓,灌浆期后 LAI 下降。在玉米苗期,不同灌溉处理 LAI 值都较小,处理间差异不显著,拔节后,随着玉米的生长发育和控制灌溉的实施,处理间差异逐渐显现,拔节期、抽雄期、灌浆期和成熟期 J2 处理 LAI 较 J1 处理分别提高 6.6%、10.9%、5.7%和 8.7%,L2 较 L1 处理分别提高 26.5%、10.1%、9.6%和 12.1%,除 L2 与 L1 处理拔节期差异达到显著水平外,同一玉米品种不同灌溉处理 LAI 在生育期内差异均不显著;而相同灌溉条件下,辽单 535 LAI 在拔节期显著高于浚单 20 品种,抽雄期~成熟期后,方差分析结果相反。这表明在本试验条件下,品种遗传特性对玉米 LAI 的影响要比灌溉差异造成的影响更为显著;但是,控灌条件下土壤保持非饱和状态,有效地改善了土壤水肥气热环境,为玉米叶片生长打下了良好基础,因此 LAI 得到提高。

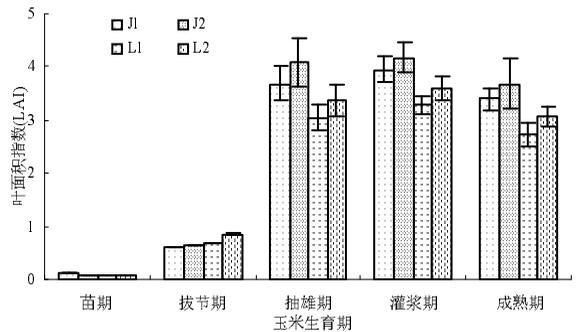


图 4 灌溉处理对玉米 LAI 的影响

### 2.2.4 地上物质累积

不同处理单株地上部分物质累积量变化如图 5 所示,抽雄期到灌浆期鲜重和干重随着生育期的进行而增大,灌浆期后干物质仍随着生育期的进行而增大,但地上物质鲜重减少,这是由于玉米植株自身的衰老和外界条件的影响,生长减慢,植株水分逐渐减少。抽雄期、灌浆期和成熟期 J2 处理鲜重较 J1 处理分别提高 6.7%、6.4%和 13.9%,L2 较 L1 处理分别提高 7.7%、9.5%和 4.6%;干物质积累分别提高 18.2%、3.7%和 5.9%,L2 较 L1 处理分别提高 6.9%、4.2%和 7.7%;方差分析表明同一玉米品种不同灌溉处理之间差异一般均未达到显著水平,而品种之间的差异除 L2 和 J1 处理地上物质干重在抽雄期和灌浆期差异不显著外,其他均达到显著水平,即控制灌溉处理有利于地

上物质累积,但在本试验条件下,品种是引起地上物质累积差异的主要原因。

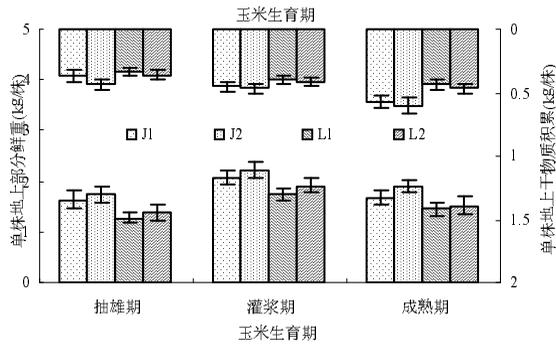


图5 灌溉处理对地上物质累积的影响

## 2.3 产量及水分利用效率(WUE)

### 2.3.1 产量及产量构成

各处理考种结果如表1所示。不同处理穗长和穗粗分别在19.0~20.4 cm和52.3~55.9 mm之间变化,且各处理穗长穗粗均无显著差异。J1和J2处理秃尖长均小于0.2 cm, L1和L2处理秃尖长相对较长,在1.1~1.5 cm之间,相同品种不同灌溉处理秃尖长差异不显著,即品种是引起秃尖长差异的主要原因。不同处理穗行数、穗行粒数和穗粒数差异表明,浚单20品种显著高于辽单535品种,同一品种控制灌溉处理与普通灌溉处理之间差异不显著,即品种仍是引起差异的主要因素。百粒重测定结果表明浚单20品种百粒重在41.3~42.8 g之间,辽单535百粒重在43.9~

44.7 g之间,不同灌溉处理和品种之间差异均不显著。穗粒重受穗粒数和百粒重交互影响, J2处理穗粒重298.7g,显著大于其他处理, J1、L1和L2处理穗粒重在233.9~268.0g之间变化,差异不显著, J2>J1, L2>L1,说明控制灌溉有利于提高穗粒重。不同处理产量差异和单株穗粒重差异相似, J2处理产量达到14.2 t/hm<sup>2</sup>,显著高于其他处理, J2和L2处理产量分别高出J1和L1处理11.6%和8.8%,即控制灌溉有明显的增产效应,增产幅度与玉米品种有关,本试验中,控制灌溉对浚单20的增产效果较辽单535更为明显。刘伟等研究表明,玉米产量与地上物质积累量密切相关,在一定范围内地上物质累积越多,子粒产量也就越高<sup>[10]</sup>,本试验结果与前人一致。

### 2.3.2 水分利用效率(WUE)

从表1中可以看出,同一玉米品种控制灌溉条件下WUE较高, J2和L2处理WUE分别高出J1和L1处理22.1%和19.1%,且差异达到显著水平,即控灌可提高WUE近1/5;相同灌溉条件下,品种之间WUE差异较小,由此可见,灌溉是影响WUE的主要因素。这是因为在控制灌溉条件下,根据作物生长期和土壤水分状况给予适时、适量的灌溉水,来控制作物不同生长期的根层土壤含水量范围和根系对水分的吸收,培植农作物的“丰产群体结构”和与之相适应的“高产理想株型”,适当降低无效的蒸腾量,从而提高了水分利用效率<sup>[11]</sup>。

表1 种植密度对玉米产量性状和产量的影响

处理	穗长(cm)	穗粗(mm)	秃尖长(cm)	穗行数	穗行粒数	穗粒数	百粒重(g)	穗粒重(g)	产量(t/hm <sup>2</sup> )	水分利用效率(WUE)(kg/m <sup>3</sup> )
J1	19.0a	53.4a	0.2a	16.4a	40a	649a	41.3a	268.0a	12.9a	1.8a
J2	19.3a	55.9a	0.1a	17.2a	41a	698a	42.8a	298.7b	14.4b	2.3b
L1	19.2a	52.3a	1.5b	14.8b	36b	533b	43.9a	233.9a	11.3a	1.6a
L2	20.4a	52.5a	1.1b	13.8b	34b	571b	44.7a	255.2a	12.3a	1.9a

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)。

## 3 结论

本文通过试验研究大垄双行膜下滴灌种植条件下不同灌溉方式对不同品种玉米生长、产量和水分利用效率等的影响,可以得到以下结论。

(1)控制灌溉有利于玉米营养生长。株高、LAI和地上物质干重鲜重均得到提高;但与灌溉处理相比,品种对玉米营养生长的影响更为明显,当灌溉制度相同时,茎粗、LAI和地上物质鲜重差异均达到显著水平。

(2)控制灌溉有利于产量形成。浚单20和辽单535控制灌溉条件下穗长和穗粗均有一定增加,秃尖长减短,穗粒数、百粒重和穗粒重增加。

(3)控制灌溉有明显的节水增产效应,增长幅度与玉米品种有关。浚单20玉米增产11.6%,WUE提高22.1%;辽单535玉米产量和WUE分别提高8.8%和19.1%,即控制灌溉增产约1/10,提高WUE约1/5。因此,在大垄双行膜下滴灌技术模式推广应用过程中,结合控制灌溉合理制定灌溉制度将更好地发挥节水增产优势。

(下转第24页)

大于3%时减小)。可以看出,当肥量为3%时的秧苗根茎最健康,素质最优,因此,可以确定基质最佳肥料使用量为3%,即处理C。

### 2.2.3 小结

通过无机营养配比试验研究表明,无机养分按N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=6:2:2进行配比,并以其总量占基质质量3%的用量施入,秧苗根系最发达、根茎粗壮、抗性最强,秧苗素质最高。

## 3 结论

多功能水稻无土育苗营养基质配方:基质主体原料配比(50%稻壳+10%牛粪+20%褐煤粉+20%膨润土);无机养分配比为N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=6:2:2;无机养分用量为占基质主体原料总质量的3%。

该营养基质营养齐全、无杂草、安全、使用方便、节约劳动力;与土壤隔离,避免盐碱及土壤病菌的危害,变相降低了秧苗的发病率,提高了抗性,达到了提高秧苗素质的目的,为工厂化育苗创造了条件,有利于实现标准化生产,同时,保护了耕地表层土壤,保护了生态环境。

### 参考文献:

- [1] 王晶英,吴旭红,赵萍,等.水稻代用基质育苗简介[J].黑龙江农业科学,1996(6):31-33.
- [2] 韩丽伟,孙严艳.水稻新基质-粉碎稻壳旱育苗技术[J].垦

殖与稻作,2006(2):29-30.

- [3] 周青,陈新红,丁静,等.不同基质育秧对水稻秧苗素质的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2007,25(1):76-79,85.
- [4] 刘华招.水稻机插中苗育秧基质的研究[J].现代化农业,2009(3):1-3.
- [5] 张忠臣,高红秀,刘海英,等.两种育苗技术对秧苗素质及产量和品质的影响[J].黑龙江农业科学,2010(7):13-16.
- [6] 星川.水稻小苗生理和育秧技术(第4版)[M].[日]农山鱼村,1972.
- [7] 稻作全书.栽培技术基本(第2版)[M].[日]农山鱼村,1984.
- [8] 黄幼强.水稻稻壳露地底膜育秧技术[J].上海农业科技学报,1991(4):12-14.
- [9] 汪兴汉.岩棉培(RF培)技术[J].江苏农业科学,1990(1):51-53.
- [10] 白玉莲,刘志.水稻无土育苗[J].内蒙古农业科技,1992(2):8-9.
- [11] 王春华,闫德强.水稻新基质稻壳育苗技术[J].内蒙古农业科技,2004(S2):185-186.
- [12] 孙华林,赵冬华,张军年,等.机插水稻育秧基质试验效果及推广前景分析[J].中国农机化,2008(2):78-79.
- [13] 王飞.北方水稻生产新飞跃—无土育苗[J].湖南农业,2009(2):27.
- [14] 邹洪图.水稻新基质(稻壳)发酵旱育秧技术探讨[J].中国农村小康科技,2009(7):34.
- [15] 徐全辉,高仰,赵强,等.活性腐殖酸有机肥对水稻产量·养分吸收的影响[J].安徽农业科学,2010(8):3951-3952.
- [16] 王旭辉,郭春雨,宋利军.水稻不同施肥量级对产量及品质的影响[J].现代化农业,2012(2):21-22.

(上接第19页)

### 参考文献:

- [1] 武志海,王晓慧,陈展宇,等.玉米大垄双行种植群体冠层结构及其微环境特性的研究[J].吉林农业大学学报,2005,27(4):355-359.
- [2] 昌春晖.玉米大垄双行覆膜高产栽培技术[J].现代农业科技,2009(6):162-164.
- [3] 赵炳南,朱凤文,杨威.吉林省西部半干旱区玉米节水高产高效研究[J].中国农业资源与区划,2011,32(1):69-72.
- [4] 吕国梁,魏永华,魏永霞.坡耕地玉米滴灌节水技术集成模式研究[J].中国农村水利水电,2011(3):29-32.
- [5] 胡小平,薛永祥.玉米单株叶面积的快速测定[J].玉米科学,1993,1(3):77-78.

- [6] 刘伟,张吉旺,吕鹏,等.种植密度对高产夏玉米登海661产量及干物质积累与分配的影响[J].作物学报,2011,37(7):1301-1307.
- [7] 李宁,翟志席,李建民,等.密度对不同株型的玉米农艺、根系性状及产量的影响[J].玉米科学,2008,16(5):98-102.
- [8] 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.
- [9] 王霞,王振华,金益,等.种植密度对青贮玉米生物产量及部分农艺性状的影响[J].玉米科学,2005,13(2):94-96.
- [10] 刘伟,吕鹏,苏凯,等.种植密度对夏玉米产量和源库特性的影响[J].应用生态学报,2010,21(7):1737-1743.
- [11] 徐建,何昆,郭锦华,等.小麦、玉米控制灌溉技术研究[J].水利水电科技进展,2002,22(6):17-19.