

## 灌区夏玉米灌溉制度拟定试验研究

黄梦琪 (杨凌职业技术学院水利工程学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 以不同灌水量为基础研究夏玉米耗水规律, 结果显示夏玉米苗期生长缓慢, 土壤含水量对夏玉米生长影响明显; 开花期后对水分需求不如前期迫切; 播种至拔节 27 d 内耗水量占总量的 16.18%~20.66%, 拔节至开花期 36 d 耗水量占总量的 40%~52%, 开花至蜡熟 23 d 的耗水量占总量的 19%~29%, 蜡熟至收获 23 d 内耗水量占总量的 12.18%~14.48%; 灌区种植夏玉米需要灌溉 2~3 次, 灌水定额以 520~670 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 为宜, 灌溉时期应为夏玉米抽穗期和乳熟期。

**关键词** 夏玉米; 土壤含水量; 产量; 灌溉制度

中图分类号 S513 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)20-056-03

## Experimental Research of Irrigation System of Summer Corn in Irrigation Area

HUANG Meng-qi (Department of Hydraulic Engineering, Yangling Vocational &amp; Technical College, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** Based on different irrigation amount, the water consumption law of summer corn was studied. The results showed that summer corn grew slowly, soil's water content influence corn obviously; after flowering, water demand is not as much as early days; from sowing to jointing the 27 days, the percent of using water is 16.18% - 20.66%, from jointing to flowering the 36 days, the percent of using water is 40% - 52%, from flowering to dough the 23 days, the percent of using water is 19% - 29%, from dough to harvest, water consumption accounts for 12.18% - 14.48% within 23 days; summer corn needs irrigated 2 - 3 times, irrigation quota is 520 - 670 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, irrigation period is heading stage and milk stage of summer corn.

**Key words** Summer corn; Soil moisture; Yield; Irrigation system

干旱缺水是我国干旱和半干旱地区面临的主要问题,也是影响该区农业持续稳定发展的主要制约因素。传统灌水方式依然存在着灌溉水利用率低、浪费严重等问题<sup>[1]</sup>。陕西关中地区常年降水量 500 mm 左右, 分布极不均匀, 6~9 月一般 350 mm 左右, 占年雨量 50% 以上, 年度间差异亦大, 此地农作物常受干旱威胁, 灌溉是获得丰收的重要保证。夏玉米是陕西关中地区主要粮食作物之一, 研究夏玉米不同时期水分条件与产量之间关系, 获得灌溉指标, 这对合理利用水资源, 提高经济效益是十分必要的, 并为实施优化灌溉提供科学依据<sup>[2]</sup>。该研究通过分析夏玉米各生长阶段对水分的要求, 及水分对产量的影响, 制定合理灌溉制度, 以期为关中灌区提高用水效率以及扩大灌溉面积提供参考。

## 1 试验区及试验方法

**1.1 试验区概况** 试验地设在陕西关中某灌区, 位于该灌区第一渠灌区内, 土壤质地为粉砂粘壤土。耕作层 20 cm 以上土壤有机质含量为 1.90%, 极限持水量为土壤干重量的 27.15%, 容重比 1.32, 孔隙率 47.8%。耕作层 20~100 cm 间土壤有机质含量为 1.02%, 极限持水量为土壤干重量的 23.18%, 容重比 1.43, 孔隙率 44.6%。地下水埋深 15 m。

**1.2 试验方法** 试验共设 3 个处理: 处理①计划土壤层含水量占孔隙率的 40%~60%; 处理②计划土壤层含水量占孔隙率的 60%~80%; 处理③全生育期接受自然降雨, 灌水 1 次。每处理重复 4 次。

试验采用田间坑栽法, 每试验小区长 4.0 m, 宽 3.5 m, 面积 14 m<sup>2</sup>。试验区地下四周用土工膜隔开, 以防止水分平行渗入。为防止降雨干扰, 处理①、②上空设置活动遮雨棚。供试制种玉米于 2014 年 6 月 3 日种植, 播前灌溉 1 次, 生育

期施追肥 2 次。夏玉米行距 60 cm, 株距 40 cm, 生长期定期测定土壤含水量, 计划湿润层含水率降至计划范围下限 5% 左右时进行灌溉, 使土壤湿度保持在计划范围以内。处理①、②除苗期接受降雨以外, 生长期共灌水 9 次, 分别为拔节期灌水 1 次; 拔节期-盛花期灌水 4 次; 盛花期-收获期灌水 4 次, 总灌水量分别为 900、1 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。处理③在自然状态下接受全部降雨, 于 7 月中旬(拔节期-盛花期)灌水 1 次, 灌水定额为 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

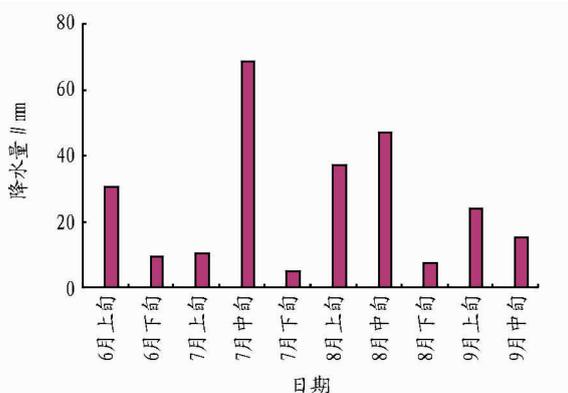


图1 夏玉米全生育期降水量分布

## 2 结果与分析

试验中各处理因为土壤湿度不同, 夏玉米生长期的耗水量相差颇大。处理①控制土壤含水量占孔隙率的 40%~60%, 全生长期灌水量为 900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。处理②控制土壤含水量占孔隙率 60%~80%, 灌水量 1 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。处理③承受天然降水外, 灌水 1 次, 给水量 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 耗水量为 550 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(表 1)。从给水与耗水量关系来看, 给水越多, 耗水越多。

3 个处理中, 虽然土壤肥力与耕作措施相同, 但产量相差很大。土壤含水率保持在孔隙率的 40%~60% 时, 由于水

分不足, 秸秆产量较低, 为  $6\ 700.27\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ; 土壤含水量保持在孔隙率的  $60\% \sim 80\%$  时, 秸秆产量最高为  $7\ 048.03\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ; 处理③不论给水与耗水均少于处理①、②, 而子实产量最高为  $6\ 694.79\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 然而玉米产量的高低并非完全取决于给水多少, 而是根据玉米生长情况, 适时适量灌溉, 在节约用水与保证高额产量方面, 均有重要作用。

表 1 夏玉米生长期总灌水量、总耗水量与收获量的关系

处理	总给水量 $\text{m}^3/\text{hm}^2$	总耗水量 $\text{m}^3/\text{hm}^2$	子实 $\text{kg}/\text{hm}^2$	秸秆 $\text{kg}/\text{hm}^2$
①	900	808	4 645.13	6 700.27
②	1 200	1 125	4 915.29	7 048.03
③	600	550	6 694.79	8 210.19

**2.1 土壤含水量与玉米生长发育的关系** 水分对作物的重要性, 视其能否按生长需要供给而定。玉米种子发芽, 需要吸取本身绝对干重的  $48\% \sim 50\%$  水分才能膨胀发芽。土壤中的水分既要满足种子发芽出苗, 还要保证达到壮苗要求<sup>[3]</sup>, 因此研究土壤水分变化情况与夏玉米生长的关系有特殊重要意义。从夏玉米生长期土壤水分变化分析, 3 种处理的苗期土壤含水量都占孔隙率的  $56\%$  以上, 其间少有差别。抽穗前后处理①最低含水量降至孔隙率的  $49\%$ , 处理②为  $56\%$ , 处理③为  $51\%$ ; 开花期以后, 处理①、②土壤含水量保持在孔隙率的  $51\%$  以上, 处理③则略低于孔隙率的  $60\%$ 。整个时期的变化如图 2 所示。

夏玉米苗期生长缓慢, 6 月下旬后生长逐渐加速, 土壤湿度增减对夏玉米生长影响尤为明显。7 月上旬处理③含水率

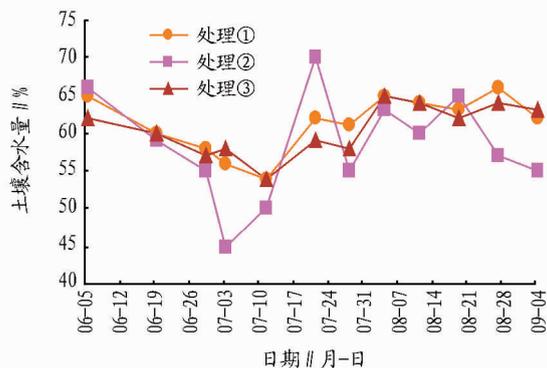


图 2 夏玉米生长期土壤含水量变化

降至孔隙率的  $48\%$  时, 生长即受抑制, 该处理 7 月中旬土壤湿度较大, 生长快。但 7 月中旬以前夏玉米耐旱性较强, 后期水分供应适时, 仍能得到很好的发育。7 月中旬以后, 夏玉米发育旺盛, 而自圆锥花出现至开花期为明显, 此期内水分供给特别重要。处理③在 7 月中旬降雨和灌溉共达  $162.7\ \text{mm}$ , 土壤水分充足, 生长曲线上升快, 生育期提早  $1 \sim 2\ \text{d}$ 。处理②在整个生长期都保持较高的土壤湿度, 但发育不好, 产量不高, 尤其从生长曲线来看, 7 月中旬受到抑制, 分析其原因, 是由于玻璃棚架被风吹坏, 7 月上、中旬以帆布棚防雨, 造成试验区内通风透光不良所致。

夏玉米开花期以后, 一般生长逐渐停滞, 集中为子房积累营养物质, 果穗增长, 穗茎增大, 对水分需求不如前期迫切, 但适时适量的灌溉可促进子粒饱满, 千粒重增大 (表 2、3)。

表 2 夏玉米生育期及植株发育情况

处理	生育阶段//月-日				植株发育//cm		
	抽穗	始花	盛花	乳熟	株高	横径	纵径
①	07-25	07-28	07-30	08-10	210.00	2.16	2.50
②	07-25	07-28	07-30	08-08	226.66	2.19	2.54
③	07-24	07-27	07-29	08-07	249.16	2.35	2.59

表 3 室内考种结果

处理	穗长 cm	穗径 cm	排粒 个	心径 cm	心重 kg	千粒重 kg
①	15.89	4.25	28.04	2.63	0.018	0.264
②	16.36	4.27	28.70	2.61	0.019	0.265
③	19.54	4.41	34.24	2.78	0.029	0.296

从以上分析来看, 土壤水分情况与夏玉米生长发育有密切关系。孕穗至开花期夏玉米发育最为强烈, 在充足水分供给下, 有利于花蕊的发育与授粉的进行。此期土壤含水量不应低于孔隙率的  $60\%$ 。夏玉米苗期土壤含水量可稍低, 但不能低于孔隙率的  $50\%$ 。

**2.2 夏玉米生育期各阶段耗水量** 试验中耗水量是以叶面蒸腾与棵间蒸发的总和来计算的。耗水量随着植株生长速度的增加而增加。各阶段耗水量比例虽然由于土壤水分多少而不同, 但大体趋势是一致的。从播种至拔节前  $27\ \text{d}$  内需水较少, 耗水量占总量的  $16.18\% \sim 20.66\%$ ,  $24\ \text{h}$  耗水强度

平均为  $17.63\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ; 拔节至开花期  $36\ \text{d}$  的水分消耗最多, 耗水量占总量的  $40\% \sim 52\%$ ,  $24\ \text{h}$  耗水强度平均为  $60.16\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ; 开花期以后逐渐减少, 开花至蜡熟  $23\ \text{d}$  的耗水量占总量的  $19\% \sim 29\%$ ,  $24\ \text{h}$  耗水强度平均为  $51.72\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ; 蜡熟至收获  $23\ \text{d}$  内耗水量占总量的  $12.18\% \sim 14.48\%$ ,  $24\ \text{h}$  耗水强度平均为  $27.79\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  (表 4)。

灌区夏玉米生育期耗水规律为: 苗期夏玉米根系生长较快, 地上部分生长较缓, 比较耐旱; 拔节至抽穗期植株的新陈代谢活动旺盛, 茎秆拔节伸长和植株体积增加都很快, 雌雄穗不断分化形成, 为生长发育最旺盛的时期, 对外界生态条件的反应也很敏感, 需要大量的水分和养分<sup>[4]</sup>。此阶段如果缺水缺肥, 会引起营养体生长不良, 植株体型短小, 严重影响结实器官的生长发育<sup>[5]</sup>; 抽穗至灌浆期对土壤水分十分敏感, 为需水关键期, 新陈代谢最为旺盛, 且正值高温季节, 日耗水量大; 灌浆成熟期分为乳熟期和蜡熟期, 是颗粒形成和决定粒重的重要阶段<sup>[6]</sup>; 乳熟期植株蒸腾作用仍较强烈, 同

化作用旺盛,适宜的水分条件,能延长和增强绿叶的光合作用,促进灌浆饱满;夏玉米进入蜡熟期后,对水分的要求显著

减少,但土壤水分过低,会造成果穗早枯和下垂,影响颗粒饱满<sup>[7]</sup>。

表4 夏玉米发育期阶段耗水量及平均耗水强度

处理	发育阶段	时间//月-日	天数//d	耗水量	占总耗水	24 h 耗水强度
				m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	量比例//%	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
①	播种-拔节	06-03~06-29	27	167	20.66	15.59
	拔节-盛花	06-29~08-04	36	324	40.09	42.57
	盛花-蜡熟	08-04~08-27	23	219	27.10	38.08
	蜡熟-收获	08-27~09-19	23	99	12.25	15.89
②	播种-拔节	06-03~06-29	27	208	18.48	15.89
	拔节-盛花	06-29~08-04	36	468	41.60	76.61
	盛花-蜡熟	08-04~08-27	23	331	29.42	70.91
	蜡熟-收获	08-27~09-19	23	118	14.48	57.42
③	播种-拔节	06-03~06-29	27	89	16.18	21.43
	拔节-盛花	06-29~08-04	36	287	52.18	61.31
	盛花-蜡熟	08-04~09-27	23	107	19.45	46.17
	蜡熟-收获	09-27~09-19	23	67	12.18	10.07

**2.3 夏玉米耗水量与产量关系** 保证作物的高额产量是合理灌溉的基本要求,同时用水量应力求节约,是生产每一单位干物质消耗最少的水分。从3种不同处理玉米子粒实产量与耗水量来看,处理③产量6 694.79 kg/hm<sup>2</sup>,耗水550 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,是3种处理中用水最节约的,绝对产量又最高;处理②子实耗水达1 125 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,较处理③高出1倍;处理①耗水虽然较少但产量也最低,处理③的给水量虽不能认为绝对合理,但在3种处理中较为合适。

作物生长期的需水量包括叶面蒸腾和地面蒸发两部分,在降雨情况下表土结构未受破坏,地面蒸发亦少,人工灌溉由于大量水分聚集,引起土壤表面板结,灌溉次数越多,板结越严重地面蒸发越大,处理②耗水特别多的原因也在于此。特别在生长末期,夏玉米需水减少,土壤中大量水分的存在加大了地面蒸发,8月4日至收获前处理②较处理③耗水量大1倍左右,但对夏玉米产量并未起有利作用,水分浪费是显然的。

### 3 结论

土壤含水量与夏玉米生长发育有密切关系,夏玉米苗期生长缓慢,土壤含水量对夏玉米生长影响明显;夏玉米开花期以后,主要是营养物质的形成,对水分需求不如前期迫切;夏玉米生育期耗水规律为:从播种至拔节前27 d内耗水量较少,拔节至开花期36 d的水分消耗最多,开花期以后逐渐减少,蜡熟至收获23 d内耗水量趋于稳定。

灌溉农业综合技术研究中,最重要的任务之一就是确定合理的灌溉制度。根据试验所得的夏玉米生育期间对水分需求的规律和当地常年雨量分布特点,灌区夏玉米全生育需

要灌溉2~3次,为使计划层土壤含水量保持占孔隙率的50%~65%,每次灌水定额以520~670 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>为宜,超过这个定额将形成浪费。灌溉时期应为夏玉米抽穗期和乳熟期。根据夏玉米耗水规律推求夏玉米生长期土壤水分变化,拟定灌溉制度为表5所示。

表5 夏玉米参考灌溉制度

类别	灌水	灌水时间	生育	灌水定额	灌水总量
	次序	月-日	阶段	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
灌水1次	1	07-10~07-18	开花期	600	600
灌水2次	1	07-20~07-30	抽穗期	670	1270
	2	08-08~08-15	乳熟期	600	
灌水3次	1	07-10~07-20	孕穗期	520	1640
	2	07-27~08-08	抽穗期	600	
	3	08-25~09-05	乳熟期	520	

### 参考文献

- [1] 张英普,何武全. 玉米不同生育期水分胁迫指标[J]. 灌溉排水,2001,20(4):18-20.
- [2] 胡铁民,王增丽,董平国. 西北旱区制种玉米不同灌溉制度对土壤水分及产量的影响[J]. 节水灌溉,2014(1):27-31.
- [3] 张立勤,马忠明,王智琦,等. 不同栽培模式下制种玉米的产量及水分生产效应[J]. 节水灌溉,2012(12):43-45.
- [4] 仲爽. 黑龙江省西部半干旱区玉米水氮耦合效应试验研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2009.
- [5] 王群,张和喜. 沙土底墒与灌水量对玉米苗期生长发育的影响[J]. 贵州农业科学,2008,36(3):32-34.
- [6] 杨静敬,蔡焕杰,王松鹤,等. 杨陵区浅层土壤水分与深层土壤水分的关系研究[J]. 干旱地区农业研究,2010(3):53-57.
- [7] 董平国,王增丽,温广贵,等. 不同灌溉制度对制种玉米产量和阶段耗水量的影响[J]. 排灌机械工程学报,2014,32(9):822-828.