

文章编号:1003-8701(2009)06-0016-04

吉林省西部半干旱区玉米需水规律及生长发育动态探讨

刘春光,高洪军,李强,赵化春,尚东辉,朱平*

(吉林省农业科学院,长春 130033)

摘要:探讨了吉林省西部半干旱气候区不同喷灌条件下的春玉米需水规律,各生育期耗水强度;不同喷灌条件下的株高、叶面积、叶面积发展动态、光合势、光合强度等指标。为在半干旱地区实施玉米高产的节水灌溉技术提供了科学依据。

关键词:半干旱;玉米;需水规律;生长动态

中图分类号: S513.071

文献标识码: A

The Regularities of Water Requirement and Growing Dynamics of Maize in Semiarid region of Western Jilin Province

LIU Chun-guang, GAO Hong-jun, LI Qiang, ZHAO Hua-chun, SHANG Dong-hui, ZHU Ping*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences Jilin, Changchun 130033, China)

Abstract: Under the different irrigation, the paper summarized the regularity of required water on spring corn in the west semiarid region of in Jilin province, and studied the intensity of consumed water, LAI, photosynthetic potential, photosynthetic intensity etc., in order to provide the scientific basis in the way of irrigation technology for high-yield corn.

Keywords: Semiard; corn; regularities of require water; growing dynamic

在干旱地区要保证玉米稳产高产,其水分是关键因素。为此,在年降雨量 350~400 mm 地区开展了玉米灌溉试验。探讨了不同喷灌条件下对玉米生长发育、产量构成因素及产量的影响;初步明确了半干旱气候区保证玉米高产的各项灌溉指标,为玉米高产稳产灌溉提供了科学依据。

1 试验基本情况

试验设在吉林省通榆县兴隆山镇,土壤为淡黑钙土,土壤有机质含量 17.5 g/kg,全 N 含量 0.12 g/kg,土壤容重 1.37 g/cm³,田间持水量 30.4%。试验品种为吉单 180,种植密度 4.5 万株/hm²。4 月下旬播种,9 月下旬收获。

收稿日期:2009-10-23

作者简介:刘春光(1974-),女,研究实习员,主要从事土壤微生物及作物栽培研究。

通讯作者:朱平,男,研究员, E-mail: zhuping1962@sohu.com

2 试验处理

试验设 4 个处理:①对照(不喷灌);②喷灌 7 次(5 叶期、拔节期、孕穗期、抽雄、吐丝、灌浆和成熟期进行喷灌);③喷灌 5 次(5 叶期、拔节期、抽雄期、灌浆期和乳熟期进行喷灌);④喷灌 3 次(拔节期、抽雄期和乳熟期进行喷灌)。小区面积 480 m² (50 m×0.6 m×16 行),3 次重复,随机排列。

3 结果及分析

3.1 不同喷灌条件下玉米产量与耗水量关系

表 1 不同喷灌水平的耗水量与产量

喷灌次数	全生育期喷水量 (mm)	全生育期耗水量 (mm)	产量(kg/hm ²)
喷灌 7 次	190	550.5	10 822.5
喷灌 5 次	150	434.0	9 847.5
喷灌 3 次	85	369.0	7 680.0
不喷灌	-	312.0	6 705.0

试验表明,在风沙干旱条件下,玉米全生育期

需水量为 500~550 mm 左右。从表 1 可见 ,随喷灌水量的增加玉米的耗水量增多 ,产量随之提高。而当耗水量进一步增加 ,产量增长变缓 ,呈 $Y=Q/a+bQ$ 的曲线关系。

玉米各生长发育阶段对水分的需要量及敏感程度不同。这是由其生理特性及外界环境条件变化而决定的。试验表明(表 2) ,在补水条件下 ,玉米各生育阶段耗水量占总耗水量的比例为 :播种—出苗占 4.6% ;出苗—拔节占 21.1% ;拔节—抽雄占 32.5% ;抽雄—吐丝 7.8% ;吐丝—乳熟 21.2% ;乳熟—蜡熟 7.2% ;蜡熟—完熟占 5.6%。因各生育阶段经历的天数不同 ,呈现出耗水强度不同。抽雄至吐丝期是耗水高峰期 ,达到 7.1 mm/d ;其次为拔节至抽雄期为 5.2 mm/d ;播种至出苗期最少 ,为 1.7 mm/d。玉米苗期植株矮小 ,叶面积小 ,蒸腾量小 ,主要是株间蒸发耗水 ,因此需水较少。玉米进入拔节期后生长旺盛 ,叶面积系数迅速上升 ,需

水量逐渐增多。吉单 180 品种一般在出苗后 35~38 d 开始拔节。此期不仅营养生长旺盛 ,而且雌雄穗开始分化 ,开始向生殖生长转化 ,水分供应充足可促使植株高大健壮 ,叶面积大 ,雌雄穗发育良好 ,为后期产量的形成奠定良好的基础。玉米抽雄至吐丝期正值营养生长和生殖生长都十分旺盛的时期。此时 ,外界气温高 ,叶面蒸腾株间蒸发量都很大。此时若土壤水分不足会造成雌雄穗开花脱节 ,花粉寿命缩短 ,花丝枯萎 ,严重地影响授粉受精过程。大量研究资料一致认为 ,这一时期是玉米需水的最关键时期 ,此时不仅需水多而且对水分条件十分敏感。本试验表明 ,喷灌 7 次处理的在抽丝期土壤水分为 27.6%(占田间持水量的 92%) ,这时的光合强度为 22.9CO₂mg/DM²/h ;而不灌水处理区土壤水分为 16.3%(占田间持水量的 54.3%) ,其光合强度只有 11.4CO₂mg / DM²/h。

在子粒灌浆阶段 ,叶片的光合能力达到最强 ,

表 2 玉米的耗水规律

生育阶段	耗水量(mm)	占总耗水量的 %	历程日数(d)	耗水强度(mm/d)
播种 - 出苗	25.4	4.6	15	1.7
出苗 - 拔节	116.4	21.1	34	3.7
拔节 - 抽雄	178.5	32.5	34	5.2
抽雄 - 吐丝	42.5	7.8	6	7.1
吐丝 - 乳熟	117.0	21.2	27	4.3
乳熟 - 蜡熟	39.5	7.2	16	2.4
蜡熟 - 完熟	31.2	5.6	15	2.1

能制造大量的碳水化合物 ,此时供水充足会延长叶片有效活动时期 ,保证加速同化作用和大量的营养物质向子粒运输 ,从而保证子粒饱满 ,子粒灌浆时期是玉米需水的第二个关键时期。玉米进入乳熟之后需水量逐渐减少。从乳熟至完熟历经 31 d ,耗水量只占全生育期耗水量的 12.8%。

3.2 不同喷灌水平的株高动态

植株高大健壮 ,茎叶繁茂是高产的基础。从不同喷灌水平株高的 t 值测定结果可见(表 3) ,从拔节期到抽丝期喷灌 7 次处理的株高与喷灌 3 次及

不喷灌始终存在较显著的差异。喷灌 5 次与喷灌 3 次的从孕穗开始呈现显著差异 ,而最终差异不甚显著 ;喷灌 7 次与喷灌 5 次 ,喷灌 3 次与不喷灌之间的株高差异都不明显 ,这与产量结果完全吻合。高水平的喷灌不仅使植株发育高大健壮 ,而且整齐一致。从株高的变异系数来看 ,不喷灌区株高变异系数初期较小 ,以后变大 ,而且波动很大 ,最后发育参差不齐。而高水平的喷灌(喷 7 次、5 次)株高变异系数呈现平稳的下降趋势。这说明由于水分条件适宜使植株发育趋于平衡 ,植株高大且

表 3 不同喷灌水平的株高 t 值测定

	7 次与 5 次	7 次与 3 次	7 次与不灌	5 次与 3 次	5 次与不灌	3 次与不灌
6 月 15 日	2.04	4.82***	6.32***	1.99	5.52***	1.52
6 月 23 日	1.96	5.89***	7.63***	3.90**	8.60***	1.54
6 月 30 日	2.56	6.44***	12.90*****	3.62***	6.00***	0.78
7 月 6 日	1.68	5.45***	7.54***	4.69***	8.63***	0.11
7 月 13 日	0.88	8.88***	8.82***	10.60***	10.90***	1.26
7 月 20 日	1.39	5.24***	6.39***	6.96***	6.78***	1.14
7 月 27 日	0.34	5.61***	6.32***	2.28*	3.08**	0.61

整齐一致 ,成为高产的基础。

3.3 不同喷灌水平的叶面积动态

试验表明(表 4) ,随着喷灌次数的增加群体最大叶面积指数和单株叶面积都呈递增的趋势。叶

面积指数达到 4.0 以上 ,公顷产量可达 10 000 kg 水平 ,统计分析表明 ,玉米产量与单株粒重呈显著相关 ,相关系数达 0.993 5 ,回归方程式 $Y=-33.8+17.2x$ 。单株粒重又与单株叶面积呈极显著正相

关 相关系数 0.637 ,回归方程式 $Y=-67.3+3.21x$ 。从不同喷灌水平的叶面积 t 值测定结果(表 5)可见 ,拔节期到蜡熟期喷灌 7 次处理的叶面积与喷灌 3 次及不喷灌始终存在极显著差异。这说明高水平

的喷灌使各主要生育时期的土壤水分基本保持适宜状态。因而使玉米形成了最大的单株叶面积(0.87 m²)和最大叶面积指数(4.04) ,获得了最高产量(10 822.5 kg/hm²)。

表 4 不同喷灌水平的叶面积指数与产量

	喷灌 7 次	喷灌 5 次	喷灌 3 次	不喷灌
最大叶面积指数	4.04	3.79	3.36	3.04
最大单株叶面积(m ²)	0.87	0.81	0.77	0.70
单株粒重(g)	242.00	223.00	186.00	153.00
产量(kg/hm ²)	10 822.50	9 847.50	7 680.00	6 705.00

表 5 不同喷灌水平的叶面积 t 值测定

	7 次与 5 次	7 次与 3 次	7 次与不灌	5 次与不灌	3 次与不灌
拔节期	1.93	4.28***	8.24***	4.20***	2.47*
抽雄期	0.82	4.85***	10.1***	4.16***	2.42*
乳熟期	1.27	4.22***	5.95***	3.81**	2.28*
蜡熟期	1.82	6.11***	6.60***	3.51**	0.32

3.4 不同喷灌水平的叶面积变化动态

玉米高产不仅要保证足够大的叶面积 ,而且要求叶面积的增长及消减进程合理 ,才能保证玉米的高产。

从图 1 可见 ,玉米生育前半期 ,即出苗后 32~70 d ,喷灌 7 次处理的叶面积迅速增长 ,呈直线上升趋势 ,到抽雄后 7 d(出苗后 70 d) ,即到最高峰 ,然后进入稳定时期 ,形成一个高平台状曲线。喷灌 7 次的叶面积指数从抽雄期直到乳熟末期(出苗后 70~107 d) ,在长达 37 d 的时间里稳定在 4.0~3.8 之间。这一时期正值子粒灌浆阶段 ,较大的叶面积能源源不断地向子粒输送光合产物 ,保证了子粒饱满。

茎叶枯黄只增重 0.64 g。

3.5 不同喷灌水平的光合势

表 6 玉米产量与各生育期光合势的关系

生育时期	相关系数	显著程度	回归方程
拔节 - 抽雄	0.900 1	***	$Y=1.4+3.71X$
抽雄 - 乳熟	0.958 7	***	$Y=-38.2+2.29X$
乳熟 - 蜡熟	0.921 3	***	$Y=-133.1+2.69X$
全生育期	0.997 1	***	$Y=-90.7+7.62X$

表 7 不同喷灌水平的光合势与产量

	喷灌 7 次	喷灌 5 次	喷灌 3 次	不喷灌
光合势(m ² ·d)	193 000	171 000	148 500	122 500
产量(kg/m ²)	1 082.5	8 847.5	7 680.0	6 705.0

光合产物的多少不仅取决于绿色叶面积的大小 ,同时决定于绿叶工作时间的长短。就是说光合势也是决定产量的因素之一。试验表明(表 6) ,玉米产量与其各生长发育阶段的光合势均呈现极显著的正相关。产量与全生育期光合势的相关系数达 0.997 1 ,回归方程式为 $Y=-90.7+7.62X$ 。从表 7 可见 ,玉米的光合势在 120 000~190 000 m²/d 的范围内是随着喷灌次数的增加而增大 ,同时玉米的产量也随之有规律的增加。喷灌 7 次的玉米从拔节期到完熟期其光合势始终高于喷灌 5 次、3 次及不喷灌处理 ,其全生育期光合势达到 193 000 m²/d ,说明它的绿叶工作时间长 ,光合积累的时间长。

3.6 不同喷灌水平的光合强度

作物的光合强度就是叶片的工作效率。沃特森等人认为 ,对光合强度影响最大的因素是光照和温度 ,而这两个因素是人们不能控制的。有学者认为 ,暂时的干旱可以刺激光合作用并提高作物产量。大量研究资料表明 ,作物的光合作用强度依赖于水分状况和肥料的施用。与始终处于最适的水分供应条件下的对照植株相比 ,任何的甚至是

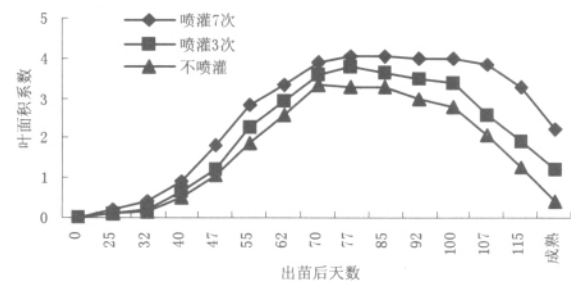


图 1 玉米播种—成熟叶面积系数变化趋势

喷灌 3 次和不喷灌处理的叶面积发展动态虽然也都呈现类似的台状曲线状态 ,但是其高峰值都较小 ,而且高峰稳定的时间较短。喷灌 3 次处理其叶面积指数维持在 3.3 以上的时间是 30 d 左右 ,不喷灌的只维持了 13 d。喷灌 7 次处理的直到收获前 ,叶面积指数仍保持在 2.2 左右。喷灌 3 次的叶面积指数为 1.2 ,不喷灌的只有 0.4 ,茎叶几乎全部枯黄。收获前 10 d 的测定结果表明 ,茎叶绿色的植株每天可使单株子粒增重 1.86 g ,而

不严重的干旱都会降低光合作用强度。本项试验结果完全证实了这一观点。从表 8 可见,不论是孕

表 8 不同喷灌水平的光合强度 CO₂mg/DM²/h

	喷灌 7 次	喷灌 5 次	喷灌 3 次	不喷灌
孕穗期	40.1	36.9	24.5	14.1
抽丝期	22.9	20.9	17.1	11.4
灌浆期	29.9	23.8	15.9	12.1
平均	30.9	27.2	19.1	12.5

穗期,抽丝期还是灌浆期,喷灌 7 次处理者其光合强度都高于其它各处理区。其中,孕穗期光合强度最大 40.1CO₂mg/DM²/h,抽丝期有所降低,子粒灌浆期光合强度有所回升。喷灌 7 次的光合强度平均为不喷灌的 2 倍多。这是因为当充足供应作物水分时,所有的能量均充裕地被利用于光合作用和水分蒸腾,并且与周围环境发生气体交换,避免了叶温升高,造成对植株生命活动十分有利的条件。而喷灌 3 次及不喷灌处理的则由于土壤水分不足,造成叶片缺水,气孔开度减少,甚至关闭,从而影响了植株对 CO₂ 吸收,使蒸腾作用减弱引起叶温升高,呼吸消耗增多,降低了光合作用强度。子粒灌浆时期的光合强度与百粒重及产量呈极显

上接第 15 页)叶片后期净光合速率不仅高,而且高值持续时间也长。气孔导度和光合细胞羧化效率是影响植物光合速率的主要因素,且胞间 CO₂ 浓度与羧化效率呈负相关。我们发现,吨粮田玉米叶片胞间 CO₂ 浓度从灌浆期开始显著低于常规田玉米叶片(P≤ 0.05),表明吨粮田玉米叶片光合细胞羧化能力得到增强。

胡文新等研究表明,叶绿素含量与净光合速率的相关性可以反映光能利用率。比叶重是反映叶片结构和光合积累变化的一个可靠指标。本研究中,两种栽培措施下玉米叶片净光合速率与比叶重和叶绿素含量均呈极显著正相关(P<0.01)。

施肥是调节作物生长发育的一项基本措施,李潮海等认为,施肥对延长后期叶片功能期的效应远大于促进前期叶面积增长的效应。吨粮田的二次追肥,提高了生育后期叶绿素含量和比叶重,保证了叶片光合功能的有效进行,延长个体的生理功能高值持续期。吨粮田玉米水分利用效率在灌浆期前高于常规田玉米,灌浆期后则一直低于常规田玉米,也是由于二次追肥,光合速率高值持续期延长,比蒸腾速率降低慢,造成了水分利用效率的降低。同时采用化控技术防止倒伏,提高了群体整齐度,较好地协调了个体产量潜力与群体高产的关系。

综上,吨粮田玉米采用高密度种植补偿了个体的功能性减产,采用二次追肥和化控技术等手段,延

著正相关。试验表明,喷灌 7 次的玉米灌浆阶段每日增长量为 1.306 g/百粒/d,高于喷灌 5 次和 3 次处理,为不喷灌的 2 倍。这充分说明,由于土壤水分适宜,而光合强度大,叶片以更高的工作效率制造有机物质,并源源不断地向子粒输送,这是获得高产的基础。

参考文献:

[1] 东光旺. 夏玉米耗水特性与灌水指标的研究[J]. 玉米科学, 1997, 5(2):53- 57 .
[2] 赵家义,等. 春玉米耗水量研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992:153- 164 .
[3] 郑卓琳,等. 紧凑型夏玉米高产需水规律研究[J]. 玉米科学, 1994, 2(4):24- 33 .
[4] 孙景生. 夏玉米耗水规律及水分胁迫对其生长发育和产量的影响[J]. 玉米科学, 1999, 7(2):45- 48 .
[5] 杜长玉,等. 玉米不同时期缺水胁迫对产量和生理指标的影响[J]. 玉米科学, 2002, 10(增刊):64- 65 .
[6] 李彩霞,等. 控制性交替灌溉地玉米生理生态及产量的影响[J]. 玉米科学, 2007, 15(3):103- 106 .
[7] 刘 明,等.水分胁迫对玉米光合特性的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(4):86- 90 .
长玉米光合指标高值持续期,从而实现超高产。

参考文献:

[1] Richards R A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. Jour. of Experimental Botany, 2000, 51: 447-458 .
[2] Lee E A, M Tollenaar. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield [J]. Crop Science, 2007,47 (S3): S202-S215 .
[3] 董树亭,高荣岐,胡昌浩,等. 玉米花粒期群体光合性能与高产潜力研究[J]. 作物学报, 1997, 23(3) :318- 325 .
[4] 董树亭,王空军,胡昌浩. 玉米品种更替过程中群体光合特性的演变[J]. 作物学报, 2000, 2(3) :33- 37 .
[5] 王立春,边少锋,任 军,等. 吉林省玉米超高产研究进展与产量潜力分析[J]. 中国农业科技导报, 2004, 6(4) :33- 36 .
[6] 张治安,张美善,蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2004 :75- 76 .
[7] 孙世贤,顾慰莲,戴俊英. 密度对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1989, 20(4) :413- 416 .
[8] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4) :241- 244 .
[9] 郑国琦,许 兴,徐兆顿,等. 盐胁迫对枸杞光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 西北农业学报, 2002, 11(3) :87- 90 .
[10] 胡文新,彭少兵,高荣孚,等. 新株型水稻的光合速率[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11) :2205- 2210 .
[11] 徐克章. 苗以农. 大豆光合生理生态的研究第 3 报 大豆叶片形态解剖与光合作用速率[J]. 大豆科学, 1983, 2(3) :169- 173 .
[12] 李潮海,刘 奎,周苏玖,等. 不同施肥条件下夏玉米光合对生理生态因子的响应[J]. 作物学报, 2002, 28(2) :265- 269 .