

紧凑型夏玉米高产需水规律研究

郑卓琳 李伯航

张淑敏

(河北农业大学, 保定 071001)

(中国农科院农田灌溉所, 新乡 453003)

Study on Water Requirement of High-yield Summer Maize

Zheng Zhuolin Li Bohang

(Hebei Agricultural University)

Zhang Shumin

(Research Institute of Field Irrigation, China Academy of Agricultural Sciences)

Abstract: The experiment was conducted to make clear for water requirement of summer maize with yield of 10.5 to 12.0 tons per hectare. The results indicated that 4,200 to 4,500 tons of water was needed for producing 10.5 to 12.0 tons of grain of summer maize per hectare, and the quadratic equation could be found between the grain yield and the water consumption. It was also showed that the upright-leaf maize was more efficient in water consumption than that with flat-leaf, according to the analysis of the coefficient of water consumption and the water productivity of the two types of maize. The results showed that half of the total water requirement was consumed after anthesis. The intensity of water consumption at anthesis and stage of kernel formation was 57.2 and 59.3 tons per hectare per day, respectively. Likewise, the water consumption at milk stage remained a relative high level, amounted to 37.5 tons per hectare per day. For these reasons, irrigation after anthesis should be attached great importance to obtain high yield for summer maize.

Key Words: Summer maize; Upright-leaf maize; Water consumption; Intensity of water consumption.

摘要 本文通过对紧凑型玉米亩产 700~800 公斤耗水量研究, 明确了该产量水平需水量为 280~300 立方米, 其产量与耗水量呈二次函数关系。通过对耗水系数、水分生产率分析, 明确了紧凑型玉米用水经济, 对水分利用效益高。通过研究, 明确了高产水平后期阶段耗水量大、耗水强度高, 抽穗后耗水量占总耗水量的一半; 籽粒形成期耗水强度与开花期近似, 平均日耗水分别为 3.81 和 3.95 立方米/亩, 灌浆期日耗水仍较高, 达到 2.5 立方米/亩左右。故高产栽培必须重视后期灌水。

关键词 夏玉米 紧凑型品种 需水量 耗水强度

紧凑型玉米是近年来被广泛用于生产上的高光效良种。大量事实证明, 该类型玉米的应用, 使玉米单产有了一个新的突破。高产典型事例的出现, 进一步显示出其巨大的增产

潜力。为了适应紧凑型玉米快速发展的形势, 有必要对紧凑型玉米再高产栽培技术与理论进行系统研究。有关春玉米^[1,2]、夏玉米^[3,4,5]耗水规律近年来虽有些报导, 但产量水平较

低,每亩产量仅 500 公斤左右,或局限于平展、半平展型品种,而紧凑型品种高产水平耗水规律研究尚无报导,本试验旨在采用高产栽培技术,使其产量水平达到亩产 750 ± 50 公斤,采用人工控制田间持水量,研究其耗水量及耗水规律,为紧凑型玉米再高产合理灌溉提供理论依据。

1 材料与方法

试验于 1990~1991 年在中国农科院灌溉所需水量试验场进行。以坑测为主,结合大田试验,坑测面积为 0.01 亩,在隔断地下水的条件下,人工定时、定量控制土壤水分,使玉米各生育时期土壤水分下限控制在田间最大持水量的 65%~85% 之间(表 1)。

表 1 夏玉米需水试验设计

品 种	年 度	土 壤 水 分 下 限 (%)					
		播种~ 6 展叶	6 展叶 ~9 展叶	9 展叶 ~抽雄	抽雄~开 花后 10 天	开花后 10 天 ~30 天	开花后 30 天~成熟
掖单 4 号	1990	65	70	75	80~85	80	75
掖单 12	1990	65	70	75	80~85	80	75
掖单 13	1991	70	70	75	80~85	80	75

土壤肥力基础:有机质 3.288%,全氮 0.141%,碱解氮 115.4mg/kg,速效磷 55mg/kg,速效钾 198mg/kg。前茬冬小麦,麦收后进行了坑间混土作业。播前亩施土杂肥 1 万公斤,尿素 20 公斤,氯化钾 25 公斤,磷酸二铵 25 公斤。生育期间在大口期及抽雄期分别追施尿素 20 公斤、10 公斤。

2 结果与分析

2.1 玉米需水量及产量与耗水量关系

试验表明(表 2),随玉米产量的提高,需水量逐渐增多。以 1 米土层水量计算,掖单 4 号、掖单 12、掖单 13 在亩产 600~800 公斤时,每亩约需水 250~300 立方米。不同产量水平需水量为:亩产 600~700 公斤,需水 260~280 方;700~800 公斤,约需水 280~300 立方米。

表 2 不同产量水平需水量(立方米/亩)
(1990~1991)

品 种	产 量 水 平 (kg/亩)							
	500~580		600~700		700~750		750~800	
	产量	需水量	产量	需水量	产量	需水量	产量	需水量
掖单 4 号	582	242.3	619.0	257.3	711	278.4		
掖单 12			646.5	260.0	722	284.9		
平均			632.75	258.65	716.5	281.65		
掖单 13	500.5	215	662	273.4	721	279.2	809	299.1
平均	586.0	262.2						
总 平 均	543.25	238.6						
			617	265.8	702.2	290.9	779	286.4
					705.0	292.1		
平均					741.5	272.6		
总 平 均	556.2	239.8	641.1	264.1	717.1	283.0	794	292.75

玉米籽粒产量与耗水量存在相关性,回归分析表明:产量与耗水量呈二次函数关系,

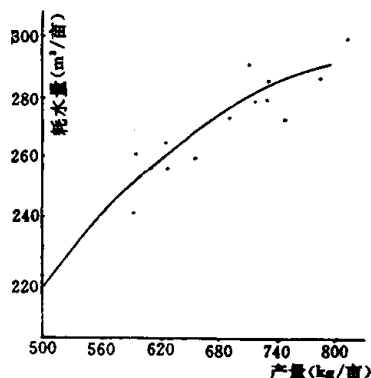


图 1 玉米产量与耗水量关系

曲线呈抛物线状(图 1)。可以看出,在产量水平较低时,随产量的提高对水分的消耗量近似呈直线上升,当产量达到一定水平后,耗水量不再随产量的提高而直线增加,其相关曲线趋于平缓。产量与耗水量的拟合方程为 $y = -165.62 + 1.088x - 6.45 \times 10^{-4}x^2$ ($n = 14$), $R = 0.934^{**}$, $F_{0.01} = 0.693 < F = 41.24^{**}$, 式中 y 为耗水量(立方米/亩), x 为籽粒产量(公斤/亩), R 为相关系数,达极显著水平。

2.2 籽粒产量与水分利用效率

籽粒产量对水分的利用效益可用耗水系数或水分生产率(水分利用率)两种方法表

示。试验表明(表3):随产量的增加,耗水系数呈下降趋势。在亩产400公斤时,生产1公斤籽粒约耗水500公斤;500~600公斤/亩时,耗水系数降至420~450;亩产700公斤

以上时,耗水系数不足400。产量与耗水系数呈直线负相关,相关系数 $R=0.95$,回归方程为 $K=634.46-0.338y$, ($n=17$),式中K为耗水系数、y为籽粒产量。

表 3 夏玉米产量与耗水系数 (1990~1991)

项 目 \ 产 量	产 量 水 平 (kg/亩)														
	500~600					650~700					700~800				
籽粒产量(kg/亩)	500.5	515.0	586.0	619.0	617.0	646.5	682.0	702.0	705.0	721.0	722.0	711.0	741.5	779.0	809.0
需水量(m ³ /亩)	215.0	233.5	262.2	257.3	265.8	260.0	273.4	290.9	292.1	279.2	284.9	278.4	272.60	286.4	299.1
耗 水 系 数	429.6	453.4	448.0	415.7	430.8	402.2	400.9	414.4	414.4	287.2	394.6	391.6	367.6	367.7	369.7
水分生产率(kg/mm)	1.552	1.470	1.490	1.604	1.548	1.683	1.663	1.609	1.609	1.722	1.690	1.703	1.813	1.813	1.803

从表3还可看出,随籽粒产量的增加,水分生产率呈上升趋势。在产量水平较低时,每毫米水生产的籽粒产量相对较少,亩产400公斤,仅生产1.3公斤;亩产500~600公斤时,约生产1.5公斤左右;亩产650~700公斤时,生产1.6~1.7公斤;以700~800公斤产量水平1毫米水生产的籽粒产量最高,可达1.8公斤。籽粒产量与水分生产率呈直线正相关,回归方程为 $WPR=0.841+0.0012y$, $R=0.943$ ($n=17$),式中WPR为水分生产率,y为产量,R为相关系数。

2.3 阶段耗水量与耗水强度
2.3.1 阶段耗水量和模系数

玉米不同生育阶段对水分的消耗量有一定差异。研究表明(表4):亩产700~800公斤产量水平,播种至拔节约耗水53~54立方米/亩,占总耗水量的18%~19%;拔节至抽雄期耗水89~101立方米/亩,占31.7%~33.8%;抽雄至吐丝历时短,仅耗水11~18立方米/亩,占3.7%~6.55%;吐丝至籽粒形成期每亩耗水39~53立方米,占13%~19%;籽粒形成至成熟的一个多月中,耗水约占一生总耗水量的24%~31%,每亩耗水68~95立方米。全生育期总耗水量280~300立方米/亩。

表 4 夏玉米不同时期需水状况 (1990~1991)

生育时期	项目	710.5			760			809		
		阶段需水 (m³/亩)	模系数 (%)	日需水 (m³/亩)	阶段需水 (m³/亩)	模系数 (%)	日需水 (m³/亩)	阶段需水 (m³/亩)	模系数 (%)	日需水 (m³/亩)
播 种 ~ 拔 节		54.11	18.99	2.22	53.70	19.2	2.20	53.30	18.40	2.05
拔 节 ~ 抽 雄		95.16	33.40	3.09	88.60	31.7	2.68	101.1	33.80	3.37
抽 雄 ~ 吐 丝		13.55	4.76	3.57	18.30	6.55	4.58	11.1	3.71	3.70
吐丝~籽粒形成		39.25	13.77	3.38	52.90	18.93	4.81	38.9	13.00	3.24
籽粒形成~灌浆		49.88	17.51	2.65	37.65	13.47	1.88	56.8	19.03	3.16
灌 浆 ~ 成 熟		32.99	11.58	2.39	28.25	10.1	1.57	37.9	12.68	3.16
合 计		284.94			279.50			299.1		

玉米阶段耗水量有其规律性:以抽雄为界,其前、后各占耗水总量的1/2,其中苗期耗水最少,不足总量的1/5;穗期占1/3。其规律性由玉米本身生育规律决定。由图2看出,

拔节前植株干物质积累少,阶段耗水量少,而且主要是裸间蒸发;拔节后干物质积累量的增多,阶段耗水量加大,尤其大穗期以后直至灌浆,干物质累积急剧增多,累进耗水与阶段

耗水明显增大;灌浆以后干物质绝对累积量减少,阶段耗水量亦随之降低。

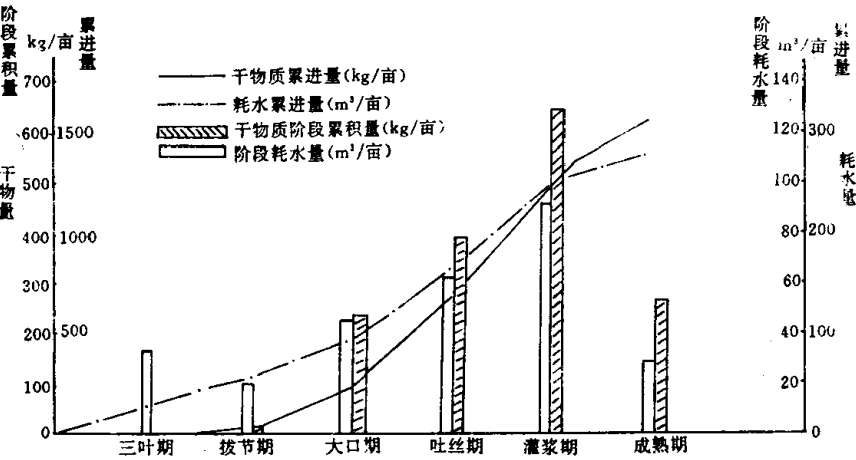


图 2 不同生育时期干物质累积及耗水量(760kg/亩)

2.3.2 耗水强度与日耗比

从表 4 可以看出,拔节前每亩日耗水量较少,仅为 2~2.2 立方米;自拔节以后,随着营养器官和生殖器官的迅速生长,耗水强度日渐增大,拔节至抽雄日耗水达到 2.7~3.4 立方米/亩;以抽穗、开花、籽粒形成日耗水最高,每亩耗水量达 3.4~4.8 立方米;籽粒形成期以后的灌浆、成熟阶段,耗水强度仍较大,尤其随着产量的提高,耗水强度明显增加,亩产 809 公斤时,日耗水量在 3 立方米/亩以上。

亩产 700~800 公斤产量水平,各生育阶段耗水强度平均值为:出苗至拔节 2.16 立方

米/亩·日,拔节至抽雄3.05立方米/亩·日,抽雄至吐丝 3.95 立方米/亩·日,吐丝至籽

粒形成期 3.81 立方米/亩·日,籽粒形成至灌浆 2.56 立方米/亩·日,灌浆至成熟2.37立方米/亩·日,平均日耗比(每日耗水占总耗水量百分比)各生育阶段分别为 0.75%、1.06%、1.37%、1.32%、0.89%和0.82%。

2.4 不同生育阶段蒸腾与蒸发

研究表明,夏玉米整个生育进程中,不同生育阶段棵间蒸发和叶面蒸腾即使产量水平不同,亦有着较规律的变化(表 5),即均表现为:苗期棵间土壤蒸发量大,占阶段耗水量比例最高;随后逐渐降低,在抽雄吐丝时达最低值;以后又逐渐回升。表 5 不难看出,苗期棵间蒸发量约占此阶段耗水量的 50%左右,其比例为一生最大值。此期幼苗矮小、生长量小、叶数少,观测拔节期叶面积系数仅 0.33~0.34,不仅对地面覆盖度低,而且叶片蒸腾面积亦小,使蒸腾耗水在玉米一生中相对量少,而棵间蒸发量达到每日平均 1 立方米/亩以上。

表 5 不同生育阶段棵间蒸发与叶面蒸腾 (1990~1991)

生育时期	809			760			722			平均		
	蒸发/阶段 需水(%)	日蒸发 m³/亩	日蒸腾 m³/亩	蒸发/阶段 需水(%)	日蒸发 m³/亩	日蒸腾 m³/亩	蒸发/阶段 需水(%)	日蒸发 m³/亩	日蒸腾 m³/亩	蒸发/阶段 需水(%)	日蒸发 m³/亩	日蒸腾 m³/亩
播种~拔节	65.80	1.35	0.70	42.05	0.85	1.35	40.49	1.32	1.69	49.45	1.17	1.25
拔节~抽雄	25.72	0.87	2.50	21.30	0.56	2.12	27.56	0.95	2.44	24.86	0.79	2.35
抽雄~吐丝	10.81	0.40	3.30	18.10	0.88	3.71	17.35	0.55	2.62	15.42	0.61	3.21
吐丝~籽粒形成	15.40	0.50	2.74	19.55	0.94	3.87	20.26	0.52	2.03	18.40	0.65	2.88
籽粒形成~灌浆	15.85	0.50	2.66	19.60	0.37	1.52	19.44	0.52	2.14	18.30	0.46	2.11
灌浆~成熟	13.46	0.46	2.70	23.95	0.52	1.05	22.86	0.48	1.63	23.09	0.49	1.79
备 注	表单 12			表单 13			表单 4					

拔节至抽雄期间,植株生长日益加快,株高和叶面积迅速增长,测定小口期和大口期

叶面积系数分别为 0.78~0.88 和 2.3~2.57,植株体积增大,玉米封行,加大田间覆

盖度;同时,植株进入了旺盛的营养生长和生殖生长阶段,生理代谢加速,蒸腾耗水增多,棵间蒸发明显下降,仅占阶段耗水量的25%左右,日蒸发仅0.8立方米/亩,而蒸腾量增至2立方米/日·亩以上。

抽穗开花期叶面积系数为5~6,达最大值,干物质累积量达640公斤/亩,占总干重的41.6%,蒸腾耗水量最高,占阶段耗水量的85%,每日蒸腾3立方米/亩以上,是玉米生理生态需水高峰期。

籽粒形成、灌浆成熟阶段,植株下部叶片渐次枯黄,叶面积逐渐减少,蒸腾耗水明显减弱,棵间蒸发量有所回升。只是高产水平时,后期叶面积稳定期较长,叶面积系数仍较高。据测定,掖单12在吐丝后15天、35天分别为4.97和4.4,干物质占总干重的60%和83%,致使棵间蒸发不足阶段耗水量的20%,而日蒸腾量仍在2立方米/亩以上。

灌浆至成熟阶段,叶面积减少,新陈代谢活动减弱,其棵间蒸发量在阶段耗水量中的比例上升为23%左右。只是产量水平越高,日蒸腾耗水相对亦高(表6)。

表6 灌浆至成熟日腾比较(m³/日·亩)

年度	产量(kg/亩)	耗水强度	棵间蒸发	叶面蒸腾
1990	722.0	2.11	0.48	1.63
	809.0	3.16	0.46	2.70
1991	741.5	1.42	0.47	0.96
	779.0	1.71	0.56	1.16

3 讨论

3.1 紧凑型玉米需水量少,耗水经济

玉米品种类型不同,即使产量水平相近,对水利用也不尽一致。紧凑型玉米耗水量相

对较少,用水经济,对水分利用效益高。表7可以看出,在同等产量水平时,株型紧凑的品种用水少,用水经济,而且在700~800公斤/亩高产水平的耗水量几乎与平展型品种亩产500公斤产量水平用水相当。说明紧凑型玉米对水的利用效益高,只要措施得当,毋需过多增加水的投入量,即可超出平展型品种产量而获得高额玉米产量。

表7 不同品种类型、耗水系数、水分生产率比较

品 种	产量水平 (kg/亩)	耗水量 (m³/亩)	耗 水 系 数	水分生产率 (kg/mm)	备 注
京早7号	657	265.2	403.65	1.65	北京市水利 科研究所
	730	302.4	414.25	1.61	
	774.5	333.3	430.34	1.55	
郑单2号	547.67	274.8	501.76	1.33	中国农科院 农田灌溉所
	(536~565)	(256.7~297.2)			
紧 凑 型 (掖单4、 12、13号 平均值)	556.2	239.8	431.14	1.55	河北农业大 学与中国农 科院农田灌 溉所
	641.1	264.1	411.95	1.62	
	717.1	283.0	394.65	1.69	
	794.0	292.8	368.77	1.81	

3.2 灌水与降水

夏玉米生长虽与雨热同季,但降雨总量及其时空分布的不均匀,仍使全生育期及不同生育阶段表现不同程度的余缺。以河北省夏玉米产区保定市和永年市近十年降雨平均资料分析比较高产玉米的需水与降水,分别代表冀中北和冀南夏玉米主产区。从表8可以看出,欲达到夏玉米亩产700~800公斤产量水平,永年生育期总降水量明显不足,尚缺96毫米,虽年际间生育期降水量变化较小、变异系数CV仅0.28,但能满足玉米一生需水量的年保证率不足30%。保定市夏玉米生育期降水虽能满足需要,其年保证率也仅为40%,而且年际间差异很大,变异系数达到0.43。

表8 保定、永年紧凑型夏玉米750±50kg/亩降水与耗水比较(毫米)

生育阶段	播种~拔节		拔节~抽雄		抽雄~吐丝		吐丝~灌浆		灌浆~成熟		全生育期		备 注
耗 水 量	80.5		142.43		21.48		137.7		49.57		431.68		保定市1981至 1991年资料
	(79.8~81.2)		(132.9~151.65)		(16.16~27.45)		(133.7~143.55)		(42.38~56.85)		(419.2~448.65)		
地 点	保定	永年	保定	永年	保定	永年	保定	永年	保定	永年	保定	永年	
降 水 量	52.03	40.92	186.3	126.36	26.07	26.35	129.4	119.05	37.96	23.07	431.8	335.84	永年1983年至
差 额	-28.5	-39.6	43.9	-16	4.59	4.87	-8.3	-18	-11.61	-26.5	0.1	-95.84	1993年资料
年保证率(%)	30	9.1	50	18.2	40	27.3	50	45.45	20	9.1	40	27.3	

降雨时空分布的不均性,使各生育阶段水分供求差异也较大。两市均以播种至拔节、吐丝至灌浆、灌浆至成熟三个生育阶段的降水量少于阶段需水量。供需差额分别为 28.5 和 39.6 毫米、8.3 和 18 毫米、11.6 和 26.5 毫米。其中播种至拔节供需差额不仅大,而且年保证率也较低,仅为 30% 和 9.1%。尤其播种至出苗的六月中旬左右明显缺水,此期间高温、干燥,蒸发量大。保定 18 年统计表明,6 月份每日平均蒸发量为 10.1 毫米,播种至出苗保定仅平均降雨 5.12 毫米,永年仅 3.93 毫米,而高产玉米播种至拔节的日需水量达 3.3 毫米以上,降水远远不能满足玉米发芽出苗对水分的要求,因此夏玉米产区必须强调播前灌足、灌好底墒水,以确保全苗、齐苗。

拔节至抽雄穗期间虽进入雨季,保定近 10 年降雨较多,供大于求,但年保证率仅 50%,而永年缺 16 毫米,且年保证率不足 20%。据冀中的藁城市 1983~1991 年统计,此期尚缺水 57.7 毫米。因此,玉米穗期阶段应依土壤墒情、当年降雨状况酌情灌水,谨防“卡脖旱”的发生。

抽穗开花期间历时短,正值八月上、中旬,常视为降雨高峰期,降雨多,毋需灌水。试验表明,其年保证率保定仅为 40%,永年不足 30%,保定 10 年中有 6 年此期平均降雨

仅 8.2 毫米,永年有 6~7 年平均仅降雨 3.4~8.2 毫米,若以此期日耗水量计算,仅一天左右即可消耗。因此抽穗开花期间不应因处于雨季高峰期而忽视分析降水,需水状况而一概否定灌开花水。

开花至成熟阶段,保定、永年、藁城(九年资料)分别缺水 19.91、45.15 和 77 毫米。其中籽粒形成和灌浆期间保定、永年两地的年保证率仅近于 50%,在缺水年中保定平均缺水 47 毫米,永年缺水 75 毫米,相当于每亩缺水 30 方和 50 方水。在灌浆至成熟阶段,两地缺水年达到 80% 以上。说明后期降水不能满足玉米需水要求,必须通过灌水以弥补降水之不足,这是提高玉米产量的有效措施之一。

上述资料基本代表了河北省中北部、中部及南部夏玉米产区的水分供(降水)需状况。对高产栽培而言,不仅应灌好播前水,对后期灌水亦须予以高度重视,克服生产上放松后期管理的弊端,灌好灌浆水,以确保实现高产。

各生育阶段平均降雨数量虽有时可满足需水要求,但年际间变化很大、差异悬殊,最大与最小降雨量可相差数倍、数十倍、乃至百倍,变异系数很大(表 9)。如保定 1985 年播种至拔节期间降雨 122.8 毫米,是近年来降雨最多的一年,约是 1991 年的 11 倍,致使发生芽涝。

表 9 不同生育阶段降雨量比较(毫米)

地 点	生育阶段 项 目	播 种 ~ 拔 节 拔 节 ~ 抽 雄 抽 雄 ~ 吐 丝 吐 丝 ~ 灌 浆 灌 浆 ~ 成 熟 全 生 育 期						备 注
		播 种 ~ 拔 节	拔 节 ~ 抽 雄	抽 雄 ~ 吐 丝	吐 丝 ~ 灌 浆	灌 浆 ~ 成 熟	全 生 育 期	
冀 中 北 部	平均降雨量	52.03	186.3	26.07	129.4	37.96	431.8	1981至 1991年 保定统 计资料
	变异系数	0.69	0.73	1.02	0.39	0.86	0.43	
	最大降雨量	122.8	460.8	79.4	194.0	121	785.16	
	最小降雨量	11.2	47.4	0	32.1	11	278	
	相差倍数	10.96	9.72	79.4	6.04	11	2.82	
冀 南	平均降雨量	40.92	126.36	26.35	119.05	23.07	335.84	1983至 1993年 永年统 计资料
	变异系数	0.59	0.85	1.98	0.61	1.21	0.28	
	最大降雨量	62.8	361.5	170.9	228.4	99.4	457.2	
	最小降雨量	10.7	28.2	0	38.2	3.4	159.9	
	相差倍数	5.87	12.82	170.9	5.98	29.24	2.86	

降雨强度的极不均衡,也为玉米正常发育带来不同程度的影响。夏玉米抽穗开花的8月上、中旬,处于降雨高峰期,可能出现连续数日无雨或少雨,有时偶降大雨,1日降雨量可超过100毫米。如永年在1984年8月9日,1992年8月11日,1993年8月4日,日降水分别达到148.3、137.2和165.1毫米。降水量之多、强度之大,不仅使玉米授粉受精不良,而且还易发生地面径流,造成水分无效消耗。就目前水资源处于严重不足的情况下,如何拦截天然降水蓄贮于土层中,以再利用,以及减少苗期棵间土壤蒸发,提高水分利用率,成为当前节水农业重要议题。

3.3 高产玉米土壤水分适宜指标

试验实践证明,土壤水分过高,过低均不利玉米正常生育,更难以实现高产。高产土壤水分适宜指标的提出,为不同地区或同一地区不同水文年灌水时间的确定提供了可靠依

据。本研究结果表明,紧凑型夏玉米获得亩产700~800公斤产量水平,各生育时期适宜的土壤相对含水量(占田间最大持水量百分率)为:在灌足底墒水基础上,苗期为65%~70%;拔节至抽雄70%~75%,其中小口期以前为70%、小口期至抽雄为75%;抽雄至吐丝后10天为80%~85%;开花后10~30天为80%;开花后30天至成熟为75%。

参 考 文 献

- [1]丁希泉、赵化春等,在喷灌条件下玉米高产性状的研究,中国农业科技出版社,1993年
- [2]赵家义等,春玉米耗水量试验研究,作物与水分关系研究,中国科学技术出版社,1992年
- [3]朱自玺等,夏玉米耗水量和耗水规律分析,《华北农学报》,1987,2(3)
- [4]张淑敏等,玉米的需水规律与灌溉技术,玉米高产理论与栽培技术,农业出版社,1992年
- [5]孙荣姿等,土壤水分对夏玉米产量影响,第二届全国玉米栽培学术讨论会论文汇编。