

不同肥水组合对夏玉米水分利用效率及经济效益的影响

东先旺, 刘树堂, 陶世荣

(莱阳农学院旱作研究所, 山东 莱阳 265200)

摘要: 利用大型防雨设施池栽, 设置施肥和灌水二因素三水平, 就其不同肥水组合对夏玉米水分利用效率及经济效益的影响进行了研究。结果表明, 高肥低水、中肥低水及低肥低水水分利用效率低, 经济效益差; 中肥中水及低肥中水水分利用效率较高, 是中、低肥量条件下稳产高效益的最佳组合; 高肥中水水分利用效率最高, 耗水系数最低, 是高产节水的最佳组合; 高肥高水互作效应大, 产量水平达 $13\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上, 水分利用效率高, 经济效益大, 是实现夏玉米超高产的最佳肥水组合。

关键词: 夏玉米; 肥水组合; 产量; 水分利用效率; 经济效益

中图分类号: S513.07 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2000)01-0081-05

提高作物水分利用效率, 降低耗水系数, 增加经济效益, 是节水灌溉研究的核心, 历来倍受重视^[1~3]。夏玉米生育期较短, 生长量大, 需水量多。如何提高夏玉米水分利用效率, 达到高产、高效、经济用水是亟待研究的重要课题。生产实践证明, 影响夏玉米水分利用效率的因素很多, 施肥量、灌水量及品种、地力等均均是重要的影响因子。本试验以前者为对象, 就不同肥水组合对夏玉米水分利用效率的影响进行研究, 以期对夏玉米高产高效、合理运筹肥水提供理论依据。

1 材料和方法

试验于 1997~1998 年在莱阳农学院旱作研究所大型防雨设施内池栽实施。栽植池面积 $2\ \text{m} \times 2\ \text{m}$, 深 1.5 m, 潮棕壤土, 0~20 cm 土层有机质 $1.2\ \text{mg}/\text{g}$, 速效氮 $55.4\ \text{mg}/\text{kg}$, 速效磷 $60.1\ \text{mg}/\text{kg}$, 速效钾 $90.0\ \text{mg}/\text{kg}$, 土壤田间持水量 25.0%, 容重 $1.4\ \text{g}/\text{cm}^3$, 前茬小麦。

试验设置施肥量和灌水量二因素, 每因素三水平, 裂区设计, 2 次重复。施肥量设高肥、中肥、低肥, 定量分期施用。灌水量设高水、中水、低水, 水表控制, 定量分期灌水, 全生育期防雨, 设计处理见表 1。供试品种掖单 22 号, 生育期 100 d 左右, 6 月 20 日前后播种, 种植密度 $72\ 000\ \text{株}/\text{hm}^2$ 。用美国产 503DR 中子仪分层测定土壤含水量。第 1 次灌水量按实测各小区土壤含水量进行校正, 达到各处理基础含水量一致。各处理耗水量按播前全层土壤含水量+灌水量-收获期全层土壤含水量求得, 收获期小区计产, 所得数据进行统计分析。

收稿日期: 1999-04-20

基金项目: 山东省三〇工程资助项目(30-03-03)。

作者简介: 东先旺, 男, 1950 年生, 副教授, 主要从事玉米高产栽培研究及教学工作。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www>

表 1 试验设计处理

施 肥 量 (kg/hm ²)		灌水量(mm/ hm ²)		肥水组合
种肥+ 追肥				
高肥 (300+ 1 200)		高水	11 250	高肥高水
		中水	7 500	高肥中水
		低水	3 750	高肥低水
中肥 (150+ 600)		高水	11 250	中肥高水
		中水	7 500	中肥中水
		低水	3 750	中肥低水
低肥 (75+ 300)		高水	11 250	低肥高水
		中水	7 500	低肥中水
		低水	3 750	低肥低水

注: (1) 种肥种类为三元复合化肥 N: P₂O₅: K₂O= 15: 15: 15, 侧沟施用; (2) 追肥种类为尿素, 含 N 46%, 分拔节、大口、开花 3 期追施, 3 期分配比例为 25%, 50%, 25%; (3) 灌水量按 9 次平均分配, 苗期 2 次、穗期 3 次、花粒期 4 次。

2 结果与分析

2.1 不同肥水组合产量构成比较

由表 2 看出, 3 种肥量水平下子粒产量均随灌水量的递增而增加。表明增加灌水量可提高肥效, 有利于夏玉米产量的提高。但不同肥量水平水量递增的效应不同, 高肥条件下, 效应递增幅度最大, 3 种水量产量差异极显著, 表现出高肥高水的显著互作效应, 产量水平达到 14 145 kg/ hm²; 中、低肥条件下, 高水与中水的产量差异不显著。表明中、低肥量条件下高水量的增产效应甚微。从不同肥水组合的产量构成看, 肥多水多产量性状优, 增产幅度大, 达超高产水平; 肥少水多, 增产幅度小; 肥多水少严重减产; 肥少水少产量最低。

表 2 不同肥水组合产量构成比较

肥水组合	穗数 (穗/ hm ²)	穗粒数	千粒重 (g)	穗粒重 (g)	生物产量 (kg/ hm ²)	子粒产量 (kg/ hm ²)	经济系数
高肥高水	72 000	525. 0a	374. 2a	196. 5a	25 717. 5a	14 145. 0a	0. 55a
高肥中水	72 000	499. 8b	326. 3b	163. 1b	23 026. 5b	11 743. 5b	0. 51b
高肥低水	54 000	139. 9c	262. 0c	36. 7c	7 615. 5c	1 980. 0c	0. 26c
中肥高水	72 000	451. 0a	327. 0a	147. 5a	22 593. 0a	10 618. 5a	0. 47a
中肥中水	72 000	441. 8a	312. 0a	137. 9b	20 256. 0b	9 925. 5a	0. 49a
中肥低水	64 500	227. 8b	195. 0b	44. 4b	9 241. 5c	2 865. 0b	0. 31b
低肥高水	72 000	308. 5a	315. 0a	97. 2a	15 900. 0a	6 996. 0a	0. 44a
低肥中水	72 000	297. 2a	299. 0a	88. 9a	13 911. 0a	6 399. 0a	0. 46a
低肥低水	52 500	146. 4b	210. 0b	30. 7b	7 686. 0b	1 614. 0b	0. 21b

2.2 不同肥水组合水分利用效率的比较

从表 3 可以看出, 耗水量主要受灌水量的影响, 与灌水量高度正相关(r= 0. 9865^{**}), 施肥量对耗水量亦有促进作用, 但其影响强度远低于灌水量, 施肥量对耗水量的促进主要是通过促进植株营养体扩大, 蒸腾量增加所致。生物产量和子粒产量随耗水量递增而增加, 这种趋势

在高肥条件下明显,而在中、低肥量条件下线性关系不明显。因此,从高产角度分析,增加施肥量,促进耗水量对生物产量和子粒产量具有明显正效应。比较不同肥水组合生物产量和子粒产量的耗水系数、水分利用效率可以看出,高肥中水耗水系数最低,水分利用率最高,分别为 0.33 mm/kg,0.65 mm/kg 和 3.02 kg/mm,1.54 kg/mm,产量水平达 11 743.5 kg/hm²;高肥条件下,高水量仍保持低耗水系数和高水分利用效率,分别达到 0.38 mm/kg,0.69 mm/kg 和 2.65 kg/mm,1.46 kg/mm,从而获得超高产水平;中、低肥条件下中水量的水分利用效率突出,产量水平较高;低肥高水利用率降低;高肥低水及低肥低水水分利用效率最低。可以认为,高肥中水是高产节水的最佳组合,高肥高水是超高产的最佳组合,中肥中水及低肥中水是低投入稳产高效率的最佳组合。

表 3 不同肥水组合耗水量、耗水系数及水分利用效率的比较

肥水组合	耗水量 (mm/hm ²)	生物产量		子粒产量	
		耗水系数 (mm/kg)	水分利用效率 (kg/mm)	耗水系数 (mm/kg)	水分利用效率 (kg/mm)
高肥高水	9 715.5	0.38b	2.65b	0.69a	1.46a
高肥中水	7 627.5	0.33a	3.02b	0.65a	1.54a
高肥低水	5 175.0	0.68a	1.47c	2.61b	0.38c
中肥高水	9 310.5	0.41b	2.43c	0.88b	1.14b
中肥中水	7 264.5	0.36c	2.79a	0.73c	1.37a
中肥低水	4 845.0	0.52a	1.91c	1.69a	0.59c
低肥高水	8 953.5	0.56b	1.78b	1.28b	0.78b
低肥中水	6 595.5	0.47c	2.11a	1.03c	0.97a
低肥低水	4 950.0	0.64a	1.55c	3.07a	0.33c

2.3 施肥量与灌水量对水分利用效率的效应

按施肥与灌水分类比较肥、水对水分利用效率的效应(表 4)。可以看出,3 种施肥量均

表 4 肥量与水量对子粒产量的水分利用效率、耗水系数及经济系数的效应

	低 肥			中 肥			高 肥		
	水分利用 效 率 (kg/mm)	耗 水 系 数 (mm/kg)	经 济 系 数	水分利用 效 率 (kg/mm)	耗 水 系 数 (mm/kg)	经 济 系 数	水分利用 效 率 (kg/mm)	耗 水 系 数 (mm/kg)	经 济 系 数
高水	0.76b	1.28b	0.44a	1.14b	0.88b	0.47a	1.46a	0.69b	0.55a
中水	0.97a	1.03c	0.46a	1.37a	0.73c	0.49a	1.54a	0.65b	0.51b
低水	0.33c	3.07a	0.21b	0.59c	1.69a	0.31b	0.38b	2.61a	0.26c

随灌水量的增加,水分利用效率提高,耗水系数下降,经济系数增高,且以中水量的效应最大,超过中水量后呈报酬递减的趋势,中、低肥条件下明显,高肥条件下不显著。表明,增加灌水量有利于提高水分利用效率,最佳水分利用效率的水量值为灌水量 7 500 mm/hm² 左右。增加水分伴随提高施肥量,可明显缓解报酬递减强度,保持高水分利用效率,获得最佳经济产量。

3 种水量伴随施肥量的增加,水分利用效率呈递增趋势。高、中水量条件下最大效率均出现在高肥量,呈明显的报酬递增,随施肥量增加水分利用效率和经济系数提高,耗水系数下降。低水条件下最大效率值出现在中肥量,高肥低肥均导致效率大减。表明高、中水量条件下增肥

是提高水分利用效率的有效手段之一。

2.4 不同肥水组合的经济效益分析

某一肥水组合效应的优劣,不能仅用产量高低来衡量,而要对经济效益做出综合评价。选取子粒产量、秸秆产量、水分生产率和耗水量作评判因素,建立评判矩阵,并取各行最大值为1,分别求出该行各元素与它的比值,则评判矩阵为:

高肥			中肥			低肥			
处理 1	处理 2	处理 3	处理 1	处理 2	处理 3	处理 1	处理 2	处理 3	
M _{4×9} =	14 145	11 745	1 980	10 620	9 930	2 865	6 990	6 405	1 620
	11 580	11 280	5 640	11 970	10 335	6 375	8 910	7 515	6 075
	1.46	1.54	0.38	1.14	1.37	0.59	0.78	0.97	0.33
	648	509	345	621	484	323	597	440	330
=	1.00	0.83	0.14	0.75	0.70	0.20	0.49	0.45	0.11
	0.97	0.94	0.47	1.00	0.86	0.53	0.74	0.63	0.51
	0.95	1.00	0.25	0.74	0.89	0.38	0.51	0.63	0.21
	1.00	0.79	0.53	0.96	0.75	0.50	0.92	0.68	0.51
									子粒产量(kg/ hm ²)
									秸秆产量(kg/ hm ²)
									水分生产率(kg/ mm)
									耗水量(mm)

上述因素在评判中的作用,取决于它们的权重,确定权重的原则按照各因素所有处理的平均值,分别计算其经济价值,子粒按 1.20 元/ kg, 秸秆 0.10 元/ kg, 耗水量 0.20 元/ mm、水分生产率按子粒价值的 1/2 计算,权重矩阵为:

$$L_{1 \times 4} = | 491 \times 1.20 \quad 590 \times 0.10 \quad 491 \times 1.20 \times 0.5 \quad 477 \times 0.2 |$$
$$= | 589 \quad 59 \quad 295 \quad 95 |$$

由于耗水量为支出项,应取负值,则: $L_{1 \times 4} = | 589 \quad 59 \quad 295 \quad - 95 |$ 。施肥量支出按市场价计算,高肥为 3 000.00 元/ hm², 中肥 1 500.00 元/ hm², 低肥 750.00 元/ hm²。将 $L_{1 \times 4}$ 和 $M_{4 \times 9}$ 相乘,扣除施肥量支出项,得综合评判结果为:

L _{1×4} × M _{4×9} =	高 肥			中 肥			低 肥		
	处理 1	处理 2	处理 3	处理 1	处理 2	处理 3	处理 1	处理 2	处理 3
	631.5	564.3	- 66.4	527.9	554.3	113.7	346.3	373.5	58.4

上述评判结果可以看出,高肥高水,经济效益最高;中肥及低肥配合中水,可获得中、低投入条件下最佳经济效益;中肥低水及低肥低水效益低;高肥低水为负效益。

3 讨论

本研究利用大型防雨设施池栽,严格定量定水定区计算,既不存在盆栽条件下的根系受限障碍,也不存在大田条件下降雨及地下水的干扰,所得数据可靠性强,两年结果的重演性高。

水分利用效率的高低决定于耗水量和产量,降低耗水量或者增加产量均可提高水分利用效率。从本研究的结果看,高肥中水通过前者提高水分利用效率,高肥高水则是通过后者来实现的。从高产高效目标出发,后一种途径易达目标,且能获得超高产量。从节水高产的目标出发,前一种途径更显重要。增加肥量与灌水量,均能有效地提高水分利用效率,但必须考虑其最大效率值。高、中水量条件下,增加肥量呈显著的报酬递增,以肥促水效果明显,最大效率值

为高肥量; 低水条件下, 中肥量为最大效率值。中、低肥量条件下, 中水量为最大效率值, 耗水量 $6\ 750 \sim 7\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 左右, 超过此限呈报酬递减。但在高肥量条件下, 仍表现为高水量高效率, 耗水量在 $9\ 750\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 左右。认为上述水分指标可作为不同施肥水平的灌水量依据。

经济效益取决于投入和产出量, 可以认为高肥高水量是一种高投入、高产出、高效益的肥水组合, 适应于地力、肥水等优越的条件; 高肥中水是高产、高水分利用效率的肥水组合, 是实现夏玉米节水高产的重要技术环节之一; 中肥中水、低肥中水是在较低投入条件下最佳经济效益的肥水组合。

参考文献:

- [1] 常 鸿. 玉米丰产灌溉效益[J]. 山东农业科学, 1998, (2): 11–14.
- [2] 王月福. 不同小麦品种经济合理肥水指标探讨[J]. 山东农业科学, 1998, (4): 7–10.
- [3] 华北平原作物水分胁迫与干旱研究课题组. 作物水分胁迫与干旱研究[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1991.

The Effects of Water Use Efficiency and Economic Benefit in Summer Corn Under Different Water Coordinating Fertilizer

DONG Xian wang, LIU Shi tang, TAO Shi rong

(Dryland Farming Research Institute, Laiyang Agronomy College, Laiyang Shandong 265200)

Abstract: Using pools in waterproof installation, set up two factor and three standard. The effects of water use efficiency and economic benefit in summer corn under different water use efficiency and economic benefit in summer corn under different water coordination fertilizer have been studied. The results show: the water use efficiencies under high fertilizer– low water, middle fertilizer– low water, low fertilizer– low water are lower; and economic benefit are no good; the water use efficiencies are higher under middle fertilizer– middle water, low fertilizer– middle water, it is the best coordination which reach steady yield and higher benefit; the water under efficiency is the highest under high fertilizer– middle water, but the consume water coefficient is the lowest, it is the best coordination which obtaining high yield and saving water; the water use efficiency and the economic benefit are the best, the yield surpass $13\ 500\ \text{kg}/\text{ha}$, it is the best coordination that realizes superhigh yield in summer corn under high fertilizer– high water.

Key words: Summer corn; Water coordinating fertilizer; Yield; Water use efficiency; Economic benefit