

不同灌水和施氮对河西绿洲春玉米生长、 产量和水分利用的影响

张 鹏,张富仓,吴立峰,李志军,周罕觅

(西北农林科技大学 旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 通过大田小区试验,设置8个不同生育期灌水处理:各生育期都灌水(CK)、苗期不灌水(I₁)、拔节期不灌水(I₂)、抽穗期不灌水(I₃)、灌浆成熟期不灌水(I₄)、苗期+抽穗期不灌水(I₁₃)、苗期+灌浆期不灌水(I₁₄)、拔节期+灌浆期不灌水(I₂₄)和4个氮肥水平:不施氮(ZN)、低氮(LN,60 kg N/hm²)、中氮(MN,120 kg N/hm²)和高氮(HN,180 kg N/hm²),研究了不同生育期灌水和施氮对春玉米生长、产量及水分利用效率(WUE)的影响。结果表明,任何一个生育期不灌水都降低春玉米的株高、叶面积、籽粒产量;灌水对苗期株高影响不显著,氮肥对各生育期株高影响均显著,水氮互作效应对苗期株高影响不显著;与处理CK相比较,处理I₂和处理I₂₄对株高的影响最大,最高降低了11.42%;灌水,氮肥和水氮互作效应对各生育期叶面积均有显著影响,但两生育期不灌水处理大于单生育期不灌水处理对叶面积的影响;而单生育期不灌水处理对叶面积的影响平均来说为灌水处理I₄>I₃>I₁>I₂,两生育期不灌水处理在施氮水平ZN、LN下I₁₃>I₁₄>I₂₄,而在施氮水平MN、HN下处理I₁₄与处理I₂₄差异不显著,却都大于处理I₁₃;灌水和氮素效应对玉米的千粒重、穗粒重、籽粒产量都有显著的影响;与处理CK相比较,处理I₃和处理I₁₃对籽粒产量的影响最大,最大降幅为28.76%;I₁和I₄高氮处理具有较高的产量和水分利用效率。

关键词: 春玉米;生育时期;株高;叶面积;籽粒产量;水分利用

中图分类号: S513.062;S513.071 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0137-07

河西绿洲内陆河灌区是甘肃省主要产粮区。近些年来,由于农业用水量的增加,地下水过度开采,农田不合理的灌溉和施肥制度使该地区农田水肥损失严重,水资源日益匮乏,农业生态环境日益恶化,严重影响了绿洲农业的可持续发展^[1]。目前该地区农田用水灌溉定额较大,特别是冬季储水灌溉,灌溉定额高达180 mm左右,串灌漫灌仍是当地的主要灌水方式。在春玉米生长季节,灌水次数多、灌水量大,灌水次数多达6~7次,次灌水量高达100 mm左右^[2]。农田作物施肥量也比较大,除磷、钾肥外,氮肥施用量高达360 kg N/hm²。这种灌溉施肥方式不仅造成土壤水的无效蒸发损失,还会引起灌溉水的深层渗漏,导致氮肥的大量淋湿和对地下水的污染,其负面效应已严重影响了流域的生态环境安全^[3~5]。因此,采用合理的灌水施肥制度,提高作物的水肥综合利用效率,对于改善该地区的农田水肥环境和增产增效有重要作用。近些年来,较多的学者就该地区作物的合理灌溉用水和施肥进行了大量的试验研究并取得了一定的成果^[6~12],但就灌溉和施肥结合对作物的生长和产量的影响研究较

少^[13~16]。本文通过在甘肃武威地区田间小区试验,研究了不同生育期灌水和施氮对春玉米的生长、产量和水分利用的影响,以期为该地区春玉米合理的灌溉和施氮提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2010年4月中旬~9月下旬在中国农业大学石羊河流域农业与生态节水试验站(37°57'20" N,102°50'50" E)进行。试验站位于甘肃省武威市凉州区,地处腾格里沙漠边缘。海拔1581 m,为大陆性温带干旱气候,该地区多年平均气温8℃,多年平均降水量为164.4 mm左右,年均蒸发量2000 mm,试验地土壤类型为灰钙质轻砂壤土,耕层土壤容重为1.25 g/cm³,田间持水量为21.3%(重量含水率),灌溉水源为地下水,矿化度0.71 g/L,地下水埋深30 m以上。土壤碱解氮含量50.3 mg/kg,有效磷含量3.82 mg/kg,有机质含量为8.9 g/kg,土壤pH值约为8.2。供试作物为春玉米,品种是东单11号。

试验处理设灌水处理与施氮量2个因素,施氮

收稿日期:2011-01-06

基金项目:国家自然科学基金项目(50879073);国家科技支撑计划(2007BAD88B10)

作者简介:张 鹏(1984—),男,陕西咸阳人,硕士,主要从事节水灌溉理论与技术的研究。E-mail: zhang1201peng@126.com。

通讯作者:张富仓(1962—),男,陕西武功人,教授、博士生导师,主要从事节水灌溉理论与技术的研究。E-mail: zhangfc@nwsuaf.edu.cn

万方数据

处理设 4 个氮素水平,分别为不施氮(ZN)、低氮(LN, 60 kg/hm²)、中氮(MN, 120 kg/hm²)和高氮(HN, 180 kg/hm²)。磷肥用过磷酸钙,所有处理均施 450 kg/hm² (含 P₂O₅ 16%)。灌水处理设 8 个水平,具体灌水处理见表 1。小区面积为 24 m² (4 m×6

m),试验为完全随机设计,共 32 个处理,重复 3 次。播种日期为 2010 年 4 月 22 日,收获日期为 2010 年 9 月 22 日。小区灌水方式用畦灌,灌水量由水表控制。

表 1 春玉米试验灌水处理情况

Table 1 Irrigation treatments of spring maize experiment

水分处理 Water treatments	灌水定额 Water quota (mm)				灌溉定额 Irrigation quota (mm)
	苗期 Seedling stage	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Heading stage	灌浆成熟期 Filling stage	
各个生育期都灌水(CK) Irrigation at the whole growth period (CK)	100	100	100	100	400
苗期不灌水(I ₁) No irrigation at seedling stage (I ₁)	—	100	100	100	
拔节期不灌水(I ₂) No irrigation at jointing stage (I ₂)	100	—	100	100	
抽穗期不灌水(I ₃) No irrigation at heading stage (I ₃)	100	100	—	100	300
灌浆成熟期不灌水(I ₄) No irrigation at filling stage (I ₄)	100	100	100	—	
苗期+抽穗期不灌水(I ₁₃) No irrigation at seedling stage and heading stage (I ₁₃)	—	100	—	100	
苗期+灌浆成熟期不灌水(I ₁₄) No irrigation at seedling stage and filling stage (I ₁₄)	—	100	100	—	200
拔节期+灌浆成熟期不灌水(I ₂₄) No irrigation at jointing stage and filling stage (I ₂₄)	100	—	100	—	

1.2 测定项目与方法

分别在玉米苗期(播后 40 天)、拔节期(播后 70 天)、抽穗期(播后 89 天)、灌浆成熟期(播后 128 天)取 5 株玉米,用直尺测定各处理植株的高度,用叶长×叶宽×0.75 测定叶面积。将样品 105℃ 杀青 30 min,然后 75℃~80℃ 烘至恒重,用 1/100 天平称重测定干物质。成熟期,每小区随机选取 10 株,将地上部全部收获,按秸秆和籽粒分开,风干后称重并计算籽粒产量。

1.3 数据分析

采用 SPSS 13.0 统计分析软件处理试验数据并进行方差分析,多重比较采用 Duncan 法 ($P < 0.05$ 显著水平和 $P < 0.01$ 极显著水平)。

2 结果与分析

2.1 不同生育期灌水和施氮对春玉米株高和叶面积的影响

由表 2 可以看出,灌水处理对苗期的株高影响不显著,而其它各生育期灌水处理对株高的影响均达到显著水平。氮素效应在各生育期对株高的影响也均达到显著水平。水氮交互效应对苗期的株高影

响不显著,对其它时期的株高均影响显著。可见苗期土壤水分满足玉米生长的需求,对灌水不敏感。

与全生育期灌水(CK)相比,苗期不灌水(I₁) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的株高分别降低了 9.48%、4.01%、7.98% 和 5.46%;拔节期不灌水(I₂) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的株高分别降低了 11.21%、11.13%、10.07% 和 7.95%;抽穗期不灌水(I₃) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的株高分别降低了 8.56%、7.12%、5.03% 和 4.21%;苗期+抽穗期不灌水(I₁₃) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的株高分别降低了 11.11%、6.32%、9.12% 和 10.82%;苗期+灌浆期不灌水(I₁₄) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的株高分别降低了 6.73%、5.32%、6.84% 和 7.85%;拔节期+灌浆期不灌水(I₂₄) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的株高分别降低了 11.42%、9.53%、8.45% 和 8.62%。与全生育期灌水处理(CK)相比较,拔节期不灌水(I₂)和拔节期+灌浆期不灌水(I₂₄)处理对株高的影响最大,最高降低了 11.42%,其次是苗期+抽穗期不灌水(I₁₃)。可见拔节期是春玉米水分敏感

期,该阶段水分亏缺会对作物的生长造成显著的影响,特别是营养生长如株高,导致植株矮小,这个时期必须进行灌溉。但是不同生育期灌水春玉米的株

高随施氮量的增加呈现增大趋势,可见施氮对河西绿洲地区春玉米株高有一定的补偿作用。

表2 不同生育期灌水和施氮对株高和叶面积的影响

Table 2 Effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilizer on plant height and leaf area of maize

水分处理 Water treatments	施氮水平 Nitrogen level	播种后天数 Days after sowing (d)							
		40		70		89		128	
		株高 Plant height (cm)	叶面积 Leaf area (cm ²)	株高 Plant height (cm)	叶面积 Leaf area (cm ²)	株高 Plant height (cm)	叶面积 Leaf area (cm ²)	株高 Plant height (cm)	叶面积 Leaf area (cm ²)
CK	ZN	84.10	883.16	220.50	5366.70	330.75	8670.49	327.00	5243.00
	LN	86.14	987.02	234.50	6759.46	333.67	9057.58	332.33	5444.12
	MN	89.13	1166.90	252.50	7789.88	354.00	9693.94	351.00	8385.36
	HN	91.11	1294.70	239.50	7188.34	348.20	11099.01	348.00	9602.58
I ₁	ZN	81.42	862.69	186.00	5087.06	296.67	7103.53	296.00	3451.19
	LN	83.65	857.31	208.50	5850.92	321.67	8762.21	319.00	4056.47
	MN	88.52	907.21	215.00	6402.07	329.33	9260.82	323.00	7024.99
	HN	89.69	876.77	224.50	6086.59	326.00	9992.71	329.00	8333.01
I ₂	ZN	81.92	856.51	201.75	5213.57	289.67	7436.87	290.33	4191.24
	LN	86.37	950.28	213.50	5782.55	296.00	8047.45	295.33	5206.24
	MN	87.10	1057.83	233.00	7268.42	318.33	8711.29	315.67	5807.73
	HN	89.85	1230.13	231.50	6954.71	324.00	9331.20	320.33	8503.48
I ₃	ZN	82.14	876.65	210.50	6119.46	299.67	7867.58	299.00	4427.97
	LN	86.39	895.28	216.50	6473.25	314.33	8498.15	308.67	4470.80
	MN	90.87	1313.40	248.00	7720.75	332.67	9563.72	333.33	5141.86
	HN	92.68	1065.03	242.00	7263.60	330.33	7599.11	333.33	8897.44
I ₄	ZN	80.56	879.70	214.50	5248.21	326.67	7214.41	308.33	4845.69
	LN	83.55	970.25	231.00	6633.96	338.33	8713.94	343.33	4242.55
	MN	88.04	1204.71	248.00	7772.16	359.00	9779.54	352.00	4943.17
	HN	90.63	1164.39	247.00	7091.04	351.00	10703.54	351.33	7239.71
I ₁₃	ZN	79.79	883.56	193.50	5027.80	291.33	7011.66	290.67	3226.26
	LN	83.75	943.71	218.50	5982.64	311.67	7766.82	311.33	3203.84
	MN	88.09	993.29	220.00	6400.82	322.00	8248.75	319.00	6919.66
	HN	89.82	955.06	210.50	6297.24	317.33	9285.04	310.33	7598.83
I ₁₄	ZN	82.69	940.05	194.00	4987.06	303.33	7714.88	305.00	6357.53
	LN	85.04	907.95	230.50	5946.67	315.67	8975.80	314.67	6332.62
	MN	86.49	894.06	220.50	6583.79	330.33	9380.51	327.00	4136.31
	HN	88.89	899.81	219.00	6154.90	323.33	8978.79	320.67	3517.78
I ₂₄	ZN	80.73	938.74	211.00	5045.72	290.00	7627.22	289.67	4452.68
	LN	87.44	953.41	239.50	6236.15	301.67	8110.79	300.67	5907.77
	MN	87.71	1101.38	246.00	7266.12	323.00	8756.07	321.33	4127.10
	HN	92.35	1145.74	239.00	6799.79	323.00	9559.21	318.00	3546.29

灌水处理对各生育期叶面积的影响均达到显著水平。氮素效应在各生育期对叶面积的影响也均达到显著水平。水氮互作效应对各生育期叶面积的影响也均达到显著水平。可见灌水和施肥处理对河西

绿洲地区春玉米叶面积都不可或缺。全生育期灌水(CK)相比,苗期不灌水(I₁)(播后第128天)ZN、LN、MN、HN处理春玉米的叶面积分别降低了34.18%、25.49%、16.22%和13.22%;拔节期不灌水(I₂)(播

后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的叶面积分别降低了 20.06%、4.37%、30.74% 和 11.45%；抽穗期不灌水 (I_3) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的叶面积分别降低了 15.55%、17.78%、38.68% 和 7.34%；灌浆期不灌水 (I_4) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的叶面积分别降低了 7.58%、22.07%、41.05% 和 24.61%；苗期+抽穗期不灌水 (I_{13}) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的叶面积分别降低了 38.47%、41.15%、17.48% 和 20.87%；苗期+灌浆期不灌水 (I_{14}) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的叶面积分别降低了 21.26%、16.32%、50.67% 和 63.37%；拔节期+灌浆期不灌水 (I_{24}) (播后第 128 天)ZN、LN、MN、HN 处理春玉米的叶面积分别降低了 12.71%、8.52%、50.78% 和 63.07%。总的来说,两生育期不灌水处理对叶面积的影响大于单生育期不灌水处理,说明各生育期灌水对春玉米叶面积均有影响。而单生育期不灌水处理对叶面积的平均影响水平来说 $I_4 > I_3 > I_1 > I_2$,在春玉米成熟期灌水能延缓叶片衰老。两生育期不灌水处理在施氮水平 ZN、LN 下 $I_{13} > I_{14} > I_{24}$ ；而在施氮水平 MN、HN 下 I_{14} 与 I_{24} 差异不显著,却都大于 I_{13} 。

2.2 不同灌水和施氮对夏玉米产量及其构成因素和水分利用效率的影响

2.2.1 不同灌水和施氮对春玉米产量及其构成因素的影响

水分和氮素不足都会造成春玉米的减产,不同生育期灌水和施氮对玉米产量的影响程度是不同的。从表 4 的方差分析可以看出,灌水和氮素效应对玉米的穗重、穗粒重、籽粒产量均达到显著水平,氮素效应对穗长的影响达到显著差异。且随着施氮量的增加产量的各构成因素呈增加的趋势。

由表 3 可以看出,在施氮水平 HN 下全生育期灌水籽粒产量最高,达到 13 100 kg/hm²。与全生育期灌水(CK)相比较,苗期不灌水 (I_1)、拔节期不灌水 (I_2)、抽穗期不灌水 (I_3)、灌浆期不灌水 (I_4)、苗期+抽穗期不灌水 (I_{13})、苗期+灌浆期不灌水 (I_{14})、拔节期+灌浆期不灌水 (I_{24}) 条件下 ZN、LN、MN、HN 处理春玉米籽粒产量分别减少了 5.09%、2.30%、4.95%、3.09%；7.5%、7.29%、11.44%、6.33%；19.75%、22.05%、24.09%、24.46%；5.38%、6.32%、9.27%、1.60%；25.39%、24.74%、26.72%、28.76%；11.98%、13.81%、18.58%、19.15% 和 14.28%、13.98%、16.02%、16.51%。与全生育期灌水处理(CK)相比较,抽穗期不灌水 (I_3) 和苗期+抽

穗期不灌水 (I_{13}) 处理对籽粒产量的影响最大,最高降低了 28.76%。说明抽穗时期是玉米的水分敏感期,对水分需求很高。相同灌水水平下籽粒产量随施氮量增加而增大,说明一定范围内氮肥有利增产。而地上部干物质质量与籽粒产量有着相近的变化规律。

与全生育期灌水(CK)相比较,苗期不灌水 (I_1)、拔节期不灌水 (I_2)、抽穗期不灌水 (I_3)、灌浆期不灌水 (I_4)、苗期+抽穗期不灌水 (I_{13})、苗期+灌浆期不灌水 (I_{14})、拔节期+灌浆期不灌水 (I_{24}) 条件下 ZN、LN、MN、HN 处理春玉米千粒重分别减少了 3.59%、0.97%、1.62%、5.19%；6.73%、9.41%、1.12%、3.63%；11.82%、3.31%、3.67%、5.70%；13.02%、15.89%、12.86%、17.78%；16.42%、9.31%、9.65%、15.50%；15.30%、14.64%、12.50%、15.10% 和 19.39%、18.78%、8.98%、14.95%。可以看出灌浆期不灌水 (I_4) 和拔节期+灌浆期不灌水 (I_{24}) 处理对春玉米千粒重的影响较大,且表现为两个生育期不灌水处理要大于单个生育期不灌水处理。以上分析还表明,同一灌水处理条件下施氮量较低或较高都对千粒重有明显降低作用。

2.2.2 不同灌水和施氮对春玉米水分利用效率的影响

灌水和施氮水平对灌溉水利用效率影响显著。与全生育期灌水(CK)相比较,苗期不灌水 (I_1)、拔节期不灌水 (I_2)、抽穗期不灌水 (I_3)、灌浆期不灌水 (I_4)、苗期+抽穗期不灌水 (I_{13})、苗期+灌浆期不灌水 (I_{14})、拔节期+灌浆期不灌水 (I_{24}) 条件下 NZ、NL、NM、NH 处理夏玉米灌溉水利用效率增加了 26.55%、30.26%、26.74%、29.21%；23.33%、23.62%、18.07%、24.89%；7.00%、3.94%、1.21%、0.72%；26.16%、24.91%、20.97%、31.20%；49.22%、50.51%、46.56%、42.48%；76.03%、72.38%、62.83%、61.69%；71.44%、72.03%、67.97%、66.99%；在不同施氮条件下,全生育期灌水的灌溉水利用效率均低于其他各灌水处理,各灌水处理的灌溉水利用效率与对照相比增加的幅度随着施氮量的增加而增加,且表现为两个生育期不灌水处理要大于单个生育期不灌水处理,单个生育期不灌水处理的灌溉水利用效率与对照相比灌浆成熟期不灌水 I_4 处理增加的幅度最大,两个生育期不灌水处理的灌溉水利用效率与对照相比拔节期+灌浆期不灌水 (I_{24}) 增加的幅度最大。 I_1 和 I_4 高氮处理具有较高的产量和水分利用效率。

表3 不同生育期灌水和施氮对春玉米产量及构成因素的影响

Table 3 Effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilizer on yield of spring maize

水分处理 Water treatments	施氮水平 Nitrogen level	穗长 Spike length (cm)	穗粗 Spike thickness (mm)	穗粒重 Grain weight per spike (g)	千粒重 1000-grain weight (g)	籽粒产量 Grain yield (kg/hm ²)	灌溉水分 利用效率 IWUE (kg/m ³)
CK	ZN	21.63fgh	58.79c	134.07kl	263.50hijk	9950.56j	27.64v
	LN	20.90hijk	56.66ghi	144.08ij	277.27def	11116.83ef	30.88t
	MN	23.45bc	60.10b	196.30d	288.22c	12407.55c	34.47r
	HN	23.66ab	62.08a	228.16a	318.19a	13100.54a	36.39q
I ₁	ZN	20.80hijk	55.33jklm	129.93l	254.03lm	9444.31kl	34.98r
	LN	20.67ijkl	55.91ijkl	136.55kl	274.57efg	10860.65g	40.22o
	MN	22.65cde	57.54defg	178.98e	283.57cd	11793.65d	43.68l
	HN	24.43a	60.97b	215.38b	301.67b	12695.14b	47.02ij
I ₂	ZN	18.79q	55.09lm	123.23m	245.77n	9204.33mn	34.09r
	LN	20.58ijkm	55.20klm	135.74kl	251.17mn	10306.59i	38.17p
	MN	22.99bcd	57.90cdef	190.07d	285.00c	10987.54fg	40.69no
	HN	23.62ab	58.61cd	207.29c	306.64b	12271.42c	45.45k
I ₃	ZN	18.89pq	54.26m	104.09pqr	232.37op	7985.63r	29.58u
	LN	19.70mnopq	55.20klm	120.16mn	268.10ghij	8665.95op	32.10s
	MN	21.42fghi	57.39efgh	151.48h	277.65de	9418.03klm	34.88r
	HN	22.06ef	57.01efghi	172.07efg	300.04b	9896.55j	36.65q
I ₄	ZN	19.83lmnop	56.44ghij	106.17pq	229.20pq	9415.47klm	34.87r
	LN	16.84r	46.00p	115.09no	233.20op	10414.74hi	38.57p
	MN	18.80q	49.71n	147.26hi	251.17mn	11257.36e	41.69m
	HN	21.08ghijk	50.55n	176.00ef	261.63jk	12890.57b	47.74hi
I ₁₃	ZN	19.28opq	54.26m	97.55r	220.23r	7423.87s	41.24mn
	LN	21.64fgh	56.30hijk	106.95pq	251.47mn	8366.03q	46.48j
	MN	22.58cde	58.05cde	132.52l	260.40kl	9092.44n	50.51g
	HN	21.85efg	56.20ijkl	169.67fg	268.86ghi	9332.72lm	51.85f
I ₁₄	ZN	21.31fghij	56.77ghi	102.75qr	223.19qr	8758.15o	48.66h
	LN	22.25def	56.85fghi	110.95op	236.67o	9581.55k	53.23e
	MN	19.75lmnop	54.46m	139.69jk	252.19mn	10101.92j	56.12d
	HN	20.64ijklm	49.74n	172.33efg	270.13gh	10591.42h	58.84b
I ₂₄	ZN	20.15klmno	55.98ijkl	98.27r	212.40s	8529.82pq	47.39ij
	LN	20.39jklmn	56.67ghi	108.81opq	225.20qr	9562.38k	53.12e
	MN	19.60nopq	50.72n	131.35l	262.33ijk	10420.37hi	57.89c
	HN	19.05pq	47.02o	166.03g	270.63fgh	10938.07fg	60.77a
显著性检验 (<i>F</i> 值) Significance level (<i>F</i> value)							
水分 Water		58.737 **	248.021 **	302.646 **	236.282 **	980.573 **	2660.777 **
氮素 Nitrogen		77.814 **	13.809 **	1894.934 **	777.247 **	2062.873 **	1559.410 **
水分×氮素 Water×nitrogen		20.432 **	78.659 **	9.508 **	10.837 **	20.957 **	10.551 **

3 结论与讨论

本文的研究表明,灌水对株高(除苗期)和叶面积均影响显著,与全生育期都灌水(CK)比较,拔节期不灌水(水分数据)和拔节期+灌浆期不灌水(I₂₄)对玉米

株高的影响最大。两生育期不灌水处理对叶面积的影响大于单生育期不灌水处理,缺水会影响营养体生长。这说明拔节期是春玉米水分敏感期,该阶段水分亏缺会对作物的生长造成显著的影响,特别是营养生长如株高和叶面积,导致植株体型矮小^[17],

任一生育期不灌水都会加速春玉米叶片衰老^[18]。

相同施氮水平下,与全生育期都灌水(CK)比较,苗期不灌水处理(I₁)对产量影响最小,产量仅降低 3.86%;但抽穗期不灌水(I₂)和苗期+抽穗期不灌水(I₁₃)处理对产量的影响最大,分别降低 22.59% 和 26.41%。而较多的研究表明,在降雨量较多的干旱地区,灌溉对玉米的穗重、穗粒重、籽粒产量都有显著的影响。任何一个生育期不灌水均会降低春玉米籽粒产量,而抽穗期最为明显^[18,19],这与本研究基本一致。说明在武威地区进行冬灌后,苗期灌水对春玉米产量影响较小,可以酌情灌溉,但抽穗期依然是春玉米营养生长最旺盛时期,对水分需求很敏感,必须进行灌溉。

在现有的水资源条件下,提高农田养分供应水平是旱区农田作物增产的主要途径,特别是氮素^[20]。在河西绿洲灌区,限制玉米生长的主要养分是土壤氮素,本文的研究表明,施氮对株高和叶面积都影响显著。单生育期不灌水处理下株高、叶面积和产量都随施氮量增加而增大;而两生育期不灌水处理下高氮的株高和叶面积反而小,产量与中氮影响基本一致。可能是在灌水不足情况下,过多的氮素供应反而不利于春玉米的生长^[21]。

在干旱地区,合理的水分和养分投入及协调供应,才能对作物起到“以肥调水”、“以水促肥”的作用^[22]。本试验的分析表明,各灌水处理的灌溉水利用效率均高于 CK,且随着施氮量的增加而增加,说明适度水分胁迫有利于水分利用效率的提高^[14~16]。但是灌水利用率增加是以牺牲产量为代价的^[22],春玉米不同生育时期水分和施氮量的优化组合既是提高水分利用效率的关键,也是提高产量的关键。武威地区冬灌后春玉米在苗期不灌水,施氮量为 180 kg/hm² (即在 HN 水平下采用 I₁ 灌水处理)时既可保持丰产,也能提高水分利用效率。

本研究仅在甘肃河西绿洲区就不同生育期灌水和施氮对春玉米生长、产量及灌溉水分利用的影响进行了初步探讨,以上结论还有待进一步研究验证,以期得到更精确的结果。

参考文献:

- [1] 马国军,刘君娣,林 栋,等.石羊河流域水资源利用现状及生态环境效应[J].中国沙漠,2008,28(3):592—597.
- [2] 邓西平,山 仑.旱地春小麦对有效灌溉水高效利用的研究

[J].干旱地区农业研究,1995,13(3):42—46.

- [3] 袁生禄.石羊河流域水资源大规模开发对生态环境的影响[J].干旱地区资源与环境,1991,5(3):44—51.
- [4] 陈梦熊,马凤山.中国地下水资源与环境[M].北京:地震出版社,2002:138—142.
- [5] 陈隆亨,曲耀光.河西地区水土资源及其合理开发利用[M].北京:科学出版社,1992:143—158.
- [6] 邓西平,山 仑.旱地春小麦对有效灌溉水高效利用的研究[J].干旱地区农业研究,1995,13(3):42—46.
- [7] Kang E S. Review and prospect of hydrological studies in cold and arid regions of China[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000,22(2):178—188.
- [8] 杜太生,康绍忠,王振昌,等.隔沟交替灌溉对棉花生长、产量和水分利用效率的调控效应[J].作物学报,2007,33(12):1982—1990.
- [9] 张振华,蔡焕杰,杨润亚,等.膜下滴灌棉花产量和品质与作物缺水指标的关系研究[J].农业工程学报,2005,21(6):26—29.
- [10] 康绍忠.作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2000:3—3.
- [11] 王 锋,康绍忠,王振昌.甘肃民勤荒漠绿洲区调亏灌溉对西瓜水分利用效率、产量与品质的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(4):123—129.
- [12] Zhang Buchong, Li Fengmin, Huang Gaobao, et al. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area[J]. Agricultural Water Management, 2006,79:28—42.
- [13] 李世清,李生秀.水肥配合对玉米产量和肥料效果的影响[J].干旱地区农业研究,1994,12(1):47—57.
- [14] 刘秀珍,张闯军,杜慧玲.水肥交互作用对间作玉米、大豆产量的影响研究[J].中国生态农业学报,2004,12(3):75—77.
- [15] 王艳玲,王鸿斌,赵兰坡.吉林省西部盐化黑钙土区芝麻水肥耦合效应研究[J].土壤通报,2004,35(4):430—434.
- [16] 虞 娜,张玉龙,黄 毅,等.温室滴灌施肥条件下水肥耦合对番茄产量影响的研究[J].土壤通报,2003,34(3):179—183.
- [17] 肖俊夫,刘战东,南纪琴,等.不同水分处理对春玉米生态指标、耗水量及产量的影响[J].玉米科学,2010,18(6):94—97,101.
- [18] 祁有玲,张富仓,李开峰.不同生育期水分亏缺及氮营养对冬小麦生长和产量的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(1):24—27.
- [19] 王 琦,李锋瑞,赵文智.黑河绿洲新垦沙地农田灌溉与施氮量对春小麦产量及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2007,23(12):51—57.
- [20] 杨 涛,梁宗锁,薛吉全,等.不同玉米品种水分利用效率的差异性研究[J].农业工程学报,2005,21(10):21—25.
- [21] 雷 艳,张富仓,寇雯萍.不同生育期水分亏缺和施氮对冬小麦产量及水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(5):167—174.
- [22] 刘晓宏,肖洪浪,赵菊良.不同水肥条件下春小麦耗水量和水分利用率[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):56—59.

Effect of different irrigation and nitrogen fertilizer on spring maize growth , yield and water use

ZHANG Peng , ZHANG Fu-cang , WU Li-feng , LI Zhi-jun , ZHOU Han-mi

(Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas , Ministry of Education , Northwest A & F University , Yangling , 712100 , Shaanxi , China)

Abstract: A field experiment was conducted to study the effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilizer on spring maize growth , yield and water use efficiency . The experiment included eight irrigation treatments ; irrigation at the whole growth period (CK) , no irrigation at seedling stage (I_1) , no irrigation at jointing stage (I_2) , no irrigation at heading stage (I_3) , no irrigation at filling stage (I_4) , no irrigation at seedling stage and heading stage (I_{13}) , no irrigation at seedling stage and filling stage (I_{14}) , no irrigation at jointing stage and heading stage (I_{24}) and four nitrogen levels : non-nitrogen (ZN) , low nitrogen (LN , 60 kg N/hm^2) , medium nitrogen (HN , 120 kg N/hm^2) , high nitrogen (HN , 180 kg N/hm^2) . The results showed that no irrigation in any of the growth stages reduced spring maize plant height , leaf area and grain yield . Irrigation treatment at seedling stage had significant effect on plant height . Nitrogen fertilizer treatment at the whole growth stage had significant effect on the plant height . But water and nitrogen interaction at seedling stage had no significant effect on the plant height . Compared with the treatment of irrigation at whole growth stages (CK) , the treatments I_2 and I_{24} had the greatest impact on plant height , reduced it by 11.42% at most . Irrigation treatments , nitrogen fertilizer treatments and water and nitrogen interaction at the whole growth stage had significant effect on leaf area . However , the effect of no irrigation treatment of the two growth stages on leaf area is greater than no irrigation treatment of single growth stage . The effect of no irrigation treatment of single growth stage on leaf area was $I_4 > I_3 > I_1 > I_2$. The effect of no irrigation treatment of the two growth stages at the nitrogen level ZN , LN was $I_{13} > I_{14} > I_{24}$, but at the nitrogen level MN , HN was $I_{24} = I_{14} > I_{13}$. Irrigation treatments and nitrogen fertilizer treatments both had significant effect on 1000-grain weight , grain weight per spike and grain yield . Compared with the CK , I_3 and I_{13} had the greatest impact on grain yield , and the largest drop was 28.76% . I_1 and I_4 had high yield and water use efficiency at high level of nitrogen fertilizer treatment .

Keywords: spring maize growth stages ; plant height ; leaf area ; grain yield ; water use