

磁化水滴灌对土壤盐分及玉米产量品质的影响^①

王洪波^{1,2}, 王成福³, 吴旭⁴, 乔木^{1*}, 周生斌¹, 闫曼曼¹

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所/荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 乌鲁木齐 830011; 2 中国科学院大学, 北京 100049;

3 新疆维吾尔自治区水利科技推广总站, 乌鲁木齐 830011; 4 新疆维吾尔自治区水利厅, 乌鲁木齐 830000)

摘要:以玉米为对象, 研究不同强度磁化水灌溉对玉米产量、品质及生长状况的影响, 并结合土壤盐分和养分的变化情况, 探寻磁化水玉米增产提质的最佳磁化强度。结果表明: 磁化水灌溉能够有效提高土壤盐分淋洗效率, 加速对盐分的淋洗作用, 磁化水灌溉可有效促进玉米产量的增加及品质的提升, 以 1 200 ~ 2 400 Gs 效果最佳。磁化水灌溉使玉米产量增加了 4% ~ 16.2%。磁化处理的可溶性糖、蛋白质及淀粉含量分别较 CK 提升了 1.4% ~ 38.2%、11.7% ~ 39.6%、9.6% ~ 12.8%。这些结果不仅表明磁化水有效地促进玉米植株的生长及产量、品质的提升, 也可以作为一种技术方法大面积推广。

关键词: 磁化水; 滴灌; 玉米; 土壤盐分; 产量; 品质

中图分类号: S156.4 **文献标识码:** A

玛纳斯河流域的农业发展具有较大的潜力, 但气候干旱、降水稀少、水资源供需紧张, 又在一定程度上制约了当地农业的生产。如何在水量一定的前提下, 保证农作物增产增效, 是保持本区生态环境稳定急需解决的问题^[1]。磁化水灌溉可有效地提升作物的产量及品质; 20 世纪中期以来, 在我国便开展了农业磁化水灌溉技术, 并取得了巨大经济效益和技术突破; 在新建膜下滴灌技术条件下, 磁化水脱盐抑盐的效果非常显著^[2], 但并未得到大面积推广。所谓磁化水, 是以一定的速度通过磁场, 垂直切割磁力线被磁场磁化的水^[3]。灌溉水被磁化后, 水的结构发生了变化^[4], 水表面张力系数降低^[5-7], 变成单个而有活力的小分子团, 这种变小的分子团在细胞代谢过程中具有更强的渗透性, 溶解性增强, 在灌溉中促进了矿物质溶解和植物根系吸收以及植物的生长^[8-10]。水经过磁化后其理化性质发生了改变, 对作物的生长有了积极影响^[11]。利用这一原理, 在水稻、大豆以及小麦等农作物上取得了显著成果^[12-15]。但是在玉米的研究上存在不足, 未具体探索不同磁场强度对玉米产量品质的影响, 以及产量增加并不显著等缺点。本文旨在研究不同磁化强度条件下磁化水对玉米产量品质的影响, 并根据玉米的生长发育、产量品质及土壤盐分、

养分等参数的结果, 探索出适宜于玉米灌溉管理的最佳磁场强度。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

2016 年初选择了玛纳斯县乐土驿镇上庄子村 18.7 hm² 为试验区, 进行了玉米磁化水滴灌丰产技术的布局试验。该试验区特点是条田走向, 地表平坦, 肥力相对较高, 地理坐标为 86°28' E, 44°13' N, 属于干旱半干旱气候区。该地区年平均降水量 181.1 mm, 年平均蒸发量 1 803.5 mm。选取生育期为 156 d 的制种玉米, 于 2016 年 4 月 17 日进行播种, 9 月 20 日收获。供试土壤盐分含量为 0.58 g/kg, 全氮 73.12 mg/kg, 有效磷 9.45 mg/kg, 速效钾 356 mg/kg。

1.2 试验设计

试验磁化装置是包头磁性材料厂生产的农用磁化器, 试验选取磁场强度为 1 200、2 400、3 600 Gs 的 3 组磁化器, 滴头流量 50 L/h。试验设计 3 个磁场强度 1 200、2 400、3 600 Gs 及 CK(无磁化), 每处理 3 次重复。试验采取随机区组设计及依据农田特点, 将磁化器按 N 至 S 极垂直切割水流方向连接于主管与支管接口处。据此构建成磁化滴灌试验和对照(CK)

基金项目: 新疆水利科技项目(Y652201001)资助。

* 通讯作者(qiaomu@ms.xjb.ac.cn)

作者简介: 王洪波(1992—), 女, 黑龙江人, 硕士研究生, 主要从事土壤化学研究。E-mail: 2467727742@qq.com

常规滴灌对比2个小区,其他田间管理措施同大田。在玉米生长至果实成熟期严格地控制灌溉水量,于5月23日、6月7日、6月16日、7月3日、7月15日、7月26日、8月5日、8月19日进行灌水,共灌水8次,总灌溉量 $6\,000\text{ m}^3/\text{hm}^2$,灌水下限为田间持水量的65%。施肥采用基肥为主、追肥为辅原则,耕作前施基肥,每公顷施入尿素250 kg,磷酸二氢氮510 kg。随灌水施肥1次,在拔节期每公顷施入尿素190 kg。

1.3 试验测定方法

1.3.1 土壤含水率的测定 分别在谷子生长发育的幼苗期(6月7日)、拔节期(6月16日)及抽穗成熟期(7月26日)的灌前一天和灌后第三天,用土钻取0~30 cm土层土样。迅速带回称量其土样湿重后,在105℃的烘箱内烘干至恒重测其干重,计算土壤含水率,每处理重复3次,最终测其平均值。最终土壤含水率计算公式如下:

$$W = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100 \quad (1)$$

式中: W 为土壤含水率(%); W_1 为土壤湿重(g); W_2 为土壤干重(g)。

1.3.2 土壤盐分及土壤养分的测定 在播种前(4月15日)及收获后(9月22日),用土钻取0~30 cm土层土样。土壤样品经风干后过1 mm和0.25 mm筛,利用离子色谱仪、电感耦合等离子发射光谱、DDSJ-308A型电导率仪、梅特勒G20型电位滴定仪测定土壤总盐、八大盐离子的含量。土壤养分交由中国科学院新疆生态与地理研究所中心实验室测定。每处理重复3次,最终测其土壤盐分及土壤养分的平均值。

1.3.3 玉米株高、叶片的测定 采用定点定株的方式,在玉米生长发育的关键时期(幼苗期、拔节期、抽穗期),对玉米进行监测。每处理定3个点,每点选代表性的玉米植株5株,共15株做定点定株调查,最终每处理取平均值进行比较分析。

1.3.4 玉米产量的计算 每个处理随机取3个样点,每个样点取 6.67 m^2 ,对长势不均匀的试验田视情况适当增加样点数。每个样点选取有代表性的双行,实数收获穗数,计算每公顷收获穗数;每个样点内随机抓取10个穗,计数平均穗粒数。将10穗脱粒,查取1000粒称重,重复3次,求取平均值计为千粒重。最终产量计算公式如下:

$$Y = S \times G \times W \times 0.85 \times 10^{-6} \quad (2)$$

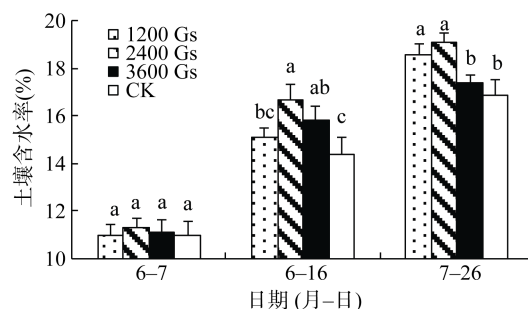
式中: Y 为产量(kg/hm^2); S 为穗数(个/ hm^2); G 为穗粒数(个); W 为千粒重(g); 0.85是历史多年实际产量与理论产量计算的比值。

1.3.5 玉米品质的测定 采用HASS便携式溶解氧测定仪测定玉米穗粒可溶性糖含量,蛋白质含量由FOSS全自动定氮仪测定。

2 结果与分析

2.1 磁化水滴灌对土壤含水率的影响

由图1可知,3个时期的监测数据均表现为磁化处理的土壤含水率高于对照组,各时期均表现为2400 Gs处理最佳。在幼苗期(6月7日为例),各处理间差异不显著,磁化处理的土壤含水率均高于CK处理;在拔节期(6月16日为例),各磁化处理与CK处理间差异显著,2400 Gs与3600 Gs处理间不存在显著性差异,土壤含水率表现为:2400 Gs>3600 Gs>1200 Gs>CK,分别较CK提高了16.0%、9.7%、4.9%;在抽穗成熟期(7月26日为例),2400 Gs与1200 Gs间差异不显著,但与CK处理存在显著性差异,3600 Gs与CK处理不存在显著性差异,土壤含水率表现为:2400 Gs>1200 Gs>3600 Gs>CK,分别较CK提高了13.0%、10.1%、3.0%。结果表明:磁化处理可有效提高土壤含水率,2400 Gs处理效果最佳,在幼苗期、拔节期、抽穗成熟期分别较CK高2.7%、16.0%、13.0%。



(图柱上方小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平,下同)

图1 不同处理的土壤含水率变化(0~30 cm土层平均值)

Fig. 1 Soil moistures (average value of 0~30 cm) under drip irrigation with different magnetic water

2.2 磁化水滴灌对土壤盐分的影响

据表1可知,4个处理均可以降低土壤的总盐含量,是因为滴灌灌溉方式可以对土壤起到洗盐压盐作用。但磁化水灌溉对土壤的洗盐压盐效果更明显,磁化处理的土壤盐分脱盐率均高于CK(无磁化)。处理间脱盐率表现为:2400 Gs>3600 Gs>1200 Gs>CK,磁化处理脱盐率较CK分别提高了14.5%、11.7%、2.8%。磁化处理土壤中的 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 的含量均降低,但 HCO_3^- 的含量除2400 Gs处理表现为下降,其他处理 HCO_3^- 的含量均升高。 Na^+ 的含

量脱盐率表现为：2400 Gs>3600 Gs>1200 Gs>CK。
CO₃²⁻ 在本试验中含量微量。Cl⁻ 脱盐率以 2400 Gs
处理最佳，为 29.0%，较 CK 提高了 49.5%。各磁
化处理的土壤中 Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺ 的含量均表现为

降低，但 CK(无磁化)处理土壤中的 Mg²⁺、K⁺ 含量
表现为增加。结果表明：磁化水灌溉可以有效降低
土壤盐分含量，盐随水走，更多盐分被淋洗到耕作
层以下。

表 1 不同处理土壤盐分和八大离子的变化(0~30 cm 土层平均值)

Table1 Soil salinity and eight ions contents (average value of 0-30 cm) under drip irrigation with different magnetic water

处理	监测期	总盐 (g/kg)	SO ₄ ²⁻ (g/kg)	Cl ⁻ (g/kg)	Na ⁺ (g/kg)	HCO ₃ ⁻ (g/kg)	Ca ²⁺ (g/kg)	K ⁺ (g/kg)	Mg ²⁺ (g/kg)
3600 Gs	滴灌前	0.88	0.125 9	0.007 3	0.029 5	0.221 1	0.113 6	0.023 5	0.015 7
	滴灌后	0.71	0.041 1	0.005 4	0.019 5	0.263 1	0.092 2	0.016 0	0.013 8
	脱盐量	0.17	0.084 8	0.001 9	0.010 0	-0.042 0	0.021 4	0.007 5	0.001 9
	脱盐率(%)	19.3	67.4	26.0	33.9	-19.0	18.8	31.9	12.1
2400 Gs	滴灌前	0.87	0.142 3	0.006 2	0.028 1	0.260 7	0.116 0	0.022 2	0.016 4
	滴灌后	0.60	0.034 9	0.004 4	0.017 2	0.259 7	0.085 4	0.016 4	0.014 7
	脱盐量	0.27	0.107 4	0.001 8	0.010 9	0.001 0	0.030 6	0.005 8	0.001 7
	脱盐率(%)	31.0	75.5	29.0	38.8	0.4	26.4	26.1	10.4
1200 Gs	滴灌前	0.99	0.164	0.011 7	0.034 7	0.247 8	0.124 1	0.028 9	0.018 0
	滴灌后	0.71	0.037 1	0.005 6	0.026 7	0.305 0	0.100 1	0.020 9	0.016 9
	脱盐量	0.28	0.126 9	0.006 1	0.005 0	-0.057 2	0.024 0	0.008 0	0.001 1
	脱盐率(%)	28.2	77.4	52.1	23.1	-23.1	19.3	27.7	6.1
CK	滴灌前	0.85	0.125 6	0.007 2	0.037 6	0.246 8	0.108 6	0.019 5	0.014 4
	滴灌后	0.71	0.040 7	0.005 8	0.031 4	0.286 1	0.091 4	0.021 4	0.017 5
	脱盐量	0.14	0.084 9	0.001 4	0.006 2	-0.039 3	0.017 2	-0.001 9	-0.003 1
	脱盐率(%)	16.5	67.6	19.4	16.5	-15.9	15.8	-9.7	-21.5

注：CO₃²⁻ 微量未标注。

2.3 磁化水滴灌对土壤养分吸收的影响

试验测定结果(表 2)表明：磁化处理土壤中的碱解
氮、有效磷、速效钾、有机质含量的变化率均高于 CK
处理。有机质的变化率表现为：1200 Gs>2400 Gs>3600

Gs>CK，2400 Gs 处理有机质溶解率较 CK 提高了
67.4%。磁化处理的碱解氮、有效磷、速效钾含量的
变化率分别为 12.7%~14.5%、31.6%~54.3%、6.6%~
10.6%，均表现为：3600 Gs>2400 Gs>1200 Gs> CK。

表 2 不同处理的土壤养分变化(0~30 cm 土层平均值)

Table 2 Soil nutrient contents (average value of 0-30 cm) under drip irrigation with different magnetic water

处理	监测期	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
3600 Gs	滴灌前	15.35	77.34	9.96	378.70
	滴灌后	14.33	66.11	4.55	338.63
	变化量	1.02	11.23	5.41	40.07
	变化率(%)	6.6	14.5	54.3	10.6
2400 Gs	滴灌前	14.73	63.64	9.02	304.23
	滴灌后	13.60	54.77	5.77	281.91
	变化量	1.13	8.87	3.25	22.32
	变化率(%)	7.7	13.9	36.0	7.3
1200 Gs	滴灌前	14.54	90.23	9.87	391.96
	滴灌后	13.20	78.77	6.75	366.16
	变化量	1.34	11.46	3.12	25.80
	变化率(%)	9.2	12.7	31.6	6.6
CK	滴灌前	15.53	67.08	9.17	340.80
	滴灌后	14.81	63.88	6.66	323.29
	变化量	0.72	3.20	2.51	17.51
	变化率(%)	4.6	5.0	27.4	5.1

注：变化量=灌溉前量-灌溉后量。

2.4 磁化水滴灌对玉米生长发育的影响

由图2可以看出：在苗期(6月7日为例)及拔节时期(6月29日为例)，磁化处理的玉米株高、叶片数均高于对照组，但各处理间差异不显著，且叶片增加缓慢。在抽穗成熟期(7月13日为例)，株高表现为：3600 Gs>2400 Gs>1200 Gs>CK，分别较CK提高了11.5%、9.6%、8.0%，磁化处理与CK处理差异显著，

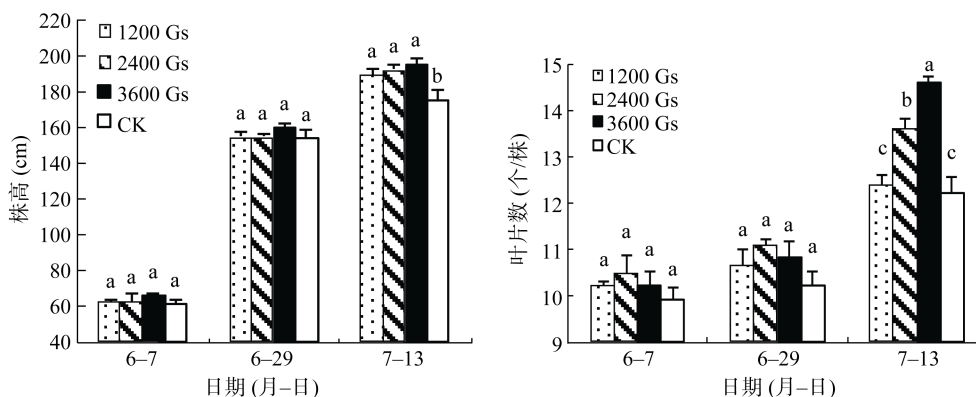


图2 不同处理对不同生育阶段玉米的株高和叶片数的影响

Fig. 2 Plant heights and leaf numbers at different maize growth stages under drip irrigation with different magnetic water

2.5 磁化水滴灌对玉米生物量的影响

图3显示，磁化处理的玉米地上部生物量均大于CK对照组，磁化处理与CK对照组间存在显著性差异，2400 Gs与1200 Gs、3600 Gs处理间差异显著，但1200 Gs与3600 Gs处理间不存在显著性差异。2400 Gs处理玉米植株的地上部生物量达到263.5 g/株，较CK提高了71.2%。1200 Gs处理和3600 Gs处理地上部生物量为216.3、209.1 g/株，较CK处理分别提高了40.5%和35.9%。结果表明：磁化处理均明显促进了玉米植株的地上部生物量的积累，进而有效促进玉米作物最终产量的形成，以2400 Gs处理最佳。

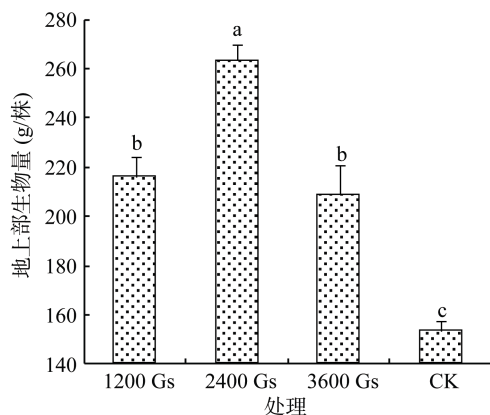


图3 不同处理玉米的地上部生物量

Fig. 3 Aboveground biomass of maize under drip irrigation with different magnetic water

但各磁化处理间不存在显著性差异；叶片数表现为：3600 Gs>2400 Gs>1200 Gs>CK，分别较CK提高了19.7%、11.5%、1.6%，3600 Gs、2400 Gs处理与CK处理差异显著，1200 Gs处理与CK处理间差异不显著，2400 Gs处理的叶片数比CK处理高11.5%。试验结果表明：磁化处理可以在一定程度上促进玉米植株的增长、叶片数的增加。

2.6 磁化水滴灌对玉米穗粒性状的影响

从调查的结果来看(表3)，磁化处理玉米的穗长及穗粗均高于CK对照组，经磁化处理玉米的秃尖长均低于CK处理，但各处理间均表现为差异不显著。磁化处理玉米的单穗粒重较CK处理增重23.2~41.2 g，磁化处理与CK处理之间差异显著，2400 Gs处理与1200 Gs、3600 Gs处理间差异性显著，但1200 Gs、3600 Gs处理间无显著性差异。单穗粒重表现为：2400 Gs>1200 Gs>3600 Gs>CK，分别较CK提高了45.8%、28.6%、25.8%。试验数据表明：磁化处理有利于促进玉米穗长、穗粗、单穗粒重的增加，并可一定程度上减少秃尖长度。

2.7 磁化水滴灌对玉米产量的影响

由表4看出，各磁化处理的玉米的产量与CK处理间均表现为显著性差异，2400 Gs处理与1200 Gs处理无显著性差异，但与3600 Gs处理差异显著。最终测产以2400 Gs处理最佳，产量为8182 kg/hm²，较CK提高了16.2%。1200 Gs与3600 Gs分别比CK处理提高了14.0%和4.0%。在穗粒数上，磁化处理均高于CK对照组，2400 Gs处理较1200 Gs、3600 Gs及CK处理分别提高了6.6%、8.8%和25.9%，各处理间差异不显著。穗数表现为：2400 Gs>1200 Gs>3600 Gs>CK，分别较CK提高了9.7%、8.1%、6.3%，各处理间不存在显著性差异。千粒重以2400 Gs最佳，为345.4 g，较

CK 提高 6.0%，各处理间差异不显著。数据分析结果表明：磁化水滴灌可有效提高玉米穗数、穗粒数、千粒重及产量，以 2400 Gs 处理最佳，1200 Gs 次之。

表 3 磁化水滴灌对玉米穗粒性状的影响
Table 3 Agronomic characters of maize under drip irrigation with different magnetic water

处理	穗长(cm)	穗粗(cm)	秃尖长度(cm)	穗粒重(g)
3600 Gs	15.9 ± 1.0 a	4.8 ± 0.1 a	1.5 ± 0.1 a	113.1 ± 8.0 b
2400 Gs	15.7 ± 0.8 a	4.7 ± 0.1 a	1.6 ± 0.2 a	131.1 ± 10.6 a
1200 Gs	17.2 ± 0.9 a	4.7 ± 0.1 a	1.7 ± 0.3 a	115.6 ± 3.6 b
CK	15.1 ± 0.2 a	4.6 ± 0.1 a	1.8 ± 0.2 a	89.9 ± 3.2 c

注：表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达 $P<0.05$ 显著水平，下表同。

表 4 磁化水滴灌对玉米产量的影响
Table 4 Maize yields under drip irrigation with different magnetic water

处理	穗数 (个/hm ²)	穗粒数	千粒重 (g)	产量(kg/hm ²)
3600 Gs	87 000 ± 7 611 a	302.6 ± 34.2 a	328.8 ± 7.8 a	7 322 ± 132 b
2400 Gs	89 750 ± 8 354 a	329.3 ± 5.2 a	345.4 ± 21.0 a	8 182 ± 91 a
1200 Gs	88 500 ± 650 a	308.9 ± 35.8 a	334.7 ± 5.1 a	8 028 ± 82 a
CK	81 835 ± 5 544 a	261.5 ± 21.1 a	325.9 ± 25.9 a	7 039 ± 127 c

2.8 磁化水滴灌对玉米品质的影响

由表 5 结果可知，2400 Gs 处理可溶性糖含量最高，为 1.99 g/kg，分别较 3600 Gs、1200 Gs、CK 提高了 36.3%、7.0% 和 38.2%；2400 Gs 处理与 1200 Gs 不存在显著性差异，但与 CK 处理之间差异显著，3600 Gs 处理与 CK 处理间差异不显著。蛋白质含量表现为：2400 Gs>1200 Gs>3600 Gs>CK，分别较 CK 提高了 39.6%、17.9%、11.7%，2400 Gs 与其他处理间差异显著。2400 Gs 处理淀粉含量最高，为 5.65 g/kg，较 CK 提高了 12.8%；1200 Gs 与 3600 Gs 分别较 CK 提高了 10.8% 和 9.6%；各磁化处理间不存在显著性差异，但与 CK 之间差异显著。试验数据表明：磁化水灌溉可以有效地提高玉米穗粒的品质，以 2400 Gs 最佳，1200 Gs 处理次之。

表 5 磁化水滴灌对玉米籽粒品质的影响
Table 5 Maize kernel qualities under drip irrigation with different magnetic water

处理	可溶性糖 (g/kg)	蛋白质 (g/kg)	淀粉 (g/kg)
3600 Gs	1.46 ± 0.101 b	55.5 ± 3.3 bc	5.49 ± 1.58 a
2400 Gs	1.99 ± 0.118 a	69.4 ± 3.7 a	5.65 ± 1.19 a
1200 Gs	1.86 ± 0.083 a	58.6 ± 4.0 b	5.55 ± 1.36 a
CK	1.44 ± 0.022 b	49.7 ± 2.8 c	5.01 ± 0.75 b

3 讨论

本试验结果表明：与非磁化水相比，磁化水灌溉可以提高土壤含水率，这与 Khoshravesh 等^[16]研究结

果一致。土壤含水率增加的原因：①水经过磁化后，连接水分子之间的氢键断裂，由大分子团簇变成二聚体或者单个水分子，所以水分子更易附着在土壤颗粒表面、更易渗透到土壤颗粒间隙中；②磁化水加速了土壤中的矿物质晶体的形成^[17]，这些在水中运动的晶体增加了土壤的渗透压，从而降低土壤水分的蒸发，因此有更多的水分留在土壤中。

磁化水灌溉的盐分淋洗效果明显高于普通灌溉水，这与郑德明等^[2]及张瑞喜等^[18]的研究结果相一致。普通灌溉水可以对土壤盐分进行淋洗^[19-20]，单效果不如磁化水显著，因此，在干旱地区使用磁化水灌溉淋洗可以起到事半功倍的效果。土壤盐分含量降低，可以减轻作物受到的盐害胁迫程度，在一定程度上增强了作物的生理活性^[21]，有利于作物产量的提高和品质的改善。

另外，磁化水处理自身也具有改善作物生理活性的功能，对作物增产增收具有一定作用^[22]。磁化处理在一定程度上促进玉米植株的增长、叶片数的增加，有利于促进玉米穗长、穗粗、单穗粒重的增加，有效地控制了秃尖长^[23-25]。叶片数的增多有效地增加了光合作用的有效面积，加强对太阳光的吸收利用，可更好地促进玉米植株养分的积累，在后期玉米干物质积累及品质的提升中发挥了重要作用。

磁化水灌溉提升了土壤含水率，降低土壤盐分，加速对土壤养分的溶解率，这些因素的相互作用，为玉米作物生长发育及最终产量、品质的提升奠定了基

础。但磁化强度不是越高越好,针对玉米作物产量以2400 Gs效果最佳,产量为8 182 kg/hm²,较CK提高了16.2%。品质表现为2400 Gs处理最佳,1200 Gs处理次之。3600 Gs对玉米株高、叶片数的提高表现最佳,但最终的玉米产量、品质低于2400 Gs处理、1200 Gs处理,因此3600 Gs处理的玉米植株属于徒劳增长,并未较高提高玉米产量及品质。因此,磁化水滴灌玉米作物,可以把磁化器的磁场强度限定为1200 Gs~2400 Gs。

4 结论

1)磁化水滴灌可有效提高土壤含水率、降低土壤盐分含量。

2)经磁化水灌溉的玉米植株,可有效提高玉米穗数、穗粒数、千粒重及产量,2400 Gs、1200 Gs与3600 Gs分别比CK处理提高了16.2%、14.0%和4.0%,以2400 Gs处理最佳。

3)经磁化水灌溉的玉米植株,磁化水灌溉可以有效地提高玉米籽粒品质,其可溶性糖含量较CK提高了1.4%~38.2%;蛋白质含量较CK提高了11.7%~39.6%;淀粉含量较CK提高了9.6%~12.8%。

4)综合分析土壤盐分、作物产量和品质因素,磁化水滴灌玉米,可以把磁化器的磁场强度限定为1200 Gs~2400 Gs。

参考文献:

- [1] 陆宝祖. 磁化水灌溉对棉花增产的效应研究[J]. 安徽农业通报, 2007, 13(7): 132, 92
- [2] 郑德明, 姜益娟, 柳维扬, 等. 膜下滴灌磁化水对棉田土壤的脱抑盐效果研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 494-497
- [3] 王艳红, 杨小刚. 磁化水处理技术及其在农业上的应用[J]. 农业工程, 2014, 4(5): 74-77
- [4] Toledo Evelyn J L, Ramalho T C, Magriotis Z M. Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water insights from experimental and theoretical models[J]. Journal of Molecular Structure, 2008, 888(1): 409-415
- [5] Pang X F, Deng B. The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field[J]. Physica B: Physics of Condensed Matter, 2008, 403(19): 3571-3577
- [6] 聂百胜, 丁翠, 李祥春, 等. 磁场对矿井水表面张力影响规律的实验研究[J]. 中国矿业大学学报, 2013, 42(1): 19-23
- [7] 聂百胜, 郭建华, 袁少飞, 等. 外加磁场与表面活性剂对水表面张力影响程度对比[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(4): 48-52
- [8] 曹宏, 赵国林, 张承烈. 生物磁学在农作物生产中的应用[J]. 植物生理学通讯, 1999, 35(2): 163-168
- [9] 丁振瑞, 赵亚军, 陈凤玲, 等. 磁化水的磁化机理研究[J]. 物理学报, 2011, 60(6): 432-439
- [10] 杨明, 刘伟, 徐革联. 磁化对水的性质影响的研究[J]. 化工时刊, 2007, 21(6): 14-17
- [11] Maheshwari B L, Grewal H S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(8): 1229-1236
- [12] 周先容, 何士敏, 向邓云. 磁化水处理大豆·玉米和水稻种子的生物学效应[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(17): 7113-7115
- [13] 彭海玉, 邓政寰. 磁处理水对水稻种子萌发的影响[J]. 广东农业科学, 1997(6): 15-16
- [14] 陈胜文, 刘士哲, 肖英银, 等. 磁化水对番茄种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 广西园艺, 2008, 19(3): 3-5
- [15] 肖望, 叶素琴, 王玉玲, 等. 磁化水浸种对西瓜种子萌发及幼苗生理的影响[J]. 生物技术, 2003, 13(6): 39-41
- [16] Khoshravesh M, Mostafazadeh F B, Mousavi S F, et al. Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation[J]. Soil Use and Management, 2011, 27(4): 515-522
- [17] Madsen H E L. Crystallization of calcium carbonate in magnetic field in ordinary and heavy water[J]. Journal of Crystal Growth, 2004, 267(1): 251-255
- [18] 张瑞喜, 王卫兵, 褚贵新. 磁化水在盐渍化土壤中的入渗和淋洗效应[J]. 中国农业科学, 2014, 47(8): 1634-1641
- [19] 孙林, 罗毅, 杨传杰, 等. 不同灌溉量膜下微咸水滴灌土壤盐分分布与积累特征[J]. 土壤学报, 2012, 49(3): 22-30
- [20] 虎胆·吐马尔白, 吴争光, 苏里坦, 等. 棉花膜下滴灌土壤水盐运移规律数值模拟[J]. 土壤, 2012, 44(4): 665-670
- [21] 颜路明, 郭祥泉. 盐碱胁迫对香樟幼苗离子吸收与分配的影响[J]. 土壤, 2015, 47(6): 1176-1180
- [22] 赵国林, 曹宏, 张国柱, 等. 磁化水浸种对小麦生理代谢及增产效应的研究[J]. 西北农业学报, 1997, 6(4): 42-46
- [23] Surendran U, Sandeep O, Joseph E J. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics[J]. Agricultural Water Management, 2016, 178(9): 21-29
- [24] Maheshwari B L, Grewal H S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(8): 1229-1236
- [25] Yusuf K O, Ogunlela A O. Impact of magnetic treatment of irrigation water on the growth and yield of tomato[J]. Notulae Scientia Biologicae, 2015, 7(3): 345-348

Effects of Drip Irrigation with Different Magnetic Water on Soil Salinity, Maize Yield and Quality

WANG Hongbo^{1,2}, WANG Chengfu³, WU Xu⁴, QIAO Mu^{1*}, ZHOU Shengbin¹, YAN Manman¹

(1 *State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China*; 2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 3 *Water Conservancy Science and Technology Extension Station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China*; 4 *Department of Water Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830000, China*)

Abstract: A field experiment was conducted to study the effects of drip irrigation with different magnetic water on soil salinity and nutrients, maize yield and quality and to determine the optimal magnetic intensity. The results showed that drip irrigation with magnetic water accelerated the elution of soil salts and improved the elution efficiency, increased maize yield by 4%–16.2%, promoted soluble sugar, protein and starch in maize ears and kernels by 1.4%–38.2%, 11.7%–39.6% and 9.6%–12.8%, respectively, compared with CK, and in which magnetic intensity of 1200–2400 Gs had the best effect. Thus, drip irrigation with magnetic water is an effective technique to be popularized in Xinjiang and similar regions.

Key words: Magnetic water; Drip irrigation; Maize; Soil salinity; Yield; Quality