

河西灌区浅埋滴灌对春玉米生长发育及产量的影响

刘 海¹, 孔 融¹, 陆海玲¹, 田兴云¹, 闫彩虹¹, 薛治军², 杨燕东³

(1. 酒泉市肃州区现代农业技术推广服务中心, 甘肃 酒泉 735000; 2. 酒泉荣千农林生态有限公司, 甘肃 酒泉 735000; 3. 甘肃晟源祥农林科技有限公司, 甘肃 酒泉 735000)

摘要: 探讨浅埋滴灌对春玉米生长发育及产量的影响, 实现河西灌区玉米的提质增产与水资源的高效利用。试验研究了浅埋滴灌和覆膜大水漫灌 2 个处理对春玉米品种金庆 707 生育期、株高、茎粗、干物质积累量、产量及经济效益的影响。结果表明, 与覆膜大水漫灌相比, 浅埋滴灌出苗晚 3 d, 生育期延长 5 d; 干物质积累量提高 3.97%; 株高降低 5.28%, 茎粗增加 5.36%, 可提高玉米的抗倒伏性; 且浅埋滴灌较覆膜大水漫灌玉米产量提高 9.25%, 百粒重高 2.3 g, 经济效益提高 3 540 元/hm², 说明在实际生产当中, 浅埋滴灌具有更高的经济效益, 节水效果更显著。

关键词: 浅埋滴灌; 春玉米; 产量; 效益; 河西灌区

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)07-0623-05

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.07.006

Effects of Shallow Buried Drip Irrigation on the Growth, Development and Yields of Spring Maize in the Hexi Irrigation Areas

LIU Hai¹, KONG Rong¹, LU Hailing¹, TIAN Xingyun¹, YAN Caihong¹, XUE Zhijun², YANG Yandong³

(1. Suzhou District Modern Agricultural Promotion Service Centre, Jiuquan Gansu 735000, China; 2. Jiuquan Rongqian Agricultural and Forestry Ecological Co., Ltd., Jiuquan Gansu 735000, China; 3. Gansu Shengyuanxiang Agriculture and Forestry Technology Co., Ltd., Jiuquan Gansu 735000, China)

Abstract: To explores the impact of shallow buried drip irrigation on the growth and development of spring maize and its yields, aiming to enhance the quality and output of maize in the Hexi irrigation areas and improve the efficient utilization of water resources, 2 treatments, shallow buried drip irrigation and mulched flood irrigation, were investigated for their effects on the growth period, plant height, stem diameter, dry matter accumulation, yield and economic benefits of the maize variety Jinqing 707. Results showed that compared with mulched flood irrigation, shallow buried drip irrigation delayed emergence by 3 days and extended the growth period by 5 days. It increased dry matter accumulation by 3.97%, decreased plant height by 5.28% and increased stem diameter by 5.36%, indicating that shallow buried drip irrigation can enhance the lodging resistance of maize. Moreover, shallow buried drip irrigation increased maize yield by 9.25%, 100-grain weight by 2.3 g, and net profit by 3 540 Yuan/ha. These findings suggest that in practical production, shallow buried drip irrigation has higher economic benefits and more significant water-saving effects compared to mulched flood irrigation.

Key words: Shallow buried drip irrigation; Spring maize; Yield; Benefit; Hexi irrigation area

酒泉市肃州区作为河西灌区重要的传统农业大区, 农业用水在区域水资源消耗中占比较大。在农业种植过程中, 传统的灌溉方式导致水资源浪费严重, 肥料利用率偏低, 对环境造成一定压力^[1]。玉米作为肃州区种植的主要农作物, 开展

节水增效种植技术研究与应用具有重要意义。在农业生产中, 膜下滴灌技术具有增温保墒优势, 在我国北方地区已得到大面积推广应用^[2], 但是存在农膜无法回收的问题, 在土壤中存留的农膜残留约占当季地膜使用量的 20% ~ 30%^[3], 对农

收稿日期: 2025-06-04

基金项目: 酒泉市科技支撑计划项目(2024CA1057)。

作者简介: 刘 海(1981—), 男, 甘肃酒泉人, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。Email: 972966778@qq.com。

通信作者: 孔 融(1985—), 男, 甘肃酒泉人, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。Email: 39825642@qq.com。

田生态系统造成了严重污染。

浅埋滴灌作为一种新型节水灌溉技术,是将滴灌带覆土浅埋于 3~5 cm 土层中,无需覆膜^[4],可有效解决传统地下滴灌中存在的根系入侵堵塞、灌水出苗难和膜下滴灌地膜污染等问题^[5-6]。浅埋滴灌节水技术,既能有效避免大风对滴灌带的损坏,又能减少地表水分蒸发,节水效果显著,有助于农民实现增产增收,推动农业节水工程的实施,同时也是治理地下水超采的重要举措^[7-8]。目前,关于浅埋滴灌技术在玉米节水、节肥、增产提效等方面已开展了大量研究^[9-11]。然而,浅埋滴灌技术在河西灌区玉米生产中的研究尚少。因此,我们分析对比覆膜浅埋滴灌和大水漫灌对土壤含水量和玉米生育期、产量及经济效益的影响,旨在为玉米浅埋滴灌技术的推广应用提供科学依据,进而实现河西灌区玉米的提质增产与水资源的高效利用。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在酒泉市肃州区总寨镇(北纬39°40'24"、东经98°37'20"),当地海拔1387.9 m,地势平坦,年均降水量96.6 mm,蒸发量2148.8 mm,年均气温8.7℃,无霜期130 d,属于一年一熟种植地区。试验地土壤类型为灌淤土,0~20 cm 土层土壤含有机质12.80 g/kg、全氮0.83 g/kg, pH 8.5。

1.2 试验材料

供试玉米品种为金庆707,由吉林省金庆种业有限公司选育。供试肥料为尿素(含N 46%)、磷酸一铵(含N 12%、P₂O₅ 60%)、硫酸钾(含K₂O≥50%)均购自甘肃华盛农业发展有限公司。供试地膜幅宽700 mm,厚度0.01 mm,由兰州鑫银环橡塑制品有限公司生产。

1.3 试验设计

试验设覆膜大水漫灌(C1)和浅埋滴灌(C2)2个处理,重复3次,小区面积100 m²。采取40 cm+70 cm 宽窄行种植,株距16.5 cm,种植密度10.95 万株/hm²,收获株数不低于10.35 万株/hm²。C1 采用机械覆膜、机械播种;C2 管采用0.75 L/h 小流量滴灌管,滴头间距30 cm,浅埋于地表3~5 cm 土层中。C1、C2 灌溉定额分别为9000、4950

m³/hm²。全生育期施优质农家肥45 m³/hm²、N 405 kg/hm²、P₂O₅ 210 kg/hm²、K₂O 135 kg/hm²,优质农家肥用作基肥,其他肥料用作追肥。播种前按使用说明喷施42%异丙草·莠悬乳剂、4%苯唑草酮可分散油悬浮剂防除杂草;5月底喷施5%高氯·甲维盐微乳剂、15%哒螨灵乳油、5%阿维菌素乳油防治防治玉米螟、红蜘蛛等;6月10日喷施30%玉米健壮素水剂调节植株生长;6月20日地面喷施33%二甲戊灵乳油、21%草胺磷水剂防治杂草;6月底喷施40%氯虫苯甲酰胺悬浮剂、11%阿维三唑锡悬浮剂、20%虫螨清,7月底喷施10%高氯氟悬浮剂、80%敌敌畏乳油防治红蜘蛛、棉铃虫等。试验于4月25日播种,10月3日收获。其他管理同当地大田。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生育期 玉米生育期间观测记录各小区玉米的出苗期、拔节期、喇叭口期、抽穗期、成熟期。

1.4.2 干物质积累量 玉米成熟期,每小区随机选取10株玉米,测定株高和茎粗,于105℃烘箱内杀青30 min,然后在75℃条件下烘干至恒重并称重,测定干物质积累量。

1.4.3 农艺性状 待玉米籽粒水分下降至250 g/kg 以下时,采取对角线5点取样法,样点面积1.1 m²,测定样点穗数,测量连续20株玉米的穗粒数,混合均匀称量百粒重,计算产量。

1.4.4 土壤含水量 随机在玉米行间选点,分别于7月1日、7月26日、9月21日对0~80 cm 土层土壤进行取样,每20 cm 为1层,所取土样混匀后取一部分立即装入铝盒称重,然后在105℃下烘干至恒重,采用烘干法测定土壤含水量^[12-13]。

$$W=[(m_1-m_2)/(m_2-m_0)]\times 100\%$$

式中, m_0 为空铝盒质量, m_1 为烘干前铝盒及土壤的质量, m_2 为烘干后铝盒及土壤的质量。

1.5 数据处理

使用Excel 2021进行数据统计。用SPSS 23.0进行方差分析,采用单因素方差分析(LSD 检验, $P<0.05$)分析各处理水平间的差异。利用Origin 2022b 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对玉米生育期的影响

由表1可知,不同处理对玉米生育期有一定

的影响。与 C1 处理相比, C2 处理晚出苗 3 d。C1 处理较 C2 处理早 4 d 进入抽穗期, 早 8 d 进入成熟期。生育期 C2 处理为 151 d, 较 C1 处理延长 5 d。

表 1 不同处理玉米生育期

处理	物候期/(日/月)						生育期 /d
	播种期	出苗期	拔节期	喇叭口期	抽穗期	成熟期	
C1	25/4	2/5	15/6	3/7	18/7	25/9	146
C2	25/4	5/5	21/6	7/7	22/7	3/10	151

2.2 不同处理对玉米农艺性状的影响

表 2 表明, 株高 C2 处理为 251 cm, 较 C1 处理低 5.28%; 茎粗 C2 处理为 24.16 mm, 较 C1 处理粗 5.36%, 说明 C2 处理倒伏性抗强于 C1 处理。

表 2 不同处理玉米农艺性状

处理	株高 /cm	茎粗 /mm
C1	265.00±0.15 a	22.93±3.73 a
C2	251.00±0.15 b	24.16±2.24 a

2.3 不同处理对土壤含水量的影响

由表 3 可以看出, 在玉米生育期内, C1 处理下 0~40 cm 土层土壤含水量均显著高于 C2 处理。2 个处理下土壤含水量除 7 月 1 日 C2 处理外, 均以 40~60 cm 土层最高, 显著高于 0~20、20~40 cm 土层 ($P<0.05$); 60~80 cm 土层土壤含水量较高, 除 7 月 1 日 C1 处理和 7 月 26 日 C2 处理 60~80 cm 与 40~60 cm 土层土壤含水量差异显著

表 3 不同处理土壤含水量 %

处理	土层深度 /cm	时间		
		7月1日	7月26日	9月21日
C1	0~20	11.6±0.001 cd	13.7±0.002 e	15.7±0.002 c
	20~40	12.1±0.001 c	14.3±0.002 d	16.5±0.002 b
	40~60	13.3±0.002 a	16.2±0.002 bc	20.1±0.003 a
	60~80	12.7±0.002 b	15.9±0.002 c	19.6±0.003 a
C2	0~20	10.0±0.002 e	12.6±0.002 f	11.4±0.002 e
	20~40	11.1±0.002 d	13.2±0.002 e	10.6±0.002 f
	40~60	12.9±0.002 ab	17.8±0.002 a	12.2±0.002 d
	60~80	13.0±0.002 ab	16.7±0.002 b	12.0±0.002 de

外, 其余处理均与 40~60 cm 土层土壤含水量差异不显著。C2 和 C1 处理 0~60 cm 土层土壤含水量均随土层加深呈升高的趋势。C1 处理中从 7 月 1 日到 9 月 21 日, 所有土层土壤含水量均呈上升趋势, 上升 4.1~6.9 个百分点; C2 处理以 7 月 26 日土壤含水量最高, 较 7 月 1 日高出 2.1~4.9 个百分点, 较 9 月 21 日高 1.2~5.6 个百分点。

2.4 不同处理对玉米干物质积累及产量的影响

由表 4 可知, 不同灌溉方式对玉米干物质积累和产量具有显著影响, C2 处理植株干物质积累量、穗粒数、百粒重、产量均显著高于 C1 处理 ($P<0.05$)。C2 处理干物质积累量为 418.8 g, 较 C1 处理高 3.97%。C2 处理穗粒数为 620 粒, 较 C1 处理多 40 粒。C2 处理百粒重为 38.5 g, 较 C1 处理高 2.3 g。C2 处理显著提高了玉米单位面积产量, 达到了 17 700 kg/hm², 较 C1 处理提升了 9.26%。

表 4 不同处理干物质积累量与产量

处理	植株干物质积累量 /g	穗粒数 /粒	百粒重 /g	折合产量 /(kg/hm ²)
C1	402.8 b	580 b	36.2 b	16 200 b
C2	418.8 a	620 a	38.5 a	17 700 a

2.5 不同处理玉米的经济效益

由表 5 可以看出, 由于浅埋滴灌无需覆盖地膜和揭膜, C2 处理较 C1 处理的投入降低 240 元/hm²。C2 处理玉米产值、经济效益均较高, 分别较 C1 处理高 3 300、3 540 元/hm²。且 C2 处理节水效果明显, 精准控制水肥, 改善土壤环境, 对保护农业生态环境有重大的意义。

3 讨论与结论

河西灌区属于西部干旱区, 水资源严重短缺, 土壤盐碱化较为严重^[14], 在当前大力节水和治理地膜“白色污染”的形势下, 开展浅埋滴灌技术对春玉米生长发育和单产影响的研究, 对河西灌区大力发展节水农业、保持土壤结构、解决因地膜

表 5 不同处理下玉米的经济效益^① 元/hm²

处理	投入									产值			经济效益
	肥料	农药	种子	地膜	滴灌	揭膜	其他人工+机械	水费	合计	玉米	秸秆	合计	
C1	8 474	1 200	1 500	990	0	750	8 000	1 800	22 714	35 640	900	36 540	13 826
C2	8 474	1 200	1 500	0	1 800	0	8 000	1 500	22 474	38 940	900	39 840	17 366

①玉米 2.2 元/kg; 秸秆 900.0 元/hm²; 人工价格按当地价格折算; 优质农家肥 70.0 元/m³; 尿素 2.0 元/kg; 磷酸一铵 7.0 元/kg; 硫酸钾 4.8 元/kg; 玉米种子 100.0 元/袋(7 300 粒); 农药合计 1 200.0 元/hm²。

残留引发的多种问题具有重要的现实意义。覆膜大水漫灌在早春低温时,土壤温度高于浅埋滴灌,因此浅埋滴灌较覆膜大水漫灌出苗晚。本试验结果表明,与覆膜大水漫灌处理相比,浅埋滴灌处理晚出苗 3 d,生育期延长 5 d。玉米干物质积累量是籽粒产量形成的重要物质基础,干物质积累越多,籽粒产量也就越高^[15]。研究发现,玉米的生育期缩短会导致干物质积累量减少^[16]。本研究发现,浅埋滴灌处理的玉米干物质积累量为 418.8 g,较覆膜大水漫灌处理高 3.97%,这与曾兰^[17]、刘戈等^[18]的结果一致。浅埋滴灌处理与覆膜大水漫灌处理相比,产量提高 9.25%、百粒重增加 2.3 g、经济效益提高 3 540 元/hm²,说明在实际生产当中,浅埋滴灌取得的经济效益更高,这与张语蝶等^[19]的研究结果相似。

玉米抗倒伏性是品种、栽培环境和措施共同作用的结果。覆膜大水漫灌处理下,苗期水分过剩导致玉米徒长,会出现茎秆细弱、节间长的现象,后期易倒伏;而浅埋滴灌处理按需供水促进玉米各生育期稳健生长,苗期根系发育好,拔节期茎秆粗壮。姚森崇等^[20]研究发现,滴灌可以通过增加茎秆基部节间直径和干物质积累,从而获得更高的茎秆强度,增强抗倒伏能力。本研究发现,浅埋滴灌处理玉米株高为 251 cm,较覆膜大水漫灌处理降低 5.28%;玉米茎粗为 24.16 mm,较覆膜大水漫灌处理增加 5.36%,说明浅埋滴灌可提高玉米的抗倒伏性,这与前人的研究结果一致^[21-22]。

使用地膜能够有效提高土壤温度、保持土壤水分,通过减少无效的水分蒸发,增强土壤的保水保温保肥能力^[23]。本研究发现覆膜大水漫灌处理下 0~40 cm 土层的含水量显著高于浅埋滴灌,这正是由于地膜的“增温保墒”作用。覆膜大水漫灌处理从 7 月 1 日到 9 月 21 日,所有土层含水量均呈上升趋势,上升 4.1~6.9 个百分点;浅埋滴灌处理以 7 月 26 日含水量最高,较 7 月 1 日高出 2.1~4.9 个百分点,较 9 月 21 日高 1.2~5.6 个百分点。可以看出,与浅埋滴灌处理相比,大水漫灌处理下全生育期内相同土层含水量差异较大,表明浅埋滴灌处理有更好的水分稳定性。另外,浅埋滴灌可保持土壤结构,局部湿润减少对土壤结构的破坏,维持良好通气性,更有利于玉米生

长,对保护农业生态环境,促进农业绿色发展有十分显著的作用^[24-25]。

本研究结果表明,与覆膜大水漫灌处理相比,浅埋滴灌处理能延长玉米的生育期,提高玉米的茎粗、干物质积累量、产量、百粒重、净利润,降低玉米的株高,说明浅埋滴灌提高了玉米的抗倒伏,降低了表层土壤含水量,但可较好地维持整个生育期土壤水分的稳定性。今后我们将进一步从品种选择、滴灌系统安装与维修、施肥技术、田间管理、灌溉定额等方面做进一步研究,从而总结出既能确保经济效益又能促进农业生态环境保护的配套技术措施,使该项技术得到进一步推广应用。

参考文献:

- [1] 郭亚军,刘宗全,王金辉,等. 农业灌溉中提升水资源利用有效性的策略探讨[J]. 农业开发与装备, 2025(7): 149-151.
- [2] 杨恒山,薛新伟,张瑞富,等. 灌溉方式对西辽河平原玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(21): 69-77.
- [3] 胡琦,李仙岳,史海滨,等. 基于染色示踪的农膜残留农田土壤优先流特征[J]. 水土保持学报, 2020, 34(3): 142-149.
- [4] 王士杰,谷健,马宁宁,等. 辽西半干旱区浅埋滴灌水氮耦合对春玉米光合作用的影响[J]. 辽宁农业科学, 2018(5): 8-13.
- [5] 谢忠,叶含春,王振华,等. 浅埋滴灌水氮配施对冬小麦生长发育、产量及水分利用效率的影响[J]. 新疆农业科学, 2024, 61(5): 1057-1066.
- [6] 程先军,许迪,张昊. 地下滴灌技术发展及应用现状综述[J]. 节水灌溉, 1999(4): 13-15; 42.
- [7] 刁清燕. 小麦玉米浅埋滴灌节水灌溉技术应用研究[J]. 农业开发与装备, 2025(3): 232-234.
- [8] 何增国,李树旺,杨珍,等. 播种量对浅埋滴灌宽幅匀播春小麦农艺性状及产量的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(6): 564-568.
- [9] 罗方,张传玲,刘凌悦,等. 内蒙古阿荣旗玉米大垄双行浅埋滴灌水肥一体化种植技术[J]. 农业工程技术, 2024, 44(19): 78-79.
- [10] 葛选良,杨恒山,张雨珊,等. 浅埋滴灌下不同施氮量对玉米产量和花后氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(9): 1603-1613.
- [11] 邵继承,韩镁琪,杨恒山,等. 浅埋滴灌下尿素减量配施 UAN 对春玉米干物质积累及氮效率的影响

- [J]. 华北农学报, 2022, 37(3): 136-144.
- [12] 环境保护部. 土壤 干物质和水分测定 重量法: HJ 613—2011[S]. 北京: 环境保护部, 2011.
- [13] 崔云玲, 张立勤, 唐文雪, 等. 滴灌条件下不同覆盖材料对玉米产量效益及土壤水分的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(1): 57-62.
- [14] 程万莉, 郭帅杰, 蔡立群, 等. 河西绿洲灌区土壤调理剂改良盐碱土的效果初探[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(2): 131-138.
- [15] 刘 伟, 张吉旺, 吕 鹏, 等. 种植密度对高产夏玉米登海 661 产量及干物质积累与分配的影响[J]. 作物学报, 2011, 37(7): 1301-1307.
- [16] 豆 攀, 李孝东, 孔凡磊, 等. 播期对川中丘区玉米干物质积累与产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(2): 221-229.
- [17] 曾 兰. 节水模式对玉米产量的影响[J]. 农业技术与装备, 2024(9): 86-87; 90.
- [18] 刘 戈, 王 凯, 刘 延, 等. 不同灌溉模式对黄淮海平原区夏玉米生产性状及水分利用率的影响[J]. 节水灌溉, 2021(4): 48-54.
- [19] 张语蝶, 杨鸿超, 梁欣冉, 等. 滴灌方式和施氮量对玉米产量及水分利用效率的影响[J/OL]. 吉林农业大学学报, 1-11. (2025-03-17)[2025-05-17]. <https://doi.org/10.133 27/j.jjlau.2025.0073>.
- [20] 姚森崇, 张国强, 侯 鹏, 等. 灌溉方式对玉米茎秆抗倒伏能力的影响[J]. 玉米科学, 2025, 33(1): 66-76.
- [21] 吴梦茹, 杨恒山, 张玉芹, 等. 不同灌溉方式下化控对玉米抗倒伏能力及籽粒产量的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2025, 40(2): 53-58.
- [22] 席凯鹏, 席吉龙, 杨 娜, 等. 玉黄金化控对玉米抗倒性及产量的影响[J]. 山西农业科学, 2017, 45(6): 993-995.
- [23] 张丽光, 杨亚星, 范雅琦, 等. 不同覆膜方式对旱作玉米产量与土壤理化性质的影响[J]. 山西农业科学, 2025, 53(4): 11-19.
- [24] 于广宁, 田军河. 河北省加快小麦玉米浅埋滴灌节水技术推广应用[J]. 河北农业, 2021(3): 39.
- [25] 郭晓旭, 杨恒山, 邵继承, 等. 作物浅埋滴灌技术研究进展[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2020, 35(1): 80-84.

·公益广告·

要加强种质资源保护与利用，
加快种子库建设，开展种源“卡脖子”技术攻关，推进种业高质量发展，
确保中国碗主要装中国粮，
中国粮主要用中国种。