

水分亏缺对膜下滴灌制种玉米生长及产量的影响

张 芮¹, 成自勇¹, 李有先²

(1. 甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省张掖市水务局, 甘肃 张掖 734000)

摘 要: 张掖国家重点灌溉试验站大田采用膜下调亏滴灌试验方法, 在苗期、拔节、抽穗和灌浆期分别进行不同强度水分胁迫(土壤水分梯度: 田间持水量的 75%、60%、45%), 观察分析制种玉米对水分亏缺的反应。结果表明, 拔节~抽穗期缺水抑制叶面积的扩展, 造成植株矮小, 产量降低; 抽穗~灌浆期胁迫影响制种玉米库容建立, 籽粒小, 千粒重低; 苗期~拔节、灌浆~成熟期缺水对产量影响甚微; 持续或交替水分胁迫严重抑制制种玉米叶龄进程, 显著降低产量。据此提出了在拔节~灌浆期充分供水, 成熟期减小供水、保持适度的水分亏缺的制种玉米节水高产水分调控模式。

关键词: 膜下调亏滴灌; 制种玉米; 产量
中图分类号: S311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0125-04

膜下滴灌将覆膜种植和滴灌技术相结合, 可以看作是一项新的灌溉技术, 也可以说是塑膜栽培技术的延伸和深化^[1]。目前, 国内外对覆膜、滴灌、调亏灌溉等单项技术的研究和应用已很普遍^[3~8], 但膜下调亏滴灌综合技术在大田作物的应用和研究相对不足, 除蔡焕杰等学者将棉花膜下滴灌与调亏灌溉相结合进行了初步的试验研究外^[9], 该技术在制种玉米方面的研究至今还很少。制种玉米是一种对水分供给时间、供给数量要求很高的作物, 在母本抽雄、砍除父本等阶段水分调控的效果直接影响到最终产量。因此, 深入探讨膜下滴灌条件下各生育阶段不同水分处理对制种玉米生长发育及产量的影响具有重要理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2006 年 4~10 月在甘肃省张掖市国家重点灌溉试验站内进行, 东经 100°26', 北纬 38°56', 海拔 1 482.7 m。该区属于典型的大陆性干旱气候地带, 降雨稀少且变化率大。供试土质基本性质: 中壤土, pH 值 8.4, 土壤容重为 1.46 g/cm³, 质量田间持水量为 22.8%, 有机物质 1.365%, 碱解氮 61.8 mg/kg, 速效磷 13.4 mg/kg, 速效钾 190.4 mg/kg。供试玉米母本为 478, 生育期为晚熟; 父本为昌 7-2, 生育期为中熟。地膜是厚度为 0.005 mm 的透明聚氯乙烯塑料薄膜, 即普通农用膜。滴灌选用新疆天业公司紊流迷宫式滴灌带, 壁厚 0.2 mm, 设

计压力 100 kPa, 滴头设计流量 1.5 L/h, 滴头间距 28 cm, 滴灌带铺设方式为一条滴灌带控制两行玉米, 即一管两行。

1.2 试验设计

制种玉米膜下调亏滴灌设 3 个灌水梯度, 即占田间持水量的 75%、60%、45%。在玉米播种~拔节, 拔节~抽穗, 抽穗~灌浆, 灌浆~成熟 4 个生育期施加不同程度的水分亏缺, 在此基础上选取 8 个较切合实际的灌溉处理(表 1), 重复 3 次, 小区面积 7.2 m×5 m, 保护行宽度为 1 m。试验区灌水定额拔节期前 180 m³/hm², 之后为 225 m³/hm², 当土壤含水率降到田间持水率的设计水平值时, 即进行灌水, 灌水次数不限。

1.3 主要测试项目及方法

- 1) 土壤含水率的测定: 每隔 10 d 用烘干称重法测 1 次大田土壤水分, 测深 100 cm, 灌水和降雨前后加测。按照田间水分平衡方程 $ET_i = P_i + I_i + \Delta W_i$ 计算制种玉米各生育期的耗水量, 式中 ET_i 为第 i 阶段耗水量(mm), P_i 为第 i 阶段的降水量(mm), I_i 为该阶段灌溉量, ΔW_i 为该阶段土壤供水量。
- 2) 叶面积测定与叶面积指数计算: 利用叶面积系数法测定叶面积, 即叶面积=叶长×叶宽×0.75, 叶面积指数(LAI)通过公式 $LAI = \text{单位土地上的总叶面积} / \text{单位土地面积}$ 计算, 观测样本数 15 株/小区。

表 1 制种玉米田土壤水分试验设计
Table 1 The design of corn for seed

处理 Treatment	苗期~拔节 Seedling~jointing	拔节~抽穗 Jointing~heading	抽穗~灌浆 Heading~filling	灌浆~成熟 Filling~maturing
Y1	45	75	75	75
Y2	75	45	75	75
Y3	75	75	45	75
Y4	75	75	75	45
Y5	45	75	75	60
Y6	45	60	75	60
Y7	60	75	75	60
CK	75	75	75	75

注:表中各数据为各生育阶段土壤水分下限(占田间持水量的百分数);CK 为对照。
Note: The data in the table is the lower limit of soil water (its percentage in the field moisture capacity).

3) 统计及分析方法: 试验数据采用 SPASS (10.0)和 EXCLE 统计分析软件进行分析。

1.4 田间管理

1) 播种:本试验于 2006 年 4 月 20 播种玉米母本,父本先后于 4 月 28 日和 5 月 1 日分两批播种。玉米母本采用大小行种植法,小行行距为 40 cm,大行为 60 cm,株距为 28 cm;滴灌带铺设在两小行中间,小行内覆盖地膜,父本采取插花式点种,父本株距约为 30 cm,播种深度 6~7 cm,母本播种量为 50 kg/hm²。

2) 施肥:本试验底肥施 3 00 kg/hm² 磷二铵和 4 50 kg/hm² 玉米专用肥。在拔节期追施 45 kg/hm² 磷二铵和 225 kg/hm² 尿素,灌浆期追施 112.5 kg/hm²磷二铵和 112.5 kg/hm² 尿素。试验于 2006 年 7 月 16 日对母本去雄,8 月 8 日砍除父本,9 月 24 日收获。

2 结果分析

2.1 膜下调亏滴灌对制种玉米生长发育的影响

2.1.1 膜下调亏滴灌对制种玉米株高的影响 水分胁迫抑制制种玉米株高的生长,抑制程度取决于施加水分胁迫时期和水分胁迫的强度(见表 2)。拔节~抽穗期水分胁迫处理 Y2 株高最矮,水分胁迫期间株高与 CK 差距达 31 cm,复水后生长较快,最终株高差缩小为 20 cm,但达到最后株高的时间延后,改变了营养生长和生殖生长正常生育时期,最终破坏制种玉米正常发育规律而影响产量;苗期~拔节期水分胁迫对株高也有一定的影响,如处理 Y1、Y5、Y7 在水分胁迫期间与 CK 株高差距在 11~13 cm,最终差距缩小为 5 cm 左右;持续水分胁迫 Y6 在后续阶段的生长较慢,最终株高与 CK 差距达 15

cm,持续水分胁迫使制种玉米长期处于缺水状态,破坏正常生长规律而引起减产;抽穗~成熟期水分胁迫对株高几乎无影响。

表 2 水分亏缺对制种玉米株高的影响(cm)
Table 2 Effect of water stress on height of corn

处理 Treatment	拔节 Jointing	抽穗 Heading	灌浆 Filling	成熟 Maturing
Y1	39Bbcd	133bcAB	158aAB	155abcAB
Y2	46Aabc	114eC	138cC	140dC
Y3	48aAB	146aA	163aA	163aA
Y4	50aA	145abA	163aA	161aAB
Y5	37bCD	126cdBC	151abcABC	148bcdABC
Y6	34bD	117deBC	143bcBC	145cdBC
Y7	38bCD	129cdABC	156abABC	154abcAB
CK	50aA	145abA	160aAB	160abAB

注:小写字母表示 $P<0.05$ 的显著水平,大写字母表示 $P<0.01$ 的极显著水平。

Note: Within each line, values followed by different small letters mean significant difference at $P<0.05$, while capital letters mean significant difference at $P<0.01$.

2.1.2 膜下调亏滴灌对制种玉米叶面积指数的影响 叶面积指数是提高作物产量的重要指标^[10,11],自 1947 年此概念提出以来,在农业、林业以及生物学、生态学等领域得到广泛应用^[12],研究水分胁迫下群体叶面积消长动态,对节水高产栽培具有重要作用。从表 3 可知,苗期~拔节期水分胁迫处理 Y1、Y5、Y6、Y7 叶面积指数(LAI)在胁迫时期与 CK 差异极显著($P<0.01$),说明苗期~拔节期干旱严重制约制种玉米叶面积的扩展;进入拔节~抽穗期时,缺水处理 Y2 的 LAI=29.47,与 CK 差异显著($P<0.05$),而在苗期~抽穗期连续水分胁迫处理 Y6 的 LAI 最小,仅为 28.67,说明连续水分胁迫严

重影响叶面积指数的提高,对作物干物质积累极为不利;灌浆期水分胁迫对 LAI 影响甚微。

表 3 水分亏缺对制种玉米叶面积指数的影响

Table 3 Effect of water stress on LAI of corn

处理 Treatment	拔节 Jointing	抽穗 Headling	灌浆 Filling	成熟 Maturing
Y1	3.83bB	33.25abAB	37.10aA	25.17aA
Y2	5.13aAB	29.47bAB	33.96aA	25.45aA
Y3	5.32aAB	37.33aAB	36.10aA	28.01aA
Y4	6.10aA	38.38aA	38.61aA	25.48aA
Y5	3.19bBC	29.54bAB	34.13aA	24.88aA
Y6	3.03bBC	28.67bB	32.58aA	25.04aA
Y7	3.52bB	31.76abAB	34.52aA	25.74aA
CK	6.21aA	37.24aAB	37.13aA	23.94aA

2.1.3 膜下调亏滴灌对制种玉米叶龄的影响 苗期~拔节期正常供水处理 CK 叶片数是 8.25,缺水处理 Y1、Y5、Y6、Y7 叶片数在 6.92~7.38,与 CK 差异显著 ($P<0.05$);拔节~抽穗期缺水处理 Y2 叶片数为 11.96,比 CK 少 1.47,Y2 与 CK 差异极显著 ($P<0.01$),持续水分亏缺 Y6 叶片数最少,仅为 11.88,说明持续水分胁迫对叶龄进程的影响超过单一阶段水分胁迫;进入灌浆期后,水分胁迫 Y3 叶片数比 CK 少 1.58,两者差异显著 ($P<0.05$),苗期~拔节、拔节~灌浆两生育期交替缺水处理 Y7 叶片数仅为 9.86,比 CK 少 2.05,且差异极显著 ($P<0.01$),进一步证明持续或交替水分胁迫都会显著影响玉米正常发育;进入灌浆期玉米叶片数都出现了

减少趋势,这主要是抽穗期对制种玉米母本带叶抽取雄穗引起。

2.2 膜下调亏滴灌对制种玉米产量性状和产量的影响

试验结果见表 5,拔节~抽穗期水分胁迫严重制约制种玉米正常生长,导致处理 Y2 穗长变短、穗粗不足、穗粒数减少,产量最低,与 CK 差异显著 ($P<0.05$);苗期~灌浆期持续或交替水分胁迫 Y6、Y7 都不利于制种玉米穗体增大和穗粒数的增加,产量较低,均与 CK 存在显著差异 ($P<0.05$);Y3 千粒重最低,说明抽穗~灌浆期水分胁迫影响制种玉米库容建立,籽粒小,千粒重低;灌浆~成熟期施加水分亏缺可在确保高产的前提下,显著提高制种玉米水分生产效率(处理 Y4 水分生产效率达 2.28 kg/m³,比 CK 提高 13%)。

表 4 水分亏缺对制种玉米叶片数的影响

Table 4 Effect of water stress on the numbers of leaf

处理 Treatment	拔节 Jointing	抽穗 Headling	灌浆 Filling	成熟 Maturing
Y1	7.38bAB	12.50aABC	11.05abAB	7.14aA
Y2	8.29aA	11.96bBC	11.14abAB	8.14aA
Y3	8.17aA	13.08aABC	10.33bAB	7.81aA
Y4	8.17aA	13.21aAB	11.19abAB	6.79aA
Y5	7.17bB	12.61abABC	10.73abAB	7.44aA
Y6	6.92bB	11.88bC	10.24bAB	7.62aA
Y7	7.38bAB	12.08bBC	9.86bB	7.48aA
CK	8.25aA	13.43aA	11.91aA	7.05aA

表 5 水分亏缺对玉米产量性状和产量的影响

Table 5 Effects of water stress on corn's yield and its components

处理 Treatment	穗长 (cm) Spike length	穗粗 (cm) Spike wide	穗数 (穗/株) Spike number	穗粒数 (粒/穗) Grain number	千粒重 (g) 1000- kernel weight	产量 (kg/hm ²) Yield	灌水量 (m ³ /hm ²) Total irrigation quota	水分生 产效率 (kg/m ³) WUE
Y1	12.72aA	3.85aA	1.18aA	163abA	356abA	6029abAB	1935	1.94abAB
Y2	11.25aA	3.53aA	1.45aA	88bA	353abA	3948cB	2115	1.32bB
Y3	12.24aA	3.83aA	1.22aA	162abA	327bA	5463abcAB	2025	1.80abAB
Y4	11.82aA	3.78aA	1.41aA	152abA	344abA	6275abAB	1665	2.28aA
Y5	12.35aA	3.77aA	1.37aA	162abA	362abA	5483abcAB	1710	1.95abAB
Y6	11.77aA	3.68aA	1.41aA	126abA	343abA	4929bcAB	1710	1.82abAB
Y7	11.51aA	3.68aA	1.30aA	140abA	375aA	5164bcAB	1710	1.98aAB
CK	13.00aA	3.91aA	1.37aA	196aA	346abA	7257aA	2475	2.01aAB

3 结论与讨论

叶面积和株高是制种玉米生长发育的主要指标,其增长快慢能够衡量植株的生长发育状况。玉

米不同生育阶段叶面积和株高日增长量大小直接反映营养生长和生殖生长的协调程度。合理调整叶面积和株高的增长可以限制作物的营养生长,确保高产,提高作物水分利用效率。本试验中通过在苗期

~拔节或灌浆~成熟期调控叶面积和株高生长,使处理 Y1 和 Y4 均获得了较高的产量和水分利用效率。而在拔节~抽穗或抽穗~灌浆期对株高和叶面积生长的抑制调控会严重影响制种玉米产量和水分利用效率(处理 Y2 和 Y3)。

拔节~抽穗期为膜下滴灌条件下制种玉米水分最敏感时期,拔节期水分胁迫强度大,叶龄推迟,叶面积指数在营养生长阶段一直较小,造成植株矮小,最终影响生物产量和经济产量。因此,拔节~抽穗期应实行充分供水,否则无法保证后期干物质积累和最终高产。抽穗期水分胁迫实粒数明显偏低,秕粒数多,影响千粒重的增加,是制种玉米节水栽培中必须注意的问题。持续或交替水分胁迫都会推迟叶龄,影响制种玉米正常发育规律,显著降低穗粒数和产量。灌浆~成熟期施加适度水分亏缺可在高产的前提下提高水分生产效率。

本试验表明,苗期轻微水分亏缺、拔节~灌浆期充分供水、灌浆后期~成熟期适度水分亏缺是膜下滴灌制种玉米适宜的水分调控模式。在膜下滴灌条件下实施水分亏缺灌溉是对节水灌溉理论的一项有益探索和补充。河西内陆河灌区具有发展制种玉米产业的先天优势,水资源的缺乏日益成为制种玉米大面积种植的瓶颈。在维持较高产量的基础上,利用膜下滴灌的节水优势对制种玉米实施水分亏缺灌溉无疑有着巨大的发展空间。

参 考 文 献:

- [1] 张振华. 微源入渗特性规律与膜下滴灌作物需水量研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2002.
- [2] 孟兆江, 贾大林, 刘安能, 等. 调亏灌溉对冬小麦生理机制及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 66—69.
- [3] 李明思, 康绍忠, 杨海梅. 地膜覆盖对滴灌土壤湿润区及棉花耗水与生长的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 49—54.
- [4] 张 海, 高鹏程, 牛秀峰, 等. 黄土退耕坡地膜下滴灌抗旱造林及减蚀效益研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 190—192.
- [5] 邵玺文, 刘红丹, 杜震宇, 等. 不同时期水分处理对水稻生长及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 193—196.
- [6] 万书勤, 康跃虎, 王 丹, 等. 微咸水滴灌对黄瓜产量及灌溉水利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 30—35.
- [7] Ahanners F, Tadees T. Effect of drip furrow irrigation and plant spacing on yield of tomato at dire Dawa, Ethiopia[J]. Agricultural Water Management, 1998, 35(3): 201—207.
- [8] 郑 重, 马富裕, 慕自新, 等. 水肥因素对膜下滴灌棉花产量和棉株群体冠层结构的影响研究[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(2): 42—47.
- [9] 蔡焕杰, 邵光成, 张振华. 荒漠气候区膜下滴灌棉花需水量和灌溉制度的试验研究[J]. 水利学报, 2002, (11): 119—123.
- [10] 王希群, 马履一, 贾忠奎, 等. 叶面积指数的研究和应用进展[J]. 生态学杂志, 2005, 24(5): 537—541.
- [11] 焦念元, 陈明灿, 付国占, 等. 玉米花生间作复合群体的光合物质积累与叶面积指数变化[J]. 作物杂志, 2007, (1): 34—35.
- [12] 王宁珍, 李宗奎, 黄 斌, 等. 降水对陇东玉米叶面积和干物质积累及产量的影响[J]. 玉米科学, 2007, 15(1): 100—102.

Effect of regulated deficit drip irrigation on growth characteristic and yield of plastic-film-mulched corn for seed

ZHANG Rui¹, CHENG Zi-yong¹, LI You-xian²

(1. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Zhangye Water Administration, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: The method of the field culture of drip irrigation with plastic film mulching was adopted in this experiment, and three levels(75%, 60% and 45% of soil saturation contains water) were designed in seedling to jointing stage, jointing to tasseling stage, tasseling to filling stage and filling to maturing stage of corn. The results showed that drought stress restrained leaf area and plant height of corn, and the yield was seriously affected in jointing to tasseling stage; In tasseling to filling stage, owing to water stress on corn, the yield was affected because fewer of the grains of panicle and light of 1000-grain weight. The effects of water stress on yield of corn for seed were not evident in filling to maturing stage, but continuance or alternation water stress on the number of leaf and the yield of corn were significant. Therefore, the soil moisture-controlling mode of drip irrigation corn was proposed to achieve water-saving and high-yielding, which means supply enough water to corn in jointing to filling stage, decrease water supply and maintain appropriate water deficit in filling to maturing stage.

Key words: regulated deficit drip irrigation; corn for seed; yield