

灌溉定额对陇春30号单作及间作产量和边行效应的影响

郑立龙¹, 王世红², 刘效华²

(1.甘肃省农业科学院农业经济与信息研究所, 甘肃 兰州 730070; 2.甘肃省农业科学院小麦研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在甘肃河西绿洲灌区, 在不同种植方式和灌水水平下, 对单作及间作陇春 30 号春小麦产量和边行效应进行了比较研究。结果表明, 在高、中、低定额灌水水平下, 间作春小麦比单作春小麦折合产量分别提高了 33.12%、28.34%、20.96%; 间作春小麦较单作春小麦边 1 行、边 2 行、边 3 行产量分别提高 49.06%~72.57%、14.29%~29.87%、11.39%~13.41%。单作小麦在高定额灌水水平下, 边 1 行产量比边 2 行、边 3 行分别提高了 15.3%、37.8%, 中定额灌水水平下, 提高了 17.8%、34.2%, 低定额灌水水平下, 提高了 14.3%、17.3%。间作条件下, 高定额灌水处理边 1 行比边 2 行、边 3 行产量提高了 74.1%、20.4%, 中定额灌水处理提高了 53.4%、79.5%, 低定额灌水处理提高了 40.0%、64.7%, 边行优势主要表现在间作中。间作春小麦折合产量和边行优势都优于单作春小麦的主要原因是间作春小麦的成穗数、穗粒数、小穗数等的提高。

关键词: 春小麦; 陇春30号; 灌水量; 间作; 边行效应

中图分类号: S512.1;S344.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)03-0048-08

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.03.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.03.010)

Effect of Irrigation Quota on Yield and Marginal Effect of Single Cropping and Intercropping of Longchun 30

ZHENG Lilong¹, WANG Shihong², LIU Xiaohua²

(1. Institute of Agricultural Economy and Information, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Institute of Wheat, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The yield and side effect of single cropping and intercropping Longchun 30 spring wheat were compared under different planting methods and irrigation water levels in Hexi Oasis Irrigation District of Gansu. The results showed that the yield of intercropped spring wheat was 33.12%, 28.34% and 20.96% higher than that of monocultured spring wheat under high, medium and low irrigation quotas, and the yield of intercropped spring wheat was 49.06%~72.57%, 14.29%~29.87% and 11.39%~13.41% higher than that of monocultured spring wheat at the edge of one row, two rows and three rows, respectively. The yield of single cropping wheat under high irrigation level was 15.3% and 37.8% higher than that of two and three lines at the edge, 17.8% and 34.2% higher than that under medium irrigation level, and 14.3% and 17.3% higher than that under low irrigation level. Under intercropping conditions, the yield of High-quota irrigation increased by 74.1%, 20.4%, 53.4%, 79.5% and 40.0%, 64.7% respectively, compared with two and three lines at the side, while the yield of medium-quota

收稿日期: 2019-02-21

基金项目: 甘肃省农业科学院科技支撑计划“中部地区抗旱稳产优质春小麦新品种选育及核心亲本筛选”(2017GAAS34)。

作者简介: 郑立龙(1972—), 男, 山西万荣人, 助理研究员, 主要从事农业科技信息与节水灌溉研究工作。联系电话: (0931)7614994。

通信作者: 刘效华(1972—), 男, 甘肃临洮人, 副研究员, 主要从事小麦新品种选育和示范推广工作。联系电话: (0931)7612863。

irrigation increased by 53.4%, 79.5%, and that of low-quota irrigation increased by 40.0% and 64.7%. The edge advantage was mainly reflected in intercropping. The main reason why intercropping spring wheat is superior to monoculture spring wheat in terms of yield and edge row advantage is that the number of spikes, grains per spike and spikelets per spike increased in intercropping spring wheat.

Key words: Spring wheat; Longchun 30; Irrigation amount; Intercropping; Marginal effect

春小麦玉米间作是我国西北地区,特别是甘肃一熟灌区的一种普遍高产种植模式,具有明显的产量优势^[1-3]。该模式能改善通风透光条件,提高光能利用率;充分利用土地,使用地与养地相结合;利用不同作物的抗逆能力稳产增收;有明显的边行优势。陈阜等^[4]研究发现,在冬小麦-夏玉米两熟模式基础上开发的冬小麦/春玉米/夏玉米多熟间套模式,具有较高的生产潜力和资源利用效率,其单产水平和光热资源利用率可以提高 20%以上;刘巽浩^[5]的隔根试验认为,在小麦边行优势的贡献中,地下部分作用大于地上部分。杨春峰^[6]、蔡菊云^[7]认为,小麦边际效应与品种、地力、行距、空带宽度、密度等因素有关。一般情况下若配置合理,则边行在长势、产量等方面均优于内行。通过合理的间套作,可以明显提高光、温、水、气、肥等各项因子的利用效率,比单作得到更多的收获量^[4]。

甘肃河西绿洲灌区耕地面积广阔,光热资源相对丰富,具有发展间作套种的优势条件,但该区水资源总量仅占全国的 4.6%^[8],间作套种发展受水资源不足的严重制约。研究表明,采用先进的节水灌溉技术,可以大幅度降低农业用水量,提高灌溉水的利用率和水分生产率;可以方便管理,减少人工投入,既有社会效益,又有经济效益^[8]。

甘肃河西绿洲灌区水资源无效损耗的最大途径是蒸发和渗漏,在科学规划农业与生态用水前提下,进一步提高工程节水效率是可行的^[9]。推广使用的沟畦灌、小块灌和渠道除险衬砌技术,使渠系水利用率提高了近 3 个百分点。此外,该区域还探索推广了低

压管道输水灌溉、喷灌、滴灌等高新灌溉技术,使节水农业步入了科技化、规模化的道路^[10]。在节水灌溉的研究方面,康绍忠等^[11-13]以玉米为材料,通过人工气候盆栽作物控制性分根交替灌水试验,提出了作物根系分区交替灌农田灌溉技术,已在许多作物上进行了试验研究,并取得了明显的节水效应。该技术主要通过减少地表蒸发量、降低作物蒸腾实现了节水目的,是一种集工程与生物节水于一体的高效节水技术。目前交替灌溉的研究已在密植作物和不同类型作物组成复合群体中得到广泛应用^[14-15]。在 2 种或 2 种以上作物组成的复合群体中,矮秆作物由于通风、受光和养分竞争等方面的劣势而表现为边行劣势,若将交替灌溉集成应用到间作种植中,即在不同作物带按不同作物的需水特性供水,形成配对作物供水时间和空间上的交替,可能会减少土壤的水分蒸发,并使矮秆作物的边行劣势得到一定的缓解或使原有的边行优势得到进一步提升,进而使复合群体整体产量提高。我们在间作春小麦、玉米带交替供水和不同水分梯度下,研究了间作春小麦与单作春小麦的产量表现、边行效应、产量构成因素,旨在为河西绿洲灌区间作模式的节水灌溉、特别是限水条件下小麦边行优势的进一步提高寻求科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验于 2017 年 3—10 月在地处河西绿洲灌区的甘肃农业大学武威黄羊镇试验农场进行。试验区年平均降水量在 160 mm 左右,主要集中在 7、8、9 月份,年蒸发量为

2 400 mm。年平均气温 7.2 ℃, ≥ 0 ℃的积温为 3 513.4 ℃, ≥ 10 ℃积温为 2 985.4 ℃, 年日照时数 2 945 h。土壤为荒漠灌淤土^[16]。

1.2 供试材料

供试春小麦品种为陇春 30 号, 由甘肃省农业科学院小麦研究所提供。供试玉米品种为陇单 9 号, 由甘肃省农业科学院作物研究所提供。

1.3 试验方法

试验共设 6 个处理。处理 1 为低定额供水单作春小麦 (SW1), 生育期总灌水量为 2 100 m³/hm², 其中苗期灌水 600 m³/hm²、孕穗期灌水 900 m³/hm²、抽穗后 20 d 灌水 600 m³/hm²。处理 2 为中定额供水单作春小麦 (SW2), 生育期总灌水量为 2 700 m³/hm², 其中苗期灌水 750 m³/hm²、孕穗期灌水 1 200 m³/hm²、抽穗后 20 d 灌水 750 m³/hm²。处理 3 为高定额供水单作春小麦 (SW3), 生育期总灌水量为 3 300 m³/hm², 其中苗期灌水 900 m³/hm²、孕穗期灌水 1 500 m³/hm²、抽穗后 20 d 灌水 900 m³/hm²。处理 4 为低定额供水间作春小麦 (IW1), 生育期总灌水量为 2 400 m³/hm², 其中春小麦苗期灌水 300 m³/hm²、玉米苗期灌水 300 m³/hm²、春小麦孕穗期灌水 450 m³/hm²、玉米喇叭口期灌水 450 m³/hm²、春小麦灌浆期灌水 300 m³/hm²、玉米开花期灌水 300 m³/hm²、玉米灌浆期灌水 300 m³/hm²。处理 5 为中定额供水间作春小麦 (IW2), 生育期总灌水量为 3 075 m³/hm², 其中春小麦苗期灌水 375 m³/hm²、玉米苗期灌水 375 m³/hm²、春小麦孕穗期灌水 600 m³/hm²、玉米喇叭口期灌水 600 m³/hm²、春小麦灌浆期灌水 375 m³/hm²、玉米开花期灌水 450 m³/hm²、玉米灌浆期灌水 300 m³/hm²。处理 6 为高定额供水间作春小麦 (IW3), 生育期总灌水量为 3 750 m³/hm², 其中春小麦苗期灌水 450 m³/hm²、玉米苗期灌水 450 m³/hm²、春小麦孕穗期灌水 750 mm³/hm²、玉

米喇叭口期灌水 750 m³/hm²、春小麦灌浆期灌水 450 m³/hm²、玉米开花期灌水 600 m³/hm²、玉米灌浆期灌水 300 m³/hm²。

试验田间随机排列, 重复 3 次, 小区面积 32 m² (3.2 m × 10.0 m), 小区间留宽 0.4 m 的隔离带。试验各处理均为露地种植, 春小麦于 3 月 20 日播种, 玉米于 4 月 18 日播种。单作小麦时, 播前一次性基施 N 225 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm²。间作小麦时, 小麦带基施 N 225 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm²; 玉米带基施 N 108 kg/hm²、P₂O₅ 225 kg/hm², 大喇叭口期追施 N 216 kg/hm²、灌浆期追施 N 36 kg/hm²。

作物收获时, 春小麦按边 1 行、边 2 行、边 3 行分别取 20 株考种, 测定其产量性状 (小穗数、穗粒数、千粒重、收获指数), 并按边 1 行、边 2 行、边 3 行分别计产。同时每小区随机取样 20 株考种, 测定产量性状 (单位面积成穗数、穗粒数、穗粒重、千粒重), 然后按小区单收计产。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 进行统计, 用 DPS 数据处理系统进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对春小麦产量性状及产量的影响

2.1.1 不同处理对春小麦产量性状的影响

从表 1 可以看出, 间作和提高供水水平均对春小麦成穗数具有显著提高作用。在高、中、低定额灌水水平下, 间作春小麦成穗数分别较单作春小麦提高了 28.3%、25.0%、29.3%; 间作群体中, 高定额灌水处理成穗数较中定额、低定额灌水处理分别提高了 7.3%、11.3%; 单作群体中, 高定额灌水处理成穗数较中定额、低定额灌水处理分别提高了 4.5%、12.2%。

间作可显著提高春小麦穗粒数, 但供水水平对穗粒数的作用不显著。在高、中、低

定额灌水水平下, 间作春小麦穗粒数分别较单作春小麦提高了 18.8%、25.3% 和 19.2%; 间作群体中, 高定额灌水处理穗粒数较中定额、低定额灌水处理分别提高了 2.0%、4.3%; 单作群体中, 高定额灌水处理穗粒数较中定额、低定额灌水处理分别提高了 3.4%、4.7%。

间作对春小麦千粒重的影响在不同供水水平下不同。在高、中、低定额灌水水平下, 间作春小麦千粒重较单作春小麦增加 -2.0%~7.3%, 其中低定额供水水平下的间作春小麦千粒重显著高于单作。间作群体中, 高定额灌水处理千粒重较中、低定额灌水处理降低 4.4%、4.8%; 单作群体中, 高定额灌水处理千粒重较中、低定额灌处理的增产为 -0.5%、4.3%。千粒重表现减少的主要原因是春小麦灌浆期, 高秆作物玉米生长茂盛, 在采光、水肥利用上强于春小麦, 从而影响了春小麦的灌浆而使千粒重降低。

2.1.2 不同处理对春小麦产量的影响 从表 1 可以看出, 在净占地面积下, 间作和提高供水水平均可提高春小麦产量。在高、中、低定额灌水水平下, 间作春小麦折合产量分别较单作春小麦提高了 33.12%、28.34% 和 20.96%。间作群体中, 高定额灌水处理春小麦折合产量较中定额、低定额灌水处理分别提高了 8.48%、17.13%; 单作群体中, 高定额灌水处理春小麦折合产量较中定额、低定额灌水处理分别提高了 4.60%、6.44%。

2.2 不同处理春小麦的边行效应

2.2.1 不同处理对不同边行春小麦产量性状的影响 从表 2 可以看出, 间作较单作具有明显提高不同行春小麦穗粒数的作用。在高、中、低定额三个灌水水平下, 间作春小麦边 1 行穗粒数较之单作春小麦分别提高了 20.1%、18.2%、21.1%, 边 2 行分别提高了 23.6%、36.0%、21.0%, 边 3 行分别提高了 14.2%、23.5%、14.9%。其中, 在高定额、低定额灌水水平下, 间作春小麦与单作春小麦边 1 行穗粒数差异明显, 中定额灌水水平下, 间作春小麦与单作春小麦边 1 行和边 2 行差异都表现显著。

在单作群体中, 高定额灌水水平下, 边 1 行穗粒数比边 2 行、边 3 行分别提高了 39.1%、24.7%; 中定额灌水水平下, 边 1 行比边 2 行、边 3 行分别提高 26.7%、40.3%; 低定额灌水水平下, 分别提高 24.3%、28.1%。在间作群体中, 高定额灌水水平下, 边 1 行穗粒数比边 2 行、边 3 行穗粒数分别提高 35.1%、32.8%; 中定额灌溉水平下, 边 1 行穗粒数比边 2 行、边 3 行穗粒数分别提高 10.2%、34.3%; 低灌水水平下, 边 1 行穗粒数比边 2 行、边 3 行穗粒数分别提高 24.3%、35.1%。在间作群体高、中、低定额灌水水平下, 边 1 行与边 2 行、边 3 行差异显著, 中灌水水平下, 边 1 行与边 3 行差异显著。

在不同定额灌水水平下, 间作比单作在小穗数上有优势(表 2)。在高、中、低定额 3 个灌水水平下, 间作春小麦边 1 行小穗数较

表 1 间作小麦与单作小麦的产量性状及产量

| 处理 | 穗粒数 /粒 | 穗粒重 /g | 成穗数 /(穗/hm ²) | 千粒重 /g | 折合产量 /(kg/hm ²) |
|-----|-----------|-----------|------------------------------|-----------|--------------------------------|
| SW1 | 26.17 b | 1.00 b | 5 694 729.45 b | 38.17 c | 5 615.52 b |
| SW2 | 26.48 b | 1.06 b | 6 111 416.70 ab | 39.99 ab | 5 714.56 b |
| SW3 | 27.39 b | 1.09 b | 6 389 208.30 a | 39.80 ab | 5 977.40 a |
| IW1 | 31.19 a | 1.28 a | 3 680 739.60 b | 40.96 a | 3 396.34 e |
| IW2 | 33.18 a | 1.35 a | 3 819 635.40 c | 40.78 a | 3 667.13 d |
| IW3 | 32.53 a | 1.27 a | 4 097 427.15 c | 39.00 bc | 3 978.14 c |

之单作春小麦分别提高了 10.6%、10.2%、2.2%；边 2 行分别提高了 7.6%、26.9%、21.3%；边 3 行提高了 24.8%、12.3%、27.9%。

在单作群体中，高定额灌水水平下边 1 行小穗数比边 2 行、边 3 行提高 15.7%、17.8%；中定额灌水水平下边 1 行小穗数比边 2 行、边 3 行提高 19.5%、13.8%；低定额灌水水平下边 1 行比边 2 行、边 3 行提高 26.9%、31.7%。在间作群体中，高定额灌水水平下，边 1 行小穗数比边 2 行边 3 行提高 18.8%、4.0%；中定额灌水水平下，边 1 行小穗数比边 2 行边 3 行提高 3.7%、11.6%；低定额灌水水平下，边 1 行比边 2 行边 3 行提高 6.9%、5.3%。

间作高定额灌水水平下，小麦的千粒重边 1 行比单作提高 15.8%、2.8%、2.7%，边 2 行提高 0.03%、2.1%、6.5%，边 3 行提高 -7.9%、0.9%、13.3%。单作群体中，小麦的千粒重边 1 行高定额灌水比中定额、低定额灌水提高 1.6%、2.2%，边 2 行提高 -0.9%、2.6%，边 3 行提高 -2.2%、8.4%。间作群体中，小麦的千粒重边 1 行高定额灌水比中定

额、低定额灌水提高 0.4%、1.1%，边 2 行降低 -2.9%、-3.6%，边 3 行降低 -10.7%、-11.9%。春小麦生长后期受到高秆作物玉米的影响，在采光和水肥利用方面处于劣势，从而影响了春小麦灌浆，使千粒重下降。

2.2.2 不同处理对春小麦不同边行产量的影响 从表 2 可以看出，间作春小麦较单作春小麦增产的主要原因是显著提高了边 1 行的产量（表 2）。在高、中、低定额 3 个灌水水平下，间作春小麦较单作春小麦边 1 行分别增产 72.57%、49.06%、59.09%，边 2 行分别增产 14.29%、14.44%、29.87%，边 3 行分别增产 13.41%、11.39%、13.30%。增产主要表现在边 1 行。

从边行效应分析，单作春小麦在高定额灌水水平处理的边 1 行产量比边 2 行、边 3 行分别提高了 15.3%、37.8%，中定额灌水水平下，边 1 行产量比边 2 行、边 3 行分别提高了 17.8%、34.2%；低定额灌水水平下，边 1 行产量比边 2 行、边 3 行分别提高了 14.3%、17.3%。间作条件下，高定额灌水处

表 2 不同处理下春小麦的边行产量性状及产量

| 处理 | 小穗数 /个 | 穗粒数 /粒 | 收获 指数 | 千粒重 /g | 折合产量 /(kg/行) | |
|-----|-----------|-------------|---------------|-----------|-----------------|------------|
| SW1 | 边1行 | 11.33 a | 30.37 defg | 0.382 ab | 40.15 abc | 0.88 fghij |
| | 边2行 | 8.93 ef | 24.43 hij | 0.345 bc | 38.61 c | 0.77 j |
| | 边3行 | 8.60 efg | 23.70 ij | 0.323 c | 35.75 d | 0.75 j |
| SW2 | 边1行 | 11.23 ab | 31.74 cdef | 0.390 ab | 40.38 abc | 1.06 de |
| | 边2行 | 9.40 def | 25.06 ghij | 0.366 abc | 39.99 abc | 0.90 fghij |
| | 边3行 | 9.87 cdef | 22.63 ij | 0.350 bc | 39.60 a abc | 0.79 ij |
| SW3 | 边1行 | 11.07 ab | 32.59 bcde | 0.396 ab | 41.04 a | 1.13 d |
| | 边2行 | 9.57 def | 23.43 ij | 0.372 abc | 39.63 abc | 0.98 defgh |
| | 边3行 | 9.40 def | 26.14 fghij | 0.351 bc | 38.74 bc | 0.82 hij |
| IW1 | 边1行 | 11.58 abc | 36.77 abc | 0.388 ab | 41.25 a | 1.40 c |
| | 边2行 | 10.83 abcde | 29.57 defgh | 0.377 abc | 41.13 a | 1.00 defg |
| | 边3行 | 11.00 abcde | 27.23 efg hij | 0.352 bc | 40.50 abc | 0.85 ghij |
| IW2 | 边1行 | 12.37 a | 37.53 ab | 0.401 ab | 41.54 a | 1.58 b |
| | 边2行 | 11.93 ab | 34.07 abcd | 0.378 abc | 40.82 ab | 1.03 def |
| | 边3行 | 11.08 abcde | 27.95 efg hij | 0.377 abc | 39.97 abc | 0.88 fghij |
| IW3 | 边1行 | 12.24 a | 39.15 a | 0.419 a | 41.69 a | 1.95a |
| | 边2行 | 10.30 bcdef | 28.97 defghi | 0.383 ab | 39.64 abc | 1.12d |
| | 边3行 | 11.77 abc | 29.47 defgh | 0.362 abc | 35.69 d | 0.93 efghi |

理边1行比边2行、边3行分别增产74.1%、20.4%，中定额灌水处理边1行比边2行、边3行分别增产53.4%、79.5%，低定额灌水处理的边1行比边2行、边3行分别增产40.0%、64.7%。边行优势主要表现在边1行上，且间作春小麦较单作春小麦具有显著提高边1行优势的作用。

增加灌水可提高春小麦的边行优势。单作群体中，高定额灌水处理的边1行产量较中定额、低定额灌处理分别提高了28.4%、6.6%，边2行分别提高了8.9%、27.3%，边3行分别提高了3.8%、9.3%。间作群体中，高定额灌水处理边1行产量较中、低定额灌水处理分别提高了23.4%、39.3%，边2行分别提高了8.7%、12.0%，边3行分别提高了5.7%、9.4%。

从以上分析可知，春小麦单作和间作都存在边行效应，但间作的边行优势更明显，并且边行优势主要表现在边1行。灌水水平也是影响春小麦边行效应的因素之一，无论是在单作或者间作中，高定额灌水水平小麦的边行优势较中、低定额灌水水平表现明显。因此，在春小麦生产中，种植方式和灌水水平同时影响着春小麦的产量。

2.3 不同处理春小麦折合产量与产量性状之间的相关性

从表3可以看出，小麦折合产量与穗粒数、成穗数、穗粒重呈显著正相关关系。结合表2与表1分析发现，在不同灌溉方式下，小麦的穗粒数、成穗数、穗粒重等提高，其相应的产量也提高。从表1可知，在高、中、低定额灌水水平下，间作小麦成穗

数分别较单作提高了28.3%、25.0%和29.3%，穗粒数分别较单作提高了18.8%、25.3%和19.2%，其主要原因是间作在光能，水分，养分的利用上都优于单作。Allen等^[17]研究认为，不同叶冠，生育期有差异的2种作物间套时光能截获量增大，而且分布比较均匀。在适宜栽培密度下间套复合群体可获得最大光能利用率，提高光能转换率。因此，间作比单作在折合产量和产量构成因素上具有增产优势。

在高、中、低3个定额灌水水平下，间作春小麦的穗粒重边1行较单作春小麦分别提高了20.1%、18.2%、21.1%，边2行分别提高了23.6%、36.0%、21.0%，边3行分别提高了14.2%、23.5%、14.9%。间作春小麦的小穗数边1行较单作春小麦分别提高了10.6%、10.2%、2.2%，边2行分别提高了7.6%、26.9%、21.3%，边3行分别提高了24.8%、12.3%、27.9%。在相同灌溉水平下分别比较单作春小麦与间作春小麦在低、中、高3个定额灌水水平下的边行表现可以看出，在低定额灌水水平下，间作春小麦边1行穗粒重比单作提高21.2%；中定额灌水水平下，间作春小麦边1行穗粒重比单作春小麦提高18.2%；高定额灌水水平下间作春小麦边1行穗粒重比单作春小麦提高20.1%。在相同灌溉水平下分别比较单作春小麦与间作春小麦在低、中、高3个定额灌水水平下的产量表现可以看出，间作春小麦边1行产量比单作春小麦分别提高59.09%、49.06%、72.57%。

综合以上分析可知，间作小麦增产的原因主要是因为其产量构成因素的改善，间作

表3 春小麦折合产量和产量构成因素之间的相关性

| 因素 | 穗粒数 | 穗粒重 | 成穗数 | 千粒重 | 折合产量 |
|------|---------|----------|----------|---------|----------|
| 穗粒数 | 1.000 0 | 0.978 7* | 0.830 5* | 0.316 2 | 0.809 3* |
| 穗粒重 | | 1.000 0 | 0.821 6* | 0.502 7 | 0.772 6* |
| 成穗数 | | | 1.000 0 | 0.315 1 | 0.926 5* |
| 千粒重 | | | | 1.000 0 | 0.180 9 |
| 折合产量 | | | | | 1.000 0 |

比单作具有较强的边行效应也是因为其小穗数、穗粒数在间作中比在单作中表现良好。因此,穗粒数、穗粒重、成穗数等影响了小麦的产量和边行效应,它们之间呈正相关关系。

3 小结与讨论

在低、中、高3个定额灌水水平下,间作春小麦的折合产量比单作春小麦分别提高了20.96%、28.34%、33.12%。单作群体中,高定额灌水水平下春小麦折合产量比中定额灌水水平下春小麦折合产量提高了4.60%,比低定额灌水水平春小麦的折合产量提高了6.40%。在间作群体中,春小麦的折合产量高定额灌水水平比中定额灌水水平提高了8.48%,比低定额灌水水平提高了17.13%。

在低、中、高3个定额灌水水平下,间作春小麦边1行产量比单作春小麦边1行产量分别提高了59.09%、49.06%、72.57%,边2行产量分别提高为29.87%、14.44%、14.29%;边3行产量分别提高了13.3%、11.39%、13.41%。单作群体中,低、中、高3个定额灌水水平下,边1行比边2行、边3行分别增产14.3%~17.3%、17.8%~34.2%、15.3%~37.8%。间作小麦中,边行产量在低、中、高定额三个灌水水平下表现为边1行比边2行、边3行分别提高了40.0%~64.7%、53.4%~79.5%、20.4%~74.1%。单作小麦中,高定额灌水水平的边行产量比中定额、低定额灌水水平提高了6.6%~28.4%。间作小麦中,高定额灌水水平的边行产量比中定额、低定额灌水水平提高了12.9%~39.3%。在高定额、中定额、低定额灌水水平下,间作春小麦成穗数分别较单作春小麦提高了28.3%、25.0%、29.3%,穗粒数分别较单作春小麦提高了18.8%、25.3%、19.2%。由此可以看出,间作小麦的产量构成因素比单作具有优势,这是小麦经济产量增加的主要原因。在本研究

中,间作春小麦的千粒重表现为降低趋势,其主要原因是春小麦生长后期玉米影响了春小麦对养分和光照的利用。交替灌溉中水分也是影响千粒重的主要因素之一,水分对春小麦千粒重的形成有副作用,但是它对春小麦产量的形成影响较小。

小麦间作比单作具有产量优势的另外原因是间作比单作具有较强的竞争力和密植效应^[17],即复合群体的立体结构透光,能充分利用光能,矮位作物能够吸收高秆作物反射的太阳光,提高了光能利用率。

参考文献:

- [1] 郝艳如, 劳秀容, 孟庆强, 等. 玉米/小麦间作对根系土壤和养分吸收的影响[J]. 中国农学通报, 2002, 18(4): 20-24.
- [2] CHATTERJEE B N, MANDAL B K. Present trends in research on intercropping[J]. Agri. Sci., 1992(62): 507-518.
- [3] 柴良植, 刘世铎, 李得举. 大力发展间作套种提高灌区综合效益[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(2): 37-43.
- [4] 陈 阜, 逢焕成. 冬小麦/春玉米/夏玉米间套作复合群体的高产机理探讨[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(5): 12-16.
- [5] 刘巽浩. 华北平原地区麦田两熟的光能利用、作物竞争与产量分析[J]. 作物学报, 1981(1): 63-71.
- [6] 杨春峰. 关中灌区间作套种的带型研究[J]. 西北农林大学学报, 1986(2): 29-31.
- [7] 蔡菊云. 条带小麦空带宽度与产量关系的研究[J]. 陕西农业科学, 1988(5): 11-13.
- [8] 张海文. 现阶段国内节水灌溉技术及问题分析[J]. 山西农业科学, 2008, 36(1): 16-18.
- [9] 柴 强, 黄高宝. 河西节水农业的现状评价与重点领域研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(10): 216-220.
- [10] 柴 强. 甘肃节水农业的成效及发展途径[J]. 甘肃农业科技, 2003(11): 3-5.
- [11] 康绍忠, 张建华, 梁宗锁, 等. 控制性交替灌溉——一种新的农田节水调空思路[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 1-6.

水肥耦合一体化对温室茄子的影响初报

王海鹏, 孙振荣, 薛 莲, 袁 宁, 蒲 明
(兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 在温室观察了水肥耦合一体化对茄子生长的效果, 试验采取滴灌施肥与叶面喷肥相结合模式。结果表明, 灌溉量为 $4200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 结合滴灌将高氮高钾型水溶性肥 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=20\text{-}10\text{-}30$) 滴施 $225 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 叶面喷施 6 次 (其中苗期 1 次, 开花期 2 次, 结果期至采收期 3 次, 每次 $25 \text{ kg}/\text{hm}^2$), 可明显改善茄子植株农艺性状和商品性能, 折合产量 $26\ 681.8 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 较对照滴施磷酸二铵增产 $3\ 090.9 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 增产率 13.10%。

关键词: 高原夏菜; 设施茄子; 水肥耦合一体化; 试验

中图分类号: S641.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)03-0055-03

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.03.011

水肥一体化技术是指将可溶性固体或液体肥料配成肥液, 与灌溉水一起通过灌溉系统输送至作物根系土壤层的技术^[1]。喷施在作物叶面上, 肥液经叶面气孔或表皮细胞被作物吸收, 见效快, 肥料利用率高^[2]。茄子作为兰州高原夏菜设施主栽蔬菜品种之一, 已经有 10 多年的栽培历史。我国近年来先后出台了一系列关于农业节水的政策, 有效推动了水肥一体化技术的应用和发展^[3-4]。但兰州地区水肥耦合一体化技术落后, 制约茄子生产的发展。2017—2018 年, 我们结合兰州市科技局计划项目“兰州高原夏菜水肥耦合一体化技术集成研究及示范推广”实

施, 在榆中县夏官营镇开展设施茄子水肥耦合一体化技术试验, 现将结果初报如下。

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示茄子品种为兰杂 2 号 F1。供试肥料为高氮高钾型水溶性肥料 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=20\text{-}10\text{-}30$), 由东莞市施普旺生物科技有限公司生产; 氮磷钾平衡型水溶性肥料 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=20\text{-}20\text{-}20$), 由以色列海法化工公司生产; 高钾型水溶性肥料 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=10\text{-}10\text{-}40$), 由四川省彭山县先锋化工有限责任公司生产; 氮钾平衡型水溶性肥料 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=20\text{-}10\text{-}20$), 由青岛凯泽拉植

收稿日期: 2018-12-21

作者简介: 王海鹏 (1971—), 女, 甘肃兰州人, 高级农艺师, 主要从事作物科学施肥与高效节水技术研究工作。联系电话: (0)18993116080。Email: whpwhpp@163.com。

[12] 梁宗锁, 康绍忠, 胡 炜, 等. 控制性分根交替灌水节水效应[J]. 农业工程学报, 1997, 13(4): 58-64.

[13] KANG SHAOZHONG, LIANG ZONGSUO, HU WEI, et al. Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plant [J]. Agricultural Water Management, 1998(38): 69-76.

[14] 杨文雄, 杨长刚, 王世红, 等. 甘肃省小麦生产技术发展现状及建议[J]. 中国种业, 2017

(10): 14-18.

[15] 张俊儒, 张 磊, 刘忠元, 等. 布劳格小麦育种模式反思与节水专用型品种选育探讨[J]. 甘肃农业科技, 2017(10): 63-66.

[16] 马小乐, 刘露露, 司二静, 等. 节水型春小麦新品种甘春 24 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2018(9): 34-36.

[17] 王立祥, 李 军. 农作学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

(本文责编: 杨 杰)