

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)05-0413-10

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.05.004

栽培生理

不同密度和垄沟比对全膜覆盖垄上微沟马铃薯水分利用和产量的影响

张小红¹, 曾芳荣^{1*}, 孙 叶², 姚小凤², 刘学彬¹, 武江燕¹, 李艳春¹, 李亚利¹

(1. 会宁县农业技术推广中心, 甘肃 会宁 730799; 2. 灵台县农业技术推广中心, 甘肃 灵台 744400)

摘要: 优化垄沟比、种植密度可改善土壤水分条件, 提高马铃薯产量、水分利用效率和商品薯率。2016~2018年在陇中半干旱区布设了大田定位试验, 以‘陇薯10号’为试验材料, 设置60 000(L)和75 000株/hm²(H)2个播种密度; 垄宽50 cm、沟宽50 cm(R5D5), 垄宽60 cm、沟宽40 cm(R6D4)和垄宽70 cm、沟宽30 cm(R7D3)3个垄沟比, 测定了关键生育期0~300 cm土壤含水量和马铃薯产量, 计算了生育期贮水量、耗水量、水分利用效率、商品薯率, 研究不同密度和垄沟比对全膜覆盖垄上微沟马铃薯水分利用、产量和商品薯率的影响。欠水年(2016年), HR5D5、HR6D4和HR7D3 3个高密度处理间产量无显著性差异, 但均显著高于LR5D5和LR7D3, 与LR6D4差异不显著。2016~2018年, LR6D4、HR5D5、HR6D4、HR7D3的水分利用效率显著高于LR5D5和LR7D3; LR5D5、LR6D4和LR7D3的商品薯率显著高于HR5D5、HR6D4和HR7D3。综合考虑, 在陇中半干旱区, LR6D4处理即播种密度60 000株/hm²配合垄宽60 cm、沟宽40 cm是全膜覆盖垄上微沟马铃薯栽培技术的最佳组合。

关键词: 马铃薯; 密度; 垄沟比; 全膜覆盖; 产量; 水分利用

Effects of Different Densities and Ratios of Ridge to Ditch on Water Utilization and Potato Yield Under Mini-ditch Planting with Plastic Mulching in Ridges

ZHANG Xiaohong¹, ZENG Fangrong^{1*}, SUN Ye², YAO Xiaofeng², LIU Xuebin¹, WU Jiangyan¹, LI Yanchun¹, LI Yali¹

(1. Huining Agricultural Technology Extension Center, Huining, Gansu 730799, China;

2. Lingtai Agricultural Technology Extension Center, Lingtai, Gansu 744400, China)

Abstract: Optimizations of the ratio of ridge to ditch and plant density are the promising ways to improve soil water conditions, increase crop yield, water use efficiency and potato marketable tuber rate. A three-year (2016 to 2018) field trial was conducted at semi-arid area of Longzhong, using potato cultivar 'Longshu 10' as test material. Two plant densities [low density of 60 000 plants/ha (L), and high density of 75 000 plants/ha (H)] and three ratios of ridge to ditch models [ridge width 50 cm, ditch width 50 cm (R5D5); ridge width 60 cm, ditch width 40 cm (R6D4); and ridge width 70 cm, ditch width 30 cm (R7D3)] were set up as treatments. The soil water contents in the depths of 0-300 cm at key

收稿日期: 2022-09-05

基金项目: 甘肃省科技重大专项(20ZD7NA007)。

作者简介: 张小红(1971-), 女, 高级农艺师, 从事作物栽培及农技推广工作。

*通信作者(Corresponding author): 曾芳荣, 高级农艺师, 从事作物栽培及农技推广工作, E-mail: 178264758@qq.com。

development stages and potato yield were determined, as well as water consumption, soil water storage, water use efficiency and potato marketable tuber rate were calculated, to study the effects of different densities and ratios of ridge to ditch on water utilization, potato yield and marketable tuber rate under mini-ditch planting with plastic mulching in ridges. The yield of HR5D5, HR6D4 and HR7D3, in which no significant difference was found, was significantly higher than that of LR5D5 and LR7D3, but there was no significant difference with LR6D4 in the drought year (2016). In 2016-2018, the water use efficiency of LR6D4, HR5D5, HR6D4 and HR7D3 was significantly higher than that of LR5D5 and LR7D3; the potato marketable tuber rate of LR5D5, LR6D4 and LR7D3 was significantly higher than that of HR5D5, HR6D4 and HR7D3. Therefore, it was the best mode of mini-ditch planting with plastic mulching in ridges by density of 60 000 plants/ha and ridge width 60 cm, ditch width 40 cm (LR6D4) in the semi-arid region of Longzhong.

Key Words: potato; density; ridge to ditch ratio; whole plastic-film mulching; yield; water utilization

陇中半干旱区年降水量为300~450 mm, 且季节分配不均, 年际间差异大, 作物产量长期低而不稳^[1-3]。马铃薯是该区的主要粮食作物, 近几年种植面积迅速增加, 成为农民增收和农业增产的一大经济支柱^[1]。旱地马铃薯种植先后经历了平膜栽培^[4]、全膜垄作栽培^[5-7]、全膜垄沟栽培^[8-10]等多个阶段。马铃薯全膜覆盖垄上微沟方法是在全膜垄沟栽培的基础上发展而来的, 该方法在地面起垄后, 垄上营建小沟, 并用地膜全地面覆盖, 是一项集保墒、集雨、增温为一体的适宜于北方旱地的马铃薯栽培方法^[11,12]。该技术增加了集雨面, 使垄面上的降水向垄上微沟和大沟内聚集叠加, 促进马铃薯对土壤水分的利用, 较普通的全膜垄沟栽培显著提高降水利用率和马铃薯产量^[12]。现有的马铃薯全膜覆盖垄上微沟技术有垄宽60 cm, 沟宽40 cm, 幅宽100 cm^[12]; 垄宽70 cm, 沟宽40 cm, 幅宽110 cm^[12,13]; 垄宽75 cm, 沟宽45 cm, 幅宽120 cm^[14,15]等多个规格, 不同的垄沟比对全膜覆盖垄上微沟马铃薯水分利用、产量及商品薯率等有无影响, 目前未见报道。播种密度是影响马铃薯块茎大小和产量的重要因素^[16-18]。在一定范围内, 随着播种密度的增加, 马铃薯的产量逐渐增加^[19,20], 但商品薯率却有所下降^[21]。马铃薯产量和单位面积结薯数随播种密度的增大而增加, 单薯重则随密度的增加而减少^[22]。密度过高, 植株间的竞争会影响马铃薯的光合作用, 降低生物量累积, 造成产量下降; 密度过低, 单位面积内植株不足会导致减产^[23]。所以, 合理的播种密度有利于马铃薯光合产物的累积, 促进植株根系

对土壤水分养分的吸收利用, 提高单株产量。为了选出适宜陇中半干旱区全膜覆盖垄上微沟马铃薯栽培技术的最佳播种密度和垄沟比, 本研究设置2个播种密度, 3个垄沟比, 通过对水分利用、马铃薯产量及商品薯率等的研究, 为确定该技术的最佳播种密度和垄沟比提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验设2个密度和3个垄沟比, 共计6个处理(表1), 每处理3次重复。供试材料为‘陇薯10号’原种, 所有处理均采用全膜覆盖垄上微沟种植模式。各处理施肥量一致均为N 150 kg/hm², P₂O₅ 120 kg/hm², K₂O 75 kg/hm², 其中60%氮肥作为基肥(磷钾肥全部为基肥), 剩余40%在盛花期追肥。小区面积6.0 m × 10.0 m = 60.0 m²。2016年4月30日播种, 10月5日收获; 2017年4月28日播种, 10月10日收获; 2018年4月28日播种, 10月8日收获。

表1 试验处理

Table 1 Treatments of test

处理 Treatment	垄沟宽 Width of ridge and ditch	播种密度 Sowing density
LR5D5	垄宽50 cm, 沟宽50 cm	行距50 cm, 株距33 cm, 密度60 000株/hm ²
LR6D4	垄宽60 cm, 沟宽40 cm	
LR7D3	垄宽70 cm, 沟宽30 cm	
HR5D5	垄宽50 cm, 沟宽50 cm	行距50 cm, 株距27 cm, 密度75 000株/hm ²
HR6D4	垄宽60 cm, 沟宽40 cm	
HR7D3	垄宽70 cm, 沟宽30 cm	

1.2 试验地概况

试验于2016~2018年在甘肃省会宁县会师镇南嘴村(N 35°38', E 105°3')开展。试验区海拔1 759 m, 年平均气温8.3℃, 年平均降水量356.7 mm, 年平均蒸发量1 800 mm, $\geq 10^\circ\text{C}$ 有效活动积温2 664℃, 无霜期155 d。

1996~2015年平均数据显示, 试验区马铃薯生育期降水311.8 mm, 且分布均匀; 马铃薯生育期内日均温最高为20.9℃, 最低为10.5℃, 平均为16.9℃(图1A)。试验区马铃薯生育期降水量2016年为198.6 mm, 属欠水年; 2017年为412.1 mm, 属丰水年; 2018年为394.0 mm, 属丰水年。3个试验年份降水量差异较大, 且降水季节分配不均, 2018年7月上旬降水147.7 mm, 占马铃薯整个生育期降水的37%以上。试验区马铃薯生育期内日均温2016年最高为24.4℃, 最低为12.5℃, 平均为18.1℃; 2017年最高为20.4℃, 最低为10.5℃, 平均为15.8℃; 2018年最高为22.2℃, 最低为9.5℃, 平均为17.3℃(图1B~D)。所以该试验区降水变率大、季节分配不均, 年际间日均温变幅较大等气候因素均对马铃薯产量有较大影响。

1.3 测定指标与计算方法

1.3.1 土壤贮水量

用土钻法在马铃薯关键生育期(播前、苗期、盛花期、块茎膨大期和成熟期)分别取0~300 cm土样, 每20 cm为一层, 用烘干称重法测定土壤含水量。

土壤贮水量(Soil water storage, SWS)(mm) = $W_s \times b \times d$

式中: W_s 为土壤重量含水量(%); b 为土壤容重(g/cm^3); d 为土层深度(cm)。

1.3.2 阶段耗水量(ET_i)

$$ET_i(\text{mm}) = SWS_i - SWS_{i+1} + P_i$$

式中: SWS_i 为某生育阶段初始土壤贮水量(mm); SWS_{i+1} 为该生育阶段结束时土壤贮水量(mm); P_i 为该生育阶段降水量(mm)。

1.3.3 商品薯率(CR)

成熟期每小区选择10 m^2 进行称重。

$$CR = W_b/W_t$$

式中: W_b 为大薯重量和中薯重量之和, W_t 为总重量。大薯重量 ≥ 150 g, $50 \text{ g} \leq$ 中薯重量 < 150 g,

小薯重量 < 50 g。

1.3.4 产量

成熟期按小区收获块茎计产, 并折合成公顷产量(kg/hm^2)。

1.3.5 水分利用效率

水分利用效率(Water use efficiency, WUE)($\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{mm}$) = Y/ET

式中: Y 为产量(kg/hm^2), ET 为总耗水量(mm), $ET =$ 播前土壤贮水量 - 收后土壤贮水量 + 生育期内降水量。

1.4 统计分析

运用Microsoft excel 2007和DPS 12.1软件分析、作图并方差分析, 用Tukey法检验处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯0~300 cm土层土壤贮水量的影响

2016~2018年, 各处理各生育期0~300 cm土层的土壤贮水量均无显著性差异(图2A~C)。2016年是欠水年, 各处理0~300 cm土壤贮水量在每个生育期均偏低, 处于480~570 mm, 尤其是盛花期到成熟期(7月下旬到10月上旬)仅降水65.6 mm(图2A), 0~300 cm土壤贮水量逐渐减少, 各处理收获时0~300 cm土壤贮水量均维持在480 mm左右。2017和2018年是丰水年, 各处理0~300 cm土壤贮水量随生育期推进无明显减少, 收获时土壤贮水量均维持在570~620 mm(图2B~C)。

2.2 不同处理对马铃薯0~300 cm土层土壤耗水量的影响

不同密度和垄沟比对全膜覆盖垄上微沟马铃薯苗期后0~300 cm土层的土壤阶段性耗水影响显著, 且各处理阶段耗水量均与同阶段降水分布密切相关(2016年FL-BU是由于地下水的补充)(图3A~C)。

播种到苗期, 3年降水量分别为77.0, 101.5和84.1 mm, 2016、2017年各处理0~300 cm耗水量均小于降水量, 2018年各处理0~300 cm耗水量和同期降水量相当, 3年处理间均无显著性差异(图3A~C SO-SE)。

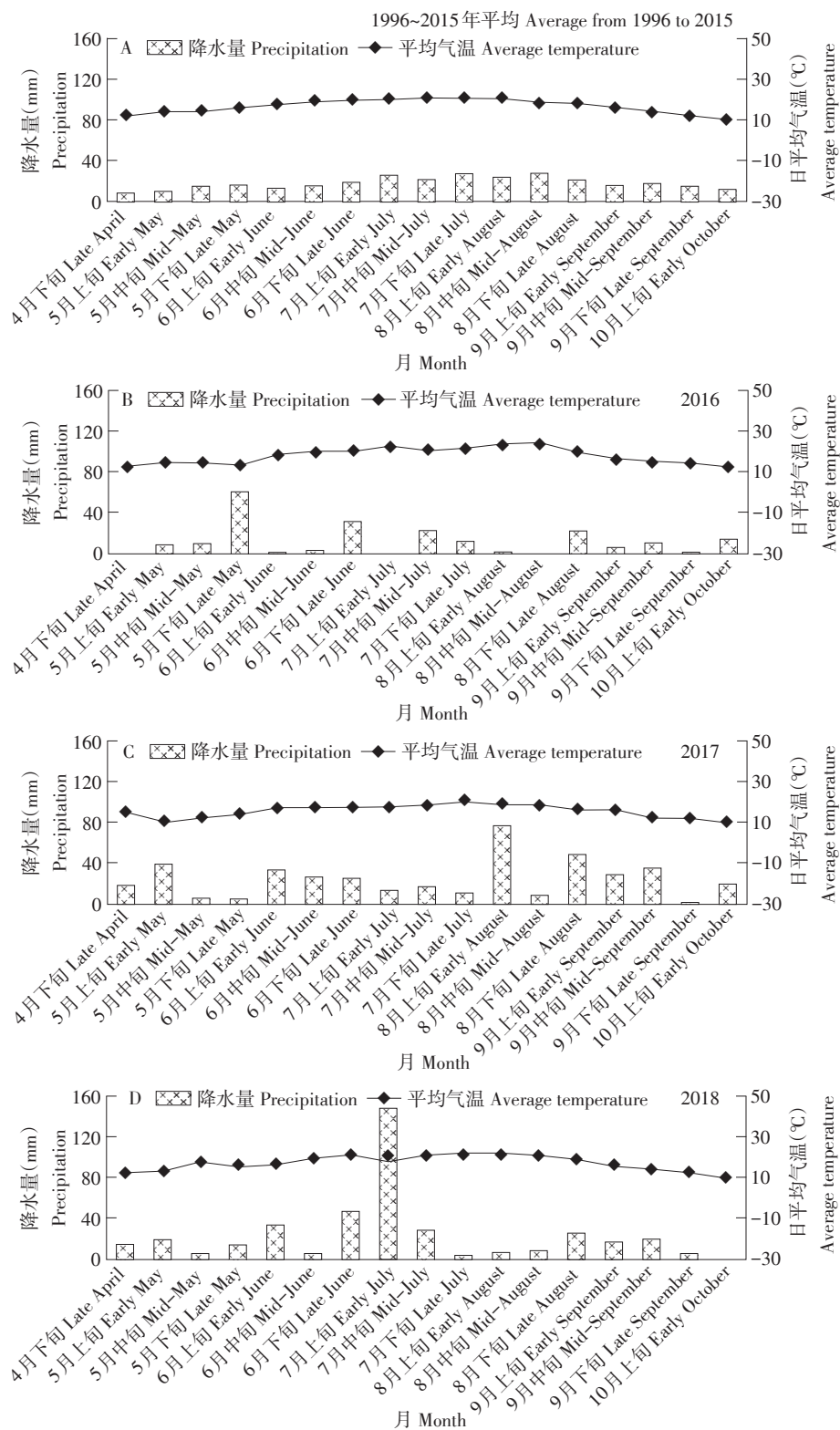
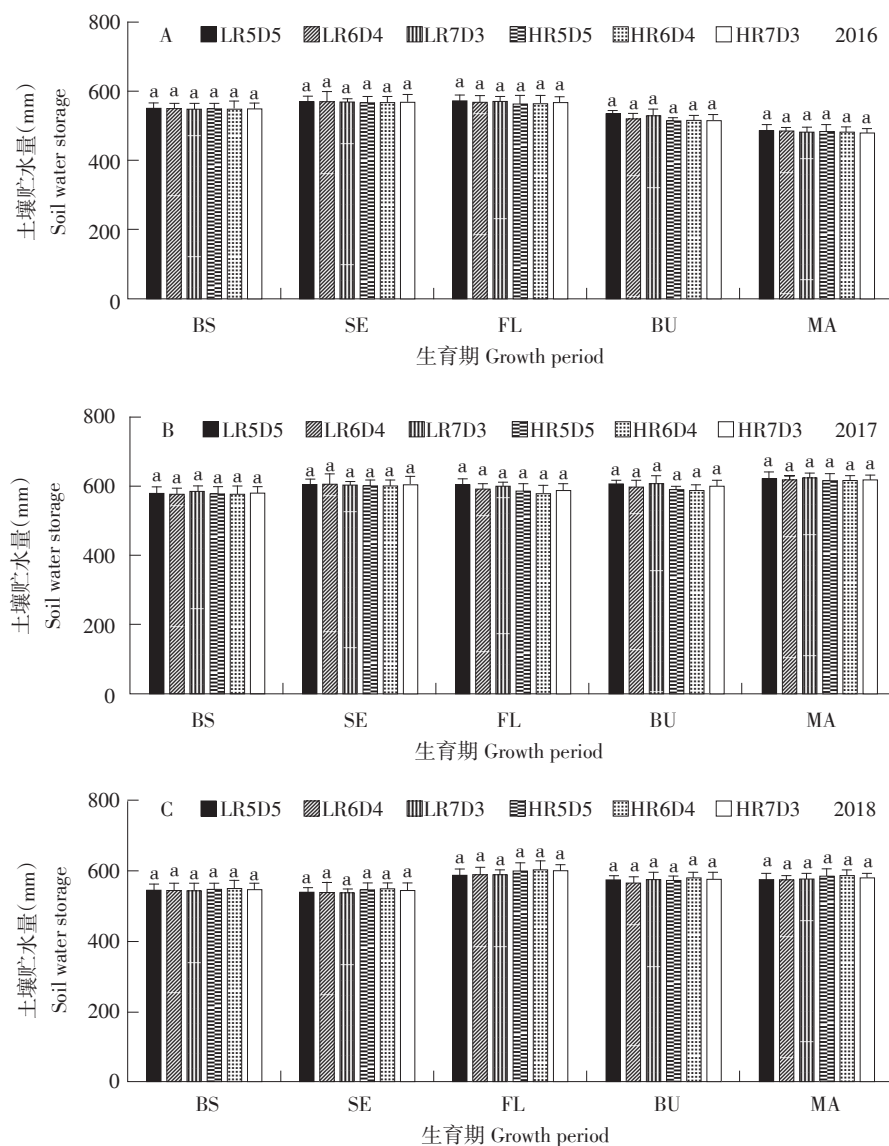


图1 2016~2018年试验区马铃薯生育期降水分布及平均气温变化

Figure 1 Precipitation and average air temperature during potato growth period in test area from 2016 to 2018



注：同一年份同一生育期不同小写字母表示各处理间有显著性差异($P < 0.05$)，下同。BS. 播前，SE. 苗期，FL. 盛花期，BU. 薯块膨大期，MA. 成熟期。

Note: Different lowercase letters above bars in the same growth period and same year mean significant difference among treatments at 0.05 level. The same below. BS. Before sowing, SE. Seeding, FL. Flowering, BU. Bulking, and MA. Maturing.

图2 不同处理对0~300 cm土层土壤贮水量的影响

Figure 2 Effects of different treatments on soil water storage from 0 to 300 cm

苗期到盛花期，2016年降水56 mm，LR5D5和LR7D3处理0~300 cm耗水量低于降水量，其余4个处理的耗水量略高于降水量，LR5D5和LR7D3处理与其他4个处理差异显著。其中，LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3 4个处理0~300 cm土壤

耗水量分别较LR5D5和LR7D3高5.4、8.1、6.4、5.6 mm和3.7、6.5、4.7、3.9 mm(图3A SE-FL)。2017年同阶段降水81.7 mm，除LR5D5和LR7D3处理0~300 cm耗水量与降水量相当外，其余4个处理的耗水量均高于降水量，且前者与后者差异显

著。其中, LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3 4个处理0~300 cm土壤耗水量分别较LR5D5和LR7D3高12.2、15.5、23.2、16.7 mm和8.9、12.3、19.9、13.4 mm(图3B SE-FL)。2018年同阶段降水226.7 mm, 各处理此阶段0~300 cm土壤耗水量显著提高, 但均低于降水量, 且处理间无显著性差异(图3C SE-FL)。

盛花期到膨大期, 2016年降水34.2 mm, 此阶段是马铃薯生长旺盛期, 所以各处理0~300 cm耗水量均大于降水量, 其中, LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3 4个处理分别较LR5D5和LR7D3高9.8、11.2、11.8、14.1 mm和5.5、7.0、7.5、9.9 mm, 且差异显著(图3A FL-BU)。2017年同阶段降水144.7 mm, 各处理0~300 cm耗水量与降水量相当, 处理间无显著性差异(图3B FL-BU)。2018年同阶段降水42.4 mm, 各处理0~300 cm耗水量均大于降水量, 其中, LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3 4个处理分别较LR5D5和LR7D3高11.5、13.4、11.0、10.2 mm和10.8、12.7、10.3、9.5 mm, 且差异显著(图3C FL-BU)。

薯块膨大期到成熟期, 2016年降水31.4 mm, 各处理此阶段0~300 cm耗水量均显著高于降水量。其中, LR5D5和LR7D3 2个处理较LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3分别高14.2、18.1、16.1、15.2 mm和12.3、16.2、14.2、13.3 mm, 且差异显著(图3A BU-MA)。2017年降水89.7 mm, 各处理0~300 cm耗水量低于降水量, 其中, 薯块膨大期到成熟期LR5D5较HR5D5和HR6D4高11.6和12.1 mm, LR7D3较HR5D5和HR6D4高11.5和12.0 mm, 且差异显著(图3B BU-MA)。2018年降水44.5 mm, LR5D5和LR7D3 2个处理0~300 cm耗水量与降水量相当, 其余4个处理均低于降水量, LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3 4个处理间差异不显著(图3C BU-MA)。

2.3 不同处理对马铃薯产量、总耗水量和水分利用效率的影响

欠水年(2016), HR5D5、HR6D4和HR7D3 3个高密度处理之间产量差异不显著, 但均显著高于LR5D5和LR7D3, 与LR6D4差异不显著。HR5D5、

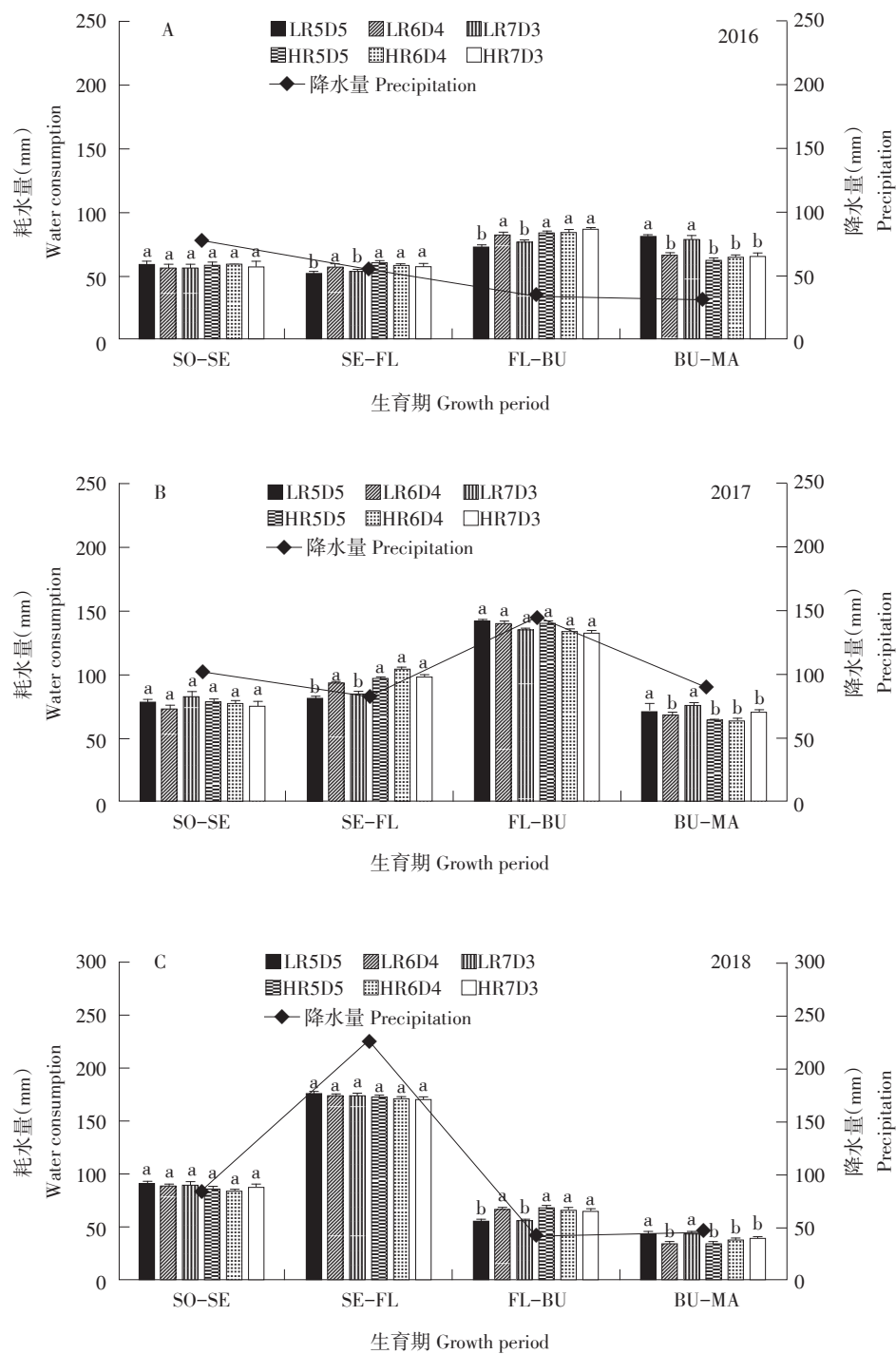
HR6D4、HR7D3产量较LR5D5和LR7D3分别高6.5%、8.2%、7.9%和6.7%、8.4%、8.1%。丰水年(2017), HR5D5、HR6D4产量显著高于LR5D5和LR7D3, 分别高6.0%、6.1%和5.5%、5.7%, 与LR6D4和HR7D3差异不显著。丰水年(2018), HR6D4产量显著高于LR5D5和LR7D3, 分别较LR5D5和LR7D3高7.4%和7.3%, 与LR6D4、HR5D5、HR7D3差异不显著(图4A)。

马铃薯生育期总耗水量的高低和同期降水量的多少密切相关, 2016~2018年马铃薯生育期降水量分别为198.6、412.1和394.0 mm。各处理耗水量以2017年最高, 2016年最低, 3年6个处理间的耗水量差异均不显著(图4B)。

2016~2018年, LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3 4个处理的水分利用效率无显著差异, 均显著高于LR5D5和LR7D3。其中, LR6D4、HR5D5、HR6D4、HR7D3的水分利用效率在2016年较LR5D5和LR7D3分别高6.0%、6.2%、7.2%、6.5%和7.0%、7.1%、8.1%、7.4%; 在2017年较LR5D5和LR7D3分别高5.3%、5.0%、5.4%、5.1%和5.4%、5.1%、5.5%、5.2%; 2018年较LR5D5和LR7D3分别高6.2%、7.6%、9.5%、7.9%和5.0%、6.4%、8.2%、6.6%(图4C)。

2.4 不同处理对马铃薯商品薯率的影响

2016~2018年, LR5D5、LR6D4和LR7D3 3个低密度处理的商品薯率无显著差异, 均显著高于3个高密度处理, 且欠水年商品薯率提高幅度高于丰水年。3个高密度处理间差异不显著(图5)。2016年, LR5D5、LR6D4和LR7D3的商品薯率较HR5D5分别高17.0%、19.8%和17.0%, 较HR6D4分别高15.1%、17.8%和15.1%, 较HR7D3分别高20.0%、22.9%和20.1%。2017年, LR5D5、LR6D4和LR7D3的商品薯率较HR5D5分别高13.7%、11.1%和11.4%, 较HR6D4分别高9.4%、6.9%和7.2%, 较HR7D3分别高12.7%、10.1%和10.4%。2018年, LR5D5、LR6D4和LR7D3的商品薯率较HR5D5分别高7.5%、6.7%和7.0%, 较HR6D4分别高7.7%、6.9%和7.2%, 较HR7D3分别高6.4%、5.6%和5.9%。



注: SO-SE. 播种-苗期, SE-FL. 苗期-盛花期, FL-BU. 盛花期-薯块膨大期, BU-MA. 薯块膨大期-成熟期。

Note: SO-SE. Sowing-Seeding; SE-FL. Seeding-Flowering; FL-BU. Flowering-Bulking; BU-MA. Bulking-Maturing.

图3 不同处理对0~300 cm土层土壤耗水量的影响

Figure 3 Effects of different treatments on seasonal water consumption from 0 to 300 cm

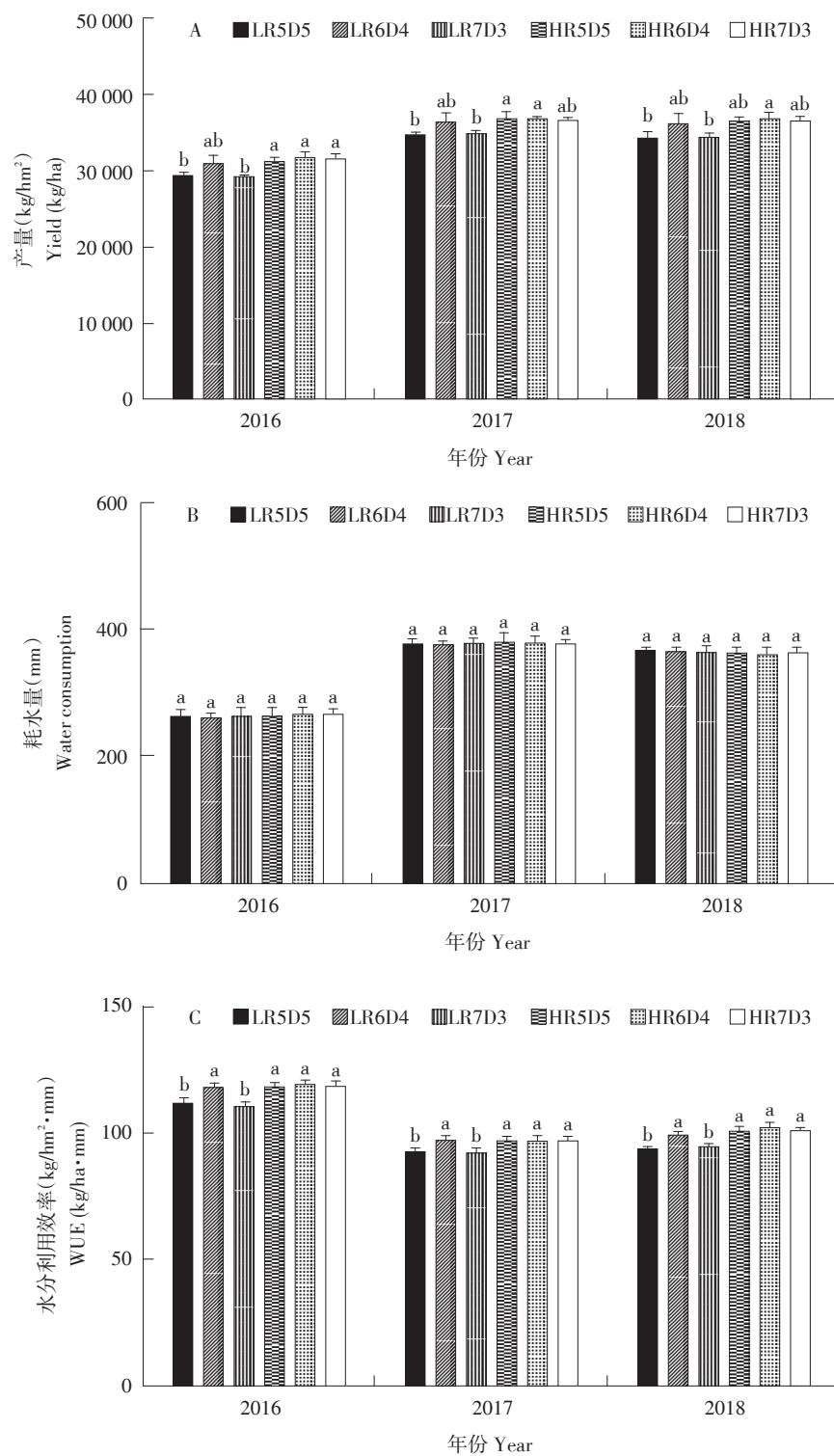


图4 不同处理对马铃薯产量、耗水量和水分利用效率的影响

Figure 4 Effects of different treatments on potato yield, water consumption and water use efficiency

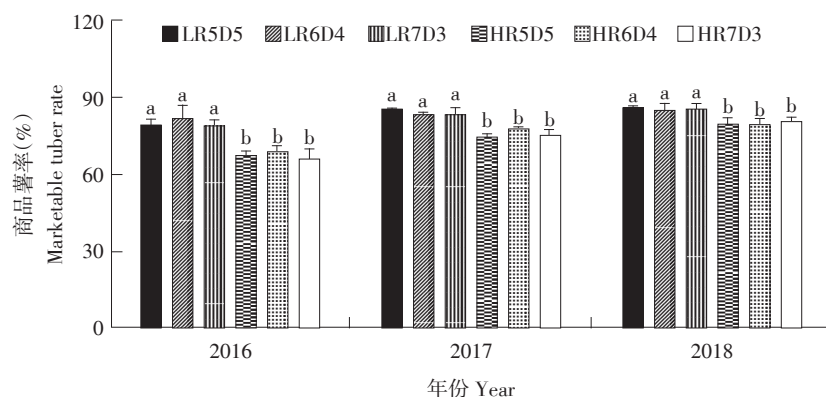


图5 不同处理对马铃薯商品薯率的影响

Figure 5 Effects of different treatments on marketable tuber rate

3 讨 论

适宜的马铃薯群体对于马铃薯水分利用效率的贡献不能忽视^[24,25]。随着垄沟比的增大,集雨面积和抑蒸面积同时增加,这有利于降水的收集和土壤水的固持^[26]。但并不是垄沟比越大越好,有研究表明,垄沟比值一定时,垄沟宽度为60 cm,比垄沟宽为70 cm更能提高小麦的水分利用效率和产量水平^[27]。在半干旱区马铃薯的研究表明,当垄沟宽度比为60 cm:40 cm时,可以获得马铃薯产量的最大期望值,同时可以有效提高降水的利用效率^[28]。本研究结果表明,LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3的水分利用效率较LR5D5和LR7D3分别提高5.3%~6.2%、5.0%~7.6%、5.4%~9.5%、5.1%~7.9%和5.0%~7.0%、5.1%~7.1%、5.5%~8.2%、5.2%~7.4%。说明在本试验条件下,3个高密度处理和低密度中垄宽60 cm、沟宽40 cm的处理均可显著提高马铃薯水分利用效率。

合理密植可通过缓解马铃薯个体间竞争,发挥群体优势,促使马铃薯植株充分吸收光能和水肥等营养物质,从而提高马铃薯产量^[29]。本研究结果表明,欠水年(2016),HR5D5、HR6D4和HR7D3 3个高密度处理之间产量差异不显著,但均显著高于LR5D5和LR7D3,与LR6D4差异不显著。HR5D5、HR6D4、HR7D3产量较LR5D5和LR7D3分别高6.5%、8.2%、7.9%和6.7%、8.4%、8.1%。丰水年(2017),HR5D5、HR6D4产量显著高于LR5D5和

LR7D3,分别高6.0%、6.1%和5.5%、5.7%,与LR6D4和HR7D3差异不显著。丰水年(2018),HR6D4产量显著高于LR5D5和LR7D3,分别较LR5D5和LR7D3高7.4%和7.3%,与LR6D4、HR5D5、HR7D3差异不显著。垄和沟作为垄沟覆膜种植的核心配置,其比例(宽度)是影响集雨效果、抑蒸效果、增温效果等微生态效应的重要因素之一^[30]。不同的垄沟比下生态效应的差异往往会影响作物的生长发育、资源的获取利用以及最终生产力的差异^[31]。本研究结果表明,LR5D5、LR6D4和LR7D3的商品薯率较HR5D5分别高7.5%~17.0%、6.7%~19.8%和7.0%~17.0%,较HR6D4分别高7.7%~15.1%、6.9%~17.8%和7.2%~15.1%,较HR7D3分别高6.4%~20.0%、5.6%~22.9%和5.9%~20.1%。LR6D4处理产量略低于HR7D3、HR6D4和HR5D5 3个高密度处理,但在3个降水年份均差异不显著;而LR6D4的商品薯率均显著高于3个高密度处理。所以综合考虑产量、水分利用效率和商品薯率等指标,LR6D4是陇中半干旱区全膜覆盖垄上微沟马铃薯栽培模式所采取的最佳组合。

LR6D4、HR5D5、HR6D4和HR7D3可优化欠水年份(2016)苗期到块茎膨大期和丰水年份(2017和2018)降水偏少关键生育期的马铃薯耗水进程。与LR5D5和LR7D3相比,3个高密度处理显著提高马铃薯产量(2017年HR7D3、2018年HR5D5和HR7D3除外)和水分利用效率,但LR6D4产量与其余5个处理均无显著性差异。3个低密度处理的商

品薯率显著高于3个高密度处理, 尤其欠水年份表现更佳。综合产量、水分利用效率和商品薯率等指标, LR6D4处理最佳。所以, 在陇中半干旱区, 播种密度60 000株/hm²配合垄宽60 cm、沟宽40 cm(LR6D4)是全膜覆盖垄上微沟马铃薯栽培技术的最佳模式。

[参 考 文 献]

- [1] 侯慧芝, 王娟, 张绪成, 等. 半干旱区全膜覆盖垄上微沟种植对土壤水热及马铃薯产量的影响 [J]. 作物学报, 2015, 41(10): 1582-1590.
- [2] 于显枫, 张绪成, 方彦杰, 等. 减氮追施和增密对全膜覆盖垄上微沟马铃薯水分利用及生长的影响 [J]. 作物学报, 2019, 45(5): 764-776.
- [3] 任稳江, 任亮, 刘生学. 黄土高原旱地马铃薯田土壤水分动态变化及供需研究 [J]. 中国马铃薯, 2015, 29(6): 355-361.
- [4] 程玉臣, 路战远, 张德健, 等. 平作马铃薯膜下滴灌栽培技术规程 [J]. 内蒙古农业科技, 2015, 43(5): 97-98.
- [5] 王晓霞. 全膜垄作栽培对马铃薯产量及土壤水分利用效率的影响 [J]. 甘肃农业科技, 2017(1): 12-14.
- [6] 朱永永, 赵贵宾, 熊春蓉, 等. 全膜垄作侧播栽培模式下主要旱作马铃薯品种营养品质综合评价 [J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(5): 88-93.
- [7] 孙梦媛, 刘景辉, 赵宝平, 等. 全膜垄作栽培对旱作马铃薯产量及土壤水热和酶活性的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(1): 133-139.
- [8] 秦舒浩, 张俊莲, 王蒂, 等. 覆膜与沟垄种植模式对旱作马铃薯产量形成及水分运移的影响 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(2): 389-394.
- [9] 张绪成, 于显枫, 王红丽, 等. 半干旱区减氮增钾、有机肥替代对全膜覆盖垄沟种植马铃薯水肥利用和生物量积累的调控 [J]. 中国农业科学, 2016, 49(5): 852-864.
- [10] 于显枫, 张绪成, 王红丽, 等. 施肥对旱地全膜覆盖垄沟种植马铃薯耗水特征及产量的影响 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(3): 883-890.
- [11] 侯慧芝, 方彦杰, 张绪成, 等. 半干旱区旱地马铃薯全膜覆盖起垄微沟种植技术 [J]. 中国马铃薯, 2015, 29(1): 18-20.
- [12] 孙梦媛, 刘景辉, 杨彦明. 全膜单垄垄上微沟播种栽培方式对旱作马铃薯生长及产量的影响 [J]. 作物杂志, 2016(5): 101-105.
- [13] 李瑞华. 马铃薯黑膜垄上微沟穴播栽培技术 [J]. 中国种业, 2017(7): 84-85.
- [14] 冉平. 干旱半干旱区旱地黑色全膜马铃薯垄上微沟高产栽培技术规程 [J]. 中国马铃薯, 2016, 30(1): 18-19.
- [15] 任亮, 任稳江. 马铃薯地膜覆盖垄上微沟集雨增墒栽培技术 [J]. 甘肃农业科技, 2014(8): 64-65.
- [16] 田丰, 张永成, 张凤军, 等. 不同肥料和密度对马铃薯光合特性和产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2010, 19(6): 95-98.
- [17] 雷昌云, 张艳霞, 羿国香, 等. 江汉平原马铃薯秋播密度对农艺性状及产量的影响 [J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(12): 1653-1656.
- [18] 侯贤清, 牛有文, 吴文利, 等. 不同降雨年型下种植密度对旱作马铃薯生长、水分利用效率及产量的影响 [J]. 作物学报, 2018, 44(10): 1560-1569.
- [19] 赵沛义, 妥德宝, 段玉, 等. 内蒙古后山旱农区马铃薯适宜播种密度和播期研究 [J]. 华北农学报, 2005(s1): 10-14.
- [20] 金光辉, 高幼华, 刘喜才, 等. 种植密度对马铃薯农艺性状及产量的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(7): 16-21.
- [21] 陈功楷, 权伟, 朱建军. 不同钾肥量与密度对马铃薯产量及商品率的影响 [J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 166-169.
- [22] 杨相昆, 田海燕, 魏建军, 等. 不同播种方式及种植密度对马铃薯种薯生产的影响 [J]. 西南农业学报, 2009, 22(4): 910-912.
- [23] 陈荣华, 苏培忠. 马铃薯不同密植规格对产量的影响 [J]. 江西农业学报, 2009, 21(9): 38-39.
- [24] 梁锦秀, 郭鑫年, 张国辉, 等. 覆膜和密度对宁南旱地马铃薯产量及水分利用效率的影响 [J]. 水土保持研究, 2015, 22(5): 266-270.
- [25] 岳云, 朱永永, 赵贵宾, 等. “一膜两年用”不同播种密度对马铃薯生长及产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2017, 26(3): 384-389.
- [26] 王友财. 集雨种植增加垄沟比和密度对春玉米干物质及氮素累积的调控效应 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
- [27] 王俊鹏, 蒋骏, 韩清芳, 等. 宁南半干旱地区春小麦农田微集水种植技术研究 [J]. 干旱地区农业研究, 1999(2): 11-16.
- [28] 王琦, 张恩和, 李凤民, 等. 半干旱地区沟垄微型集雨种植马铃薯最优沟垄比的确定 [J]. 农业工程学报, 2005(2): 38-41.
- [29] 雷雪萍. 种薯切块大小和种植密度对费乌瑞它植株性状和产量性状的影响 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
- [30] Luo C L, Zhang X F, Duan H X, et al. Responses of rainfed wheat productivity to varying ridge-furrow size and ratio in semiarid eastern African Plateau [J]. Agricultural Water Management, 2021, 249: 106813.
- [31] 张光鑫. 垄沟比和施氮量对黄土高原雨养春玉米产量的影响及其生理生态机制 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.