

旱地马铃薯根际补灌栽培最佳补灌时期及适宜补灌量研究

杜建民¹, 王 峰¹, 左 忠¹, 郭永忠¹, 刘 华¹, 李海洋²

(1. 宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002;

2. 同心县农业技术推广中心, 宁夏 同心 751300)

摘 要: 通过田间试验, 对宁夏中部干旱带旱地马铃薯水分亏缺补偿效应进行了研究。结果表明: 以相同补水量在不同生育时期实施补灌, 以块茎形成期和块茎增长期供水效率和产量最大; 在块茎形成期以不同补水量实施补灌, 在同时满足供水效率最高和产量最大的前提下, 以 3~4 kg/株的补灌量较适宜。旱地马铃薯在最佳补灌时期实施适量补灌, 能够实现节水、增产和高效用水的目的。

关键词: 旱地马铃薯; 水分生产效率; 供水效率

中图分类号: S344 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0129-04

宁夏中部干旱带降雨稀少, 气候干旱, 蒸发强烈。干旱缺水是制约该区粮食稳产、高产和持续增产的主要障碍因素, 如何将有限的水资源在追求供水效率最大化的前提下进行适量补充灌溉, 是这一地区旱作农业发展的重要研究课题之一。进行旱地马铃薯人工根际补灌栽培, 能够极大地提高水分生产效率, 变被动受旱为主动抗旱, 提高作物产量, 使旱作区贫困人口的人心稳定、社会安定, 为社会主义新农村建设奠定良好的社会基础。宁夏中部干旱带, 主要利用窑窖集水, 本试验较系统的对马铃薯水分亏缺补偿效应进行了研究, 旨在确定旱地马铃薯的适宜补灌定额及其相应的最佳补灌时期、适宜补灌量, 以求为完善旱地马铃薯栽培技术体系提供依据。

1 试验地概况

本研究在宁夏同心县预旺镇南塬旱作节水农业示范区进行, 该地属黄土高原丘陵区, 黄绵土, 太阳辐射总量为 148.9 kJ/cm², 年平均日照时数 2 813.7 h, 年平均蒸发量 1 943.5 mm, 年平均降水量 349.3 mm, 年均气温 6.7℃, 无霜期 152 d, 干旱、大风、沙尘暴等自然灾害性天气较多^[1]。

2 技术路线和补灌方法

2.1 研究技术路线

本研究采用了“补水产量积分回归函数”法分析

确定作物最佳补灌时期, 其技术路线是: 通过不同生育时段进行人工补水, 统计各处理产量, 绘制补水产量积分回归曲线, 探讨不同时期补水对产量的影响, 确定作物最佳补灌时期。同时, 通过田间试验, 以产量和供水生产效率为指标来确定作物适宜补灌量。

对本研究的各试验除考察各补灌处理产量及其构成因素外, 重点分析水效应。根据农田水分平衡原理和农田覆膜种植技术原理, 假设地膜覆盖后膜面的集水效率为 100%, 种植穴中土壤水分处于平衡状态^[2], 则作物的耗水量、水分生产效率和供水效率等水分效应指标按下式计算:

$$\begin{aligned}W_s &= W_1 - W_2 \\W_c &= W_s + R + I \\WUE &= Y / W_c \\WSE &= (Y_1 - Y_0) / I\end{aligned}$$

式中: W_s 为土壤供水量; W_c 为作物耗水量; WUE 为水分生产效率; WSE 为供水效率; W_1 和 W_2 分别为作物播种前、收获后 1 m 土层土壤蓄水量; R 为作物生育期间降水量; I 为补灌量; Y 为以膜沟总面积计算的作物产量; Y_1 和 Y_0 分别为作物补灌处理和 CK 的产量。

2.2 补灌方法

用我所在 2007 年研制的 8RT-50A4 型人力移动式铁质增压补水器进行根际注射补水。该机具用铁制增压器提供压力, 配套注水器 1 套, 2 人作业, 机具最大出水速率 60 mL/s, 最大自载水量 75

kg/次。补水时,注水器在距离作物根部 15~20 cm 处直接插入土壤 20 cm 左右深,按动注水器手柄开关即可开始往土壤中补水。该机具最大的优点是所

补灌的水分分布在土壤 15~20 cm 的土层中,蒸发极低,作物利用率高。

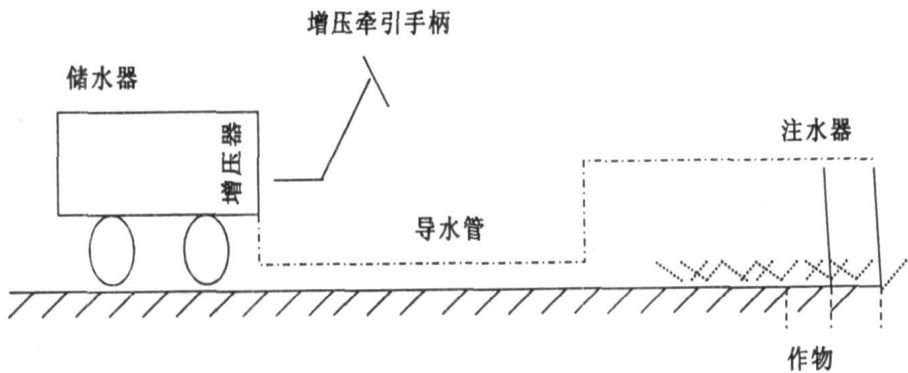


图 1 8RT-50A4 型人工增压根际注射补水器示意图

Fig.1 8RT-50A4 type artificial supercharging machine for water complementation

3 试验设计

补灌时期试验于 2007 年按照设计方案,在南塬试验示范区进行。供试品种为虎头,秋覆膜座水点种,密度 30 000 株/hm²,施肥水平一致。按照马铃薯的生物学特性^[3],设幼苗期、块茎形成期、块茎增长期、淀粉积累期四期补水处理,以不补灌处理为对照(CK),共计五个试验处理,小区面积 30 m²,随机排列,重复 3 次。各处理灌水量统一掌握在 3 kg/株,即 667 m² 补水量为 6 m³,用我所研制的人力移动式根际注射补水器进行补水。

补灌量试验于 2007 年在试验区进行,供试品种为虎头,秋覆膜座水点种,密度 30 000 株/hm²,施肥水平一致。试验设 0(CK)、1、2、3、4、5 kg/株六级补灌量处理,即 667 m² 补水量分别为 0、2、4、6、8、10 m³,小区面积 30 m²,随机排列,重复 3 次。用我所

研制的人力移动式根际注射补水器进行补水,全部灌 waters 于块茎形成期一次供给,严格控制补水量。

4 结果与分析

4.1 不同补灌时期的增产效果与水分效应

由表 1 知,各补灌处理与 CK 相比均有不同程度的增产效果,其中,块茎形成期和块茎增长期补水的处理在单株结薯重量和总产量上均超过其它处理,增产效果最明显,分别增产 29.89%和 24.14%,产量差异达到 5%以上显著水平;块茎增长期补灌处理在大于 100 g 商品薯率的比较中为最高,达到 81.20%;淀粉积累期处理各项指标与 CK 相差不多,产量上也达不到 5%差异水平,这与淀粉积累期马铃薯产量已完全形成,补水对产量构成已无太大影响有关。

表 1 马铃薯不同时期补灌的增产效果

Table 1 Yield-increasing effect of complementary irrigation

补灌时期 Stage of complementary irrigation	单株结薯 Single plant		≥100 g 商品薯率 Commodity rate (%)	产量 Grain yield (kg/hm ²)	增产率 Increasing rate (%)	5%差异显著性 Significance
	个数 Number	Yield (g)				
幼苗期 Seedling period	5.40	747.08	77.41	22412.4	11.23	c
块茎形成期 Tuber initiation period	6.27	872.4	73.12	26172.0	29.89	a
块茎增长期 Tuber expansion period	4.27	833.8	81.20	25014.0	24.14	b
淀粉积累期 Starch accumulation period	4.30	680.38	61.26	20411.4	1.30	d
CK	4.32	671.65	63.54	20149.5	—	d

由表 2 知,随着补水生育时期的不同,各处理马铃薯耗水量、水分生产效率、供水效率均有所不同,其中,幼苗期补水的处理耗水量最大,为 259.62 mm,而块茎增长期和淀粉积累期补水的处理耗水量均小于 CK;各处理水分生产效率的排列为:块茎

形成期>块茎增长期>幼苗期>淀粉积累期>CK,其中,块茎形成期为 104.42 kg/(mm·hm²);各处理供水效率差异较大,以块茎形成期最高,达 502.29 kg/(mm·hm²)。

表 2 马铃薯不同时期补灌的水分效应
Table 2 Water effect of complementary irrigation

补灌时期 Stage of complementary irrigation	播种期 1m 土层贮水 Water storage in 1m soil at seeding stage (mm)	收获期 1m 土层贮水 Water storage in 1m soil at harvest stage (mm)	土壤供 水量 Water supply of soil (mm)	生育期 降水量 Rainfall of growing period (mm)	补灌量 Amount of complementary irrigation (mm)	耗水量 Water consumption (mm)	水分生 产效率 WUE [kg/(mm·hm ²)]	供水效率 Water supply efficiency [kg/(mm·hm ²)]
幼苗期 Seedling period	122.34	95.42	26.93	220.70	11.99	259.62	86.33	188.73
块茎形成期 Tuber initiation period	122.34	104.40	17.95	220.70	11.99	250.64	104.42	502.29
块茎增长期 Tuber expansion period	122.34	107.61	14.74	220.70	11.99	247.43	101.10	405.71
淀粉积累期 Starch accumulation period	122.34	114.81	7.53	220.70	11.99	240.22	84.97	21.84
CK	122.34	95.01	27.33	220.70	—	248.03	81.24	—

注:试验地土壤容重 1.34 g/cm³,播种前土壤含水量 9.13%,2007 年试验区降雨量 220.7 mm。
Note: The soil bulk density of the experiment field is 1.34 g/cm³, the soil water content before sowing is 9.13%, and the precipitation in the experiment area in 2007 is 220.7 mm.

由以上分析可知,在同时满足产量最高、水分生产效率最高和供水效率最高的前提条件下,旱作马铃薯适宜的补水时期为块茎形成期。

4.2 马铃薯补水产量关系特征与最佳补灌时期

为了探讨不同补水时期对产量的影响,用以确定最佳补灌时期,本研究采用了分析补水产量积分回归函数方法。其原理为:把作物生长期划分为若干个无穷小的时段,则生长期中各时段的补水量与作物产量的关系可用下列回归积分函数表示:

$$Y = \int_0^T a(t) r(t) dt$$

式中:Y 是作物气象产量的估计值;T 为全生育期的天数,r(t)dt 是 t 到 t+dt 时段内的补水量;a(t)=△Y/△(r) 表示 t 时间的补水量与最后产量之间的生理关系的一个时间函数(其中,△Y 为产量增量,△r 为补水量增量),即生长期不同时段内每单位补水量对产量的影响效果,绘制补水产量积分回归曲线,探讨不同时期补水对产量的影响,从而确定旱地优势作物最佳补灌时期。

由图 2 可知,在本试验地区,马铃薯补水的最佳生育时期为块茎形成期,在时间上表现为出苗后 20~40 天,与田间试验结果相互吻合。

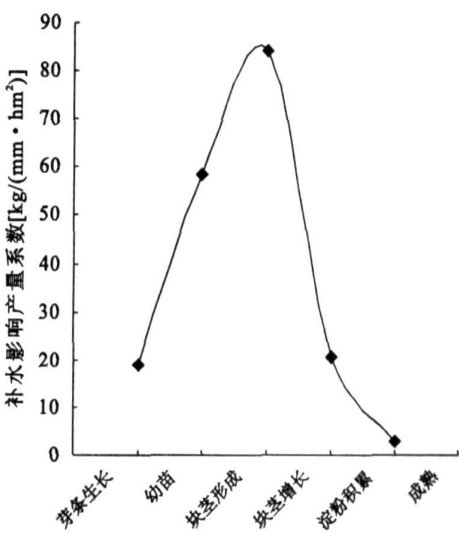


图 2 预旺马铃薯补水效率对产量影响系数(随生育期变化)
Fig.2 Curve of integral regression of complementary irrigation and yield of potato in Yuwang

4.3 马铃薯不同补灌量的增产效果与水分效应

由表 3 可知,随着补灌量的增加,各处理在单株结薯数量、单株产量、100 g 以上商品薯率、产量上均有所增加,且都超过了不补灌的 CK,这说明在项目区水分始终是限制产量提高的主要因子。在作物耗水量变化比较中,各处理均比 CK 高;水分生产效

率的变化则呈现较规律的态势,各处理均较 CK 高,且随灌水量增加而增加;供水效率的排列为:补灌 4 m³/667m²>补灌 6 m³/667m²>补灌 10 m³/667m²>补灌 8 m³/667m²>补灌 2 m³/667m²,相当于补灌 2 kg/株>补灌 3 kg/株>补灌 5 kg/株>补灌 4 kg/株>补灌 1 kg/株。从充分节约水资源的角度出发,在同时满足产量最高和供水效率最大的马铃薯补灌量应在 3~4 kg/株。

表 3 马铃薯不同补灌量的增产效果与水分效应
Table 3 Yield-increasing effect and water efficiency of complementary irrigation with different amount

补灌量 Amount of complementary irrigation (mm)	增产效果 Yield-increasing effect				水分效应 Water efficiency				
	单株结薯 Single plant		≥100g 商 品薯率 Commodity rate (%)	产量 Yield (kg/hm ²)	土壤 供水量 Water supply of soil (mm)	生育期 降水量 Rainfall of growing period (mm)	耗水量 Water consumption (mm)	水分生 产效率 WUE (kg/(mm·hm ²))	供水 效率 WSE (kg/(mm·hm ²))
	个数 Number	产量(g) Yield							
2.99	4.28	680.54	63.81	20416.20	26.07	220.7	249.77	81.74	429.21
5.99	4.76	719.11	65.43	21873.15	23.83	220.7	250.53	86.11	458.01
8.99	5.84	841.19	68.72	25235.55	20.08	220.7	249.77	101.03	678.99
11.99	6.07	862.40	73.16	25872.00	18.65	220.7	251.34	102.94	502.29
14.99	6.71	912.47	82.34	26374.10	17.91	220.7	253.59	107.94	483.29
CK	4.12	637.66	61.81	19129.65	27.41	220.7	248.11	77.10	—

注:补水量 2.99、5.99、8.99、11.99、14.99 mm 是按照单株补水 1、2、3、4、5 kg 的标准制定的。
Note: The amount of complementary irrigation of 2.99, 5.99, 8.99, 11.99 mm and 14.99 mm is made respectively in accordance with the standard of 1, 2, 3, 4 kg and 5 kg of water complementation per plant.

5 结 语

干旱、半干旱地区旱作农田的水分供应量普遍低于作物需水量,自然有效降水量不足以使作物正常生长发育,改善水分供应乃是生产发展的最佳途径^[4]。在农田作物生长需水和降雨季节分配吻合程度低下的季节,实施人工补灌,可以相当程度地提高农田作物水分满足率。
实现有限供水高效利用是旱作雨养农业的核心,而捕捉作物需水关键期和确定适宜补灌量则是实现高效补偿供水的关键^[5]。我们的研究表明:宁夏中部干旱带旱地马铃薯最佳补灌时期为块

茎形成期,在时间上表现为出苗后 20~40 天;适宜补灌量为 3~4 kg/株。

参 考 文 献:

[1] 任 可,吕 娟,屈艳萍.宁夏中部干旱带干旱缺水现状及对策探讨[J].中国防汛抗旱,2007,(1):12-17.
[2] 吴普特,黄占斌,高建恩,等.人工汇集雨水利用技术研究[M].郑州:黄河出版社,2002:1-12,155-183.
[3] 王树安.作物栽培学各论(北方本)[M].北京:中国农业出版社,2000:231-246.
[4] 尹光华,刘作新,蔺海明,等.旱农地区不同种植模式作物最佳补灌时期和适宜补灌量研究[J].干旱地区农业研究,2000,18(1):85-90.
[5] 杨永辉,赵世伟,刘娜娜,等.宁南山区雨水高效利用模式分析[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):138-142.

Study on period and appropriate amount of Rhizosphere complementary irrigation for potato in arid area

DU Jian-min¹, WANG Feng¹, ZUO Zhong¹, GUO Yong-zhong¹, LIU Hua¹, LI Hai-yang²
(1. Institute of Desert Management, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China;
2. Tongxin Extension Service for Agricultural Techniques, Tongxin, Ningxia 751300, China)

Abstract: Field trials are conducted to study water deficiency and compensation effect and the calculus regressive function of complementary irrigation and yield of potato in the arid area in central Ningxia. The results show that, as for the same irrigation amount, tuber initiation and bulking stages are the stages of complementary irrigation with the most yield increase and water supply efficiency; using different irrigation amount at the tuber initiation stage, both the yield and water supply efficiency are the largest under the irrigation amount of 3 or 4kg per time per plant. To carry out complementary irrigation with optimum amount at proper stages is an effective way for saving water, increasing yield and using complementary water efficiently.

Key words: potato in arid area; water use efficiency; water supply efficiency