

# 早熟马铃薯农田土壤水分动态 和地膜水分效应

李鼎新 陈国良 徐学选

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水利部

**摘要** 对宁夏干旱山区早熟丰产马铃薯农田土壤水分的研究结果表明:马铃薯农田土壤水分动态变化可以分为三个活动时期,它与区域的降雨和分配有极强的相似性。土壤水分垂直变化规律可以分为速变层(0~20cm),缓变层(20~120cm)和相对稳定层(120~200cm)。并研究了各个层间的水分的关系。早熟丰产马铃薯的耗水量约为312~394mm。前期主要来自灌水补充的底墒,后期来自降雨。地膜覆盖技术比露地更能够有效地减少水分蒸发,水分生产率高,在干旱山区发展集水窖灌溉结合地膜技术推广早熟马铃薯,提高商品率,增加收入,前景广阔。  
**关键词** 早熟马铃薯 土壤水分动态 地膜水分效应

## Soil Moisture Dynamics and Moisture Effect of Ground Film in Early Harvested Potato Field

Li Dingxin Cheng Gouliang Xu Xue-xuan

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, 712100, Yangling District, Xianyang Municipality, Shaanxi Province)

**Abstract** The soil moisture dynamics of potato field in southern Ningxia semi-arid area is studied. The result shows: (1) The moisture of potato field could be classed into three stages by the variability, which very obviously cooperated with precipitation and its distribution within seasons. (2) The soil moisture dynamics in vertical direction could be divided into three types too; (A) variable greatly layer (0~20cm). (B) slowly variable layer (20~120cm); (C) relatively steady layer (120~200cm). The authors also analysed the moisture relationship among those three layers. (3) In the period of duration of early harvested potato, consumed 312~394mm of water, it means 350mm, which mainly from irrigation or soil water in former stage and from rainfall in its later stage. The ground film could save soil water and raising water use efficiency, and also enhance riped earlier with high yield in the area, combined with cellar-harvesting water use. We could develop local efficient agriculture. It is a reasonable technique way to increasing income for farmers.

**Keywords** early harvested potato; soil moisture dynamics; moisture effect of ground film

宁南山区种植马铃薯的面积约 4.3 余万  $\text{hm}^2$ , 增产潜力很大。它是山区发展商品经济, 增加收入的一条重要途径。近年来, 随着马铃薯深加工工业的发展, 市场需求量大。但是, 该区品种单一, 经营粗放, 土壤肥力低, 产量低; 加之早春气温低, 播种迟, 上市晚, 商品率不高。生产潜力和产出效益均未发挥。为探讨早熟丰产马铃薯的增产途径, 1992 年起对土壤水分进行了研究。

## 1 试验区概况

上黄试区位于固原县河川乡上黄村, 属半干旱偏旱黄土丘陵区, 由沟、梁和台地组成。年平均气温  $6.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $2573^{\circ}\text{C}$ , 7 月平均气温  $17.6^{\circ}\text{C}$ , 极端最高气温  $31.6^{\circ}\text{C}$ ; 1 月平均气温  $-6.6^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-24.4^{\circ}\text{C}$ 。年降雨量  $478.2\text{mm}$ , 8~10 月降雨量占全年降雨量的 46.6%, 降水量年际变幅大, 为  $191.6\sim 352.6\text{mm}$ , 年蒸发量  $1643.6\text{mm}$ , 年日照时数  $2197.8\text{h}$ , 干燥度 1.55, 无霜期 152d。

自然景观为灌木草原。土壤有黑垆土、淤土、细黄土。以细黄土为主, 养分含量低。碱解氮  $37.4\sim 67.5\text{mg/kg}$ , 有效磷  $5.7\sim 7.1\text{mg/kg}$ , 有效钾  $110.3\sim 312.0\text{mg/kg}$ 。

1991~1995 年间马铃薯生育期年降雨量的情况见表 1。

表 1 “八五”期间试区降雨量情况

年份 (年)	生育期 3~9 月份降雨量(mm)							年降雨量 (mm)	平均气温 ( $^{\circ}\text{C}$ )
	3	4	5	6	7	8	9		
1991	11.5	10.7	66.0	34.5	41.3	50.1	11.9	259.7	7.6
1992	13.0	10.9	27.7	39.4	97.9	233.1	29.9	524.5	6.9
1993	15.3	14.6	28.6	40.9	88.6	73.2	26.4	335.3	6.7
1994	11.1	27.6	1.5	134.7	109.1	71.2	14.5	447.4	7.5
1995	0.2	15.4	0.9	35.3	127.3	202.0	13.8	472.5	7.6

表 1 资料表明, “七五”5 年连续干旱, 平均降雨量  $376.5\text{mm}$ , 1986~1987 年两年特旱, 两年平均为  $304.7\text{mm}$ 。“八五”期间旱情有增无减, 前 3 年平均  $373.2\text{mm}$ , 比“七五”平均少  $3.3\text{mm}$ , 1994~1995 年两年均发生春夏连旱, 5 月的降雨分别为 1.5 和 0.9mm, 干旱缺水实属历史罕见。春夏连旱延缓马铃薯的生长发育期。

## 2 研究方案和方法

水分测定设在河川乡上黄试区的川台地上, 土壤为黑垆土, 供试作物为马铃薯, 品种为脱毒马铃薯, 沟垄种植。共选 2 个测点, 一是露地种植, 一是地膜覆盖, 重复 3 次, 从移栽前到收获期, 每隔 15d 用烘干法测定土壤水分。测深 2m, 60cm 以上每 10cm 取土测定; 60cm 以下每 20cm 取土测定。水分测定从 1992 年开始, 1994 年、1995 年 3 年分别在不同的田块进行, 每年 4 月中到 8 月中(1992 年为 5 月中到 8 月下旬)。

## 3 试验结果

### 3.1 马铃薯农田土壤水分动态规律变化

马铃薯农田土壤水分动态变化是不同季节的降雨和蒸发、蒸腾动态平衡的过程。在同一年份, 土壤水分的动态变化符合雨水季节变化规律并有极强的相似性; 在不同年份, 土壤水分动

态变化有着明显的差异。显而易见,影响马铃薯农田土壤水分的主导因子是同期的降水量和雨水的季节分配。根据土壤水分动态变化特征将其分为 3 个水分活动时期(图 1,图 2,图 3)。

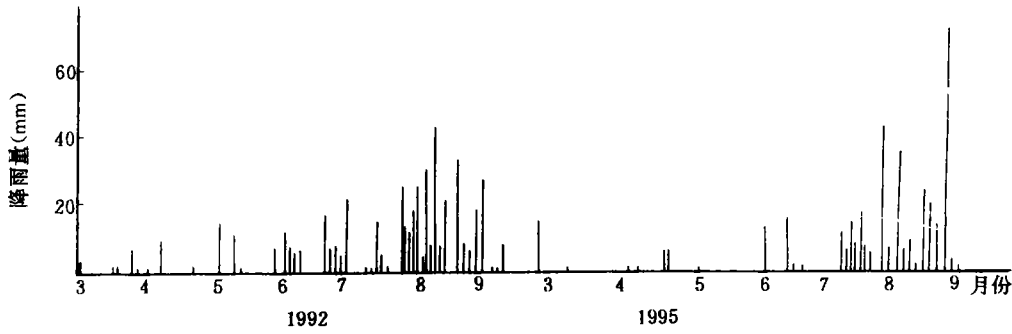


图 1 1992 年、1995 年雨量分布图

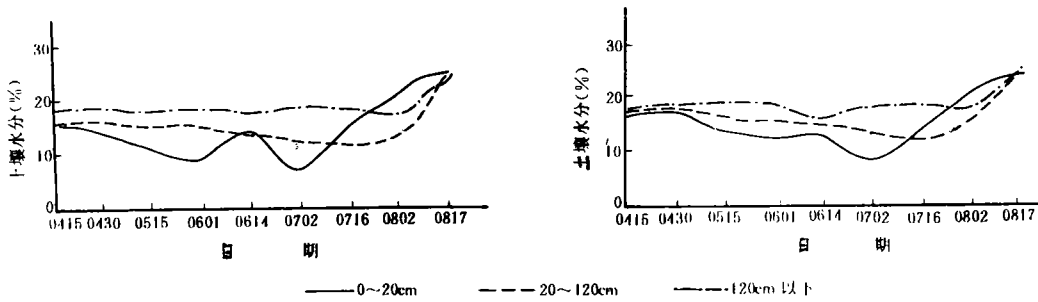


图 2 1995 年马铃薯农田土壤水分动态

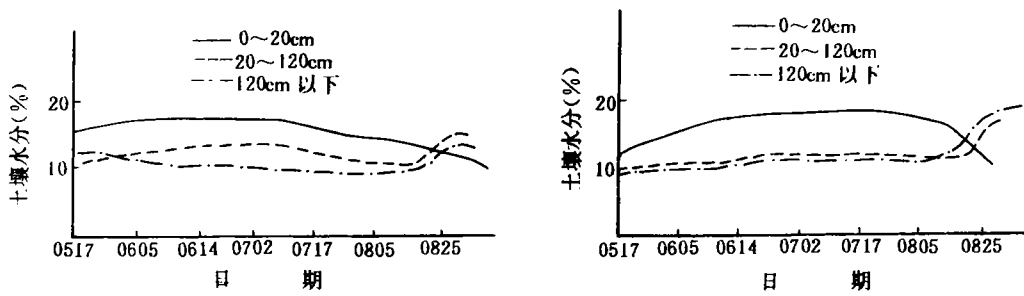


图 3 1992 年马铃薯农田土壤水分动态

3. 1. 1 初春至夏初水分缓慢蒸发弱消耗期 本阶段从 3 月初到 5 月中正是冬夏季节转

换的初期,气候多变,早晚较冷,晚霜在4月底。此时土壤水分正处于上升和下渗两个对立并存的交替状态。

3月初气候回升至零度以上约 $1.6^{\circ}\text{C}$ ,地表解冻,而土层的中间土壤水分还冻结着,解冻的水不易下渗,地表呈泥浆状,即返浆期。此时,温度不高,蒸发量小。此阶段土壤水分的含量决定于前一年秋雨的多少和前茬作物。一般讲,雨季降水量多,夏茬作物,土壤储水量高,反之则低。进入4~5月,气温迅速升高,春风又多,雨水又少,土壤水分蒸发增强,尤以速变层为最,随着表层水分的散失,干土层逐日增厚,以致影响春播工作质量。4月中马铃薯下种育苗,5月中移栽,此时,苗小根浅,消耗水分少,做好表层保墒可以满足幼苗的生长。

**3.1.2 夏季水分强蒸发强消耗时期** 此阶段从5月中至7月初,为气温迅速上升时期。月平均 $13.6^{\circ}\text{C}\sim 27.2^{\circ}\text{C}$ ,极端最高温达 $31.4^{\circ}\text{C}$ ,降雨少,相对湿度 $50\%\sim 69\%$ ,蒸发量最强。而这时马铃薯正是现蕾和开花阶段,需水量大,蒸腾强烈,是耗水盛期。况且,降雨又少(图1),支出大于收入,土壤水分严重亏缺。据测定,速变层消耗水分最多,缓变层次之。5月中,速变层土壤水分 $11.40\%$ ,缓变层 $13.20\%$ ,分别下降了 $5.11\%$ 和 $3.4\%$ ,6月下旬分别为 $9.9\%$ , $13.1\%$ ,分别下降 $1.4\%$ 和 $0.1\%$ ,7月速变层下降到极限最低值 $7.2\%$ ,缓变层下降到 $12.6\%$ 。水分消耗延伸到 $120\text{cm}$ ,是马铃薯生长阶段中达到的最低限量。相对稳定层土壤水分的改变不明显。

不同年份的降雨量和分配对土壤水分的补给有重大的作用。(图1)。如1992年前一年秋季降雨量为 $103\text{mm}$ ,降雨量少,土壤水分的补偿亏缺严重,测定结果表明:5月中,马铃薯农田的速变层,缓变层和相对稳定层分别为 $8.6\%$ , $10.4\%$ , $12.8\%$ ,6月浇了一次水,除速变层为 $17.40\%$ ,其它层分别为 $13.20\%$ , $10.5\%$ ;8月初为 $14.30\%$ , $10.4\%$ , $9.6\%$ ,整个剖面土壤水分的含量处于最低值。相反,1995年前一年秋雨为 $195\text{mm}$ ,土壤水分得到补充和改善。4月中马铃薯农田的速变层,缓变层和稳定层分别为 $14.5\%$ , $16.4\%$ , $18.7\%$ ;6月分别为 $14.8\%$ , $14.6\%$ , $17.4\%$ ,至7月速变层达极限最低值为 $7.2\%$ ,缓变层和稳定层仍分别为 $12.6\%$ , $18.4\%$ , $120\text{cm}$ 处土壤水分为 $14.8\%$ ,1995年马铃薯农田各层土壤水分高于1992年同期的土壤水分。纵观土壤水分变化,水分强烈活动期主要发生在速变层和缓变层,相对稳定层变化不明显,由此可知,在速变层和缓变层储水不足的情况下,苗期要注意保墒,必要时微灌或点水保苗,为马铃薯获得丰收奠定基础。

**3.1.3 夏末秋初土壤水分低消耗蓄积期** 本阶段自7月到8月中,正是结薯的盛期,又是进入雨季,7月初水分经强烈消耗后很快又得到了补充,加之温度高,对结薯提供了水分条件。进入8月雨多集中,气温下降,雨热不同步,蒸发消耗小,收入大于支出,土壤水分蓄积,并迅速恢复,1995年测定结果表明,7月中,速变层土壤水分由 $7.2\%$ 增加到 $15.4\%$ ,缓变层没有增加;8月中速变层、缓变层分别为 $24.5\%$ ,相对稳定层因重力作用略有增加,为 $22.7\%$ 。

本阶段蓄积的水分对马铃薯生长十分有利,但早熟马铃薯主要消耗的是6月的土壤水分,吸收利用7月的降雨,所以说,雨季提前对早熟马铃薯生长有好处。要发展早熟马铃薯,要千方百计蓄积秋雨,充分接纳雨水就地入渗,或采用覆盖减少蒸发损失。

纵观以上资料,无论枯水年和平水偏旱年,马铃薯农田土壤水分动态变化遵循上述三个活动时期,与降雨的季节分配有极强的相似性,不过,不同年份,土壤水分的含量差异很大。

### 3.2 马铃薯农田土壤水分垂直分布特征

土壤水分垂直分布以其降雨和蒸发导致干湿交替作用的频繁程度及马铃薯生长发育消耗

水分的程度将其分为三个层次(图 4,图 5)。

3.2.1 速变层(0~20cm) 速变层位于地表层,受气候要素、耕作措施和根系活动多种影响,土壤水分变化幅度大,强度高,土壤干湿交替频繁,在偏旱地区速变层更具有特色。

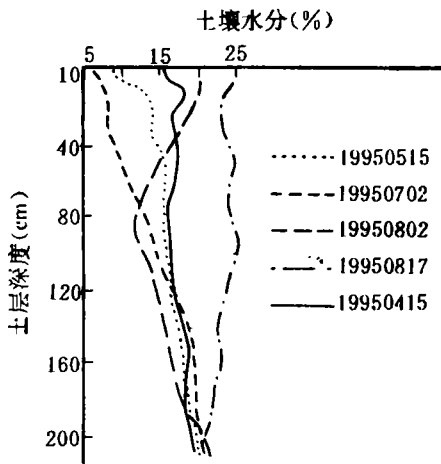


图 4 土壤水分垂直变化曲线

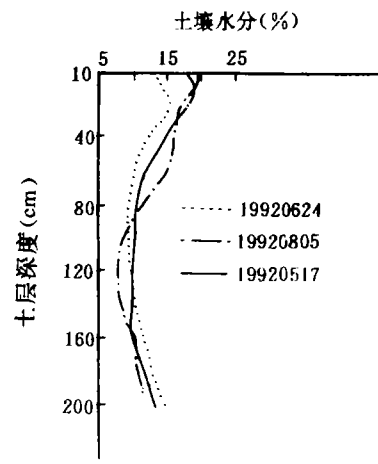


图 5 土壤水分垂直变化曲线

速变层土壤水分的动态变化在不同年际之间土壤含水量不同。以 1995 年为例,土壤极限最低值 7.2% 出现在 7 月初、7 月中上升到 15.4%, 8 月中为 23.5%~24.4%。又如 1992 年,土壤水分亏缺严重。极限最低值 8.20% 出现在 5 月马铃薯的幼苗期,6 月补浇一次水,7 月雨季提前,速变层土壤水分得到补充和蓄积,又增加到 19.20%。缓变层为 16.5%,但仍低于 1995 年的土壤水分。尽管如此,马铃薯的旱情得到了缓解。

该层土壤水分的含量对马铃薯的移栽和生长发育有重要的作用。马铃薯系浅根作物,主要分布在速变层。特别是在 4~6 月,雨水又少,气温逐渐升高,土壤蒸发量大,干土层逐渐增厚,对马铃薯产生不利的影响。因之,要积极采取措施,注意保墒,减少蒸发,必要时还要浇水。

3.2.2 缓变层(20~120cm) 该层的厚度随着降雨量、地形的不同而异。雨水多,缓变层浅,反之则深。该层位于剖面的中部,受气候因素影响小,变化幅度小,强度弱,变化慢。极端最低值出现在 6 月末~7 月初,最高值在 8 月的雨季。该层土壤水分的变化从 3 月初气温回升开始,随着气温迅速的增高,蒸散量增强的情况下,土壤水分自下向上地变化。测定资料表明,4 月初影响深约 60cm,6 月达 100cm,7 月深 120cm。缓变层土壤水分的变化受各年的降雨量和分配的影响。如 1992 年前一年秋旱、雨水很少,水分严重亏缺,缓变层土壤水分为 10.4%,水分不足;加之,春雨又少,蒸发量大,水分消耗增强,土壤水分最低值延伸到 200cm。同年 8 月缓变层土壤水分才回升到 19.4%。相反,1995 年前一年秋雨较好,水分恢复较快,缓变层 4 月初土壤水分已达 16.2%~17.4%,最低值出现在 7 月为 11.06%,8 月初,速变层水分为 20.3%,缓变层延伸到 120cm,为 14.8%,说明,在强烈消耗期,缓变层的水分起到补充调节作用。

3.2.3 相对稳定层(120~200cm) 该层距地表更深,受降雨和蒸发的作用更小,土壤水分相对稳定,变幅小,强度弱。该层土壤水分的含量变化,一般说,在丰水年也能得到补充蓄积,土壤水分含量增大,反之含水量减少。测定结果表明,4 月为 17.8%,5 月为 18.7%,6 月中为 15.3%,7 月为 18.3%,8 月为 22.8%。说明该层可以蓄积大量的水分,在旱季起到土壤水库的

作用。

### 3.3 地膜马铃薯农田土壤水分变化及对土壤水分的作用

地膜覆盖马铃薯农田土壤水分的动态变化亦受区域大气降雨和蒸发的制约。土壤水分的动态变化和露地的有极强的相似性(图6)。

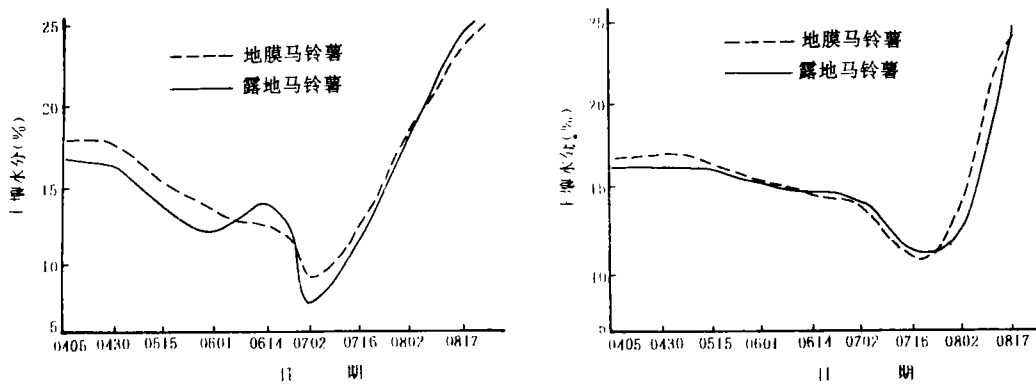


图6 1995年地膜对马铃薯农田土壤水分动态的影响

显而易见,覆膜不能改变土壤水分动态规律的变化,覆膜后能有效的减少水分蒸发,起到保护土壤水分的作用。测定结果表明,马铃薯幼苗期(4月15日至5月15日)0~50cm,地膜的比露地的多1.5%,发棵到结薯初期为土壤水分强消耗期,尽管如此,地膜比露地的0~50cm多1.2%,50~100cm土壤水分低于露地的,说明在6月、7月正是马铃薯水分强烈消耗时期,覆膜的还可以利用50cm以下土层的水分。覆膜起到一定的抗旱作用。在雨季由于采取相应的低垅宽带网格种植配套技术,水分的蓄积和露地比较,取得同一效果。水分的含量测定值接近。

### 3.4 马铃薯农田的耗水量和耗水强度

3.4.1 不同年度马铃薯的耗水量 1992年、1994年、1995年三年对马铃薯农田的土壤水分进行测定,计算表明,耗水量变化幅度为312~394mm,平均350mm。产量高,耗水系数小,水分生产率高;反之,水分生产率低。1992年底墒不足,该年春夏连旱,马铃薯产量折原粮为4710kg/hm<sup>2</sup>,此期间降雨212mm,浇水2次为126mm,耗水量373mm。耗水系数791.9kg,水分生产率0.84kg/mm。1995年土壤底墒比1992年好,但春夏连旱,马铃薯耗水为385mm,马铃薯产量折原粮5025kg/hm<sup>2</sup>,耗水系数766kg,水分生产率0.84kg/mm。同年,覆地膜的马铃薯耗水量376mm,耗水系数699kg,水分生产率0.95kg/mm,说明覆地膜能有效地提高土壤水分利用率。

从3年总平均的趋势看,产量高,耗水系数低,水分生产率高;反之则反。地膜马铃薯比露地的水分生产率高。

3.4.2 不同生育阶段的耗水量和耗水强度 试验表明,早熟马铃薯不同生育阶段的耗水量各异(表2)。幼苗期4月15日至5月14日0~50cm土壤有效水储量为68.78~46.5mm,50~200cm为224.4~222.5mm,期间土壤耗水23.76mm,降雨量14.4mm,播种前灌水55mm,耗水量93.16mm;日耗水3mm;发棵——结薯初期5月14日至7月2日为耗水旺盛期,0~200cm土壤耗水52.15mm,降雨35.3mm;灌水66.3mm。共耗水153.75mm,日耗水3.07mm;结薯盛期7月2日至8月10日,2m土层土壤耗水26.8mm,自然降雨180.4mm,耗水量

139.0mm,日耗水3.48mm。

早熟马铃薯全生育期总耗水量367mm,比露地马铃薯耗水量少18.0mm。主要耗水期在发棵—结薯初期,此为结薯盛期。马铃薯在生长发育前期耗水主要来自灌溉水补充的底墒,后期是来自降水。

#### 4 小结

(1)早熟马铃薯农田土壤水分动态变化主要取决于

全年降雨量分配和蒸发间的平衡过程,与该区的气候季节变化相一致。

(2)早熟马铃薯农田土壤水分动态可以分为3个水分动态变化期。土壤水分垂直变化可分为速变层(0~20cm),缓变层(20~120cm),相对稳定层(120~200cm)三个层次。早熟马铃薯全生育过程耗水量变化幅度为312.0~394mm,平均350mm。产量高,耗水系数小,水分生产率高,反之,耗水量主要来自灌溉补偿的底墒和自然降雨。因此,加强秋雨拦蓄入渗和保墒措施,减少蒸发,给马铃薯创造一个良好的水分生态环境。

(3)地膜覆盖技术可以促进马铃薯早熟丰产,耗水量比露地的少18mm,水分生产率为0.95kg/mm(露地为0.84kg/mm),可显著地提高水分利用率。

集水窑窖结合地膜覆盖技术在干旱山区发展早熟马铃薯生产应大力应用推广,可以提高其产量和商品率,促进地方资源优势转化为商品优势。

表2 马铃薯不同生育期的耗水量

mm

项 目	幼苗期		发棵—结薯初期		结薯盛期	
	0~50	50~200	0~50	50~200	0~50	50~200
深度(cm)						
地 膜	土壤储水量	76.6~ 216.4~ 56.3 224.5	56.13~ 224.5~ 19.65 198.3	19.65~ 198.3~ 80.3 196.78	19.65~ 198.3~ 80.3 196.78	19.65~ 198.3~ 80.3 196.78
	降雨量	14.4	35.3	35.3	180.4	180.4
	土耗水	-12.2	-62.8	-62.8	+59.1	+59.1
	耗水量	81.6	164.45	164.45	121.27	121.27
	日耗水	2.63	3.29	3.29	3.03	3.03
	总耗水量	367.3				
露 地	土壤储水量	68.78~ 224.5~ 46.5 222.5	46.5~ 222.5~ 12.05	46.5~ 222.5~ 12.05	264.8~ —	264.8~ 178.0
	降雨量	55	66.3	66.3	—	—
	土耗水	-23.76	-52.5	-52.5	+41.45	+41.45
	耗水量	93.6	153.75	153.75	139.0	139.0
	日耗水	3.00	3.07	3.07	3.48	3.48
	总耗水量	38.5				

#### 参 考 文 献

- 1 李鼎新,党增春等.宁南山区马铃薯早熟丰产生态环境调控和经济效益的研究.水土保持研究,1996,3(4)
- 2 陈国良,李壁成,韩仕峰.对宁南山区发展高效农业的思考与建议.水土保持通报,1994(4)
- 3 门福义.马铃薯的生育时期与产量形成.宁夏农业科技,1985(6)