

# 西北旱区民勤绿洲滴灌马铃薯揭膜效应研究

侯晓燕, 王凤新, 康绍忠, 冯绍元, 韩江江

(中国农业大学中国农业水问题研究中心, 北京 100083)

**摘要:** 在甘肃省石羊河流域下游荒漠绿洲区对大田滴灌马铃薯进行了揭膜效应试验研究。试验按覆膜时间不同设 5 个处理: D1——播种后 60 天第一次揭膜, 以后每隔 15 天揭一次膜, 分别为 D2、D3、D4、D5 为马铃薯全生育期覆膜, 以马铃薯全生育期不覆膜作为对照(I1)。研究表明, 在马铃薯的生长前期, 覆膜可使表层土壤日平均温度提高 2~9℃; 在马铃薯块茎膨大初期之前大部分时间内, 覆膜使表层土壤温度每天至少持续 4 h 超过 30℃, 对马铃薯生长不利; D1 处理马铃薯产量和水分利用效率显著高于其它处理, 而且随着揭膜时间的推迟, 马铃薯产量和水分利用效率依次降低; 各覆膜处理马铃薯产量和水分利用效率均高于对照。

**关键词:** 马铃薯; 滴灌; 薄膜覆盖; 地温; 产量

**中图分类号:** S532.048; S532.071 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)04-0088-06

马铃薯是对水分亏缺和高温非常敏感的作物<sup>[1]</sup>。其生长发育的最优土壤环境包括较高的土壤含水量、较好的土壤通气性和适中的保水透水力。其发育的最适土温是 18℃, 当气温高达 30℃左右时, 块茎停止生长, 超过 29℃植株停止生长<sup>[2]</sup>。

地膜覆盖作为一种保墒调温的农艺措施, 具有控制土壤蒸发、调节地温、提高养分有效性及利用效率、保护土壤结构、抑制杂草生长和杀死土壤中一些病原体等正面作用<sup>[3~8]</sup>。但是, 人们往往忽略了地膜覆盖的副作用, 如使土壤通气性变差<sup>[9]</sup>、土壤温度过高而对作物产生高温胁迫<sup>[10]</sup>。正是因为地膜覆盖存在正反两方面的效应, 所以有关马铃薯覆膜效应的研究报道有较大差异, 如梁东超等<sup>[11]</sup>在内蒙古、王凤新等<sup>[12]</sup>在河北栾城、Baghour 等<sup>[13]</sup>在西班牙格拉纳达的试验研究表明, 覆膜导致马铃薯减产; 而程俊珊等<sup>[14]</sup>、孙尚平<sup>[10]</sup>等分别在甘肃、山西高寒地区的试验研究表明, 覆膜可以使马铃薯增产。本试验在西北典型干旱区——甘肃民勤绿洲研究滴灌马铃薯覆膜对土壤温度的影响过程, 以及马铃薯不同生育阶段生长发育对覆膜效应的响应特点等, 以确定马铃薯在滴灌条件下覆膜效果及揭膜时间等问题。

## 1 材料与试验方法

### 1.1 试验概况

试验于 2006 年 4~10 月在甘肃省民勤县农业

技术推广中心试验站(38°30'N, 103°30'E)进行。该区海拔 1 340 m, 属温带大陆性干旱气候, 多年平均降水量 110 mm 左右, 且多为 5 mm 以下的无效降水, 7~9 月的降水占全年降水的 60%, 年蒸发量 2 644 mm, 日照时数 > 3 010 h, > 10℃积温 3 147.8℃。地下水埋深 13~18 m。1 m 土层内土质均为砂壤土, 0~60 cm 土层含少量腐殖质和粘粒, 粒径 0.5~2.0 mm。60~100 cm 土层内土壤颜色变深, 粘粒增多, 土质不匀, 有少量夹层黄砂, 呈黄色透镜体, 胶泥质夹杂少量腐殖质。1 m 土层含盐量 < 0.4%, 容重 1.52~1.54 g/cm<sup>3</sup>, 田间持水量为 33.7%~36.2%(土壤体积含水量)。1 m 土层内土壤养分含量差异较小, 有机质含量 8 g/kg, 全氮含量 0.55 g/kg, 速效磷平均含量 175 mg/kg, 速效钾为 150~200 mg/kg。

### 1.2 试验处理

试验按揭膜时间共设 5 个处理: 播种后 60 天揭膜(D1)、75 天(D2)、90 天(D3)、105 天(D4)、全生育期覆膜(D5), 未覆膜作为对照(I1)。试验重复 3 次, 试验小区采用完全随机布置。

### 1.3 农艺措施

马铃薯品种为克新 1 号, 每个试验小区种植 7 垄, 垄长 5.2 m, 垄高 30 cm, 垄间距 85 cm, 小区面积 31.2 m<sup>2</sup>。在播种前每个小区施入相同数量的肥料, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K 的使用量分别为 123、273、45 kg/hm<sup>2</sup>, 喷除草剂 2.25 kg/hm<sup>2</sup>。6 月 27 日追肥

收稿日期: 2007-07-17

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50339030)

作者简介: 侯晓燕(1983—), 女, 河北邯郸人, 硕士生, 研究方向为灌排理论与新技术。

通讯作者: 王凤新(1973—), 男, 山东日照人, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事农业水土工程领域方面的研究。E-mail: fxinwang@yahoo.com.cn.

N、K, 使用量分别为 69、45 kg/hm<sup>2</sup>, 6月30日喷膨大王, 喷雾浓度为 0.25 g/L。

马铃薯于 2006 年 4 月 6 日播种, 覆膜处理 5 月 1 日出苗, 未覆膜的 5 月 16 日全部出苗, 9 月 14 日全部收获, 株距为 30 cm。

#### 1.4 地温的观测方法

覆膜与未覆膜处理各埋设一套曲管地温计, 埋设位置为滴头正下方距地表 5、10、15、20 cm 和 25 cm, 观测时间为每日 8:00、14:00 和 20:00 各观测一次, 典型天气观测日变化, 每隔 2 h 测 1 次。日平均地温为当日 3 次测定值的算术平均值。从 4 月 20 日到收获后 9 月 18 日, 基本上每天观测 1 次, 共观测了 111 d。

#### 1.5 灌水方法

每个小区为一个支管单元, 在支管单元入口安装有闸阀、压力表和水表, 在每垄上安装一条薄壁滴灌带, 滴头间距 30 cm, 推荐工作压力 10 m 水头, 流量 1.2 L/h。各小区在距垄顶 20 cm 深处理设负压计指示土壤水分变化, 当土壤水势达到 -25 kPa 时开始灌水。试验中每个支管单元的操作压力控制在 0.05~0.08 MPa。灌水从 5 月 19 日开始, 覆膜处理在马铃薯生长前期(5 月 19 日~7 月 26 日), 每次灌水 5 mm, 耗水旺期(7 月 26 日~8 月 20 日), 每次灌水 10 mm; 未覆膜处理全生育期灌水方法及灌水定额同覆膜处理前期。

#### 1.6 马铃薯各生育期土壤含水量测定方法

在马铃薯的各个生育期(苗期, 4 月 14 日~5 月 23 日; 5 月 23 日~6 月 21 日; 6 月 21 日~7 月 23 日; 7 月 23 日~9 月 6 日)用称重法测量土壤含水量, 在每个处理的垄顶正中央、垄沟、垄顶与垄沟之间三点用土钻取土, 取土深度为 10、20、30、50、70 cm 和 90 cm。

#### 1.7 马铃薯腾发量的估算方法

马铃薯的腾发量用田间水量平衡法来估算, 其估算公式为

$$ET_c = I + P \pm \Delta S - R - D$$

式中,  $ET_c$  为作物腾发量;  $I$  为灌水量;  $P$  为降水量;  $\Delta S$  为土体贮水量变化;  $R$  为地表径流量;  $D$  为深层渗漏量。因试验所在地降水量较小, 且试验小区之间设有隔离带, 故地表径流量可忽略。因灌水方式为滴灌, 每次灌水量仅为 5 mm 或 10 mm, 且降雨量较小, 深层渗漏量可忽略不计。

#### 1.8 植物取样方法

每个小区选取 5 株马铃薯, 标记测量株高; 在每个小区从中间垄数第三垄上选取 5 株测定块茎生长过程; 收获时以中间三垄全部块茎测产。

## 2 结果与分析

### 2.1 覆膜对土壤温度的影响

马铃薯生育期内覆膜与未覆膜日平均土壤温度差值如图 1。在马铃薯生长前期, 与未覆膜处理相比, 覆膜可以显著提高表层土壤的温度, 5 cm 和 10 cm 土层土壤温度增幅最大, 日平均地温提高 2~9°C; 15、20、25 cm 土层的增温效果相对较小, 但日平均地温增幅也达到 1~5°C; 这与前人的研究结果相似<sup>[5,6,14~16]</sup>。但是, 在马铃薯植株生长旺期(7 月上旬~8 月上旬), 覆膜的增温效应减弱, 25 cm 土层甚至出现了明显的减温效应; 这可能是由于覆膜使植株的营养生长期提前, 使植株冠层增大, 遮荫率大于出苗较晚的未覆膜处理<sup>[7,8]</sup>; 到生长后期, 由于覆膜马铃薯茎叶已开始枯萎, 而未覆膜植株覆盖度增大, 所以地膜覆盖与未覆盖之间的土壤温差又变大。

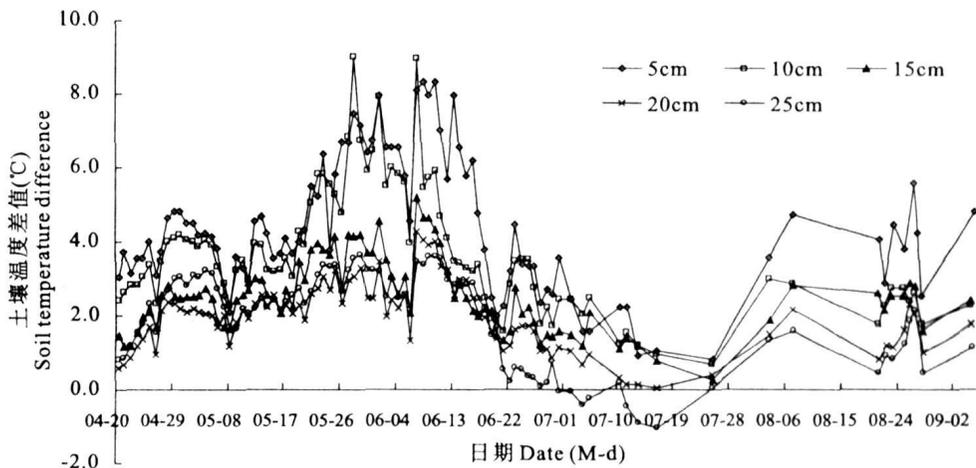


图 1 覆膜与未覆膜日平均土壤温度差值

Fig. 1 The difference of daily average soil temperature between mulching and non-mulching conditions.

图 2 为马铃薯在苗期、块茎形成—块茎膨大初期、薯块膨大期的地温日变化曲线。结果显示,除表层 5 cm 土壤温度外,在苗期,至少有 4 h(14:00~18:00)超过 14:00 时地温;在块茎形成—膨大期,至少有 6 h(14:00~20:00)超过 14:00 时的地温;在薯块膨大期,至少有 10 h(14:00~24:00)超过 14:00 时的地温;而表层 5 cm 处的土壤温度在这 3 个时期每天至少也有 2 h 超过 14:00 时的地温。由图 3 可以看出,4 月 20 日~6 月中旬 14:00 时表层 5 cm 地温

持续在 30℃ 以上(个别时间低于 30℃,多与灌水有关),10 cm 处地温也有相当长的时段超过 30℃。由以上可推断,4 月 20 日~6 月中旬,即在马铃薯的苗期、块茎形成期和块茎膨大初期,大部分时段 14:00 的表层土壤(5 cm, 10 cm)温度超过 30℃,而且在这些天内高温至少持续 2 h。这对马铃薯的生长极为不利,尤其是进入 6 月份马铃薯薯块形成时期以后,高温天气对薯块的膨大非常不利。因此及时揭膜是很有必要的。

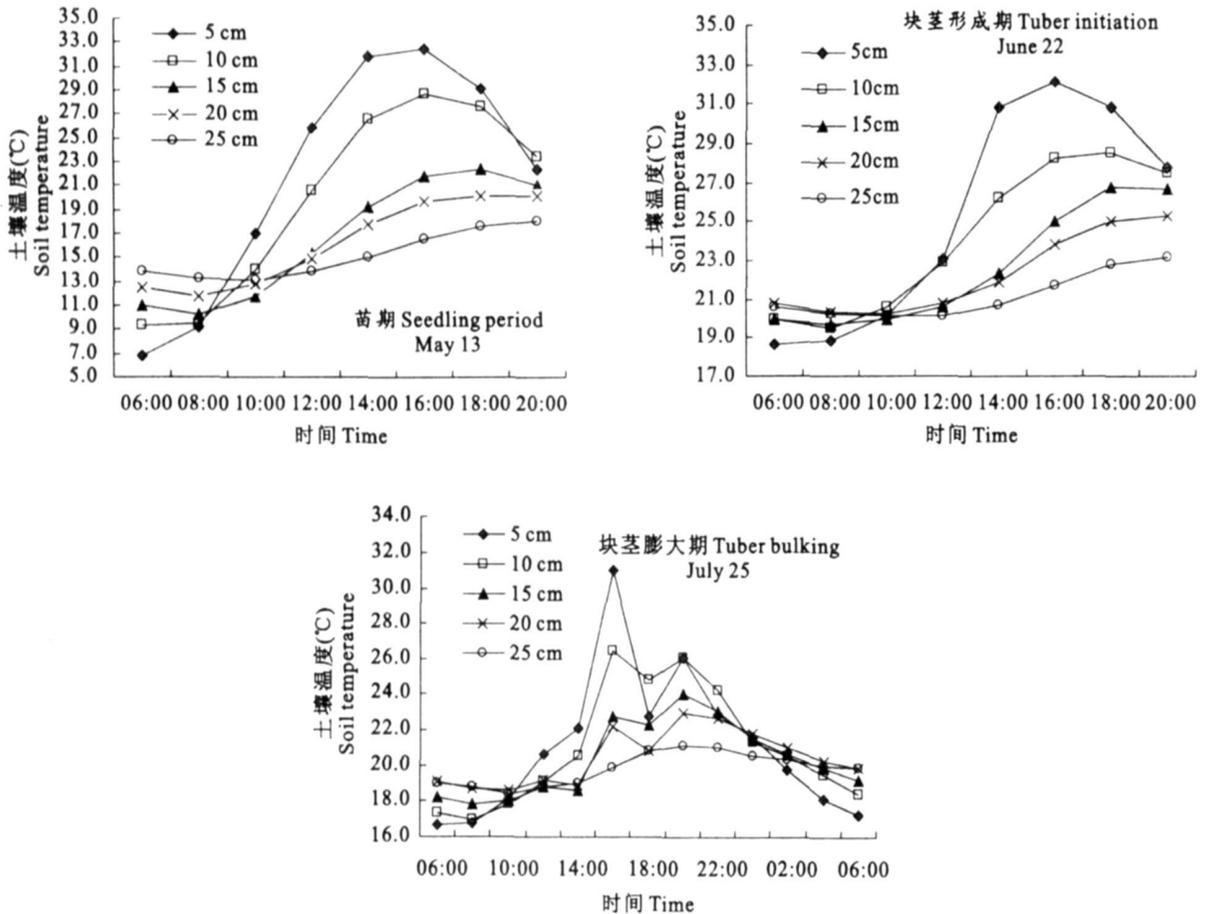


图 2 覆膜条件下马铃薯三个典型生育期内土壤温度的日变化

Fig. 2 Diurnal change of soil temperature at potato's three typical growing stages under mulching conditions

## 2.2 覆膜对马铃薯株高的影响

图 4 为各个处理的马铃薯植株的生长过程,其斜率即为马铃薯植株的生长速率。由于覆膜的增温效应使得马铃薯幼苗比未覆膜提前出土 16 d,即由于覆膜的增温效应使覆膜处理马铃薯营养生长期提前,所以其植株高度明显高于未覆膜。但 6 月 14 日后,覆膜对植株的生长速率并没有起到显著的作用。在观测时期内,D1 处理马铃薯植株最高,为马铃薯块茎的形成与膨大及最终高产奠定了营养基础。除了 D1 处理稍高于其它揭膜处理外,其它揭膜处理间马铃薯植株的生长速率没有明显差异。这

与魏虹等<sup>[17]</sup>对春小麦的研究结果相似。

## 2.3 对块茎生长过程的影响

由图 5 可以看出,在马铃薯块茎形成初期,各处理间的差异不是很明显,但都明显高于对照的生长速率,D1 处理下马铃薯的生长速率最快。在马铃薯块茎膨大期,D1 的块茎生长速率仍高于其它揭膜时间处理,一直未覆膜的对照生长速率最快,超过其它各覆膜处理(虽然此时已都揭膜)。从图 5 还可以看出,覆膜处理(包括已揭膜的)6 月中旬~7 月 21 日,生长速率高于 7 月下旬以后,而未覆膜的则与之相反,前期生长得慢,到 7 月下旬后,未覆膜的马铃薯

生长速率明显加快,这可能是由于到 6 月下旬以后覆膜地温超过块茎膨大的最适温度<sup>[2]</sup>,从而覆膜马铃薯块茎的生长受到抑制,生长速率低于未覆膜。

8、9 月份两次取样结果显示,对照 I1 块茎量出现较大下降,这可能由于取样误差所引起(8 月份数值偏大、9 月份数值偏小)。

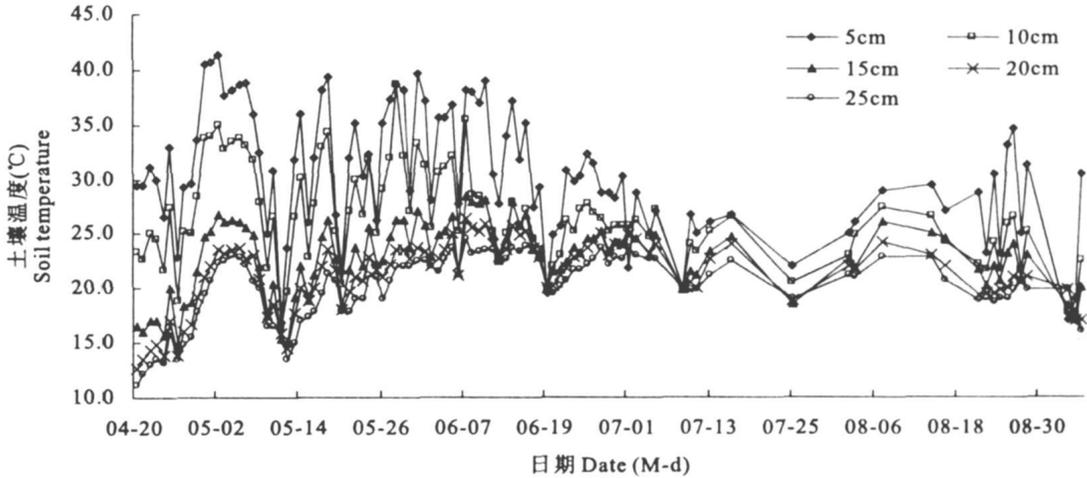


图 3 覆膜条件下每天 14:00 的土壤温度变化

Fig. 3 Daily soil temperature variation at 14:00 under mulching conditions

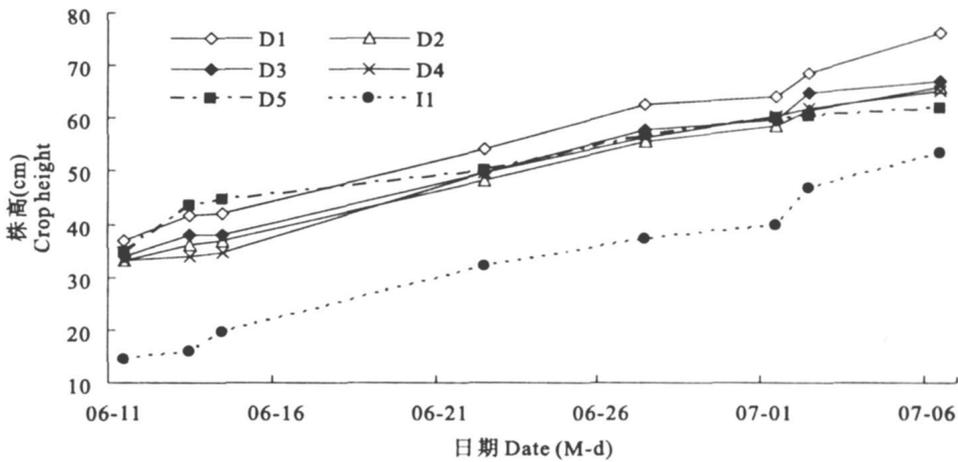


图 4 各处理下马铃薯植株生长过程

Fig. 4 Potato plant height for the different treatments

2.4 对马铃薯耗水量、块茎产量和水分利用效率的影响

如表 1 所示,揭膜时间最晚的 D5 处理比 D1 处理多灌水 40 mm,如果排除负压计本身可能的工作误差带来的灌水影响,说明 D5 处理比 D1 消耗了更多的水分。而且,不同揭膜处理间的马铃薯耗水量大致呈现出这样的规律性:揭膜时间越晚的处理马铃薯耗水量越大。这与 Xie 等<sup>[18]</sup>的研究相近。由于试验地异常的天气变化,使得不覆膜处理的马铃薯提前收获,因此使其正常的耗水量有所减少,但与各覆膜处理相比,总耗水量仍然高 37~71 mm。

的推迟而依次降低,D1 处理下马铃薯的产量与其它处理的马铃薯产量差异显著,比全生育期覆膜增产 12 159 kg/hm<sup>2</sup>,增产率达 22.4%,而其它处理的产量差异不显著。这可能由于 D1 及时揭膜避免了高温对马铃薯生长的抑制作用。虽然其它处理的差异不显著,但总体还是有降低的趋势,说明覆膜马铃薯的生长后期对其块茎的膨大起到抑制作用,再次证明了及时揭膜的必要性。

不同揭膜处理对马铃薯水分利用效率的影响最为明显,D1>D2>D3>D4>D5,其中 D1 比 D5 大 30.5%。而各覆膜处理的马铃薯水分利用效率均高于对照 I1。

除对照外,覆膜处理的马铃薯产量按揭膜时间

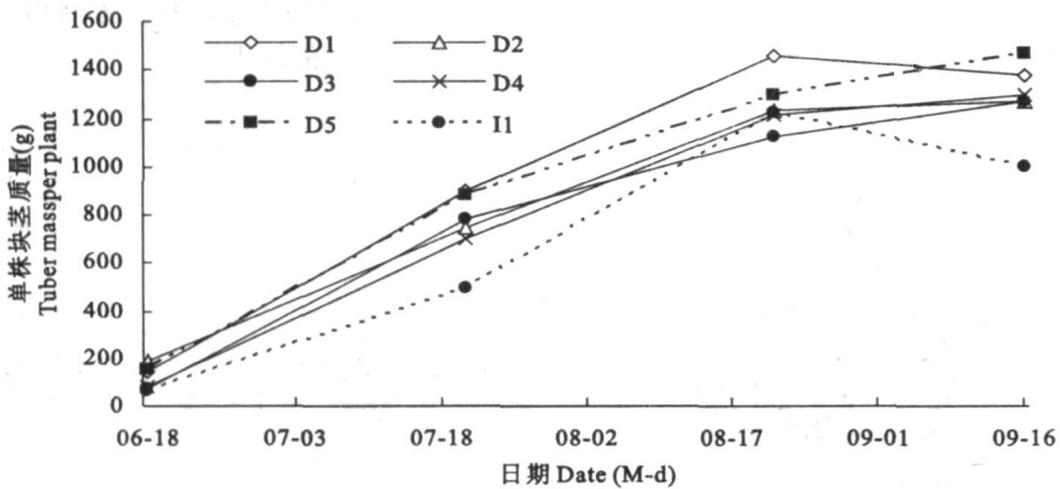


图 5 不同处理马铃薯块茎生长过程

Fig. 5 Potato tuber growing processes for the different treatments

表 1 马铃薯腾发量及马铃薯产量、水分利用效率

Table 1 Potato evapotranspiration, tuber yield and water use efficiency for the different treatments

处理 Treatments	$\Delta S$ (mm)	降雨量(mm) Precipitation	灌水量(mm) Irrigation	腾发量(mm) Evapotranspiration	产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Tuber yield	WUE [kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)]
D1	54	56	250	361	66326 a	184
D2	41	56	260	357	58783 b	165
D3	65	56	250	371	56341 b	152
D4	75	56	260	391	55935 b	143
D5	38	56	290	385	54167 b	141
I1	41	56	330	428	58155 b	136

注:同一栏中的数据比较中,字母相同则表示经过新复极差检验后,两者差异不显著( $P>0.05$ ),反之两者差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Values in a column with the same letter is insignificant according to Duncan's test ( $P>0.05$ ), otherwise, it is significant ( $P<0.05$ ).

### 3 小 结

1) 与对照相比,在马铃薯生长前期覆膜可以使 5 cm 和 10 cm 土层日平均地温提高 2~9℃, 15、20、25 cm 土层地温提高 1~5℃;在马铃薯生长旺期,覆膜的增温效应减弱;而到了马铃薯生长后期,覆膜在马铃薯的苗期、块茎形成期和块茎膨大初期,覆膜使表层土壤温度每天至少持续 4 h 超过 30℃,这对马铃薯的生长极为不利。在马铃薯块茎膨大期,覆膜的增温效应变弱。

2) 覆膜能够使马铃薯提前出苗,提早结薯,早日上市。各覆膜处理的马铃薯耗水量差异不大,未覆膜处理马铃薯耗水量比各覆膜处理高 37~71 mm。覆膜处理的马铃薯产量随揭膜时间推迟而依次降低,D1 处理下马铃薯的产量与其它处理的马铃薯产量的差异显著,比全生育期覆膜增产 12 159 kg/hm<sup>2</sup>,增产率达 22.4%。而其它处理的产量差异不显著,但总体还是有降低的趋势。不同揭膜处理对马铃薯水分利用效率的影响最为明显,D1>D2>

D3>D4>D5,其中 D1 比 D5 大 30.5%。而各覆膜处理的马铃薯水分利用效率均高于对照 I1。

3) 在薯块形成初期揭膜对马铃薯块茎的膨大和最终产量的形成最为有利。如果不及时揭膜,会抑制薯块的膨大及最终产量的形成。

### 参 考 文 献:

- [1] Schapendonk Ahem, Spritters C J T, Groot P J. Effects of water stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of five potato cultivars[J]. Potato Res, 1989, 32: 17-32.
- [2] Kooman P L, Fahem M, Tegera P, et al. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle[J]. European Journal of Agronomy, 1996, (5): 207-217.
- [3] 张朝勇. 膜下滴灌条件下土壤水热的动态变化和作物需水规律的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2003. 7-8.
- [4] 杜延军, 李自珍, 李凤民. 半干旱黄土高原地区地膜覆盖和底墒对春小麦生长及产量的影响[J]. 西北植物学报, 2004, 24 (3): 404-411.
- [5] Ghosh P K, Dayal Devi, Bandyopadhyay K K, et al. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irri-

- gated summer groundnut [J]. *Field Crops Research*, 2006, 99: 76–86.
- [6] Cook H F, Valdes Gerardo S B, Lee H C. Mulch effects on rain-fall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L [J]. *Soil & Tillage Research*, 2006, 91: 227–235.
- [7] Li F M, Guo A H, Wei H. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat [J]. *Field Crops Research*, 1999, 63: 79–86.
- [8] Li F M, Wang P, Wang J, et al. Effects of irrigation before sowing and plastic film mulching on yield and water uptake of spring wheat in semiarid Loess Plateau of China [J]. *Agricultural Water Management*, 2004, 67: 77–88.
- [9] Li F M, Wang J, Xu J Zh, et al. Productivity and soil response to plastic film mulching durations for spring wheat on entisols in the semiarid Loess Plateau of China [J]. *Soil & Tillage Research*, 2004, 78: 9–20.
- [10] 孙尚平, 李淑珍. 高寒冷凉区马铃薯地膜栽培生态效应研究 [J]. *山西农业科学*, 2004, 32(1): 26–28.
- [11] 梁东超, 李文刚, 巩秀峰. 覆膜对马铃薯种薯生产的影响 [J]. *内蒙古农业科技*, 1998, (增刊): 67–68.
- [12] 王凤新, 康跃虎, 刘士平. 滴灌与沟灌马铃薯覆膜效应研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2003, 11(4): 99–102.
- [13] Baghour M, Moreno D A, Hernández J, et al. Influence of root temperature on uptake and accumulation of Ni and Co in potato [J]. *J. Plant Physiol*, 2002, 159: 1113–1122.
- [14] 程俊珊, 张学祥. 渭源县高寒阴湿地区马铃薯地膜栽培气候生态效应研究 [J]. *中国马铃薯*, 2000, 14(2): 83–84.
- [15] 马尚明, 李生宝. 马铃薯地膜覆盖栽培的效果与技术 [J]. *国外农学杂粮作物*, 1996, (6): 30–32.
- [16] 王桂清, 王利凤, 赵方日方等. 旱地覆膜马铃薯效应试验研究 [J]. *内蒙古农业科技*, 2000, (增刊): 10–11.
- [17] 魏虹, 李凤民. 短期地膜覆盖对半干旱区春小麦生长发育和产量的影响 [J]. *农业现代化研究*, 2001, 22(4): 253–256.
- [18] Xie Zh K, Wang Y J, Li F M. Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of northwest China [J]. *Agricultural Water Management*, 2005, 75: 71–83.

## Effects of uncovering plastic film mulch on drip-irrigated potato in arid Minqin oasis, Northwest China

HOU Xiao-yan, WANG Feng-xin, KANG Shao-zhong, FENG Shao-yuan, HAN Jiang-jiang  
(Center for Agricultural Water Research in China, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** A field experiment was carried out to study the effects of uncovering plastic mulch on drip-irrigated potato in desert oasis located in the downstream of Shiyang River Basin, Gansu Province. The experiment comprised five mulching treatments according to the mulching durations: D<sup>1</sup> (Removing mulch 60 days after planting); D<sup>2</sup>, D<sup>3</sup> and D<sup>4</sup> (Removing mulch at 15 days' interval thereafter, respectively); D<sup>5</sup> (mulching during the whole growing season). A non-mulching control was also included. The results showed that mulching increased daily average soil temperature in the upper soil layers by 2~9°C during the potato's early growing period. The topsoil temperature kept above 30°C for more than four hours everyday before tuber bulking period, which had been proven to be detrimental to potato growth. Both the tuber yield and WUE (Water use efficiency) of treatment D<sup>1</sup> were higher than any other treatment, and they had a tendency to decline when the mulching duration was longer. All the mulching treatments had higher yield and WUE than the control.

**Key words:** potato; drip irrigation; plastic mulching; soil temperature; yield