

雷俊,张凯,姚玉璧,等.半干旱区黑膜覆盖对马铃薯光合特性及产量的影响[J].干旱气象,2017,35(6):1036-1041, [LEI Jun, ZHANG Kai, YAO Yubi, et al. Effects of Black Plastic Film Mulching on Photosynthetic Characteristics and Yield of Potato in Semi-arid Region[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(6):1036-1041], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-06-1036

## 半干旱区黑膜覆盖对马铃薯 光合特性及产量的影响

雷俊<sup>1,2</sup>,张凯<sup>1</sup>,姚玉璧<sup>1,2</sup>,牛海洋<sup>2</sup>,  
石界<sup>2</sup>,李强<sup>3</sup>,李文举<sup>2</sup>,赵鸿<sup>1</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/  
中国气象局干旱气候变化与减灾重点实验室,甘肃 兰州 730020;  
2. 甘肃省定西市气象局,甘肃 定西 743000;3. 兰州资源环境职业技术学院,甘肃 兰州 730021)

**摘要:**为探讨黑膜覆盖对马铃薯光合过程和产量的影响,以品种“新大坪”为试材进行试验,对比分析黑膜覆盖(PM)处理与裸地对照(CK)下马铃薯净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间 $CO_2$ 浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、水分利用效率(WUE)及产量等变化特征。结果表明:PM处理下叶片净光合速率和气孔导度在分枝期、花序形成期及开花期均较CK增大,但不同生育期增幅差异显著,其中净光合速率在分枝期增幅最大,为63%,而气孔导度最大增幅出现在花序形成期,为38%,开花期二者增幅均最小。胞间 $CO_2$ 浓度PM处理在分枝期较CK降低12%,而花序形成期、开花期较CK分别提高1%、6%。蒸腾速率PM处理在分枝期、开花期较CK分别提高44%、19%,而花序形成期则下降4%。3个生育期叶片水分利用效率PM处理均高于CK,其中花序形成期提升显著。与CK相比,PM处理下的叶片光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)及最大净光合速率( $P_{max}$ )均有所降低,而表观量子效率(AQE)、暗呼吸速率( $R_d$ )和产量均有所升高,其中马铃薯产量提升近3倍,增产效果明显。说明在黄土高原半干旱区,通过采用黑膜覆盖来影响马铃薯光合过程,能够显著提高马铃薯产量。

**关键词:**马铃薯;黑膜覆盖;光合特性;产量

**文章编号:**1006-7639(2017)06-1036-06 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-06-1036

**中图分类号:**S532

**文献标志码:**A

### 引言

马铃薯是我国最有发展前景的高产作物之一,同时也是十大热门营养健康食品之一<sup>[1]</sup>,对保证国家粮食安全有重要作用<sup>[2]</sup>。全球2/3以上的国家种植马铃薯,产量达3.2亿t左右。中国马铃薯种植面积达533万 $hm^2$ ,年均产量8000万t,居世界前列<sup>[1]</sup>。中国西北黄土高原半干旱区独特的气候生态和土壤环境条件,非常适宜马铃薯的生长发育,是全国马铃薯主产区之一。该区主要依靠天然降水,长期以旱作农业为主<sup>[3-4]</sup>,水分短缺,降水和农作物供需错位是限制该区农业生产力提高的主要因子<sup>[5-8]</sup>,甚至有些干旱年份,农作物几近绝收。地膜

覆盖能显著降低裸间蒸发,提高土壤温度<sup>[9]</sup>,提升深层水分至作物可利用层<sup>[10]</sup>,从而可以有效减轻干旱对作物的不利影响,使作物根部生长区域的土壤保持良好的水热状况,提高降水利用率和作物生产力,促进作物的正常生长发育。黑膜覆盖播种技术为近年来发展起来的新型农业生产技术,因其可以显著改善土壤水温环境,抑制蒸发,提升深层水分的供应,在干旱半干旱地区农业生产中得到广泛应用。目前,国内学者针对地膜覆盖对土壤水温条件及马铃薯产量的影响研究较多<sup>[11-13]</sup>,但对黑膜覆盖条件下马铃薯光合等生理特性的变化规律,以及产量对黑膜覆盖的响应机理研究较少。本试验以“新大

收稿日期:2017-05-25;改回日期:2017-09-22

基金项目:国家自然科学基金“大气增温和二氧化碳浓度升高对马铃薯生理生态影响研究”(41575149)和“马铃薯干旱致灾过程中阈值响应及其生理机制(41505099)”共同资助

作者简介:雷俊(1985—),男,甘肃通渭人,工程师,主要从事农业气象试验及业务工作. E-mail:75267630@163.com.

坪”为试材,对黑膜覆盖条件下马铃薯净光合速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度、蒸腾速率等光合指标生育期内变化进行测定,并对其叶片光响应特征进行分析,以揭示马铃薯生理生态特性对黑膜覆盖的响应机理,为探讨半干旱区高产高效、生态安全的栽培技术体系,提高旱地马铃薯产量有重要意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

试验于2016年在甘肃省定西市农业气象试验站进行,该站位于甘肃省中部,海拔高度1896.7 m,属典型的黄土高原半干旱气候区,雨热同季,年均气温6.7  $^{\circ}\text{C}$ ,最热月7月平均气温为18.6  $^{\circ}\text{C}$ ,最冷月1月平均气温为-7.5  $^{\circ}\text{C}$ ;年降水量386.6 mm,降水季节分配不均,主要集中于夏季(214.3 mm),占全年降水总量的55.4%,春、秋季降水量相当,分别为81.4和82.2 mm,冬季最少,仅为8.7 mm;年太阳总辐射为5923.8  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ,年日照时数2433.0 h,最多2664.0 h,最少2159.7 h。无霜期平均为140 d,最长183 d,最短99 d<sup>[14]</sup>。

2016年,年降水量275.9 mm,属偏少年份,年平均气温9.0  $^{\circ}\text{C}$ ;马铃薯生育期间降水量为183.0 mm,占年降水量的66.3%,平均气温为18.0  $^{\circ}\text{C}$ ,且出现了高温干旱农业气象灾害,最长连续无降水日数达27 d,最高气温为33.3  $^{\circ}\text{C}$ ,马铃薯生育后期受干旱灾害影响严重。

### 1.2 试验设计与观测

试验马铃薯品种为“新大坪”,为当地常见品种。试验采用随机排列方式,设黑膜覆盖(black plastic film mulching, PM)和裸地对照(contrast check, CK)2个处理,每个处理设有3个重复,小区面积为9 m  $\times$  8 m。其中,PM处理是大垄宽70 cm,小垄宽40 cm,高10 cm,起垄后选用宽120 cm、厚度为0.008~0.012 mm的黑色地膜全覆盖,地膜相接的小垄垄脊处用土压实;CK处理相同,但不覆膜。

用专用人工点播器于5月20日播种,10月14日收获,全生育期持续时间为147 d。所有处理在生长期均没有进行水分灌溉,并进行统一田间管理。其中,施氮肥320  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,磷肥155  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,钾肥125  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,尿素150  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,在播种前作为基肥一次性施入。观测方法参照中国气象局《农业气象观测规范》(上册)<sup>[15]</sup>。

### 1.3 观测项目和方法

#### 1.3.1 光合参数观测

利用美国Li-COR公司生产的LI-6400XT光

合作用观测系统在马铃薯分枝、花序形成和开花3个主要发育期选择叶位、叶龄、叶取向和叶部位一致的叶片进行观测,观测时间设为晴天09:30—11:30,进气速率为500  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,用Li-6400XT标准叶室测定马铃薯净光合速率(net photosynthetic rate,  $P_n$ )、气孔导度(stomatal conductance,  $G_s$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度(intercellular  $\text{CO}_2$  concentration,  $C_i$ )、蒸腾速率(transpiration rate,  $T_r$ );光响应曲线的测定应用Li-6400-02B红蓝光源提供的不同光合有效辐射强度(photosynthetically active radiation, PAR, 单位:  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),分别在2300、2000、1900、1700、1500、1300、1100、900、700、500、300、200、150、100、75、50、20、0  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的18个光点下测定花序形成期马铃薯叶片净光合速率( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),在开放式气路且空气相对湿度为30%~40%下,重复测定2次。然后,采用Photosynthesis软件进行光响应曲线拟合,得到马铃薯光补偿点(light compensation point, LCP)、光饱和点(light saturation point, LSP)、表观量子效率(apparent quantum efficiency, AQE)、最大净光合速率(maximum net photosynthetic rate,  $P_{\text{max}}$ )、暗呼吸速率(dark respiration rate,  $R_d$ )等光合参数。方差分析和光响应曲线拟合的计算采用SPSS 16.0统计软件。

#### 1.3.2 产量要素测量与计算

在成熟期连续取样区1  $\text{m}^2$ ,4个重复,计算实际产量。然后,每个样区连续取10株,4个重复,共40株带回实验室测定块茎重。称重前清除薯块上的泥土,不分大小称总薯块重,除以取样总株数计算得到株薯块重( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ ),并与收获期植株密度的乘积即为理论产量( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ );捡出薯块最大直径 $\leq 2$  cm的屑薯称重,并与总薯块重的比值为屑薯率(%);对鲜蔓(全部茎、叶)称重,并与总薯块重的比值为薯茎比。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑膜覆盖对马铃薯光合特性的影响

对黑膜覆盖(PM)和裸地(CK)条件下马铃薯净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )进行对比(表1)发现,PM处理下马铃薯净光合速率均较CK条件下有所提升,且不同生育期提升幅度差异显著,其中分枝期提升幅度最大,增幅为63% ( $P < 0.05$ ),花序形成期为29% ( $P < 0.05$ ),而开花期增幅仅为2% ( $P > 0.05$ )。可知,随着生育进程的推进,PM处理对马铃薯净光合速率的增幅显著减弱。PM处理下马铃薯叶片气

孔导度较 CK 情况有所提高,且不同生育期提高幅度不同,花序形成期提高幅度最大,为 38% ( $P < 0.05$ ),分枝期次之,为 35%,开花期最小,为 28%,可见 PM 对马铃薯叶片气孔导度的影响与净光合速率有显著差异。与前两个参数不同,胞间  $\text{CO}_2$  浓度在花序形成期、开花期 PM 处理较 CK 分别提高 1% 和 6%,而分枝期 PM 处理较 CK 降低 12%,且均未通过显著性水平检验。PM 处理对不同生育期马铃薯蒸腾速率的影响不同,分枝期和开花期马铃薯蒸腾速率 PM 处理较 CK 明显提高,分别提升 44%、19%,而花

序形成期蒸腾速率 PM 处理较 CK 略微降低,下降幅度为 4%。

综上所述,PM 处理除分枝期胞间  $\text{CO}_2$  浓度和花序形成期蒸腾速率略低于 CK 外,其他发育期各项光合指标均高于 CK,主要是覆膜后土壤水热条件的改善促进根系的生长,提高根系吸水 and 吸收矿质营养的能力,为地上部分的生长提供了充足的养分和水分,使得植株生长旺盛,叶片光合等各项生理活动维持在较高水平<sup>[16-17]</sup>,进而为马铃薯高产提供有利条件。

表 1 不同处理下马铃薯光合参数的对比

Tab. 1 Comparison of potato photosynthetic parameters under the black film mulching and the uncovering conditions

生育期	处理情况	$P_n /$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$G_s /$ ( $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$C_i /$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	$T_r /$ ( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
分枝期	PM	13.779 9 a	0.166 0 a	217.25 a	6.226 5 a
	CK	8.037 6 a	0.122 8 a	246.20 a	4.337 7 a
花序形成期	PM	13.902 6 a	0.192 9 a	231.05 a	5.351 0 a
	CK	10.777 6 b	0.140 1 b	227.76 a	5.553 4 a
开花期	PM	15.035 0 a	0.290 8 a	261.41 a	6.109 1 a
	CK	14.789 0 a	0.226 4 a	245.88 a	5.115 2 a

注:同为 a 时,表示 2 个处理无显著差异;分别为 a、b 时,表示 2 个处理有显著差异;下同。

## 2.2 黑膜覆盖对马铃薯水分利用效率的影响

图 1 为不同条件下马铃薯的水分利用效率,发现 PM 处理下马铃薯水分利用效率均明显高于 CK,且不同生育期水分利用效率的提升幅度存在差异,花序形成期提升幅度最大,为 36%,且通过显著性水平检验 ( $P < 0.05$ ),开花期次之,提升幅度为 26%,分枝期最小,提升幅度 23%。试验 PM 处理中,马铃薯叶片净光合速率和蒸腾速率均出现同步增加趋势,由于叶片水分利用效率是净光合速率与

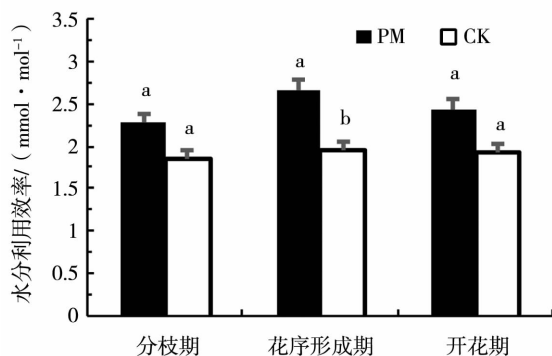


图 1 不同条件下马铃薯不同生育期的水分利用效率

Fig. 1 The water use efficiency (WUE) of potato at different stages under PM and CK conditions

蒸腾速率之比,叶片水分利用效率的提高,说明了 PM 处理下净光合速率和蒸腾速率的增幅不同,且前者大于后者。

## 2.3 黑膜覆盖对马铃薯光响应曲线的影响

图 2 是不同条件下马铃薯净光合速率的光响应曲线。可以看出,随着光合有效辐射强度的增加,PM 处理和 CK 条件下马铃薯的净光合速率呈对数

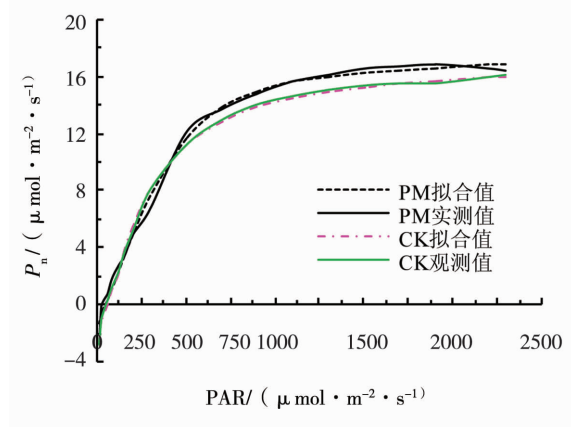


图 2 PM 处理和 CK 下马铃薯净光合速率的光响应曲线

Fig. 2 The light response curve of potato net photosynthetic rate under PM and CK conditions

函数增加,当 PAR 增加至  $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以后,净光合速率开始增加缓慢,且观测值与拟合值非常接近,尤其是 CK,表明非直角双曲线模型(non-rectangular hyperbola equation)对马铃薯净光合速率的光响应曲线模拟较好。对比 PM 处理和 CK 下的光响应曲线,发现 PM 处理下的光饱和点明显滞后于 CK,且饱和点之后前者的净光合速率始终高于后者。经统计(表 2),PM 处理下马铃薯光补偿点和最大净光合速率均较 CK 明显降低,分别下降 15%、11%;光饱和点与 CK 差异不大;表观

量子效率和暗呼吸速率均较 CK 升高,分别升高 24%、4%。

## 2.4 黑膜覆盖对马铃薯产量要素的影响

进一步对 PM 处理和 CK 下马铃薯产量要素进行对比分析(表 3),发现 PM 处理下的马铃薯株薯块重、鲜茎重、薯茎比、理论产量、实际产量均较 CK 条件下显著偏高,二者差异极其显著( $P < 0.01$ ),可见 2016 年干旱年份 PM 的增产效果更加明显,PM 处理下的马铃薯株薯块重较自然状态下增加近 5 倍,屑薯率降低,实际产量增加了 2 倍,达  $18\,539.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表 2 不同情况下马铃薯净光合速率的光响应模拟参数统计

Tab.2 Statistics of simulated parameters of potato light response of net photosynthetic rate under different conditions

处理	photosynthetic rate under different conditions				单位: $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	
	LCP	LSP	AQE	$P_{\max}$	$R_d$	
PM	36.797 9	1 379.922 6	0.047	18.508 2	1.415	
CK	43.183 9	1 381.885 6	0.038	20.890 3	1.380	

表 3 不同条件下马铃薯产量要素的对比

Tab.3 Comparison of potato yield components under PM and CK conditions

处理	株薯块重/ g	屑薯率/ %	鲜茎重/ ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	薯茎比	理论产量/ ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	实际产量/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
PM	118.47 a	0	879.2 a	2.28 a	983.33 a	18 539.7 a
CK	19.66 b	1	331.1 b	0.77 b	332.00 b	6 078.0 b

## 3 结论与讨论

光合作用是植物将光能转换为生命过程中的化学能并合成有机物的生物过程<sup>[18]</sup>,马铃薯块茎干物质重的 95% 以上来自光合产物<sup>[19]</sup>,光合能力的改变是作物产量及品质变化的根本原因,通过覆盖黑色地膜来改善马铃薯生长的微气象环境而影响其产量对马铃薯产业的发展意义重大。主要研究结论如下:

(1) 马铃薯叶片同一光合参数在不同生育期对 PM 的响应不同,除分枝期胞间  $\text{CO}_2$  浓度和花序形成期蒸腾速率 PM 处理略低于 CK 外,其他发育期各项光合参数均高于 CK。PM 处理下叶片净光合速率的增幅随着生育进程的推进而逐渐减小,可能是光合组织的衰老和对地膜覆盖形成的微气象环境的适应等因素造成。气孔是水汽和  $\text{CO}_2$  进出植物体内的门户<sup>[20]</sup>,通过气孔,空气中的  $\text{CO}_2$  扩散进入叶片光合组织的叶肉细胞间隙,并溶解于液相中,在光能作用下发生光合作用,同时,大量水分通过气孔经蒸腾作用扩散于大气中<sup>[21]</sup>。试验结果表明,PM 处

理下叶片气孔导度较 CK 显著提高,但不同生育期气孔导度对 PM 处理响应程度差异相对叶片净光合速率不显著。PM 处理下蒸腾速率在分枝期及开花期较 CK 提高明显,而对花序形成期影响微弱,黑膜覆盖显著改善了土壤水热环境,使得马铃薯叶片水分利用效率较 CK 明显提高,与刘晓伟等<sup>[11]</sup>研究结果相似。与前三个参数相比,PM 处理对胞间  $\text{CO}_2$  浓度影响最小。

(2) 光补偿点与光饱和点是植物光合能力的重要体现<sup>[22]</sup>,LCP 能够反映植物对弱光的适应能力,LSP 则能够反映对强光的适应能力<sup>[23-24]</sup>。试验显示,PM 处理下马铃薯 LCP 较 CK 降低 15%,而 LSP 变化不大,为  $1\,380 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右,与何长征等<sup>[25]</sup>研究的  $1\,400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  相近。PM 处理条件下,马铃薯叶片利用有效光的范围进一步扩大,这有利于增加有效光合作用的时间,对农业增产有重要意义。表观量子效率反映了植物叶片对弱光的利用能力<sup>[20]</sup>,PM 处理下马铃薯叶片表观量子效率较 CK 有所提高,说明黑膜覆盖增强了马铃薯叶片

对弱光的利用能力。此外,PM 处理下暗呼吸速率较 CK 提高,而最大净光合速率较 CK 略低。

(3)PM 处理下马铃薯产量要素较 CK 显著提高,屑薯率降低,与已有研究结果一致<sup>[11-13]</sup>。同时,株薯块重、鲜茎重、薯茎比分别增大为未覆膜状态下的 6 倍、2.7 倍、2.96 倍,理论产量与实际产量也分别增大 2.96 倍和 3.0 倍。

研究表明,在黄土高原半干旱区,通过采用黑膜覆盖的种植方式来改善马铃薯生长环境条件,间接影响了马铃薯叶片的光合作用过程,促进更多光合产物的积累,以达到增产目的,这对马铃薯产业的发展意义重大。值得注意的是,植物光合作用是一极其复杂的生理过程,光合效率不仅与叶绿素含量、叶片厚度、叶片成熟度密切相关,也受光强、温度、水分、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度、矿质元素等影响。然而,本文仅探讨了黑膜覆盖引起的水热变化对马铃薯光合特性的影响。此外,试验资料只有 1 a,得到了一些初步结果,为更深刻地认识马铃薯光合特性等指标对黑膜覆盖的响应机理,还需进一步试验和研究。

#### 参考文献:

- [1] 姚玉璧,王润元,赵鸿,等. 甘肃黄土高原不同海拔气候变化对马铃薯生育脆弱性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(2):52-58.
- [2] 姚玉璧,王润元,邓振镛,等. 黄土高原半干旱区气候变化及其对马铃薯生长发育的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(2):379-385.
- [3] 张凯,王润元,王小平,等. 黄土高原春小麦地上鲜生物量高光谱遥感估算模型[J]. 生态学报,2009,28(6):1155-1161.
- [4] 张凯,王润元,王鹤龄,等. 增温对半干旱区春小麦田间水分特征的影响[J]. 干旱气象,2015,33(1):52-58.
- [5] 林婧婧,申恩青,刘德祥. 甘肃省近 58 a 春末夏初旱变化特征及其对夏粮的影响[J]. 干旱气象,2012,30(1):77-80.
- [6] 肖国举,王静. 黄土高原集水农业研究进展[J]. 生态学报,2003,23(5):1003-1011.
- [7] 王俊,徐进章. 半干旱地区发展集水型生态农业模式研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(4):207-209.
- [8] 张平良,郭天文,侯慧芝,等. 不同穴播种植方式与平衡施肥对旱地春小麦产量及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(1):132-137.
- [9] 王红丽,宋尚有,张绪成,等. 半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响[J]. 生态学报,2013,33(18):5580-5588.
- [10] 王俊,李凤民,宋秋华,等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(2):205-210.
- [11] 刘晓伟,孙万仓,张绪成. 半干旱区全膜双垄沟播对马铃薯耗水规律的影响[J]. 长江蔬菜,2015(4):35-39.
- [12] 代海林,秦舒浩,张俊莲,等. 沟垄覆膜栽培对旱作马铃薯生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(5):56-60.
- [13] 郭忠富,冯荔,陈玢. 全膜覆盖双垄集雨沟播种植马铃薯的效益分析[J]. 中国马铃薯,2012,26(3):162-166.
- [14] 姚玉璧,王润元,杨金虎,等. 黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例[J]. 生态学报,2011,31(15):4225-4234.
- [15] 国家气象局. 农业气象观测规范(上卷)[M]. 北京:气象出版社,1993:133-135.
- [16] 姜净卫,董宝娣,司福艳,等. 地膜覆盖对杂交谷子光合特性、产量及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(6):154-158.
- [17] 魏虹. 地膜覆盖对半干旱区春小麦光合作用及产量的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2000,25(5):621-625.
- [18] 叶子飘,李进省. 光合作用对光响应的直角双曲线修正模型和非直角双曲线模型的对比研究[J]. 井冈山大学学报(自然科学版),2010,31(3):38-44.
- [19] 张宝林,高聚林,刘克礼. 马铃薯在不同密度及施肥处理下叶片叶绿素含量的变化[J]. 中国马铃薯,2003,17(3):137-140.
- [20] BALL J T, WOODROW I E, BERRY J A. A model predicting stomatal conductance and its contribution to the control of photosynthesis under different environmental condition; Progress in Photosynthesis Research [M]. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publisher, 1987:221-224.
- [21] 于强. 农田生态过程与模型[M]. 北京:科学出版社,2007:1-9.
- [22] 张振文,张保玉,童海峰,等. 葡萄开花期光合作用光补偿点和光饱和点的研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(1):24-29.
- [23] 刘玲,刘淑明,孙丙寅. 不同产地花椒幼苗光合特性研究[J]. 西北农业学报,2009,18(3):160-165.
- [24] 张其德,卢从明,匡廷云. 大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高对光合作用的影响[J]. 植物学通报,1992,9(4):18-23.
- [25] 何长征,刘明月,宋勇,等. 马铃薯叶片光合特性研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(5):518-520.

## Effects of Black Plastic Film Mulching on Photosynthetic Characteristics and Yield of Potato in Semi – arid Region

LEI Jun<sup>1,2</sup>, ZHANG Kai<sup>1</sup>, YAO Yubi<sup>1,2</sup>,

NIU Haiyang<sup>2</sup>, SHI Jie<sup>2</sup>, LI Qiang<sup>3</sup>, LI Wenju<sup>2</sup>, ZHAO Hong<sup>1</sup>

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;

2. Dingxi Meteorological Bureau of Gansu Province, Dingxi 743000, Gansu, China;

3. Lanzhou Resources & Environment Voc – Tech College, Lanzhou 730021, China)

**Abstract:** To explore the effects of black plastic film mulching on photosynthetic process and yield of potato, a field experiment of potato named ‘Xindaping’ was carried out. The change characteristics of net photosynthetic rate ( $P_n$ ), stomatal conductance ( $G_s$ ), intercellular  $CO_2$  concentration ( $C_i$ ), transpiration rate ( $T_r$ ), water use efficiency (WUE) and yield were comparatively analyzed between black plastic film mulching (PM) treatment and traditional planting (CK). The results show that the values of  $P_n$  and  $G_s$  under PM treatment were higher than CK at branching, inflorescence formation and flowering stages, but the increasing rates of them were significantly different. The increase of  $P_n$  under PM treatment at branching stage was more than that at other stages, and  $P_n$  at branching stage increased up to 63%, while  $G_s$  was most sensitive to PM treatment at inflorescence formation stage, and the increase of  $G_s$  was up to 38%. Meanwhile, the increase of  $P_n$  and  $G_s$  at flowering stage was smallest. Compared with CK,  $C_i$  under PM treatment at branching stage decreased by 12%, while that at inflorescence formation and flowering stages increased by 1% and 6%, respectively. The difference of  $T_r$  between PM and CK treatments was about 44% at branching stage, 19% at flowering stage and -4% at inflorescence formation stage, respectively. The leaf water use efficiency under PM treatment increased than that of CK at branching stage, inflorescence formation stage and flowering stage, especially the increase at branching stage was significant. Compared with CK, the leaf saturation point, light compensation point and maximum net photosynthesis rate under PM treatment decreased, while the apparent quantum efficiency, dark respiration rate and yield increased, and the yield of potato increased up to approximately 3 times, which demonstrated that the black plastic film mulching could affect photosynthetic process of potato in semi – arid region of Loess Plateau, and it could significantly increase potato yield.

**Key words:** potato; black plastic film mulching; photosynthetic characteristics; yield