

覆膜方式和保水剂对旱作马铃薯光合特性及产量的影响

包开花¹, 蒙美莲¹, 陈有君², 张婷婷¹, 于小彬¹

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019;

2. 内蒙古农业大学生命科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要: 为了探讨内蒙古阴山北麓地区旱作马铃薯生产中适宜的覆膜种植方式, 以马铃薯“克新 1 号”品种为材料, 通过大田小区试验, 研究了露地平播(CK)、平作行上覆膜(PZHS)、双垄全膜覆盖沟播(QFM)、起垄覆膜膜侧播种(QLMC)四种不同覆膜方式和保水剂对旱作马铃薯光合特性及产量的影响。结果表明, 无论施保水剂还是不施保水剂条件下, 不同种植方式的马铃薯叶片 P_n 、 G_s 、 Tr 随生育进程的推进均呈先增加后降低的变化, 块茎形成期达到最高值, C_i 则呈逐渐降低的变化; QLMC、QFM、PZHS 三种覆膜方式的马铃薯叶片 P_n 、 G_s 、 Tr 均显著高于 CK, P_n 较 CK 分别增加 $4.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $2.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $1.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 三种覆膜 G_s 较 CK 分别增加 $3.14 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $2.56 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $1.63 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, Tr 较 CK 分别增加 $0.31 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $0.21 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $0.09 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, C_i 与之相反, 三种覆膜方式均极显著低于对照, 且表现为 PZHS > QFM > QLMC, 较 CK 分别低 $9.92 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $21.23 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $30.31 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$; 三种覆膜方式的马铃薯产量均高于对照, 且均表现为 QLMC > QFM > PZHS, 分别较对照增产 35.96%、15.99%、15.68%, 其中 QLMC 与 CK 和 PZHS 间差异均达到显著水平; 同种覆膜方式下, 施保水剂较未施保水剂的产量及叶片 P_n 、 G_s 、 Tr 高, 但 C_i 则是未施保水剂的高于施保水剂的。综合分析覆膜方式与马铃薯叶片光合特性及产量的关系, 笔者认为, 起垄覆膜膜侧播种可作为内蒙古阴山北麓旱作地区马铃薯覆膜种植的首选方式。

关键词: 覆膜方式; 保水剂; 旱作马铃薯; 光合特性; 产量

中图分类号: S318; S532 文献标志码: A

Effects of plastic film mulching patterns and water retaining agent on photosynthetic characteristics and yield of rainfed potato

BAO Kai-hua¹, MENG Mei-lian¹, CHEN You-jun², ZHANG Ting-ting¹, YU Xiao-bin¹

(1. College of Agricultural Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China;

2. College of Life Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: To explore the suitable rainfed potato production by film mulching in the Inner Mongolia Yinshan Mountain area, “Kexin 1” was selected as the material, thereby to study the influence of four different film mulching patterns including conventional tillage (CK), harrowed bedding with film mulching (PZHS), double ridge mulched completely by film (QFM), ridge culture mulched by film (QLMC), and water retaining agent on photosynthetic characteristics and productivity of potato. The result showed that regardless of the water retaining agent, the variations in P_n 、 G_s 、 Tr decreased. The three kinds of film mulching patterns increased P_n 、 G_s 、 Tr in the order of QLMC > QFM > PZHS. On the other hand, C_i was significantly lower than CK in the three kinds of film mulching, with the order of PZHS > QFM > QLMC. The three kinds of film mulching showed higher potato productivity, with an order of QLMC > QFM > PZHS. For the same film mulching, the productivity and the leaves of P_n 、 G_s 、 Tr were higher when water retaining agent applied, while C_i was lower. In summary, we suggest that the method of ridge culture mulched by film be suitable for the Inner Mongolia Yinshan Mountain area.

Keywords: film mulching; water retaining agent; rainfed potato; photosynthetic characteristics; yield

收稿日期: 2015-05-11

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-10-P17)

作者简介: 包开花(1986—), 内蒙古通辽人, 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯栽培生理研究。E-mail: 641057971@qq.com。

通信作者: 蒙美莲(1960—), 内蒙古呼和浩特人, 女, 教授, 博士生导师, 主要从事马铃薯栽培生理方向研究。E-mail: mmeilian@126.com。

陈有君(1961—), 内蒙古呼和浩特人, 男, 研究员, 博士, 主要从事土壤水分研究。E-mail: cyoujun@sina.com。

光合作用是地球上规模最大的无机物转变为有机物的过程,是作物产量形成的物质基础,也是绿色植物对各种内外因子最敏感的生理过程之一。水分既是光合作用的原料,又可影响叶片气孔的开闭,从而间接影响 CO_2 的吸收以及光合作用和蒸腾作用的进行^[1-2]。因此,水分成为影响光合作用最重要的因子之一^[3]。地膜覆盖可以增加太阳光的反射率和空气阻力,减少热量和水汽的散失,增加土壤含水量,有效改善作物水分不足的状况,提高光合速率、蒸腾速率、气孔导度,增强作物的光合作用强度。但不同覆膜方式作用效果不同。高玉红^[4]的研究表明不同覆膜方式下全膜覆盖的玉米生育期叶片 P_n 和 Tr 高于半膜覆盖和露地播种。其中,全膜双垄沟播的 P_n 、 G_s 和子粒产量均高于全膜垄作沟播、半膜双垄沟播、半膜平铺穴播和露地。丁瑞霞^[5]等研究得出,沟垄集雨种植可有效改善作物水分不足的状况,提高光合速率、蒸腾速率、气孔导度,使光合作用强度增大。桑丹丹^[6]等在研究春玉米行间覆膜、行上覆膜及不覆膜 3 种方式的效果时指出,行间覆膜提高玉米上位叶及穗位叶的净光合速率,减小气孔导度,降低叶片蒸腾速率,保证子粒充分灌浆,提高百粒重,进而提高产量。保水剂可通过改善土壤水分状况、调节叶片相对含水量或叶水势等来调控小麦光合生理过程、提高叶片光合效率^[7],且对降低或减缓作物受干旱胁迫的侵害程度具有重要意义。

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是重要的粮菜兼用作物,也是内蒙古阴山北麓地区重要的优势作物,在当地农业发展、农民增收中占有重要的地位。但是,由于该地处于典型的干旱半干旱区域,水分不足成为马铃薯产量限制的重要因子。本研究在以往研究的基础上,开展起垄覆膜膜侧播种、全膜双垄沟播、平作行上覆膜和露地播种等几种方式对马铃薯光合特性及产量影响的比较研究,旨在进一步阐明不同覆膜方式在阴山丘陵旱作区应用的重要性及其增产机制,为阴山丘陵旱作区马铃薯适宜覆膜栽培方式的选择及保水剂的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2014 年 5—9 月在内蒙古武川县大豆铺村马铃薯研究基地进行。该地海拔高 1 555 m,年日照时数 2 959.6 h,年均气温 2.6℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 1 955.2℃,年均降水 352.1 mm 左右,年蒸发量 2 068

mm,无霜期 105 d 左右,属于中温带大陆性季风气候。土壤类型为栗钙土类。

1.2 试验材料

供试马铃薯品种为“克新 1 号”脱毒原种。供试保水剂为 MP-3005km。供试地膜宽为 1.50 m 和 0.90 m 两种,厚度为 0.008 mm。

1.3 试验设计

试验设覆膜方式和保水剂两个因素,覆膜方式设露地平播(CK)、起垄覆膜膜侧种植(QLMC)、双垄全膜覆盖沟播(QFM)、平作行上覆膜种植(PZHS) 4 种覆膜方式,保水剂设施与不施两个水平,分别用代号 B 和 A 表示。共 8 个处理组合。采用随机区组设计,4 次重复。小区面积 5.5 m × 6 m = 33 m²。播种密度为 3 500 株·667m⁻²,播种时基施齐华牌氮磷钾复合肥(13-17-15)80 kg·667m⁻²。播前将保水剂和水按 1:150 制成水凝胶,施于播种穴内,用量为 2.5 kg·667m⁻²。不同覆膜方式均采用宽窄行种植,先覆膜后播种,按“品”字形打孔种植,株距 34.6 cm。2014 年 5 月 17 日人工起垄覆膜,5 月 18 日人工点播。

露地平播:宽行 0.70 m,窄行 0.40 m。

起垄覆膜膜侧种植:起垄覆膜,垄底宽 0.50 m,垄顶宽 0.30 m,种薯播种在自垄顶向垄侧 2/3 处,行距 0.40 m。

双垄全膜覆盖沟播:大小垄种植,垄和沟均覆膜,大垄高 0.10 m,垄宽 0.70 m,小垄高 0.15 m,垄宽 0.40 m,大小垄中间的垄沟为播种沟。

平作行上覆膜种植:宽行 0.70 m,窄行 0.40 m,膜上播种两行。

1.4 试验时间和地点

试验于 2014 年 5—10 月在内蒙古武川县大豆铺村马铃薯研究基地进行。

1.5 测定指标和方法

马铃薯出苗后 15、30、45、60、75 d,采用 Li-6400 型光合分析仪进行光合特性测定。每次测定时间为当日上午 9:00~11:00,每小区选取 3 株,测定每株倒数第 4 叶片的净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度、气孔导度(G_s)以及蒸腾速率(Tr)等光合生理指标。收获前每小区取两垄共 32 株进行测产考种,计算块茎产量。

1.6 数据处理

采用 Office Excel 2003 进行数据分析和作图。利用 SAS 统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 覆膜方式和保水剂对叶片净光合速率的影响

从图 1 可以看出,无论是施保水剂还是未施用保水剂条件下,不同覆膜方式下马铃薯叶片净光合速率均随生育的推进呈先增后降的变化,出苗后 30 d 时达到最高,75 d 时降到最低。不同覆膜方式各时期的叶片净光合速率均显著或极显著高于对照。三种覆膜方式间比较,叶片净光合速率的高低顺序均表现为 QLMC > QFM > PZHS。未施保水剂条件下

全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片净光合速率平均值分别为 $25.3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $23.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $22.1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,较 CK 分别增加 $4.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $2.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $1.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;施保水剂条件下,全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片净光合速率平均值分别为 27.6 、 24.3 、 $22.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,较 CK 分别增加 6.1 、 2.8 、 $1.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同种覆膜方式下,施用保水剂的叶片净光合速率较未施用的高,QLMC、QFM、PZHS、CK 分别增加 9.01% 、 3.63% 、 3.59% 、 3.37% 。

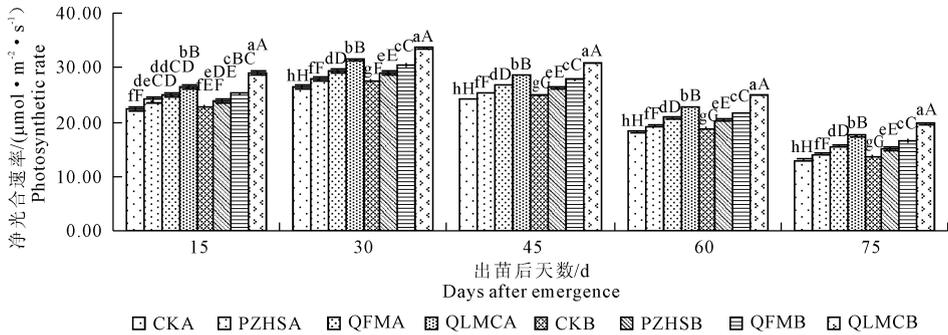


图 1 覆膜方式和保水剂对叶片净光合速率的影响

Fig. 1 Effects of film mulching patterns and water retaining agent on photosynthetic rate of leaves

2.2 覆膜方式和保水剂对叶片气孔导度的影响

由图 2 可知,随着生育的推进,不同覆膜方式的马铃薯叶片气孔导度的变化趋势类似于净光合速率,也是呈先增后降的变化,即在出苗后 30 d 时达到最高,75 d 时降到最低。不同覆膜方式各时期的叶片气孔导度均高于对照,除出苗后 60 d 和 75 d PZHS 与对照差异不显著外,其它各时期均达到显著或极显著差异水平。三种覆膜方式间比较,叶片气孔导度的高低顺序均表现为 QLMC > QFM > PZHS,且除了出苗后 30 d 施用保水剂下 QFM 和 QLMC 间差异未达显著水平外,其它时期均达到显著或极显

著差异水平。未施保水剂条件下全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片气孔导度平均值分别为 0.57 、 0.47 、 $0.34 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,较 CK 分别增加 0.31 、 0.21 、 $0.09 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;施保水剂条件下,全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片气孔导度平均值分别为 0.68 、 0.60 、 $0.51 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,较 CK 分别增加 0.36 、 0.28 、 $0.19 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同种覆膜方式下,施用保水剂的叶片气孔导度除出苗后 60 d 和 75 d CK 外,均显著或极显著高于未施用的,全生育期平均值 QLMC、QFM、PZHS、CK 分别增加 18.12% 、 27.9% 、 48.14% 、 23.08% 。

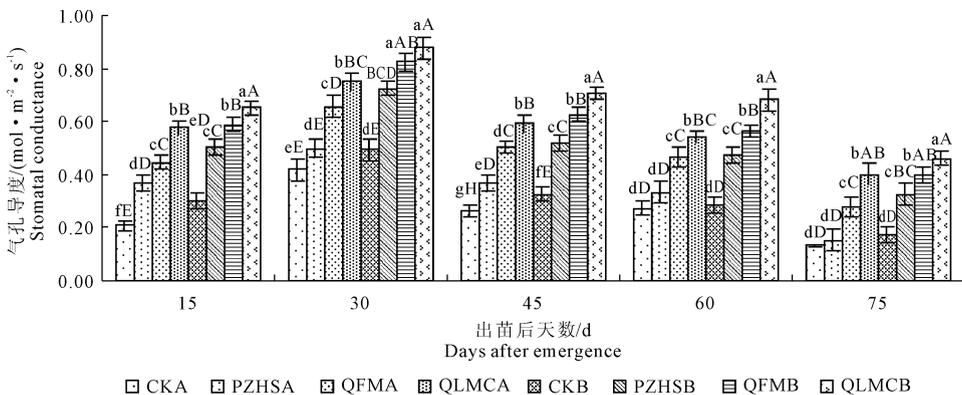


图 2 覆膜方式和保水剂对叶片气孔导度的影响

Fig. 2 Effects of film mulching patterns and water retaining agent on stomatal conductance of leaves

2.3 覆膜方式和保水剂对叶片胞间 CO₂ 浓度的影响

由图 3 可知,无论是施保水剂还是未施用保水剂条件下,随着生育的推进,不同覆膜方式的马铃薯叶片胞间 CO₂ 浓度均呈逐渐降低的变化趋势,各时期三种覆膜栽培的马铃薯叶片胞间 CO₂ 浓度均极显著低于对照。三种覆膜方式间比较,叶片胞间 CO₂ 浓度的高低顺序均表现为 PZHS > QFM > QLMC,且均达到极显著差异水平。未施保水剂条件下全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片胞间 CO₂ 浓度平均值分

别为 221.42、232.73、242.65 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$,较 CK 分别低 9.92、21.23、30.31 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$;施保水剂条件下,全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片胞间 CO₂ 浓度平均值分别为 224.54、236.17、247.37 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$,较 CK 分别降低 11.20、22.09、31.09 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。同种覆膜方式下,未施保水剂的叶片胞间 CO₂ 浓度极显著高于施用保水剂的,QLMC、QFM、PZHS、CK 未施用保水剂的叶片胞间 CO₂ 浓度较施用的分别增加 1.95%、1.08%、1.41%、1.86%。

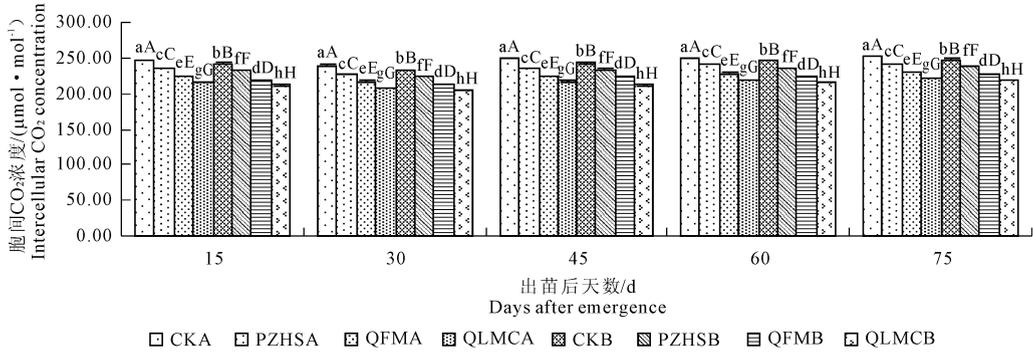


图 3 覆膜方式和保水剂对叶片胞间 CO₂ 浓度的影响

Fig.3 Effects of film mulching patterns and water retaining agent on intercellular CO₂ concentration of leaves

2.4 覆膜方式和保水剂对叶片蒸腾速率的影响

由图 4 可知,随着生育的推进,马铃薯叶片蒸腾速率与气孔导度的变化趋势一致,也是呈先增高后降低的变化。无论是施保水剂还是未施用保水剂条件下,各时期三种覆膜方式的叶片蒸腾速率均极显著高于对照。三种覆膜方式间比较,叶片蒸腾速率的高低顺序均表现为 QLMC > QFM > PZHS,且均达到显著或极显著差异水平。未施保水剂条件下全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片蒸腾速率的平均值分

别为 7.64、7.06、6.06 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,较 CK 分别增加 3.14、2.56、1.63 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;施保水剂条件下,全生育期 QLMC、QFM、PZHS 的叶片蒸腾速率的平均值分别为 8.02、7.42、6.13 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,较 CK 分别增 3.52、2.92、1.24 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同种覆膜方式下,全生育期叶片蒸腾速率的平均值施用保水剂的较未施用的高,QLMC、QFM、PZHS、CK 分别增加 4.94%、5.04%、1.14%、7.13%。

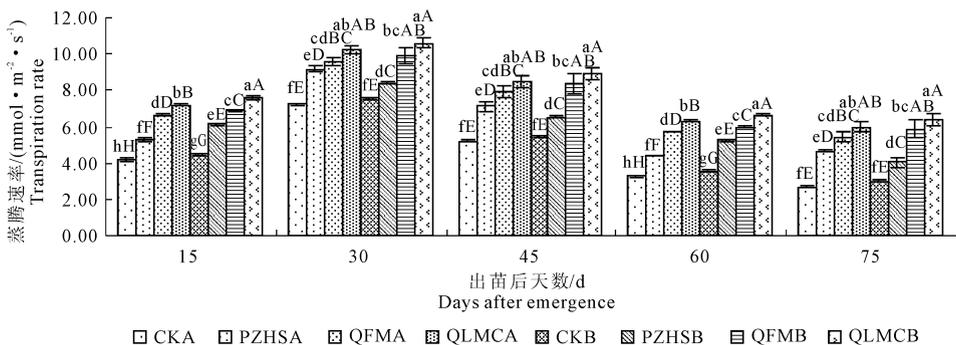


图 4 覆膜方式和保水剂对叶片蒸腾速率的影响

Fig.4 Effects of film mulching patterns and water retaining agent on transpiration rate of leaves

2.5 覆膜方式和保水剂对旱作马铃薯产量和产量构成因素的影响

由表 1 可知,无论是施保水剂还是未施用保水

剂条件下,旱作覆膜马铃薯各处理单株结薯数均高于对照不覆膜,且均表现为 QLMC > QFM > PZHS,但仅 QLMCB 与 CKA 差异达到极显著水平;同种覆膜

方式下,施用保水剂的单株结薯数均多于未施保水剂的,但差异不显著。旱作覆膜马铃薯各处理单块茎重均高于对照,且均表现为 QLMC > QFM > PZHS,未施保水剂条件下 QLMC、QFM 和 PZHS 三种覆膜方式显著高于对照,但三者间差异不显著;施用保水剂条件下,QLMC 方式的最高,显著高于对照,但与 PZHS、QFM 无显著差异。同种覆膜方式下,施用保水剂的单块茎重均高于未施保水剂的,但仅对照之间差异达到显著水平,其它处理间未达到显著差异。马铃薯单株产量各处理间的变化与单株结薯数的变化完全相同,覆膜方式处理的均大于 CK,未施保水剂条件下 QFM 和 QLMC 方式显著高于对照,但二者间差异不显著;施用保水剂条件下,QLMC 方式的最高,显著高于对照和其它两种覆膜方式,其次是 QFM 方式,也显著高于对照。同种覆膜方式下,施保水剂的单株产量高于未施保水剂的,但均未达到

显著差异水平。马铃薯商品薯重率无论是施保水剂还是未施用保水剂条件下三种覆膜方式均大于 CK,且均表现为 QLMC 最大,其次是 QFM,再次是 PZHS,但仅未施保水剂条件下的 QLMC 与 CK 差异显著,其它均未达显著差异水平。同种覆膜方式下,施保水剂的商品薯重率均高于未施保水剂的,但均未达到显著差异。未施保水剂条件下 QLMC、QFM、PZHS 三种覆膜方式马铃薯产量均高于对照,分别较对照增产 35.96%、15.99%、15.68%,其中 QLMC 与 CK 和 PZHS 间达到显著差异水平;施用保水剂条件下,QLMC、QFM、PZHS 三种覆膜方式处理产量均显著高于对照,分别较 CK 增产 48.84%、23.65%、18.59%,其中 QLMC 处理的产量也显著高于 QFM 和 PZHS 处理。同种覆膜方式下,施用保水剂马铃薯产量较未施用的高,QLMC、QFM、PZHS、CK 分别增产 7.48%、10.19%、14.57%、17.66%。

表1 覆膜方式和保水剂对旱作马铃薯产量和产量构成因素的影响

Table 1 Effect of film mulching patterns and water retaining agent on yield components of rainfed potato

处理 Treatment	单株结薯数/(个·株 ⁻¹) Tuber number per plant (No·plant ⁻¹)	单块茎重/(kg·株 ⁻¹) Single tuber weigh /(kg·plant ⁻¹)	商品薯率 Commercial potato rate of weight/%	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)
CKA	4.21bB	0.12cC	54.97cB	31998.53dCD
PZHSA	5.11abAB	0.13bBC	63.40abcAB	37014.71cdBCD
QFMA	5.25abAB	0.14bBC	64.10abcAB	37116.18bcdBCD
QLMCA	5.40abAB	0.16abAB	71.92abAB	43505.00bAB
CKB	4.28abAB	0.14bBC	59.90bcAB	34391.80dD
PZHSB	5.23abAB	0.15abAB	69.17abAB	40785.12bcBC
QFMB	5.29abAB	0.15abAB	71.05abAB	42525.00bAB
QLMCB	5.96aA	0.17aA	71.92abAB	51187.50aA

注:商品薯是指单块茎重 > 150 g 的块茎。 Note: Commercial potato refers to that with tuber weight > 150 g.

3 讨论

干旱地区作物产量低的原因之一,就是由于干旱条件下作物的光合作用降低。张文丽等^[8]的研究表明,土壤水分不足时,玉米幼苗叶片气孔关闭,以减少叶片水分的损失,降低蒸腾速率,但同时使植物吸收 CO₂ 受到限制,降低了叶片的光合速率。地膜覆盖由于改善了植株体内的水分状况,能显著改善叶片的光合特性^[9-10]。任小龙等^[11]研究表明,垄膜沟播可以显著提高作物光合效率,尤其边行的光合速率、蒸腾速率、气孔导度均极显著高于平作的。孙继颖等^[12]对大豆的研究也表明,覆膜种植大豆的叶面积指数、光合性能等显著高于不覆膜种植。杨永辉等^[13]研究表明,施用保水剂提高了冬小麦田土壤的含水量,显著提高了冬小麦各生育期的光合速率和蒸腾速率。本试验研究结果表明,三种覆膜方

式各时期及全生育期叶片平均净光合速率、蒸腾速率和气孔导度均高于对照不覆膜的,其中 QLMC 的最高,分别为 4.5、0.31、3.14 mmol·m⁻²·s⁻¹,且均显著高于对照。同种覆膜方式下施用保水剂的叶净光合速率、蒸腾速率和气孔导度均高于未施保水剂的,胞间 CO₂ 浓度则相反。由此说明,覆膜和施用保水剂均有利于促进马铃薯叶片光合作用的进行,尤以起垄覆膜膜侧播种加保水剂的效果最好。

秦舒浩等^[14]研究表明,马铃薯全膜双垄沟垄可以显著提高马铃薯产量,同时也肯定了半膜膜侧播种方式的增产效果。王颖慧等^[15]的研究结果也显示,起垄覆膜膜侧播种、全膜双垄沟垄、平作行上覆膜均具有提高马铃薯产量的显著作用。本试验再一次得出了类似的结果,即覆膜和施用保水剂均有利于提高旱作马铃薯的产量,但覆膜方式的作用更明显。

(下转第 159 页)

- of drought stress[J]. *Annals of Botany*, 2002, 89(7):833-839.
- [17] 张明生,谈 锋.水分胁迫下甘薯叶绿素 a/b 比值的变化及其与抗旱性的关系[J]. *种子*, 2001, 116(4):23-25.
- [18] 周海军,顾洪如,沈益新,等.干旱胁迫下两种钝叶草的生长和生理响应差异[J]. *江苏农业学报*, 2008, 24(6):805-809.
- [19] 陈 静,万 佳,高晓玲,等.水稻抗旱生理及抗旱相关基因的研究进展[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(2):56-60.
- [20] 李成业,熊昌明,魏仙君.中国水稻抗旱研究进展[J]. *作物研究*, 2007, 20(5):426-429.
- [21] 马余平,李道远.栽培稻抗旱性研究进展[J]. *广西农业科学*, 2007, 38(4):398-403.
- [22] 熊正英,张志勤. POD 活性与水稻抗旱性的关系[J]. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 1995, 23(4):63-66.
- [23] 田小磊,吴晓岚,李 云,等.盐胁迫条件下 γ -氨基丁酸对玉米幼苗 SOD、POD 及 CAT 活性的影响[J]. *实验生物学报*, 2005, 38(1):75-79.
- [24] 周宝利,孟兆华,李 娟,等.水分胁迫下嫁接对茄子生长及其生理生化指标的影响[J]. *生态学杂志*, 2012, 31(11):2804-2809.
- [25] 徐建欣,杨 洁,刘实忠,等.干旱胁迫对云南陆稻幼苗生理特性的影响[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(27):145-152.
- [26] 杨梅焕,姚顽强,曹明明,等.毛乌素沙地东南缘沙漠化共有种植物叶片抗氧化酶活性研究[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2012, 40(7):203-208.
- [27] Li Yan, Zhao Hongxia, Duan Baoli, et al. Effect of drought and ABA on growth, photosynthesis and antioxidant system of *Cotinus coggygia* seedlings under two different light conditions[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, 71(1):107-113.
- [28] 杨文权,寇建村,雷忠萍,等.小冠花抗氧化保护系统对干旱胁迫及复水的动态响应[J]. *草地学报*, 2013, 21(2):316-321.
- [29] 胡颂平,周清明.陆稻抗旱性研究进展[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2001, 27(3):240-244.
- [30] 陈展宇.旱稻抗旱解剖结构及其生理特性的研究[D]. 长春:吉林农业大学, 2008.
- [31] Iyer S, Caplan A. Products of proline catabolism can induce osmotically regulated genes in rice[J]. *Plant Physiology*, 1998, 116(1):203-211.
- [32] 王贺正,马 均,刘慧远.水稻抗旱性研究现状与展望[J]. *中国农学通报*, 2005, 21(1):110-113.
- [33] 姚 觉,于晓英,邱 收,等.植物抗旱机理研究进展[J]. *华北农学报*, 2007, 22(增刊):51-56.
- [34] 刘祖祺,张石城.植物抗性生理学[M]. 北京:中国农业出版社, 1994.
- [35] Fukai S, Cooper M. Development of drought resistant cultivars for rainfed lowland rice-experience from northeast Thailand and surrounding area[M]. Phnom Penh: Cambodian Agricultural Research & Development Institute, 2011, 185-194.
- [36] 余 玲,王彦荣, Garnett T, 等.紫花苜蓿不同品种对干旱胁迫的生理响应[J]. *草业学报*, 2006, 15(3):75-85.

(上接第 143 页)

与对照相比,QLMC、QFM、PZHS 三种种植方式的产量分别提高了 35.96%、15.99% 和 15.68%,与双垄全膜覆盖相比,起垄覆膜膜侧播种的产量提高 17.21%。

综合分析覆膜方式与马铃薯叶片光合特性及产量的关系,笔者认为,起垄覆膜膜侧播种可作为内蒙古阴山北麓旱作地区马铃薯覆膜种植的首选方式。此外,同种覆膜种植方式下,施用保水剂的产量和光合生理指标均高于未施保水剂的试验结果,进一步肯定了保水剂在马铃薯旱作栽培中的重要作用,值得加以推广。

参 考 文 献:

- [1] 黄占斌,山 仑.春小麦水分利用效率日变化及其生理生态基础的研究[J]. *应用生态学报*, 1997, 8(3):263-269.
- [2] 康绍忠,史文娟,胡笑涛,等.调亏灌溉对于玉米生理指标及水分利用效率的影响[J]. *农业工程学报*, 1998, 14(4):82-87.
- [3] Boyer J S. Plant productivity and environment [J]. *Science (New York)*, 1982, 218:443-448.
- [4] 高玉红,牛俊义,徐 锐,等.不同覆膜方式对玉米叶片光合、蒸腾及水分利用效率的影响[J]. *草业学报*, 2012, 21(5):178-184.
- [5] 丁瑞霞,贾志宽,韩清芳,等.宁南旱区微集水种植条件下谷子边际效应和生理特性的响应[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(3):494-501.
- [6] 桑丹丹,高聚林,王志刚,等.不同覆膜方式下超高产春玉米花粒期叶片衰老特性研究[J]. *玉米科学*, 2009, 17(5):77-81.
- [7] 杨永辉,武继承,何 方,等.保水剂用量对冬小麦光合特性及水分利用的影响[J]. *干旱地区农业研*, 2009, 27(4):131-135.
- [8] 张文丽,张 彤,吴冬秀,等.土壤逐渐干旱下玉米幼苗光合速率与蒸腾速率变化的研究[J]. *中国生态农业学报*, 2006, 14(2):72-75.
- [9] 刘庚山,郭安红,任三学,等.不同覆盖对夏玉米叶片光合和水分利用效率日变化的影响[J]. *水土保持学报*, 2004, 18(2):152-156.
- [10] 邵新庆,沈禹颖,王 堃.水土保持耕作对夏种大豆光合、蒸腾及水分利用效率的影响[J]. *草业学报*, 2005, 14(6):82-86.
- [11] 任小龙,贾志宽,陈小莉,等.半干旱区沟垄集雨对玉米光合特性及产量的影响[J]. *作物学报*, 2008, 34(5):838-845.
- [12] 孙继颖,高聚林,王志刚,等.不同覆膜方式对旱作大豆生理特性及水分利用效率的影响[J]. *大豆科学*, 2008, 27(2):251-255.
- [13] 杨永辉,吴普特,武继承,等.保水剂对冬小麦土壤水分和光合生理特征的影响[J]. *中国水土保持科学*, 2010, 8(5):36-41.
- [14] 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.
- [15] 王颖慧,蒙美莲,陈有君,等.覆膜方式对旱作马铃薯产量和土壤水分的影响[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(3):147-152.