

幼苗期遮阴对云南春作马铃薯生长和产量的影响

李彩斌,周进华,唐文军,郭华春,王婷婷,杨慧菊,张光海

(云南农业大学薯类作物研究所,云南昆明 650201)

摘要:通过2015~2016年两年的田间试验,用遮光率为70%的黑色遮阳网进行不同遮阴处理,其中2015年设置幼苗期遮阴处理(出苗后遮阴15d),2016年设置90d(全生育期)遮阴、前15d遮阴、前30d遮阴、前60d遮阴、后60d遮阴、中间30d遮阴、后30d遮阴7个处理,均以不遮阴作对照,研究幼苗期遮阴对云南春作马铃薯生长和产量的影响。结果表明,幼苗期遮阴能够促进马铃薯茎叶快速生长,其株高、节长和叶面积较对照分别增加179.03%、163.41%、61.68%,差异极显著。遮阴后,对茎的生长最有利,茎鲜重、茎叶鲜重和总生物量较对照分别增加286.23%、151.55%、136.66%,差异显著。两年的数据表明,幼苗期遮阴处理单株结薯数较对照增加11.67%~58.06%,单株产量较对照增加17.78%~41.05%,并有较高的商品薯重比率,2015年略低于对照,2016年较对照高4.34%。不同年份效果不一样,与遮阴期间天气有关。遮阴处理较不遮阴处理均会导致结薯减少,产量降低。

关键词:春作马铃薯;幼苗期;遮阴;生长指标;产量;云南省

中图分类号:S532.07 **文献标识码:**A

The effects of shading in seedling stage on growth and yield of spring potato in Yunnan Province

LI Cai-bin, ZHOU Jin-hua, TANG Wen-jun, GUO Hua-chun, WANG Ting-ting, YANG Hui-ju, ZHANG Guang-hai
(Root & Tuber Crops Research Institute, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China)

Abstract: To study the effects of shading in seedling stage on growth and yield of spring potato in Yunnan, we set up different shading treatments with black shading net of 70% shading rate in 2015~2016's field trial. In 2015, we set up shading treatment for potato seedlings (15 d shading in early growth stage). In 2016, we set up seven shading treatments as following: 90 d shading treatment (the whole growth period), 15 d shading in early growth stage, 30 d shading in early growth stage, 60 d shading in early growth stage, 60 d shading from 30 days after germination, 30 d shading from 30 days after germination and 30 d shading from 60 days after germination. No shading treatment was used as control. The experimental results indicated that shading in seedling stage can promote stem and leaf development of potato. Compared with the control group, plant height, node length and leaf area of potato increased by 179.03%, 163.41% and 61.68% respectively, after treatment, and the differences were extremely significant. Shading, was most favorable to potato stem growth, and the stem fresh weight, stem and leaf fresh weight and total biomass increased by 286.23%, 151.55% and 136.66%, respectively, compared with CK, and the differences were significant. Two years data showed that shading treatment to potato seedling increased tuber number per plant from 11.67% to 58.06% compared with CK. The tuber yield per plant was increased from 17.78% to 41.05%. And it could maintain a comparatively higher commodity-potato-weight ratio. It was slightly lower than CK in 2015, and 4.34% higher than CK in 2016, due to the weather condition in 2015 and 2016, there were different effects on the tuber number and yield in two years. However, other shading treatments led to the declined tuber numbers and yield.

Keywords: spring potato; seedling stage; shading; growth index; yield; Yunnan Province

马铃薯是云南省仅次于玉米和水稻的第三大粮食作物,同时也是重要的经济作物、饲料作物和食品工业原料,在保障粮食安全、增加农民收入和发展地方经济中具有重要作用。作为云南省主要优势作物之一,马铃薯种植遍布全省 16 个州市 128 个县^[1],2013 年总种植面积 70 万 hm^2 ,鲜薯总产量 1240 万 t,总产量位居全国第三位,占全国总产的 10.1%,仅次于四川省和甘肃省^[2]。

云南省处于低纬度高原地区,地形地貌复杂,气候的区域差异和垂直变化明显,降雨分布不均,干湿季分明。首先是季节分布不均,春旱或冬春连旱发生频繁,全年约 85% 的降雨集中在 5~10 月,11 月至次年 4 月降雨量仅占全年总降雨量的 15% 左右。其次是地域性干旱明显,滇东北和滇中等云南马铃薯主产区属于历史旱区^[3],春旱或冬春连旱频繁发生。而春作马铃薯的栽培面积和鲜薯产量分别占云南全省的 84.6% 和 85.9%^[1],其播种时间和旱季正好重合,所以干旱是造成云南春作马铃薯单产较低的重要因素。春作马铃薯播种后恰逢旱季,出苗延迟,生长中后期雨热同季,晚疫病爆发,适宜的大田生长时间短,单产低,效益差^[4]。目前,该地区春作马铃薯仍然以整薯播种,平播后起垄栽培技术为主^[5-6]。广泛使用的地膜覆盖栽培对云南春作马铃薯出苗和后期生长不利。龙瑞平等^[7]研究表明,云南春作覆膜栽培,由于 3~4 月马铃薯播种后干旱少雨,气温较高,覆膜后土壤温度很容易超过 35℃,引起种薯腐烂而出现缺塘,同时地膜覆盖保持了播种时旱地的部分水分,但降雨无法透过薄膜下渗入土壤,使地膜覆盖土壤持续干旱。最新的膜下滴灌技术虽然解决了膜下干旱的问题,但高温高湿效应加剧了烂种,缺苗更严重,减产显著。姚春光等^[5]通过对滇东北地区马铃薯生产情况调研也得出相同结论。所以,云南省春作马铃薯节水抗旱高产栽培技术的研究仍然是当下研究的重点和难点,探寻能够抑制蒸发,增加土壤墒情,促进马铃薯生长发育,又能避免地膜覆盖缺陷的新型覆盖材料和覆盖方式,成为未来研究的新方向。

我国农业遮阳网覆盖栽培始于上世纪 80 年代初期,1987 年,江苏省武进县第二塑料厂成功研制出高强度、耐老化的高质量遮阳网,因其具有遮挡强光、降高温,防暴雨、抗雹灾,抑制蒸发,保墒抗旱和减少病虫害等特点,广泛用于南方夏秋季蔬菜保护地栽培,发展迅猛,现已成为继农膜之后的又一种新型农田覆盖材料^[8]。据研究采用遮阳网覆盖,

能减少土壤水分蒸发 60% 以上^[9],增加空气湿度 10% 以上^[5],增加 0~100cm 土壤水分含量约 15%^[10],显著减少作物需水量^[11]。夏季遮阳网覆盖栽培,可显著提高番茄壮苗指数^[12],提高叶用莴苣^[13]和菜心^[14]的产量和品质,提高芒果^[15]和葡萄^[16]的叶片光合能,增加产量,改善品质;提高火龙果的外观品质和产量,降低裂果率^[17]。研究表明,马铃薯苗期用遮阳网覆盖遮光对产量影响不大,块茎形成和膨大期遮光对块茎形成有利^[18],而全生育期遮光则减产严重^[19]。

2015 年实验室发现在丽薯 6 号出苗后利用遮阳网(遮光率为 70%)覆盖遮阴 15d 能显著促进茎叶生长和增加产量。在此基础上,2016 年通过对其进行不同时期不同遮阴持续时间的栽培试验,进一步确认在幼苗期遮阴栽培对丽薯 6 号的增产作用,并明确不同时期不同遮阴持续时间对丽薯 6 号产量的影响,旨在为云南省春作马铃薯抗旱高产栽培研究提供新方向。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试品种为丽薯 6 号一级种薯,重量 50~80g;支撑木为直径 10cm、长 2.5m 的杉木;遮阳网为扁丝遮阳网,遮光率 70%。

1.2 试验地概况

试验在云南省昆明市团结镇云南农业大学薯类作物研究所试验基地进行(25°4'N,102°31'E),土壤为沙壤土,海拔 2092.4m,属于低纬度高海拔亚热带半湿性季风气候,年平均气温 13.2℃,全年无霜期 170~180d,年平均日照时数 2200h,年平均降雨量 1035mm,降雨主要集中在 5~9 月。

1.3 试验设计与方法

试验于 2015 年 4~8 月和 2016 年 4~9 月在团结乡试验基地进行。2015 年设遮阳网遮阴栽培(T)和不遮阴栽培(CK)2 个处理,2016 年设不同时期不同遮阴持续时间共 8 个处理,以不遮阴为对照(见表 1)。采用随机区组设计,每处理三次重复,单行起垄,垄上微沟种植,每重复种 20 株,株距 25cm,行距 70cm,种植密度为 57142 株· hm^{-2} ,区组间隔 50cm。试验小区长 20.3m,宽 5m,面积为 101.5 m^2 。

播种:种植前先旋耕整地,打碎耙平,按 70cm 等行距划线起垄,垄高 25~30cm,垄面平整后,在垄上开深 15~20cm,宽 10~15cm 的小沟(沟呈上宽下窄的凹槽形)。将种薯摆放到小沟内,施入复合肥

和有机肥。播种施肥后先覆盖约 5cm 厚的细土,沿微沟浇透水,待水完全下渗后再继续覆盖约 5cm 厚的细土。第二次覆土完成后使垄上微沟形成凹槽形,最后垄的标准是:垄高 30cm,垄面宽 35~40cm,大垄间沟宽 20~25cm,垄上微沟底宽 10~15cm,深 5~10cm。施肥量:2015 年,控释配方肥 $1020\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,精制有机肥为 $5190\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;2016 年控释配方肥 $2040\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,精制有机肥为 $6555\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。控释配方肥料养分含量为 $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 15 : 7 : 18$ (楚雄市威鑫农业科技有限公司生产);精制有机肥养分含量为有机质 $\geq 45\%$ (昆明市丰乐源生物科技有限公司生产)。播种、收获时间:2015 年 4 月 12 日播种,8 月 11 日收获;2016 年 4 月 14 日播种,9 月 3 日收获。

搭建遮阴棚:播种后不浇水,等待出苗。苗齐

后,植株长至约 5~10cm 高时,培土 3~5cm,不破坏微沟。按区组挖坑埋桩,固定遮阳网,遮阳网离地面高 1.7m,四周封闭。覆盖 15d 后撤除遮阳网,并进行第二次培土,培土高度约 5~10cm,将微沟填平,形成弓形垄面。遮阳网均在处理当天上午覆盖,处理结束当天下午撤除。2015 年试验表明,丽薯 6 号齐苗后大田生长时间为 90d,故 2016 年遮阴处理以 90d 为最长持续时间,具体遮阴时期和遮阴持续时间见表 1。

病虫害防治:进入雨季,晚疫病开始发生时开始进行防治,2015 年采用甲基托布津和代森锰锌交替防治,间隔 15d 叶面喷施一次;2016 年采用霜脲·锰锌、百菌清和烯酰·吗啉交替防治,间隔 7d 喷施一次。

田间管理:按当地习惯进行,两年一致。

表 1 2015~2016 年不同遮阴处理方案

Table 1 Shading treatment scheme in 2015 and 2016

年份 Year	处理 Treatment	遮阴方案 Shading treatment schemes	遮阴起止时间(月-日) Beginning and ending time(m-d)	遮阴持续时间 Shading duration/d
2015	CK	90d 均不遮光 No shading in the whole growth period	05-09~08-06	0
	T	前 15d 遮光,后 75d 不遮光 First 15 d shading in the early growth stage	05-09~05-23	15
2016	CK	90d 均不遮光 No shading in the whole growth period	06-01~08-29	0
	T1	90d 均遮光 Shading in the whole growth period	06-01~08-29	90
	T2	前 15d 遮光,后 75d 不遮光 First 15 d shading in the early growth stage	06-01~06-15	15
	T3	前 30d 遮光,后 60d 不遮光 First 30 d shading in the early growth stage	06-01~06-30	30
	T4	前 60d 遮光,后 30 天不遮光 First 60 d shading in the early growth satge	06-01~07-30	60
	T5	前 30d 不遮光,后 60d 遮光 Late 60 d shading before maturity	07-01~08-29	60
	T6	前 30d 不遮光,中间 30d 遮光,后 30d 不遮光 30 d shading from 30 d after germination	07-01~07-30	30
T7	前 60d 不遮光,后 30d 遮光 Late 30 d shading before maturity	07-31~08-29 日	30	

1.4 试验记载和测定内容

生物学性状和生物量测定:撤除遮阳网时,对对照组和处理组均随机选取长势一致的马铃薯各 5 株,统计主茎数,用游标卡尺测量最高主茎基部茎粗,用直尺测量其株高、节长,统计节数,3 次重复,再选 3 株挖出并将根部洗净,用吸水纸擦干水分。将根、茎、叶分开称鲜重,记录不同部位生物量,3 次重复。叶面积采用打孔称重法测定^[20],选取不同处理马铃薯植株倒 3 叶共 20 片,称量每个叶片鲜重 W ,用打孔器(直径 0.8cm)避开主叶脉,取 10 个小

圆片,计算每个小圆片叶面积 a ,并称鲜重,计算单个小圆片鲜重 w ,计算叶面积(cm^2)= $a/w \times W$ 。因为 2016 年马铃薯生长期间阴雨天气较为频繁,影响了生物学性状和生物量的准时测定,测定数据不能准确反映不同处理对马铃薯生长的影响,故文中仅使用了 2015 年数据。

考种:所有处理最后统一收获,收获当天,每重复随机选 10 株进行测产考种,50g 以下为小薯,50~150g 为中薯,150g 以上为大薯。

1.5 数据分析

试验用 Microsoft Excel 2007 进行数据处理,用 DPS 数据处理软件进行方差分析(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 遮阴处理对马铃薯生物学性状的影响

从 2015 年数据(表 2)可以看出,遮阴 15d 后,株高、节长和叶面积显著增加,较对照分别增加 179.03%、163.41%、61.68%。主茎节数显著增加,较对照增加了 2 个节,增幅达 23.30%,和节长共同作用,促进株高的增加,以获取更多的光照。主茎数和茎粗较对照有所增加,但差异不显著。

2.2 遮阴处理对马铃薯生物量的影响

合理的遮阳网覆盖能够促进马铃薯茎叶生长,从而使各部分生物量增加。从表 3 可以看出(2015 年数据),遮阴后对茎的生长最有利,茎鲜重、茎叶鲜重和总生物量较对照分别增加 286.23%、151.55%、136.66%,差异显著。结合表 2,株高和主茎数的增加使得茎的生物量显著增加。根鲜重和叶鲜重也有所增加,较对照分别增加 57.41% 和 58.92%,但差异不显著。

2.3 不同生长时期遮阴处理对马铃薯块茎形成及产量的影响

合理的遮阳网覆盖能够形成相对阴凉湿润的生长环境,有利于马铃薯植株生长,促进马铃薯块茎形成和膨大。从表 4 可以看出,2015~2016 年两年结果表明,马铃薯幼苗期遮阴(遮阴 15d),有利于提高单株结薯数和单株薯重。不同年份效果不同。2015 年遮阴 15d 后效果较好,单株结薯数较对照增加 58.06%,差异极显著。其中大、中薯个数减少,较对照差异不明显,但小薯个数极显著多于对照,较对照增加 96.76%,说明结薯数增加,不利于其后期

膨大。单株重较对照增加 41.05%,差异显著。块茎重分级结果与块茎大小分级一致,大薯率和中薯率较对照减少,差异不显著,而小薯率极显著增加。

2016 年马铃薯单株结薯数和块茎大小分级表明,遮阴处理对块茎形成和膨大影响不一样。只有 T2 处理结薯数增加,增幅为 11.67%,较对照差异不显著,但较其它处理差异显著或极显著。其它 6 个处理较对照均减少,差异显著或极显著,T3 处理减少不显著。遮阴处理后结薯数从大到小依次为 T2、CK、T3、T4、T6、T7、T1、T5,分别较 CK 增加 11.67%、0、14.17%、-47.50%、-50.83%、-55.83%、-70.00%、-75.00%。在结薯数差异不大的情况下,遮阴处理有助于增加大、中薯个数,减少小薯数。遮阴后仅有 T1 和 T5 处理商品薯率减少,表明出苗后 30~60d 是丽薯 6 号块茎形成和膨大的关键期,此时遮阴对块茎膨大不利。幼苗期短期遮阴处理对结薯影响不大,且能促进块茎形成。遮阴 30d 以上或生长 30d 后再遮阴均会抑制结薯,尤其是中后期遮阴对结薯影响更大。单株重、块茎重量分级结果与单株结薯数、块茎大小分级结果基本一致。遮阴处理后,各处理单株产量从大到小依次为 T2、CK、T3、T7、T6、T4、T1、T5,较对照分别增加 17.78%、0、-13.33%、-44.44%、-65.19%、-66.67%、-82.96%、-84.44%,只有 T2 处理表现增产,但较对照差异不显著,与其它处理比较则显著或极显著增产。T3 处理虽然表现减产,但较对照差异不显著,其它处理较对照减产显著或极显著。T2、T3、T7 商品薯率较高,三者之间差异不显著,与对照相比分别增加 4.34%、5.74%、8.38%,其中 T7 差异显著,T3、T4 差异不显著。其它处理商品薯率表现减少,其中 T1 与对照相比差异显著。

表 2 遮阴 15d 后对马铃薯生物学性状的影响

Table 2 Effects on potato biological characters of 15 d shading

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	主茎数 Number of main stem	茎粗 Stem diameter/mm	节数 Pitch number	节长 Internode length/cm	叶面积 Leaf area/cm ²
CK	15.83±1.97bB	2.67±0.67aA	9.02±0.46aA	10.00±0.58bA	1.23±0.10bB	12.63±0.55bB
T	44.17±4.39aA	5.67±0.88aA	9.56±0.82aA	12.33±0.33aA	3.24±0.33aA	20.42±0.26aA

注:数据表示为平均值±标准误,同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$),下同。

Note: The data is expressed as mean ± standard error. Small letters in the same column stand for significant difference among treatments at 0.05 level, with capital letters stand for significant difference at 0.01 level. The same as below.

表 3 遮阴 15d 后对马铃薯生物量的影响

Table 3 Effects on potato biomass of 15 d shading

处理 Treatment	根鲜重 Root fresh weight/g	茎鲜重 Stem fresh weight/g	叶鲜重 Leaf fresh weight/g	茎叶鲜重 Fresh weight of stem and leaf/g	总生物量 Total biomass/g
CK	13.69±0.73aA	29.62±3.25bA	43.06±4.54aA	72.68±7.76bA	86.36±7.60bA
T	21.55±5.15aA	114.4±24.95aA	68.43±13.39aA	182.83±38.07aA	204.38±40.82aA

综合以上结果,表明出苗后 30~60d 是丽薯 6 号块茎形成和膨大的关键期,此时遮阴对块茎膨大不利。而在幼苗期进行短期遮阴对其结薯数和产量无显著影响,以幼苗期遮阴 15d 处理综合表现最优,结薯数最多,单株产量最高,并能保持较高的商品薯率。遮阴 30d 以上或生长 30d 后再遮阴均会抑制结薯,尤其是中后期遮阴对结薯影响更严重。

对比 2015 年和 2016 年数据显示,马铃薯出苗后遮阴 15d 处理均能提高产量,不同年份效果有差异。2015 年,播种时土壤墒情较好,期间有过一次降雨,出苗较早。5 月 9 日进行遮阳网覆盖,5 月 23

日撤除遮阳网。覆盖期间无降雨,天气晴朗,气候干燥,直至 6 月初才有降雨。7 月初发生晚疫病,防治效果不理想,8 月初大部分已经枯萎,8 月 11 日收获。2016 年,播种时土壤墒情较差,土壤干燥,播种后无降雨,气候干燥,直至 5 月底才有降雨,马铃薯陆续出苗,6 月 1 日进行遮阳网覆盖处理,6 月 15 日揭网。出苗时间较 2015 年晚很多,覆盖期间,大部分时间处于阴雨天气,温度较低,光照较弱,空气湿度大,增产效果不明显。2016 年同样是 7 月初发生晚疫病,但防治效果较好,直到 9 月 3 日收获时,马铃薯茎叶仍未枯黄,为高产提供了保障。

表 4 2015~2016 年不同遮阴处理对马铃薯块茎及产量的影响

Table 4 Effects of different shading treatments on the tuber and yield of potato in 2015~2016

年份 Year	处理 Treatment	单株结薯数 Tuber number per plant	块茎大小分级 Tuber size classification				单株重 Tuber weight per plant/kg	块茎重量分级 Tuber weight classification			
			大薯率 Rate of large tuber/%	中薯率 Rate of medium tuber/%	商品薯率 Rate of commodity potato/%	小薯率 Rate of small tuber/%		大薯率 Rate of large tuber/%	中薯率 Rate of medium tuber/%	商品薯率 Rate of commodity potato/%	小薯率 Rate of small tuber/%
2015	CK	6.2±0.44bB	51.58±10.50aA	37.01±9.40aA	88.59±1.80aA	11.41±1.80bB	0.95±0.13bA	76.01±6.98aA	22.5±6.96aA	98.51±0.21aA	1.49±0.21bB
	T	9.8±0.40aA	43.66±2.58aA	33.90±3.94aA	77.55±1.53bB	22.45±1.53aA	1.34±0.02aA	75.51±4.61aA	20.99±4.69aA	96.49±0.08bB	3.51±0.08aA
2016	CK	12.0±1.28abA	41.71±2.04bcABC	20.13±3.36aA	61.83±1.81cdCD	38.17±1.81abAB	1.35±0.12abAB	74.60±1.43abABC	15.22±2.53bA	89.82±1.26bcdABC	10.18±1.26bcdABC
	T1	3.6±0.50deBC	35.20±10.04cC	16.55±1.91aA	51.75±8.43dD	48.25±8.43aA	0.23±0.02deD	65.30±7.65bcBC	16.18±3.05abA	81.48±4.76cC	18.52±4.76aA
	T2	13.4±1.15aA	53.12±2.22abABC	20.39±1.34aA	73.50±1.78bcABC	26.50±1.78bcBCD	1.59±0.17aA	80.70±1.84aAB	13.03±1.16bA	93.72±0.68abcAB	6.28±0.68cdeBC
	T3	10.3±0.63bA	59.04±4.55aAB	22.86±6.71aA	81.90±2.36abAB	18.10±2.36cdCD	1.17±0.08bB	81.35±4.32aAB	13.62±4.41bA	94.98±0.32abAB	5.02±0.32deBC
	T4	6.3±0.67cB	36.90±3.75bcBC	27.43±6.19aA	64.33±3.30dBCD	35.67±3.30abABC	0.45±0.02deCD	66.39±4.22bcBC	22.61±4.95abA	89.01±1.40bcdABC	10.99±1.40bcdABC
	T5	3.0±0.25cC	36.94±1.95bcBC	23.92±5.87aA	60.87±6.35cdCD	39.13±6.35abAB	0.21±0.01eD	61.72±0.97cC	21.23±3.46abA	82.94±3.67deC	17.06±3.67abA
	T6	5.9±0.52cdBC	37.40±5.13bcBC	28.83±1.23aA	66.23±4.45cBCD	33.77±4.45bABC	0.47±0.02dCD	61.91±4.26cC	25.58±2.34aA	87.49±2.06cdeBC	12.51±2.06abcAB
	T7	5.3±0.84cdeBC	63.49±8.57aA	25.75±5.90aA	89.24±3.21aA	10.76±3.21dD	0.75±0.06cC	83.87±4.57aA	13.49±3.99bA	97.35±0.68aA	2.65±0.68cC

3 讨论

云南春作马铃薯播种时间与旱季重合,受冬春连旱影响较大。3~4 月播种后,往往缺乏灌溉条件,只能等 5 月后雨季到来才能出苗,出苗后对生长有利的的时间较短,6 月以后雨水逐渐增多,雨热同季,晚疫病极易发生,往往造成产量波动大,单产较低。在马铃薯幼苗期进行遮阴处理,能够促进马铃薯茎叶生长,缩短达到最大冠层时间,并利于块茎形成。遮阴后,在雨季来临前,加速形态建成,增加光合面积,生产更多的光合物质,客观上延长了马铃薯生育期,为后期块茎膨大、获得高产奠定基础。

一般认为,遮阴后植物光敏色素感受到环境中红光和远红光比例的变化,从而引起株高增加、节间伸长、分枝减少和开花加速等一系列避阴反应^[21]。对番茄^[22]和茄子^[23]进行遮阴处理,均会引起株高的增加和节间的伸长。对黄瓜^[24]幼苗进行弱光处理,叶面积会显著增加。李彩斌等^[15]对马铃薯全生育期遮阴处理后,也显示株高增加、节间伸长,与本研究结果一致。而肖特等^[20]研究表明,在温室中马铃薯块茎形成期遮阴处理后,会降低株高、分枝数、主茎数和叶面积。同时也有研究表明遮阴处理会导致番茄根、茎、叶鲜重下降达 46%~77%^[25],也会显著降低玉米生物产量^[26],而本研究

表明短期遮阴能显著增加马铃薯茎的鲜重,对叶和根的鲜重增加不明显,这可能与不同作物和不同处理时间、遮阴时期、马铃薯品种、气候环境不同等有关。

研究表明,长期持续遮阴会导致马铃薯和甘薯产量降低。李佩华等^[18]研究表明马铃薯苗期遮光生长缓慢,对产量影响不大,块茎形成和膨大期遮光能提高结薯数、商品薯率和产量。这与本研究中马铃薯幼苗期遮阴能促进马铃薯茎叶生长,提高单株结薯数和产量,生长中后期遮阴导致单株结薯数减少和单株产量下降的结果不一致,这有3个原因:一是因为试验地气候条件不一样,李佩华^[18]试验中块茎形成和膨大期正处于高温强日照时段,此时遮阴能有效降低高温强日照对马铃薯的生长抑制,从而实现增产,本试验中块茎形成和膨大期正处于阴雨天气,气温和光照对马铃薯的生长不会造成胁迫,此时再遮阴必然会导致减产;二是因为试验马铃薯品种不一样,不同马铃薯品种的弱光耐受性是不一样的,本研究选用弱光耐受性较差的品种“丽薯6号”^[19],利用其对光照反应敏感的特点,在幼苗期进行遮光,在干旱的不利环境中创造相对适宜的阴凉湿润环境,促进其茎叶快速生长,打破干旱对马铃薯植株生长的限制^[28-29]并在雨季来临前或封垄前撤除遮阳网,不至于徒长,引起倒伏,为后期茎叶营养物质向块茎中运输创造物质基础,以获得高产;三是因为遮光持续时间不一样。李佩华试验中苗期遮阴长达46d,本试验表明遮阴超过30d就会造成产量下降。本实验室前期研究表明丽薯6号结薯较迟,出苗后45d才形成块茎,故30d以前进行短期遮阴,在促进茎叶生长的同时不会对块茎形成和膨大造成不利影响,30d后撤除遮阳网,繁茂的茎叶能制造更多的光合产物,并向块茎中运输,从而获得高产。本研究对不同年份马铃薯幼苗期遮阴对马铃薯生长及产量的影响研究表明在天气晴朗、气候干燥、气温较高的年份效果明显,而在雨水充足、光照较少、气温相对较低的年份效果不明显,这与孙秀丽^[30]、汪波^[9]和李式军^[31]等人在其它作物上的研究一致。

云南马铃薯地膜覆盖栽培因为缺塘率高、后期干旱胁迫等问题在推广中受到限制^[5,7]。遮阳网作为继农膜之后的又一种新型农田覆盖材料,具有遮光降温,抑制蒸发,保墒抗旱和减少病虫害等特点,广泛用于南方夏秋季蔬菜保护地栽培^[8],但应用在马铃薯抗旱栽培方面的研究少有报道。本文通过2015~2016年两年的试验表明,在马铃薯幼苗

期遮阴处理能够促进茎叶生长,增加马铃薯产量,特别是在干旱年份效果更明显。遮阳网覆盖栽培获得高产的关键是促进马铃薯提早出苗,并控制遮阴持续时间,这样才能在干旱季节促进马铃薯茎叶生长,客观上延长马铃薯大田生长时间,达到避病高产的目的。

4 结 论

本文通过2015~2016年两年的试验表明,马铃薯幼苗期遮阴15d处理能够促进茎叶生长,其株高、节长和叶面积较对照分别增加179.03%、163.41%、61.68%,差异极显著。遮阴对茎的生长最有利,茎鲜重、茎叶鲜重和总生物量较对照分别增加286.23%、151.55%、136.66%,差异显著。幼苗期遮阴处理能增加单株产量17.78%~41.05%,并有较高的商品薯率。不同年份增产效果不一样,其效果与遮阴期间气候条件有关。2015年(无降雨,气候干燥)效果较好,马铃薯单株结薯数较对照增加58.06%,差异极显著;单株产量较对照增加41.05%,差异显著。2016年(降雨较多,气候湿润),效果不如2015年,但单株结薯数和产量较对照仍分别增加11.67%和17.78%。出苗后遮阴30d以内对结薯数和产量影响不大,以遮阴15d综合表现最优,结薯数最多,单株产量最高,并能保持较高的商品薯率;遮阴30d以上或生长30d后再遮阴均会抑制结薯,影响产量,尤其是中后期遮阴影响更严重。本研究对指导马铃薯与其它作物间套复种在品种选择和种植时间的把握上也具有重要的指导意义。

参 考 文 献:

- [1] 桑月秋,杨琼芬,刘彦和,等. 云南省马铃薯种植区域分布和周年生产[J]. 西南农业学报, 2014, 27(3): 1003-1008.
- [2] 郭华春. 国家主粮化战略下的云南马铃薯产业发展思考[C]//屈冬玉,陈伊里. 2016年中国马铃薯大会论文集,哈尔滨:哈尔滨地图出版社, 2016: 20-22.
- [3] 马显莹,白树明,黄英. 浅析云南干旱特征及抗旱对策[J]. 中国农村水利水电, 2012(5): 101-104, 108.
- [5] 姚春光,张磊,隋启君. 滇东北春马铃薯产业情况调研与分析[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(6): 374-377.
- [6] 王绍林,和平根,张凤文,等. 马铃薯平播后起垄栽培技术[J]. 云南农业科技, 2015(5): 30-31.
- [7] 龙瑞平,肖继坪,郭华春,等. 覆膜滴灌栽培对云南春作马铃薯生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 54-57.
- [8] 张真和,李建伟. 遮阳网覆盖栽培技术的开发与推广[J]. 中国蔬菜, 1992, 1(3): 38-40.
- [9] 汪波,刘建,李波,等. 夏季遮阳网覆盖对塑料薄膜大棚小气候的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 479-483.

- [10] 白岗栓,杜社妮,雒聪,等.仁用杏早春遮阴对开花坐果的影响[J].园艺学报,2005,32(6):985-989.
- [11] Möller M, Tanny J, Cohen S, et al. Water consumption of pepper grown in an insect proof screenhouse [J]. Acta Horticulturae, 2004, 659:569-575.
- [12] 刘玉梅,白龙强,慕英,等.新型白色遮阳网对番茄育苗环境及幼苗生长的影响[J].中国蔬菜,2016(10):44-51.
- [13] Stagnari F, Galieni A, Pisante M. Shading and nitrogen management affect quality, safety and yield of greenhouse-grown leaf lettuce [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 192:70-79.
- [14] 陈丽娜,陈石,龙卫平,等.遮阳网覆盖对夏季屋顶菜心生长及栽培基质温湿度度的影响[J].热带作物学报,2016,37(6):1098-1101.
- [15] Jutamane K, Onnom S. Improving photosynthetic performance and some fruit quality traits in mango trees by shading [J]. Photosynthetica, 2016, 1(1):1-9.
- [16] Dinis L T, Ferreira H, Pinto G, et al. Kaolin-based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation [J]. Photosynthetica, 2016, 54(1):47-55.
- [17] Chang P T, Hsieh C C, Jiang Y L. Responses of 'Shih Huo Chuan' pitaya (*Hylocereus polyrhizus*, (Weber) Britt. & Rose) to different degrees of shading nets [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 198:154-162.
- [18] 李佩华,彭徐.马铃薯遮光处理的效应研究[J].中国农学通报,2007,23(4):220-227.
- [19] 李彩斌,郭华春.遮光处理对马铃薯生长的影响[J].西南农业学报,2015,28(5):1932-1935.
- [4] 隋启君,包丽仙,白建明,等.2012年云南省马铃薯产业发展状况分析[C]//屈冬玉,陈伊里.2013年中国马铃薯大会论文集.哈尔滨:哈尔滨地图出版社.2013:96-101.
- [20] 肖特,马艳红,于肖夏,等.温光处理对不同马铃薯品种块茎形成发育影响的研究[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2011,32(4):110-115.
- [21] 杜彦修,季新,张静,等.弱光对水稻生长发育影响研究进展[J].中国生态农业学报,2013,21(11):1307-1317.
- [22] 王丽娟,张平,顾青海,等.减光条件下番茄生态生理变化研究[J].天津农业科学,2002,8(1):18-22.
- [23] 吴雪霞,查丁石.遮阴对茄子幼苗生长和光合特性的影响[J].华北农学报,2002,25(3):102-107.
- [24] 陈青君,张福墁,王永健,等.黄瓜对低温弱光反应的生理特征研究[J].中国农业科学,2003,36(1):77-81.
- [25] 鲁福成,王明启,张仲国,等.弱光对番茄苗期生长发育影响的研究[J].天津农学报,2001,8(3):24-27.
- [26] 张吉旺,董树亭,王空军,等.大田遮阴对夏玉米淀粉合成关键酶活性的影响[J].作物学报,2008,34(8):1470-1474.
- [27] Wang Qinmei, Hou Fuyun, Dong Shunxu, et al. Effects of shading on the photosynthetic capacity, endogenous hormones and root yield in purple-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas*, (L.) Lam) [J]. Plant Growth Regulation, 2014, 72(2):113-122.
- [28] 赵婷婷,郑顺林,万年鑫,等.早期施氮对马铃薯苗期抗旱能力的影响[J].干旱区资源与环境,2016,30(5):185-190.
- [29] 王燕,杨克俭,龚学臣,等.全国主栽马铃薯品种的抗旱性评价[J].种子,2016,35(9):82-85.
- [30] 孙秀丽,张玉霞,张凤丽.遮阳网在蔬菜栽培上的应用效果分析[J].北方园艺,2003(3):22-23.
- [31] 李式军,凌丽娟,姚禾芬,等.遮阳网性能与夏白菜的覆盖栽培技术研究[J].农业工程学报,1995,11(4):111-116.

(上接第 92 页)

- [20] 乔海军,黄高宝,冯福学,等.生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,10(5):71-75.
- [21] Mahmoudpour M, Stapleton J. Influence of sprayable mulch colour on yield of eggplant (*Solanum melongena* L. cv. Millionaire) [J]. Scientia Horticulturae, 1997, 70(4):331-338. [22] 李荣,侯贤清,樊小勇,等.不同覆盖材料对土壤性状及玉米前期生长的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2015,41(3):331-339.
- [23] 王敏,王海霞,韩清芳,等.不同材料覆盖的土壤水温效应及对玉米生长的影响[J].作物学报,2011,37(7):1249-1258.
- [24] 白丽婷,海江波,韩清芳,等.不同地膜覆盖对渭北旱塬冬小麦生长及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):135-139,162.
- [25] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜对土壤、温度、水分及玉米生长发育的影响[J].农业工程学报,2011,27(6):25-30.
- [26] 易永健,许香春,王朝云,等.麻地膜覆盖栽培对土壤生态环境的影响[J].中国麻业科学,2010,32(5):252-257.
- [27] 高亚军,李生秀.旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J].农业工程学报,2005,21(7):15-19.
- [28] 高飞,贾志宽,韩清芳,等.秸秆覆盖量对土壤水分利用及春玉米产量的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):104-112.
- [29] 张春艳,杨新民.液态地膜对玉米生长及产量的影响[J].青岛农业大学学报,2008,25(3):227-230.
- [30] 赵爱琴,李子忠,龚元石.生物降解地膜对玉米生长的影响及其田间降解状况[J].中国农业大学学报,2005,10(2):74-78.
- [31] 战勇,魏建军,杨相昆,等.可降解地膜的性能及在北疆棉田上的应用[J].西北农业学报,2010,19(7):202-206.
- [32] 胡宏亮,韩之刚,张国平.生物降解地膜对玉米的生物学效应及其降解特性[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2015,41(2):179-188.
- [33] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长的影响[J].农业工程学报,2012,28(4):111-116.