

遮光处理对马铃薯农艺性状和产量的影响

秦玉芝^{1,2,3}, 覃丽¹, 何长征^{1,2}, 潘妃¹, 谢洁¹, 陈慧¹, 罗江龙¹, 丁旭¹, 熊兴耀^{1,2,4*}

(1.湖南农业大学园艺园林学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省马铃薯工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128;
3.南方粮油作物协同创新中心, 湖南 长沙 410128; 4.中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要:以3个常规马铃薯栽培品种费乌瑞它、紫玉、冀张薯12号为材料,进行非全程45%遮光、全程45%遮光、非全程70%遮光、全程70%遮光处理,比较分析马铃薯的植株生长势、产量及其构成性状受光照的影响效果。结果表明:马铃薯植株生长、产量及其构成性状等都呈现出对照、非全程45%遮光、全程45%遮光、非全程70%遮光、全程70%遮光依次递减的变化趋势;遮光条件下马铃薯株高显著增加,但费乌瑞它的株高随遮光程度增加变化不大;紫玉的主茎数对光照不敏感,费乌瑞它和冀张薯12的主茎数随光照强度的减弱而减少;冀张薯12植株的干物质量受遮光影响最大;马铃薯单株薯质量和商品薯质量受遮光影响最大,单薯质量受遮光影响最小,非全程45%遮光处理只对费乌瑞它和紫玉单株薯质量产生显著影响,相同条件下冀张薯12的商品薯质量也显著下降;全程45%遮光处理下紫玉、费乌瑞它的单株块茎数,费乌瑞它、紫玉、冀张薯12的单株薯质量和紫玉的商品薯重都显著降低,遮光程度达到70%时(非全程、全程)所有结薯性状因子都显著下降;费乌瑞它在遮光为45%条件下减产41.6%~44.5%,非全程70%遮光下减产67.8%,而全程遮光条件下的减产86.6%,全程遮光和非全程遮光之间差异不明显;冀张薯12和紫玉在非全程45%遮光下减产都在30%以内,冀张薯12在全程45%遮光条件下减产57.4%,紫玉减产41.1%,全程70%遮光下冀张薯12减产达87.5%,紫玉减产78.8%。综合试验结果,费乌瑞它和紫玉前期耐弱光,产量构成性状受光照影响较小,生育期短,较适宜中国南方冬作栽培。

关 键 词:马铃薯;遮光处理;农艺性状;产量构成性状

中图分类号:S532.1

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2017)01-0001-06

Effect of shading treatment on the agronomic traits and yield of potato(*Solanum tuberosum* L.)

QIN Yuzhi^{1,2,3}, QIN Li¹, HE Changzheng^{1,2}, PAN Fei¹, XIE Jie¹, CHEN Hui¹, LUO Jianglong¹, DING Xu¹, XIONG Xingyao^{1,2,4*}

(1.College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Hunan Provincial Engineering Research Center for Potatoes, Changsha 410128, China; 3.Southern Regional Collaborative Innovation Center for Grain and Oil Crops in China, Changsha 410128, China; 4.Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: In this field experiment, three potato varieties of Favorita, Ziyu and Jizhangshu-12 were used as material, five light treatments (45% shading in certain growth stage, 45% shading in the whole growth stage, 70% shading in certain growth stage, 70% shading in the whole growth stage, no shading as control) were conducted to study the effects of different light treatments on growth dynamic, yield and its components of potato varieties by measuring plant height, dry matter, the content of starch in tuber, tuber numbers per plant, tuber yield and other main agronomic traits. The results showed that the change trend of the agronomic traits was: the control was the best, 45% shading treatments were better than 70% shading treatments, shading in certain growth stage were better than shading in whole growing period. The plant heights of potato varieties were significant different between the shading treatments and the control except Favorita. The main stem numbers decreased with the shading increase except Ziyu. The dry weight of Jizhangshu-12 declined

more severely than those of Favorita and Ziyu potatoes. 45% shading treating before tuber rapid expansion stage had significant effects on the tuber weight per plant of Favorita and Ziyu varieties and significantly decreased the commodity potato weight per plant of Jizhangshu-12. The tuber numbers per plant of Favorita and Ziyu, tuber weight of three varieties and commodity potato weight of Ziyu decreased significantly under 45% shading treated in whole growing period. The all characters of tuberization were significantly reduced under 70% shading treatments regardless of the shading stage. The yields of Favorita decreased by 41.6%–44.5% with both 45% shading treatments and there was not significant difference between the two treatments. 67.8% and 86.6% decreased with 70% shading treated in certain growth stages and whole growth stage, respectively. The yields of Jizhangshu-12 and Ziyu reduced less than 30% under 45% shading treated in certain stage, decreased by 57.4% (Jizhangshu-12) and 41.1% (Ziyu) with 45% shading treated in whole growing period, and decreased by 87.5% (Jizhangshu-12) and 78.8% (Ziyu) with 70% shading treatment in whole growing stages. In conclusion, Favorita and Ziyu, the varieties of early-maturing, of which yield and its components were less affected by light intensity, can adapt more readily to the cultivation environment of weak light and high humidity in southern winter.

Keywords: potato; shading treatment; agronomic characters; yield traits

光照是马铃薯光合生长不可或缺的环境因子。10~12℃为马铃薯幼芽的适宜生长温度^[1]。国家农业部已将南方冬作区确定为马铃薯发展的重点区域。在南方冬作区利用冬闲田进行马铃薯生产时,一般根据市场和水稻种植情况在12月中下旬播种,于翌年4—5月收获,期间经历了全年气温最低、光照最弱的季节。马铃薯生长旺盛期为2—3月,期间的气温多迂回变化,频发“倒春寒”,且阴雨连绵,光照严重不足^[2]。在低温、弱光情况下,马铃薯光合强度低,光合产物积累少,产量与品质受到严重影响,低温、弱光是限制南方冬作区马铃薯种植的关键因素;因此,研究弱光逆境对马铃薯生长和淀粉合成的影响,可以为间(套)作和南方冬作区马铃薯适栽品种的引种与选育提供参考与借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

马铃薯栽培种:费乌瑞它、紫玉和冀张薯12号。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

供试材料于2016年1月7日播种,地膜覆盖栽培。采用随机区组排列。马铃薯开始出苗后,人为划破地膜引导幼苗出膜。采用不同透光率的遮阳网进行遮盖处理。每个品种设置5种处理:I. 对照(不遮盖);II. 非全程45%遮光;III. 全程45%遮光;IV. 非全程70%遮光;V. 全程70%遮光。考虑到马铃薯冬作区阴雨天气主要出现在4月之前,非全程遮光处理统一在3月24日揭盖;全程遮光处

理在马铃薯成熟收获时揭盖。重复3次。小区面积20 m²。株行距20 cm×40 cm。

1.2.2 测定项目与方法

在马铃薯的苗期、块茎形成期和收获期各小区取样3株,分别观测以下项目。

株高为样本从土壤表面到主茎顶端的高度,用卷尺测量。茎粗为样本最粗茎的直径,用电子游标卡尺测量。主茎数为样本从地下直接生长出来的茎数。匍匐茎数为样本匍匐茎的数量。

叶片SPAD值用叶绿素仪测量。测量时以每个植株自上而下展开的第3片叶为测量点。

将每株样本按地下部、茎、叶分开,烘干,测各部位的干物质质量。按小区收获,称重,测小区产量。收获时调查单株块茎数,取样称单株薯质量。单薯质量为单株薯质量除以单株块茎数。收获时块茎按大小分级后称重,计算商品薯率。对鲜薯食用型品种而言,单薯质量50 g的为商品薯;对薯条加工型品种而言,单薯质量150 g的为商品薯;对薯片加工型品种而言,单薯直径4~10 cm的为商品薯。

淀粉含量用蒽酮法测定^[3]。

1.3 数据分析

运用Excel 2007软件处理数据和绘图;采用SPSS 17.0软件的Duncan法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 遮光处理对马铃薯植株生长势的影响

与对照相比,遮光处理下马铃薯的植株都有不同程度增高,块茎形成期之后增强光照(揭盖)可以

有效减弱植株的进一步徒长；不同遮光处理下茎粗的变化情况与株高相反，其中费乌瑞它和冀张薯12的茎粗表现为前期受光照影响较大，紫玉的茎粗则表现为后期受光照影响较大(表1)。随着遮光程度的加大，马铃薯匍匐茎形成减弱；块茎形成之后增加光照，可在一定程度上促进匍匐茎先端的进一步膨大，对冀张薯12匍匐茎数的影响最为明显；后期改变光照对紫玉、费乌瑞它的匍匐茎数基本没影响。随光照强度的减弱，马铃薯主茎数减少，不同品种间也存在差异，其中冀张薯12 和费乌瑞它受影响较大，紫玉主茎数对光照强度不敏感(表2)。

表1 各处理马铃薯植株在不同生长期的株高和茎粗

Table 1 Plant height and stem diameter of selected potatoes under each stages of different treatment							
品种	处理	株高/cm			茎粗/mm		
		苗期	块茎形成期	收获期	苗期	块茎形成期	收获期
冀张薯 12	I	26.44b	46.66	61.66b	7.06	8.27a	9.44a
	II	30.77ab	49.99	69.99b	5.46	6.44b	9.62a
	III	30.77ab	49.99	79.88ab	5.46	6.44b	9.02a
	IV	35.00a	52.83	70.16b	5.44	5.75b	8.17ab
	V	35.00a	52.83	98.16a	5.44	5.75b	6.75b
紫玉	I	26.33b	35.11c	41.40cb	5.91	5.67a	7.90a
	II	30.77b	43.77b	56.66ab	5.81	5.07ab	7.41ab
	III	30.77b	43.77b	67.99a	5.81	5.07ab	6.63ab
	IV	35.83a	51.16a	61.16a	5.54	4.30b	6.77ab
	V	35.83a	51.16a	72.16a	5.54	4.30b	5.58b
费乌瑞它	I	34.33b	38.99	36.66b	10.15a	9.73a	11.36a
	II	42.96a	43.11	46.33a	8.71ab	8.63ab	10.39ab
	III	42.96a	43.11	48.88a	8.71ab	8.63ab	9.98bc
	IV	41.16a	44.33	47.49a	7.61b	7.60b	9.92bc
	V	41.16a	44.33	50.33a	7.61b	7.60b	8.89c

同列不同字母表示同一品种各处理间在0.05水平上差异显著。

表2 各处理马铃薯不同生长期植株茎的发生情况

Table 2 Stem formation of potatoes under each stages of different treatment							
品种	处理	主茎数/条			匍匐茎数/条		
		苗期	块茎形成期	收获期	苗期	块茎形成期	收获期
冀张薯 12	I	2.44a	1.77a	1.88a	14.11a	13.99a	10.88a
	II	1.77ab	1.77ab	1.33ab	10.21b	10.88b	9.10ab
	III	1.77ab	1.77ab	1.55ab	10.21b	10.88b	6.88bc
	IV	1.00b	1.16b	1.33ab	5.00c	8.33c	6.83bc
	V	1.00b	1.16b	1.00b	5.00c	8.33c	3.66c
紫玉	I	3.88	2.44a	2.44	24.99a	16.33	10.66a
	II	2.77	1.88ab	2.22	16.44b	13.99	7.10b
	III	2.77	1.88ab	1.99	16.44b	13.99	7.88b
	IV	2.16	1.49b	2.50	12.49b	12.49	8.66b
	V	2.16	1.49b	1.33	12.49b	12.49	5.66c
费乌瑞它	I	2.66a	2.44a	2.99a	15.77a	13.11a	10.44a
	II	2.22ab	1.99ab	1.88b	10.33b	10.32b	8.44ab
	III	2.22ab	1.99ab	2.33ab	10.33b	10.32b	7.77bc
	IV	1.83b	1.49b	2.83ab	7.33b	5.83c	7.49bc
	V	1.83b	1.49b	2.00ab	7.33b	5.83c	5.33c

同列不同字母表示同一品种各处理间在0.05水平上差异显著。

表3表明,各品种不同处理在同一时期的叶片、地上茎和地下块茎的干物质质量都随着遮光程度的增加和遮光时间的延长而减少,其中地下块茎在同一品种,不同处理间差异最大,其次是叶片。后期增加光照有利于植株干物质的积累,

其中地下块茎的干物质质量增加最明显,其次是叶片。苗期和块茎形成期,冀张薯12受遮光影响最大,费乌瑞它最小;收获期,冀张薯12受遮光影响最大,紫玉最小。

表3 各处理马铃薯植株不同时期不同部位的干物质质量

Table 3 Plant dry matter from different parts of potatoes under different periods g										
品种	处理	叶片干物质质量			地上茎干物质质量			地下块茎干物质质量		
		苗期	块茎形成期	收获期	苗期	块茎形成期	收获期	苗期	块茎形成期	收获期
冀张薯 12	I	7.71a	17.08a	24.47a	2.23a	5.87a	20.76a	1.30a	22.85a	94.92a
	II	4.26b	9.34b	12.42b	1.15b	3.27b	11.63b	0.43b	3.76b	29.69b
	III	4.10b	9.34b	9.89cd	1.08b	3.27b	10.52b	0.42b	3.76b	24.78b
	IV	1.95c	3.09c	9.04bc	0.66b	1.34c	11.85b	0.20b	0.27b	26.43b
	V	1.94c	3.09c	4.25d	0.63b	1.34c	3.25c	0.19b	0.27b	16.24c
紫玉	I	7.37a	12.24a	6.64ab	2.36a	3.90a	3.31ab	2.16a	24.87a	52.71a
	II	4.38b	8.74a	7.68a	1.45a	2.51b	5.51a	0.65b	7.63b	35.25b
	III	4.20b	8.74a	5.60ab	1.40a	2.51b	3.47ab	0.61b	7.63b	29.87bc
	IV	2.01c	3.39b	5.11b	2.05a	1.36c	2.98b	0.19b	1.78b	22.99c
	V	2.18c	3.39b	2.61b	2.00a	1.36c	1.92b	0.18b	1.78b	10.80d
费乌瑞它	I	12.59a	15.81a	7.09a	3.69a	5.40a	5.87a	4.11a	32.15a	75.41a
	II	8.52b	10.05b	7.50a	2.47a	4.23a	4.26ab	1.31b	10.53b	51.96b
	III	8.45b	10.05b	4.97b	2.47a	4.23a	3.13b	1.31b	10.53b	33.99bc
	IV	4.95c	6.00c	3.74b	2.09a	2.36b	2.79b	0.53b	4.43b	19.43c
	V	4.87c	6.00c	1.93c	2.09	2.36b	2.38b	0.53b	4.43b	11.08d

同列不同字母表示同一品种各处理间在0.05水平上差异显著。

不同遮光处理下,冀张薯12和紫玉叶片的SPAD值下降,但差异不显著。前期45%遮光处理能促进费乌瑞它叶片的SPAD值增加;70%遮光处理下费乌瑞它叶片的SPAD值与对照相近。在70%遮光条件下,随着遮光时间的延长,块茎形成期的冀张薯12和费乌瑞它叶片的SPAD值与对照和45%遮光条件相比显著降低。收获期,以紫玉叶片的SPAD值变化最突出,45%遮光处理下全程遮光和非全程遮光的叶片SPAD值分别为对照的75%和88%,而70%遮光处理下的全程遮光和非全程遮光分别为对照的70%和86%,不同遮光处理之间差异显著。而冀张薯12的SPAD值在同一遮光处理(全程和非全程)下差异不显著,最大遮光程度下的叶片SPAD值与对照相比减少了11%,费乌瑞它介于冀张薯12和紫玉之间。相同处理下,冀张薯12号和紫玉叶片的SPAD值高于费乌瑞它(表4)。

表4 各处理马铃薯叶片的SPAD值

Table 4 The SPAD value comparison of potatoes under different treatments

品种	处理	叶片 SPAD 值		
		苗期	块茎形成期	收获期
冀张薯 12	I	40.83	44.20a	41.16a
	II	40.20	43.50a	39.13ab
	III	39.75	43.00a	37.60ab
	IV	35.00	35.85b	38.60ab
	V	35.50	36.01b	36.55b
紫玉	I	42.16	40.26	43.43a
	II	39.76	40.56	38.53ab
	III	40.06	40.56	32.46c
	IV	41.05	35.70	37.40a
	V	40.35	36.15	30.30c
费乌瑞它	I	33.90b	34.56a	30.56a
	II	38.26a	35.46a	28.33ab
	III	37.84a	36.10a	27.83abc
	IV	32.13b	31.20b	26.60bc
	V	31.30b	30.20b	24.15c

同列不同字母表示同一品种各处理间在0.05水平上差异显著。

2.2 遮光处理对马铃薯生产性能的影响

收获期，各处理生产性能指标都随遮光程度增加呈减小趋势(表5)。45%遮光处理下(全程和非全程)冀张薯12的单株薯质量和商品薯质量受到影响较大,显著低于对照。非全程45%遮光处理只对费乌瑞

它和紫玉单株薯质量产生显著影响 ,全程45%遮光处理对单株块茎数、单株薯质量和商品薯质量有显著影响，70%遮光处理(非全程、全程)显著影响单株块茎数、单株薯质量、商品薯质量和商品薯率，同一遮光的全程和非全程处理间差异不显著。

表5 各处理马铃薯的结薯性能

Table 5 Tuberization comparison of potatoes under different treatments						
品种	处理	单株块茎数	单株薯质量/kg	单薯质量/kg	商品薯重/kg	商品薯率/%
冀张薯 12	I	18.20a	0.56a	0.035a	0.40a	72.10a
	II	9.70ab	0.25b	0.026ab	0.15b	58.39ab
	III	6.20abc	0.16bc	0.027ab	0.10bc	63.20ab
	IV	8.30b	0.15bc	0.018b	0.07bc	44.50b
	V	4.40bc	0.05c	0.012b	0.005c	10.00c
紫玉	I	12.93a	0.39a	0.032a	0.26a	64.92a
	II	12.20ab	0.23b	0.019ab	0.15ab	62.64a
	III	9.53bc	0.17bc	0.017ab	0.05b	27.60b
	IV	11.10abc	0.14bc	0.013b	0.02b	16.99b
	V	7.80c	0.07c	0.009b	0.01b	13.76b
费乌瑞它	I	9.60a	0.52a	0.058a	0.42a	79.83a
	II	7.40ab	0.33b	0.035a	0.27ab	80.49a
	III	5.80bc	0.25bc	0.044a	0.19bc	75.04a
	IV	6.60bc	0.15c	0.022b	0.07c	46.68b
	V	4.00c	0.09c	0.024b	0.03c	35.29b

同列不同字母表示同一品种各处理间在0.05水平上差异显著。

2.3 遮光处理对马铃薯产量和块茎淀粉含量的影响

遮光处理影响3种供试马铃薯的产量(表6)。同一品种各处理的产量均呈现对照、非全程45%遮光、全程45%遮光、非全程70%遮光、全程70%遮光依次递减的趋势。

表6 各处理马铃薯的产量及块茎淀粉含量

Table 6 Yield and starch content comparison of potatoes under different treatments				
品种	处理	淀粉含量/%	产量/ (kg·(666.7 m ²) ⁻¹)	比对照 减产/%
冀张薯 12	I	14.62a	1 095.61a	
	II	11.93b	804.48a	26.6
	III	10.04bc	422.24bc	57.4
	IV	10.92bc	466.69b	61.5
	V	9.16c	136.67c	87.5
紫玉	I	13.47a	1 177.84a	
	II	11.95a	824.48b	29.9
	III	9.80b	693.37bc	41.1
	IV	9.99b	506.69cd	56.9
	V	8.79b	250.01d	78.8
费乌瑞它	I	14.85a	1 564.52a	
	II	14.51a	913.37b	41.6
	III	11.52c	868.93b	44.5
	IV	13.12b	503.36c	67.8
	V	9.93d	210.01d	86.6

不同字母表示同一品种各处理间在0.05水平上差异显著。

在45%遮光处理下，费乌瑞它的产量比对照减少700 ~ 800 kg/(666.7 m²)，减产41.6% ~ 44.5%。全程70%遮光处理下的产量锐减至对照产量的1/7，减产86.6%；非全程遮光下的产量比对照减少1 060 kg/(666.7 m²)，减产67.8%。与对照相比，冀张薯12和紫玉在非全程45%遮光下减产都少于30%；冀张薯12在全程45%遮光条件下减产57.4%，紫玉减产41.1%。全程70%遮光下冀张薯12实际产量仅为136.7 kg/(666.7 m²)，减产87.5%，而紫玉实际产量为250 kg/(666.7 m²)，减产78.8%。

遮光处理影响马铃薯块茎淀粉含量的积累。在非全程45%遮光下，费乌瑞它和紫玉的块茎淀粉含量与对照比较差异无统计学意义。相同条件下冀张薯12的淀粉含量显著低于对照；除非全程45%遮光处理外，其他处理紫玉的淀粉含量都显著低于对照，费乌瑞它各遮光处理间都存在显著差异。冀张薯12除70%全程遮光处理外，其他处理之间的差异无统计学意义。

3 结论与讨论

许多研究表明，植物不同器官在形态发生方面对光的敏感性不同，植株在弱光胁迫下会进行形态

重塑,以捕获更多的光能来维持正常生长。植物具有主动适应其生长环境光照条件的能力,并且不同基因型对弱光的适应性差异显著^[2,4-9]。本研究结果表明,遮光使马铃薯植株的茎粗减小,株高增加,主茎数减少。这与秦玉芝等^[10]、李彩斌等^[11]的研究结果一致。不同遮光处理对冀张薯12苗期和紫玉块茎形成期的植株生长影响最大,对费乌瑞它苗期及块茎形成期、冀张薯12的块茎形成期植株生长的影响不明显。收获期植株已基本完成生长发育,不受遮光处理影响。由此可见,不同品种对光照最敏感的生长发育期不同。不同品种叶片SPAD值对遮光处理反应存在差异,全程45%遮光条件下,从苗期到块茎形成期叶片SPAD值有一个增加的过程,收获期SPAD值下降,并低于对照。70%遮光条件下,3个品种叶片的SPAD值显著低于对照。这与刘钟等^[12]的研究结果一致。

遮光处理对供试马铃薯在3个时期的匍匐茎的形成都产生显著影响。单株结薯数、单株薯质量、商品薯质量、商品薯率以及产量都因为光照不足而减少,其中单株薯质量、商品率和产量受遮光影响最大。本试验结果表明,单薯质量受光强影响相对较小。这与肖特等^[13]在温室条件下的研究结论相反,其原因可能与试验条件和处理方式不同有关。生长前期45%遮光处理,特早熟品种费乌瑞它的产量受影响最大,早中熟品种紫玉次之,晚熟品种冀张薯12受影响最小。这与不同成熟期品种的块茎膨大的时间有关。生长期全程遮光处理,40%遮光使费乌瑞它和紫玉产量减产超过40%,冀张薯12减产57.4%;70%遮光处理使费乌瑞它和冀张薯12产量减产超过86%,紫玉减产78.8%,说明不同的品种耐受弱光的能力不同,费乌瑞它和紫玉对弱光的耐受性大于冀张薯12号。马铃薯块茎的淀粉含量在遮光条件下的变化明显,光照不足对淀粉的合成有显著的抑制作用。这与李彩斌等^[11]对温室遮光下马铃薯块茎淀粉含量的研究结果相似。块茎形成期之前一定程度的弱光胁迫对费乌瑞它和紫玉的淀粉积累影响不显著,说明马铃薯淀粉合成对弱光适应性具有基因型

差异。综合试验结果,费乌瑞它和紫玉生长前期耐弱光,产量构成性状受光照影响较小,生育期短,较适宜中国南方冬作栽培。

参考文献:

- [1] 谢从华. 马铃薯产业的现状与发展[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2012(1): 1-4.
- [2] 秦玉芝, 邢铮, 邹剑锋, 等. 持续弱光胁迫对马铃薯苗期生长和光合特性的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(3): 537-545. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2014.03.013.
- [3] 陈秀兰. 蒽酮比色法测定木薯块根的淀粉[J]. 分析化学, 1984, 12(4): 319.
- [4] 李丹丹, 邹士成, 刘思源, 等. 低温弱光对黄瓜幼苗生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2015(18): 41-44. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2014.03.013.
- [5] 阎世江, 张建军, 张继宁, 等. 低温弱光对黄瓜幼苗生长及生理指标的影响[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2015, 28(2): 14-17. DOI:10.3969/j.issn.1674-5663.2015.02.004.
- [6] 刘黎军, 张广臣. 低温弱光对茄子生长及生理特性的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(25): 12427-12429. DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2012.25.032.
- [7] 李春晓. 马铃薯主要光合特性与产量及品质性状相关性的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2011.
- [8] 吕晓菡, 柴伟国. 低温弱光下不同起源地辣椒幼苗光合特性的比较研究[J]. 浙江农业学报, 2014, 26(1): 48-53.
- [9] 王艳芳, 姜贝贝. 遮光对香水百合生长和开花的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(17): 9241-9243. DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2012.17.021.
- [10] 秦玉芝, 陈珏, 邢铮, 等. 低温弱光胁迫对马铃薯光合生理特性的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [11] 李彩斌, 郭春华. 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. DOI:10.16211/j.issn.1004-390X(n).2015.04.013.
- [12] 刘钟, 薛英利, 杨圆满, 等. 人工遮光条件下3个马铃薯品种耐阴性的研究[J]. 云南农业大学学报, 2015, 30(4): 566-574.
- [13] 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, 2011, 32(4): 110-115.

责任编辑: 尹小红

英文编辑: 梁和