

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)04-0300-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.04.002

光照强度对马铃薯组培苗生长量和荧光参数的影响

郭佳卓, 彭 露, 金 磊, 曲自成, 李世伟, 吕文河, 石 瑛, 唐鑫华*

(东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 光照强度会通过影响植株光合作用来影响马铃薯幼苗的生长。为研究不同光照强度对二倍体和四倍体马铃薯组培苗生长的影响, 试验以二倍体马铃薯5个品系和四倍体马铃薯7个品种为材料, 置于光照培养箱培养, 设置3个光照强度: 3 000 lx(CK)、1 800 lx(60%)和600 lx(20%), 对组培苗进行12 h/d照射处理, 28 d后测定其植株性状和生理生化特性。结果表明, 在组培苗生长过程中给予100%光照强度其植株性状最佳, 且在弱光下, 二倍体和四倍体马铃薯组培苗表现情况基本一致。随着光照强度的降低, 二倍体马铃薯组培苗叶片的动力学荧光参数最大光化学量子产量 F_v/F_m 先升后降, 四倍体显著下降; 在弱光下, 快速光曲线参数最大电子传递速率 ETR_{max} 、半饱和光强 I_k 和光能利用率 α 也显著低于对照, 说明光照强度降低会导致植株光合作用降低, 光合能力受到抑制。研究结果可为探索光照强度对马铃薯生长的影响提供一定理论依据、为选育耐弱光马铃薯品种和品系提供技术支持。

关键词: 马铃薯; 光照强度; 生长量; 叶绿素荧光参数

Effects of Light Intensity on Growth and Fluorescence Parameters of Potato Plantlets *in vitro*

GUO Jiazhao, PENG Lu, JIN Lei, QU Zicheng, LI Shiwei, LU Wenhe, SHI Ying, TANG Xinhua*

(College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Light intensity affects the growth of potato seedlings by affecting plant photosynthesis. In order to study the effects of different light intensities on the growth of diploid and tetraploid potato plantlets *in vitro*, five diploid potato lines and seven tetraploid potato varieties were used as materials and placed in a light incubator, and three light intensities were set, 3 000 lx (CK), 1 800 lx (60%) and 600 lx (20%), with a photoperiod of 12 h/d. After 28 days, the plant traits and physiological and biochemical characteristics were measured. The performance of plantlets *in vitro* was better under 100% light intensity than other treatments. Diploid potatoes were basically the same in performance as tetraploid potatoes. With the decrease of light intensity, the kinetic fluorescence parameter maximum photochemical quantum yield F_v/F_m of diploid potato leaves increased first and then decreased, while the tetraploid decreased significantly. The fast light curve parameter maximum electron transfer rate ETR_{max} , half saturation light intensity I_k and light energy utilization rate α were also significantly lower than the control under weak light, indicating that reduced light intensity reduced the photosynthesis of the plant and inhibit the photosynthetic capacity. The results could provide a theoretical basis for exploring the effects of light intensities on potato growth, and provides technical support for the

收稿日期: 2021-04-14

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-9); 东北农业大学大学生SIPT项目。

作者简介: 郭佳卓(1999-), 女, 主要研究马铃薯生理指标。

*通信作者(Corresponding author): 唐鑫华, 博士, 高级实验师, 主要研究马铃薯分子育种, E-mail: tangxinhua821@sina.com。

selection of low-light-tolerant potato varieties and lines.

Key Words: potato; light intensity; growth; chlorophyll fluorescence parameter

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是兼用型的全球第四大粮食作物,被称为“地下苹果”和“第二面包”^[1]。2014年以来中国马铃薯单位面积产量逐年上升,2018年达到4 718 kg/hm²^[2]。马铃薯采用块茎繁殖,块茎极容易携带病毒病等导致马铃薯种薯发生退化,制约了马铃薯产量,20世纪50年代以来,脱毒试管苗技术兴起,培育无毒苗缓解了产量和品质问题。

光照强度是影响马铃薯组培苗质量的重要因素。植物的光合作用是将太阳能转换为化学能并用于自身形态建成及生长发育,植株叶片中叶绿素能直接捕光获得能量,能量的利用方式有发生光化学反应、以热的形式耗散和发射荧光3种,其中以光化学反应为主。激发态的色素分子将能量在光系统中传递,在这个过程中会发生电荷、质子转移,形成光合电子流,最大电子传递速率ETR_{max}是表征电子流动快慢的参数,电子传递速率越大,相应光合作用越快,植株光合能力越强。I_k值是叶片半饱和光强,能反映叶片耐强光的能力。光能利用率 α 是叶片快速光曲线中初始斜率,能表示植株光合器官叶片对光能的利用率^[3]。

光照强度的下降对作物的影响体现在冬小麦光合速率和产量构成三要素:穗数、每穗粒数和千粒重显著下降,叶片叶绿素含量增加,光能转化率提高^[4];适当遮光可极显著提高喜阴作物岩白菜株幅、株高、叶片数和叶面积等生长指标,抑制光系统II的活性^[5];燕麦株高、根长、地上和地下部分鲜重及叶绿素含量均有所下降^[6]。本研究设置3个等差光照强度,测定其对二倍体及四倍体马铃薯组培苗生长及荧光参数等的作用,探究不同光照强度对马铃薯组培苗生长的影响,为解析光照强度对作物生长的作用机制奠定基础,并优化马铃薯组培条件,为筛选耐弱光马铃薯品种(系)提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的马铃薯材料有5个二倍体品系:‘A44’‘A46’‘A92’‘A231’‘A232’,7个四倍体品种:‘费

乌瑞它’‘东农303’‘东农310’‘东农312’‘东农321’‘东农322’‘中薯3号’。其中二倍体品系是两个适应长日照的原始二倍体栽培种富利亚(*S. phureja*, PHU)与窄刀薯(*S. stenotomum*, STN)杂种(PHU-STN)无性系的杂交后代^[7,8]。

1.2 试验方法

将各个品种长势一致的脱毒试管苗除去顶部和基部茎段后,剪成1 cm左右的茎段,每个茎段上有一片叶,接种在MS培养基中,每瓶扦插3苗,每个处理7瓶,置于光照培养箱。设3个光照强度,对照(CK): 3 000 lx(100%),处理1: 1 800 lx(60%),处理2: 600 lx(20%)。每天光照12 h,温度24℃。28 d后,测定不同处理下组培苗的生理指标。

1.3 测定项目与方法

培养至28 d时测定组培苗的根、茎和叶鲜重,根、茎和节间长度,茎粗,叶面积,叶绿素相对含量和叶片荧光参数。具体操作参照唐鑫华等^[9]和唐鑫华^[10]方法。

1.3.1 植株性状测定

根、茎、叶和总鲜重(g)使用万分之一电子天平称量;茎长(cm)用电子游标卡尺测量茎基部到茎尖生长点的长度;节间长(cm)用电子游标卡尺测量苗中部3个节间长度后取均值;茎粗(cm)用电子游标卡尺测量茎基部横纵双向数值的平均值。

1.3.2 叶面积测定

使用叶面积仪(YMJ-D,中国浙江托普云农科技股份有限公司)进行测定。各处理选取3株长势一致的组培苗,将每株苗的所有叶片摘下后平铺于平面上,再利用仪器测定叶面积。

1.3.3 叶绿素相对含量测定

使用叶绿素仪(柯尼卡美达能SPAD-502,日本美能达)进行测定。各处理选取3株长势一致的组培苗,测定其上部第3、4叶。

1.3.4 叶片叶绿素荧光参数测定

各处理选取3株长势一致的组培苗,对其上部第3、4叶暗处理15 min,用叶绿素荧光仪(WALZPAM-2500,德国PAM-WALZ)测定其荧光

动力学参数(初始荧光产量 F_0 、最大荧光产量 F_m 、PSII最大光化学量子产量 F_v/F_m)和荧光快速光曲线参数(最大电子传递速率 ETR_{max} 、半饱和光强 I_k 、光能利用率 α)。

1.3.5 数据分析处理

应用 Microsoft Excel 2012 软件进行数据整理, 应用 SPSS Statistics 23 进行数据的分析, GraphPad Prism 8 制图。

2 结果与分析

2.1 不同光照强度对马铃薯组培苗生长量的影响

马铃薯组培苗根鲜重随光照强度的降低而下降, 二倍体马铃薯品系处理1、2显著低于CK; 四倍体马铃薯‘费乌瑞它’处理之间差异不显著, 其他品种处理2显著低于CK, 其中‘东农321’和‘中薯3号’处理1、2均显著低于CK。光照强度对马铃薯不同品种及品系的茎鲜重影响较小, ‘A44’和‘中薯3号’处理2显著低于CK, ‘东农310’和‘东农312’处理2显著高于CK和处理1, 其他马铃薯品种或品系的各处理之间差异未达到显著水平。二倍体马铃薯品系叶鲜重‘A44’和‘A46’处理2显著低于CK, ‘A232’处理2显著低于CK及处理1; 光照强度的降低显著降低了‘东农312’‘东农321’和‘中薯3号’叶片鲜重, 而‘东农310’叶鲜重在处理1时最大, 其他四倍体马铃薯品种叶鲜重受光强影响相对较小。光照强度减弱对组培苗总鲜重影响明显, 二倍体各品系总鲜重呈下降趋势, 处理2低于CK, 但‘A231’表现为处理1 > CK > 处理2, 且降幅最小; 四倍体变化趋势不一致, 随光照强度降低‘费乌瑞它’‘东农312’和‘东农322’总鲜重下降幅度较小。光照强度的降低使得二倍体马铃薯品系株高升高, ‘A231’处理2株高显著高于CK、处理1; 对四倍体马铃薯各品种株高的影响不一致, ‘费乌瑞它’和‘中薯3号’CK株高最高, ‘东农303’‘东农310’和‘东农322’处理1最高, ‘东农312’和‘东农321’处理2最高。光照强度的降低提高了马铃薯节间长, 其中‘A231’‘A232’‘东农303’‘东农321’‘东农322’和‘中薯3号’处理2节间长显著高于CK。光照强度的降低显著降低了二倍体马铃薯茎粗, 除‘A92’外处理2均显著低于CK; 四倍体马铃薯规律不太一致, ‘中薯3号’处理2显著高于

处理1。叶面积在各处理之间均达到差异显著水平, 除‘费乌瑞它’外其他品种随光照强度的降低, 叶面积显著下降(表1)。

2.2 不同光照强度对马铃薯组培苗叶绿素含量及荧光参数的影响

光照强度的降低导致马铃薯叶片叶绿素含量普遍下降。二倍体马铃薯5个品系处理1、2的叶绿素相对含量水平均低于CK, 处理1和处理2差异未达到显著水平。‘A44’处理1值较CK下降幅度最大, ‘A231’最小。四倍体与二倍体趋势基本一致, 其中‘费乌瑞它’和‘东农310’处理1较CK下降幅度较大, 另外5个品种差异不显著。‘东农321’和‘东农322’在处理1条件下的叶绿素相对含量稍高于CK和处理2, 但差异不显著。除‘费乌瑞它’外, 各品种在处理1条件下的叶绿素相对含量均高于处理2(图1)。

光照强度降低, 除‘A46’外其他二倍体马铃薯组培苗叶片 F_v/F_m 值均呈现先升高后降低的倒“V”字形趋势。‘A44’处理1显著高于CK, ‘A92’和‘A232’处理1显著高于处理2。‘A46’和‘A231’各处理之间差异不显著。除‘东农310’外, 其他四倍体马铃薯组培苗叶片 F_v/F_m 整体随光照强度的降低而降低。‘费乌瑞它’‘东农303’‘东农321’‘东农322’和‘中薯3号’处理2显著低于CK, ‘东农310’和‘东农312’各处理间差异不显著(表2)。

2.3 不同光照强度对马铃薯组培苗叶片叶绿素荧光快速光曲线参数的影响

光照强度下降影响电子在光合传递链中的最大传递速率。处理2的 ETR_{max} 值均低于CK, 处理1普遍低于CK。‘A92’‘A231’‘A232’和‘东农321’处理1高于CK, 表明适当减弱光强有利于加快其电子传递速率, 提高光合效率。组培苗的半饱和光强 I_k 随光照强度的下降呈下降趋势, 除‘东农303’外, 处理2的 I_k 值均低于CK。‘A44’‘A231’‘A232’‘东农312’和‘东农321’的 I_k 值呈倒“V”分布, 表现为处理1 > CK > 处理2(图2)。

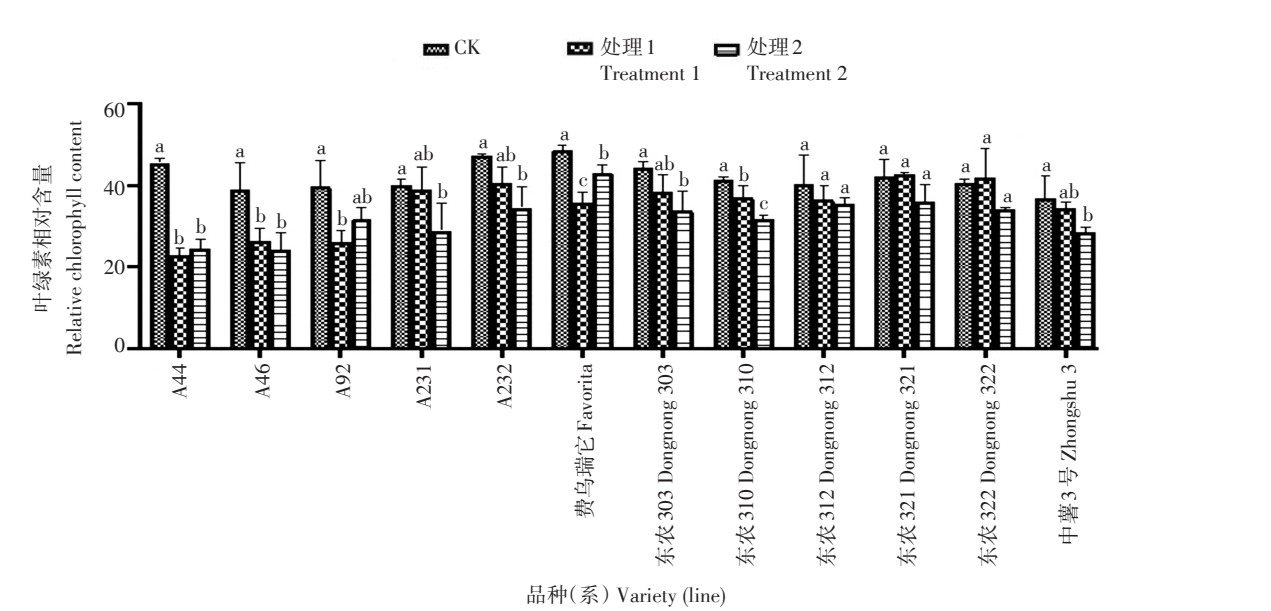
光照强度减弱普遍降低了组培苗叶片将光能转化为物化能的效率, 即各处理间光能利用率顺序为CK > 处理1 > 处理2(图3)。‘A92’和‘A231’光能利用率 α 处理1分别高于CK和处理2 5.21%、31.36%和13.89%、33.49%。‘东农312’处理1、2显著低于

表1 光照强度对马铃薯组培苗生长量的影响
Table 1 Effect of light intensity on growth of potato plantlets *in vitro*

品种(系)	处理	根鲜重(g)	茎鲜重(g)	叶鲜重(g)	总鲜重(g)	株高(cm)	节间长(cm)	茎粗(cm)	叶面积(mm ²)
Variety (line)	Treatment	Fresh root	Fresh stem	Fresh leaf	Total fresh weight	Plant height	Internode length	Stem diameter	Leaf area
A44	CK	0.25 a	0.27 a	0.20 a	0.72 a	9.18 a	1.20 a	0.15 a	888.50 a
	处理1	0.05 b	0.25 a	0.12 ab	0.41 b	8.51 a	0.86 a	0.15 a	396.35 b
	处理2	0.04 b	0.14 b	0.02 b	0.20 c	9.63 a	1.61 a	0.10 b	50.56 c
A46	CK	0.25 a	0.36 a	0.30 a	0.92 a	9.49 a	1.07 a	0.19 a	1 122.98 a
	处理1	0.11 b	0.36 a	0.14 b	0.61 ab	12.22 a	1.21 a	0.14 b	783.31 b
	处理2	0.08 b	0.23 a	0.10 b	0.42 b	10.34 a	1.44 a	0.11 b	125.41 c
A92	CK	0.30 a	0.32 a	0.28 a	0.90 a	8.67 a	0.90 a	0.16 ab	1 741.21 a
	处理1	0.13 b	0.53 a	0.24 a	0.71 a	10.78 a	1.18 a	0.20 a	776.33 b
	处理2	0.10 b	0.36 a	0.09 a	0.59 a	14.75 a	1.21 a	0.11 b	103.42 c
A231	CK	0.57 a	0.44 a	0.27 a	1.29 a	9.38 b	0.72 b	0.18 a	2 084.45 a
	处理1	0.31 b	0.75 a	0.33 a	1.37 a	10.83 b	1.05 a	0.22 a	960.17 b
	处理2	0.29 b	0.43 a	0.32 a	1.07 a	13.34 a	1.10 a	0.12 b	174.43 c
A232	CK	0.37 a	0.34 a	0.22 a	0.93 a	9.64 a	1.00 b	0.15 a	1 271.13 a
	处理1	0.22 b	0.36 a	0.25 a	0.83 a	9.67 a	0.86 b	0.16 a	265.64 b
	处理2	0.10 b	0.21 a	0.09 b	0.40 b	10.73 a	1.69 a	0.07 b	196.82 c
费乌瑞它	CK	0.06 a	0.27 a	0.16 a	0.48 a	14.61 a	1.09 a	0.12 a	284.16 b
Favorita	处理1	0.06 a	0.22 a	0.16 a	0.45 a	13.81 a	1.20 a	0.10 a	344.55 a
	处理2	0.05 a	0.15 a	0.06 a	0.27 a	12.80 a	1.03 a	0.08 a	119.73 c
东农303	CK	0.07 a	0.13 a	0.06 a	0.25 ab	8.75 a	0.90 b	0.10 a	130.94 a
Dongnong 303	处理1	0.07 a	0.17 a	0.06 a	0.30 a	10.93 a	1.32 ab	0.08 a	103.55 b
	处理2	0.03 b	0.12 a	0.04 a	0.20 b	8.57 a	1.43 a	0.13 a	90.49 c
东农310	CK	0.13 a	0.10 b	0.11 b	0.34 b	7.99 b	0.90 a	0.10 a	580.36 a
Dongnong 310	处理1	0.12 a	0.11 b	0.20 a	0.55 a	14.38 a	1.29 a	0.11 a	226.59 b
	处理2	0.04 b	0.23 a	0.05 b	0.19 b	11.69 a	1.50 a	0.09 a	223.98 c
东农312	CK	0.08 a	0.08 b	0.09 a	0.25 a	6.14 b	0.84 a	0.10 a	293.61 a
Dongnong 312	处理1	0.07 a	0.09 b	0.07 ab	0.23 a	7.18 b	0.94 a	0.08 a	281.68 b
	处理2	0.03 b	0.19 a	0.04 b	0.26 a	10.89 a	1.01 a	0.09 a	48.53 c
东农321	CK	0.18 a	0.10 a	0.15 a	0.43 a	8.06 b	1.12 b	0.08 a	314.81 a
Dongnong 321	处理1	0.07 b	0.06 a	0.10 b	0.24 b	6.03 b	1.07 b	0.08 a	224.88 b
	处理2	0.03 b	0.11 a	0.03 c	0.16 c	12.70 a	1.85 a	0.10 a	102.22 c
东农322	CK	0.07 a	0.06 a	0.05 a	0.17 a	6.24 a	0.83 b	0.08 a	221.86 a
Dongnong 322	处理1	0.07 a	0.07 a	0.04 a	0.18 a	9.00 a	1.39 a	0.09 a	140.68 b
	处理2	0.03 b	0.05 a	0.04 a	0.11 a	8.09 a	1.44 a	0.08 a	63.63 c
中薯3号	CK	0.40 a	0.19 a	0.16 a	0.74 a	11.50 a	1.02 b	0.09 ab	467.91 a
Zhongshu 3	处理1	0.05 b	0.07 b	0.04 b	0.13 b	10.02 ab	1.28 ab	0.08 b	250.74 b
	处理2	0.03 b	0.05 b	0.02 b	0.12 b	6.82 b	1.34 a	0.12 a	81.57 c

注: 不同小写字母代表0.05水平差异显著, 采用邓肯氏多重比较法。下同。

Note: Different lowercase letters represent significant differences at 0.05 level, using Duncan's multiple range test method. The same below.



注：误差线是标准差。不同小写字母代表0.05水平差异显著，采用邓肯氏多重比较法。下同。
Note: Error bar is standard deviation. Different lowercase letters represent significant differences at 0.05 level, using Duncan's multiple range test method. The same below.

图1 光照强度对马铃薯叶片叶绿素相对含量的影响
Figure 1 Effect of light intensity on relative chlorophyll contents in leaves of potato plantlets *in vitro*

表2 光照强度对马铃薯组培苗叶片最大光化学量子产量的影响
Table 2 Effect of light intensity on maximum photochemical yields in leaves of potato plantlets *in vitro*

品种(系)	处理	最大光化学量子产量	品种(系)	处理	最大光化学量子产量
Variety (line)	Treatment	F/F _m	Variety (line)	Treatment	F/F _m
A44	CK	0.63 b	东农 303	CK	0.72 a
	处理 1	0.76 a	Dongnong 303	处理 1	0.54 b
	处理 2	0.74 a		处理 2	0.55 b
A46	CK	0.73 a	东农 310	CK	0.68 a
	处理 1	0.68 a	Dongnong 310	处理 1	0.70 a
	处理 2	0.74 a		处理 2	0.63 a
A92	CK	0.72 ab	东农 312	CK	0.68 a
	处理 1	0.79 a	Dongnong 312	处理 1	0.65 a
	处理 2	0.66 b		处理 2	0.62 a
A231	CK	0.66 a	东农 321	CK	0.62 a
	处理 1	0.77 a	Dongnong 321	处理 1	0.61 ab
	处理 2	0.64 a		处理 2	0.53 b
A232	CK	0.71 ab	东农 322	CK	0.64 a
	处理 1	0.77 a	Dongnong 322	处理 1	0.61 ab
	处理 2	0.62 b		处理 2	0.58 b
费乌瑞它	CK	0.68 a	中薯 3 号	CK	0.61 a
Favorita	处理 1	0.61 b	Zhongshu 3	处理 1	0.57 ab
	处理 2	0.58 b		处理 2	0.52 b

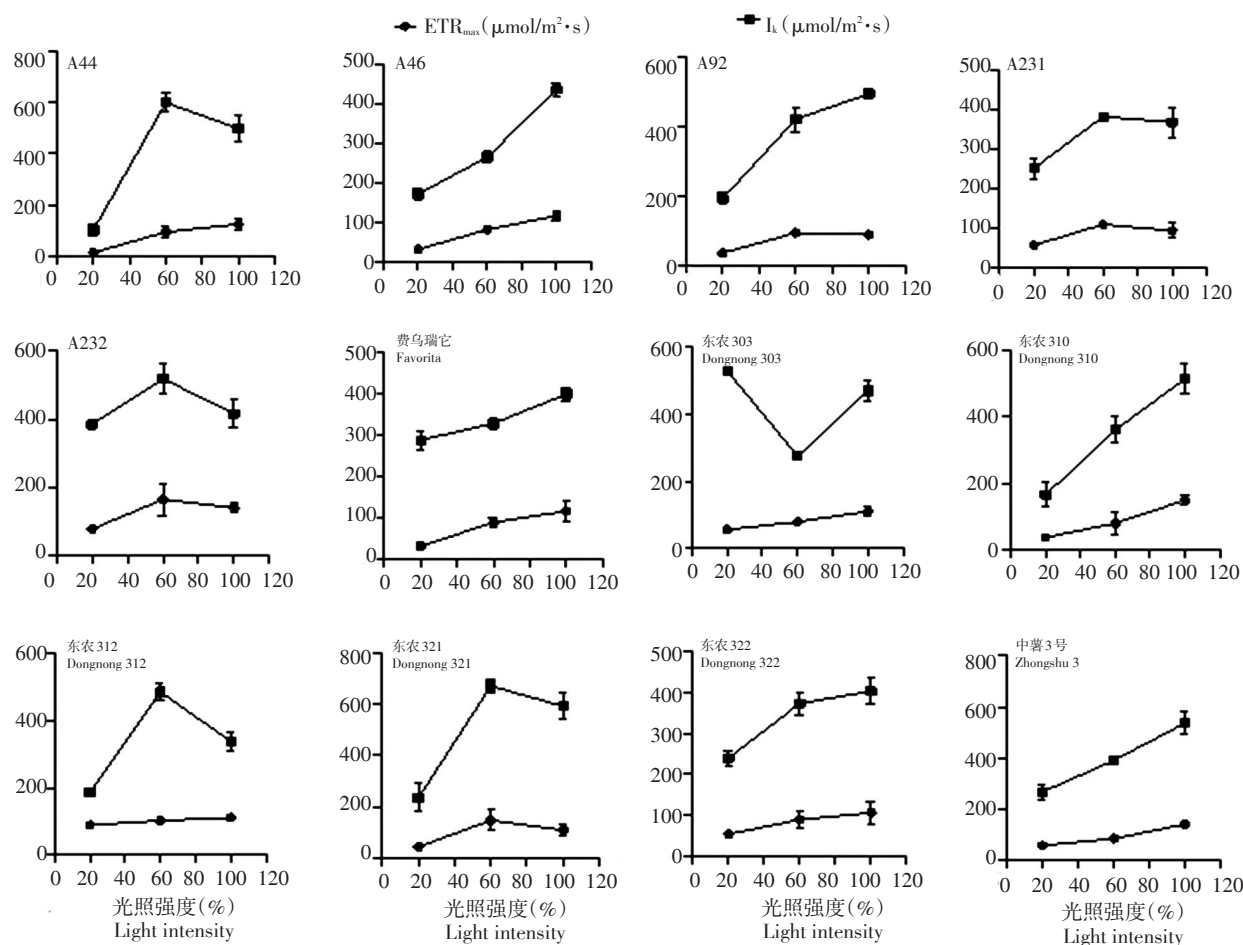
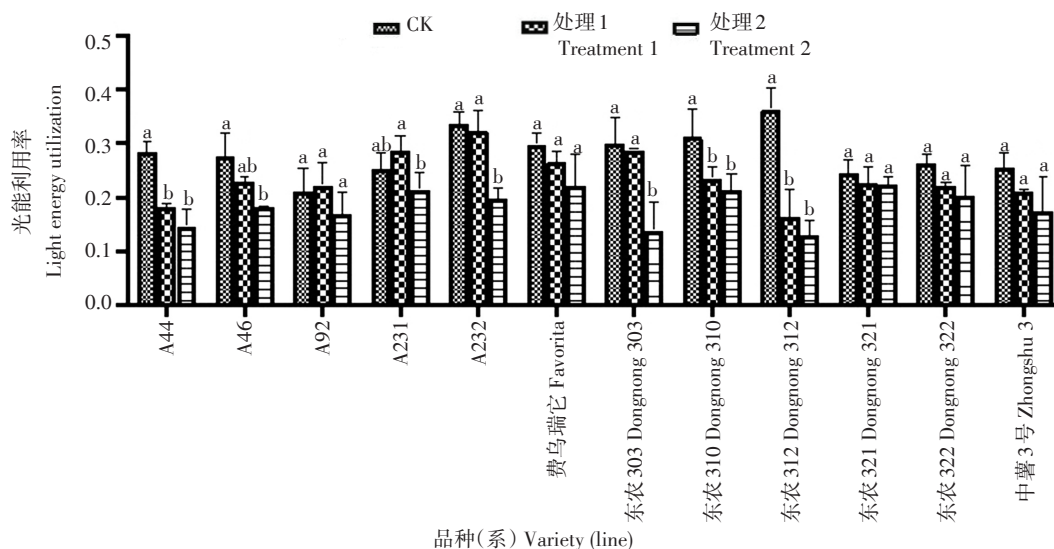
图2 光照强度对马铃薯组培苗叶片 ETR_{max} 和 I_k 的影响Figure 2 Effect of light intensity on ETR_{max} and I_k in leaves of potato plantlets *in vitro*

图3 光照强度对马铃薯组培苗叶片光能利用率的影响

Figure 3 Effect of light intensity on light energy utilization efficiency in leaves of potato plantlets *in vitro*

CK, 说明其受光强影响程度大, 耐弱光能力较弱, 而‘东农321’下降幅度小, 耐弱光能力较强。

3 讨 论

光照强度会影响植株光合作用, 成为限制幼苗生长健壮的一个重要因素。随着光照强度下降, 马铃薯组培苗根、茎、叶和总鲜重存在不同程度降低。‘A231’和‘东农322’总鲜重表现为处理1 > CK > 处理2, 结合本试验其他测定指标可知适当降低光照强度可提高其捕获与转化光能能力, 加快电子传递速率, 提高光合速率, 增强自身对弱光的利用能力。株高在二倍体各品系中显著增加, 这与张欣等^[11]、李润等^[12]、秦玉芝等^[13]结论一致, 在四倍体各品种中趋势不一致, 可能原因是不同马铃薯品种光饱和点不同, 光照强度过饱和对植株生长造成一定程度的光抑制。同时不同品种(系)均表现出节间长增长、茎粗降低、叶面积显著下降趋势, 与CK差异显著。表明光照强度降低改变幼苗生长环境中红光(Pr)与远红光(Pfr)的比例^[14], 光敏色素及时感应到变化并调节自身生长, 营养分配侧重于茎, 导致茎发生徒长表现出纤细、弯曲、柔弱。马铃薯叶片叶绿素含量普遍随光照强度的减弱而降低, 光合活力降低。‘A44’‘A92’和‘费乌瑞它’呈现先降后升的趋势, 根据‘费乌瑞它’的耐弱光系数可知其具有一般耐弱光性^[15], 当光照强度降低, 为保证自身生长需求增加叶绿素相对含量来提高光合速率, 进而提高对弱光的利用能力。即随着光照强度降低马铃薯组培苗根鲜重、叶鲜重和叶面积显著下降, 二倍体马铃薯组培苗株高显著升高, 茎粗显著降低, 四倍体马铃薯节间长显著增加。二倍体马铃薯叶片叶绿素相对含量处理1低于CK, 大部分四倍体马铃薯叶绿素相对含量呈下降趋势。

光照强度的降低影响组培苗光合作用。最大光化学量子产量 $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ 反映了PSII的最大光能转换率。 F_v/F_m 是衡量植株是否受到胁迫的重要指标。随着光照强度降低, 多数二倍体马铃薯组培苗 F_v/F_m 先升后降, 多数四倍体显著下降, 表明低光照会抑制组培苗PSII光能的转换, 降低光合作用水平^[16]。同时叶片最大电子传递速率 ETR_{max} 和半饱和光强 I_k 随光照强度的下降显著下降, 处理2显

著低于CK, 即低光强显著降低电子传递速率, 减少了参与固定 CO_2 环节中的电子。而部分品系和品种 ETR_{max} 或 I_k 值处理1高于CK, 说明不同品系或品种遗传背景不同, 对弱光的反应能力有差别, ‘A231’和‘A232’的 ETR_{max} 和 I_k 值在处理1条件下均表现出高于CK的特征, 可得出其具有一定耐弱光的能力。光能利用率 α 也随之下下降, 处理1、2普遍低于CK。‘东农312’处理1、2显著低于CK, ‘东农312’为直立株型, 中等分枝^[17], 截获光能少, 因此受光强影响程度大, 耐弱光能力较弱, 而‘东农321’下降幅度小, 表现为茎秆增重增粗, 耐弱光能力较强。即多数二倍体马铃薯 F_v/F_m 先升后降, 多数四倍体持续降低。马铃薯叶片快速光曲线参数最大电子传递速率 ETR_{max} 、半饱和光强 I_k 和光能利用率 α 随光照强度的降低而降低。

[参 考 文 献]

- [1] Crusciol C A, Pulz A L, Lemos L B, *et al.* Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato [J]. Crop Science, 2009, 49(3): 949-954.
- [2] 徐宁, 张洪亮, 张荣华, 等. 中国马铃薯种植业现状与展望 [J]. 中国马铃薯, 2021, 35(1): 81-96.
- [3] 岑海燕, 姚洁妮, 翁海勇, 等. 叶绿素荧光技术在植物表型分析的研究进展 [J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38(12): 3773-3779.
- [4] 张元帅, 冯伟, 张海艳, 等. 遮阴和施氮对冬小麦旗叶光合特性及产量的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(9): 1177-1184.
- [5] 赵桂茹, 王仕玉, 郭凤根, 等. 不同相对光照强度对岩白菜产量和品质的影响 [J]. 西部林业科学, 2013, 42(6): 104-108.
- [6] 杨燕平, 宋珂, 孙奇, 等. 干旱和光照互作对燕麦幼苗生长及生理指标的影响 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11): 153-155.
- [7] 张景云. 二倍体马铃薯耐盐材料筛选及其生理特性表现 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010.
- [8] 赵明辉, 白雅梅, 李文霞, 等. 对NaCl敏感度不同的二倍体马铃薯在 $NaHCO_3$ 胁迫下的表现 [J]. 核农学报, 2014, 28(2): 358-363.
- [9] 唐鑫华, 曲自成, 张浩, 等. 块茎形成期外施表油菜素内酯对马铃薯生理和产量的影响 [J]. 核农学报, 2018, 32(9): 1866-1863.
- [10] 唐鑫华. 外源铁蛋白基因 $NtFer1$ 对梗稻生理影响的研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2014.
- [11] 张欣, 李强, 曹君迈, 等. 光照强度对大西洋、克新1号、青薯

- 168脱毒基础苗生长的影响[J]. 种子, 2011, 30(11): 79-81. 106-112.
- [12] 李润, 刘绍文, 潘俊峰, 等. 光照强度和水质对马铃薯脱毒试管苗生长的影响[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(4): 199-202. [15] 李彩斌, 郭华春. 马铃薯品种耐弱光性评价及其指标的筛选[J]. 中国农业科学, 2017, 50(18): 3461-3472.
- [13] 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. [16] 李彩斌, 郭华春. 耐弱光基因型马铃薯在遮阴条件下的光合和荧光特性分析[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(8): 1181-1189.
- [14] 李彩斌, 周进华, 唐文军, 等. 幼苗期遮阴对云南春作马铃薯生长和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(3): 2017(4): 43. [17] 庄振涛. 马铃薯品种东农312高产栽培技术[J]. 种子世界, 2017(4): 43.



大庆金辉农业科技开发有限公司

大庆金辉农业科技开发有限公司成立于2012年3月15日, 是一家以农业科技开发、农业机械设备、化肥研发与销售、农业技术推广及技术咨询为经营项目的民营企业, 公司总部位于大庆国家级高新技术产业开发区。公司以服务三农为宗旨, 以质量和诚信求生存, 以科技创新求发展, 以广交天下朋友为理念, 以农民增收为己任, 始终以从事农业生产者的市场需求为导向, 以解决生产中出现的实际问题为立足之本。公司本着“节约就是增效”的观念, 针对马铃薯生产中存在的实际问题, 提出了从播种到收获的全程高效低成本技术方案。重点技术方案有盐碱地种植解决方案, 防治早(晚)疫病、炭疽病、黑痣病等高效、低成本防病方案, 除草剂药害(前茬、封闭及苗后除草剂使用不当引起的药害)专用方案, 合理施肥技术方案。主要推广的技术有“药肥一体化”防病技术、“水肥一体化”施肥技术、“全程立体化”平衡施肥技术。主要产品有“信丰圆”马铃薯大、中微量元素水溶肥, 有机生物肥, 专用氮钾追肥; “金辉壮秧”“金辉促根”“农福保”等水肥一体化专用肥; “曙卫士”微生物拌种剂; “薯飘香”“施保宁”“薯留香”等专用叶面肥; “薯平安”解药害专用产品; “金绒一号”盐碱地专用肥以及马铃薯专用杀菌剂等系列产品。可为初次进入马铃薯领域的广大种植户们提供全程技术指导服务。

微信公众号: 大庆金辉农业科技开发有限公司

网址: www.dqjhny.com

联系电话: 0459-6280535

邮箱: dqjhny@163.com

