

孙世君,赵 斌,张海博,等. 光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗根系生长及生理影响的综合评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(8):145-150.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.027

光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗根系生长及生理影响的综合评价

孙世君¹, 赵 斌¹, 张海博², 武秀梅³, 李艳丽⁴, 魏 娜⁵

(1. 河套学院, 内蒙古巴彦淖尔 015000; 2. 内蒙古通辽市科尔沁区农业技术推广中心, 内蒙古通辽 028000;

3. 内蒙古乌拉特中旗现代农牧事业发展中心, 内蒙古乌拉特中旗 015000; 4. 内蒙古科左中旗农业技术推广中心, 内蒙古科左中旗 029300;

5. 内蒙古巴彦淖尔市现代农牧事业发展中心, 内蒙古巴彦淖尔 015000)

摘要:研究不同光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗根系生长和生理特性的影响。以加工型番茄品种屯河 9 号为试材, 采用固体基质盆栽的方式, 研究在 500、300、100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光照度下, 不同基质含水量(基质最大持水量的 80%、70%、60%)对加工型番茄幼苗根系生长、抗氧化酶活性等生理特性的影响, 并运用主成分分析的方法对不同光照度和基质含水量处理加工型番茄幼苗根系生长与生理指标进行综合分析评价。结果表明, 当光照度为 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 基质含水量为 80% 时, 加工型番茄幼苗的根长、根表面积和根体积均显著高于其他处理组合, 随着光照度降低, 加工型番茄幼苗的根系生长受到抑制, 抗氧化酶活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、渗透调节物质(可溶性蛋白、脯氨酸)含量、总叶绿素含量呈降低趋势, 丙二醛(MDA)含量呈升高趋势; 加工型番茄的总叶绿素含量与根表面积呈显著正相关, 脯氨酸含量与根长呈显著正相关, SOD 活性与平均直径呈极显著正相关; 主成分分析选择 3 个主成分对加工型番茄的生长和生理指标进行评价, 3 个主成分的累积贡献率已达 85.236%; 综合得分排名第一的是光照度为 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 80% 处理, 光照度为 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 70% 和光照度为 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 60% 处理的综合排名都比同等光照度下其他基质含水量处理排名高。因此, 光照度为 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 80% 时, 最有利于加工型番茄幼苗根系的生长和生理活动, 当光照度不足时, 适当降低基质含水量可以增强加工型番茄幼苗对弱光的适应性。

关键词:加工型番茄; 光照度; 基质含水量; 生长; 主成分分析

中图分类号:S641.201 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)08-0145-06

内蒙古河套地区是我国加工番茄优质的原料生产基地, 栽培种植面积仅次于新疆, 居国内第 2

位^[1]。正所谓“壮苗三分收, 弱苗一半丢”, 培育壮苗是丰产增收的重要前提, 但是由于设施内育苗过程中覆盖物、灰尘、阴天等造成的弱光逆境以及存在的浇水不规范等问题, 极易培育成“徒长苗”等亚健康苗, 导致幼苗质量下降, 影响番茄的生长、花芽分化及果实发育, 最终导致加工型番茄的产量和品质降低^[2]。因此, 如何协调光照度和根际水分条件培育壮苗, 已然成为河套地区设施内加工型番茄育苗过程中需要解决的重要科学问题。王克磊等研究发现, 鲜食番茄植株在全光照下, 基质含水量为

收稿日期:2021-08-29

基金项目:内蒙古自治区自然科学基金(编号:2021BS03009); 巴彦淖尔市科技计划(编号:BYZ2019-8); 河套学院人才引进项目(编号:HYRC2019003)。

作者简介:孙世君(1988—), 男, 内蒙古赤峰人, 讲师, 主要从事设施蔬菜高效栽培及抗性生理研究。E-mail:1048197709@qq.com
通信作者:赵 斌, 副教授, 主要从事蔬菜优质高效育苗技术研究。
E-mail:1913773722@qq.com。

[25] 沈升法, 吴列洪, 项 超. 甘薯脱毒微型薯育苗技术研究[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(5):97-100.

[26] 蒋明权. 甘薯茎尖脱毒、快繁技术及其脱毒苗增产机理的研究[D]. 合肥:安徽农业大学, 2004.

[27] 严根元, 顾丁元. 种瓣大小对大蒜生长发育及产量的影响[J]. 上海蔬菜, 1990(3):29.

[28] Lehrer A T, Moore P H, Komor E. Impact of sugarcane yellow leaf

virus (ScYLV) on the carbohydrate status of sugarcane; comparison of virus-free plants with symptomatic and asymptomatic virus-infected plants[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2007, 70(4/5/6):180-188.

[29] 邱念伟, 杨翠翠, 付文诚, 等. 高盐和高温胁迫下外源脯氨酸对 PS II 颗粒的保护作用[J]. 植物生理学报, 2013, 49(6):586-590.

80% 时,植株生长最好^[3]。蒋芳玲等研究发现,100% 光照、80% 基质含水量互作降低了不结球白菜的非辐射能量耗散,将更多的吸收光能用于光化学反应,表现为净光合速率、蒸腾速率、最大光化学效率、实际光化学效率最高,初始荧光和非光化学猝灭系数最低^[4]。不同的水分与光照互作同样对铁皮石斛生长、光合特性及可溶性糖含量具有显著影响^[5]。然而不同光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗植株生长及生理特性影响的研究相对较少。

因此,本试验以河套地区主栽的加工型番茄为材料,采用固体基质栽培的方法,探索光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗生长发育及生理特性的影响,以期为新疆河套地区加工番茄育苗过程中的光照和水分管理提供理论依据,同时也为河套地区构建加工型番茄的高效育苗技术集成与示范奠定技术基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

试验于 2020 年 10—11 月在内蒙古河套学院农学系作物栽培室内进行。供试加工型番茄品种为屯河 9 号。于 2020 年 10 月 1 日浸种催芽,10 月 4 日选择芽长一致的种子播于 50 孔穴盘,每穴 1 粒,在上海智城人工气候培养箱(ZXOP-R1700)中生长,待幼苗 2 叶 1 心时移入装有专用育苗基质的花盆(上直径为 12 cm、下直径为 9.5 cm、高为 8 cm)中,每盆 1 株。本研究基质含水量设 3 个水平:基质最大持水量的 80%、70%、60%,基质最大持水量为 100.08%,采用吸水烘干法测定,每天 09:00、15:00 用灌水法调节基质含水量。利用上海智城人工气候培养箱(ZXOP-R1700)将光照度设 3 个水平:500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (正常光照度)、300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (银灰色遮阳网覆盖,轻度遮阴)、100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (黑色遮阳网覆盖,重度遮阴),每天光照 12 h。光照度用 ZDS-10 型照度计进行测定。将不同光照度和基质含水量进行组合,共 9 个处理组合(表 1),每个处理重复 3 次。于试验开始后 20 d,每个处理随机选取 5 株加工型番茄幼苗,测定生长指标和生理指标。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 加工型番茄幼苗根系生长指标的测定方法
采用根系扫描和图像分析法测定加工型番茄根

表 1 加工型番茄光照度和基质含水量处理组合

光照度 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	基质含水量(%)		
	80(G)	70(Z)	60(D)
500(G)	GG	GZ	GD
300(Z)	ZG	ZZ	ZD
100(D)	DG	DZ	DD

系的生长。具体方法:将加工型番茄幼苗根系洗净,并去除死根后,将根系摆放于盛满水的玻璃器皿中,将多级侧根及须根分开,尽量不要使根系交织重叠。利用根系专用扫描仪(Epson V500,USA)将根系扫描成图像文件,再将扫描好的图像文件用图像分析软件(Win-RHIZO,Canada)计算加工番茄根长(cm)、根表面积(cm^2)、根体积(cm^3)、平均直径(mm),最后将各层根系分别装入纸袋中,85 $^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒质量,测定根质量(g)。

1.2.2 加工番茄幼苗生理指标的测量方法
采用硝基四氮唑蓝(NBT)还原法测定加工番茄根系的超氧化物歧化酶(SOD)活性;采用愈创木酚法测定过氧化物酶活性(POD)活性;过氧化氢酶(CAT)活性按李合生(2000)的方法测定^[6];采用硫代巴比妥酸(TBA)法测定丙二醛(MDA)含量;采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量;采用茚三酮比色法测定脯氨酸含量;可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法。

1.3 数据分析

采用 Excel 2010 软件进行数据处理,采用 SPSS17.0 软件进行方差分析及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗根系生长指标的影响

从表 2 可以看出,不同光照度和基质含水量互作显著影响加工型番茄幼苗根系的生长。其中,GG 处理的加工型番茄幼苗的根长、根表面积和根体积均显著高于 GZ、GD 处理,GD 处理的根长和根表面积最低,且根体积与 GZ 处理差异不显著,GG、GZ 处理的平均直径、根干质量差异不显著,但二者均显著高于 GD 处理。随着光照度的降低,加工型番茄幼苗的根系生长和干物质的积累受到抑制,ZZ 处理的根表面积显著高于 ZG、ZD 处理,ZZ、ZG 处理的根长、根体积和平均直径不存在显著差异,但均显著高于 ZD 处理,ZG 处理根干质量最高,ZD 处理的根干质量最低。DD 处理的根长和根体积显著高于

表 2 光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗根系生长指标的影响

处理	根长 (cm)	根表面积 (cm ²)	根体积 (cm ³)	平均直径 (mm)	根干质量 (g)
GG	368.22 ± 28.65a	70.32 ± 3.22a	0.45 ± 0.02a	0.31 ± 0.02a	0.25 ± 0.03a
GZ	318.51 ± 26.47b	63.47 ± 7.12b	0.34 ± 0.06bc	0.32 ± 0.03a	0.24 ± 0.05a
GD	309.74 ± 17.52c	57.34 ± 5.66c	0.35 ± 0.03b	0.28 ± 0.04b	0.19 ± 0.06cd
ZG	288.32 ± 22.45d	51.39 ± 4.76d	0.31 ± 0.02c	0.24 ± 0.03cd	0.23 ± 0.07ab
ZZ	289.32 ± 18.36d	57.46 ± 5.23c	0.34 ± 0.02bc	0.26 ± 0.06bc	0.20 ± 0.03bc
ZD	241.38 ± 22.47f	50.11 ± 3.78d	0.26 ± 0.04d	0.21 ± 0.02e	0.16 ± 0.09c
DG	221.36 ± 20.44g	45.36 ± 4.11e	0.26 ± 0.05d	0.17 ± 0.02f	0.11 ± 0.03d
DZ	248.35 ± 29.36f	52.36 ± 4.66d	0.27 ± 0.03d	0.22 ± 0.02de	0.16 ± 0.05c
DD	268.47 ± 21.12e	52.17 ± 3.12d	0.31 ± 0.07c	0.21 ± 0.03e	0.19 ± 0.03c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。表 3 同。

DG、DZ 处理,DG 处理的根长、根体积最低,DD、DZ 处理的根表面积、平均直径和根干质量差异不显著,但二者均显著高于 DG 处理。

2.2 光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗生理指标的影响

从表 3 可以看出,随着光照度降低,加工型番茄幼苗的总叶绿素含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、SOD 活性、POD 活性总体呈降低趋势,而丙二醛含量呈升高趋势。当光照度为 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,GG 处理的总叶绿素含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量和 SOD 活性均显著高于 GZ、GD 处理,GG、GZ 处理的 POD 活性和丙二醛含量差异不显著,GD 处理的总叶绿素含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、SOD 活性、POD 活性最低,丙二醛含量最高。当光照度为 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,ZZ 处理的总叶绿素含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量和 SOD 活性均显著高于 ZG、ZD 处理,ZG 处理的可溶性蛋白含量、SOD 活性显著高于 ZD 处理,总叶绿素

含量和脯氨酸含量与 ZD 处理差异不显著,ZZ 处理 POD 活性与 ZD 处理差异不显著,但是二者均显著高于 ZG 处理,ZZ 处理丙二醛含量与 ZG 处理差异不显著,但是二者均显著低于 ZD 处理。当光照度为 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,DD 处理的总叶绿素含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量和 SOD 活性与 DZ 处理比差异不显著,但是 DD 处理的总叶绿素含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、SOD 活性均显著高于 DG 处理,3 个处理间 POD 活性均存在显著差异,且 $\text{DD} > \text{DZ} > \text{DG}$,DG 处理和 DZ 处理的丙二醛含量差异不显著,但是二者均显著高于 DD 处理,可见当光照度降低时,适当的控制基质含水量可以提高加工型番茄幼苗的生理活性,增强幼苗的耐弱光能力。

2.3 光照度和基质含水量互作条件下加工型番茄幼苗生长和生理指标的相关性分析

从表 4 可以看出,将数据进行标准化处理后进行相关性分析,总叶绿素含量与根表面积呈显著正相关,即加工型番茄叶片中叶绿素含量的升高,有

表 3 光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗生理指标的影响

处理	总叶绿素含量 (mg/g)	可溶蛋白含量 (mg/g)	脯氨酸含量 ($\mu\text{g/g}$)	SOD 活性 (U/g)	POD 活性 (U/g)	MDA 含量 (nmol/g)
GG	2.71 ± 0.46a	38.34 ± 3.74a	49.37 ± 4.43a	445.37 ± 29.12a	290.31 ± 21.55a	6.76 ± 0.68e
GZ	2.45 ± 0.53b	35.33 ± 4.15b	45.27 ± 2.89b	368.75 ± 45.31c	278.37 ± 17.68ab	6.98 ± 0.57de
GD	1.98 ± 0.34c	32.45 ± 3.24c	44.75 ± 3.32b	341.28 ± 32.45d	266.29 ± 18.34bc	7.31 ± 0.45c
ZG	2.02 ± 0.25c	28.45 ± 3.11d	36.47 ± 2.98c	375.29 ± 28.45c	250.31 ± 21.63cd	7.22 ± 0.37cd
ZZ	2.36 ± 0.17b	33.26 ± 4.32c	42.55 ± 4.12b	401.28 ± 34.68b	288.45 ± 26.33a	7.12 ± 0.46cd
ZD	1.86 ± 0.26cd	26.33 ± 2.75e	40.76 ± 3.75c	341.57 ± 31.33d	271.34 ± 28.66ab	8.78 ± 0.86a
DG	1.67 ± 0.19d	22.13 ± 3.12g	32.42 ± 2.45d	318.73 ± 46.57e	214.37 ± 54.21e	8.36 ± 0.51b
DZ	2.02 ± 0.31c	24.32 ± 2.45f	35.78 ± 1.89cd	344.75 ± 32.54d	236.31 ± 21.44d	8.38 ± 0.85b
DD	1.98 ± 0.22c	25.47 ± 1.86ef	38.46 ± 2.11c	363.12 ± 29.78d	261.54 ± 28.52bc	7.44 ± 0.66c

表 4 加工型番茄根系生长和生理指标相关性分析

指标	相关系数										
	总叶绿素含量	可溶性蛋白含量	脯氨酸含量	SOD 活性	POD 活性	MDA 含量	根长	根表面积	根体积	平均直径	根干质量
总叶绿素含量	1.000										
可溶性蛋白含量	0.632	1.000									
脯氨酸含量	0.745	0.645	1.000								
SOD 活性	0.751	0.711	0.467	1.000							
POD 活性	0.614	0.826	0.682	0.603	1.000						
MDA 含量	-0.574	-0.627	-0.658	-0.887 *	-0.332	1.000					
根长	0.761	0.791	0.892 *	0.752	0.658	-0.678	1.000				
根表面积	0.912 *	0.695	0.566	0.711	0.635	-0.516	0.556	1.000			
根体积	0.713	0.715	0.715	0.723	0.488	-0.682	0.654	0.904 *	1.000		
平均直径	0.689	0.711	0.811	0.895 **	0.625	-0.691	0.782	0.811	0.482	1.000	
根干质量	0.575	0.619	0.625	0.664	0.562	-0.589	0.756	0.593	0.526	0.688	1.000

注: * 表示显著相关($P < 0.05$), ** 表示极显著相关($P < 0.01$)。

利于加工型番茄根表面增加;脯氨酸含量与根长呈显著正相关,即当加工型番茄遭受逆境(弱光、干旱)时,脯氨酸含量升高,能够缓解逆境胁迫对加工型番茄根系根长生长的抑制作用;SOD 活性与 MDA 含量呈显著负相关,与平均直径呈极显著正相关,即提高 SOD 活性,将增强植物体内活性氧的清除能力,导致膜脂过氧化产物 MDA 含量降低,同时,SOD 活性高低还直接制约着加工型番茄根系平均直径的生长。根表面积和根体积的相关系数达到 0.85 以上,呈显著正相关。表明不同指标间相关性较强,可用 PCA 对其进行综合分析。

2.4 光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗生长和生理指标影响的主成分分析

利用 SPSS 19.0 软件中降维因子对加工型番茄幼苗 11 个生长和生理指标进行主成分分析,意图将多个变量降维为少数几个变量,从而达到简化指标的目的。从表 5 可以看出,特征值大于 1.000 0 的主成分有 3 个,方差贡献率分别为 56.253%、16.121%、12.862%,累计贡献率达到了 85.236%,由此可以说明,3 个主成分代表了 9 个不同光照度和基质含水量互作处理对加工型番茄的叶绿素含量、可溶性蛋白含量和根干质量等影响情况。

从表 6 可以看出,可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、根体积和根干质量在第一主成分上有较高的特征向量,表明第一主成分主要反映了加工型番茄的可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、根体积和根干质量指标的信息,可总结为加工型番茄根系生长和渗透

表 5 主成分的特征值和贡献率

主成分	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
1	8.362	56.253	56.253
2	5.231	16.121	72.374
3	1.337	12.862	85.236

表 6 主成分分析下各项指标的特征向量

指标	第一主成分特征向量(A1)	第二主成分特征向量(A2)	第三主成分特征向量(A3)
总叶绿素含量	0.445	0.425	0.863
可溶蛋白含量	-0.872	0.378	-0.372
脯氨酸含量	0.816	0.794	0.224
SOD 活性	0.431	-0.329	0.375
POD 活性	0.268	0.936	-0.281
MDA 含量	-0.461	0.875	0.416
根长	-0.752	0.267	0.834
根表面积	0.311	0.432	0.321
根体积	0.926	-0.726	-0.336
平均直径	0.335	-0.371	0.787
根干质量	0.783	0.436	-0.875

调节物质指标;第二主成分的主要指标包括脯氨酸含量、POD 活性和 MDA 含量,可总结加工型番茄抗氧化和膜脂过氧化指标;总叶绿素含量、根长、平均直径和根干质量在第三主成分上具有较高的特征向量,表明第三主成分主要反映加工型番茄总叶绿素含量、根长、平均直径和根干质量指标的信息,可总结为加工型番茄根系生长和光合生理指标。

2.5 光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗生长和生理指标影响的综合评价

由于主成分分析中,前 3 个组分反映了加工型番茄样品中 11 个生长和生理指标信息的 85.236%,因此,可以利用前 3 个主成分对不同处理的加工型番茄 11 个生长和生理指标进行综合评价,综合评价函数是计算每个主成分得分与其对应贡献率之乘积总和,即 $F = 56.253\% \times F1 + 16.121\% \times F2 + 12.862\% \times F3$,按综合评价函数计算出的不同处理

加工型番茄生长和生理指标各主成分值、成分综合得分及排序(表 7),3 个主成分综合得分最高的为 GG 处理,其次为 GZ、ZZ 处理,从整体看,基质含水量相同时,随着光照度降低,各处理的综合得分呈降低趋势。表明加工型番茄生长和生理活动首先需要相对较强的光照度,当光照度降低后,适当地降低基质的含水量,有利于提高加工型番茄幼苗的耐弱光能力。

表 7 成分综合得分及排名

处理	得分				排序
	F1	F2	F3	F	
GG	3.425	-1.253	2.741	2.077	1
GZ	2.225	-0.538	-1.119	1.021	2
GD	0.539	0.813	1.286	0.599	4
ZG	1.054	-1.114	0.655	0.497	5
ZZ	1.378	0.751	0.583	0.971	3
ZD	-0.865	-0.625	-0.811	-0.691	6
DG	-2.857	0.886	-2.342	-1.766	9
DZ	-2.361	-0.872	-1.324	-1.639	8
DD	-1.182	-0.683	-1.637	-0.986	7

3 讨论与结论

植物对环境条件的适应性,应该结合植株形态、生理、生化等指标进行综合分析,单一指标难以全面真实地反应植物的生长状况^[7]。本研究运用主成分分析对不同光照度和基质含水量处理的加工型番茄生长和生理指标进行综合评价,根据加权后的主成分得分可知,当光照度为 500 μmol/(m²·s)、基质含水量为 80% 时,加工型番茄幼苗的生长和生理表现最好。同时,本试验研究表明,光照度是影响植物根系生长和生理代谢活动的主要因子,随着光照度降低,加工型番茄根系生长生理活动受到抑制,这与杨虎彪等的研究结果^[8]一致,光照度降低后,提高土壤水分含量,吊罗山藁草的根系生长和生理活动同样受到抑制。光照度降低,直接影响加工型番茄光合作用和碳水化合物的积累,造成根系生长所需的营养物质不足,即使提高基质含水量,由于植物的蒸腾速率和净光合速率降低,水分利用效率减弱,阻碍了植株地上部和地下部进行正常的物质交换,也会影响植株根系的生长和生理活动^[9]。

加工型番茄的总叶绿素含量与根表面积呈显著正相关;脯氨酸含量与根长呈显著正相关,SOD

活性与根系平均直径呈极显著正相关,表明加工型番茄的根表面积、根长和根系平均直径分别受到总叶绿素含量、脯氨酸含量和 SOD 活性的制约,而根表面积、根长和平均直径是影响加工型番茄水分和矿质元素吸收的重要影响因素。当光照度降低后,加工型番茄幼苗的总叶绿素含量和脯氨酸含量减少,SOD 活性降低,导致加工型番茄根系内细胞的过氧化程度加剧,光合产物减少,表现为根系生长受抑制,这与 Feng 等的研究结果^[10]一致。

因子分析通过数据降维将原始信息进行压缩,使各主因子之间互不相关但又能反映各指标的信息,从而实现有效指标的筛选,降低分析难度,提高分析效率。因此,因子分析在薄皮甜瓜^[11]、黄瓜^[12]、茄子^[13]、番茄^[14-15]等园艺作物生长和生理指标的综合评价中已经被广泛应用。本研究采用因子分析将 11 个加工型番茄根系生长和生理相关指标简化为 3 个相对独立的主因子,明确了不同主成分上有相对较高的特征向量范围,根据各主因子得分可以对加工型番茄根系生长和生理活动进行更为具体的评价。

综合评价结果表明,光照度为 500 μmol/(m²·s)、基质含水量为 80% 的处理综合排名第一,其次为光

照度为 $500 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 70% 的处理,而光照度为 $500 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 60% 的处理综合排名低于光照度为 $300 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 70% 的处理,光照度为 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 70% 的处理的综合排名低于光照度为 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 60% 的处理。可见,当光照度强度降低时,适当的控制基质含水量有利于增强植株的耐弱光性,在披针叶茴香^[16]、厚皮甜瓜^[17]上的研究表明,水分胁迫可在一定程度上增强植株对弱光环境的适应性和自身调节能力。这主要是由于水分胁迫可促使光补偿点降低,捕光色素 Chl. b 增加,有助于弱光下有限光能的吸收、传递,以及光化学反应的进行^[18-20],具体表现为植物叶片的电子传递效率(ψ_o)、电子传递量子产额(φ_{E_0})、能量流参数和光合性能指数(PI_{ABS})均出现升高趋势^[21]。同时在水分不足条件下,细胞内的淀粉水解会加强,导致小分子糖类的不断积累^[22],从而提高植株的耐弱光性。

综上所述,光照度和基质含水量互作对加工型番茄幼苗根系生长和生理活动具有明显影响,其中光照度为 $500 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、基质含水量为 80% 时,最有利于加工型番茄幼苗根系生长以及生理活动的正常进行,当光照度不足时,通过适当控制基质含水量可以增强加工型番茄幼苗对弱光的适应性。

参考文献:

- [1] 徐广祥,史有国,陈宇,等. 河套地区加工番茄品种比较[J]. 黑龙江农业科学,2018(5):55-58.
- [2] Lanoue J,Leonardos E D,Grodzinski B. Effects of light quality and intensity on diurnal patterns and rates of photo-assimilate translocation and transpiration in tomato leaves[J]. Frontiers in Plant Science,2018,9:756.
- [3] 王克磊,蒋芳玲,吴震,等. 水分和光照互作对番茄生长发育和生理特性的影响[J]. 西北农业学报,2009,18(4):208-212,260.
- [4] 蒋芳玲,徐磊,王克磊,等. 光照与基质含水量对不结球白菜光合特性的影响[J]. 南京农业大学学报,2011,34(6):25-30.
- [5] 孔德栋,钟远香,沈宏亮. 水分与光照互作对铁皮石斛生长、光合特性及可溶性糖含量的影响[J]. 华中农业大学学报,2015,34(5):19-24.
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [7] 李金玲,赵致,罗春丽,等. 不同光照强度和水分对金钗石斛生长与生理影响的综合评价[J]. 中药材,2017,40(10):2262-2265.
- [8] 杨虎彪,林鹏,刘国道. 不同光照和水分对吊罗山藁草生长的影响[J]. 热带作物学报,2021,42(9):2623-2630.
- [9] Hickin M,Preisser E L. Effects of light and water availability on the performance of hemlock woolly adelgid (Hemiptera:Adelgidae)[J]. Environmental Entomology,2015,44(1):128-135.
- [10] Feng L Y,Raza M A,Li Z C,et al. The influence of light intensity and leaf movement on photosynthesis characteristics and carbon balance of soybean[J]. Frontiers in Plant Science,2019,9:1952.
- [11] 潘好斌,刘东,邵青旭,等. 不同品种薄皮甜瓜成熟期果实质地品质分析及综合评价[J]. 食品科学,2019,40(21):35-42.
- [12] 苗丽,段颖,王长林,等. 中国南瓜对嫁接黄瓜产量与风味影响的综合评价[J]. 核农学报,2019,33(10):1949-1958.
- [13] 吴宏琪,林碧英,李彩霞,等. 不同茄子品种幼苗期耐盐性评价[J]. 河南农业科学,2020,49(10):92-100.
- [14] 刘珮君,王晓敏,李国花,等. 166 份番茄种质资源的综合评价[J]. 云南大学学报(自然科学版),2020,42(4):792-803.
- [15] 张洋,郁继华,唐中祺,等. 不同时段株间补光对日光温室番茄产量及品质的影响[J]. 江苏农业学报,2020,36(2):430-437.
- [16] 曹永慧,周本智,陈双林. 弱光下水分胁迫对不同产地披针叶茴香幼苗生理特性的影响[J]. 生态学报,2014,34(4):814-822.
- [17] 毛炜光,蒋芳玲,吴震. 基质含水量和光照水平对网纹甜瓜幼苗生长和生理生化特性的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(1):72-76.
- [18] 肖文静,孙建磊,王绍辉,等. 适度水分胁迫提高黄瓜幼苗光合作用弱光适应性[J]. 园艺学报,2010,37(9):1439-1448.
- [19] Zhang X R,Tan X F,Wang R Q,et al. Effects of soil moisture and light intensity on ecophysiological characteristics of *Amorpha fruticosa* seedlings[J]. Journal of Forestry Research,2013,24(2):293-300.
- [20] 阎腾飞,赵师成,张广波,等. 不同土壤水分条件下信阳五月鲜桃光响应过程及其模拟[J]. 节水灌溉,2020(2):51-56.
- [21] 金迪,张明如,王佳佳,等. 遮光与水分胁迫对盆栽苜蓿光合与叶绿素荧光参数的影响[J]. 浙江农林大学学报,2020,37(6):1054-1063.
- [22] 孙恒,张燕平,吴疆坤,等. 干旱胁迫和遮光对印楝幼苗生长及碳氮代谢的影响[J]. 西北植物学报,2020,40(3):463-470.