

高、低温胁迫对雾培嫁接苗根系生长发育的影响

鲁雪利, 于海业, 赵红星, 张 蕾

(吉林大学 生物与农业工程学院, 吉林 长春 130022)

摘 要:以黄瓜嫁接苗根系为研究对象,采用雾培生根法,通过对根际进行高温与低温胁迫,分别进行了单因素试验和多因素正交实验。结果表明:高、低温胁迫对黄瓜嫁接苗根系相对电导率和根系活力影响高度显著,影响强度高于栽培方式和嫁接苗品种等因素;高温胁迫下,嫁接苗根系的根长增大,根鲜重、根体积、根直径、根系数量减小,根系相对电导率增大,根系活力下降,嫁接苗根系出现明显的徒长现象;低温胁迫下,嫁接苗根系的根长、根鲜重、根体积、根直径、根数量均明显减小,根系相对电导率增大,根系活力下降,嫁接苗根系生长发育缓慢。试验表明,高、低温胁迫都严重影响嫁接苗根系的正常生长,尤其是高温胁迫影响更明显。

关键词:高温胁迫;低温胁迫;嫁接苗根系;根系活力;相对电导率

中图分类号:S 604⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2016)08—0006—05

黄瓜是我国栽培面积较大的蔬菜作物之一^[1]。黄瓜苗根系浅,好气性强,适于雾培。温度是黄瓜设施栽培中重要的影响因素,冬季的低温和夏季的高温严重制约了黄瓜的品质和产量^[2]。根系是植物吸收和运输水分与营养物质的主要器官,根系的生长发育直接影响到植株地上部分的生长和产量^[3]。适宜的根际温度有利于植物根系正常的生长和代谢,寒冷的冬季与炎热的夏季都会导致植物根际温度过低或过高,将严重影响到植物的生长和产量^[4-7]。目前,有关对不同嫁接方式下高、低温胁迫对雾培嫁接苗根系生长发育影响方面的研究较少^[8-12],为此,该研究以黄瓜嫁接苗为研究对象,采用雾培生根法,通过研究其根系在高温、低温胁迫下理化指标和生长指标的变化情况,分析温度对嫁接苗根系生长发育的影响,以为优质高效的育苗方式提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验以日本“金秀台木”南瓜为砧木,分别以“绿龙 F1.188”黄瓜、“新津研 4 号”黄瓜和“中农 8 号”黄瓜为嫁接穗。

第一作者简介:鲁雪利(1988-),女,硕士研究生,研究方向为设施农业环境控制及节能技术。E-mail:luxueli880101@163.com.

责任作者:于海业(1963-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事农业生物环境测控理论与技术领域等研究工作。E-mail:haiye@jlu.edu.cn.

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2012AA10A506-4;2013AA103005-04)。

收稿日期:2015—12—14

1.2 试验方法

1.2.1 试验管理 试验于 2014 年 11 月 26 日至 2015 年 1 月 24 日和 2015 年 6 月 8 日至 2015 年 7 月 5 日在吉林大学南岭校区的玻璃温室内进行。试验过程中采用双断根嫁接法对黄瓜幼苗进行嫁接,缓苗 1 周后选择长势相同的黄瓜嫁接苗移入雾培箱进行雾培处理,营养液配方选用日本园式配方加微量元素通用配方,每隔 30 min 供给 15 min 营养液,营养液 pH 值保持在 5.5~6.5。

1.2.2 单因素试验 选用“绿龙 F1.188”黄瓜嫁接苗进行单因素试验,分别研究高温胁迫和低温胁迫对嫁接苗根系生长发育的影响。高温胁迫试验设置光照强度为 6 000 lx,光照和黑暗分别为 12 h,湿度保持在 75%~80%,对照试验中白天和夜晚的温度分别取 25℃和 15℃;高温处理 1:白天和夜晚的温度分别取 35℃和 20℃;高温处理 2:白天和夜晚的温度分别取 38℃和 20℃;高温处理 3:白天和夜晚的温度分别取 40℃和 20℃。处理 7 d 后对黄瓜嫁接苗根系各指标进行测量和对比分析。低温胁迫试验中,光照强度为 6 000 lx,光照和黑暗分别为 12 h,湿度保持在 75%~80%,对照试验中白天和夜晚的温度分别取 25℃和 15℃;低温处理 1:白天和夜晚的温度分别取 10℃和 5℃;低温处理 2:白天和夜晚的温度分别取 8℃和 5℃;低温处理 3:白天和夜晚的温度分别取 5℃和 5℃,处理 7 d 后对黄瓜嫁接苗根系各指标进行测量和对比分析。

1.2.3 多因素正交实验 嫁接苗生长发育过程中,不同的品种、栽培方式、温度及温度胁迫时刻等都可能对嫁接苗根系生长发育产生影响,因此,试验中选取胁迫温度、温度胁迫时刻、品种和栽培方式 4 个影响因素进行

试验,并分析这4个影响因素对嫁接苗根系生长发育影响的显著性及主次顺序。各影响因素及水平见表1。试验中,嫁接苗的栽培方式分别选用传统的土培法及目前广泛应用的雾培法;由于目前市场上黄瓜品种众多,因此试验中随机选取“绿龙 F1.188”黄瓜、“新津研4号”黄瓜和“中农8号”黄瓜为嫁接穗进行嫁接试验;试验选用40、25、5℃分别代表高温胁迫、常温、低温胁迫;温度胁迫时刻分别选择嫁接后第10天、第20天、第30天,胁迫持续时间为5d,并于嫁接后第35天对各项根系指标进行测量。根据试验影响因素及水平的数量,选用 $L_9(2^1 \times 3^3)$ 正交表^[13],具体试验方案见表2。

表1 试验影响因素及水平

Table 1	Test factors and levels			
影响因素 Influence factors	A栽培方式 A Cultivation patterns	B品种 B Varieties	C温度胁迫时刻 C Temperature stress time	D胁迫温度 D Stress temperature /℃
水平 Level	雾培 土培	“绿龙 F1.188” “新津研4号” “中农8号”	第10天 第20天 第30天	40 25 5

表2 多因素正交实验方案

Table 2	Multi-factor orthogonal test			
试验号 Test number	A栽培方式 A Cultivation patterns	B品种 B Varieties	C温度胁迫时刻 C Temperature stress time	D胁迫温度 D Stress temperature /℃
1	雾培	“绿龙 F1.188”	第10天	40
2	雾培	“新津研4号”	第20天	25
3	雾培	“中农8号”	第30天	5
4	雾培	“绿龙 F1.188”	第20天	5
5	雾培	“新津研4号”	第30天	40
6	雾培	“中农8号”	第10天	25
7	土培	“绿龙 F1.188”	第30天	25
8	土培	“新津研4号”	第10天	5
9	土培	“中农8号”	第20天	40

1.3 项目测定

1.3.1 生长指标 试验中随机选取3棵黄瓜嫁接苗测量其根长、根数量、根重、根体积、根直径和根系活力,取其平均值作为试验结果。根系长度采用游标卡尺测量。根系重量采用天平测量,测量精度为0.01g。根系数量采用根系扫描仪测量。根系体积采用量筒测定。根系直径用游标卡尺测量。

1.3.2 根系活力和相对电导率 根系活力采用TTC法测量。相对电导率的测量参考蔡庆生^[14]的方法,将

表3 高、低温胁迫对雾培黄瓜嫁接苗根系生长指标的影响

Table 3	The effect of high and low temperature stress on the root growth index of cucumber grafted seedlings						
生长指标 Growth indicator	常温 Normal temperature/℃	高温胁迫 High temperature stress/℃			低温胁迫 Low temperature stress/℃		
	25	35	38	40	10	8	5
根长 Root length/cm	39.9	42.4	48.8	43.5	31.9	29.6	26.7
根鲜重 Root fresh weight/g	5.70	4.88	5.06	4.28	4.56	4.01	4.66
根体积 Root volume/mL	4.6	3.7	4.1	2.3	3.2	1.9	0.8
根直径 Root diameter/mm	6.45	5.14	5.48	4.92	5.75	4.20	4.24
根数量 Root number/条	39	33	38	36	26	21	20

黄瓜嫁接苗根系用清水洗净后再用蒸馏水冲洗3次,用滤纸吸干根系表面的水分,将嫁接苗根系剪成适宜长度的长条,快速称取3份,每份质量为1g,将3份根系分别置于25mL试管中,并增加一份空白作为对照试验,4根试管中分别加入相同体积的去离子水,抽气20min后,盖上玻璃塞置于室温下浸泡振荡处理1h,于25℃下用电导仪测定浸泡提取液电导率,然后沸水浴加热5min,冷却至室温后摇匀,再次测定浸泡提取液电导率。相对电导率(%)=(R1-R0)/(R2-R0)×100,式中,R0为空白对照试验的电导率,R1为25℃下浸泡提取液的电导率,R2为沸水浴加热后浸泡提取液的电导率。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2003和SPSS 17.0软件进行数据统计和分析。

2 结果与分析

2.1 高、低温胁迫对雾培黄瓜嫁接苗根系生长指标的影响

由表3结果可知,高、低温胁迫对雾培嫁接苗根系的根长、根数量、根重、根体积、根直径等生长指标影响显著;高温胁迫下,嫁接苗根长大于常温条件下嫁接苗根长,但根鲜重、根体积、根直径、根数量等指标为嫁接苗小于常温条件的。35、38、40℃高温胁迫下,嫁接苗根长比常温条件下增加了2.5、8.9、3.6cm,嫁接苗根系的根鲜重比常温条件下分别减小了0.82、0.64、1.42g,根体积比常温条件下分别减小了0.9、0.5、2.3mL,根直径比常温条件下分别减小了1.31、0.97、1.53mm,根数量比常温条件下分别减少了6、1、3条,因此,高温胁迫将造成嫁接苗根系徒长,根直径、根数量和根体积减小,导致日后植株容易出现倒伏现象;低温胁迫下,嫁接苗根系的根长、根鲜重、根体积、根直径、根数量都明显小于常温条件下嫁接苗根系的根长、根鲜重、根体积、根直径和根数量,1、8、5℃低温胁迫下,嫁接苗根系的根长比常温条件下分别减小了8.0、10.3、13.2cm,根鲜重比常温条件下分别减小了1.14、1.69、1.04g,根体积比常温条件下分别减小了1.4、2.7、3.8mL,根直径比常温条件下分别减小了0.70、2.25、2.21mm,根系数量比常温条件下分别减小了13、18、19条,因此,低温胁迫不利于嫁接苗

根系的生长发育,温度越低嫁接苗根系生长发育越缓慢。

2.2 高、低温胁迫对雾培嫁接苗根系相对电导率和根系活力的影响

由图1可以看出,随胁迫温度升高,嫁接苗根系相对电导率呈现先减小后增大趋势,在常温(25℃)条件下嫁接苗根系相对电导率最小,在5℃和40℃胁迫温度下嫁接苗根系相对电导率最大。相对电导率是根系抗逆性的一种体现,雾培嫁接苗根系在高、低温胁迫下都受到不同程度的损伤,不利于根系的生长发育。

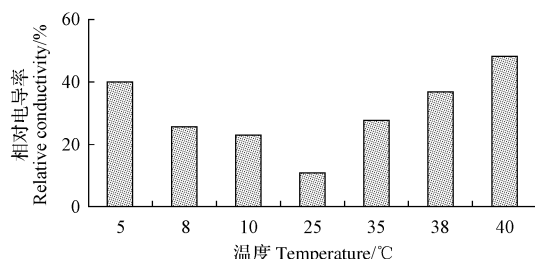


图1 高、低温胁迫下雾培嫁接苗根系相对电导率

Fig.1 The relative conductivity of grafted seedlings root under high and low temperature stress

由图2可以看出,随胁迫温度升高,嫁接苗根系活力呈现先增大后减小的趋势,在常温(25℃)条件下嫁接苗根系活力最高,在5℃和40℃胁迫温度下嫁接苗根

系活力最低。根系活力是评价植物根系生长发育的一个重要指标,嫁接苗根系在高、低温胁迫下都受到不同程度的损伤,且温度越低或越高,根系受到的伤害越大。

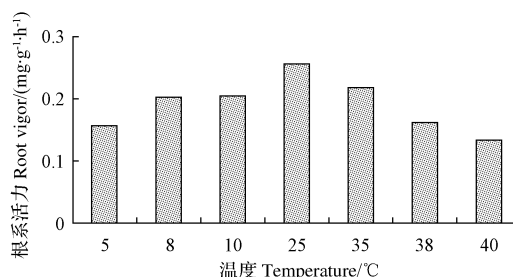


图2 高、低温胁迫下雾培嫁接苗根系活力

Fig.2 The root vigor of grafted seedlings root under high and low temperature stress

2.3 高、低温胁迫对雾培嫁接苗根系形态的影响

低温胁迫、常温和高温胁迫下雾培嫁接苗根系形态分别如图3(a)、(b)、(c)所示,常温条件下嫁接苗根系体积庞大,根系洁白,侧根数量众多;低温胁迫下,嫁接苗根系体积和面积明显减小,侧根数量也减少;高温胁迫下,嫁接苗根系细长且颜色为黄褐色,侧根数量极少。因此,高、低温胁迫都不利于嫁接苗根系的生长发育,尤其是高温胁迫,对嫁接苗根系生长发育十分不利。

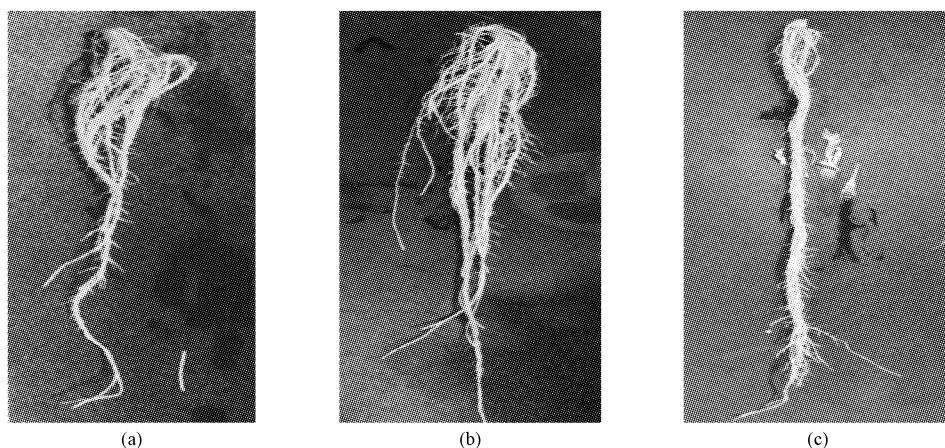


图3 低温胁迫(a)、正常温度(b)和高温胁迫(c)下雾培嫁接苗根系形态

Fig.3 Grafted seedlings root morphology under low temperature stress(a), normal temperature(b) and high temperature(c) stress

2.4 正交实验结果分析

表4~8为正交实验及其极差、方差分析结果。以嫁接苗根系活力为评价指标,其影响的主次顺序依次为胁迫温度、栽培方式、温度胁迫时刻和嫁接苗品种,其中胁迫温度、栽培方式和温度胁迫时刻对嫁接苗根系活力影响高度显著,而嫁接苗品种对嫁接苗根系活力影响不显著。因此,高、低温胁迫对嫁接苗根系活力产生极其显著的影响,其影响力高于栽培方式和嫁接苗

品种。

以嫁接苗根系相对电导率为评价指标,对其影响的主次顺序依次为胁迫温度、温度胁迫时刻、栽培方式和嫁接苗品种,其中胁迫温度、栽培方式和温度胁迫时刻对嫁接苗根系相对电导率影响高度显著,而嫁接苗品种对嫁接苗根系相对电导率影响不显著。因此,高、低温胁迫对嫁接苗根系相对电导率产生极其显著的影响,其影响力高于栽培方式和嫁接苗品种。

表 4

正交实验结果

Table 4

Orthogonal experiment results

试验号	A 栽培方式	B 品种	C 温度胁迫时刻	D 胁迫温度	根系活力	相对电导率
Test number	A Cultivation patterns	B Varieties	C Temperature stress time	D Stress temperature/℃	Root vigor/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	Relative conductivity/%
1	雾培	“绿龙 Fl. 188”	第 10 天	40	0.227	46.7
2	雾培	“新津研 4 号”	第 20 天	25	0.264	19.8
3	雾培	“中农 8 号”	第 30 天	5	0.105	46.5
4	雾培	“绿龙 Fl. 188”	第 20 天	5	0.199	41.3
5	雾培	“新津研 4 号”	第 30 天	40	0.211	44.1
6	雾培	“中农 8 号”	第 10 天	25	0.308	23.3
7	土培	“绿龙 Fl. 188”	第 30 天	25	0.179	28.9
8	土培	“新津研 4 号”	第 10 天	5	0.147	46.6
9	土培	“中农 8 号”	第 20 天	40	0.131	44.2

表 5

正交实验结果极差分析

Table 5

Range analysis by orthogonal experiment

	A 栽培方式	B 品种	C 温度胁迫时刻	D 胁迫温度
	A Cultivation patterns	B Varieties	C Temperature stress time	D Stress temperature
K ₁	1.314	0.605	0.682	0.569
K ₂	0.457	0.622	0.594	0.751
K ₃		0.544	0.495	0.451
K ₁ 均值 K ₁ mean	0.219	0.202	0.227	0.190
K ₂ 均值 K ₂ mean	0.152	0.207	0.198	0.250
K ₃ 均值 K ₃ mean		0.181	0.165	0.150
极差 Range	0.067	0.026	0.062	0.100
主次顺序 Order	D>A>C>B			

表 6

正交实验结果方差分析

Table 6

Variance analysis by orthogonal experiment

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F 值	临界值 F _e	显著性水平
Source of variance	Errors square sum	Degree of freedom	Variance	F-value	Critical value	Significance level
因素 A Factor A	0.011 111	1	0.011 111	43.066	F _{0.01} (1,8)=11.26	极显著
因素 B Factor B	0.001 122	2	0.000 561	2.174	F _{0.05} (2,8)=4.46	不显著
因素 C Factor C	0.005 835	2	0.002 917	11.306	F _{0.01} (2,8)=8.65	极显著
因素 D Factor D	0.015 228	2	0.007 614	29.512	F _{0.01} (2,8)=8.65	极显著
误差 e Error e	0.000 258	1	0.000 258			

表 7

正交实验结果极差分析

Table 7

Range analysis by orthogonal experiment

	A 栽培方式	B 品种	C 温度胁迫时刻	D 胁迫温度
	A Cultivation patterns	B Varieties	C Temperature stress time	D Stress temperature
K ₁	221.833	116.900	116.600	135.000
K ₂	119.700	110.500	105.300	72.000
K ₃		114.000	119.500	134.400
K ₁ 均值 K ₁ mean	36.972	38.967	38.867	45.000
K ₂ 均值 K ₂ mean	39.900	36.833	35.100	24.000
K ₃ 均值 K ₃ mean		38.000	39.833	44.800
极差 Range	2.928	2.133	4.733	21.000
主次顺序 Order	D>C>A>B			

表 8

正交实验结果方差分析

Table 8

Variance analysis by orthogonal experiment

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F 值	临界值 F _e	显著性水平
Source of variance	Errors square sum	Degree of freedom	Variance	F-value	Critical value	Significance level
因素 A Factor A	21.561 810	1	21.562	15.347	F _{0.01} (1,8)=11.26	极显著
因素 B Factor B	6.846 667	2	3.423	2.436	F _{0.05} (2,8)=4.46	不显著
因素 C Factor C	37.526 670	2	18.763	13.354	F _{0.01} (2,8)=8.65	极显著
因素 D Factor D	873.680 000	2	436.840	310.918	F _{0.01} (2,8)=8.65	极显著
误差 e Error e	1.404 861 0	1	1.405			

3 结论与讨论

试验通过单因素试验和多因素正交实验,研究了高、低温胁迫对雾培嫁接苗根系生长发育的影响。结果表明,高、低温胁迫对雾培嫁接苗根系相对电导率和根系活力影响高度显著,影响强度高于栽培方式和嫁接苗品种等因素;与常温条件下嫁接苗根系相比较,高温胁迫下,嫁接苗根系的根长增大,但根鲜重、根体积、根直径、根数量减小,嫁接苗根系的相对电导率增大,根系活力下降,嫁接苗根系出现明显的徒长现象,侧根数量极少,导致日后植株容易出现倒伏现象;与常温条件下嫁接苗根系相比较,低温胁迫下,嫁接苗根系的根长、根鲜重、根体积、根直径、根数量均明显减小,嫁接苗根系相对电导率增大,根系活力下降,嫁接苗根系生长发育缓慢。

参考文献

- [1] 于贤昌,邢禹贤,马红,等. 黄瓜嫁接苗抗冷特性研究[J]. 园艺学报, 1997, 24(4): 348-352.
- [2] 冯旸,于贤昌,郭恒俊,等. 低温胁迫对黄瓜嫁接苗和自根苗保护酶活性的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002, 33(3): 302-304.
- [3] NAGEL K A, KASTENHOLZ B. Temperature responses of roots: impact on growth, root system architecture and implications for phenotyping[J]. Functional Plant Biology, 2009, 36(11): 947-959.
- [4] 宋敏丽,温祥珍,李亚灵. 根基高温对植物生长和代谢的影响综述

[J]. 生态学杂志, 2010, 29(11): 2258-2264.

- [5] MOON J H, BOO H O, JANG I O. Effect of root-zone temperature on water relations and hormone contents in cucumber[J]. Horticulture Environment and Biotechnology, 2007, 48: 257-264.
- [6] TAHIR I, NAKATA N, YAMAGUCHI T, et al. Influence of high shoot and root-zone temperatures on growth of three wheat genotypes during early vegetative stages[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2008, 194: 141-151.
- [7] TACHIBANA S. Comparison of effects of root temperature on the growth and mineral nutrition of cucumber cultivars and figleaf gourd[J]. J Jpn Soc Hort Sc, 1982, 51(3): 299-308.
- [8] 王克安,何启伟,陈运起,等. 低温对黄瓜幼苗根系活力及生物学产量影响的研究[J]. 山东农业科学, 2000(4): 17-19.
- [9] 孟令波,李淑敏. 高温胁迫对黄瓜生理、生化过程的影响[J]. 哈尔滨学院学报, 2003, 24(10): 121-125.
- [10] 张圣平,顾兴芳,王烨,等. 低温胁迫对以野生黄瓜(棘瓜)为砧木的黄瓜嫁接苗生理生化指标的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(7): 1428-1432.
- [11] SOLOKLUI A A G, ERSADI A. Evaluation of cold hardiness in seven Iranian commercial pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars[J]. Hort Science, 2012, 47(12): 1821-1825.
- [12] 宋尚伟,刘程宏,张芳明,等. 不同石榴品种抗寒性的研究[J]. 河南农业大学学报, 2012(2): 44-45.
- [13] 任露泉. 回归设计及其优化[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 20.
- [14] 蔡庆生. 植物生理学实验[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2013.

Effect of High and Low Temperature Stress on Root Growth and Development of Fog Grafted Seedling

LU Xueli, YU Haiye, ZHAO Hongxing, ZHANG Lei

(College of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun, Jilin 130022)

Abstract: Root system of cucumber grafted seedlings were used as research object, the single factor test and multi-factor orthogonal experiment were carried out through high and low temperature stress. The results showed that effect of high and low temperature stress on the relative conductivity of grafting root and root activity was highly significant, which was higher effect than cultivation mode and grafting varieties; under high temperature stress, the root length of grafted seedlings increased, but the root fresh weight, root volume, root diameter and root number decreased, root relative conductivity increased, root vigor dropped, grafted seedling's root apparent over growth phenomenon; under low temperature stress, the root length, root fresh weight, root volume, root diameter and root number significantly decreased, root relative conductivity increased, root vigor dropped, root of grafted seedlings developed slowly. The results suggested that high and low temperature stress affect the grafted seedling's root normal growth, especially the high temperature stress.

Keywords: high temperature stress; low temperature stress; the grafted seedling's root; root vigor; relative conductivity