DOI:10.15933/j.cnki.1004-3268.2006.01.025

低温弱光处理对番茄幼苗生长的影响

蒋　燕[1], 赵会杰[2]
(1.河南科技大学, 河南 洛阳 471003; 2. 河南农业大学, 河南 郑州 450002)

摘要: 研究了低温弱光对13 个番茄品种苗期生长的影响, 并对不同品种耐低温弱光性能进行了比较。结果表明: 低温弱光下番茄幼苗的生长量、叶片叶绿素含量、光合速率下降; 根系活力与细胞质膜相对透性变化, 不同品种表现差异明显。综合比较, 以黄洋梨、黄矮、马纳佩尔、紫玫瑰耐低温弱光能力较强, 红洋梨、红矮、花绣球、红樱桃耐低温弱光能力较弱。植物体内发生的生理反应与植物的生长情况基本一致。幼苗生长量、叶片电导率、叶绿素含量、光合速率等, 可以作为番茄苗期低温弱光抗性指标, 几项指标应互相参照。

关键词: 番茄; 低温弱光; 幼苗生长
中图分类号: S641.2　　文献标识码: A　　文章编号: 1004—3268(2006)01—0087—05

Influences of Low Temperature and Poor Light on Physiological Characters of Tomato Seedlings

JIANG Yan[1], ZHAO Hui-jie[2]
(1. Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;
2. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The authors studied the influences of low temperature and poor light on physiological character of the seedlings of 13 tomato varieties and identified the different tolerance of these varieties to low temperature with poor light. The main results showed that, at low temperature and poor light, there were significant differences among these varieties for the tolerance of the following varieties such as Huangyangli, Huang' ai, Manapei' er ect. were stronger than that of Hongyangli, Hong' ai, Huaxiouqiu and so on. The growth increment of seedlings, leaf conductivity, chlorophyll, content and photosythetic rate could be used as the indicators for the tolerance of tomato seedlings to low temperature and poor light.

Key words: Tomato; Low temperature with poor light; Physiological character

低温弱光是限制植物生长发育、基因表达和产量的重要因子。随着现代生物技术的发展及其广泛应用, 国内外学者对植物低温弱光胁迫生理及抗性机制的研究日益深入。番茄(*Lycopersicun esculentum* Mill)起源于热带、亚热带地区, 对温度反应敏感, 低于 15 ℃生长发育受阻, 5 ℃时生长停止。番茄是农业生产上的大宗蔬菜之一, 是设施和露地春秋季栽培重要的果菜类型之一。生产中, 低温弱光环境成为冬春保护地栽培影响番茄幼苗正常生长发育, 取得稳产与高产的主要障碍因子。无论是通过栽培途径, 还是通过育种手段来提高番茄耐低温弱光能力, 都亟需筛选出耐低温弱光的种质资源。有

收稿日期: 2005—07—21
作者简介: 蒋　燕(1966—), 女, 河南洛阳人, 副教授, 硕士, 主要从事蔬菜教学及科研工作。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

关番茄耐低温弱光生理研究的报道已经很多，但研究品种较少，多以低温或弱光作为单一因素开展研究[1~8]。而实际生产中，低温与弱光往往同时出现。笔者针对上述情况，探讨低温弱光对番茄苗期生长的影响，并对番茄不同品种的抗性进行比较，对指导番茄生产中正确选用优良品种和采取抗逆应变栽培技术有着重要的理论与实际意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用红洋梨（简称红洋）、黄洋梨（黄洋）、花绣球（花绣）、红矮、紫玫瑰（紫玫）、黄小玉（黄玉）、加拿大 8 号（加 8）、马纳佩尔（马纳）、强力米寿（强力）、红樱桃（红樱）、黄矮、黄樱桃（黄樱）、毛粉 802（毛粉）共 13 个番茄品种为试验材料。品种试材均来源于云南世博园。

1.2 试验设计

试验于 2003 年在河南科技大学实验基地进行。60 cm×24 cm 育苗盘育苗，营养土按照园土、蛭石、草炭各 1/3 的比例混匀，播后常规管理。2 片真叶时分苗于 10 cm×10 cm 塑料营养钵中。4～5 片真叶时放入 LRH－205－G Ⅱ型光照培养箱内进行低温弱光处理（10 ℃，4 000 lx，），每个品种设对照（25 ℃，20 000 lx）。光/暗周期为：12h/12h。每处理 20 株，3 次重复。处理时间为 7d。处理前后测定植株生长量。处理后，测定叶片叶绿素含量、光合速率、电导率、根系活力等相关生理指标。

1.3 测定项目与方法

植株生长量用株高、茎粗、叶面积、株幅 4 个指标来衡量。叶面积用相关关系方法计算[9]。

用 Li－6400 型便携式光合作用测定仪测定幼苗光合作用。温度（23±1）℃，CO_2 浓度为（400±10）μmol/mol，RH 为 25%～30%，PFD 为 1 000 μmol/（m^2.s）。

分光光度法[10]测定叶绿素含量，用 UV755B 型分光光度计在 663 nm 和 645 nm 下比色，丙酮对照，Arnon 方法[11]计算叶绿素含量。

采用电导仪法[12]，用 DDS－II 型电导率仪测定电导率，计算电解质相对渗出率。

采用 TTC 比色法测定根系活力。于 485 nm 下用 UV755B 型分光光度计比色，甲醇对照。

幼苗生长量 4 个指标数据处理方法均用增长量差值表示，即各个品种处理的增长量与对照增长量的差值。其他各指标差值用处理减去对照表示。

所有观测数据均利用 SPSS 统计软件进行方差分析和多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 低温弱光处理对番茄幼苗植株生长的影响

低温弱光处理对番茄不同品种幼苗生长量的影响见表 1。从中可以看出，低温弱光下，除黄玉叶面积外，其他品种株高、茎粗、叶面积、株幅增长量都小于对照，说明在 10 ℃低温和 4 000 lx 弱光下，番茄的生长都受到抑制。

各品种株高增长量，除加 8 和花绣与对照差异不显著，毛粉与对照差异显著外，其他品种幼苗株高增长量都极显著小于对照。不同品种之间，黄玉、加 8、黄矮、马纳耐低温弱光能力极显著的强于黄樱、红矮。

茎粗增长量表明，毛粉、紫玫、红洋、红樱、黄樱、黄矮极显著小于对照，马纳、花绣显著小于对照，强力、黄洋、加 8、红矮、黄玉与对照差异不显著。不同品种之间，黄玉、黄矮耐低温弱光能力显著强于红樱、紫玫，黄玉与黄矮、红樱与紫玫相互之间差异不显著。

从叶面积增长量可以看出，毛粉、马纳、强力、红洋、黄矮极显著小于对照，红樱显著小于对照，紫玫、黄洋、加 8、花绣、黄樱、红矮、黄玉与对照差异不显著。不同品种之间，黄洋、黄玉、黄矮叶面积增长量受抑制较小，与马纳、强力达极显著差异。

株幅增长量显示，毛粉、强力、红洋、黄樱、黄矮、红樱极显著小于对照，马纳、黄洋、紫玫、加 8 显著小于对照，花绣、黄玉与对照差异不显著。不同品种之间，黄玉、黄矮、紫玫与强力、马纳、毛粉达极显著差异。

综合分析上述 4 项生长指标，低温弱光对番茄植株生长有明显的抑制作用，品种之间有较大的差异。其中，黄玉、黄矮、黄洋表现耐低温弱光能力较强，毛粉、红樱、强力、红洋表现较弱。

2.2 低温弱光对番茄幼苗光合速率、叶绿素含量的影响

低温弱光处理对番茄不同品种幼苗光合速率及叶绿素含量的影响结果见表 2。从表 2 可见，低温弱光处理对番茄不同品种幼苗光合速率的影响较大，各个品种幼苗光合速率均

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　低温弱光处理对番茄幼苗株高、茎粗、叶面积、株幅增长量的影响

品种	株高增长量(cm)			茎粗增长量(cm)			叶面积增长量(cm²)			株幅增长量(cm²)		
	较 ck±(%)	差值	差异显著性	较 ck±(%)	差值	差异显著性	较 ck±(%)	差值	差异显著性	较 ck±(%)	差值	差异显著性
黄玉	−93.48	−2.15**	aA	−50.00	−0.03	abA	19.38	0.13	aA	−47.17	−9.38	aA
加 8	−48.68	−2.47	aA	−86.36	−0.10	abcA	−99.27	−3.02	abABC	−81.71	−169.54*	cdeB
黄矮	−96.83	−3.05**	abAB	−44.44	−0.02**	aA	−36.00	−0.03	abcA	−98.61	−44.38**	abAB
马纳	−83.33	−3.33**	abABC	−88.89	−0.08*	abcA	−90.53	−10.39**	cdBC	−76.10	−197.61*	eB
花绣	−71.71	−4.18	abcABC	−55.68	−0.08*	abcA	−67.20	−3.87	abcABC	−77.69	−151.94	bcdeAB
黄洋	−72.72	−4.42**	abcABC	−36.00	−0.03	abcA	−11.50	−0.10	aA	−80.82	−95.88*	abcdeAB
强力	−92.00	−4.60**	abcdABC	−81.82	−0.06	abcA	−99.49	−11.48**	dC	−84.09	−192.00**	deB
紫玫	−85.80	−5.03**	abcdABCD	−102.78	−0.12**	cA	−65.83	−2.06	aABC	−90.10	−76.13*	abcAB
毛粉	−79.79	−6.25*	bcdeABCD	−85.71	−0.12**	bcA	−92.84	−9.20**	bcdABC	−93.45	−360.09**	fC
红洋	−86.94	−7.10**	cdeBCD	−90.63	−0.10**	abcA	−94.05	−3.91**	abcABC	−96.46	−99.38**	abcdeAB
黄樱	−93.94	−7.75**	deCD	−53.33	−0.04**	abcA	−51.74	−1.17	aAB	−68.68	−78.14**	abcdAB
红矮	−97.38	−9.30**	eD	−94.44	−0.09	abcA	−40.64	−1.47	aAB	−78.64	−153.75**	bcdeAB
红樱	−98.94	−9.35**	eD	−82.76	−0.12**	bcA	−84.29	−4.73*	abcdABC	−91.38	−111.38**	abcdeAB

注:“*”表示与对照差异显著,“**”表示与对照差异极显著。小写字母表示不同品种 0.05 水平上差异,大写字母表示不同品种 0.01 水平上差异,下同

小于对照。其中,加 8、红矮、黄玉与对照差异显著,其他品种与对照差异不显著。不同品种之间,黄矮与花绣差异显著,与红樱差异极显著;红樱与黄樱、紫枚、毛粉、马纳、强力、加 8 差异显著,与其他品种之间差异不显著。黄矮表现耐低温弱光能力较强,而红樱较弱。

低温弱光处理对番茄不同品种幼苗叶绿素 a 含量具有明显影响。除马纳、黄洋、紫玫外,其他各品种幼苗叶绿素 a 含量都小于对照。其中,红樱、黄樱、红矮、黄矮与对照差异极显著,黄玉与对照差异显著,其他品种与对照差异不显著。不同品种之间,加 8、花绣与马纳、红樱、红洋差异显著,马纳与红樱、红洋差异显著。马纳、紫玫耐低温弱光能力强于花绣、红樱、红洋。

除马纳、紫玫、黄玉、黄洋外,其他品种幼苗叶绿素 b 含量不同程度小于其对照。不同品种之间,马纳、紫玫、黄玉、黄洋、毛粉、强力与红洋差异显著,其他品种之间差异不显著。

表 2　低温弱光处理对番茄不同品种幼苗及光合速率叶绿素含量的影响

品种	光合速率[μmol/(m².s)]			叶绿素 a(mg/g)			叶绿素 b(mg/g)			叶绿素 a+b(mg/g)		
	较 ck±(%)	差值	差异显著性	较 ck±(%)	差值	差异显著性	较 ck±(%)	差值	差异显著性	较 ck±(%)	差值	差异显著性
黄矮	−12.50	−0.0002	aA	−24.69	−0.3462**	abcA	−41.67	−0.2482**	abA	−29.76	−0.5944**	abcA
黄樱	−13.79	−0.0004	abAB	−23.94	−0.3493**	abcA	−28.76	−0.1769*	abA	−25.37	−0.5262**	abcA
紫玫	−29.17	−0.0007	abAB	25.54	0.2259	abA	15.71	0.0562	aA	22.71	0.2821	aA
毛粉	−46.88	−0.0008	abAB	−1.87	−0.0241	abcA	−5.76	−0.0272	aA	−2.91	−0.0512	abcA
马纳	−39.24	−0.0010	abAB	52.51	−0.5255	aA	44.21	0.1750	aA	50.16	0.7005	aA
强力	−31.96	−0.0015	abAB	−44.05	−0.3492	abcA	−40.20	−0.1091	aA	−43.07	−0.4583	abcA
加 8	−39.10	−0.0017*	abAB	−57.51	−0.7350	bcA	−58.97	−0.2946*	abA	−57.92	−1.0295	abcA
黄洋	−40.55	−0.0029	abcAB	24.77	0.1558	abcA	12.37	−0.0305	aA	21.28	0.1863	abA
红矮	−34.88	−0.0030*	abcAB	−39.82	−0.7005**	abcA	−51.10	−0.3427**	abA	−42.93	−1.0432**	abcA
红洋	−48.50	−0.0038	abcAB	−61.20	−1.0788	cA	−80.27	−0.9998	bA	−69.09	−2.0786	cA
黄玉	−63.89	−0.0046*	abcAB	−24.73	−0.4258*	abcA	7.10	0.0407	aA	−16.79	−0.3852	abcA
花绣	−59.36	−0.0050	bcAB	−57.16	−0.9429	bcA	−52.36	−0.3285*	abA	−55.84	−1.2713*	bcA
红樱	−54.37	−0.0056	cB	−62.42	−1.0323**	cA	−64.64	−0.4529**	abA	−63.08	−1.4852**	bcA

叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量在各个品种之间表现出一致的位次关系,说明低温弱光环境对这 2 种叶绿素含量的影响是一致的。

各个品种幼苗叶绿素 a+b 含量除马纳、紫玫、黄洋外,其他都小于其对照。其中,红樱、黄樱、红矮、黄矮与对照差异极显著,花绣与对照差异显著,其他品种与对照差异不显著。不同品种之间,马纳、紫玫、黄洋与红洋差异显著,红樱与马纳、紫玫差异显著,其他品种之间差异不显著。

综合分析叶绿素含量和光合速率指标表明,紫

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

玫、马纳、毛粉、黄矮、黄樱、黄洋耐低温弱光能力较强，而红樱、红洋、花绣、红矮耐低温弱光能力较弱。

2.3 低温弱光处理对番茄幼苗叶片渗出率、根系活力的影响

低温弱光处理对番茄不同品种幼苗叶片相对渗出率、根系活力 A 值的影响见表 3。

表 3 低温弱光处理对番茄幼苗叶片相对渗出率、根系活力 A 值的影响

品种	叶片相对渗出率(%)			根系活力 A 值[mg/(g·min)]		
	较 ck ±(%)	差值	差异显著性	较 ck ±(%)	差值	差异显著性
强力	−39.45	−33.83	aA	33.63	0.42	abcAB
红洋	−87.81	−22.97*	abAB	−7.70	−0.16	cdABC
红樱	−29.55	−9.28**	abcAB	−36.36	2.06	eCD
黄洋	0.37	0.08	bcABC	56.55	1.26	abcA
加 8	12.22	2.57	bcBC	−52.61	−3.09**	fD
毛粉	9.11	3.10	bcBC	−3.84	−0.12	bcABC
紫玫	19.59	6.72	cdBC	51.80	0.55	abcA
黄矮	21.65	6.74	cdBC	17.70	0.43	abcA
马纳	51.41	7.89	cdBC	99.51	2.81**	aA
花绣	40.31	10.61**	cdBC	−8.78	−0.55**	deBCD
黄樱	35.47	14.51	cdBC	−38.19	−0.82	deBCD
红矮	163.40	32.64**	dC	32.32	0.57	abcA
黄玉	141.55	33.10*	dC	116.49	1.70	abA

低温弱光处理对番茄不同品种幼苗叶片相对渗出率具有明显影响，除强力、红洋、红樱比其对照减少外，其他品种都比其对照增加，即低温弱光对细胞质膜造成了伤害。不同品种之间，强力、红洋、红樱抗性极显著的强于红矮、黄樱、黄玉。

比较低温弱光处理对番茄不同品种幼苗根系活力的影响，毛粉、红洋、花绣、黄樱、红樱、加 8 比其对照根系活力降低，其他品种根系活力比其对照有所升高。其中，马纳、加 8、花绣与其对照差异极显著，其他品种差异不显著。不同品种之间，加 8 耐低温弱光能力较弱，与其他品种差异极显著；马纳耐低温弱光能力较强，与毛粉、红洋差异显著，与花绣、黄樱、红樱差异极显著。

根据这 2 项指标，以黄洋、强力、马纳耐低温弱光能力较强，黄樱、花绣耐低温弱光能力较弱。

综合以上生长量和生理指标，番茄不同品种以黄洋、黄矮、马纳耐低温弱光能力较强，而红樱、花绣、红矮、红洋耐低温弱光能力较弱。

3 结论与讨论

3.1 低温弱光造成番茄幼苗生长量显著下降

番茄幼苗在低温弱光条件下，株高、茎粗、叶面积、株幅增长量都受到抑制。其中，以黄玉、黄矮、黄洋生长量相对较大，反映了这些小番茄品种总体抗性较强。与前人的研究结果一致[13]

3.2 低温弱光环境条件下，番茄幼苗叶片光合速率显著下降

番茄生长发育要求较强的光照和较高的温度，光饱和点一般在 30 000 ~40 000 lx，适宜温度在 25 ℃左右，光补偿点在 1 500 ~ 2 000 lx 之间。试验结果表明，低温弱光环境条件下，番茄幼苗叶片光合速率显著下降。不同品种之间光合速率变化位次基本与生长量中叶面积、株幅变化基本一致，光合能力高低直接影响了番茄幼苗形态的建成。

3.3 低温弱光环境使番茄多数品种幼苗叶绿素含量减少

叶绿素是叶绿体色素中最重要的部分。温度影响叶绿素生物合成酶的活性，从而影响叶绿素合成。在一定范围内，光合能力随叶绿素含量的增加而提高。实际上，很少的叶绿素就可以满足光合作用的需要，叶绿素含量一般不会成为限制光合作用的因素，但在弱光照下，叶绿素就可能成为一个限制因素[14]。马德华[15]等人研究认为，叶绿素含量及其变化规律与低温弱光环境无明显相关性。可能是由于抗性强的品系在逆境条件下有一定生长量，从而造成对叶绿素含量的“稀释效应”。

低温弱光处理后，番茄幼苗叶片叶绿素含量表现减少，不同品种叶绿素 a、b、a+b 含量变化幅度一致。这与黄伟、鲁福成、马德华等人的结果一致。

3.4 低温弱光对番茄不同品种幼苗叶片渗出率具有明显影响

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

叶片渗出液电导率表示细胞质膜相对透性。叶片电解质相对渗出率是植物受逆境胁迫后细胞膜受损伤程度的重要指标。逆境条件下,细胞质膜受到损伤,外渗率增加。低温弱光处理对番茄不同品种幼苗叶片相对渗出率具有明显影响,部分品种电导率升高,即低温弱光对细胞质膜造成伤害;另一部分品种电导率降低,说明在临界低温弱光下,各品种的膜透性并没有受到破坏,相反,可能由于在临界低温下细胞质浓度增加,细胞液流动变慢,电解质渗透率反而降低,表现了较强的耐低温弱光能力,这与陈青君等人的结论一致[16]。

3.5 低温弱光使番茄不同品种幼苗根系活力发生显著变化

根系活力是表示植物根系吸收能力的重要指标之一。不良环境条件下,根系受到损伤,根系活力下降,抗性强的品种下降较少,甚至增强根系活力,以抵抗修复不良环境影响。番茄不同品种根系活力升高或降低没有显著差异,与黄伟等人研究结果一致。

3.6 番茄幼苗不同品种抗低温弱光能力不同

综合各项指标,黄洋、黄矮、马纳等品种耐低温弱光能力较强,可选用这些品种作为选育番茄耐低温弱光品种的种质资源材料;红洋、红矮、花绣、红樱耐低温弱光能力较弱。

3.7 番茄苗期抗逆性鉴定指标

试验结果表明,低温弱光胁迫后植物体内发生的生理反应与植物的生长情况基本一致。幼苗生长量、叶片电导率、叶绿素含量、光合速率、根系活力等,可以作为苗期低温弱光抗性鉴定指标。

4 讨论

研究表明,植物的抗性由多基因控制,不同环境条件、发育时期、营养状况和种类,其抗性不同。不同学者采用的试材、方法和试验条件不同,所获结论也有一定差异。关于植物对逆境的抗性机理,内容多,范围广,如不同种类、不同品种以及抗高温干旱、盐碱、病虫、有害气体等逆境,引起生理水杨酸、脯氨酸、丙二醛、蛋白质、呼吸速率、脱落酸、细胞超微结构变化等等都有待进一步研究。蔬菜植物在自然条件下,可能同时受多种逆境因素胁迫,同时有多个生理指标异常并相互作用、相互影响,实际生产中,应根据具体情况,采用合适的生理指标指导生产。

参考文献:

[1] 朱龙英,徐悌惟,康高强,等.番茄耐低温和耐弱光鉴定方法初探[J].上海农业学报,1998,14(1):45-50.

[2] 胡文海,喻景权.低温弱光对番茄植株生长发育及生理功能的影响[J].中国生态农业学报,2003,7(3):55-57.

[3] 朱世东.茄果类幼苗低温伤害与膜脂过氧化作用[J].安徽农业学报,1991,18(2):141-146.

[4] 郑东虎,王兴国,梁运江,等.番茄苗期耐寒性鉴定技术的研究[J].延边大学学报,1999,21(3):163-167.

[5] 杜永臣.弱光对番茄生育的影响[J].中国蔬菜,1996(6):51-53.

[6] 黄伟,任华中,张福墁.低温弱光对番茄苗期生长和光合作用的影响[J].中国蔬菜,2002(4):15-17.

[7] 陈青君,张福墁,高丽红.不同类型黄瓜苗期对亚适温弱光生理适应的差异[J].中国农学通报,2003,19(2):1-3.

[8] 余纪柱,李建吾,王美平,等.低温弱光对不同生态型黄瓜苗期若干测定指标及光合特性的影响[J].上海农业学报,2003,19(4):46-50.

[9] Suzanne N R, David M P. Leaf area prediction moded for cucumber from linear measurements[J]. Hort Sci, 1987, 22(6):1264-1266.

[10] 白宝璋,史国安,赵景阳,等.植物生理学(下:实验教程)[M].北京:中国农业科技出版社,2001.38-40.

[11] Arnon D I. Coper enzymes in isolated chloroplants polyphenoloridase in Beta vulgaris[J]. Plant Physiol. 1949, 24: 1-15.

[12] 习岗,张振瀛.植物抗逆性研究的物理学方法[J].物理,1997,26(3)162-166.

[13] Janssen L H J, Wams H E, Hass E L T, *et al*. Temperature dependence of chlorophyll fluorescence induction and photosynthesis in tomato as affected by temperature and light[J]. Journal of Plant Physiology, 1992, 139(5):549-554.

[14] 鲁福成,王明启,魏雪生,等.逆境条件下几种蔬菜生理指标的变化[J].天津农业科学,2001(6):6-9.

[15] 马德华,庞金安,霍振荣,等.黄瓜对不同温度逆境抗性的研究[J].中国农业科学,1999,32(5):28-35.

[16] 陈青君,张福墁,王永健,等.临界低温弱光对黄瓜光合特性及其酶变化的影响[J].华北农学报,2003,18(4):31-34.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net