

不同光周期下黄瓜和番茄幼苗生长与 ZT 和 IAA 的相关性

邬 奇¹, 苏娜娜², 崔 瑾^{1,*}

(南京农业大学生命科学学院, 南京 210095)

摘 要: 研究不同光周期 (12、14、16、18 和 20 h · d⁻¹) 对黄瓜和番茄幼苗生长的影响, 探讨不同光周期下幼苗生长与 ZT 和 IAA 含量的关系。结果表明: 随着光周期的延长, 黄瓜和番茄幼苗株高有降低趋势, 番茄幼苗的可溶性蛋白和可溶性糖含量逐渐升高; 光周期达到 16 h · d⁻¹ 时, 叶面积达到最大值, 壮苗指数显著高于 12 和 14 h · d⁻¹ 处理; 随着光周期的延长, 番茄叶片中 ZT 和 IAA 含量逐渐升高, 茎中逐渐降低, 且与番茄叶面积和株高成线性回归相关, 黄瓜幼苗株高与茎中 IAA 含量、根鲜质量与根中 ZT 含量成正线性回归相关。总体而言, 光周期设置在 16 h · d⁻¹ 时有利于促进黄瓜和番茄幼苗的生长, 培育壮苗。推测光周期通过调控黄瓜和番茄幼苗 ZT 和 IAA 含量的变化来影响其生长发育。

关键词: 番茄; 黄瓜; 幼苗; 光周期; ZT; IAA; 相关性

中图分类号: S 634.1

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 04-0755-07

The Correlation Between Endogenous ZT and IAA Contents with the Growth of Cucumber and Tomato Seedlings Under Different Photoperiod

WU Qi¹, SU Na-na², and CUI Jin^{1,*}

(College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The effects of different photoperiod (12, 14, 16, 18 and 20 h · d⁻¹) on growth of cucumber and tomato seedlings were studied. The relationship between the growth differences and endogenous hormones (ZT, IAA) was discussed. The results indicated that the extended photoperiod could significantly decrease the plant height of cucumber and tomato seedlings and promote the content of soluble protein and soluble sugar of tomato seedlings. Under the treatment of 16 h · d⁻¹ photoperiod, the leaf area reached to maximum and the healthy index significantly higher than the treatment of 12 h · d⁻¹ and 14 h · d⁻¹, but had no significant differences compare with 18 h · d⁻¹ and 20 h · d⁻¹ photoperiod. With the extension of the photoperiod, the ZT and IAA contents of tomato seedlings increased gradually in leaf and decreased gradually in stem, and it had linear regression correlation with leaf area and plant height. The IAA and ZT contents had linear regression correlation with plant height and leaf area respectively of cucumber seedlings. Overall, 16 h · d⁻¹ photoperiod was more beneficial to the growth and cultivated health seedling of cucumber and tomato plants. Photoperiod may affect the growth and development of cucumber and tomato

收稿日期: 2012-12-11; 修回日期: 2013-03-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31171998); 江苏省自然科学基金项目 (BK2010439)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: cuijin@njau.edu.cn)

seedlings by regulating the endogenous ZT and IAA contents.

Key words: tomato; cucumber; seedling; photoperiod; ZT; IAA; correlation

植物的生长发育受光周期的调节 (Parks et al., 2001)。光周期通过影响植物生理生化反应, 进而调节种子萌发、幼苗生长、花芽分化及开花、根系生长和植物休眠 (Naoki et al., 2012)。

随着设施栽培农业的发展, 利用延长光照时间进行补光育苗在生产中具有重要意义。而关于光周期的研究大多集中于植物成花诱导和花性分化方面 (Hayama & Coupland, 2002; 杨娜 等, 2007), 深入研究光周期对蔬菜幼苗生长及与内源激素相关性鲜有报道, 对光周期引起的植物生长发育机理缺乏深入探讨。

黄瓜和番茄在蔬菜周年供应中有重要地位, 而 ZT、IAA 作为重要的内源激素在促进植物器官伸长、细胞分裂与分化等生长发育中发挥重要作用。研究不同光周期处理对番茄和黄瓜幼苗生长的影响及其与 ZT、IAA 的相关性, 不仅拓展了植物光生物学理论研究内容, 而且为黄瓜和番茄育苗中光周期条件的选择提供科学依据, 对于蔬菜工厂化育苗实践中应用补光技术培育壮苗具有重要的意义。

1 材料与方法

试验于 2012 年 4 月至 7 月在南京农业大学生命科学学院植物光生物学实验室进行。供试黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 品种为 ‘津春 4 号’, 番茄 (*Solanum lycopersicum* L.) 品种为 ‘合作 903’, 购于南京农业大学神州种业公司。

种子经过 4 h 浸种后置于 25 °C 培养箱中催芽, 发芽后播种于蛭石: 草炭 = 1:1 的基质中, 在荧光灯下进行育苗, 调节电流以及光源和植株的距离, 使光照强度均为 $(100 \pm 5) \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 培养箱内的相对湿度为 70%~80%, 培养温度为 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 光周期分别设定为 12、14、16、18 和 20 h·d⁻¹, 每组处理培养幼苗 30 株, 培养周期为 35 d, 培育至幼苗第 4 片真叶长出时进行指标的测定。

用直尺测量株高和根长, 用游标卡尺测量子叶下端的茎粗。叶面积使用叶面积仪 Li-3000C (Gene company limited) 测量。鲜质量测量在植株表面水分晾干后用电子天平 (精确度为 0.001) 称量; 壮苗指数 = 茎粗/株高 × 全株干物质质量计算 (张振贤 等, 1993); 幼苗叶片可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定, 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝比色法测定 (王学奎, 2006)。

ZT 和 IAA 提取与纯化参照陈远平和杨文钰 (2005) 的方法并做部分改动。根据测量部位的不同, 取材 3 株幼苗的根、茎或叶, 分别用液氮研磨成粉末, 称取粉末 1.0 g 加入预冷的 80% 甲醇 5 mL, 4 °C 冰箱过夜, 12 h 后 4 °C 离心 ($15\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 15 min), 保存上清液, 重复浸提 3 次, 合并上清液 15 mL 后吹氮气浓缩至原体积的 1/3, 过 Sep-Pak C₁₈ 柱收集洗脱液, 氮气吹干后用 1 mL 流动相溶解, 过 0.45 μm 有机系超微滤膜, 滤液保存于 4 °C 冰箱中待测。激素测量使用 HITACHID2000 型 HPLC, 流动相为甲醇—水—冰醋酸 (40:49:1), 检测波长 254 nm, 柱温 35 °C。

随机取样, 每次取材 3 株, 试验重复 3 次。试验数据采用 SPSS17.0 软件进行方差分析, Duncan's 新复极差法进行显著性分析, $P < 0.05$, 相关性采用 Excel 进行数据线性回归拟合分析。

2 结果与分析

2.1 不同光周期对黄瓜和番茄幼苗生长和内源激素含量的影响

如表 1 和图 1 所示, 随着光周期的延长, 黄瓜和番茄幼苗株高有降低趋势, 光周期达到 16 h·d⁻¹

时，叶面积达到最大值，且显著高于 12 和 14 h · d⁻¹。不同光周期下黄瓜幼苗的整株鲜质量无显著性差异，番茄幼苗整株鲜质量在 16 h · d⁻¹ 时达到最大值。

表 1 不同光周期对黄瓜和番茄幼苗生长的影响
Table 1 Effects of photoperiod on the morphology of cucumber and tomato seedlings

材料	光周期/(h · d ⁻¹)	真叶数	叶面积/cm ²	株高/cm	整株鲜质量/g	根鲜质量/g
Material	Photoperiod	Leaf number	Leaf area	Plant height	Fresh weight	Root weight
黄瓜 Cucumber	12	4.0 ± 0.00 a	67.29 ± 6.83 d	18.2 ± 1.94 a	4.03 ± 0.34 a	0.351 ± 0.03 c
	14	4.0 ± 0.00 a	89.43 ± 8.77 bc	13.4 ± 0.35 b	3.79 ± 0.66 a	0.393 ± 0.26 c
	16	4.0 ± 0.00 a	104.12 ± 6.16 a	8.2 ± 0.12 c	4.54 ± 0.34 a	0.622 ± 0.032 b
	18	4.0 ± 0.00 a	96.13 ± 6.87 ab	6.4 ± 0.55 d	4.09 ± 0.86 a	0.865 ± 0.21 a
	20	3.0 ± 0.00 b	76.75 ± 8.38 cd	4.7 ± 0.10 d	3.58 ± 0.63 a	0.907 ± 0.027 a
番茄 Tomato	12	4.0 ± 0.00 a	23.97 ± 1.61 d	12.17 ± 0.81 a	1.33 ± 0.06 c	0.070 ± 0.00 b
	14	4.3 ± 0.58 a	33.09 ± 2.42 c	12.13 ± 0.25 a	1.95 ± 0.31 bc	0.118 ± 0.02 b
	16	5.0 ± 0.00 a	61.45 ± 3.67 a	10.00 ± 0.20 b	2.91 ± 0.45 a	0.194 ± 0.04 a
	18	4.3 ± 0.58 a	52.93 ± 2.92 ab	7.77 ± 0.55 c	2.43 ± 0.15 a	0.251 ± 0.01 a
	20	4.3 ± 1.15 a	51.02 ± 9.06 ab	7.90 ± 0.69 c	2.45 ± 0.59 a	0.247 ± 0.07 a

注：表中数据为同一处理 3 次重复的平均值 ± 标准误差；邓肯氏新复极差法检验，小写字母表示 $P < 0.05$ 显著水平，下同。

Note: Data presented in the table were mean values ± SD of three repetitions in the same treatments. Small letters indicated significance at $P < 0.05$ level respectively by Duncan's significant test. The same below.



图 1 不同光周期对黄瓜 (A) 和番茄 (B) 生长的影响

Fig. 1 Effects of photoperiod on the morphology of cucumber and tomato seedlings

如表 2 所示，黄瓜幼苗叶片的可溶性糖和可溶性蛋白含量均呈现先增后降的趋势，其中可溶性糖含量在 16 和 18 h · d⁻¹ 时显著提高，可溶性蛋白含量在 14 和 16 h · d⁻¹ 升高显著。番茄幼苗叶片的可溶性糖和可溶性蛋白含量随着光周期延长有递增趋势，其中可溶性糖含量在 18 和 20 h · d⁻¹ 时显著高于其它处理。随着光周期的延长，黄瓜和番茄幼苗壮苗指数逐渐增大，16、18 和 20 h · d⁻¹ 间差异不显著，但显著高于 12 和 14 h · d⁻¹ 处理。

如表 3 所示，在 16 ~ 20 h · d⁻¹ 光周期下黄瓜幼苗根中 ZT 含量显著高于 12 和 14 h · d⁻¹，叶片和茎中的 ZT 含量均在 18 h · d⁻¹ 光周期下达到最大值。茎中 IAA 含量随着光周期延长有降低趋势，但在 12 h · d⁻¹ 光周期下显著高于其他处理，根和叶片中 IAA 含量在各光周期下差异不显著。

随着光周期的延长，番茄幼苗根中的 ZT 和 IAA 在 16 h · d⁻¹ 光周期下达到最大值，叶片中的 ZT

和 IAA 含量逐渐升高,其中 18 和 20 h · d⁻¹ 相对其它处理组显著提高。当光周期在 14 h · d⁻¹ 至 20 h · d⁻¹ 时,茎中的 ZT 含量有降低趋势,茎中的 IAA 含量随着光周期的增加逐渐降低,且各光周期之间均有显著差异。

表 2 不同光周期对黄瓜和番茄幼苗壮苗指数和叶片可溶性糖、可溶性蛋白含量的的影响

Table 2 Effects of photoperiod on the healthy index and soluble sugar, solubleprotein content of cucumber and tomato seedling leaves				
材料 Material	光周期/ (h · d ⁻¹) Photoperiod	可溶性糖/ (mg · g ⁻¹) Soluble sugar	可溶性蛋白质/ (mg · g ⁻¹) Soluble protein	壮苗指数 Healthy index
黄瓜 Cucumber	12	62.82 ± 2.82 c	10.65 ± 0.55 b	0.056 ± 0.009 b
	14	76.80 ± 1.92 b	11.45 ± 0.46 a	0.096 ± 0.028 b
	16	91.08 ± 8.65 a	11.40 ± 0.58 a	0.189 ± 0.014 a
	18	89.66 ± 1.42 a	10.65 ± 0.52 b	0.202 ± 0.210 a
	20	78.32 ± 3.42 b	10.54 ± 0.51 b	0.246 ± 0.034 a
番茄 Tomato	12	46.34 ± 4.27 c	10.41 ± 0.21 d	0.014 ± 0.003 b
	14	55.29 ± 2.23 c	11.38 ± 0.17 c	0.026 ± 0.007 b
	16	78.17 ± 2.19 b	11.84 ± 0.19 b	0.075 ± 0.008 a
	18	157.49 ± 3.34 a	11.78 ± 0.13 b	0.101 ± 0.008 a
	20	152.29 ± 8.34 a	12.13 ± 0.16 a	0.102 ± 0.008 a

表 3 不同光周期对黄瓜和番茄幼苗 ZT 和 IAA 含量的的影响

Table 3 Effects of photoperiod on the ZT and IAA content of cucumber and tomato seedlings							
材料 Material	光周期/ (h · d ⁻¹) Photoperiod	ZT/ (μg · g ⁻¹)			IAA/ (μg · g ⁻¹)		
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
黄瓜 Cucumber	12	44.84 ± 4.37 b	35.70 ± 1.02 ab	16.41 ± 0.37 b	49.82 ± 2.50 a	55.90 ± 2.45 a	10.38 ± 0.33 a
	14	45.00 ± 1.56 b	31.58 ± 0.74 b	15.39 ± 0.26 bc	46.62 ± 0.39 a	47.86 ± 0.16 b	10.94 ± 0.29 a
	16	50.80 ± 2.89 ab	35.27 ± 0.74 ab	17.18 ± 0.71 ab	43.98 ± 2.78 a	45.78 ± 0.65 b	9.87 ± 0.46 ab
	18	56.32 ± 3.10 a	37.82 ± 1.34 a	18.06 ± 0.53 a	45.26 ± 1.92 a	41.86 ± 2.09 b	11.42 ± 0.24 a
	20	52.32 ± 3.23 ab	35.03 ± 1.25 ab	16.52 ± 0.19 b	43.22 ± 1.83 a	42.64 ± 0.69 b	10.55 ± 0.51 a
番茄 Tomato	12	56.89 ± 2.40 b	17.10 ± 0.08 b	6.02 ± 0.51 b	4.01 ± 0.11 b	7.25 ± 0.12 a	1.12 ± 0.36 c
	14	34.48 ± 1.13 d	18.61 ± 0.07 a	8.31 ± 0.09 b	1.83 ± 0.19 c	4.93 ± 0.03 b	1.61 ± 0.35 c
	16	117.96 ± 1.29 a	13.31 ± 0.15 c	12.32 ± 2.31 b	7.85 ± 0.19 a	2.31 ± 0.08 c	2.78 ± 0.03 b
	18	43.32 ± 1.78 c	12.93 ± 0.07 c	19.23 ± 0.32 a	1.34 ± 0.08 c	1.05 ± 0.09 d	7.05 ± 0.07 a
	20	109.76 ± 2.99 a	9.86 ± 0.10 d	25.53 ± 2.65 a	1.05 ± 0.06 c	0.53 ± 0.04 e	7.21 ± 0.08 a

2.2 不同光周期下黄瓜和番茄幼苗根、茎、叶生长与 ZT、IAA 含量的相关性

ZT 和 IAA 主要对植物根、茎和叶的生长进行调节。通过比较黄瓜和番茄幼苗生长指标(表 1)和 ZT、IAA 含量(表 3)数据发现,黄瓜幼苗株高与茎中 IAA 含量、根鲜质量与根 ZT 中含量在数值高低变化中表现相似规律,如图 2 所示,不同光周期下的黄瓜幼苗的株高与茎中 IAA 含量、根鲜质量与根中 ZT 含量呈正线性相关,而黄瓜幼苗叶面积与 ZT 和 IAA 在数值上无规律可循,未表现出相关性。

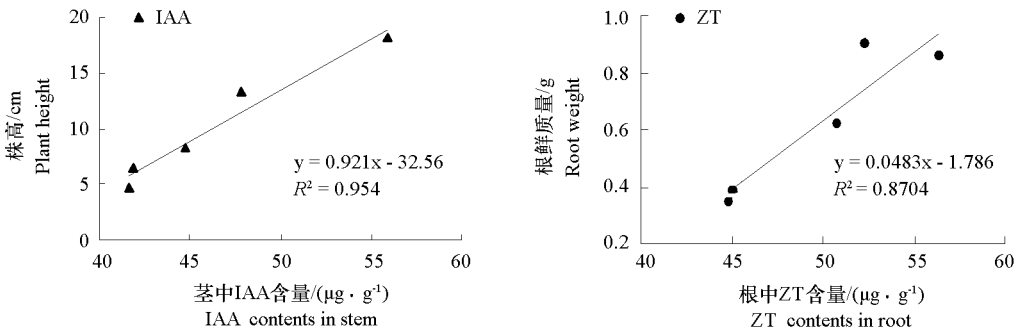


图 2 不同光周期下黄瓜幼苗茎和根中 IAA 和 ZT 含量与株高和根鲜质量的相关性

Fig. 2 The correlation between IAA and ZT contents with plant height and root weight of cucumber seedlings under different photoperiod

如图 3 所示, 不同光周期下番茄幼苗的株高与茎中 ZT、IAA 含量均成正线性相关。叶面积与叶片中 ZT、IAA 含量呈线性相关, 且叶面积与 IAA 的相关性高于叶面积与 ZT 的相关性。比较番茄根中 ZT 和 IAA 含量数值 (表 3) 与根鲜质量数值 (表 1), 发现根中 ZT 和 IAA 含量与根鲜质量无相关性。

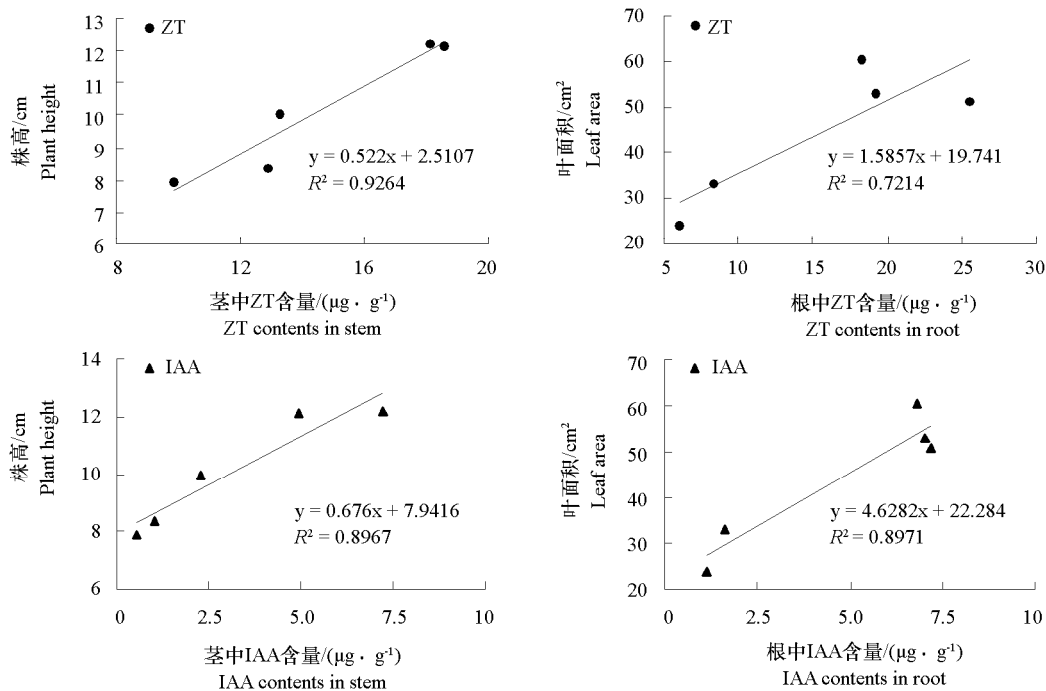


图 3 不同光周期下番茄幼苗茎和叶中 ZT、IAA 含量与株高和叶面积的相关性

Fig. 3 The correlation between ZT, IAA contents with plant height and leaf area of tomato seedlings under different photoperiod

3 讨论

3.1 不同光周期对黄瓜和番茄幼苗生长的影响

不同光周期处理可以明显改变植物的生长发育进程 (李海云 等, 2009)。有研究表明, 延长光周期可以降低植物株高, 增大叶片面积 (Xu et al., 2008)。本试验中, 随着光周期的延长, 黄瓜和番茄幼苗呈现株高逐渐降低, 叶面积先增加后减小的趋势。有研究报道植物的 HDZip 家族 *ATHB16* 基因通过调节叶片的扩展和开花来调控光周期反应 (Yan et al., 2003), 表明选择合适的光周期对植物生长发育至关重要。

不同植物对光周期的反应有差异, 研究表明, 扁茎大豆 (吴存祥 等, 2004)、甜瓜 (李世栋, 2007)、芸薹 (余阳俊 等, 2007) 的最适光周期分别为 12、16 和 24 h·d⁻¹。本试验中发现随着光周期的延长, 黄瓜和番茄幼苗株高逐渐降低, 壮苗指数逐渐增大, 光周期在达到 16 h·d⁻¹ 后继续延长光照时间, 叶面积和壮苗指数无显著性增加。

植物在响应光周期变化的同时产生一系列相关变化, 如光合速率的变化, 在大豆和鸢尾等植物的研究表明长日照条件下植物叶片的净光合速率高于短日照的 (周三和赵可夫, 2002; 裴海霞 等, 2006), 这些变化会影响光合产物的积累, 进而造成植物在不同光周期下的生长差异。本试验中, 光周期的增加对黄瓜和番茄幼苗的可溶性蛋白和可溶性糖含量影响有差异, 在黄瓜幼苗中呈现先升

高后降低的特点,在番茄幼苗中表现逐渐升高的趋势,这种差异性可能与这两种植物在不同光周期下的光合代谢能力的差异性有关(Aleksandra et al., 2011),同时也表明在一定范围内增加光照时间有利于光合产物的积累,进而促进植物生长,但由于不同植物对光合产物的运输和分配能力的差异,植物在最适光周期下继续延长光照时间将不利于光合产物的积累(周三和赵可夫, 2002)。

3.2 不同光周期下黄瓜和番茄幼苗生长和内源性 ZT、IAA 的相关性

不同光周期下植物表型的变化可能受内源性激素的调控(Garcia-Martinez et al., 2002),本试验中,光周期诱导中 ZT 和 IAA 含量变化趋势在番茄幼苗中表现一致,即随着光周期的延长,ZT 和 IAA 含量在叶片中逐渐升高,在茎中逐渐降低,这种在叶片和茎中趋势相同的消长,即维持了 ZT 和 IAA 在植物体内的相对平衡,又协同影响了不同光周期下茎和叶的生长(韩天富等, 1996),表明光周期可能会影响激素在植物体不同部位的分配进而协调植物的生长发育进程。黄瓜幼苗的 ZT 和 IAA 含量总体表现出在叶片中逐渐升高,在茎中逐渐降低的趋势,但各光周期之间的差异不显著,表明内源性激素受光周期的影响程度因植物类型的差别而不同(Rood et al., 1990)。

光周期之所以影响植物的幼苗生长,可能是因为光周期能够改变植物生长调节物质的浓度。有研究表明,光周期影响植物茎的伸长和内源生长素的水平(Nishijima et al., 2005),短日照促进叶片 ZT 和 IAA 含量减少,GA₃ 和 ABA 含量增加(林贵玉等, 2008),本试验发现随着光周期的延长,番茄幼苗茎中内源性 ZT、IAA 含量与株高均逐渐降低,叶面积与内源性 ZT、IAA 含量均逐渐升高,两者之间相关性显著,且黄瓜幼苗的叶面积与叶片中 IAA 含量,根鲜质量与根中 ZT 的含量也表现出相似的正相关,表明光周期可能通过调节内源性 ZT、IAA 的激素水平来调控茎的伸长,叶面积的扩展和根系的发育,这一现象可能与植物生长调节物质能够影响植物根系对营养元素的吸收有关(Liu et al., 2005),还有可能与光周期处理能诱导与促进营养生长和抑制生殖生长有关的基因有关(任永哲等, 2006)。

总体而言,16 h · d⁻¹ 光周期较有利于黄瓜和番茄幼苗根系发育和壮苗指数的提高。在黄瓜和番茄幼苗的光周期反应中,内源性 ZT 和 IAA 两种激素与叶面积的增大和下胚轴的伸长有着很高的相关性,即黄瓜和番茄幼苗在不同的光周期环境下,内源性 ZT 和 IAA 的激素水平可能对黄瓜和番茄幼苗的生长发育起着重要的调控作用。

References

- Aleksandra Eckstein, Patrycja Zieba, Halina Gabrys. 2011. Sugar and light effects on the condition of the photosynthetic apparatus of *Arabidopsis thaliana* cultured *in vitro*. *Plant Growth Regul*, 91: 682 – 694.
- Chen Yuan-ping, Yang Wen-yu. 2005. Determination of GA₃, IAA, ABA and ZT in dormant buds of *Allium ovalifolium* by HPLC. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 23 (4): 498 – 500. (in Chinese)
- 陈远平, 杨文钰. 2005. 卵叶韭休眠芽中 GA₃、IAA、ABA 和 ZT 的高效液相色谱法测定. *四川农业大学学报*, 23 (4): 498 – 500.
- Garcia-Martinez J L, Gil J. 2002. Light regulation of gibberellin biosynthesis and mode of action. *Plant Growth Regul*, 20: 354 – 368.
- Han Tian-fu, Ma Feng-ming, Wang Jin-ling, Wei Shi. 1996. Photoperiodic effects on the amount and balance of endogenous hormones in soybean leaves. *Acta Agronomica Sinica*, 22 (6): 661 – 667. (in Chinese)
- 韩天富, 马凤鸣, 王金陵, 魏 澍. 1996. 光周期对大豆叶片内源性激素含量及其平衡的影响. *作物学报*, 22 (6): 661 – 667.
- Hayama R, Coupland G. 2002. The molecular basis of diversity in the photoperiodic flowering responses of *Arabidopsis* and rice. *Plant Physiology*, 135: 667 – 684.
- Li Hai-yun, Han Guo-hui, Ren Qiu-ping, Lü Fu-tang. 2009. The effect of different photoperiod on growth of cucumber seedling. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 18 (3): 201 – 203. (in Chinese)
- 李海云, 韩国徽, 任秋萍, 吕福堂. 2009. 不同光周期对黄瓜幼苗生长的影响. *西北农业学报*, 18 (3): 201 – 203.

- Li Shi-dong. 2007. The effects of different light and temperature on the growth and physiology characteristics of muskmelon seedling [M. D. Dissertation]. Shaanxi: Northwest A & F University. (in Chinese)
- 李世栋. 2007. 不同光温条件对厚皮甜瓜幼苗生长及生理特性影响的研究 [硕士论文]. 陕西: 西北农林科技大学.
- Lin Gui-yu, Zheng Cheng-shu, Sun Xian-zhi, Wang Wen-li. 2008. Effects of photoperiod on floral bud differentiation and contents of endogenous hormones in *Chrysanthemum*. *Shandong Agricultural Sciences*, (1): 35 - 39. (in Chinese)
- 林贵玉, 郑成淑, 孙宪芝, 王文莉. 2008. 光周期对菊花花芽分化和内源激素的影响. *山东农业科学*, (1): 35 - 39.
- Liu J, Jiang M Y, Zhou Y F, Liu Y L. 2005. Production of polyamines is enhanced by endogenous abscisic acid in maize seedlings subjected to salt stress. *JIPB*, 47 (11): 1326 - 1334.
- Naoki Hataa, Yoshinori Hayashi, Atsushi Okazawa, Eiichiro Ono, Honoo Satake, Akio Kobayashia. 2012. Effect of photoperiod on growth of the plants, and sesamin content and CYP81Q1 gene expression in the leaves of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 75: 212 - 219.
- Nishijima T, Sugii H, Fukino N, Mochizuki T. 2005. Aerial tubers induced in turnip [*Brassica rapa* var. *rapa* (L.) Hartm.] by gibberellin treatment. *Sci Horti*, 105: 423 - 433.
- Parks B M, Folta K M, Spalding E P. 2001. Photocontrol of stem growth. *Curr Opin Plant Biol*, 4: 436 - 440.
- Pei Hai-xia, Shi Lei, Zhang Jin-zheng, Jiang Chuang-dao, Yi Ming-fang. 2006. Effects of different photoperiods on flower bud differentiation and photosynthesis in *Iris germanica* 'Royaltouch'. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 14 (6): 477 - 481. (in Chinese)
- 裴海霞, 石 雷, 张金政, 姜闯道, 义鸣放. 2006. 不同光周期对德国鸢尾 'Royaltouch' 的花芽分化和光合作用的影响. *热带亚热带植物学报*, 14 (6): 477 - 481.
- Ren Yong-zhe, Chen Yan-hui, Ku Li-xia, Chang Sheng-he, Gao Wei, Chen Xiao. 2006. Response to photoperiodical variation and the clone of a photoperiod-related gene in maize. *Scientia Agricultura Sinica*, 39 (7): 1487 - 1494. (in Chinese)
- 任永哲, 陈彦惠, 库丽霞, 常胜合, 高 伟, 陈 晓. 2006. 玉米光周期反应及一个相关基因的克隆. *中国农业科学*, 39 (7): 1487 - 1494.
- Rood S B, Zanewich K P, Bray D F. 1990. Growth and development of *Brassica* genotypes differing in endogenous gibberellin content. II. Gibberellin content, growth analyses and cell size. *Physiol Plant*, 79: 679 - 685.
- Wang Xue-kui. 2006. Principles and techniques of plant physiological and biochemical experiments. Beijing: Higher Education Press: 184 - 185. (in Chinese)
- 王学奎. 2006. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社: 184 - 185.
- Wu Cun-xiang, Liu Jin, Li Xing-zong, Miao Yi-nong, Yang Hua, Han Tian-fu. 2004. Photoperiod regulates morphology of terminal inflorescence in fasciated soybean. *Chinese Journal of Oil Crop Scieives*, 26 (1): 36 - 41. (in Chinese)
- 吴存祥, 刘 金, 李兴宗, 苗以农, 杨 华, 韩天富. 2004. 扁茎大豆的花序形态受光周期调控. *中国油料作物学报*, 26 (1): 36 - 41.
- Xu Zhen, Wang Qiao-mei, Guo Yan-ping, Guo De-ping, Shah Ghazanfar Ali, Liu Hai-lin, Mao Ai-ning. 2008. Stem-swelling and photosynthate partitioning in stem mustard are regulated by photoperiod and plant hormones. *Environmental and Experimental Botany*, 62: 160 - 167.
- Yan Wang, Eva Henriksson, Eva Söderman, Kerstin Nordin Henriksson, Eva Sundberg, Peter Engström. 2003. The *Arabidopsis* homeobox gene, *ATHB16*, regulates leaf development and the sensitivity to photoperiod in *Arabidopsis*. *Developmental Biology*, 264: 228 - 239.
- Yang Na, Guo Wei-ming, Chen Fa-di, Fang Wei-min. 2007. Effects of photoperiod on floral bud differentiation and flowering of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 'Jinba'. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (4): 965 - 972. (in Chinese)
- 杨 娜, 郭维明, 陈发棣, 房伟民. 2007. 光周期对秋菊品种 '神马' 花芽分化和开花的影响. *园艺学报*, 34 (4): 965 - 972.
- Yu Yang-jun, Zhang Feng-lan, Zhao Xiu-yun, Zhang De-shuang, He Juan, Zhang Zhen-xian. 2007. Effect of day length and supplementary light luminosity at night on bolting and florescence of *Brassica campestris* L. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 22 (6): 114 - 118. (in Chinese)
- 余阳俊, 张凤兰, 赵岫云, 张德双, 何 娟, 张振贤. 2007. 光周期与夜间补充光强对芸薹种抽薹开花的影响. *华北农学报*, 22 (6): 114 - 118.
- Zhou San, Zhao Ke-fu. 2002. Effects of photoperiod on salt-tolerant *Glycine soja*. *J Plant Physiol Mol Biol*, 28 (2): 145 - 152. (in Chinese)
- 周 三, 赵可夫. 2002. 光周期对盐胁迫下野生大豆的影响. *植物生理与分子生物学报*, 28 (2): 145 - 152.
- Zhang Zhen-xian, Wang Pei-lun, Liu Shi-qi, Yu Xian-chang. 1993. Vegetable physiology. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. (in Chinese)
- 张振贤, 王培伦, 刘世琦, 于贤昌. 1993. 蔬菜生理. 北京: 中国农业科技出版社.