

ETH、KT和6-BA对绿豆幼苗形态建成和生化成分的效应研究

康玉凡,谷瑞娟,王保民,廖永霞,肖伶俐,罗珊
(中国农业大学农学与生物技术学院,北京 100094)

摘要:研究了ETH、KT、6-BA及ETH—KT、ETH—6-BA复配处理对绿豆幼苗形态、生化成分、内源激素及下胚轴细胞组织结构的调节效应,为绿豆芽菜的安全生产提供理论和技术支持。设置上述5个激素处理及对照,采用人工气候箱技术培育绿豆芽,并进行各项指标测定。结果显示:与对照相比,处理组均可使绿豆幼苗下胚轴缩短和增粗、主根长缩短、侧根数减少($P<0.05$),其调节效应大小为ETH—6-BA>ETH—KT>ETH>6-BA>KT;ETH—6-BA可使下胚轴缩短35.78%,增粗26.51%,主根缩短65.43%,并完全抑制侧根的产生。不同处理对绿豆幼苗的生化成分的效应大小存在差异($P<0.05$),ETH可使绿豆幼苗可溶性蛋白、可溶性糖和维生素C含量分别增加25.1%、66.07%和163.9%;各处理调节效应的大小依次为ETH>ETH—KT>ETH—6-BA。各处理均在一定程度上改变了绿豆幼苗的内源激素含量,6-BA及ETH—6-BA可使IAA含量分别降低88.9%和33.3%,使ZR含量分别降低35.3%和22.8%,ETH—6-BA处理可使ABA含量增加156.9%。对绿豆幼苗下胚轴的增粗作用,ETH增加了髓内细胞数目和单个皮层细胞面积,减少了皮层细胞数,表现为髓和形成层面积的增大;6-BA与ETH—6-BA增加了髓和皮层的单个细胞面积,同时增大了髓、形成层和皮层的面积。表明ETH、KT、6-BA及其复配对绿豆芽苗的生长均有不同程度的调解效应,而其各自的调节方式又有所不同。

关键词:ETH;KT;6-BA;绿豆幼苗;形态特征;生化成分;内源激素;组织结构
中图分类号:S311 **文献标识码:**A

Effects of Ethylene, Kinetin and 6-BA on the Morphological and Biochemical Composition of Mung Bean Seedlings

Kang Yufan, Gu Ruijuan, Wang Baomin, Liao Yongxia, Xiao Lingli, Luo Shan
(College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract: In order to provide the support of theory and technology for mung bean sprout production, the effects of ethylene (ETH), kinetin (KT), 6-BA and their compound ETH—KT, ETH—6-BA on the morphological features, biochemical composition, endogenous hormones and tissue structure of mung bean seedlings were investigated. By the growth chamber method, five hormone treatments mentioned above and a control were set during mung bean seeding cultivating. Compared to the control, the number of lateral roots was reduced, the growth of roots and hypocotyls were suppressed and the diameter of hypocotyls was increased four five treatments ($P<0.05$). Their regulation effects were ETH—6-BA>ETH—KT>ETH>6-BA>KT respectively. The length of hypocotyls was suppressed at 35.78%, the diameter of hypocotyls was increased at 26.51%, the length of root was suppressed at 65.43% and the secondary roots were inhibited completely by ETH—6-BA respectively. The biochemical composition and endogenous hormones in mung bean seedlings

基金项目:宁波市农业科技攻关项目“豆芽烂芽成因及其预防技术研究”(2007C10078);国家食用豆现代产业技术体系项目资助。

第一作者简介:康玉凡,女,1963年出生,河南洛阳人,博士,教授,主要从事种子生物学及芽菜产业发展理论与技术研究。通信地址:100193 北京市海淀区圆明园西路2号 中国农业大学农学与生物技术学院, Tel: 010-62734265(O), Fax: 010-62734265, E-mail: yfkang@cau.edu.cn。

收稿日期:2008-12-22, **修回日期:**2009-03-24。

were changed for five treatments ($P<0.05$). The regulation effects were $\text{ETH}>\text{ETH-KT}>\text{ETH-6-BA}$ respectively. The soluble protein content was increased at 25.1%, the soluble sugar content was increased at 66.07%, and Vitamin C content was increased at 163.9% by ETH. The endogenous hormones in mung bean seedlings were changed for five treatments. The indole-3-acetic acid (IAA) content were decreased at 88.8% and 33.3%, while ZR content were decreased at 35.3%, 22.8% by 6-BA and ETH-6-BA respectively. ABA content was improved at 156.9% by ETH-6-BA. The thickened effect of ETH on the hypocotyls diameter was explained by increasing number of pith cells and decreasing area of single cortex cell, showed the area of the marrow and cambium increased. Theirs effects of 6-BA and ETH-6-BA was by increasing the area of single pith cells and cortex cells, and increasing the area all of marrow, cambium and the cortical area. Ethylene (ETH), kinetin (KT), 6-BA and their compound have different effects on the morphological features, biochemical composition, endogenous hormones and tissue structure of mung bean seedlings

Key words: ETH, KT, 6-BA, mung bean seedling, morphological composition, biochemical content, endogenous hormones, tissue structure

绿豆芽作为中国古已有之的民间蔬菜,深受人们的喜爱,并且随着人们生活水平的提高,对豆芽的要求不仅是外观好、口感好,而且要营养好、安全性高。种子萌发及幼苗生长是一个复杂的植物生理生化、物质代谢变化过程,受其内部或外部生长调节物质的调控作用,而表现出形态特征、生物化学组分、细胞组织结构等的效应。关于乙烯(ETH)、6-BA和KT对幼苗生长的调节效应研究已有诸多报道:外源乙烯对根际低氧逆境下黄瓜幼苗根系的生长有抑制作用,随着乙烯浓度的增加,抑制作用增强^[1];在黑暗条件下,能抑制拟南芥 *gin1* 突变体下胚轴伸长^[2];可促进幼苗伸长、抑制主根生长及促发须根^[3]。6-BA有利于香椿根的伸长,侧根数及干重增加^[4];能促进黄瓜毛状根的生长、改变其形态,随着6-BA浓度的升高,黄瓜毛状根变得短而粗,更少分枝^[5];低浓度6-BA对驱蚊香草的根有明显增长及增粗的作用,其中以浓度1 mg/L的6-BA为作用效果最佳,高浓度大于或等于100 mg/L的处理对驱蚊香草的根生长有明显抑制作用^[6],KT对小麦幼苗生长、叶绿素的合成、可溶性糖、可溶性蛋白质具有显著的促进作用,可提高幼苗干物质重量^[7]。可见,前人研究主要侧重于逆境条件下,乙烯和6-BA的促进或抑制生根和增加产量方面的研究,而对绿豆种子萌发、幼苗生长的影响研究报道较少。从幼苗形态、生长速度、生物量、生化成分、内源激素含量、下胚轴细胞组织结构等多方面,系统研究乙烯和6-BA及其复配剂对绿豆幼苗生长的效应,为绿豆芽菜的安全生产提供理论和技术支持。

1 材料与方法

1.1 时间与地点

试验自2007年3—10月于中国农业大学芽菜研究

中心实验室进行。

1.2 材料

采用精选绿豆种子,千粒重68g,发芽率99%。乙烯利、6-BA和KT均来源于华通生化有限公司,AB剂分A剂和B剂,市场购买。

1.3 方法

采用人工培养箱技术,于23℃恒温条件下避光进行绿豆种子萌发和幼苗培育。以不添加任何植物生长调节剂的空白试验为对照,设置5个处理,即ETH、KT、6-BA、ETH-KT和ETH-6-BA,其溶液浓度分别为50 mg/kg, 6 mg/kg, 5 mg/kg, 50 mg/kg—6 mg/kg, 50 mg/kg—5 mg/kg;每个处理3个重复,即3个发芽盒;每个重复用精选绿豆种子70 g。其绿豆发芽培育的操作过程大致为:器皿清洗消毒→清洗种子→烫豆→浸泡→预生→培养→淋水→出芽取样,在其培育的第2~3天,进行生长调节处理;每天淋水4次,间隔6 h淋一次水,试验期6天。

1.4 指标测定

豆芽产量为培育结束后的群体重量,并以此计算每克绿豆生成豆芽重量的产出比,豆芽根长、下胚轴长及下胚轴粗为每个发芽盒内随机选取的25棵豆芽平均值。豆芽可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝G-250法^[8],可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[9],维生素C含量采用2,6-二氯酚靛酚法测定^[8],植物内源激素含量测定采用酶联免疫吸附测定法(ELISA)^[9];细胞组织结构观察主要针对各处理的下胚轴部分进行横切与纵切^[10];同时,取各处理绿豆幼苗样若干,与FDA液固定,采用石蜡切片的方法制作切片,通过体式显微数码相机拍摄图像后,观察下胚轴的横、纵切面,测量其细胞面积、径向细胞长度,观察细胞的大小、分布情况等。

1.5 数据处理

数据用 Excel 进行初步整理,并用 SPSS10.0 统计

软件进行方差分析、多重比较、相关分析和建立回归估计方程。

表1 不同处理对绿豆幼苗形态及产量的影响

处理	下胚轴长/cm	下胚轴粗/cm	主根长/cm	侧根数	产量/(g/g)
CK I	10.7	0.305	8.0	14	11.04
CK II	11.1	0.294	7.7	13	11.17
CKIII	11.0	0.296	8.5	14	11.13
ETH I	5.8	0.338	4.5	9	9.43
ETH II	6.8	0.359	4.5	8	9.12
ETHIII	6.9	0.369	5.5	11	9.32
KT I	10.4	0.321	7.7	13	10.34
KT II	10.4	0.305	8.1	13	10.31
KTIII	10.4	0.317	8.4	14	10.35
6-BA I	7.8	0.342	4.3	0	11.19
6-BA II	8.2	0.356	4.1	0	11.21
6-BAIII	7.6	0.319	3.9	0	11.23
ETH—KT I	7.7	0.376	4.5	5	9.92
ETH—KT II	7.8	0.342	4.5	6	9.90
ETH—KTIII	8.0	0.356	5.0	9	10.09
ETH—6-BA I	6.8	0.386	3.0	0	10.85
ETH—6-BA II	7.0	0.366	2.5	0	10.97
ETH—6-BAIII	7.3	0.378	2.8	0	11.08

2 结果与分析

2.1 不同处理对绿豆幼苗形态的影响

从表1中每处理3个重复对幼苗形态影响的原始数据看,不同处理对绿豆幼苗的主根长、侧根数、下胚

轴粗、下胚轴长等形态特征及产量影响有着很大不同。

经方差分析,不同处理对绿豆幼苗的主根长、侧根数、下胚轴粗、下胚轴长等形态特征及产量影响存在显著差异(表2)。

表2 不同处理对绿豆幼苗形态及产量影响的差异显著性

处理	下胚轴长/cm	下胚轴粗/cm	主根长/cm	侧根数	产出比
CK	10.9 a	0.298 c	8.1 a	14 a	11.11 ab
ETH	6.5 c	0.355 ab	4.8 b	9 b	9.29 e
KT	10.4a	0.314 c	8.1 a	13 a	10.33 c
6-BA	7.9 b	0.339 b	4.1 c	0 d	11.21 a
ETH—KT	7.8 b	0.358 ab	4.7 bc	7 c	9.97 d
ETH—6-BA	7.0 c	0.377a	2.8 d	0 d	10.97 b

注:表中不同小写字母表示0.05水平下差异显著。

与对照相比,ETH、KT、6-BA及其复配ETH—KT、ETH—6-BA各处理均可使绿豆幼苗的下胚轴增粗、下胚轴缩短,主根长缩短、侧根数减少($P<0.05$),其中6-BA处理效应大于KT($P<0.05$),ETH—6-BA处理效应大于ETH—KT($P<0.05$);ETH—6-BA复配效应大于6-BA($P<0.05$),ETH—KT复配效应大于KT($P<$

0.05);ETH—6-BA复配处理的效应最显著,它可使下胚轴缩短35.78%,增粗26.51%,使主根缩短65.43%,并完全抑制侧根的产生。

在豆芽产量方面,6-BA及ETH—6-BA处理产量较高,与对照值接近($P>0.05$),另3种处理的产出比均小于对照($P<0.05$)。

表3 不同处理绿豆幼苗生化成分的含量

处理	可溶性蛋白含量/(mg/g)	可溶性糖含量/(mg/g)	维生素C含量/($\mu\text{g/g}$)
CK I	10.7	0.305	8.0
CK II	11.1	0.294	7.7
CKIII	11.0	0.296	8.5
ETH I	5.8	0.338	4.5
ETH II	6.8	0.359	4.5
ETHIII	6.9	0.369	5.5
KT I	10.4	0.321	7.7
KT II	10.4	0.305	8.1
KTIII	10.4	0.317	8.4
6-BA I	7.8	0.342	4.3
6-BA II	8.2	0.356	4.1
6-BAIII	7.6	0.319	3.9
ETH—KT I	7.7	0.376	4.5
ETH—KT II	7.8	0.342	4.5
ETH—KTIII	8.0	0.356	5.0
ETH—6-BA I	6.8	0.386	3.0
ETH—6-BA II	7.0	0.366	2.5
ETH—6-BAIII	7.3	0.378	2.8

2.2 不同处理对绿豆幼苗生化成分的影响

从表3中每处理3个重复对幼苗可溶性蛋白、可溶性糖及维生素C含量影响的原始数据看,与对照相比,ETH、KT、6-BA及其复配ETH—KT、ETH—6-BA均可

改变绿豆幼苗的生化成份含量。

经方差分析,ETH、KT、6-BA及其复配ETH—KT、ETH—6-BA对绿豆幼苗的生化成份含量的改变程度差异显著(表4)。

表4 不同处理绿豆幼苗生化成分的含量

处理	可溶性蛋白含量/(mg/g)	可溶性糖含量/(mg/g)	维生素C含量/($\mu\text{g/g}$)
CK	0.87 bc	7.95 b	6.00 bc
ETH	1.09 a	13.2 a	15.83 a
KT	1.02 ab	8.44 b	3.80 c
6-BA	0.81 c	10.56 ab	4.49c
ETH—KT	1.00 ab	11.84 a	10.66 ab
ETH—6-BA	0.92 bc	10.42 ab	6.56 bc

注:表中不同小写字母表示0.05水平下差异显著。

不同处理对绿豆幼苗中可溶性蛋白质、可溶性糖和维生素C含量的影响效应不尽一致。与对照相比,ETH能显著提高可溶性蛋白、可溶性糖和维生素C的含量($P<0.05$),KT提高了幼苗中可溶性糖和可溶性蛋白的含量,降低了维生素C的含量($P<0.05$);6-BA提高幼苗可溶性糖的含量,降低了可溶性蛋白和维生素C的含量($P<0.05$)。ETH—KT和ETH—6-BA复配均可同时提高可溶性蛋白、可溶性糖及维生素C的含量($P<0.05$),但效应均低于ETH单独作用;ETH—6-BA

的复配效应低于ETH—KT复配效应($P<0.05$)。ETH—KT复配也可显著提高可溶性糖含量。考虑到绿豆芽苗的营养品质,ETH处理的综合效应最好,与对照相比,它可使绿豆幼苗蛋白质含量增加25.1%,可溶性糖含量增加66.07%,维生素C含量增加163.9%。

2.3 不同处理对绿豆幼苗内源激素含量的影响

不同处理均可改变绿豆幼苗的内源激素,其对绿豆幼苗中IAA、ZR和ABA含量的作用效应见图1、图2和图3。

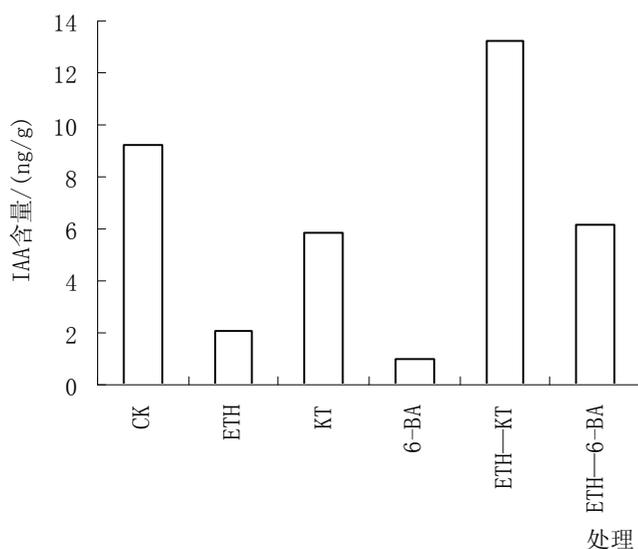


图1 不同处理对绿豆幼苗种IAA含量的影响

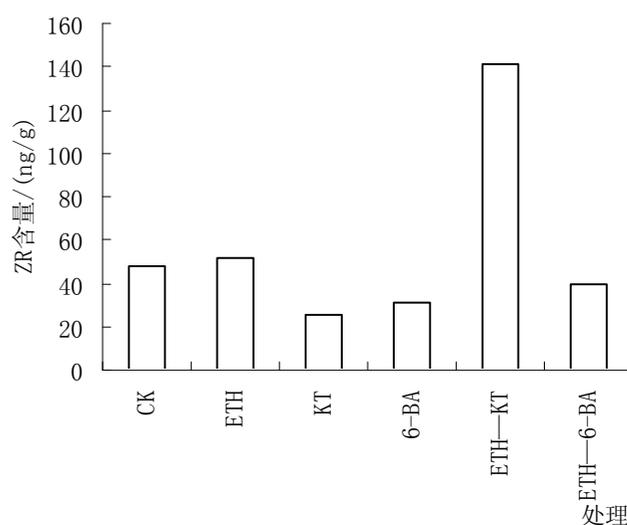


图2 不同处理对绿豆幼苗种ZR含量的影响

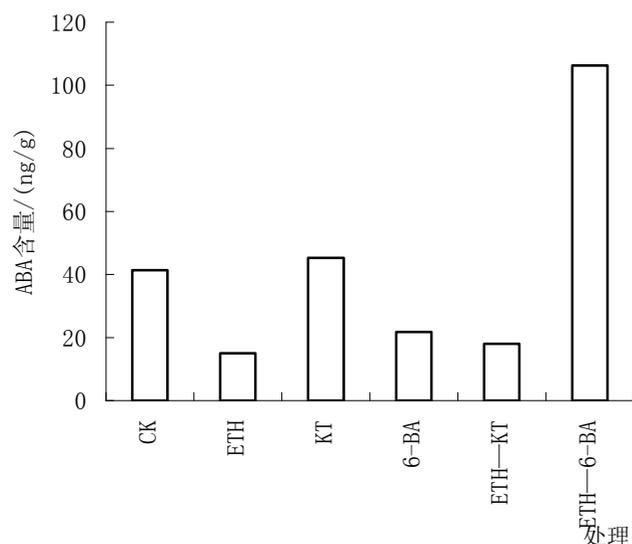


图3 不同处理对绿豆幼苗种ABA含量的影响

与对照相比,ETH、KT、6-BA及ETH—6-BA复配处理不同程度地降低了幼苗中IAA含量,而ETH—KT复配则明显提高了幼苗中IAA含量。ETH增加了幼苗中ZR含量,KT和6-BA都在一定程度上降低了ZR含量,ETH—6-BA复配对幼苗中ZR含量也有一定的降低作用,但ETH—6-KT复配则明显提高了ZR含量。ETH、6-BA不同程度地降低了幼苗中ABA含量,而KT则提高了幼苗中ABA含量。ETH和KT复配的降低了ABA含量,ETH—6-BA复配显著提高了幼苗中ABA含量。

2.4 不同处理对绿豆幼苗下胚轴横切组织结构的影响

为探讨不同处理对绿豆幼苗形态效应的作用机理,观测ETH、6-BA及ETH—6-BA复配处理对绿豆幼苗下胚轴细胞组织结构的效应。3个处理均可不同程

度地改变幼苗下胚轴横切面的上皮层、形成层和髓等组织的细胞数目及大小,并最终改变各部分的面积和所占横截总面积的比例。

与对照相比,ETH、6-BA及ETH-6-BA依次可使绿豆下胚轴横切面上髓内细胞数目增加112.8%、110.5%和32.2%,单个细胞面积增加-30.2%、7.7%和13.5%;皮层细胞数减少35.0%、7.9%和0.8%,单个皮层细胞面积增加50.5%、96.8%和107.9%(图4和图5)。结果显示,3种处理均改变了绿豆幼苗下胚轴横切面的各组织面积的大小,并最终改变了整个下胚轴横切面面积的大小(图6)。

ETH在增大横切面髓和形成层面积的同时,较小程度地减小了皮层组织的面积,最终表现为下胚轴横切面面积的增大;6-BA和ETH—6-BA均同时增大横切面的髓、形成层和皮层组织的面积,最终增大了下胚轴横切面的总面积(图6)。

与对照相比,ETH增加了绿豆幼苗下胚轴髓内细胞数目,减小了髓内单个细胞面积,减少了皮层细胞数,增大单个皮层细胞面积,其对幼苗下胚轴的增粗作用主要表现在增大了髓和形成层的面积。6-BA同时增加了髓、皮层的单个细胞的面积,而在增加幼苗下胚轴髓内细胞数目同时,减少了皮层细胞数,其对绿豆幼苗下胚轴的增粗效应主要表现为同时增大了横切面上髓、形成层和皮层的面积。ETH—6-BA的复配处理同时增大了绿豆幼苗下胚轴的髓和皮层组织单个细胞的面积,增多了髓内部细胞数目,对皮层细胞个数无甚影响;其对绿豆幼苗下胚轴的增粗效应主要缘于同时增大了幼苗下胚轴横切面的髓、形成层和皮层组织的面积。

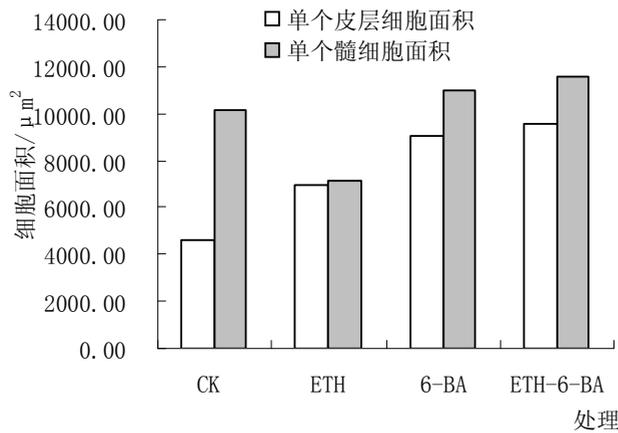


图4 不同处理对幼苗下胚轴横切面细胞大小的影响

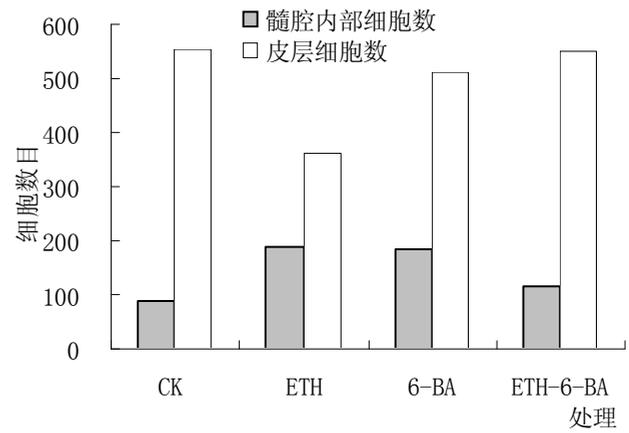


图5 不同处理对幼苗下胚轴横切面细胞数的影响

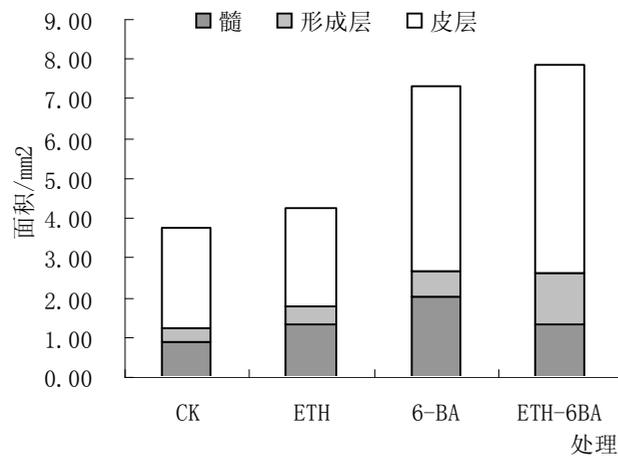


图6 不同处理对幼苗下胚轴横切面积大小的影响

3 讨论

3.1 关于乙烯和6-BA对绿豆幼苗及组织细胞生长的调节效应

关于乙烯的植物生长调节效应, Barg 等报道了乙烯能够导致多种植物细胞的横向扩大, 阻止细胞纵向伸长^[1], 与该试验基本一致, 说明乙烯对绿豆幼苗的主要作用是促进细胞的分裂和扩大, 抑制细胞的纵向伸长, 在外观形态上, 则表现出对下胚轴的增粗和缩短效应。

关于6-BA的生长调节效应已在多种植物上报道。不同浓度6-BA对萝卜芽苗菜的生长均有不同程度的抑制作用, 经6-BA处理的萝卜芽苗菜茎均比对照粗^[2]; 外源6-BA可使向日葵下胚轴的鲜重明显增加^[3]; 6-BA和KT等细胞分裂素类物质及配合生长素类物质处理, 可抑制莴苣幼苗自发生侧根和生长素的促根效应^[4]。这与试验中对绿豆幼苗形态研究结果相一致, 表现出6-BA对幼苗具有抑制下胚轴伸长, 使下胚轴增粗和增加幼苗生物量的作用; 6-BA及ETH-6-BA复配处理可完全抑制绿豆幼苗的侧根产生。绿

豆芽在使用6-BA后, 其下胚轴的皮层细胞发生分裂, 分裂细胞数约为8%^[5]。与对照相比, 6-BA处理绿豆幼苗下胚轴皮层细胞数减少了7.9%, 单个皮层细胞面积增加了96.8%, 髓细胞数增加110.5%, 髓内单个细胞面积增加7.7%, 从而使皮层细胞面积增大了81.8%, 髓细胞面积增大了126.7%, 最终表现为绿豆幼苗下胚轴的增粗。6-BA作为一种细胞分裂素, 具有促进细胞分裂的作用, 对不同植物、不同组织部位的作用效果会有差异。

ETH-6-BA对绿豆幼苗的效应表现为对幼苗内源ABA含量的促进作用要比单独使用两种植物生长调节剂效应大, 而其表现出的显著扩大皮层薄壁细胞的效应, 显示出了两者的加性效应, 因此, 其对下胚轴的增粗作用比单独用ETH和6-BA显著, 而在其它方面, 复配剂的效应基本上在ETH和6-BA之间。

3.2 关于乙烯和6-BA对绿豆幼苗生化成分的调节效应

有研究显示: 乙烯处理可使绿豆芽的维生素C含量下降48%^[5], 采用15 ml/L 6-BA溶液处理食荚豌豆10 min, 能保持较高的Vc和叶绿素含量^[6]; 外源6-BA 0.5 mg/L浓度处理水稻幼苗, 可以提高可溶性糖、可溶性蛋白质含量^[7]; $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5}$ mol/L的6-BA能够相对提高盐胁迫条件下小麦萌发过程中的可溶性糖、可溶性蛋白质的含量^[8]。与此试验结果不尽一致。ETH处理可使绿豆幼苗中维生素C含量提高163.9%, 6-BA可使绿豆幼苗的可溶性糖含量分别提高33.96%, 而6-BA处理的幼苗蛋白质含量比对照低但无明显差异。这可能与使用ETH和6-BA的浓度和处理次数以及绿豆种子萌发过程条件控制有关。

3.3 关于乙烯和6-BA对绿豆幼苗内源激素含量的调节效应

在植物内源激素含量方面, 6-BA及ETH-6-BA处理可完全抑制绿豆幼苗侧根的形成, 使绿豆幼苗中

IAA含量分别降低88.9%和33.3%,使ZR含量分别降低35.3%和22.8%,这与前人研究结果相一致。6-BA和KT等细胞分裂素均可抑制莴苣幼苗根尖切除诱导侧根原基形成的效应;用6-BA配合生长素类物质的处理可抑制生长素的促根效应;6-BA—NAA配合处理可显著降低根内IAA含量,并使内源ZRs和iPAs的含量一直保持较高水平^[14]。并认为内源生长素含量的降低和细胞分裂素含量维持一定水平可能是诱导侧根原基形成的两大内因。

干旱条件下,冠菌素显著提高玉米幼苗叶和根中的ABA含量,ABA的增加可调节气孔开闭,促进根系对水和离子的吸收,对植物抵御干旱胁迫是有利的;冠菌素结构中的冠烷酸与ACC结构相似,可能影响乙烯的产生^[19]。这在某种程度上可解释试验中ETH—6-BA复配处理使绿豆幼苗内源ABA含量升高的原因。

参考文献

- [1] 汪天,王素平,郭世荣.外源乙烯对黄瓜幼苗根系生长及内源多胺含量的影响[J].沈阳农业大学学报,2006,37(3):473-475.
- [2] 张维,郭得平.糖和脱落酸及乙烯互作及其与植物生长发育的关系[J].植物生理学通讯,2005,(03):376-380.
- [3] 谢志兵,鲁旭东.植物生长调节剂处理对君迁子发芽及生长的影响[J].中国南方果树,2003,32(4):63-64.
- [4] 康冰,陈彦生,张小红.GA、6-BA及IAA对香椿种子发芽及幼苗生长的影响(简报)[J].植物生理学通讯,2001(05):399-400.
- [5] 施和平,齐莹,张悦,等.黄瓜毛状根的诱导及细胞分裂素6-BA对其生长和形态的影响[J].生物工程学报,2006,22(3):514-520.
- [6] 张福平,邝洁蓬.6-BA等对驱蚊香草种子发芽与幼苗生长的影响[J].种子,2005(12):74-76.
- [7] 陈怡平,李丽,王勋陵,等.He-Ne激光和KT对小麦种子萌发与幼苗生长的影响[J].激光生物学报,2002,11(6):56-58.
- [8] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:190-192,202-204,267-270.
- [9] 郝建军,康宗利,于洋.植物生理学实验技术[M].北京:化学工业出版社,2007:124-133.
- [10] 李正理.植物组织制片学[M].北京:北京大学出版社,1996:1-87,130-139.
- [11] Barg S P, Burg E A. The interaction between auxin and ethylene and its role plant growth [J]. Nat. Acad Science, 1965, 58:262-269.
- [12] 杨秀坚,罗富英.不同浓度GA3、6-BA对萝卜芽苗菜产量影响的研究[J].北方园艺,2006(4):22-23.
- [13] 王桂芹,段亚军.向日葵不同品种耐盐碱性与解剖结构比较研究[J].昭乌达蒙族师专学报,2002,23(6):34-36.
- [14] 江玲,周燮.外源生长素和细胞分裂素对莴苣幼苗侧根原基发生和内源激素含量的影响[J].南京农业大学学报,2000,23(1):19-22.
- [15] 吴敦肃,高小彦,郭一松.乙烯利和6-BA对绿豆芽生化成分的影响[J].上海农业学报,1995,11(3):37-40.
- [16] 汪峰,郑永华.6-BA和热处理对食荚豌豆贮藏品质的影响[J].食品科学,2004,11:107.
- [17] 宗学风,王三根.6-BA与胆固醇对水稻幼苗生长和抗冷性的作用[J].西南农业大学学报:自然科学版,2003,25(6):491-499.
- [18] 张士功,高吉寅,宋景芝,等.6-BA对小麦种子萌发过程中所受盐害的缓解作用[J].种子,1998,6:43-44.
- [19] 汪宝卿,李召虎,段留生,等.干旱胁迫下冠菌素对玉米幼苗光合参数和内源激素含量的影响[J].植物生理学通讯,2007,43(2):269-272.