

不同色光和激素配比 对石刁柏茎试管苗物质积累的影响

倪德祥 王 蓓 张丕方 王凯基

(复旦大学生物系, 上海)

提 要 在相同辐照度的不同色光及相同浓度比的不同组合激素的培养条件下, 我们比较了石刁柏茎段培养过程中愈伤组织生长发育的情况。实验结果表明, 茎段培养后的出芽数、芽长、发根等形态学指标以及生物重量、叶绿素、总糖、还原糖、蛋白质、核酸的含量等生理生化指标都不同程度地受到色光组合激素的交互作用。

关键词 彩光; 激素组合; 茎段培养

在植物组织培养中, 激素对组织培养的调控作用及其作用机制已有了较长的研究历史, 特别是激素的单独作用及组合后的复合作用的研究工作日益增多。目前已形成了初步的激素调控植物组织培养的作用模式^[1,10]。光作为植物组织培养的一个调控因子, 是最近几年来比较热门的研究课题, 已有不少报道^[6,20], 但以激素和光组合使用作为植物组织培养的调控手段, 目前还很少有研究, 并未见过正式报道。本文通过3种不同的组合激素和6种不同色光复合使用, 对石刁柏茎段离体培养进行处理, 企图寻找调控石刁柏离体茎段培养后愈伤组织的生长发育最适条件。石刁柏是一种可供药用、食用及观赏的有用植物, 体内含精油及天门冬素, 用途极广。鉴于植物组织培养方法已在花卉、经济作物及药用植物上得到初步应用, 本文则为石刁柏实用价值的提高及光和激素复合调控植物组织培养的作用积累了初步的资料。

材 料 与 方 法

以石刁柏 (*Asparagus officinalis*) 无菌试管苗为材料, 切取长约1cm左右的茎段为外植体, 水平接种到3种不同的固体培养基上, 培养基分别为(1): MS+0.2mg/l NAA+0.5mg/l BA; (2): MS+0.2mg/l NAA+0.5mg/l KT; (3): MS+0.2mg/l NAA+0.5mg/l ZT。分别置于不同波长色光的培养架上进行培养。共18种处理, 每种处理重复10瓶。

培养条件: 温度为 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 光照采用各种荧光灯(除黑暗外), 辐照度为 $3.2\text{w}/\text{m}^2$ 。

除黑暗处理外,其余每种彩光处理日照10小时。除冷白(W)荧光灯为市售品外,其余各种单色光处理如红(R)、黄(Y)、绿(G)和蓝(B)荧光灯均由本校电光源研究所设计提供,各种荧光灯管的主要技术参数见表1。

表 1 各种荧光灯管主要技术参数
Table 1 main technical parameters of all flurescent light tube

荧光灯管 Flurescent tube	白光 (W)	黑暗 (D)	红光 (R)	黄光 (Y)	绿光 (G)	蓝光 (B)
波长范围(nm) Extent of wavelength	410~690	—	600~690	520~650	490~590	400~540
波长峰值(λ) Value of wavelength peak	—	—	652	580	525	455
功率(W) Power	40.0	—	40.0	40.0	40.0	40.0

培养5周后,进行称重(TN扭力天平,精密度0.01克,统计芽数、芽长、烘干称重(电光分析天平,精密度0.1Mg)。用DNS法测还原糖及总糖含量^[2],用Bradford法^[15]测蛋白质含量,总核酸的测定用紫外分光光度法^[2],RNA测定用苔黑酚法^[2],叶绿素测定用Arnou法^[3]。

结果与讨论

1. 彩光和激素对石刁柏试管苗形态发生的影响

石刁柏试管苗的发生属于不定芽途径,培养材料接种后2—3天切口变白膨大,5—6天后长出白色的愈伤组织,两周后从愈伤组织上长出淡绿色小点,即为发生的不定芽,生长过程中芽渐渐长大并愈加变绿,长成小的试管苗,大约3周后,在苗的另一端长出白色絮状的不定根。生长一定时间后,根须变为浅褐,从而形成带有根端和苗端的试管苗,不定根和不定芽均是从愈伤组织内部一团组织经一系列过程而分化的。

不同彩光和组合激素对石刁柏茎段离体培养诱导的试管苗的出芽数、芽长和发根数等影响显著(见表2,图版I: 2, 3, 4)。

从表2可以看出,(3)号培养基对石刁柏试管苗形态发生最有利,与其它两种培养基相比,出芽数最多,芽的长度明显的长,且能生根。这说明第(3)号培养基上的激素种类及配比浓度较为合适,即NAA与ZT的组合较与KT及BA的组合对于石刁柏试管苗芽数、芽长及发根等效果更明显,而BA、KT与NAA组合后对形态发生的效应差别不大,特别是KT及BA与NAA组合后明显抑制生根,而ZT与NAA组合后明显促进芽数及芽长的增加,并大量促进生根。

植物组织培养中,生长素类物质有促进生根的作用,细胞分裂素类物质有促进生芽的作用,这成为一种规律,有大量的报道^[1,8,13]。但当它们组合使用时,随着组合激素的不同,激素绝对浓度及相对浓度的比值不同以及不同的培养材料,它们的作用方式与

表 2 彩光和激素组合对器官发生的影响

Table 2 Effect of colour light and compound hormones on the organogenesis

激素	光	白 光	黑 暗	红 光	黄 光	绿 光	蓝 光
hormones	light	(W)	(D)	(R)	(Y)	(G)	(B)
芽 数 (每瓶)	(1)	11±1	5±1	6±1	7±1	7±1	11±1
	(2)	11±1	6±1	8±1	10±1	6±1	8±1
	(3)	23±2	6±1	9±1	9±1	11±1	12±1
芽 长 (cm)	(1)	1.5±1	0.7±0.1	0.6±0.1	0.5±0.1	0.6±0.1	0.6±0.1
	(2)	2.3±0.5	1.1±0.1	1.9±0.3	1.0±0.1	0.8±0.7	1.4±0.3
	(3)	4.8±0.8	3.0±0.7	3.8±0.3	3.3±0.6	2.8±0.5	4.0±0.7
根 数	(1)	0	0	0	0	0	0
	(2)	0	0	+	+	0	0
	(3)	+++	++++	++++	++++	+++	++

注: (1) “+”发根多度, “0”不发根;

(2) 表中激素编号同“材料与方法”中培养基编号;

(3) 表中数据为“平均值±标准误”。

效果也就不同。它们各自的作用则会受到另一种激素的制约, 甚至一者为另一者完全抑制。本试验只是由于细胞分裂素类物质的不同, 与NAA组合后, 因各自活性的差异, 对石刁柏试管苗器官发生的影响也就明显不同(图版 I: 2—4)。细胞分裂素类物质的促进生芽作用会受到由于同NAA组合的抑制。从表中可以看出这一结果, 这与许智宏等的实验一致^[14]。

不同色光对石刁柏试管苗的芽数, 芽长及发根也有不同程度的影响(表2)。彩光对芽数及芽长的影响在第(3)号培养基上所反映出的差异最为明显, 白光利于芽数及芽长的增加, 黑暗则反之。(1)及(2)号培养基中的石刁柏试管苗的芽数, 芽长受不同色光的影响虽有差异, 但不如在(3)号培养基中明显。总的说来, 不同培养基上均以白光下的发芽数及芽长为最高, 黑暗条件下则相对地低。彩光对发根的影响也有较明显的反映, 红光及黄光下的发根较多, (2)号培养基上只有红光及黄光下有发根, 而蓝光则相对地抑制根的形成。

白光下的芽长, 节间也长, 芽较健壮, 但黑暗条件下的试管苗表现出明显的黄化现象, 与我们以往实验的结果一致^[9], 另一明显特征就是试管苗的苗长低于1Cm时, 芽(苗)成花蕾或圆筒状, 表现出横向增粗, 而苗长的试管苗则无此现象(图版 I: 3—4)。

从表2可以看出, 彩光只影响发根的数量, 而并不决定是否发根。决定器官发生的类型及根、芽的有无是由激素的作用引起的。色光不同, 可以调控形态发生量上的差异及质地的不同。这说明色光对组织培养的调控有一定的补偿作用, 但是不能完全替代激素作用^[7]。

2. 彩光和组合激素对石刁柏试管苗生物重量及含水率的影响

彩光和组合激素对石刁柏试管苗生物重量及含水率有一定的影响(3)。

不同的组合激素(不同的培养基)对石刁柏试管苗的生物重量影响明显, 以NAA

表 3 彩光和组合激素对石刁柏试管苗生物重量、百分含水率的影响
Table 3 The effect of colour light and compound hormones on the biomass and the percent of water content

激素 Hormone	光 Light	白 (W)	黑 (D)	暗 (R)	红 (Y)	黄 (G)	绿 (B)	蓝 (B)
生物重量 (g/瓶)	(1)	0.742±0.163	0.426±0.096	0.379±0.060	0.467±0.147	0.435±0.039	0.681±0.107	
	(2)	0.244±0.096	0.645±0.179	0.525±0.185	0.395±0.160	0.172±0.059	0.145±0.025	
Biomass	(3)	1.800±0.746	1.188±0.427	1.525±0.462	1.065±0.093	0.794±0.225	1.113±0.518	
含水率 (%) Water content	(1)	87.9	88.6	88.6	86.5	89.3	98.2	
	(2)	85.6	88.2	90.1	86.4	86.1	82.3	
	(3)	89.0	85.7	88.4	85.3	87.7	86.9	

+ZT组合下的生物重量为最高。同一光下,(3)号培养基上的试管苗生物重量高于其它两种培养基上的约2~8倍不等,而(1)号培养基和(2)号培养基相比,则以(1)号为较好,(2)号相对地差。

不同色光对试管苗生物重量的影响也较说显,(1)及(3)号培养基上均以白光下的为最高,(2)号培养基上则以黑暗条件下为最高。(1)号培养基上以红光下的生物重量为最低,(2)号培养基上则以蓝光下的为最低,(3)号培养基上则以绿色光为最差。

不同色光及激素对石刁柏试管苗含水率的影响不明显。试管苗的生物重量与试管苗的芽数、芽长、健壮状况、发根、根数及芽、根的质地相关。综合表2及图版I:2,3,4可以看出色光及激素对试管苗生物重量的影响与对形态发生的影响相一致。但色光与生物重量的关系与我们以往的结果不一致^[1],可能与激素组合的浓度以及材料的不同有关系。

3. 彩光和组合激素对石刁柏试管苗叶绿素形成的影响

彩光和组合激素对石刁柏试管苗叶绿素含量的影响明显(表4)。

从表4可以看出,培养基对叶绿素含量的影响明显受到色光作用的牵制,不同色光对叶绿素含量的影响较明显,白光下的叶绿素含量为最高,即白光为最有利于叶绿素的形成,除(1)号培养基以黄光下为最低外,(2)、(3)号培养基均以黑暗下的为最低,其它几种单色光对叶绿体的形成都有一定的抑制作用。叶绿素a、b与总叶绿素受色光和组合激素的影响一致。

由于彩光和组合激素这种复合作用,对叶绿素含量的影响表现较复杂,如(2)、(3)号培养基与白光间对叶绿素形成有增益效应,而在黑暗中却表现出相互抑制作用。BA与NAA组合后,总的说来则对叶绿素的形成有抑制作用,这与林振武^[5]等的结果不同。红光对叶绿素的形成表现出一定的抑制作用,也与林振武等^[5]及Withrow等^[21]

表 4 彩光和组合激素对刁石柏试管苗叶绿素含量的影响

Table 4 Effect of colour light and compound hormones on the content of chlorophyll of *A. officinalis* tube-shoot

叶绿素 Chlorophyll Hormone	光 Light	白	黑	红	黄	绿	蓝
		(W)	(D)	(R)	(Y)	(G)	(B)
总叶绿素 (mg/g鲜重) Total chlorophyll	(1)	0.075±0.001	0.045±0.001	0.020±0.001	0.010±0.001	0.015±0.001	0.031±0.001
	(2)	0.108±0.001	0.019±0.001	0.022±0.001	0.020±0.001	0.023±0.001	0.030±0.001
	(3)	0.102±0.001	0.011±0.001	0.012±0.001	0.048±0.001	0.022±0.001	0.020±0.001
叶绿素a (mg/g鲜重) Chlorophyll a	(1)	0.024±0.001	0.019±0.001	0.007±0.001	0.004±0.001	0.004±0.001	0.011±0.001
	(2)	0.040±0.001	0.006±0.001	0.009±0.001	0.008±0.001	0.008±0.001	0.011±0.001
	(3)	0.037±0.001	0.003±0.001	0.004±0.001	0.018±0.001	0.008±0.001	0.008±0.001
叶绿素b (mg/g鲜重) Chlorophyll b	(1)	0.054±0.001	0.026±0.001	0.012±0.001	0.007±0.001	0.009±0.001	0.018±0.001
	(2)	0.059±0.001	0.011±0.001	0.012±0.001	0.012±0.001	0.015±0.001	0.018±0.001
	(3)	0.059±0.001	0.007±0.001	0.007±0.001	0.030±0.001	0.014±0.001	0.012±0.001

所报道的红光促进叶绿素形成的结果不同。据我们分析,可能与实验系统(整体与离体的不同)及同时应用组合激素的缘故,还可能与所用材料种类及器官类别不同有关,这与我们另一些试验结果相同(待发表)。

4. 彩光及组合激素对刁石柏试管苗含糖量的影响

彩光和激素对刁石柏试管苗含糖量的影响明显(见表5)。

从表5可以看出,色光对总糖的影响由于同时受组合激素的影响而表现得很复杂。除白光下的(2)号培养基上的较高外,总的以(3)号培养基上的总糖量为最高,(2)

表 5 彩光和组合激素对刁石柏试管苗含糖量的影响

Table 5 Effect of colour light and compound hormones on the content of carbohydrates of *A. officinalis* tube-shoot

糖 Sugar	激素 Hormone	光	白	黑	红	黄	绿	蓝
		Light	(W)	(D)	(R)	(Y)	(G)	(B)
总糖 (mg/g鲜重) Total sugar	(1)		36.3±0.1	36.9±0.2	37.3±0.0	47.7±0.1	50.8±0.1	32.5±0.1
	(2)		79.2±0.2	39.3±0.1	30.3±0.1	76.0±0.1	51.8±0.1	27.0±0.2
	(3)		45.8±0.0	63.6±0.1	31.8±0.1	75.1±0.1	45.6±0.1	38.1±0.1
还原糖 (mg/g鲜重) Reducing sugar	(1)		23.4±0.1	11.3±0.1	13.4±0.1	9.7±0.1	7.3±0.1	5.6±0.1
	(2)		65.7±0.1	1.3±0.1	9.9±0.2	21.5±0.1	2.8±0.1	15.2±0.1
	(3)		22.0±0.1	20.6±0.1	2.4±0.1	13.0±0.1	3.0±0.1	5.8±0.1

号培养基次之，(1)号培养基上的则表现为最差。同样，不同培养基对还原糖含量的影响也较明显，但不同的培养基之间由于受彩光的制约，其各自试管苗所含还原糖量的规律性不强。

不同色光对石刁柏试管苗含糖量的影响明显(表5)。(1)、(2)、(3)号培养基上总糖量分别以绿光、白光、黄光下的为最高，蓝光及红光下的较低。色光对还原糖的影响同总糖的影响一样，也很明显。白光下的还原糖量为最高。在(1)、(2)、(3)号培养基上的蓝光、黑暗及红光下的还原糖量较低。

根据一些报道^[8,9]，发根与含糖量呈正相关。然而本试验中显然第(3)号培养基上试管苗的含糖量较高，且试管苗都同时诱导发根，但(2)号培养基上的红光及黄光条件下也有发根，只不过是根数较少罢了。这两种色光下的含糖量(总糖及还原糖)均不高，可见发根与否，并不完全受糖量所决定。含糖量不是直接决定发根的因素。

从同一情况下的还原糖及总糖含量关系中可以看出，白光下的还原糖量很高，与总糖量相比，白光对吸收的还原糖向总糖的转化有抑制作用，而其它几种单色光的还原糖及总糖含量之间的相差甚大，这些单色光对还原糖向多糖的转化有促进作用。可以认为，彩光及组合激素的复合作用，即影响培养物对培养基中糖分的吸收，又影响所吸收糖分的代谢。

植物体内的含糖量，一般认为与光合作用有关。然而离体培养条件下的植物形态发生过程虽然是个需光过程，但却不需要，事实上也不进行光合作用。这可以从实验中的一些非光合有效光(绿光、黄光等)反而能促进含糖量的提高证明这一点。植物组织培养过程是一个异养生长过程，糖类来自于培养基中。实际上，培养基内的糖类也会抑制光合作用的碳固定作用^[6]。不同彩光下试管苗的含糖量有差别，可能是在于色光影响了糖类物质的吸收与转化作用，进而影响植物组织培养的形态建成模式。

5. 彩光和组合激素对石刁柏试管苗核酸及蛋白含量的影响

彩光和激素对石刁柏试管苗核酸及蛋白质含量的影响明显(见表6)。

从表6可以看出，不同的培养基对总核酸含量的影响明显，以(1)号培养基(NAA+BA)上试管苗的总核酸的含量为最高，(2)号培养基次之，(3)号培养基最差。培养基对RNA的影响明显，总的来说，以(3)号培养基下的为最高，(1)号培养基次之，(2)号培养基上则相对地为最差。同样，不同的培养基对蛋白质含量的影响也很明显，除黄光下异常外，以NAA+BA组合下的蛋白质含量为最高，NAA+KT及NAA+ZT组合则相对地较差，以前者为稍高。

从表6可以看出，不同色光对核酸，蛋白质的影响很明显，(1)号及(2)号培养基上以蓝光下的总核酸含量为最高，(3)号培养基上则以黄光为稍高，白光及蓝光下的次之，3种培养基上则相对地以黑暗下的总核酸含量为最少，RNA受色光的影响不如总核酸所受的影响有规律，(1)号培养基上以黑暗下的为最高，蓝色下的为最低；(2)号培养基上则以黄光下的为最高，蓝光下的为最低；(3)号培养基上以白光下的为最高，蓝光下的为最低。由此可见，蓝光对RNA的形成在不同的培养基上均表现出抑制作用，(1)号培养基上试管苗蛋白质含量以黑暗下为最高，黄光下为最低；(2)号培养

表 6 彩光和组合激素对石刁柏试管苗核酸及蛋白质含量的影响
Table 6 Effect of colour light and compound hormones on the content of nucleic acids and proteins of *A. officinalis* tube-shoot

激素	光 白	光 黑	光 红	光 黄	光 绿	光 蓝		
hormone	light (W)	(D)	(R)	(Y)	(G)	(B)		
总核酸 (mg/g鲜重) total nucleic acid	(1)	3.227±0.010	3.028±0.016	3.704±0.017	3.704±0.032	3.371±0.008	4.408±0.006	
	(2)	2.782±0.013	2.749±0.007	2.629±0.012	2.594±0.007	2.219±0.006	3.862±0.015	
	(3)	2.520±0.011	2.094±0.010	2.324±0.016	2.627±0.012	2.221±0.008	2.469±0.009	
	RNA	(1)	0.713±0.001	0.840±0.001	0.421±0.001	0.413±0.001	0.501±0.001	0.320±0.001
		(2)	0.480±0.001	0.371±0.001	0.372±0.001	0.713±0.001	0.411±0.001	0.356±0.001
		(3)	1.202±0.033	0.600±0.000	0.495±0.001	0.700±0.001	0.528±0.001	0.443±0.001
	(OD值)	(1)	1.599±0.001	2.075±0.020	1.500±0.010	0.816±0.020	1.037±0.020	1.190±0.020
		(2)	1.684±0.010	0.442±0.010	1.786±0.010	2.092±0.020	0.884±0.020	0.437±0.028
		(3)	1.684±0.039	0.510±0.020	0.153±0.001	0.425±0.020	0.867±0.020	0.782±0.010
蛋白质 (mg/g鲜重) protein	(1)	1.599±0.001	2.075±0.020	1.500±0.010	0.816±0.020	1.037±0.020	1.190±0.020	
	(2)	1.684±0.010	0.442±0.010	1.786±0.010	2.092±0.020	0.884±0.020	0.437±0.028	
	(3)	1.684±0.039	0.510±0.020	0.153±0.001	0.425±0.020	0.867±0.020	0.782±0.010	

基上则以黄光下为最高, 蓝光下为最低; (3)号培养基上则以白光下为最高, 红光下为最低。

从表中可以看出, 蓝光有利于试管苗的总核酸增加, 黑暗条件表现为抑制效应, 与我们以往的结果一致^[9]。NAA与BA的组合有利于核酸的增加, 相对地说, NAA与ZT组合则抑制核酸的增加。同样, 色光及组合激素对试管苗RNA及蛋白质的影响有平行关系, 说明蛋白质的合成依赖于RNA的合成。色光和组合激素这两个复合因子通过对基因转录的调控, 进而控制蛋白质的合成过程, 达到了调控形态建成的模式。试验中白光下的总核酸、RNA及蛋白质含量低于其它单色光的处理, 以及蓝光对蛋白质合成的抑制作用, 这与一般的报道不同^[11,15], 但与我们以菊花为材料的试验结果有相同的影响趋势(待发表)。有待于进一步的研究。

总之, 色光和组合激素对石刁柏试管苗的大分子化合物的合成及石刁柏茎段培养的形态发生类型起着一定的调节作用。关于激素的作用机理已有广泛的研究及报道^[13]。但色光对组织培养的调控机理的研究虽有一些报道^[14,16,18,10], 却还没有形成一个明显的有说服力的理论体系。有人认为与光敏色素的存在有关^[18], 本实验的结果中的一些事实则说明并非如此, 因而还难以确定光敏色素对植物组织培养中的形态建成起着决定作用。当然也有文献报道^[16], 组织培养过程中并未发现有光敏色素的存在, 尚且新鲜材料在组织培养过程中随着培养时间的延续, 光敏色素会下降。还有人认为光质效应与其它光的吸收系统有关^[14,19], 不同色光调控着不同的吸收系统, 从而改变培养物内源激素水平及调控有用物质的吸收与排出, 调控组织培养过程中形态发生的模式与进程。然而, 色光和激素组合共同调控植物组织培养的机制, 由于交叉因子而大大增加了其复杂性, 有待于深入研究。

参 考 文 献

- 1 王凯基等. 实验生物学报, 1981; 14(2): 337—347
- 2 北京大学生物系生物化学教研室. 生物化学实验指导, 人民教育出版社, 1979; 11—36
- 3 叶济宇. 植物生理学通讯, 1985; (6): 69
- 4 许智宏等. 实验生物学报, 1979; 12(4): 349—353
- 5 林振武等. 植物生理学报, 1982; 8(4): 399—406
- 6 倪德祥. 自然杂志, 1986; 9(3): 193—198
- 7 倪德祥等. 复旦学报(自然科学报), 1986; 25(2): 157—162
- 8 倪德祥等. 上海农业学报, 1985; 1(1): 52—59
- 9 倪德祥等. 园艺学报, 1985; 2(3): 197—203
- 10 崔激. 细胞生物学杂志, 1983; 5(2): 1—6
- 11 傅家瑞. 植物生理生化进展, 1982; 1: 31—47
- 12 詹祥灿. 植物生理学报, 1983; 9(3): 317
- 13 潘瑞炽. 植物生理生化进展, 1982; 1: 90—102
- 14 Beaughesme G, Poulain M C. *Photochem Photobiol*, 1966; 5: 157—167
- 15 Bradford M *Anal Biochem*, 1976; 72: 248—254
- 16 Charbttte E et al. *Plant Physiol*, 1985; 78(3): 433—437
- 17 Furuya M, Torrey J G. *Plant Physiol*, 1964; 39: 987—991
- 18 Kadkade P G, Seibert M. *Nature (London)*, 1977; 270: 49—50
- 19 pollock J A. *Planta*, 1985; 163: 506—516
- 20 Seibert M, Wetherbee P J, D D Job. *Plant Physiol*, 1975; 56: 130—139
- 21 Withrow R B, Wolff J B, Price I. *Plant Physiol*, 1956; 31: Suppl XIII

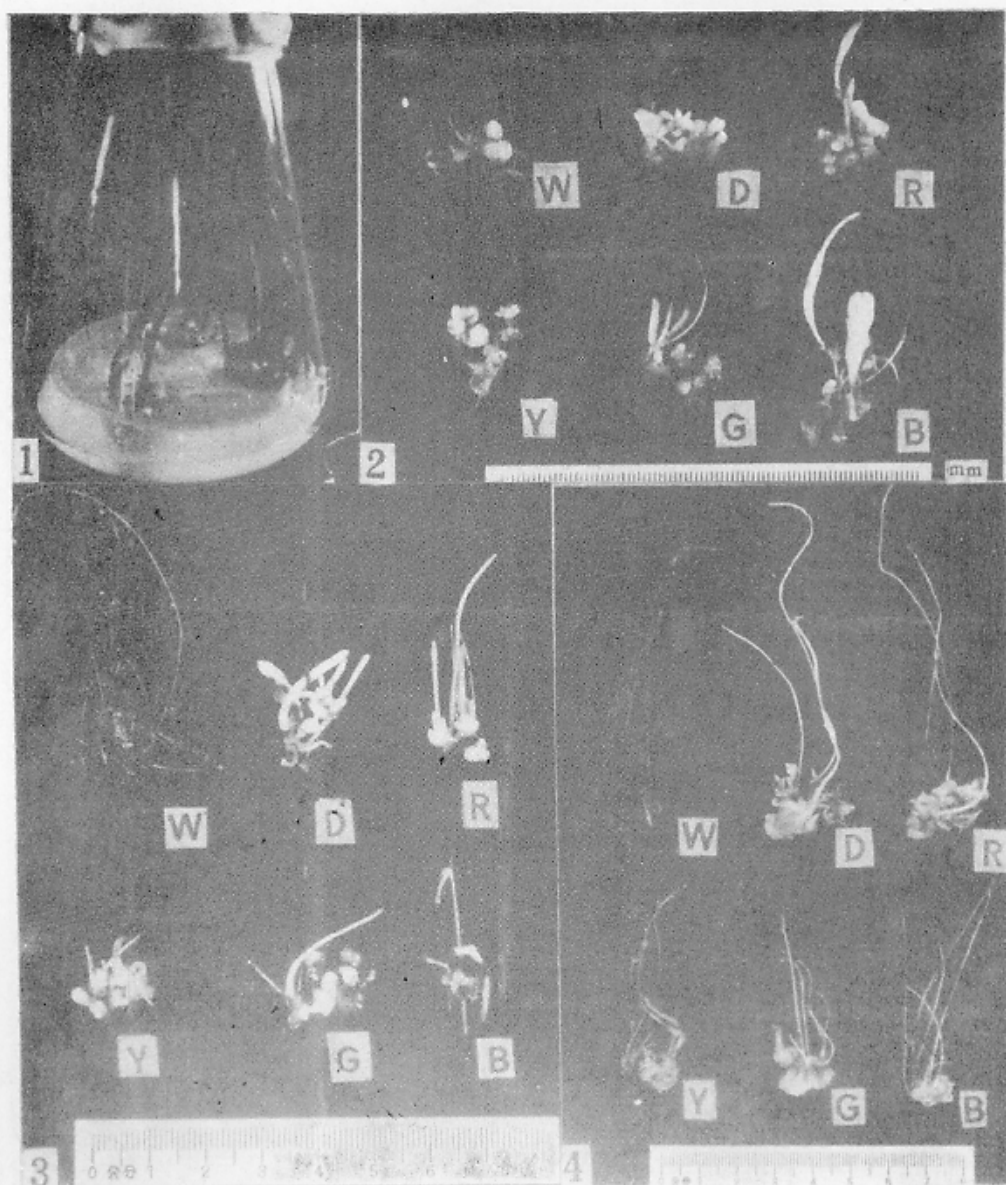
EFFECT OF DIFFERENT COLOUR LIGHT AND COMPOUND HORMONES ON SUBSTANCE ACCUMULATION IN EXPLANTS OF ASPARAGUS OFFICINALIS

Ni Dexiang, Wang Bei, Zhang Pifang, Wang Kaiji

(Department of biology, Fudan University, Shanghai)

Abstract Under different colour light with similar irradiance and different constituent hormones with the same consistency ratio, the growth and development of the callus from the stem segment culture of *A. officinalis* were compared. The results showed that shoot number, shoot length, rooting, biomass and the contents of carbohydrates, chlorophyll, protein and nucleic acid were alternately affected by light and hormones.

Key words Colour light; Constituent hormones; Stem—segment culture



a).1 为石刁柏试管苗。b).2, 3, 4 为不同的培养基处理；分别为 $MS+0.2mg \cdot l^{-1}NAA+0.5mg \cdot l^{-1}BA$, $MS+0.2mg \cdot l^{-1}NAA+0.5mg \cdot l^{-1}KT$, $MS+0.2mg \cdot l^{-1}NAA+0.5mg \cdot l^{-1}ZT$ 。c) W, D, R, Y, G 和 B 分别代表白光, 黑暗, 红光, 黄光, 绿光, 蓝光处理。

a) Photo 1 is tube-shoot of *Asparagus officinalis*. b) Photo 2, 3, 4 represented different treatment of media. Separately, that is $MS+0.2mg \cdot l^{-1}NAA+0.5mg \cdot l^{-1}BA$, $MS+0.2mg \cdot l^{-1}NAA+0.5mg \cdot l^{-1}KT$, $MS+0.2mg \cdot l^{-1}NAA+0.5mg \cdot l^{-1}ZT$. c) W, D, R, Y, G and B in the plate separately represented different treatments of white, dark, red, yellow, green and blue light.