

植物激素对微型薯形成的影响

胡云海

(武汉市蔬菜技术推广站)

蒋先明

(山东农业大学)

摘 要

生长素 IAA, NAA 能促进微型薯个数和重量的增加, 其处理的最佳浓度分别为 2.0ppm 和 3.0ppm, 2,4-D 效果不显著; 3 种激素的效应大小为 NAA > IAA > 2,4-D; 细胞分裂素对微型薯数和成薯指数的影响均呈抛物线形式变化, BA 的最佳浓度分别为 11.59ppm 和 10.04ppm, KT 的最佳浓度分别为 14.72ppm 和 12.63ppm, ZT 的最佳浓度分别为 10.75ppm 和 10ppm, 其效应大小为 BA > KT > ZT; ABA 促进了块茎数和成薯指数的增加, 但没有达显著水平; 乙烯利处理能极显著提高微型薯数和成薯指数, 且以 20ppm 为最好; GA 抑制微型薯的形成, 且产生丛生枝; 不同生长调节剂对微型薯形成的效果不同, 香豆素促进块茎形成, 而 BR 和 PP₃₃ 只在低浓度 (0.1~1.0ppm) 有促进作用, 高浓度则有抑制作用, 助壮素抑制微型薯的形成。

1 前 言

植物激素在马铃薯的块茎形成过程中起着极为重要的调控作用。国内外已有一些学者作过探讨^[1], 但很多都是在大田条件下对整体植株或扦插植株的研究, 而关于在组培条件下研究植物激素对微型薯形成影响的系统报道较少, 而且有些激素的作用尚未确定。因此, 本实验详细研究了在组培条件下各种激素对微型薯形成的效应。

2 材料和方法

试材为脱毒的“泰山 1 号”试管苗, 在培养室内用三角瓶培养 (3 个单茎节/瓶) 30 天后进行各种激素处理 (培养条件为

2000lx, 16 小时, 25℃)。诱导液为 MS+10% 蔗糖+激素。试验选择了吲哚乙酸 IAA、萘乙酸 NAA 和 2,4-D 3 种生长素, 其浓度分别为 0, 1.0, 2.0, 3.0ppm, 其步骤为: MS 高压灭菌 (pH5.8) → 激素过滤灭菌 (NAA 也可用高压灭菌) → 混合均匀后分装 → 处理试管苗 → 黑暗中诱导 (20℃)。每个处理 8 瓶, 20 毫升/瓶, 共 12 个处理。细胞分裂素选取了 6-苄基嘌呤 BA, 激动素 KT 和玉米素 ZT 3 种, 其浓度分别为 0, 5, 10, 15, 20ppm, 步骤同上, KT 用过滤灭菌, 其它用高压灭菌, 每处理 5 瓶 (黑暗诱导, 25℃), 每瓶 20 毫升。脱落酸 ABA、乙烯利和赤霉素 GA 的浓度分别是: ABA 为 0, 5, 10, 15, 20, 25 和 30ppm, 乙烯利为 0, 10, 20, 30, 40 和 50ppm, GA 为 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 和 2.5ppm, 每个处理为 8 瓶 (黑暗, 20℃), 每瓶 20 毫升, 上述 3 种激素均采用

* 陈利平同志协助工作, 特此致谢!

过滤灭菌。生长调节剂选取了香豆素 Coumarin、油菜素类酯 BR、多效唑 PP₃₃₃ 和助壮素 Pix 4 种, 各自的浓度水平如下: Coumarin 为 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 和 80ppm, BR 为 0, 0.01, 0.1, 1, 5, 10 和 50ppm, PP₃₃₃ 为 0, 0.01, 0.1, 1, 5, 10 和 50ppm; Pix 为 0, 250, 500 和 700ppm, 均采用高压灭菌, 每个处理 5 瓶, 每瓶 20 毫升 (黑暗, 25℃),

诱导 1 个月后统计微型薯的个数 (N)、直径 (D) 和重量 (W)。

成薯指数 (IP) = $N \times W \times D$ (其计量单位: $N \rightarrow$ 个/瓶, $D \rightarrow$ mm $W \rightarrow$ g)。

3 结果及讨论

3.1 生长素类对微型薯形成的影响

实验结果见表 1。

表 1 生长素对微型薯形成的影响

处理	浓度	N(个 / 瓶)	项		目		
	(ppm)		显著性	IP	显著性		
IAA	0	0	cd	BCD	0	bcd	BCD
	1.0	1.625	b	AB	0.546	ab	AB
	2.0	3.000	a	A	1.013	a	A
	3.0	1.125	bc	BC	0.417	abc	ABC
2,4-D	0	0	不显著		0	不显著	
	1.0	1.250	不显著		0.880	不显著	
	2.0	1.125	不显著		0.192	不显著	
	3.0	1.000	不显著		0.263	不显著	
NAA	0	2.429	bc	ABC	1.235	bcd	BCD
	1.0	2.000	cd	BCD	1.586	BC	BC
	2.0	3.500	ab	AB	1.955	b	AB
	3.0	3.625	a	A	3.622	a	A

注: 小写字母表示差异显著 (5% 水平), 大写字母表示差异极显著 (1% 水平)

在一段时间内, 关于生长素在马铃薯块茎形成中的作用很少引起人们的注意, 1955 年苏联学者曾用 IAA 处理马铃薯开花植株的一段茎 (作为插枝), 结果是只生根而未形成块茎^[1]。本实验的结果表明: 生长素处理与对照相比, 不仅促进了微型薯数的增加, 而且也使微型薯的重量和大小增加 (IP 增加, 见表 1)。IAA 对微型薯数 (IP) 的影响达到极显著水平 ($F = 8.503 > F_{0.01} = 4.570$, 其中以 2.0ppm 为最好, IAA 对成薯指数的影响也达到了极显著水平 ($F = 4.035 > F_{0.05} = 2.950$), 其中以 2.0ppm 为最好。

2,4-D 在一定程度上增加了微型薯的个数和大小, 但还没有达到显著水平 ($F_N = 2.0126 < F_{0.05} = 2.950$, $F_{IP} = 1.093 < F_{0.05} = 2.950$), 各个浓度处理之间差异不

大。

NAA 对微型薯数的影响达显著水平 ($F = 3.8084 > F_{0.05} = 2.710$), 对成薯指数的影响达极显著水平 ($F = 4.777 > F_{0.01} = 4.070$), 其中以 3.0ppm 处理的 NAA 为最好。

从上面的分析可以看出, 生长素促进了微型薯的形成, 3 种激素的效应大小为 $NAA > IAA > 2, 4-D$ 。生长素能促进微型薯的重量大小增加, 这可能与生长素促进细胞的纵向伸长有关。C.N.Williams 等人认为, 在短日照条件下, 生长素由茎枝运至地下部, 可促使已木质化的细胞转变为薄壁细胞, 以利于贮藏更多的碳水化合物^[1], 即增加了块茎的体积和重量。而关于生长素能促进微型薯数增加的机理有待进一步研究。

3.2 细胞分裂素类对微型薯形成的影响

实验结果如表2。

表2 不同细胞分裂素对微型薯形成的影响

处理	浓度 (ppm)	项 目			
		N (个/瓶)	W (g/个)	D (mm)	IP
BA	0	1.0	0.367	6.5	2.39
	5	4.3	0.351	6.7	10.18
	10	5.0	0.388	5.9	11.446
	15	4.2	0.348	5.2	7.6
	20	3.3	0.194	6.0	3.841
KT	0	1	0.367	6.5	2.39
	5	2.3	0.307	7.6	5.37
	10	3.4	0.321	7.0	7.64
	15	3.33	0.343	6.6	7.54
	20	3.2	0.265	6.8	5.77
ZT	0	1.0	0.367	6.5	2.39
	5	2.67	0.194	5.8	3.0
	10	4.0	0.261	5.6	5.85
	15	2.75	0.103	4.0	1.13
	20	1.8	0.13	4.4	1.03

下面分别讨论3种激素的作用。

3.2.1 BA对微型薯形成的影响

BA是微型薯诱导中常见的一种细胞分裂素。在本试验中,随着BA浓度的增加,微型薯个数及成薯指数均随之增加,在BA=10ppm左右时达最大值,随后开始下

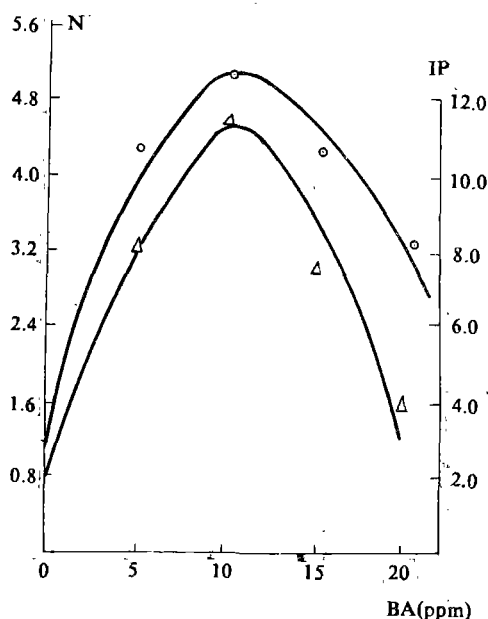


图1 BA对微型薯形成的影响

注: Δ 表示成薯指数; $\bullet$ 表示微型薯数。下同

降(见图1)。通过回归分析表明,BA对微型薯形成的影响符合一元二次曲线: Y_N (个/瓶) = $1.246 + 0.656x - 0.28x^2$, $R = 0.967^*$; $Y_{IP} = 2.997 + 1.618x - 0.081x^2$, $R = 0.962^*$,二者相关均达到显著效果。对方程求导得到:当BA的浓度为11.59ppm时,微型薯数达到极大值为平均5.045个/瓶;而当BA浓度为10.04ppm时,微型薯的个数与重量和直径的乘积达极大值(11.12)。

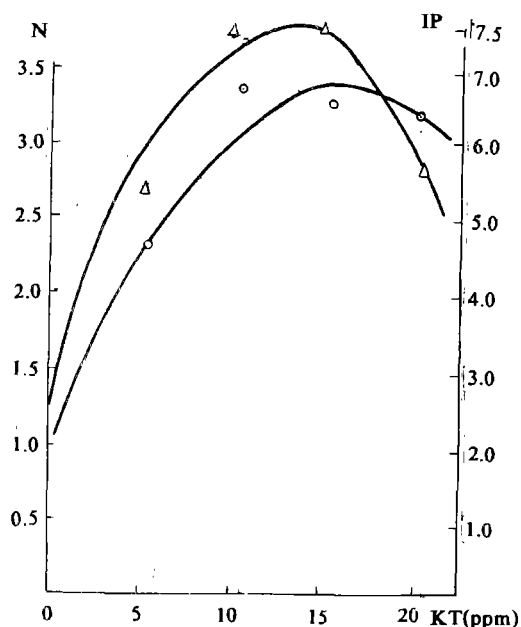


图2 KT对微型薯形成的影响

3.2.2 KT对微型薯形成的影响

经过回归分析表明,KT对微型薯数的影响呈二次抛物线形式,其方程为: Y_N (个/瓶) = $0.984 + 0.339x - 0.012x^2$, (x 为KT的浓度), $R = 0.992^{**}$,相关性达极显著效应。对方程求导得到,当KT的浓度为14.72ppm时,产生最大微型薯数为3.47个/瓶。KT对成薯指数IP的影响可用二次方程式表示: $Y_{IP} = 2.260 + 0.857x - 0.034x^2$ (x 为KT的浓度, $R = 0.996^{**}$),相关极显著。当KT的浓度为12.63ppm时,有最大成薯指数7.67。图2为KT的作用模式图。

3.2.3 ZT对微型薯形成的影响

ZT 对微型薯数的影响可用一元二次方程式 Y_N (个/瓶) = $0.991 + 0.480x - 0.022x^2$ 来很好地模拟 ($R = 0.958^*$)。当 ZT 浓度为 10.75ppm 时, 有极大值 3.57 个/瓶, 见图 3。ZT 对微型薯成薯指数的影响呈单峰曲线, 且在 ZT = 10ppm 时达最大值。在所试浓度水平上, ZT 对微型薯成薯指数的影响差异显著。

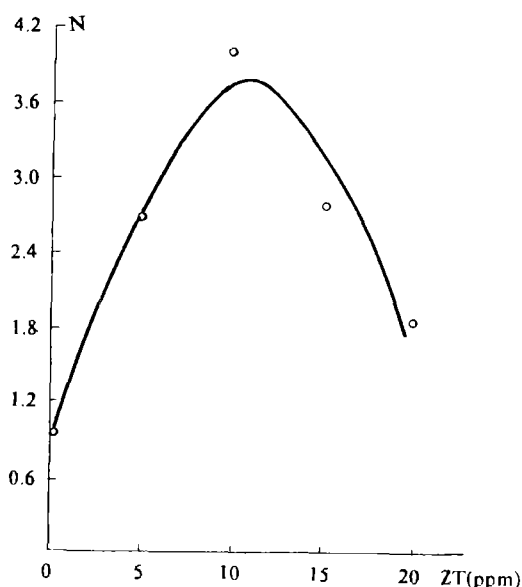


图 3 ZT 对微型薯形成的影响

综上所述, 细胞分裂素能促进微型薯的形成, 几种激素的效应大小为 BA > KT > ZT。细胞分裂素的这种促进作用可能来自两个方面的原因: 一方面促进了腋芽的细胞分裂和扩展^[2], 亦即扩大了库容; 另一方面细胞分裂素被植株吸收运至腋芽后解除了植株中内源生长素等对腋芽的抑制, 刺激某些酶的活性; 改变植物体的生理代谢活动, 使营养物质更易于向细胞分裂素所在部位源源运输^[2, 3], 我们的实验结果与 Palmer 和 Smith (1970)、Mauk 和 Langille (1978) 所做的是一致的^[4]。

3.3 ABA、乙烯利和 GA 对微型薯形成的影响

实验结果见表 3。

表 3 ABA、GA 和乙烯利对微型薯形成的影响

处理	浓度 (ppm)	项 目			
		N(个/瓶)	F 值	IP	F 值
ABA	0	0		0	
	5	1.714		0.178	
	10	0.857		0.096	
	15	0.750	1.8496	0.077	1.2629
	20	0.714		0.079	
	25	1.000		0.056	
	30	1.000		0.044	
乙 烯 利	0	0		0	
	10	1.375		0.213	
	20	2.375	3.9721**	0.431	5.5669**
	30	0.625		0.057	
	40	2.177		0.186	
	50	1.125		0.109	
GA	0	0		0	
	0.5	0		0	
	1.0	0		0	
	1.5	0		0	
	2.0	0		0	
	2.5	0		0	

3.3.1 ABA 对微型薯形成的影响

从表 3 中可以看出, ABA 处理与对照相比, 微型薯数有所增加, 且以 5ppm 最好, 但均没达到显著性差异水平, $F = 1.8496 < F_{0.05} = 2.295$, ABA 对成薯指数影响也与上述相似, 以 5ppm 处理较好, 但与对照相比仍没有显著性差异 ($F = 1.2629$)。尽管如此, 我们认为 ABA 对马铃薯微型薯的形成仍有积极作用。P.F. Warcing 等人证明脱落酸对块茎的形成具有刺激作用, 甚至在去掉叶片的情况下亦能促进块茎的形成^[1], 而 Hussey 和 Stacey 则发现 ABA 对不同品种的效果不同, 有时甚至抑制和抵消由细胞分裂素所诱导的块茎形成, ABA 促进块茎形成的作用

只在特定条件下才能发生^[4]。ABA促进块茎形成的机理可能是由于植株的生长受抑制和衰老加快,从而使植株的营养物质向生长活性较强的幼嫩组织(腋芽)输送和贮存^[3],导致块茎的形成。

3.3.2 乙烯利对微型薯形成的影响

从表3中可以看出,乙烯利处理,对微型薯数的影响达到了极显著的水平, $F=3.9721 > F_{0.01}=2.490$,其中以20ppm浓度乙烯利处理产生的微型薯数最多。乙烯利对成薯指数的影响也达到了极显著水平($F=5.669 > F_{0.01}=2.490$),以20ppm为最好。在实验中观察到,由乙烯利释放出的乙烯促进了块茎形成,这与Garicia-Torres等人(1972)所做的土壤中施入乙烯利的效果是一致的^[5],而与Mingo-Gastel等人的报道相反^[1],Hussey和Stacey(1983)在封闭着的容器中加入乙烯吸收剂(HgCl 和 KMnO_4)证明乙烯的积累是抑制块茎形成的主要因子^[4]。实验中我们还发现,所有乙烯利处理的试管苗顶端生长区域明显膨大变粗(图7),并向下偏曲,而且有些叶腋内形成的块茎不规则,类似顶端的变化。尽管如此,仍有较多的微型薯形成。所以,我们认为,乙烯对块茎形成的作用要大于匍匐茎生长的作用,而这与C.E.Palmer等人的观点相反^[1]。总之,乙烯利这种双向作用的机制及其影响因素尚需进一步探讨。

3.3.3 GA对微型薯形成的影响

从表3中可以看出,赤霉素在所有测试水平上,均无微型薯产生,这表明GA抑制微型薯的形成,不仅如此,还从叶腋中抽出侧芽,侧芽不断生长并分枝形成大量丛生枝(图7)。这可能是由于赤霉素能诱导淀粉酶的形成^[2],导致碳水化合物不能被合成淀粉而贮藏以形成块茎,反而促进了腋芽细胞的分裂与伸长。我们的实验与A.Booth等人^[6]的结果是一致的。

3.4 生长调节剂对微型薯形成的影响

实验结果见表4。

表4 不同生度调节剂对微型薯形成的影响

处理	浓度 (ppm)	项	目		
		$N(\text{个/瓶})$	$W(\text{g/个})$	$D(\text{mm})$	IP
香 豆 素	0	1.25	0.0521	3.04	0.198
	10	2.0	0.0520	3.04	0.316
	20	2.4	0.085	4.35	0.887
	30	2.5	0.091	4.64	1.0556
	40	1.75	0.139	5.74	1.39
	50	2.25	0.154	6.37	2.21
	60	3.33	0.195	5.84	3.79
	70	3.2	0.134	5.30	2.27
油 菜 素 类 脂	80	3.75	0.0269	3.01	0.223
	0	0.5	0.083	5.181	0.215
	0.01	3.6	0.028	3.31	0.334
	0.1	3.25	0.070	4.08	0.928
	1	2.75	0.073	4.09	0.821
	5	2.40	0.056	4.10	0.551
	10	2.00	0.053	3.89	0.412
	50	2.25	0.027	3.26	0.198
多 效 唑	0	1.0	0.04	3.34	0.134
	0.01	0.3	0.08	4.0	0.096
	0.1	2.25	0.126	4.7	1.332
	1	1.0	0.083	4.45	0.369
	5	0.75	0.05	3.93	0.147
	10	1.0	0.108	5.1	0.551
	50	1.75	0.0177	2.87	0.0889
	0	2.021	0.087	4.055	0.713
助 壮 素	250	2	0.102	4.510	0.92
	500	1.969	0.074	4.084	0.595
	700	1.750	0.06	3.143	0.33

3.4.1 香豆素对微型薯形成的影响

从表4可以看出,在本实验范围内,香豆素各个浓度水平处理均促进了微型薯数的增加和IP值的升高。经过回归分析可以得知,香豆素对微型薯数的影响符合一元二次方程: $Y=1.501+0.0301x-0.000143x^2$, $R=0.778^*$,从理论上讲,当香豆素浓度为105.44ppm时,产生的微型薯数最多,为3.087个/瓶。上述关系还可利用双曲线方程进行模拟: $Y_N=x/(2.383+0.3280x)$, $R=0.930^{**}$,二者相关达极显著水平。香豆素对微型薯成薯指数的影响呈单峰曲线,

可用方程 $Y = -0.405 + 0.010x - 0.001x^2$ 来进行很好地模拟 ($R = 0.710^*$), 当香豆素浓度为 50.93 ppm 时, IP 有极大值 2.139 (见图 4)。香豆素是一种生长抑制剂, 它可能是通过抑制生长与促进衰老, 加强了营养物质的运输和转化而起作用。国际马铃薯中心 (CIP) 最近用香豆素 (50ppm) 取代矮壮素 (CCC) 取得了较好的效果^[7]。

3.4.2 油菜素类酯对微型薯形成的影响

从图 5 中可以看出, 在 $BR = 0.01\text{ppm}$ 时, 微型薯数有最大值 3.6 个/瓶; 在 $BR = 0.1\text{ppm}$ 时, 微型薯成薯指数有最大值 0.928, 随着 BR 的浓度增加, 微型薯数和成薯指数均呈减少的趋势。这说明 BR 抑制微型薯的形成。 BR 对微型薯数的影响符合双曲线方程: Y (个/瓶) = $x / (0.0375 + 0.445x)$, $R = 0.9996^{**}$, 相关性达极显著状态。在所试水平上, BR 对微型薯数的影响有显著效应 ($F = 3.128 >$

$F_{0.05} = 2.450$), 而 BR 对 IP 的影响也有显著效应 ($F = 2.9194 > F_{0.05} = 2.450$), BR 是 70 年代以来发现的一种新型植物激素类物质, 它能促进节间伸长和整体植物生长, 能促进细胞伸长, 也促进细胞分裂, 它能促进愈伤组织的增殖但抑制其分化^[8]。在我们的试验中, BR 在各个浓度水平均促进了微型薯的形成, 类似生长素的作用。

3.4.3 多效唑对微型薯形成的影响

从图 6 中可以看出, 在所试浓度水平上 PP_{333} 在 0.1ppm 时微型薯数的成薯指数均达最大值, 而浓度越高, 产生的微型薯数越少, 其块茎也越小, 因此, 高浓度的 PP_{333} 抑制微型薯的形成。 PP_{333} 是一种生长抑制剂, 但只有在低浓度时才促进微型薯的形成。周素平曾用 10, 100 和 1000ppm 的 PP_{333} 试验, 均产生了抑制作用, 与本实验相吻合。

3.4.3 助壮素对微型薯形成的影响

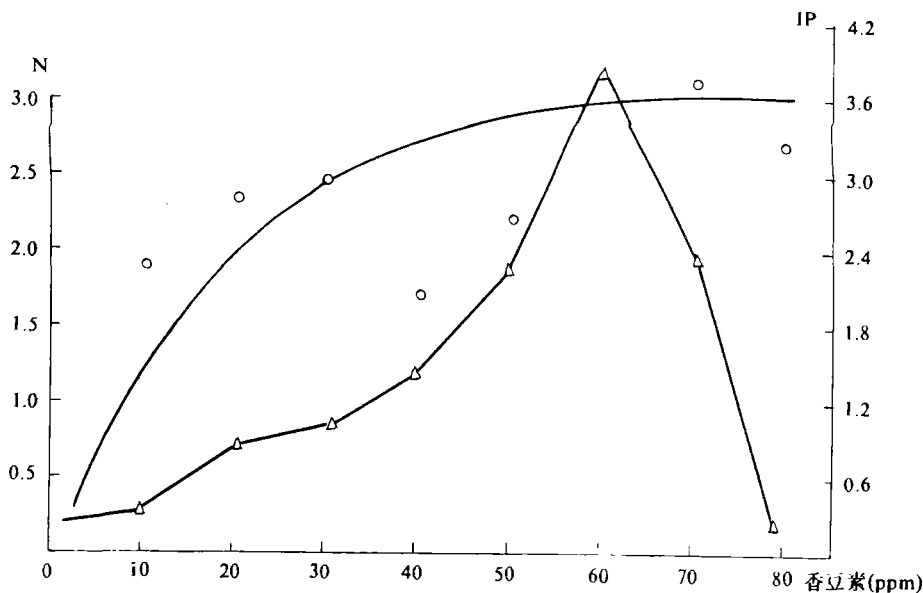


图 4 香豆素对微型薯形成的影响

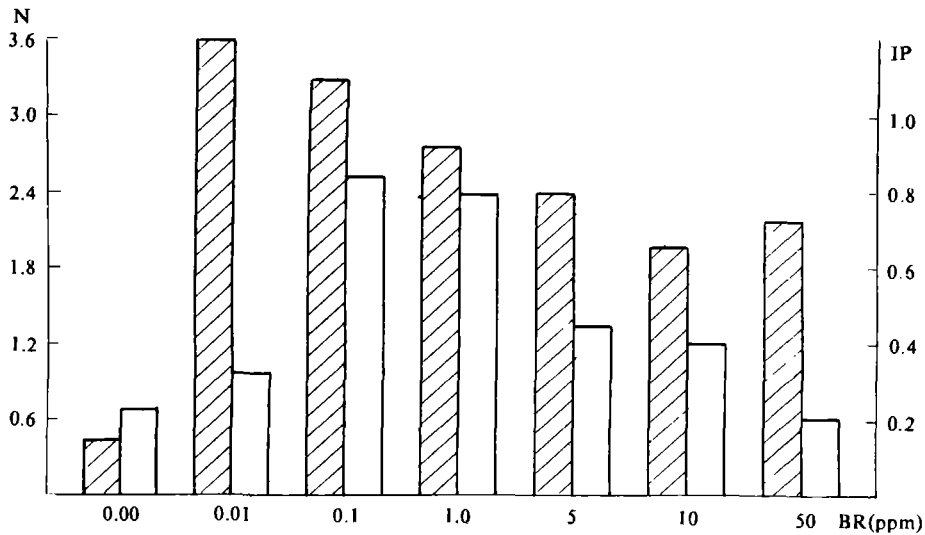


图5 BR对微型薯形成的影响
注: 图中阴影部分为微型薯数, 空白部分为成薯指数, 以下同

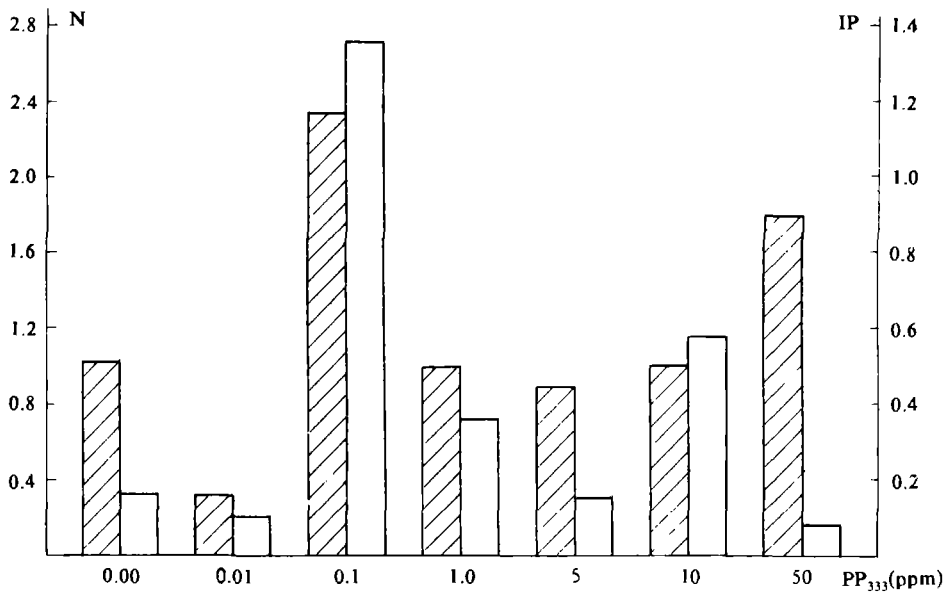


图6 PP₃₃₃对微型薯形成的影响

从表4可以看出, 与对照相比, 随着助壮素浓度的升高, 微型薯数和成薯指数均不断减少, 这说明助壮素抑制微型薯的形成。

综上所述, 马铃薯微型薯的形成与各种

植物激素有着十分密切的关系。各种激素可能是通过改变内源激素的含量和平衡, 以及改变植株的生理生化活动而起作用, 其详细机理有待进一步研究。

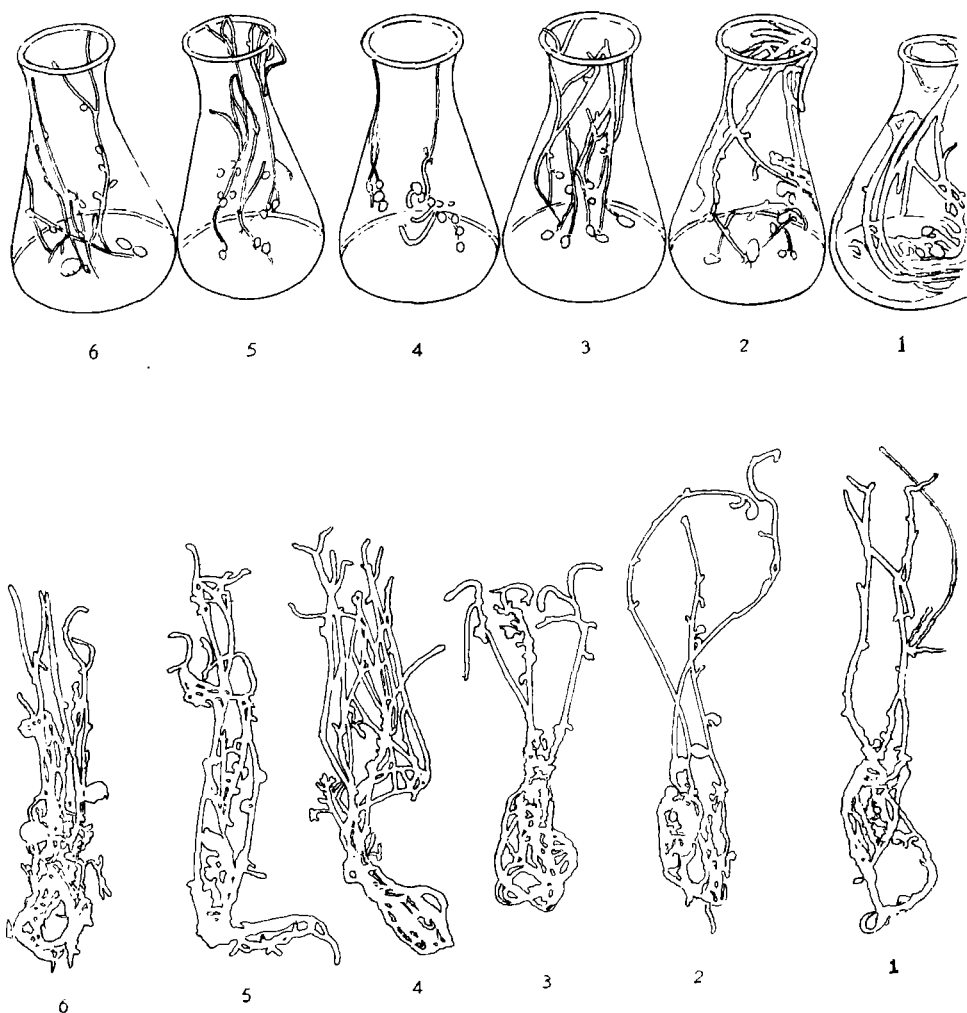


图7 不同激素对微型薯形成的影响

上图中所示: 1. 对照(CK); 2. ABA; 3. GA; 4. 乙烯利; 5. ZAA; 6. 2, 4-D

下图中所示: 1. CK; 2. ABA; 3. 乙烯利; 4. GA; 5. IAA; 6. 2, 4-D

参 考 文 献

- 1 白宝璋. 马铃薯块茎形成与光周期和植物激素关系的研究进展. 吉林农业大学学报, 1986, 8 (2): 6~9, 14
- 2 潘瑞炽等. 植物生理学. 人民教育出版社, 1983
- 3 增田芳雄. 植物激素. 科学出版社, 1976

- 4 胡云海译. 影响马铃薯试管薯形成的因素. 马铃薯杂志, 1990, 4 (2): 117~124
- 5 Garcia-Torres L G *et al.* Potato Res. 1972, 15: 76~80
- 6 BBooth A *et al.* New phytol. 1972, 71: 795~799
- 7 Dodds J H *et al.* Improved methods for *in vitro* tubers in seed programs. APA proceedings, 1988, 157~158
- 8 王宏年. 生物统计学. 兰州大学出版社, 1988

THE EFFECTS OF PLANT HORMONES ON TUBERIZATION OF POTATO MICROTUBERS *IN VITRO*

Hu Yunhai and Jiang Xianming

(Shandong Agricultural University)

ABSTRACT

The auxins, IAA and NAA, can stimulate the formation of microtubers *in vitro* both in number and weight, the best concentrations is 2.0 ppm and 3.0 ppm respectively, whereas the effect of the auxin 2,4-D is not significant. The rank of the three auxins is NAA > IAA > 2,4-D. The effects of cytokinins on the microtuber number per flask and IP follow the quadratic curve, and the best concentrations are 11.59 ppm and 10.04 ppm for BA, 14.72 ppm and 12.63 ppm for KT and 10.75 ppm and 10 ppm for ZT, respectively, the rank of the effect was BA > KT > ZT. The ABA has an effect on the microtuber number per flask and IP and the ideal concentration is 5 ppm but the effect is not significant. The use of ethephon can raise the number of microtuber and IP significantly at 0.01 level and 20 ppm is best. GA inhibits the formation of microtubers. The effect of different growth regulators is different. Coumarin promotes the formation of microtubers, nevertheless BR and PP₃₃₃ improve the tuberization only at the low concentrations of 0.1~1.0 ppm, high concentrations have an inhibitory effect. Pix inhibits tuberization at all levels of concentrations.

本 刊 启 事

本刊自 1987 年创刊至今已出版五卷有余并已装订成卷(精装), 我部现尚存一些过刊和合订本, 其定价为: 1987~1989 年每册 0.80 元; 1990~1991 年每册 1.00 元; 1992 年每册 1.60 元, 合订本每本 10.00 元。需购者请另加定价的 20% 作邮费。

我部地址: 哈尔滨市香坊区东北农学院《马铃薯杂志》编辑部, 邮编 150030。

本刊编辑部