

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO INDOLIL-3-BUTÍRICO
E DO TRATAMENTO TÉRMICO NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA
DO GERVÃO (*Stachytarpheta elegans* L.)*

ANTONIO A. LUCCHESI**
LUIZ A. ROCHELLE**
ANTONIO L. GONÇALVES***

RESUMO

Estudou-se o efeito da aplicação de diferentes concentrações do ácido indolil-3-butírico (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 200 ppm), em condições de campo e tratadas a frio (15°C), na indução de raízes em estacas de Gervão (*Stachytarpheta elegans* L.).

Através dos dados obtidos concluiu-se que houve melhor enraizamento nas concentrações de 40 e 60 ppm, em condições de campo, e que as estacas tratadas com 40 ppm e que posteriormente sofreram tratamento térmico (15°C) por 45 dias, apresentaram grande número de brotações (gemmas) na parte aérea.

*Entregue para publicação em 19/07/85

**Depto. de Botânica, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

***Seção de Ornamentais, Instituto de Botânica, SP.

INTRODUÇÃO

Através de estudos com hormônios de crescimento, em 1934, segundo Kogl e colaboradores, citados por VÁLIO (1979), conseguiu-se isolar e identificar uma substância ativa, que recebeu o nome de auxina, palavra de origem grega que significa crescer. Quimicamente mostrou ser o ácido indolil-3-acético (AIA), que já era conhecido dos químicos desde 1904, quando sintetizado na Alemanha. A partir de 1936 foi verificado que esse hormônio era de ocorrência geral nos vegetais, ocorrendo em órgãos que estão em crescimento ativo, como regiões meristemáticas, folhas jovens, coleótilos e sementes em desenvolvimento.

Sabe-se também, que os níveis de AIA nas plantas são controlados por variações nas velocidades de síntese, destruição e inativação, e que, essa velocidade pode sofrer influência de fatores ambientais e pela idade fisiológica da planta ou do órgão vegetativo. A concentração de auxinas é alta nos locais de síntese, permanecendo alta nas regiões de crescimento ativo, e diminui em tecidos adultos, já diferenciados.

A inativação do AIA nos vegetais é causada por processos fotoquímicos ou enzimáticos que degradam a molécula de AIA, ou através de reações enzimáticas que ligam a molécula de AIA a outras moléculas, produzindo outros compostos, geralmente inativos (VÁLIO, 1979). Pode ocorrer um processo de foto-oxidação, onde substâncias fluorescentes como riboflavina e violoxantina atuam como catalizadores, absorvendo energia luminosa que é utilizada para ativar a oxidação do AIA. Existem ainda, reações de oxidação catalizadas por enzimas, cuja natureza ainda é assunto de estudos.

Quando a auxina é aplicada em um caule cortado, o transporte polar causa um rápido acúmulo da substância na porção basal. Após algum tempo a auxina aí acumula-

da causará a produção de uma dilatação ou "calus" contendo muitas células parenquimatosas resultantes dos novos centros meristemáticos formados, ou de ativação dos meristemas existentes. Aí, raízes adventícias se desenvolvem em profusão, após a ativação das células do câmbio

Segundo GALSTON & DAVIES (1972) quando a auxina é aplicada em partes cortadas de plantas, o aumento da concentração aumenta o efeito até um máximo, acima do qual qualquer acréscimo se torna inibitório, e os níveis de inibição variam de tecido para tecido, sendo a concentração ótima, mais baixa nas raízes, mais alta nos caules e intermediária nas gemas.

Segundo Avery et alii (1947) citados por KRAMER & KOZLOWSKI (1960) as concentrações do ácido indolil-3-butírico (AIB) utilizadas na propagação vegetativa por estaquia, variam de 10 a 100 ppm.

De acordo com KRAMER & KOZLOWSKI (1960) é preciso ter o cuidado de distinguir entre os efeitos da auxina na formação dos primórdios de raiz e no seu alongamento (formação das raízes). Segundo AUDUS (1953) a formação é estimulada por concentrações de auxina extremamente baixas, mas é inibida por concentrações que estimulam a formação de primórdios. Sistemas radiculares tratados com auxinas produzem, muitas vezes, numerosas raízes laterais novas, mas não conseguem alongar em virtude da concentração que originou a sua formação, ser suficientemente alta para inibir o alongamento; ao reduzir-se a concentração da auxina para valores inferiores ao nível inibidor, as raízes alongar-se-ão.

Segundo GALSTON & DAVIES (1972) os efeitos inibitórios de altas concentrações de auxina são resultantes, em alguns casos, da produção de etileno por ela induzida.

Os fatores ambientais temperatura e luminosidade, também exercem significativas influências no processo de enraizamento de estacas vegetativas.

NIGHTINGALE (1935) trabalhando com pessegueiro e macieira, verificou que essas espécies de frutíferas acumulavam mais carboidratos em temperaturas moderadas, quando comparado com temperaturas mais elevadas.

Tranquillini (1955), citado por KRAMER & KOZLOWSKI (1960) ao trabalhar com *Pinus cembra* L., observou que a fotossíntese líquida, em plântulas, aumentava progressivamente até a faixa de 10 a 15°C e, após, diminuía, com o aumento da temperatura. A 35°C, observou que a respiração ultrapassa a fotossíntese.

Em condições de viveiro, segundo KRAMER & KOZLOWSKI (1960) observa-se, em condições de temperaturas anormalmente altas, pequeno desenvolvimento de plântulas de espécies arbóreas, pois, acima de um valor crítico de temperatura, a respiração progride mais rapidamente do que a fotossíntese.

Plantas adaptadas ao frio apresentam frequentemente, a máxima fotossíntese a temperaturas baixas (KRAMER & KOZLOWSKI, 1960).

De acordo com HARTMANN & KESTER (1975) temperaturas diurnas de 21 a 27°C e noturnas de $\pm 15^\circ\text{C}$ são melhores para o enraizamento de estacas para muitas espécies, mas, algumas enraizam melhor, em temperaturas mais baixas. Temperaturas ambientais elevadas tendem a estimular o desenvolvimento de gemas com antecipação ao desenvolvimento de raízes, além de haver aumento na perda de água pelas folhas. Segundo os mesmos autores, temperatura artificial mais elevada (21°C) na base da estaca estimula a formação de raízes antes do desenvolvimento das gemas no talo.

Estudando o efeito da luminosidade em vegetais, AUDUS (1947) e DECKER (1955) observaram que a exposição à luz estimula a respiração, com o conseqüente gasto de carboidratos armazenados. AUDUS (1947) estabeleceu o princípio que a luz estimularia a hidrólise de reservas em substratos imediatamente oxidáveis, presumivelmente hexoses.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI (1960), a fotossíntese dá-se apenas no tecido que contém clorofila quando exposto a luz, ao passo que a respiração ocorre constantemente em todas células vivas. As árvores sintetizam alimentos durante as horas do dia em que há luz. Na natureza temperatura elevada promove maior respiração e conseqüentemente maior gasto de alimento, ou seja, gasto de carboidratos que poderiam ser utilizados no metabolismo do vegetal.

Reserva de carboidratos constitui também um fator muito importante no enraizamento de estacas. De acordo com HARTMANN & KESTER (1975), estacas pequenas com folhas, com pouca ou nenhuma reserva de auxina ou de carboidrato, requerem luz para a formação de alimentos e de auxinas e a produção subsequente de raízes. Entretanto, estacas lenhosas de espécies decíduas, que provavelmente armazenaram auxina elaborada anteriormente, iniciam melhor o enraizamento no escuro (a presença de luz parece ter um efeito inibitório sobre a iniciação do enraizamento, nessas estacas tratadas com auxinas).

A intensidade da luz também tem seu efeito no enraizamento. Assim, lâmpadas fluorescentes brancas com intensidade lumínica 50 vezes menor que a do dia de sol parece ser, segundo HARTMANN & KESTER (1975), satisfatória em algumas espécies para a formação de raízes. Vermelho-laranja seria mais eficiente que o azul no melhor enraizamento para determinadas espécies vegetais.

Após a descoberta do AIA, passou-se a pesquisar ou-

tros compostos de natureza química e atividade fisiológica semelhantes ao AIA e dentre eles, um que tem sido utilizado rotineiramente no tratamento de estacas para promover o enraizamento, é o ácido indolil-3-butírico (AIB).

No presente trabalho procurou-se estudar o efeito de diferentes concentrações do AIB, associados ao possível efeito do abaixamento da temperatura, em condições de laboratório (no escuro) e em condições de campo, no enraizamento de estacas do Gervão, planta ornamental cujas flores possuem o tom azulado muito apreciado e que tende a ocupar lugar de destaque em parques e jardins residenciais, além de, nessa família, existirem espécies de valor medicinal e silvicultural (fornecedoras de madeira de excelente qualidade).

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste experimento utilizaram-se estacas uniformes, cortadas do terço mediano, dos caules de Gervão (*Stachytarpheta elegans* L.), família *Verbenaceae*, desprezando-se os terços inferior e superior. Foram cortadas em pedaços de 25 cm de comprimento, em 04 de setembro de 1984, de exemplares cultivados em canteiros da Seção de Ornamentais do Instituto de Botânica de São Paulo. Durante o período de tempo que antecedeu a execução do experimento, conservou-se a extremidade basal das estacas imersas em água, para manter o processo de absorção, prevenindo o dessecamento.

Em 05 de setembro de 1984, as estacas foram tratadas com soluções de ácido indolil-3-butírico, nas concentrações de 0, 20, 40, 60, 80, 100 e 200 ppm.

O tratamento das estacas foi efetuado, mantendo-se as mesmas a uma altura de 2,5 cm da base imersa por 24 horas em soluções aquosas do regulador vegetal. Após o período de tratamento, realizou-se a lavagem da extremi

dade basal das estacas em água corrente.

Logo após, as estacas foram levadas, uma parte, para canteiros de areia, nos quais foram colocadas; e, outra parte, colocadas em sacos plásticos contendo areia, molhados, e colocados em "freezer" com temperatura controlada (15°C).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 15 estacas úteis por tratamento, 7 tratamentos com AIB, em condições de campo, e tratamento à frio (15°C).

Nas estacas colocadas em condições de campo, aos 45 e 75 dias após os tratamentos com AIB, foram efetuadas contagens do número de brotações formadas na parte aérea e, aos 75 dias, foi verificado o volume do sistema radicular formado, em todos os tratamentos. O volume do sistema radicular foi determinado através do método de deslocamento do volume de água em proveta graduada.

Com relação ao tratamento a frio (15°C), as estacas ficaram no "freezer" por 45 dias após o tratamento com AIB, e após esse período, foram levadas para canteiros de areia onde permaneceram até o final do experimento. Aos 45, 75 e 120 dias do tratamento com regulador vegetal, também foram efetuadas contagens do número de brotações formadas na parte aérea; e, aos 120 dias, também foi verificado o volume do sistema radicular formado.

Para a análise de variância dos dados obtidos, os resultados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$, e para a comparação das médias dos tratamentos, utilizou-se do teste de Tukey, calculando-se a diferença mínima significativa (D.M.S.) ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados a seguir, em tabelas, com os respectivos resultados estatísticos efetuados. (Tabelas 1 a 8).

DISCUSSÃO

Os tratamentos efetuados com AIB, nas estacas de Gervão em condições de campo, mostraram aos 45 dias após o tratamento, nas concentrações de 20 a 100 ppm, formação de "calus" e aparecimento de raízes na base da estaca, brotações (gemas) na parte aérea e folhas bem desenvolvidas, destacando-se mais as estacas tratadas com 40 e 60 ppm. As tratadas com 200 ppm mostraram um desenvolvimento inferior à testemunha (0 ppm). Essas estacas, as não tratadas, apresentaram um início de formação de raízes, poucas brotações (gemas) na parte aérea, "calus" ligeiramente induzido e aparecimento irregular de folhas.

Aos 75 dias do tratamento com as diferentes concentrações do AIB, em condições de campo, houve maior evidência nos aspectos vegetativos estudados, destacando-se mais ainda as estacas tratadas com AIB nas concentrações de 40 e 60 ppm. A concentração 40 ppm induziu a formação de um bom volume de raízes formado, além de brotações bem desenvolvidas na parte aérea, demonstrando ser um tratamento muito bom para a produção de mudas, vegetativamente.

Dessa maneira, comprova-se que a utilização do AIB induz a formação de raízes (KRAMER & KOZLOWSKI, 1960 e VÁLIO, 1979). As maiores concentrações do AIB, 100 e principalmente 200 ppm, parecem ter inibido parcialmente o desenvolvimento de brotações na parte aérea e na formação do sistema radicular das estacas tratadas, o que comprova os resultados obtidos por AUDUS (1947) e KRAMER & KOZLOWSKI (1960) os quais comentam que a formação

Tabela 1. Número de brotações formadas na parte aérea, aos 45 e 75 dias após o tratamento com diferentes concentrações do AIB, em condições de campo.

Estacas	ppm do AIB													
	0		20		40		60		80		100		200	
	45	75	45	75	45	75	45	75	45	75	45	75	45	75
1	3	4	3	4	4	5	3	2	4	5	3	2	2	4
2	2	3	3	5	3	5	5	4	3	4	2	4	2	4
3	4	2	1	2	4	5	4	4	2	2	3	3	1	2
4	3	2	4	4	5	4	3	4	2	4	4	2	2	2
5	1	3	2	3	4	3	1	3	4	2	2	4	3	2
6	2	3	3	4	5	5	3	3	4	4	1	3	2	4
7	3	4	3	2	3	3	5	4	4	5	2	3	2	2
8	2	3	1	3	7	5	2	3	3	4	3	4	2	3
9	2	3	2	4	6	6	4	5	3	2	1	5	1	3
10	1	4	2	3	4	6	5	3	2	2	2	2	2	3
11	4	2	3	3	3	4	1	3	4	4	1	3	3	3
12	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	2	2	2	3
13	2	2	3	2	5	5	4	4	3	4	2	2	1	4
14	3	1	4	3	4	3	3	3	2	2	3	4	1	2
15	1	3	2	2	4	5	3	4	4	2	2	2	2	3
Média	2,47	2,80	2,60	3,13	4,33	4,53	3,33	3,53	3,13	3,27	2,20	3,00	1,87	2,67

Tabela 2. Resultados estatísticos dos dados obtidos, transformados em $\sqrt{x+0,5}$, referentes a Tabela 1; média das repetições.

Tratamentos (ppm do AIB)	Dias após o tratamento	
	45	75
0	1,66	1,80
20	1,74	1,89
40	2,18	2,23
60	1,92	2,00
80	1,89	1,92
100	1,62	1,85
200	1,52	1,84
F (trat.)	10,12**	5,37**
D.M.S. (5%)	0,30	0,27
C.V. (%)	15,26	12,57

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3. Volume (cm³) do sistema radicular formado, 75 dias após o tratamento com diferentes concentrações do AIB, em condições de campo.

Estacas	ppm do AIB						
	0	20	40	60	80	100	200
1	2,0	1,5	3,0	3,5	1,3	3,0	3,2
2	2,7	3,0	3,0	2,5	1,5	2,5	2,8
3	1,5	2,5	4,5	3,0	1,0	2,2	2,2
4	1,5	1,0	3,0	2,6	1,5	2,5	2,0
5	2,0	2,0	4,0	1,5	4,8	2,3	2,0
6	1,7	1,0	3,0	2,0	2,5	2,0	2,0
7	1,5	1,0	2,0	1,8	2,2	2,8	1,2
8	3,0	1,5	4,0	1,5	1,8	2,2	2,0
9	2,0	2,5	3,5	2,0	1,8	1,0	1,8
10	2,0	2,6	3,0	2,1	2,6	2,5	1,0
11	1,7	1,5	4,0	3,1	3,0	2,7	1,8
12	1,3	2,0	3,0	2,6	2,5	0,5	1,6
13	1,5	2,5	2,5	3,2	2,2	2,5	1,5
14	2,0	2,5	2,0	2,0	1,5	1,0	2,0
15	2,0	2,0	3,0	1,8	1,8	1,3	3,5
Média	1,89	1,94	3,17	2,35	2,13	2,07	2,04

Tabela 4. Resultados estatísticos dos dados obtidos, transformados em $\sqrt{x+0,5}$, referentes a Tabela 3.

Tratamentos (ppm do AIB)	Média das repetições
0	1,54 b
20	1,55 b
40	1,90 a
60	1,67 a
80	1,60 b
100	1,58 b
200	1,58 b
F (trat.)	5,44**
D.M.S. (5%)	0,23
C.V. (%)	13,10

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 6. Resultados estatísticos dos dados obtidos, transformados em $\sqrt{x+0,5}$, referentes a Tabela 5; média das repetições.

Tratamentos (ppm do AIB)	Dias após o tratamento		
	45	75	120
0	2,24	1,34	1,32
20	2,82	1,64	1,57
40	3,19	1,88	1,85
60	2,13	1,49	1,35
80	1,89	1,20	1,11
100	1,98	1,33	1,27
200	1,60	0,92	0,70
F (Trat.)	40,13**	4,40**	6,72**
D.M.S. (5%)	0,37	0,63	0,59
C.V. (%)	15,01	40,35	41,03

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7. Volume (cm³) do sistema radicular formado, 120 dias após o tratamento, com diferentes concentrações do AIB, cujas estacas sofreram tratamento a frio (150C), por 45 dias, e posteriormente foram colocadas em condições de campo.

Estacas	ppm do AIB						
	0	20	40	60	80	100	200
1	1,0	2,0	3,2	1,2	1,2	1,4	0,0
2	1,4	1,3	3,5	0,0	1,1	1,0	0,0
3	0,0	2,5	2,2	1,1	0,0	0,0	0,0
4	1,2	2,2	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
6	2,0	2,0	0,0	1,4	1,2	1,6	0,0
7	0,0	0,0	3,1	1,0	0,0	1,2	0,0
8	1,2	1,5	3,0	1,1	1,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
10	1,5	1,2	1,3	1,2	1,0	0,0	0,0
11	0,0	1,0	3,0	1,2	1,2	1,5	0,0
12	1,5	1,6	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0
13	1,0	0,0	2,0	1,3	0,0	0,0	0,0
14	0,0	1,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
15	1,0	1,3	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0

Tabela 8. Resultados estatísticos dos dados obtidos, transformados em $\sqrt{x+0,5}$, referentes a Tabela 7.

Tratamentos (ppm do AIB)	Médias das repetições
0	1,082 b
20	1,240 b
40	1,618 a
60	1,017 bc
80	0,927 bc
100	0,991 bc
200	0,700 c
F (Trat.)	12,34**
D.M.S. (5%)	0,35
C.V. (%)	29,26

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

de raízes é estimulada por concentrações extremamente baixas de auxina, mas pode ser inibida quando tratadas com concentrações maiores. GALSTON & DAVIES (1972) citam que os efeitos inibitórios de maiores concentrações de auxina são resultantes, em alguns casos, da produção de etileno por ela induzida.

Com relação ao tratamento térmico, ou seja, das estacas que sofreram tratamento com AIB e foram colocadas a temperatura de 15°C por 45 dias, em "freezer", apresentaram, após esse período de tempo, um número de brotações na parte aérea (gemas formadas) muito bom, nas concentrações de 20 e 40 ppm, que surpreendeu. Na concentração de 40 ppm, uma média de aproximadamente 10 gemas por estaca, indicando, ser, esse método, muito bom para induzir a formação de gemas, para trabalhos de enxertia, e mesmo de cultura de tecidos. Nas concentrações de 80 a 200 ppm a formação de gemas na parte aérea foi sensivelmente menor.

Todas as estacas tratadas à frio (15°C), quando foram posteriormente colocadas em condições de campo, após 75 e 120 dias, apresentaram sensível redução das brotações inicialmente formadas, provavelmente, por estarem elas mais sensíveis aos fatores ambientais, pois as condições que estavam, eram totalmente diferentes, ou seja, mais frio (15°C) e totalmente sem luz, pois estavam armazenadas em "freezer". O volume de raízes formado nessas estacas, verificado aos 120 dias do tratamento com AIB, foi menor do que o das estacas colocadas em condições de campo diretamente, sem passar pelo tratamento térmico; tal fato se deve, como já foi comentado, as condições nas quais as estacas estiveram armazenadas, por 45 dias, serem totalmente diferentes das condições de campo. Deve-se estudar, portanto, métodos de se proteger mais as estacas, quando retiradas do tratamento térmico, e colocadas em condições de campo.

Os fatores ambientais temperatura mais baixa (15°C) e a falta de luz, provavelmente foram fatores importan-

tes no número de gemas e brotações formadas na parte aérea das estacas, o que concorda com os trabalhos de NIGHTINGALE (1935), AUDUS (1947), DECKER (1955), Tranquillini (1955) citado por KRAMER & KOZLOWSKI (1960) e HARTMANN & KESTER (1975).

O abaixamento da temperatura ambiente e a falta de luz, seriam fatores importantes no menor gasto de carboidratos formados, os quais tem preponderante função no enraizamento das estacas.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

1. Com relação aos tratamentos efetuados nas estacas colocadas em condições de campo, o número de brotações formadas na parte aérea e o volume do sistema radicular formado, foram maiores, nas concentrações de 40 e 60 ppm de ácido indolil-3-butírico (AIB).
2. As estacas que foram tratadas com 40 ppm de AIB e posteriormente tratamento térmico (15°C) por 45 dias, apresentaram, após esse período de tempo, um número relativamente grande de brotações na parte aérea. Essas estacas, posteriormente quando colocadas em condições de campo, apresentaram sensível redução das brotações e raízes inicialmente formadas.

SUMMARY

EFFECT OF 3-INDOLYL BUTYRIC ACID AND THERMIC TREATMENT IN VEGETATIVE PROPAGATION OF *Stachytarpheta elegans* L.

It was studied applications of different concentrations of 3-indolylbutyric acid (0, 20, 40, 60, 80, 100

and 200 ppm) in field conditions and cold treatment (15°C) on rooting of *Stachytarpheta elegans* cuts.

From the data it was concluded that there was better rooting with 40 and 60 ppm concentrations in field conditions, and those treated with 40 ppm and later thermal treatment during 45 days presented large number of bud growth.

LITERATURA CITADA

- AUDUS, L.J., 1947. The effects of illumination on the respiration of shoots of the cherry laurel. *Ann. Botany*, 11: 165-201.
- DECKER, J.P., 1955. A rapid postillumination deceleration of respiration in green leaves. *Plant Physiology*, 30: 82-84.
- GALSTON, A.W. & P.J. DAVIES, 1972. Mecanismos de controle no desenvolvimento vegetal. Tradução de Marico Meguro. Edgar Blucher, Ed. da USP, São Paulo. 171pp.
- HARTMANN, H.T. & D.E. KESTER, 1975. Propagacion de plantas, principios y practicas. Co. Ed. Continental S.A., México, 810pp.
- KRAMER, P.J. & T.T. KOZLOWSKI, 1960. Fisiologia das árvores. Tradução de Antonio M.A. Gomes. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 745pp.
- NIGHTINGALE, G.T., 1935. Effects of temperature on growth, anatomy, and metabolism of apple and peach roots. *Bot. Gaz.*, 96: 581-629.
- VÁLIO, I.F.M., 1979. Auxinas. In: *Fisiologia Vegetal*. Coordenador M.G. Ferri. E.P.U. e EDUSP, São Paulo, 2: 39-72.