

EFEITOS DE SUBSTÂNCIAS REGULADORAS DE
CRESCIMENTO E FATORES AMBIENTAIS NO
PROCESSO DE DOMINÂNCIA APICAL EM
Sorghum bicolor Moench

INÉS CECHIN

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida pela candidata Ines Cechin e aprovada pela comissão julgadora.

Rosely R. Sharif 26/6/87

EFEITOS DE SUBSTÂNCIAS REGULADORAS DE CRESCIMENTO E FATORES

AMBIENTAIS NO PROCESSO DE DOMINÂNCIA APICAL EM

Sorghum bicolor Moench

Tese apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas na Área de Biologia Vegetal.

Orientadora: Profª Dra. Rosely R. Sharif

CAMPINAS

1987

Ao meu pai,

João (in memoriam)

À minha mãe,

Amélia,

Aos meus irmãos,

Gerônimo,

Francisco,

Antônio,

Teresinha,

Luiz,

José,

Maria,

Amadeu,

Paulo,

Ao meu esposo,

Edson Sardella,

Ao meu filho,

Erico,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À professora e amiga Dra. Rosely Rocha Sharif, pela efetiva orientação dedicada durante a realização deste trabalho;

Aos professores Dr. Gil Felipe Martins, Dra. Maria de Fátima Pereira e Dra. Ana Maria Monteiro, pela revisão deste trabalho e pelas sugestões dadas;

Ao professor Cláudio Muller, pela orientação dedicada no estudo de cortes histológicos;

À Dulce Regina Joaquim, pelo auxílio prestado na preparação de lâminas permanentes;

À minha mãe e aos meus sogros, pelo incentivo e apoio constante;

Ao meu esposo Edson, pelo incentivo, apoio e compreensão;

Aos amigos, pela boa convivência e apoio constante;

À Ivani Cristina Sentomo de Arruda Castro, pelo trabalho datilográfico;

Ao CNPq e à CAPES, pelo auxílio financeiro.

ÍNDICE GERAL

	Página
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
III. MATERIAL E MÉTODOS	16
1. Material biológico	16
2. Condições de cultivo	16
2.1. Em vasos	16
2.2. Em solução hidropônica	17
3. Condições fotoperiódicas	19
4. Remoção de raízes	19
4.1. Remoção de raízes adventícias	19
4.2. Remoção parcial da raiz seminal	20
5. Condições especiais de nutrição	20
6. Tratamentos com substâncias reguladoras de crescimento	22
6.1. Auxina	22
6.2. Citocininas	23
6.3. Ácido giberélico	23
6.4. Ácido 2-cloroetil-fosfônico	24
6.5. Nitrato de prata	24
6.6. Ácido 2,3,5-triidobenzôico	24
7. Dosagem de etileno liberado	25
8. Preparação de cortes histológicos	26
9. Medidas de crescimento	27
9.1. Medidas realizadas na planta intacta	27
9.2. Medidas realizadas na planta dissecada ..	27
10. Análise estatística	28

	Página
IV. RESULTADOS	29
1. Efeitos de substâncias reguladoras de crescimento	29
1.1. Auxina e ácido 2,3,5-triidobenzôico ...	29
1.2. Citocininas	31
1.3. Auxina e cinetina	40
1.4. Ácido giberélico	42
1.5. Ácido 2-cloroetil-fosfônico e nitrato de prata	58
2. Efeitos de alterações nas condições ambientais	66
2.1. Fosfato	66
2.1.1. Aumento no suprimento de fosfato,	66
2.1.2. Redução no suprimento de fosfato.	66
2.1.3. Efeito da redução na disponibilidade de fosfato com e sem aplicação concomitante de citocinina ..	74
2.1.4. Efeito da redução na disponibilidade de fosfato com e sem aplicação concomitante de AgNO_3	77
2.2. Fotoperíodo	79
3. Efeitos da remoção de raízes	85
3.1. Raízes adventícias	85
3.2. Raiz seminal	88
3.2.1. Efeito da remoção da raiz seminal e adubação foliar	90
*3.3.2. Efeito da remoção da raiz seminal com e sem aplicação concomitante de citocinina	93

	Página
4. Dosagem de etileno liberado	98
4.1. Efeito do Ácido 2-cloroetil-fosfônico ..	98
4.2. Efeito de fosfato	99
5. Iniciação e anatomia geral de gemas de perfí- lho	99
V. DISCUSSÃO	106
VI. RESUMO	127
VII. BIBLIOGRAFIA	130

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Composição da solução nutritiva padrão modificada de Hoagland e Arnon (1938) ..	18
TABELA 2 - Composição da solução de ferro utilizada para cultivo em hidropônica	18
TABELA 3 - Concentração de KH_2PO_4 nas soluções nutritivas usadas nos experimentos de condições especiais de nutrição	21
TABELA 4 - Efeito de auxina, aplicada através das folhas, em diferentes parâmetros do crescimento, após 22 dias (Experimento I) e 33 dias (Experimento II) de crescimento.	32
TABELA 5 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos, de plantas tratadas com auxina através das folhas, após 22 dias (Experimento I) e 33 dias (Experimento II) de crescimento	32
TABELA 6 - Efeito de IAA e TIBA, aplicados através das folhas, em diferentes parâmetros do crescimento, após 25 dias de crescimento	33
TABELA 7 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com IAA e TIBA, aplicados através das folhas, após 25 dias de crescimento	33

TABELA 8 -	Efeito de citocininas, aplicadas através das raízes, em diferentes parâmetros do crescimento, após 18 dias (Experimento I) e 38 dias (Experimento II) de crescimento	35
TABELA 9 -	Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com citocininas através das raízes, após 18 dias (Experimento I) e 38 dias (Experimento II) de crescimento	36
TABELA 10 -	Efeito de cinetina, aplicada através das folhas, em diferentes parâmetros do crescimento, após 26 dias (Experimento I), 22 dias (Experimento II) e 33 dias (Experimento III) de crescimento	38
TABELA 11 -	Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com cinetina através das folhas, após 26 dias (Experimento I), 22 dias (Experimento II) e 33 dias (Experimento III) de crescimento	39
TABELA 12 -	Efeito de IAA e/ou cinetina aplicados através das folhas em diferentes parâmetros do crescimento, após 22 dias de crescimento	41
TABELA 13 -	Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com IAA e/ou cinetina, após 22 dias (Experimento I) e 33 dias (Experimento II) de crescimento	43

TABELA 14 -	Efeito de GA_3 , em diferentes concentrações, em diferentes parâmetros do crescimento, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento ...	44
TABELA 15 -	Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com GA_3 , em diferentes concentrações, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento	46
TABELA 16 -	Efeito de GA_3 , 10^{-4} M em diferentes parâmetros do crescimento, após 27 dias e 35 dias de crescimento	48
TABELA 17 -	Efeito de GA_3 , 10^{-4} M em diferentes parâmetros do crescimento, após 27 dias e 35 dias de crescimento	49
TABELA 18 -	Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com GA_3 , 10^{-4} M, após 27 dias e 35 dias de crescimento	51
TABELA 19 -	Efeito de GA_3 , 10^{-5} e 10^{-4} M, aplicado a partir da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento	52
TABELA 20 -	Efeito de GA_3 , 10^{-5} e 10^{-4} M, aplicado a partir da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento	53

TABELA 21 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com GA ₃ 10 ⁻⁵ e 10 ⁻⁴ M, aplicado a partir da emergência da quinta folha , após 35 dias de crescimento .	54
TABELA 22 - Efeito de GA ₃ 10 ⁻⁴ M, aplicado a partir da emergência da segunda folha e da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento	56
TABELA 23 - Efeito de GA ₃ 10 ⁻⁴ M, aplicado a partir da emergência da segunda folha e da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento	57
TABELA 24 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com GA ₃ 10 ⁻⁴ M, aplicado a partir da emergência da segunda folha e da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento	59
TABELA 25 - Efeito de CEPA 10 ⁻⁴ M e 10 ⁻³ M em diferentes parâmetros do crescimento, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento	60

TABELA 26 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com CEPA 10^{-4} M e 10^{-3} M, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento	62
TABELA 27 - Efeito de AgNO_3 , 10^{-4} M e 10^{-3} M, em diferentes parâmetros do crescimento, após 29 dias de crescimento	63
TABELA 28 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com AgNO_3 , 10^{-4} M e 10^{-3} M, após 29 dias de crescimento	65
TABELA 29 - Efeito do aumento na disponibilidade de fosfato em diferentes parâmetros do crescimento, após 28 dias de crescimento ...	67
TABELA 30 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com solução nutritiva com maior disponibilidade de fosfato, após 28 dias de crescimento	67
TABELA 31 - Efeito da redução na disponibilidade de fosfato em diferentes parâmetros do crescimento, após 44 dias de crescimento ...	69
TABELA 32 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com solução nutritiva com menor disponibilidade de fosfato, após 44 dias de crescimento	69

TABELA 33 -	Altura das plantas (cm) e dos eixos principais (mm) e comprimento (mm) de gemas de plantas tratadas com solução nutritiva com menor disponibilidade de fosfato, após 27 dias (Experimento I) e 19 dias (Experimento II) de crescimento	72
TABELA 34 -	Peso seco (mg) de plantas submetidas a uma redução na disponibilidade de fosfato, após 27 dias (Experimento I) e 19 dias (Experimento II) de crescimento	72
TABELA 35 -	Efeito de BAP 10^{-5} M e/ou redução na disponibilidade de fosfato em diferentes parâmetros do crescimento, após 30 dias de crescimento	75
TABELA 36 -	Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com BAP 10^{-5} M e/ou com redução na disponibilidade de fosfato, após 30 dias de crescimento	76
TABELA 37 -	Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com solução nutritiva com menor disponibilidade de fosfato com e sem aplicação concomitante de AgNO_3 , após 26 dias de crescimento	78
TABELA 38 -	Efeito do fotoperíodo em diferentes parâmetros do crescimento, após 62 dias de crescimento	81

TABELA 39 - Comprimento (mm) de gemas axilares ou per filhos, 62 dias após o plantio. Plantas crescidas sob fotoperíodo natural ou mo dificado	84
TABELA 40 - Peso seco (mg) de diferentes partes da planta, altura de plantas (cm) e do eixo principal (mm) e comprimento (mm) de ge mas e perfilhos de plantas com remoção de raízes adventícias, após 19 dias de cres cimento	87
TABELA 41 - Efeito da remoção da raiz seminal em di ferentes parâmetros do crescimento. Plan tas com 17 dias após o plantio	89
TABELA 42 - Comprimento (mm) de gemas de perfilhos de plantas com raiz seminal removida. Plan tas com 17 dias após o plantio	89
TABELA 43 - Efeito da remoção da raiz seminal e/ou nebulização com solução nutritiva em vã rios parâmetros do crescimento, após 26 dias de crescimento	91
TABELA 44 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas com raiz seminal removida e/ou nebulização com solução nutritiva. Plan tas com 26 dias após o plantio	92

TABELA 45 - Efeito de BAP 10^{-6} M aplicada através das raízes em vários parâmetros do crescimento, após 25 dias de crescimento. Plantas com raiz seminal removida	94
TABELA 46 - Comprimento (mm) de gemas de perfilhos de plantas tratadas com BAP 10^{-6} M aplicada através das raízes e com raiz seminal removida. Plantas com 25 dias após o plantio	94
TABELA 47 - Efeito de BAP 10^{-6} M e 10^{-5} M aplicada através das folhas em vários parâmetros do crescimento, após 38 dias de crescimento. Plantas com raiz seminal removida	96
TABELA 48 - Comprimento (mm) de gemas de perfilhos de plantas tratadas com BAP 10^{-6} M e 10^{-5} M aplicada através das folhas e com raiz seminal removida. Plantas com 38 dias após o plantio	97
TABELA 49 - Efeito de CEPA 10^{-3} M na liberação de etileno ($\times 10^{-4}$ μ moles/planta), após 28 dias (Experimento I) e 23 dias (Experimento II) de crescimento	100
TABELA 50 - Efeito da maior e menor disponibilidade de fosfato na liberação de etileno ($\times 10^{-4}$ μ moles/planta), após 24 dias (Experimento I) e 19 dias (Experimento II) de crescimento	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Efeito da redução na disponibilidade de fosfato no número de perfilhos ($\square P_2$ e ΔP_3) por planta durante o período de crescimento	70
FIGURA 2 - Efeito da redução na disponibilidade de fosfato no número de perfilhos ($\square P_2$ e ΔP_3) por planta durante o período de crescimento	73
FIGURA 3 - Altura de plantas (A), durante o período de crescimento, e do eixo principal (B), após o término do experimento, de plantas crescidas sob fotoperíodo natural ou modificado	80
FIGURA 4 - Número de perfilhos, durante o período de crescimento, de plantas crescidas sob fotoperíodo natural ou modificado	83
FIGURA 5 - Efeito da remoção de raízes adventícias no número de perfilhos ($\square P_2$ e ΔP_3) por planta durante o período de crescimento	86
FIGURA 6 - Diagrama de um corte longitudinal ilustrando a gema de perfilho da segunda folha. Planta com cinco folhas emergidas.	102

- FIGURA 7 - Diagrama de um corte longitudinal ilustrando um feixe condutor da gema de perfilho da segunda folha. Planta com cinco folhas emergidas 103
- FIGURA 8 - Diagrama de um corte transversal da gema de perfilho da segunda folha. Planta com cinco folhas emergidas 104
- FIGURA 9 - Diagrama de um corte longitudinal mediano do eixo principal mostrando as folhas e primórdios foliares do eixo principal e gemas de perfilho. Planta com cinco folhas emergidas 105

I. INTRODUÇÃO

O centro primário de crescimento das gramíneas é o meristema terminal no qual os primórdios foliares são arranjados alternadamente em sequência acrópeta. Na fase vegetativa, os entrenós destas plantas são altamente contraídos de modo que o caule verdadeiro é extremamente curto e não visível externamente, ficando o ápice envolvido por folhas em desenvolvimento e bainhas foliares de folhas emergidas.

Na axila de cada folha existe uma gema axilar, a qual dependendo da espécie e das condições ambientais pode desenvolver-se em perfilho, tornando-se estruturalmente semelhante ao ramo principal (LANGER, 1979).

O sistema radicular de gramíneas pode ser dividido em duas partes: a das raízes seminais e das raízes adventícias. As raízes seminais surgem de primórdios presentes no embrião, variam de uma a sete ou oito em número de acordo com a espécie e são mais ramificadas que as raízes adventícias (LANGER, 1979).

As raízes adventícias surgem no tecido parenquimático dos nós, abaixo do meristema intercalar do entrenó. Em algumas espécies como o milho ou sorgo, as raízes adventícias podem aparecer em nós do caule situados acima do nível do solo servindo mais como suporte do que como órgãos absorventes (LANGER, 1979). As raízes adventícias podem ainda ser originadas a partir dos perfilhos.

A forma de uma planta de gramínea, assim como a de outras plantas, depende de crescimento que resulta da cor relação entre suas várias partes. Assim, o crescimento das ge mas axilares está sob o controle do ápice principal vegetativo, controle este chamado de dominância apical, mas sofre também influências do sistema radicular, folhas, outras gemas em de desenvolvimento e órgãos reprodutivos (LANGER, 1979).

O grau de dominância apical nas gramíneas é va riável de acordo com a espécie. Algumas espécies apresentam dominância apical forte enquanto em outras ela é exercida de uma maneira bastante suave.

O sorgo é uma gramínea na qual a dominância api cal é fraca produzindo assim perfilhos livremente. Esta carac terística é de extrema importância na agricultura visto que a produção de perfilhos tem uma influência decisiva na área fo liar total e pode, às vezes, aumentar a produção de grãos.

O padrão de perfilhamento em sorgo é caracteri- zado por uma baixa produção de perfilhos durante a fase vegeta tiva e uma maior produção após o florescimento (ISBELL e MORGAN, 1982).

O objetivo deste trabalho foi tentar contribuir para o esclarecimento do mecanismo da dominância apical em *Sorghum bicolor* Moench, através do uso de substâncias de cres- cimento exógenas e de variações em condições ambientais tais como fotoperíodo e suprimento de fosfato.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O fenômeno de dominância apical é extenso e envolve pelo menos quatro aspectos: inibição completa ou parcial do crescimento das gemas e ramos axilares pela presença de uma gema apical, inibição do crescimento de um ramo pela presença de outro dominante, influência da gema apical na orientação e desenvolvimento de órgãos laterais como ramos, folhas, rizomas e estolões e influência da gema apical no transporte de nutrientes e diferenciação celular no caule ou no eixo radicular (HILLMAN, 1984).

Muitos estudos mostram que o grau de dominância apical é determinado por fatores genéticos e ambientais e que é também dependente da idade fisiológica da planta.

Duas hipóteses foram inicialmente propostas para explicar o mecanismo da dominância apical: a hipótese nutricional e a hipótese hormonal.

Segundo a hipótese nutricional, a gema apical em crescimento ativo constitui um órgão de consumo de nutrientes e comanda o suprimento destes para esta região em detrimento das gemas axilares. Evidências para esta competição entre diferentes órgãos numa planta foram primeiramente apresentadas por Goebel em 1900 (GOEBEL, 1969) numa série de experimentos com excisão de folhas mostrando que havia um crescimento compensatório das folhas remanescentes.

Uma gema apical em crescimento ativo não é somente uma região de consumo de nutrientes, mas também de síntese de hormônios.

Em 1925 SNOW (segundo HILLMAN, 1984) mostrou evidências para a existência de uma substância inibidora difusível do ápice. Este autor verificou que esta substância podia atravessar um filme de água entre tecidos de caules adjacentes em experimentos de enxertia com plântulas de *Phaseolus* e reprimia o crescimento de gemas axilares na plântula decapitada. SNOW (PHILLIPS, 1969), conseguiu também mostrar, através de anelamento de caules de *Phaseolus* ou *Vicia faba*, que as gemas abaixo do anel cresciam enquanto o ápice principal continuava a consumir nutrientes. Estes resultados conflitavam com a teoria nutricional.

THIMANN e SKOOG (1934) verificaram, em *Vicia faba*, que as regiões apicais em desenvolvimento eram regiões de síntese de auxina e que este hormônio era transportado basipetamente para as gemas axilares, exercendo um efeito direto na inibição destas gemas. Estes mesmos autores verificaram que aplicações de auxina em plantas decapitadas inibiam as gemas axilares do mesmo modo que a gema apical em plantas intactas. No entanto, mais tarde SNOW (1937) mostrou, através de experimentos com plântulas de ervilha, que a auxina não atuava de maneira direta como proposto por THIMANN e SKOOG (1934), mas de uma maneira indireta por estimular, no caule, a produção de uma substância inibidora a qual poderia mover-se de um modo não polar. Outros pesquisadores como MIKITYUK *et al.* (1982) também mostraram que a auxina tem um efeito indireto na inibição correlativa das gemas axilares de *Helianthus annuus* através da manutenção no nó cotiledonar de um inibidor de crescimento.

Segundo a hipótese hormonal, a auxina apical se ria pois a substância chave da dominância apical, podendo seu efeito ser direto ou indireto através de um inibidor.

O controle do desenvolvimento de perfilhos em monocotiledôneas é semelhante ao de dicotiledôneas, isto é, a auxina da gema do eixo principal inibe o perfilhamento e a re moção desta fonte por decapitação ou por aplicação de um inibi dor de transporte de auxina, o ácido 2,3,5 - triiodobenzóico (TIBA), libera as gemas da dominância apical (LEOPOLD, 1949). Outros autores como JEWISS (1972), LANGER *et al.* (1973), HARRI SON e KAUFMAN (1980) e ISBELL e MORGAN (1982) também observa ram liberação de perfilhos da dominância, em cereais, após apli cação de inibidores de transporte de auxina.

Além das auxinas outros hormônios também parti cipam no mecanismo de dominância apical. SACHS e THIMANN (1964) mostraram que a cinetina pode neutralizar a inibição exercida pelo ápice nas gemas axilares de *Pisum sativum*. Mui tos trabalhos recentes apoiam o envolvimento das citocininas no mecanismo da dominância apical. Aplicações de 6-benzilamino purina (BAP) em gemas inibidas de plântulas intactas de *Pisum sativum* promoveram o crescimento de gemas laterais (PILLAY e RAILTON, 1983). HOUCK e RIESEBERG (1983) aumentaram o número de gemas liberadas por folha em *Bryophyllum calycinum* com apli cações de citocininas e observaram que estas citocininas pos suem um efeito antagônico ao das auxinas quando aplicadas em combinação.

JEWISS (1972), LANGER *et al.* (1973) e CLIFFORD e LANGER (1975) mostraram que aplicações locais de cinetina e BAP estimulam a liberação de gemas axilares em gramíneas.

LANGER *et al.* (1973) sugeriram que a cinetina poderia agir aumentando o fluxo de fotossintatos em direção às gemas axilares.

SHARIF e DALE (1980a) verificaram que aplicações de citocininas, em plantas de cevada, promovem o crescimento de gemas inibidas por deficiência nutricional. Outros pesquisadores confirmaram o papel das citocininas estimulando o crescimento de gemas axilares em cereais, como trigo, cevada (JOHNSTON e JEFFCOAT, 1977), aveia (JOHNSTON e JEFFCOAT, 1977 e HARRISON e KAUFMAN, 1980) e sorgo (ISBELL e MORGAN, 1982). Entretanto, STACCIARINI (1984) não conseguiu demonstrar efeito promotor no desenvolvimento de gemas axilares, em sorgo através de aplicações exógenas de citocinina. Esta autora, pelo contrário, verificou inibição no crescimento de gemas axilares e atribuiu este efeito à inibição do crescimento do sistema radicular causada pelo hormônio.

Outra classe de hormônio que parece estar envolvida no mecanismo da dominância apical é a das giberelinas. As respostas a esta classe de hormônios podem ser opostas dependendo das gemas axilares encontrarem-se inibidas ou liberadas.

JOHNSTON e JEFFCOAT (1977) verificaram que em aveia, trigo e cevada aplicações de ácido giberélico (GA_3) promoveram o alongamento do caule e isto foi acompanhado por uma inibição do crescimento de gemas de perfilho sugerindo que as similares foram desviados para o caule tornando-se indisponíveis para o crescimento de gemas. MORGAN *et al.* (1977) observaram que aplicações precoces de GA_3 em algumas variedades de sorgo, inibiram completamente o perfilhamento, o qual aumentou rapidamente após a supressão da aplicação. SHARIF e DALE (1980b) verificaram que em cevada, se as gemas de perfilho são

liberadas da dominância apical por aplicação de citocininas ou por um suprimento adequado de nutrientes o GA₃ exógeno pode estimular o seu crescimento.

CLIFFORD e LANGER (1975) notaram que GA₃ aplicada diretamente na gema axilar de *Lolium multiflorum* promoveu crescimento de gemas criando um dreno de metabolitos em direção à gema tratada.

Mais recentemente, MONTEIRO (1984) observou inibição do crescimento das gemas mais basais em milho e também uma forte inibição na iniciação de gemas axilares, após tratamento das plantas com GA₃.

Outras evidências para o envolvimento de giberelina na dominância apical são provenientes de experimentos com inibidores de biossíntese de giberelina. JEWISS (1972) mostrou que cloreto de 2-cloroetil-trimetilamônio (CCC), em plantas de *Lolium multiflorum*, aumenta o perfilhamento e reduz o comprimento do caule. Em sorgo, ISBELL e MORGAN (1982) conseguiram mostrar este efeito promotor utilizando outro inibidor de biossíntese de giberelina, o ancimidol.

Etileno é uma substância de crescimento gasosa encontrada em todas as plantas superiores. É sintetizado em todas as partes da planta e sua taxa de síntese varia com o tipo de tecido e com seu estágio de desenvolvimento.

Resultados conflitantes foram obtidos quanto ao papel do etileno no mecanismo de dominância apical. BURG e BURG (1968) observaram que o ácido indolil-3-acético (IAA) estimula a produção de etileno endógeno em plântulas de ervilha e que quando este último é aplicado exogenamente em segmentos de caule inibe o crescimento de gemas axilares. No entanto, HILLMAN e YEANG (1979) mostraram que um agente liberador de etileno, o

ácido 2-cloroetil-fosfônico (CEPA) estimula o crescimento de gema axilar em plantas de *Phaseolus vulgaris* quando aplicado na superfície abaxial da segunda folha trifoliolada. Em plantas de aveia foi mostrado que o etileno liberado por aplicação de IAA não está envolvido na manutenção da dominância apical; mas que ele pode atuar promovendo a fase de intumescimento durante a liberação das gemas da quiescência e estimulando o alongamento das gemas promovido pela cinetina após a fase de entumescimento (HARRISON e KAUFMAN, 1982).

Muitos pesquisadores têm atribuído à auxina um efeito indireto na manutenção da dominância apical por manter ou induzir a formação de ácido abscísico (ABA) nos tecidos do caule ou nas próprias gemas, atribuindo para este regulador o efeito inibidor do desenvolvimento das gemas axilares. TUCKER (1978) verificou que gemas axilares de plantas de tomate liberadas por aplicação de TIBA permaneciam inibidas se ABA fosse aplicado nas próprias gemas ou se as plantas fossem mantidas em condições as quais induzem altos níveis de ABA. Para plantas decapitadas de girassol foi mostrado que o nível endógeno de ABA aumentou no nódulo cotiledonar quando ácido 2,4-dicloro-fenoxiacético (2,4-D) foi aplicado na superfície cortada (MIKITYUK *et al.*, 1982). Mais recentemente, KNOX e WAREING (1984) observaram que o conteúdo de ABA de gemas axilares decresceu 24 horas após a decapitação de plantas de *Phaseolus vulgaris* e que o IAA aplicado no caule impediu este decréscimo.

Poucos dados existem com respeito ao papel do ABA no mecanismo de dominância apical em monocotiledôneas. HARRISON e KAUFMAN (1980) obtiveram inibição do crescimento de gemas axilares em plantas de aveia tratadas com ABA. Entretanto, HALL e McWHIA (1981) notaram que quando o ABA é aplicado em

plantas de trigo crescidas em condições nutricionais favoráveis, promove a emergência de perfilhos.

O fato de que muitas das substâncias de crescimento afetaram os mesmos processos de crescimento fez com que muitos pesquisadores se preocupassem com os efeitos resultantes da interação entre estas substâncias. Em 1966, DAVIES *et al.*; estudando interação entre substâncias de crescimento, verificaram que se cinetina fosse aplicada simultaneamente com auxina em caules decapitados de *Phaseolus vulgaris*, esta aumentaria a inibição causada pela auxina. SCOTT *et al.* (1967) mostraram evidências para a interação entre auxina e giberelina. Estes autores verificaram que uma combinação de IAA e GA, no lugar da gema apical removida em plantas de ervilha, é mais efetiva em inibir o crescimento de gemas axilares do que IAA sozinho.

CATALANO e HILL (1969) observaram que a promoção do crescimento de gemas axilares em *Lycopersicon esculentum* causada pela combinação de citocinina e giberelina aplicada em gemas inibidas por auxina, foi muito maior quando as gemas foram pré-tratadas com cinetina, sugerindo que a giberelina promove crescimento das gemas axilares após a cinetina ter quebrado a dominância apical. SHARIF e DALE (1980b) verificaram um fato semelhante em cevada, onde se as gemas de perfilho estão inibidas por deficiência nutricional, o efeito promotor de giberelina, assim como de auxina exógena, no crescimento, só se verifica após a dominância apical ter sido quebrada por aplicação de citocinina.

As principais evidências, encontradas em gramíneas, sobre os efeitos da nutrição mineral no desenvolvimento de gemas axilares, foram dadas por ASPINALL (1961) e FLETCHER

e DALE (1974). ASPINALL (1961) mostrou que suprindo nutrientes unicamente antes da germinação, a emergência de perfilhos foi restrita a dois períodos no desenvolvimento de plantas de cevada e que o grau e duração do perfilhamento na primeira fase foi ampliado pelo suprimento de nutrientes. FLETCHER e DALE (1974) verificaram que o atraso no suprimento de nutrientes conduz a um atraso no início do crescimento de gemas axilares.

O perfilhamento foi reduzido em cevada (GREGORY, 1937) e *Lolium perenne* (TROGHTON, 1967 e 1977) sob condições de deficiência de fósforo. No entanto, STACCIARINI (1984) verificou que o aumento na disponibilidade de fosfato aumentou o perfilhamento das plantas de sorgo.

O fósforo é um constituinte de compostos orgânicos, tais como nucleótides e exerce um papel de destaque nas transformações energéticas em plantas (DHILLON, 1978). Deste modo, a biossíntese de citocininas está relacionada com a disponibilidade de fósforo (MENARY e VAN STADEN, 1976; SALAMA e WAREING, 1979).

Enquanto FLETCHER e DALE (1974) verificaram que o atraso no suprimento de minerais, nitrogenados ou não, atrasa a fase de rápido crescimento das gemas de perfilho em plantas de cevada, ROCHA (1978) mostrou que o extrato de plantas de cevada que receberam suprimento mineral apresentava uma atividade citocinínica que estava ausente em plantas deficientes.

Visto que a água é um fator importante em muitos processos de crescimento, parece óbvio o seu papel no controle do desenvolvimento de gemas axilares. McINTIRE (1976) verificou que as gemas presentes em rizomas de *Agropyron repens* podem ser liberadas da inibição pela redução do estresse hídrico.

STACCIARINI (1984) mostrou que uma redução na disponibilidade de água no solo reduz o perfilhamento de plantas de sorgo.

Muitos estudos sobre o efeito do estresse hídrico mostram que este efeito é exercido, provavelmente, via alteração dos níveis endógenos de substâncias de crescimento. ITAI e VAADIA (1965) mostraram que o estresse hídrico aplicado à raiz diminui os níveis de substâncias com atividade citocinínica em exudato de plantas de girassol, enquanto SEBANEK *et al.* (1983) verificaram que os níveis de citocininas endógenas foram aumentados nos cotilédones de plântulas de linho sujeitas a déficit hídrico. KANNANGARA *et al.* constataram que os níveis de ABA e ácido faseico (PA) aumentaram em plantas de *Sorghum bicolor* sob déficit hídrico e que os níveis de IAA foram reduzidos.

Um efeito da temperatura no controle do desenvolvimento de gemas axilares foi encontrado por IVORY e WHITEMAN (1978). Estes autores estudaram o efeito da temperatura em cinco gramíneas subtropicais e mostraram que a temperatura afetou o número e crescimento dos perfilhos de diferentes maneiras para as diferentes espécies. PITHUS e MEIRI (1979) mostraram que em *Triticum aestivum*, regimes de baixa temperatura diurna e alta temperatura noturna promovem o perfilhamento e sugeriram que este efeito deva ser exercido através de um desequilíbrio no balanço endógeno de substâncias reguladoras de crescimento.

O efeito do fotoperíodo no controle do desenvolvimento de gemas axilares também é bastante evidente. Estudos feitos com gramíneas perenes mostram que fotoperíodo longo reduz a taxa de perfilhamento, enquanto fotoperíodo curto aumenta o número de perfilhos (RYLE, 1966). No entanto, FAIREY *et al.* (1975) observaram que o comprimento do dia não afetou a iniciação de perfilhos de plantas de cevada. Em *Sorghum vulgare*, STACCIARINI (1984) encontrou que condições de dias curtos, re

duzem a matéria seca acumulada nos perfilhos e sugeriu que estas condições aumentam a dominância apical nesta planta.

O controle do crescimento de gemas axilares tamém está sujeito à influência da qualidade da luz incidente. TUCKER e MANSFIELD (1972) mostraram que plantas de *Xanthium strumarium*, crescidas sob dias longos com luz fluorescente, fonte rica em vermelho, e que no final do fotoperíodo receberam meia hora de luz incandescente, rica em vermelho extremo, tiveram sua dominância apical grandemente reforçada em relação a aquelas que não receberam luz incandescente no final do fotoperíodo. Estes autores verificaram que o nível de citocininas nas gemas inibidas era mais alto do que nas gemas liberadas sugerindo que a inibição não seria causada por falta de citocininas nas gemas, mas devido ao acúmulo de inibidores semelhantes ao ácido abscisíco. Por outro lado, WHITE e MANSFIELD (1978) verificaram que vermelho extremo em plantas intactas de *Phaseolus vulgaris* aumentou o alongamento do eixo principal sem alterar significativamente o crescimento de gemas axilares de folhas primárias.

Pouco se sabe a respeito dos efeitos da qualidade da luz no controle do desenvolvimento de gemas axilares em gramíneas. DEREGIBUS *et al.* (1983) observaram que, em *Lolium perenne*, o vermelho neutraliza parte do efeito inibidor exercido pelo vermelho extremo na taxa de perfilhamento e que plantas de *Lolium multiflorum* apresentaram taxas mais elevadas de perfilhamento quando crescidas sob altas razões de vermelho/vermelho extremo do que sob baixas razões.

A importância das raízes, em regular o crescimento da parte aérea, é indiscutível, pois elas são fornecedoras de água, sais minerais e substâncias reguladoras de crescimento para as demais partes da planta. A remoção do sistema radicular de plântulas de ervilha reduz significativamente o nível

endógeno de citocininas da parte aérea (SOGUR e CAMBURG, 1979).

YOSHIDA *et al.* (1971) encontraram atividade citocinínica em exudatos de raízes de plantas de arroz e sugeriram que estas citocininas sintetizadas nas raízes são imediatamente translocadas para a parte aérea e concentradas em sítios especiais, tais como ramos e órgãos reprodutores.

Em plantas de *Solanum andigena* foi verificado que a presença de raízes é necessária para a conversão de estolão em ramo foliar e que o efeito das raízes pode ser substituído por uma citocinina sintética, a BAP (WOOLEY e WAREING (1972a). Resultados semelhantes também foram relatados por CHANG e GOODIN (1974). Estes autores verificaram que o sistema radicular é essencial para o crescimento de gemas axilares em plantas de ervilha após a decapitação e que aplicação de citocinina sintética substitui parcialmente o sistema radicular.

Em cevada, uma planta em que o crescimento de gemas de perfilho é dependente da existência de certo nível de citocinina (SHARIF e DALE, 1980a), o crescimento das gemas não está diretamente relacionado com o peso seco do sistema radicular, mas sim com o número de raízes presentes (ROCHA, 1978).

BURROWS e CARR (1969), estudando os efeitos do alagamento do sistema radicular de plantas de girassol, verificaram que a atividade metabólica declinou juntamente com o declínio na concentração de citocininas em ápices de raízes, mostrando, assim, que os ápices das raízes são os prováveis sítios de síntese de citocininas. Outras evidências para a hipótese de que o ápice da raiz pode ser o sítio de síntese de citocininas nas raízes são fornecidas pelo trabalho de SHORT e TORREY (1972). Eles observaram que a maior quantidade de citocininas existentes na forma livre e presentes no RNA transpor-

tador é encontrada no ápice da raiz de plantas de ervilha.

JONES e LACEY (1968) mostraram que as raízes também sintetizam giberelinas. Estes autores detectaram substâncias com atividade giberelínica em exudatos de xilema de plantas decapitadas de pera e maçã e apontaram as raízes como sítios de síntese destas substâncias as quais são posteriormente translocadas através da seiva do xilema para a parte aérea. CROZIER e REID (1971) verificaram que aplicações de giberelina revertem parcialmente o efeito inibidor exercido pela remoção de ápices de raízes no crescimento da parte aérea em *Phaseolus coccineus*.

Trabalhos de SOROKIN e THIMANN (1964) sobre anastomia e histologia de gemas axilares em segmentos de caule de plantas de ervilha mostram que a liberação destas gemas é dependente da formação de conexões vasculares. Estes autores verificaram que se a inibição fosse mantida não ocorria a conexão entre os elementos de xilema da gema diferenciando-se basipetalmente e os elementos de xilema do entrenó diferenciando-se acropetalmente, mas se a gema fosse liberada naturalmente ou por aplicação de cinetina na presença de auxina essa conexão ocorria entre 55-70 horas após.

FLETCHER e DALE (1974) mostram que o crescimento de gemas de perfilho em plantas de cevada ocorre em duas fases: na primeira fase existe uma associação estrita com a folha abaixo, estando a gema nutricionalmente ligada a esta folha, porém sem que existam conexões vasculares entre elas, e uma fase posterior que ocorre após o desenvolvimento de conexões vasculares entre a gema e a folha superior a esta. Estes autores sugerem que o crescimento da gema de perfilho nesta planta é dependente da existência de conexão entre a gema e a

folha superior o que controla o suprimento de assimilados e minerais para aquela.

Muitos autores têm explicado o mecanismo de dominância apical em termos de um efeito de hormônios no transporte de nutrientes. Assim, a inibição de gemas axilares induzida por tratamento hormonal seria devida a um acúmulo de nutrientes no ponto de aplicação do hormônio (DAVIES *et al.*, 1966; THOMAS, 1972; TURVEY e PATRICK, 1979). Por outro lado, PHILLIPS (1968) e MORRIS e WINFIELD (1972) sugeriram que o transporte de nutrientes direcionado por hormônios não é o principal fator de inibição correlativa de gemas axilares, mas que a auxina sintetizada pelo ápice ou aplicada exogenamente inibe o crescimento de gemas axilares por polarizar o transporte de citocininas para o local de síntese ou de aplicação deste hormônio. WOOLLEY e WAREING (1972b) sugeriram que a auxina atua na dominância apical através do controle da distribuição e metabolismo de citocininas.

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL BIOLÓGICO

Para este estudo foi utilizado sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* Moench) cultivar Santa Eliza; os grãos foram fornecidos pelo Instituto Agronômico de Campinas.

2. CONDIÇÕES DE CULTIVO

2.1. Em vasos

Em todos os experimentos os grãos foram deixados a embeber em água destilada por duas horas e, em seguida, plantados em vasos plásticos (5,0 l; 3,0 l ou 0,5 l), contendo vermiculita previamente lavada ou solo adubado, a uma profundidade de cerca 2,5 cm. Para experimentos de longa duração foram plantados três grãos por vaso sendo que, no dia do início dos tratamentos, uma seleção foi feita para manutenção de uma plântula por vaso. Para experimentos de curta duração, duas ou três plântulas foram deixadas por vaso. A irrigação com água de torneira foi ascendente, feita através dos pratos, colocados sob os vasos, sempre que a superfície do substrato apresentava-se seca.

Para o fornecimento de nutrientes em experimentos onde o cultivo foi feito em vermiculita foi utilizada a solução de Hoagland e Arnon (1938) com modificações (Tabela 1). Utilizou-se 1 ml/l da solução de ferro e 5 ml/l das demais soluções estoques para concentração normal e volumes maiores ou menores de acordo com a concentração desejada. As aplicações foram feitas duas vezes por semana em volume de 200 ml, 100 ml e 50 ml conforme o volume do vaso utilizado.

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação sem controle de temperatura ou luz.

2.2. Em solução hidropônica

Os grãos foram deixados embeber durante duas horas em água destilada e, em seguida, plantados em bandejas ou copos plásticos contendo vermiculita previamente lavada.

Quando as plântulas apresentavam duas folhas emergidas foram removidas das bandejas ou dos copos e seu sistema radicular cuidadosamente lavado para remover a vermiculita.

A seleção das plântulas foi feita mantendo-se plantas uniformes quanto ao número de folhas, à altura e ao comprimento do sistema radicular.

Após a seleção, as plântulas foram transferidas para vasos plásticos (3,0 l) com tampa perfurada e contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon 100% ou 50%. Para este caso, a solução de ferro foi substituída por solução de FeEDTA indicada na Tabela 2, utilizando-se 1 ml da solução estoque para cada litro.

A manutenção das plantas na posição vertical foi feita através de tiras de tela de nylon (2,0 mm²) que se sobre

TABELA 1 - Composição da solução nutritiva padrão modificada de Hoagland e Arnon (1938).

Soluções estoques		g/l
Macronutrientes	Solução 1 - KH_2PO_4	27,218
	Solução 2 - KNO_3	101,110
	Solução 3 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236,100
	Solução 4 - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	202,130
Solução de ferro	Solução 5 - Ácido tartárico	0,100
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,180
Micronutrientes	Solução 6 - H_3BO_3	0,572
	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,362
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,044
	$\text{CuSO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,016
	H_2MoO_4	0,016

TABELA 2 - Composição da solução de ferro utilizada para cultivo em hidropônica.

Solução	estoque	g/l
Solução de ferro	EDTANa_2	33,20
	NaOH	3,65
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	25,00

punham aos orifícios da tampa. Para evitar o estrangulamento das plantas, à medida que estas apresentavam crescimento lateral, retiravam-se fios da tela para aumentar a área da malha.

Durante o período experimental, as plantas foram mantidas em casa de vegetação sob aeração constante e em condições naturais de temperatura e luz.

3. CONDIÇÕES FOTOPERIÓDICAS

O efeito do fotoperíodo no desenvolvimento foi analisado em plantas crescidas no período de dezembro a fevereiro, submetidas a fotoperíodo natural variando de 13 h e 30 minutos a 12 h e 48 minutos, fotoperíodo de 8 h (obtido cobrindo-se com plástico preto as bancadas onde foram colocados os vasos) e a fotoperíodo de 18 h (obtido complementando-se o fotoperíodo natural com iluminação artificial fornecida através do uso de lâmpadas incandescentes).

4. REMOÇÃO DE RAÍZES

Foram consideradas raízes adventícias aquelas originadas no tecido meristemático dos nós do caule e raízes seminais aquelas provenientes de primórdios já presentes no embrião.

4.1. Remoção de raízes adventícias

As plantas foram cultivadas em solução hidropônica (item 2.2).

A remoção das raízes adventícias foi iniciada a

partir da emergência da quarta folha e continuada diariamente removendo-se todos os primórdios que iam surgindo no eixo caulinar.

4.2. Remoção parcial da raiz seminal

Os grãos foram germinados como descrito no item 2.2. Após a seleção das plantas, removeu-se a raiz seminal deixando-se apenas 1,0 cm basal. A seguir, as plantas foram transferidas para vasos contendo solução hidropônica ou vermiculita.

5. CONDIÇÕES ESPECIAIS DE NUTRIÇÃO

As condições especiais de nutrição testadas foram alterações na disponibilidade de fósforo fornecido às plantas e adubação foliar.

Os tratamentos com alterações na disponibilidade de fósforo foram iniciados a partir da emergência da segunda folha e constaram de aplicações de 200 ml ou 100 ml, conforme o volume do vaso, de solução nutritiva de Hoagland e Arnon com concentração de KH_2PO_4 duplicada ou reduzida à metade ou para três quartos de sua concentração normal, resultando nas concentrações de KH_2PO_4 mostradas na Tabela 3. As aplicações foram continuadas duas vezes por semana até o final dos experimentos.

Nos tratamentos em que a concentração de KH_2PO_4 foi reduzida à metade ou para três quartos, a redução na concentração de K na solução 1 (Tabela 1) foi compensada adicionando-se 2,5 ml ou 1,2 ml de uma solução de KCl na concentração de 14,82 g/l.

TABELA 3 - Concentrações de KH_2PO_4 nas soluções nutritivas usadas nos experimentos de condições especiais de nutrição.

Tratamentos com KH_2PO_4	gramas de KH_2PO_4 por litro de solução nutritiva
Normal	0,136
Duplicada (2x PO_4)	0,272
Reduzida à metade (1/2 PO_4)	0,068
Reduzida para três quartos (3/4 PO_4)	0,102

A adubação foliar foi feita nebulizando-se as plantas com solução nutritiva 8 vezes concentrada contendo Tween 20 a 10% como espalhante para fornecer melhor contato entre o filme da solução e a superfície do tecido da planta. A nebulização foi iniciada por ocasião da emergência da quarta folha e continuada duas vezes por semana até o final do experimento.

6. TRATAMENTOS COM SUBSTÂNCIAS REGULADORAS DE CRESCIMENTO

As aplicações de substâncias reguladoras de crescimento foram iniciadas geralmente a partir da emergência da segunda folha. Foi utilizada apenas uma aplicação no caso de tratamentos através das raízes e aplicações por ocasião da emergência de cada folha no caso de tratamentos através das folhas.

Quando as substâncias reguladoras de crescimento foram aplicadas dissolvidas em solução aquosa, utilizou-se, como espalhante 0,1 ml de Tween 20 a 10% para cada 10 ml de solução.

6.1. Auxina

O ácido indolil-3-acético (IAA) foi fornecido às plantas através da aplicação de uma gota de 10 μ l de uma solução de $2,85 \times 10^{-2}$ M colocada numa ranhura feita na lâmina de cada folha; a cada aplicação apenas uma folha recebia auxina. Auxina foi também aplicada dissolvida em pasta de lanolina a 1,00% e 1,75% colocada na forma de uma bolinha no ápice da lâmina foliar, logo que cada folha emergia, e na base da lâmina, após a sua expansão total; a cada aplicação apenas a folha recém emergida era tratada.

6.2. Citocininas

As citocininas usadas neste estudo foram a 6-benzilaminopurina (BAP), zeatina e cinetina e foram aplicadas através das raízes ou através das folhas.

A aplicação de citocininas através das raízes foi feita em plantas crescidas em cultura hidropônica (item 2.2). Após a seleção das plântulas, o sistema radicular era imerso em solução de BAP 10^{-6} M e 10^{-5} M, de cinetina 10^{-4} M e de zeatina 10^{-5} M e 10^{-4} M, por uma hora e, a seguir, por 3 h ou 6 h, conforme o experimento, em água destilada. Após este tempo, as plantas foram replantadas em vasos contendo vermiculita.

A aplicação de citocininas através das folhas foi feita em plantas crescidas em vasos contendo vermiculita. BAP 10^{-6} M e 10^{-5} M foi aplicada através do pincelamento de todas as folhas a cada aplicação. Cinetina (10^{-3} M) foi fornecida às plantas duas vezes ao dia, através do pincelamento das folhas, ou em pasta de lanolina a 1,0% e 2,15% uma vez ao dia. A aplicação da pasta de lanolina foi feita colocando-se uma pequena quantidade no ápice da lâmina foliar, logo que cada folha emergia, e na base da lâmina, após a sua expansão total; a cada aplicação apenas a folha recém emergida era tratada.

6.3. Ácido giberélico

O ácido giberélico (GA_3) foi aplicado em solução aquosa nas concentrações de 5×10^{-3} M (uma e duas vezes ao dia) e de 10^{-4} M e 10^{-5} M (uma vez ao dia) através do pincelamento de todas as folhas.

6.4. Ácido 2-cloroetil-fosfônico

O ácido 2-cloroetil-fosfônico (CEPA) foi fornecido às plantas através do pincelamento de todas as folhas com soluções aquosas nas concentrações de 10^{-4} M e 10^{-3} M.

Quando se tentou verificar o efeito de CEPA na quantidade de etileno liberado, as aplicações de CEPA 10^{-3} M foram feitas na emergência da segunda e da terceira folha sendo que a última aplicação foi feita em tempos diferentes: para um lote de plantas a aplicação foi feita 24 h antes do confinamento das plantas e para o outro lote a aplicação foi feita zero horas antes do confinamento.

6.5. Nitrato de prata

A aplicação de nitrato de prata (AgNO_3) nas concentrações de 10^{-4} M e 10^{-3} M foi feita através do pincelamento de todas as folhas.

6.6. Ácido 2,3,5-triidobenzóico

O ácido 2,3,5-triidobenzóico (TIBA) foi aplicado através das folhas, dissolvido em pasta de lanolina a 0,5%. A aplicação foi feita fazendo-se um anel de lanolina no ápice da lâmina foliar, logo que cada folha emergia, e na base da lâmina, após a sua expansão total; a cada aplicação apenas a folha recém emergida era tratada.

7. DOSAGEM DE ETILENO LIBERADO

As dosagens de etileno liberado foram feitas em plantas crescidas em vermiculita por ocasião da emergência da terceira folha.

Os ensaios foram realizados em tubos de ensaio com volume de 15,0 ml, vedados com tampa de borracha e esta revestida com filme transparente de PVC duplo e fita crepe. Dentro de cada tubo de ensaio foram colocadas duas plantas intactas. Em seguida, os tubos foram colocados em sacos plásticos pretos e transferidos para câmaras a 30° C por 24 h.

Foram coletadas amostras de 1,0 ml de gás do interior de cada frasco por intermédio de seringa de polietileno descartável de 1,0 ml, cuja agulha era introduzida através da tampa de borracha. A amostra era então injetada no cromatômetro a gás para se determinar a presença de etileno. Cardoso (1985) verificou a ausência de etileno em frascos vazios vedados com tampa de borracha.

A dosagem de etileno foi feita por meio de cromatografia gasosa, utilizando-se coluna de Porapak N para medir etileno. As dimensões da coluna foram 1,0 m x 0,2 cm (dimensões internas). O forno do aparelho (marca Varian, modelo 2240-D) foi mantido a 110°C, o injetor a 130°C e o detector a 180°C. Os fluxos dos gases foram: N (gás de arraste) 40 ml/min; H₂ (detector de ionização de chama) 40 ml/min e ar 1600 ml/min. O tempo de retenção para a saída do etileno situava-se entre 35 a 40 segundos. A saída do componente foi registrada em forma de picos num registrador ajustado para receber sinais na faixa de 0 a 1 mV.

A análise de uma quantidade padrão de etileno permitiu transformar os dados (altura dos picos) em μ moles de etileno através do cálculo:

$$x = \frac{1}{2} \times \frac{\mu\text{moles do padrão} \times \text{altura do pico da amostra}}{\text{altura do pico do padrão}} \times \frac{\text{volume do frasco}}{\text{volume injetado}}$$

$$x_1 = \mu\text{moles/planta}$$

8. PREPARAÇÃO DE CORTES HISTOLÓGICOS

Utilizaram-se segmentos basais da planta de 1,0 cm de comprimento contendo o caule, gemas e folhas.

Os segmentos foram fixados em solução de Craff durante 24 h. Em seguida, foram lavados em água destilada. Posteriormente, fez-se a desidratação progressiva numa bateria de álcoois, para culminar com a inclusão em parafina. Os cortes histológicos em série foram obtidos com auxílio do microtomo rotatório (Spencer, modelo 820) em espessura de 12 μ . Utilizou-se adesivo de Haupt para fixar os cortes na lâmina. Após a desparafinização, os cortes foram corados pela safranina e "fast green". Depois da coloração e desidratação até xilol, o material foi montado em bálsamo do Canadá entre a lâmina e a lamínula (SASS, 1958).

As lâminas permanentes foram analisadas sob microscópio óptico (Olympus CBA).

9. MEDIDAS DE CRESCIMENTO

9.1. Medidas realizadas na planta intacta

A altura das plantas foi medida com auxílio de uma régua milimetrada, desde a inserção da primeira folha no eixo principal, até o ápice da maior folha.

Contou-se o número de folhas emergidas, considerando-se como folhas emergidas as que eram visíveis sem o manuseio da planta.

Foram contados como perfilhos, todos os eixos axilares visíveis externamente, quer eles tivessem emergido acima da bainha foliar correspondente, quer tivessem emergido lateralmente ou rompendo a bainha.

O número de raízes adventícias foi contado considerando-se apenas aquelas visíveis sem a dissecação da planta.

9.2. Medidas realizadas na planta dissecada

A dissecação das plantas foi feita sob Microscópio Estereoscópico. À medida que se removia a folha, media-se o comprimento da lâmina e da bainha da mesma. Após a remoção da folha, fazia-se a medida do comprimento da gema.

Foi contado o número de folhas iniciadas, considerando-se até o primórdio mais jovem que aparecia. Também foi contado o número de gemas iniciadas (a gema da folha mais basal (folha 1) não está presente em todas as plantas e não foi considerada).

As gemas ou ramos axilares foram denominados: P_2 , a gema ou perfilho da folha 2; P_3 , a gema ou perfilho da folha 3 ..., P_n , a gema ou perfilho da folha n (da base para o ápice).

No final da dissecação, mediu-se o comprimento do eixo principal e do terceiro e quarto entrenós. Considerou-se como terceiro entrenó aquele situado entre a inserção da terceira e da quarta folha.

O peso seco das diferentes partes da planta foi determinado através de uma balança analítica (sensibilidade 0,1 mg) após serem mantidas em estufas a 80°C por 48 h.

10. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi feita dentro de um intervalo de confiança de 95% e os testes usados foram: Teste t para comparação de dois tratamentos e análise de variância para comparação de mais de dois tratamentos e teste de Tukey (SOARES e BARTMAN, 1983).

As diferenças estatísticas entre os tratamentos, dentro do mesmo experimento, são mostradas através de letras diferentes colocadas ao lado do valor médio de cada parâmetro analisado.

Nos experimentos de modificações das condições ambientais, de remoção de raízes e de aplicação de substâncias reguladoras de crescimento foram utilizadas de 9 a 11 repetições de uma planta por tratamento. Nas dosagens de etileno foram utilizadas 5 repetições, com 2 medidas em cada uma, por tratamento.

IV. RESULTADOS

1. EFEITOS DE SUBSTÂNCIAS REGULADORAS DE CRESCIMENTO

Os resultados apresentados a seguir referem-se aos efeitos causados por aplicações de auxina, giberelina, citocininas e CEPA, assim como alguns inibidores em diferentes parâmetros do desenvolvimento de plantas de sorgo, com o intuito de verificar como essas substâncias modificam o padrão de crescimento das gemas axilares e perfilhos que se desenvolvem nas plantas vegetativas.

1.1. Efeitos de auxina e ácido 2,3,5-triidobenzóico

Nos Experimentos I e II, o IAA foi aplicado em pasta de lanolina a 1,0% e 1,75% em plantas crescendo durante 22 dias (Experimento I) e 33 dias (Experimento II).

O número de folhas emergidas foi significativamente reduzido com IAA a 1,75% aos 33 dias de crescimento. Não houve emergência de perfilhos com 22 dias. Em todos os outros parâmetros não houve diferença entre as duas concentrações de IAA (Tabela 4).

O tratamento com a maior concentração de IAA reduziu de 42,09 mg para 23,87 mg o acúmulo de matéria seca nos

perfilhos, porém, devido à variabilidade encontrada entre as plantas, esta diferença não foi significativa (Tabela 4).

O comprimento das gemas P_2 e P_3 das plantas do Experimento I foi reduzido pela aplicação de IAA (Tabela 5). No Experimento II a altura de P_2 e P_3 também foi reduzida, porém esta inibição foi significativa apenas em P_3 (Tabela 5). Não houve efeito em P_4 , P_5 e P_6 .

No experimento a seguir foram testados os efeitos de uma solução aquosa contendo IAA na concentração de $2,85 \times 10^{-2}$ M e de um inibidor de transporte de auxina, o TIBA, dissolvido em pasta de lanolina a 0,5%.

A emergência de folhas (Tabela 6) foi significativamente menor nas plantas tratadas com IAA. Os tratamentos não afetaram a iniciação de folhas ou de gemas. Houve redução significativa de 0,9 para 0,2 no número médio de perfilhos das plantas tratadas com IAA, enquanto TIBA não afetou significativamente este parâmetro. Os tratamentos com IAA e TIBA provocaram uma redução significativa na altura das plantas sem afetar a altura do eixo principal. O peso seco foi reduzido significativamente tanto na parte aérea como no sistema radicular pelos dois tratamentos. O tratamento com IAA reduziu o peso seco dos perfilhos de 6,99 mg para 3,00 mg, enquanto o tratamento com TIBA o aumentou para 13,06 mg, porém, devido à variabilidade, esses efeitos não foram significativos em relação ao controle.

Observa-se pela Tabela 7 que o IAA reduziu o comprimento das gemas axilares e perfilhos sendo este efeito significativo apenas em P_2 e P_6 . A aplicação do inibidor de transporte de auxina, o TIBA, teve um efeito oposto ao IAA. Es

ta promoção foi significativa em P₃, P₄ e P₅.

Os experimentos cujos resultados foram mostrados neste item indicam que a auxina exógena inibe o crescimento de gemas axilares e perfilhos, tanto em acúmulo de matéria seca quanto em comprimento, mesmo quando outros parâmetros do crescimento geral das plantas são pouco afetados. A aplicação de TIBA, inibindo o transporte de auxina endógena das folhas jovens para o restante da planta, teve efeito oposto ao da auxina.

1.2. Efeito de citocininas

Plantas de sorgo foram tratadas com duas citocininas sintéticas, a BAP e a cinetina, e uma citocinina natural, a zeatina, em diferentes concentrações.

Foram realizados dois experimentos onde o fornecimento exógeno de citocininas foi feito pelas raízes. Os experimentos foram realizados no mês de março (Experimento I) e em julho e agosto (Experimento II). O crescimento das plantas nos meses mais frios (Experimento II) foi mais lento. Foram testados BAP nas concentrações de 10^{-6} M e 10^{-5} M (Experimento I), cinetina a 10^{-4} M e zeatina nas concentrações de 10^{-4} M e 10^{-5} M (Experimento II).

BAP na concentração de 10^{-6} M, cinetina e zeatina não modificaram a iniciação ou emergência foliares nem a iniciação de gemas axilares (Tabela 8). A 10^{-5} M, BAP reduziu significativamente a iniciação de folhas e de gemas axilares (Tabela 8).

Após 18 dias de crescimento, as plantas tratadas como BAP na maior concentração (10^{-5} M) apresentaram uma

TABELA 4 - Efeito de auxina, aplicada através das folhas, em diferentes parâmetros do crescimento, após 22 dias (Experimento I) e 33 dias (Experimento II) de crescimento.

PARÂMETROS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II	
	Controle	IAA 1,0%	Controle	IAA 1,75%
Número de folhas iniciadas	12,1 ^a	12,0 ^a	13,0 ^a	12,6 ^a
Número de folhas emergidas	7,0 ^a	6,7 ^a	7,6 ^a	7,0 ^b
Número de gemas iniciadas	5,5 ^a	5,3 ^a	6,0 ^a	5,9 ^a
Número de perfilhos	0,0	0,0	2,0 ^a	1,4 ^a
Altura da planta (cm)	40,32 ^a	39,18 ^a	39,07 ^a	35,92 ^a
Altura do eixo principal (mm)	6,87 ^a	6,36 ^a	8,43 ^a	8,06 ^a
Peso seco da parte aérea (mg)	269,60 ^a	224,98 ^a	325,89 ^a	273,41 ^a
Peso seco dos perfilhos (mg)	-	-	42,09 ^a	23,87 ^a
Peso seco das raízes (mg)	134,08 ^a	116,49 ^a	-	-
Número de raízes adventícias	-	-	7,1 ^a	7,4 ^a

TABELA 5 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com auxina através das folhas, após 22 dias (Experimento I) e 33 dias (Experimento II) de crescimento.

GEMAS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II	
	Controle	IAA 1,0%	Controle	IAA 1,75%
P ₂	4,43 ^a	2,74 ^b	124,42 ^a	79,78 ^a
P ₃	6,62 ^a	3,51 ^b	110,22 ^a	57,33 ^b
P ₄	2,62 ^a	2,13 ^a	3,96 ^a	3,06 ^a
P ₅	0,88 ^a	0,70 ^a	1,39 ^a	1,15 ^a
P ₆	0,34 ^a	0,23 ^a	0,55 ^a	0,46 ^a

TABELA 6 - Efeito de IAA e TIBA, aplicados através das folhas, em diferentes parâmetros do crescimento, após 25 dias de crescimento.

PARÂMETROS	TRATAMENTOS		
	Controle	IAA $2,85 \times 10^{-2}$ M	TIBA 0,5%
Número de folhas iniciadas	12,0 ^a	11,6 ^a	12,0 ^a
Número de folhas emergidas	7,0 ^a	6,5 ^b	6,7 ^{ab}
Número de gemas iniciadas	5,4 ^a	5,1 ^a	5,5 ^a
Número de perfilhos	0,9 ^a	0,2 ^b	1,2 ^a
Altura da planta (cm)	36,69 ^a	33,45 ^b	31,15 ^c
Altura do eixo principal (mm)	6,84 ^a	6,56 ^a	6,76 ^a
Peso seco da parte aérea (mg)	229,38 ^a	164,22 ^b	190,10 ^c
Peso seco dos perfilhos (mg)	6,99 ^{ab}	3,00 ^a	13,06 ^b
Peso seco das raízes (mg)	92,68 ^a	69,60 ^b	63,75 ^b

TABELA 7 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com IAA e TIBA, aplicados através das folhas, após 25 dias de crescimento.

GEMAS	TRATAMENTOS		
	Controle	IAA $2,85 \times 10^{-2}$ M	TIBA 0,5%
P ₂	50,20 ^a	19,90 ^b	70,40 ^a
P ₃	10,48 ^a	6,10 ^a	25,57 ^b
P ₄	1,79 ^a	1,53 ^a	2,62 ^b
P ₅	0,64 ^{ab}	0,53 ^a	0,72 ^b
P ₆	0,22 ^a	0,06 ^b	0,21 ^a

inibição significativa na altura das plantas e na altura do eixo principal (Tabela 8). Estas mesmas plantas apresentaram menor acúmulo de matéria seca na parte aérea. O acúmulo de matéria seca no sistema radicular não foi afetado (Tabela 8). BAP na concentração de 10^{-6} M, cinetina e zeatina não afetaram significativamente estes parâmetros do crescimento (Tabela 8).

Pela Tabela 9 observa-se que BAP 10^{-6} M, cinetina e zeatina a 10^{-5} M, não modificaram significativamente o comprimento das gemas, embora as gemas de plantas tratadas fossem geralmente menores do que as de plantas controle. Já a aplicação de BAP e zeatina nas concentrações mais altas (10^{-5} M e 10^{-4} M, respectivamente), reduziram significativamente o comprimento da gema P₂.

Não houve perfilhamento nas plantas do Experimento I. No final do Experimento II as plantas controle estavam iniciando a fase de perfilhamento.

Foram realizados a seguir outros três experimentos usando-se cinetina e mudando-se o modo e a frequência de aplicação do hormônio.

No Experimento I utilizou-se cinetina em solução aquosa na concentração de 10^{-3} M aplicada duas vezes ao dia, por ocasião da emergência de cada folha, através do pincelamento das folhas. Nos Experimentos II e III a cinetina foi aplicada em pasta de lanolina a 1,0% e 2,15%, respectivamente, uma vez ao dia, por ocasião da emergência de cada folha.

Houve uma inibição significativa na iniciação e emergência de folhas (Tabela 10) nas plantas tratadas com cinetina 10^{-3} M (Experimento I). O mesmo tratamento promoveu fortemente a altura das plantas em relação ao controle sem afetar a altura do eixo principal (Tabela 10). Este tratamento não afe

TABELA 8 - Efeito de citocininas, aplicadas através das raízes, em diferentes parâmetros do crescimento, após 18 dias (Experimento I) e 38 dias (Experimento II) de crescimento.

PARÂMETROS	EXPERIMENTO I			EXPERIMENTO II		
	Controle	BAP 10^{-6} M	BAP 10^{-5} M	Controle	Cinetina 10^{-4} M	Zeatina 10^{-5} M Zeatina 10^{-4} M
Número de folhas iniciadas	10,0 ^a	9,8 ^a	9,2 ^b	10,4 ^a	10,4 ^a	10,4 ^a
Número de folhas emergidas	5,1 ^a	5,0 ^a	5,1 ^a	6,0 ^a	6,1 ^a	5,9 ^a
Número de gemas iniciadas	3,8 ^a	3,8 ^a	3,1 ^b	4,6 ^a	4,5 ^a	4,6 ^a
Número de perfilhos	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Altura da planta (cm)	19,37 ^a	18,28 ^{ab}	17,36 ^b	20,72 ^a	18,58 ^a	19,46 ^a
Altura do eixo principal (mm)	3,73 ^a	3,44 ^{ab}	3,00 ^b	3,84 ^a	3,57 ^a	3,67 ^a
Peso seco da parte aérea (mg)	61,55 ^a	52,39 ^{ab}	45,18 ^b	57,29 ^a	46,82 ^a	50,42 ^a
Peso seco das raízes (mg)	47,47 ^a	45,47 ^a	37,12 ^a	54,26 ^a	44,97 ^a	48,20 ^a

TABELA 9 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com citocininas através das raízes, após 18 dias (Experimento I) e 38 dias (Experimento II) de crescimento.

GEMAS	EXPERIMENTO I				EXPERIMENTO II			
	Controle	BAP 10^{-6} M	BAP 10^{-5} M	Controle	Cinetina 10^{-4} M	Zeatina 10^{-5} M	Zeatina 10^{-4} M	Zeatina 10^{-4} M
P ₂	4,47 ^a	3,85 ^{ab}	2,05 ^b	5,46 ^a	2,51 ^{ab}	2,69 ^{ab}	1,96 ^b	
P ₃	1,00 ^a	0,99 ^a	0,85 ^a	5,07 ^a	2,51 ^a	3,09 ^a	2,35 ^a	
P ₄	0,32 ^a	0,30 ^a	0,26 ^a	1,13 ^a	1,35 ^a	0,88 ^a	0,93 ^a	
P ₅	+	+	+	0,30 ^a	0,40 ^a	0,34 ^a	0,29 ^a	

+ gema presente, mas não mensurável.

tou a iniciação de gemas, mas inibiu significativamente o perfilhamento. A Tabela 10 mostra ainda que tratamentos frequentes com concentração de cinetina de 10^{-3} M (Experimento I) não afetaram o peso seco da parte aérea, entretanto inibiram o peso seco das raízes.

Cinetina na concentração de 10^{-3} M (Experimento I) inibiu drasticamente o crescimento de P_2 e P_3 , e ainda de P_6 (Tabela 11).

A aplicação de cinetina dissolvida em pasta de lanolina a 1,0% (Experimento II) foi efetiva apenas em inibir o crescimento das gemas de perfilho P_2 e P_3 (Tabela 11) sem afetar os outros parâmetros do desenvolvimento das plantas (Tabela 10). Não houve perfilhamento nas plantas do Experimento II (Tabela 10).

Aplicações de cinetina dissolvida em pasta de lanolina a 2,15% (Experimento III) não tiveram efeitos significativos em nenhum dos parâmetros estudados, porém os comprimentos de P_2 e P_3 , assim como o peso seco de perfilhos, apresentaram-se em plantas tratadas com valores menores aos encontrados para as plantas controle (Tabela 10 e 11).

Esta série de experimentos com citocininas mostrou que as várias citocininas aplicadas de diferentes maneiras e em diferentes concentrações, mesmo modificando pouco os parâmetros de crescimento relacionados ao eixo principal, inibiram o alongamento de gemas axilares e perfilhos. Estas inibições que se repetiram nos vários experimentos nem sempre foram significativas.

TABELA 10 - Efeito de cinetina, aplicada através das folhas, em diferentes parâmetros do crescimento, após 26 dias (Experimento I), 22 dias (Experimento II) e 33 dias (Experimento III) de crescimento.

PARÂMETROS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II		EXPERIMENTO III	
	Controle	Cinetina 10^{-3} M 2x ao dia	Controle	Cinetina 1,0%	Controle	Cinetina 2,15%
Número de folhas iniciadas	13,0 ^a	11,7 ^b	12,1 ^a	12,0 ^a	13,0 ^a	12,8 ^a
Número de folhas emergidas	7,9 ^a	6,9 ^b	7,0 ^a	6,8 ^a	7,6 ^a	7,1 ^a
Número de gemas iniciadas	6,3 ^a	5,8 ^a	5,5 ^a	5,2 ^a	6,0 ^a	6,0 ^a
Número de perfilhos	0,9 ^a	0,2 ^b	0,0	0,0	2,0 ^a	1,7 ^a
Altura da planta (cm)	48,12 ^a	65,36 ^b	40,32 ^a	39,52 ^a	39,07 ^a	35,41 ^a
Altura do eixo principal (mm)	8,66 ^a	10,63 ^a	6,87 ^a	6,46 ^a	8,43 ^a	8,08 ^a
Peso seco da parte aérea (mg)	455,31 ^a	419,48 ^a	269,60 ^a	254,62 ^a	325,89 ^a	286,99 ^a
Peso seco de perfilhos (mg)	-	-	-	-	42,09 ^a	28,29 ^a
Peso seco de raízes (mg)	242,46 ^a	164,43 ^b	134,08 ^a	129,31 ^a	-	-
Número de raízes adventícias	-	-	-	-	7,1 ^a	6,8 ^a

TABELA 11 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com cinetina através das folhas, após 26 dias (Experimento I) , 22 dias (Experimento II) e 33 dias (Experimento III) de crescimento.

GEMAS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II		EXPERIMENTO III	
	Controle	Cinetina 10^{-3} M 2x ao dia	Controle	Cinetina 1,0%	Controle	Cinetina 2,15%
P ₂	64,60 ^a	9,91 ^b	4,43 ^a	2,86 ^b	124,22 ^a	89,89 ^a
P ₃	64,43 ^a	7,32 ^b	6,62 ^a	3,64 ^b	110,22 ^a	75,11 ^a
P ₄	4,53 ^a	3,90 ^a	2,62 ^a	1,97 ^a	3,96 ^a	3,48 ^a
P ₅	1,52 ^a	1,36 ^a	0,88 ^a	0,79 ^a	1,39 ^a	1,15 ^a
P ₆	0,63 ^a	0,31 ^b	0,34 ^a	0,28 ^a	0,55 ^a	0,50 ^a

1.3. Efeitos de aplicações simultâneas de IAA e cinetina

Aplicações isoladas de auxina e citocininas aumentaram a dominância apical em plantas de sorgo indicando que estas substâncias devam estar envolvidas no controle endógeno desse fenômeno. A seguir serão mostrados resultados de experimento em que estas duas substâncias de crescimento foram aplicadas simultaneamente.

No Experimento I a cinetina e o IAA foram dissolvidos em pasta de lanolina a 1,0% e aplicados através das folhas, na emergência de cada folha. No Experimento II utilizou-se o mesmo método de aplicação, porém usando-se concentrações equimolares.

Os resultados referentes às aplicações isoladas de IAA e cinetina já foram citados nos itens 1.1 e 1.2, respectivamente, mas serão mostrados novamente neste item.

Os tratamentos de folhas de sorgo com aplicações isoladas ou simultâneas de IAA e cinetina em pasta de lanolina a 1,0% (Experimento I) não alteraram a iniciação e emergência foliares nem a iniciação de gemas axilares; neste experimento não ocorreu perfilhamento em nenhum tratamento (Tabela 12).

Não foi observada nenhuma diferença significativa nas medidas de altura da planta e do eixo principal nem no acúmulo de matéria seca na parte aérea e no sistema radicular pelas aplicações isoladas ou concomitantes de IAA e cinetina em lanolina a 1,0 % com relação ao controle (Tabela 12). Entretanto a aplicação simultânea foi promotora da altura da planta e eixo principal, assim como do peso seco da parte aérea em relação ao tratamento com auxina.

TABELA 12 - Efeito de IAA e/ou cinetina aplicados através das folhas em diferentes parâmetros do crescimento, após 22 dias de crescimento.

PARÂMETROS	T R A T A M E N T O S			
	Controle	IAA 1,0%	Cinetina 1,0%	IAA + Cinetina
Número de folhas iniciadas	12,1 ^a	12,0 ^a	12,0 ^a	12,0 ^a
Número de folhas emergidas	7,0 ^a	6,7 ^a	6,8 ^a	6,9 ^a
Número de gemas iniciadas	5,5 ^a	5,3 ^a	5,3 ^a	5,6 ^a
Número de perfilhos	0,0	0,0	0,0	0,0
Altura da planta (cm)	40,32 ^{ab}	39,18 ^a	39,52 ^{ab}	42,50 ^b
Altura do eixo principal (mm)	6,87 ^{ab}	6,36 ^a	6,46 ^{ab}	7,48 ^b
Peso seco da parte aérea (mg)	269,60 ^{ab}	224,98 ^a	254,62 ^{ab}	307,60 ^b
Peso seco dos perfilhos (mg)	-	-	-	-
Peso seco de raízes (mg)	134,08 ^a	116,49 ^a	129,31 ^a	134,60 ^a
Número de raízes adventícias	-	-	-	-

No Experimento I aplicações simultâneas de IAA e cinetina resultaram na anulação dos efeitos inibidores de IAA e cinetina quando aplicados sozinhos no crescimento de gemas axilares (Tabela 13).

De modo geral, IAA e cinetina nas concentrações equimolares (Experimento II), quando aplicadas isoladamente, inibiram (significativamente ou não) o crescimento das gemas axilares e perfilhos (Tabela 13). A sua aplicação simultânea confirmou os resultados do Experimento I, ou seja, anulou os efeitos inibidores dessas substâncias (Tabela 13).

1.4. Efeitos de ácido giberélico

Inicialmente foram realizados dois experimentos; no Experimento I utilizou-se GA₃ na concentração de 5×10^{-3} M aplicado através das folhas uma e duas vezes ao dia por ocasião da emergência de cada folha. No Experimento II utilizou-se GA₃ nas concentrações de 10^{-5} M e 10^{-4} M, aplicado uma vez ao dia, na emergência de cada folha.

Observou-se que o número de folhas emergidas foi reduzido significativamente pelas concentrações usadas, nos dois experimentos (Tabela 14). O número de folhas iniciadas foi reduzido pelos tratamentos com GA₃ a 5×10^{-3} M (Experimento I) e 10^{-4} M (Experimento II). O GA₃ não exerceu efeito significativo na iniciação de gemas axilares (Tabela 14). Por outro lado, a emergência de gemas axilares em

TABELA 13 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com IAA e/ou cinetina, após 22 dias (Experimento I) e 33 dias (Experimento II) de crescimento.

GEMAS	EXPERIMENTO I				EXPERIMENTO II			
	Controle	IAA 1,0%	Cinetina 1,0%	IAA+Cinetina	Controle	IAA 1,75%	Cinetina 2,15%	IAA+Cinetina
P ₂	4,43 ^a	2,74 ^b	2,86 ^b	3,76 ^a	124,22 ^a	79,78 ^a	89,89 ^a	106,11 ^a
P ₃	6,62 ^a	3,51 ^b	3,64 ^b	4,50 ^a	110,22 ^a	57,33 ^b	75,11 ^{ab}	109,11 ^a
P ₄	2,62 ^a	2,13 ^a	1,97 ^a	2,21 ^a	3,96 ^a	3,06 ^a	3,48 ^a	6,69 ^b
P ₅	0,88 ^a	0,70 ^a	0,79 ^a	0,86 ^a	1,39 ^{ab}	1,15 ^a	1,15 ^a	1,55 ^b
P ₆	0,34 ^a	0,23 ^a	0,28 ^a	0,30 ^a	0,55 ^a	0,46 ^a	0,50 ^a	0,56 ^a

TABELA 14 - Efeito de GA₃, em diferentes concentrações, em diferentes parâmetros do crescimento, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento.

PARÂMETROS	EXPERIMENTO I			EXPERIMENTO II		
	Controle	GA ₃ 5x10 ⁻³ M 1x ao dia	GA ₃ 5x10 ⁻³ M 2x ao dia	Controle	GA ₃ 10 ⁻⁵ M	GA ₃ 10 ⁻⁴ M
Número de folhas iniciadas	13,0 ^a	11,3 ^c	11,9 ^b	13,2 ^a	12,9 ^a	12,2 ^b
Número de folhas emergidas	7,9 ^a	6,4 ^b	6,2 ^b	8,3 ^a	7,2 ^b	7,0 ^b
Número de gemas iniciadas	6,3 ^a	5,9 ^a	5,7 ^a	6,3 ^a	6,3 ^a	6,4 ^a
Número de perfilhos	0,9	0,0	0,0	1,5 ^a	0,1 ^b	0,0 ^b
Altura da planta (cm)	48,12 ^a	83,75 ^b	82,90 ^b	52,44 ^a	66,03 ^b	90,59 ^c
Altura do eixo principal (mm)	8,66 ^a	45,20 ^b	59,60 ^b	10,50 ^a	12,40 ^a	55,50 ^b
Comprimento do terceiro entrenó (mm)	-	-	-	2,56 ^a	2,90 ^a	12,70 ^b
Comprimento do quarto entrenó (mm)	-	-	-	2,24 ^a	3,21 ^a	32,40 ^b
Peso seco da parte aérea (mg)	455,31 ^a	475,00 ^a	432,79 ^a	728,81 ^a	747,50 ^a	785,05 ^a
Peso seco das raízes (mg)	242,46 ^a	153,39 ^b	130,77 ^b	-	-	-
Número de raízes adventícias	-	-	-	9,7 ^a	8,7 ^a	7,1 ^b

perfilhos foi inibida pelos tratamentos nos dois experimentos.

Nos dois experimentos observou-se um efeito marcante do GA₃ na promoção da altura das plantas (Tabela 14) tornando-se necessário o uso de estacas para sustentar as plantas.

A promoção da altura do eixo principal foi muito marcante nos dois experimentos; apenas a menor concentração (10^{-5} M) não promoveu significativamente este parâmetro (Tabela 14). Notou-se no Experimento II que o terceiro e quarto entrenós foram os que mais contribuíram para esta promoção.

A Tabela 14 também mostra que o GA₃ não teve efeito no acúmulo de matéria seca na parte aérea (Experimento I e II), mas inibiu o acúmulo de matéria seca no sistema radicular (Experimento I). Na concentração de 10^{-4} M (Experimento II) inibiu a iniciação de raízes adventícias.

A Tabela 15 mostra os efeitos de GA₃ no crescimento das gemas axilares. GA₃ na concentração de 5×10^{-3} M, aplicado uma vez ao dia (Experimento I), inibiu drasticamente o crescimento das gemas P₂ e P₃. Este tratamento promoveu o crescimento de P₄ sem afetar o crescimento das mais apicais. Ainda no Experimento I, observa-se que GA₃ 5×10^{-3} M, aplicado duas vezes ao dia, inibiu fortemente o crescimento de P₂, P₃ e P₆ sem afetar significativamente as demais gemas iniciadas.

O desenvolvimento das gemas axilares no Experimento II também foi afetado (Tabela 15). GA₃ na concentração de 10^{-5} M inibiu o desenvolvimento de P₂, P₃, P₆ e P₇. Tratamento das plantas com GA numa concentração mais alta, de 10^{-4} M, também inibiu o desenvolvimento de P₂, P₃ e P₇. Este tratamento promoveu significativamente o desenvolvimento de P₄ mostrando um efeito semelhante ao GA₃ quando aplicado na concentração

TABELA 15 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com GA₃, em concentrações diferentes, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento.

GEMAS	EXPERIMENTO I			EXPERIMENTO II		
	Controle	GA ₃ 5x10 ⁻³ M 1x ao dia	GA ₃ 5x10 ⁻³ M 2x ao dia	Controle	GA ₃ 10 ⁻⁵ M	GA ₃ 10 ⁻⁴ M
P ₂	64,60 ^a	9,70 ^b	9,30 ^b	17,45 ^a	6,35 ^b	9,10 ^b
P ₃	64,43 ^a	16,60 ^b	14,56 ^b	45,35 ^a	9,76 ^b	14,70 ^b
P ₄	4,53 ^a	7,67 ^b	5,32 ^{ab}	8,18 ^a	5,91 ^a	14,23 ^b
P ₅	1,52 ^{ab}	2,19 ^a	1,36 ^b	3,37 ^a	2,59 ^a	3,28 ^a
P ₆	0,63 ^a	0,62 ^a	0,36 ^b	1,40 ^a	0,98 ^b	1,23 ^a
P ₇	0,17	+	+	0,57 ^a	0,31 ^b	0,30 ^b

+ gema presente, mas não mensurável.

de 5×10^{-3} M uma vez ao dia.

A seguir foi realizado um experimento onde verificou-se o efeito de GA_3 , 10^{-4} M, fornecido às plantas a partir da emergência da segunda folha. A análise dos efeitos foi feita após 27 e 35 dias de crescimento.

Pela Tabela 16 observa-se que, após 27 dias de crescimento, o GA_3 não teve efeito na emergência de folhas nem na iniciação de gemas axilares. Por outro lado, inibiu a iniciação de folhas. O peso seco da parte aérea das plantas tratadas foi promovido (Tabela 16). Estas mesmas plantas apresentaram menor número de raízes adventícias iniciadas.

Analisando-se estes mesmos parâmetros mais tardiamente, notou-se que tanto a emergência de folhas quanto a iniciação de folhas e gemas foram inibidas pelo tratamento com GA_3 (Tabela 16). Estatisticamente, este tratamento não afetou o peso seco da parte aérea. A iniciação de raízes adventícias foi drasticamente inibida de 6,7 para 3,9.

A Tabela 17 mostra outros parâmetros do crescimento. O efeito do GA_3 em promover a altura das plantas e do eixo principal já é observado após 27 dias de crescimento. Observa-se também um efeito promotor no crescimento da bainha e lâmina da terceira folha, que era a maior folha naquela época.

Após 35 dias de crescimento, verificou-se uma promoção marcante no crescimento do terceiro e quarto entrenós (Tabela 17). Esta promoção refletiu-se na altura total do eixo principal. O alongamento foliar das maiores folhas (quarta e quinta folha) foi significativamente promovido pelo GA_3 , e como consequência a altura das plantas também foi promovida.

TABELA 16 - Efeito de GA₃ 10⁻⁴ M em diferentes parâmetros do crescimento, após 27 dias e 35 dias de crescimento.

PARÂMETROS	27 dias		35 dias	
	Controle	GA ₃	Controle	GA ₃
Número de folhas iniciadas	9,8 ^a	9,1 ^b	11,7 ^A	10,4 ^B
Número de folhas emergidas	5,1 ^a	5,0 ^a	6,9 ^A	5,4 ^B
Número de gemas iniciadas	4,0	4,0	5,7 ^A	5,0 ^B
Número de perfilhos	0,0	0,0	0,0	0,0
Peso seco da parte aérea (mg)	78,91 ^a	99,69 ^b	182,78 ^A	218,41 ^A
Número de raízes adventícias	4,1 ^a	3,0 ^b	6,7 ^A	3,9 ^B

Letras maiúsculas: estatística feita comparando-se apenas controle e tratamento 35 dias após.

Letras minúsculas: estatística feita comparando-se apenas controle e tratamento 27 dias após.

TABELA 17 - Efeito de GA₃ 10⁻⁴ M em diferentes parâmetros do crescimento, após 27 dias e 35 dias de crescimento.

PARÂMETROS	27 dias		35 dias	
	Controle	GA ₃	Controle	GA ₃
Altura da planta (cm)	22,96 ^a	48,79 ^b	33,66 ^A	69,99 ^B
Altura do eixo principal (mm)	4,13 ^a	9,54 ^b	6,76 ^A	75,90 ^B
Comprimento do terceiro entrenó (mm)	-	-	1,76 ^A	67,60 ^B
Comprimento do quarto entrenó (mm)	-	-	1,38 ^A	5,20 ^B
Comprimento (cm) da bainha	5,12 ^a	12,65 ^b	-	-
Comprimento (cm) da lâmina	11,68 ^a	23,27 ^b	-	-
Comprimento (cm) da bainha	-	-	6,30 ^A	17,59 ^B
Comprimento (cm) da lâmina	-	-	17,49 ^A	40,37 ^B
Comprimento (cm) da bainha	-	-	7,48 ^A	6,33 ^A
Comprimento (cm) da quinta folha	-	-	25,32 ^A	54,78 ^B

Letras maiúsculas: estatística feita comparando-se apenas controle e tratamento 35 dias após.

Letras minúsculas: estatística feita comparando-se apenas controle e tratamento 27 dias após.

Analisando-se o desenvolvimento das gemas axilares após 27 dias de crescimento, observa-se que o GA₃ não teve efeito (Tabela 18). No entanto, quando analisado mais tardiamente, nota-se uma inibição significativa no desenvolvimento de P₂ e P₆.

Foi testado, a seguir, o fornecimento mais tardio de giberelina. Neste experimento utilizou-se GA₃ nas concentrações de 10⁻⁵ M e 10⁻⁴ M fornecido às plantas a partir da emergência da quinta folha.

A Tabela 19 mostra que aplicações mais tardias de GA₃, 10⁻⁵ M e 10⁻⁴ M não afetaram a emergência de folhas e nem a iniciação de folhas, gemas e raízes adventícias, mas promoveram significativamente o acúmulo de matéria seca na parte aérea.

A altura das plantas tratadas com GA₃, 10⁻⁵ M e 10⁻⁴ M, após 35 dias de crescimento, foi maior que a das plantas controle (Tabela 20). Não houve promoção significativa do alongamento do terceiro e quarto entrenós e nem do eixo principal pelas duas concentrações usadas.

GA₃ na menor concentração não afetou o alongamento da quarta folha, mas mostrou um efeito promotor no alongamento da bainha da quinta folha (Tabela 20). O tratamento com GA na maior concentração promoveu o alongamento da bainha da quarta e quinta folha.

A altura das gemas P₂ e P₄ não foi afetada pelo tratamento com GA₃, 10⁻⁵ M, mas este inibiu o crescimento em altura da gema P₃ (Tabela 21). As gemas mais basais, P₂ e P₃, não foram afetadas pelo GA₃ na maior concentração. Aplicações mais tardias de GA₃, 10⁻⁵ e 10⁻⁴ M promoveram o crescimento das gemas mais apicais.

TABELA 18 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com $GA_3 \cdot 10^{-4}$ M, após 27 dias e 35 dias de crescimento.

GEMAS	27 dias		35 dias	
	Controle	GA_3	Controle	GA_3
P ₂	2,58 ^a	3,28 ^a	5,04 ^A	4,71 ^B
P ₃	1,45 ^a	1,81 ^a	7,75 ^A	6,09 ^A
P ₄	0,52 ^a	0,49 ^a	2,40 ^A	2,29 ^A
P ₅	+	+	0,88 ^A	0,61 ^A
P ₆	-	-	0,20 ^A	0,06 ^B

Letras maiúsculas: estatística feita comparando-se apenas controle e tratamento 35 dias após.
 Letras minúsculas: estatística feita comparando-se apenas controle e tratamento 27 dias após.

+ gema presente, mas não mensurável.

- gema ausente.

TABELA 19 - Efeito de GA, 10^{-5} e 10^{-4} M, aplicado a partir da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento.

P A R Â M E T R O S	T R A T A M E N T O S		
	Controle	GA, 10^{-5} M	GA, 10^{-4} M
Número de folhas iniciadas	11,7 ^a	11,9 ^a	11,9 ^a
Número de folhas emergidas	6,9 ^a	7,0 ^a	7,0 ^a
Número de gemas iniciadas	5,7 ^a	6,0 ^a	6,1 ^a
Número de perfinhos	0,0	0,0	0,0
Peso seco da parte aérea (mg)	182,78 ^a	230,59 ^b	249,04 ^b
Número de raízes adventícias	6,7 ^a	6,9 ^a	7,0 ^a

TABELA 20 - Efeito de GA, 10^{-5} e 10^{-4} M, aplicado a partir da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento.

P A R Â M E T R O S	T R A T A M E N T O S		
	Controle	GA, 10^{-5} M	GA, 10^{-4} M
Altura da planta (cm)	33,66 ^a	45,31 ^b	50,79 ^b
Altura do eixo principal (mm)	6,76 ^a	8,44 ^a	9,71 ^a
Comprimento do terceiro entrenó (mm)	1,76 ^a	1,73 ^a	1,93 ^a
Comprimento do quarto entrenó (mm)	1,38 ^a	1,75 ^a	1,95 ^a
Comprimento (cm) bainha da quarta folha	6,30 ^a	6,85 ^{ab}	7,55 ^b
Comprimento (cm) bainha da quinta folha	17,49 ^a	16,09 ^a	16,10 ^a
	7,48 ^a	13,12 ^b	16,60 ^c
	25,32 ^a	25,06 ^a	25,65 ^a

TABELA 21 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com GA₃ 10⁻⁵ e 10⁻⁴ M, aplicado a partir da emergência da quinta folha, após 35 dias de crescimento.

GEMAS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	GA ₃ 10 ⁻⁵ M	GA ₃ 10 ⁻⁴ M
P ₂	5,04 ^a	5,18 ^a	6,10 ^a
P ₃	7,75 ^a	3,61 ^b	6,04 ^a
P ₄	2,40 ^a	2,67 ^a	4,04 ^b
P ₅	0,88 ^a	1,33 ^b	1,63 ^b
P ₆	0,20 ^a	0,46 ^b	0,54 ^b

Com o objetivo de comparar os efeitos de giberelina aplicada precocemente e tardiamente, realizou-se um experimento onde forneceu-se GA_3 , 10^{-4} M a partir da emergência da segunda folha e da quinta folha e os parâmetros ^{foram} analisados após 35 dias de crescimento.

O tratamento de plantas com GA_3 , 10^{-4} M a partir da emergência da segunda folha mostrou um efeito inibidor no número de folhas emergidas e no número de folhas e gemas iniciadas (Tabela 22). Estes parâmetros não foram afetados quando o GA_3 foi aplicado a partir da emergência da quinta folha como pode ser visto na Tabela 22.

O peso seco da parte aérea foi significativamente promovido quando o GA_3 foi aplicado tardiamente (Tabela 22).

A Tabela 22 mostra também que a iniciação de raízes adventícias, após 35 dias de crescimento, é drasticamente inibida quando GA_3 é aplicado precocemente. Este parâmetro não é alterado quando o fornecimento do hormônio é feito mais tarde.

A altura das plantas tratadas foi promovida pelos tratamentos, sendo que esta promoção foi maior quanto mais cedo as plantas foram tratadas com GA_3 (Tabela 23).

GA_3 aplicado a partir da emergência da segunda folha promoveu fortemente o crescimento em alongamento do terceiro e quarto entrenós promovendo, portanto, o crescimento em altura do eixo principal (Tabela 23). Quando este tratamento foi dado a partir da emergência da quinta folha não teve efeito nestes parâmetros.

Observa-se ainda na Tabela 23 uma promoção do crescimento em alongamento da quarta e quinta folha. Este efeito sendo maior quando o GA_3 é aplicado muito cedo no desenvolvimento das plantas.

TABELA 22 - Efeito de GA, 10^{-4} M, aplicado a partir da emergência da segunda folha e da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento.

TRATAMENTOS	GA, 10^{-4} M	
	Controle	A partir de 2 folhas A partir de 5 folhas
Número de folhas iniciadas	11,7 ^a	10,4 ^b 11,9 ^a
Número de folhas emergidas	6,9 ^a	5,4 ^b 7,0 ^a
Número de gemas iniciadas	5,7 ^a	5,0 ^b 6,1 ^a
Número de perfilhos	0,0	0,0 0,0
Peso seco da parte aérea (mg)	182,78 ^a	218,41 ^{ab} 249,04 ^b
Número de raízes adventícias	6,7 ^a	3,9 ^b 7,0 ^a

TABELA 23 - Efeito de GA₃ 10⁻⁴ M, aplicado a partir da emergência da segunda folha e da emergência da quinta folha, em diferentes parâmetros do crescimento, após 35 dias de crescimento.

TRATAMENTOS PARÂMETROS	GA ₃ 10 ⁻⁴ M	
	Controle	A partir de 2 folhas A partir de 5 folhas
Altura da planta (cm)	33,66 ^a	69,99 ^b 50,79 ^c
Altura do eixo principal (mm)	6,76 ^a	75,90 ^b 9,71 ^a
Comprimento do terceiro entrenó (mm)	1,76 ^a	67,60 ^b 1,93 ^a
Comprimento do quarto entrenó (mm)	1,38 ^a	5,20 ^b 1,95 ^a
Comprimento (cm) da bainha	6,30 ^a	17,59 ^b 7,55 ^c
Comprimento (cm) da lâmina	17,49 ^a	40,37 ^b 16,10 ^a
Comprimento (cm) da bainha	7,48 ^a	6,33 ^a 16,60 ^b
Comprimento (cm) da lâmina	25,32 ^a	54,78 ^b 25,65 ^a

Com relação ao crescimento das gemas axilares o GA, aplicado a partir da emergência da segunda folha, mostrou ser inibidor de crescimento (Tabela 24). Esta inibição foi significativa para P₂ e P₆. Entretanto, quando aplicado mais tarde, promoveu o crescimento em altura de P₄, P₅ e P₆ sem afetar as gemas mais basais.

1.5. Efeitos de ácido 2-cloroetil-fosfônico e nitrato de prata

Os efeitos do CEPA no desenvolvimento das plantas foram verificados em dois experimentos nas concentrações de 10⁻⁴ M (Experimento I) e 10⁻³ M (Experimento II) aplicado através das folhas.

CEPA na concentração de 10⁻⁴ M (Experimento I) não teve efeito na emergência de folhas nem na iniciação de folhas, gemas e raízes adventícias (Tabela 25). A emergência de gemas em perfilhos não foi modificada por este tratamento. A produção de matéria seca na parte aérea foi inibida.

Quando a concentração de CEPA foi aumentada de 10⁻⁴ M para 10⁻³ M passou a exercer um efeito promotor na iniciação de folhas sem afetar a emergência das mesmas (Tabela 25). Além disso, promoveu a iniciação de gemas axilares mas inibiu a emergência destas em perfilhos.

A produção de matéria seca na parte aérea continuou a ser inibida pelo CEPA na concentração de 10⁻³ M (Tabela 25).

TABELA 24 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com GA₃ 10⁻⁴ M, aplicado a partir da emergência da segunda folha e da emergência da quinta folha, após 35 dias crescimento.

GEMAS	TRATAMENTOS	
	Controle	GA ₃ 10 ⁻⁴ M
	A partir de 2 folhas	
P ₂	5,04 ^a	4,71 ^b
P ₃	7,75 ^a	6,09 ^a
P ₄	2,40 ^a	2,29 ^a
P ₅	0,88 ^a	0,61 ^a
P ₆	0,20 ^a	0,06 ^b
	A partir de 5 folhas	
		6,10 ^{ab}
		6,04 ^a
		4,04 ^b
		1,63 ^b
		0,54 ^c

TABELA 25 - Efeito de CEPA 10^{-4} M e 10^{-3} M em diferentes parâmetros do crescimento, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento.

PARÂMETROS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II	
	Controle	CEPA 10^{-4} M	Controle	CEPA 10^{-3} M
Número de folhas iniciadas	13,7 ^a	13,4 ^a	13,2 ^a	13,9 ^b
Número de folhas emergidas	7,9 ^a	8,0 ^a	8,3 ^a	8,4 ^a
Número de gemas iniciadas	6,7 ^a	6,9 ^a	6,3 ^a	7,4 ^b
Número de perfilhos	0,6 ^a	0,2 ^a	1,5 ^a	0,4 ^b
Altura da planta (cm)	50,93 ^a	39,60 ^b	52,44 ^a	39,02 ^b
Altura do eixo principal (mm)	10,07 ^a	11,11 ^a	10,50 ^a	24,10 ^b
Comprimento (cm) bainha	10,32 ^a	8,80 ^b	-	-
Comprimento (cm) lâmina	30,32 ^a	21,30 ^b	-	-
Comprimento (cm) bainha da sexta folha	9,90 ^a	9,99 ^a	-	-
Comprimento (cm) lâmina da sexta folha	40,31 ^a	28,14 ^b	-	-
Peso seco da parte aérea (mg)	554,55 ^a	443,03 ^b	728,81 ^a	570,95 ^b
Número de raízes adventícias	9,6 ^a	10,0 ^a	9,7 ^a	12,9 ^b

Um dos efeitos mais marcantes do etileno é a promoção da iniciação de raízes adventícias. Este efeito foi observado apenas nas plantas tratadas com CEPA 10^{-3} M (Tabela 25).

Plantas tratadas com CEPA 10^{-4} M (Experimento I) e 10^{-3} M (Experimento II) exibiram altura inferior a das plantas controle (Tabela 25). A altura do eixo principal foi promovida apenas pelo tratamento com CEPA na maior concentração (Experimento II).

O alongamento foliar (analisado apenas no Experimento I) da quinta e sexta folha foi inibido pelo tratamento com CEPA (Tabela 25).

A Tabela 26 mostra o efeito do CEPA 10^{-4} M e 10^{-3} M no crescimento das gemas axilares. Embora o CEPA 10^{-4} M tenha inibido o crescimento das gemas basais, P_2 e P_3 , esta inibição não foi significativa. Este tratamento, por outro lado, promoveu o crescimento das gemas mais apicais, P_6 e P_7 . Aumentando-se a concentração do CEPA para 10^{-3} M (Experimento II), observou-se uma repressão significativa no crescimento das gemas basais, P_2 e P_3 , e uma promoção do crescimento das gemas apicais, P_5 , P_6 e P_7 .

Foram verificados a seguir os efeitos do íon de prata (Ag^+), um inibidor da ação do etileno (BEYER, 1976). O íon de prata foi aplicado às plantas através das folhas e sob a forma de $AgNO_3$.

A Tabela 27 mostra os efeitos de $AgNO_3$ em vários parâmetros do crescimento. Não foram observadas diferenças significativas no número de folhas emergidas nem no número de folhas, gemas e raízes adventícias iniciadas entre os tratamentos. O $AgNO_3$, na menor concentração promoveu significativa-

TABELA 26 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com CEPA 10^{-4} M e 10^{-3} M, após 26 dias (Experimento I) e 28 dias (Experimento II) de crescimento.

GEMAS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II	
	Controle	CEPA 10^{-4} M	Controle	CEPA 10^{-3} M
P ₂	14,46 ^a	5,63 ^a	17,45 ^a	5,85 ^b
P ₃	16,96 ^a	6,57 ^a	45,35 ^a	6,95 ^b
P ₄	5,50 ^a	4,34 ^a	8,18 ^a	7,00 ^a
P ₅	2,09 ^a	2,55 ^a	3,37 ^a	6,73 ^b
P ₆	1,04 ^a	1,41 ^b	1,40 ^a	3,58 ^b
P ₇	0,32 ^a	0,52 ^b	0,57 ^a	1,31 ^b

TABELA 27 - Efeito de AgNO_3 , 10^{-4} M e 10^{-3} M, em diferentes parâmetros do crescimento, após 29 dias de crescimento.

P A R Â M E T R O S	T R A T A M E N T O S		
	Controle	AgNO_3 , 10^{-4} M	AgNO_3 , 10^{-3} M
Número de folhas iniciadas	13,2 ^a	13,8 ^a	13,9 ^a
Número de folhas emergidas	8,0 ^a	8,3 ^a	8,3 ^a
Número de gemas iniciadas	6,6 ^a	6,7 ^a	6,8 ^a
Número de perfilhos	0,0 ^a	0,8 ^b	0,2 ^a
Altura da planta (cm)	45,03 ^a	46,83 ^a	49,41 ^a
Altura do eixo principal (mm)	9,31 ^a	9,81 ^a	10,50 ^a
Peso seco da parte aérea (mg)	613,17 ^a	656,42 ^a	694,11 ^a
Número de raízes adventícias	7,7 ^a	8,5 ^a	8,5 ^a

mente a emergência de gemas em perfilhos.

Pela Tabela 27 observa-se que a altura das plantas controle após 29 dias de crescimento era 45,03 cm e que os tratamentos não afetaram a altura das plantas ou dos eixos principais.

A produção de matéria seca na parte aérea não foi afetada significativamente pelo AgNO_3 , nas duas concentrações (Tabela 27).

Neste experimento, as diferenças entre os tratamentos na altura das gemas iniciadas não foram estatisticamente significativas. Entretanto, o tratamento com AgNO_3 , 10^{-4} M deu origem em P_2 e P_3 a dois grupos de gemas com crescimento diferentes; o primeiro grupo não sendo afetado pelo tratamento; e o segundo tendo seu crescimento exageradamente promovido. Este segundo grupo resultou na emergência das gemas em perfilhos.

Pela Tabela 28 observa-se que o tratamento com AgNO_3 , 10^{-3} M deu origem a dois grupos de gemas apenas em P_3 . O segundo grupo encontrado em P_3 diferiu em relação ao outro tratamento por apresentar apenas uma planta com perfilho, enquanto no outro tratamento três plantas já apresentavam perfilhos. Apesar da maioria dessas gemas não ter emergido, elas já haviam iniciado a fase de crescimento exponencial, o que culminaria com sua emergência.

TABELA 28 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com AgNO_3 , 10^{-4} M e 10^{-3} M, após 29 dias de crescimento.

GEMAS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	AgNO_3 , 10^{-4} M	AgNO_3 , 10^{-3} M
P ₂	3,36	4,25 36,00 (I)	3,91
P ₃	5,22	5,74 57,00 (II)	3,87 31,75 (III)
P ₄	3,67 ^a	5,99 ^a	6,82 ^a
P ₅	2,08 ^a	2,56 ^a	3,10 ^a
P ₆	0,98 ^a	1,01 ^a	1,26 ^a
P ₇	0,35 ^a	0,39 ^a	0,50 ^a

I, II e III representam a média de 50%, 40% e 40% das plantas, respectivamente, enquanto os valores acima representam a mé dia das plantas restantes.

2. EFEITOS DE ALTERAÇÕES NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

2.1. Efeito de fosfato

2.1.1. Efeito do aumento na disponibilidade de fosfato

Aumentando-se a concentração de fosfato para o dobro da concentração encontrada na solução nutritiva de Hoagland ^{hoje} não ^{acá} alterou a emergência ou a iniciação de folhas, após 28 dias de crescimento (Tabela 29). A iniciação de gemas e a sua emergência em perfilhos também não foram afetadas pelo tratamento (Tabela 29).

A Tabela 29 mostra que o acúmulo de matéria seca na parte aérea, desconsiderando-se os perfilhos, e no sistema radicular não foi promovido significativamente. No entanto, o aumento na concentração de fosfato promoveu significativamente o acúmulo de matéria seca nos perfilhos das plantas 28 dias após o plantio (Tabela 29).

A altura média das plantas não foi promovida significativamente pelo aumento na disponibilidade de fosfato (Tabela 29). Notou-se, porém, um aumento significativo na altura do eixo principal das plantas que receberam mais fosfato (Tabela 29).

O crescimento em comprimento das gemas axilares P_2 a P_8 foi promovido pelo aumento na disponibilidade de fosfato, sendo este efeito estatisticamente significativo em P_2 , P_3 e P_4 (Tabela 30).

2.1.2. Efeito da redução na disponibilidade de fosfato

No primeiro experimento, as plantas receberam solução nutritiva de Hoagland com a concentração de fosfato redu

TABELA 29 - Efeito do aumento na disponibilidade de fosfato em diferentes parâmetros do crescimento, após 28 dias de crescimento.

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	Controle	2 x PO ₄
Número de folhas iniciadas	13,3 ^a	13,6 ^a
Número de folhas emergidas	8,0 ^a	8,2 ^a
Número de gemas iniciadas	8,0 ^a	8,1 ^a
Número de perfilhos	1,9 ^a	2,1 ^a
Altura da planta (cm)	48,06 ^a	51,34 ^a
Altura do eixo principal (mm)	11,34 ^a	12,87 ^b
Peso seco da parte aérea (mg)	701,32 ^a	861,69 ^a
Peso seco dos perfilhos (mg)	41,38 ^a	97,84 ^b
Peso seco das raízes (mg)	382,91 ^a	454,90 ^a

TABELA 30 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com solução nutritiva com maior disponibilidade de fosfato, após 28 dias de crescimento.

GEMAS	TRATAMENTOS	
	Controle	2 x PO ₄
P ₂	51,40 ^a	106,67 ^b
P ₃	92,10 ^a	132,11 ^b
P ₄	15,90 ^a	34,00 ^b
P ₅	3,37 ^a	4,60 ^a
P ₆	1,37 ^a	1,58 ^a
P ₇	0,58 ^a	0,69 ^a
P ₈	0,13 ^a	0,19 ^a

zida para a metade daquela encontrada na solução nutritiva normal. O tratamento inibiu a iniciação e emergência de folhas, bem como a iniciação de gemas e a sua emergência em perfilhos (Tabela 31).

Neste experimento, a redução na disponibilidade de fosfato reduziu significativamente o peso seco da parte aérea, bem como o peso seco dos perfilhos isolados (Tabela 31). O acúmulo de matéria seca nas raízes também foi reduzido significativamente (Tabela 31).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 31, verifica-se que a redução do fosfato disponível às plantas inibiu significativamente a altura das mesmas. Esta inibição também ocorreu na altura do eixo principal destas plantas, após 44 dias de crescimento.

Analisando-se os dados mostrados na Figura 1, verifica-se uma inibição temporária na emergência de P_2 nas plantas que receberam a metade da concentração de fosfato. A diferença observada quanto à emergência de P_3 , com relação ao controle não foi significativa no período estudado.

A Tabela 32 mostra que a redução na disponibilidade de fosfato teve um forte efeito inibidor de crescimento das axilares sendo esta inibição significativa estatisticamente para P_3 , P_4 , P_5 , P_6 e P_7 .

Uma vez que a redução no fornecimento de fosfato para a metade da concentração encontrada na solução de Hoagland resultou em inibição do crescimento geral das plantas, encontrada em todos os parâmetros estudados, passou-se à verificação da importância do suprimento de fosfato no perfilhamento através de uma redução menos drástica no seu fornecimento.

TABELA 31 - Efeito da redução na disponibilidade de fosfato em diferentes parâmetros do crescimento, após 44 dias de crescimento.

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	Controle	1/2 PO ₄
Número de folhas iniciadas	12,4 ^a	11,8 ^b
Número de folhas emergidas	7,4 ^a	7,0 ^b
Número de gemas iniciadas	7,4 ^a	6,7 ^b
Número de perfilhos	1,4 ^a	1,0 ^b
Altura da planta (cm)	43,04 ^a	35,10 ^b
Altura do eixo principal (mm)	8,99 ^a	7,04 ^b
Peso seco da parte aérea (mg)	366,24 ^a	232,24 ^b
Peso seco dos perfilhos (mg)	16,43 ^a	6,02 ^b
Peso seco das raízes (mg)	244,97 ^a	178,39 ^b

TABELA 32 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com solução nutritiva com menor disponibilidade de fosfato, após 44 dias de crescimento.

GEMAS	TRATAMENTOS	
	Controle	1/2 PO ₄
P ₂	48,00 ^a	22,90 ^a
P ₃	39,54 ^a	21,36 ^b
P ₄	5,86 ^a	4,11 ^b
P ₅	1,71 ^a	1,22 ^b
P ₆	0,85 ^a	0,47 ^b
P ₇	0,18 ^a	0,09 ^b

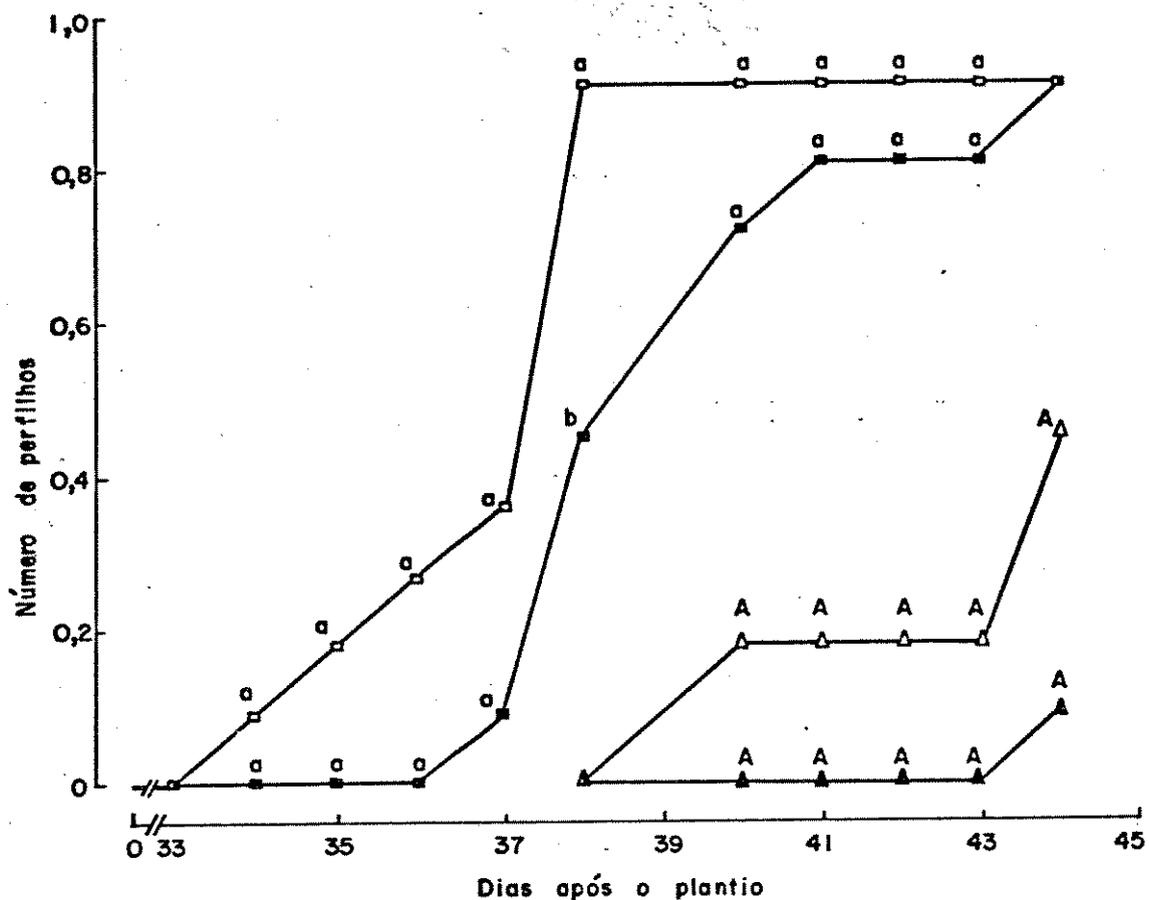


FIGURA 1 - Efeito da redução na disponibilidade de fósforo no número de perfilhos (□ P₂ e △ P₃) por planta durante o período de crescimento.

□ △ controle

■ ▲ 1/2 PO₄

Letras maiúsculas: estatística feita comparando-se apenas P₃ entre controle e tratamento.

Letras minúsculas: estatística feita comparando-se apenas P₂ entre controle e tratamento.

Foram realizados dois experimentos nos quais as plantas tratadas receberam $3/4$ da dosagem de fosfato encontrada na solução de Hoagland.

A redução no fornecimento de fosfato para $3/4$ não modificou significativamente o acúmulo de matéria seca na parte aérea (excluindo-se os perfilhos), no sistema radicular ou nos perfilhos de plantas que perfilharam (Tabela 34, Exp. I); resultados semelhantes foram encontrados em plantas que não apresentaram perfilhos no final do experimento (Tabela 34, Exp. II).

A redução da concentração de fosfato para $3/4$ da sua concentração normal não afetou significativamente a emergência de P_2 , mas inibiu significativamente a emergência de P_3 , apenas no 25º dia (Fig. 2).

A Tabela 33 mostra que a altura das plantas, nos dois experimentos, não foi afetada pelo tratamento e que apenas no Experimento I a altura do eixo principal foi reduzida significativamente pela redução na disponibilidade de fosfato.

No Experimento I, o efeito inibidor no crescimento de gemas axilares pela redução no fornecimento de fosfato foi significativo apenas em P_7 , enquanto no Experimento II, que durou apenas 19 dias, a inibição foi notada em P_2 (Tabela 33).

A iniciação e emergência de folhas, assim como a iniciação de gemas não foram afetadas pelos tratamentos em qualquer dos experimentos (dados não apresentados).

Os resultados mostrados até aqui, sobre o efeito do aumento e da redução no fornecimento de fosfato no desenvolvimento de sorgo, indicam que este nutriente pode modificar, embora sutilmente, o crescimento de gemas axilares e perfilhos com pouco efeito em outros parâmetros do crescimento das plan-

TABELA 33 - Altura das plantas (cm) e dos eixos principais (mm) e comprimento (mm) de gemas de plantas tratadas com solução nutritiva com menor disponibilidade de fósforo, após 27 dias (Experimento I) e 19 dias (Experimento II) de crescimento.

	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II	
	Controle	3/4 PO ₄	Controle	3/4 PO ₄
Planta	30,09 ^a	28,61 ^a	24,10 ^a	23,63 ^a
eixo	9,36 ^a	8,77 ^b	3,64 ^a	3,43 ^a
P ₂	65,80 ^a	52,70 ^a	2,20 ^a	1,69 ^b
P ₃	73,90 ^a	61,20 ^a	0,81 ^a	0,65 ^a
P ₄	10,60 ^a	11,70 ^a	0,28 ^a	0,26 ^a
P ₅	2,13 ^a	2,14 ^a	+	+
P ₆	0,73 ^a	0,66 ^a	-	-
P ₇	0,33 ^a	0,19 ^b	-	-

+ gema presente não mensurável.

- gema ausente.

TABELA 34 - Peso seco (mg) de plantas submetidas a uma redução na disponibilidade de fósforo, após 27 dias (Experimento I) e 19 dias (Experimento II) de crescimento.

	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II	
	Controle	3/4 PO ₄	Controle	3/4 PO ₄
Parte aérea	400,00 ^a	387,64 ^a	58,04 ^a	55,59 ^a
Raízes	333,88 ^a	311,50 ^a	28,28 ^a	28,62 ^a
Perfilhos	46,53 ^a	38,21 ^a	-	-

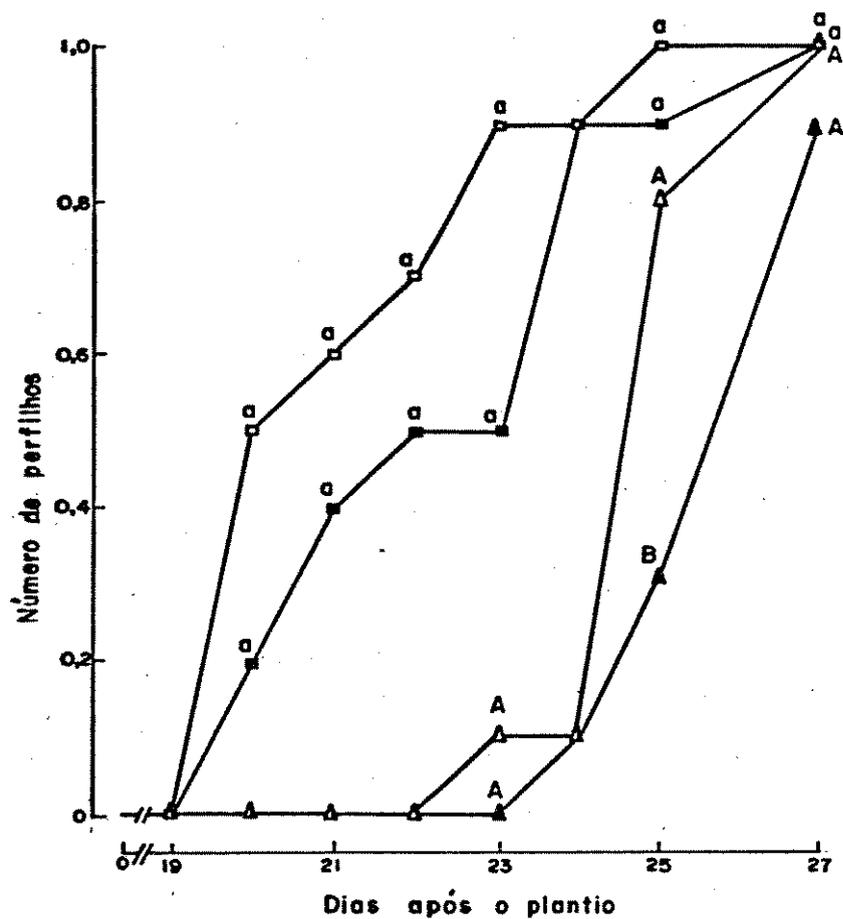


FIGURA 2 - Efeito da redução na disponibilidade de fosfato no número de perfilhos (□ P₂ e △ P₃) por planta durante o período de crescimento.

□ △ controle

■ ▲ 3/4 PO₄

Letras maiúsculas: estatística feita comparando-se apenas P₃ entre controle e tratamento.

Letras minúsculas: estatística feita comparando-se apenas P₂ entre controle e tratamento.

tas. Assim, ele poderia estar relacionado ao controle da do minância apical nesta planta.

2.1.3. Efeito da redução na disponibilidade de fosfato com e sem aplicação concomitante de citocinina

Os efeitos de BAP (10^{-5} M) foram testados em plantas tratadas com solução nutritiva contendo a concentração de fosfato reduzida à metade.

A menor disponibilidade de fosfato inibiu a iniciação e emergência de folhas, a iniciação de gemas axilares chegando a reduzir significativamente o perfilhamento e reduziu o número de raízes adventícias em plantas com 30 dias de crescimento (Tabela 35). O acúmulo de matéria seca na parte aérea foi afetado significativamente (Tabela 35). O crescimento das gemas axilares foi drasticamente reduzido (Tabela 36), sendo este efeito notado em todas as gemas estudadas (P_2 a P_6).

BAP aplicada na concentração de 10^{-5} M não modificou os efeitos exercidos pela deficiência de fosfato na iniciação e emergência foliares nem na iniciação de gemas e sua emergência em perfilhos (Tabela 35). Da mesma forma, não houve reversão do efeito inibidor da deficiência de fosfato no crescimento de axilares.

TABELA 35 - Efeito de BAP 10^{-5} M e/ou redução na disponibilidade de fosfato em diferentes parâmetros do crescimento, após 30 dias de crescimento.

PARÂMETROS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	1/2 PO ₄	1/2 PO ₄ + BAP 10^{-5} M
Número de folhas iniciadas	13,0 ^a	12,1 ^b	11,9 ^b
Número de folhas emergidas	7,9 ^a	7,1 ^b	7,1 ^b
Número de gemas iniciadas	6,4 ^a	5,8 ^b	5,8 ^b
Número de perfilhos	0,6	0,0	0,0
Altura da planta	40,44 ^a	34,63 ^b	29,99 ^c
Altura do eixo principal (mm)	8,18 ^a	6,91 ^b	6,17 ^c
Peso seco da parte aérea (mg)	346,88 ^a	219,08 ^b	142,00 ^c
Número de raízes adventícias	8,4 ^a	6,8 ^b	5,3 ^c

TABELA 36 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas tratadas com BAP 10^{-5} M e/ou com redução na disponibilidade de fosfato, após 30 dias de crescimento.

GEMAS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	1/2 PO ₄	1/2 PO ₄ + BAP 10^{-5} M
P ₂	10,71 ^a	3,81 ^b	1,62 ^b
P ₃	17,35 ^a	5,88 ^b	3,79 ^b
P ₄	5,09 ^a	3,34 ^b	3,50 ^b
P ₅	1,97 ^a	1,28 ^b	1,48 ^{ab}
P ₆	0,80 ^a	0,45 ^b	0,43 ^b

BAP juntamente com redução na disponibilidade de fosfato modificou o acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas e causou uma maior inibição no número de raízes adventícias e no crescimento em altura da planta e do eixo principal (Tabela 35).

Estes resultados indicam que os efeitos inibidores da redução na disponibilidade de fosfato no perfilhamento podem não estar diretamente ligados a uma redução nos níveis de citocininas endógenas.

2.1.4. Efeito da redução na disponibilidade de fosfato com e sem aplicação concomitante de AgNO_3 ,

CHALUTZ *et al.* (1980) verificaram que o fosfato inorgânico é um inibidor de síntese de etileno em plantas superiores. Para verificar se o efeito da redução na disponibilidade de fosfato na liberação de gemas de perfilho em sorgo é realizado via um aumento no nível de etileno endógeno, foi realizado um experimento usando três lotes de plantas, sendo que o 2º e o 3º lotes de plantas receberam solução nutritiva com concentração de fosfato reduzida à metade. O 3º lote também recebeu aplicações exógenas de AgNO_3 .

Analisando-se a Tabela 37, observa-se que o crescimento em comprimento de P_2 , P_3 e P_4 foi inibido, porém não significativamente devido à grande variabilidade dentro das amostras, pela menor disponibilidade de fosfato. No entanto, as gemas mais apicais, P_5 e P_6 e P_7 , foram inibidas significati

TABELA 37 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos. Plantas tratadas com solução nutritiva com menor disponibilidade de fosfato com e sem aplicação concomitante de AgNO_3 , após 26 dias de crescimento.

GEMAS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	1/2 PO_4	1/2 PO_4 + AgNO_3 10^{-4} M
P ₂	14,46 ^a	6,92 ^a	14,75 ^a
P ₃	16,96 ^a	8,84 ^a	17,27 ^a
P ₄	5,50 ^a	3,82 ^a	4,96 ^a
P ₅	2,09 ^a	1,42 ^b	1,81 ^{ab}
P ₆	1,04 ^a	0,60 ^b	0,76 ^{ab}
P ₇	0,32 ^a	0,07 ^b	0,24 ^{ab}

vamente. Houve uma forte tendência do AgNO_3 , em reverter a inibição exercida nas gemas basais pela menor disponibilidade de fosfato. Contudo, esta tendência não foi significativa estatisticamente.

2.2. Efeito do fotoperíodo

Em relação ao fotoperíodo natural, o fotoperíodo de 18 h mostrou ser efetivo em inibir a altura das plantas, sendo este efeito observado 20 dias após o plantio e mantido até 41 dias (Fig. 3A). A redução no fotoperíodo, para 8 h, também teve efeito inibidor mantido do 20º ao 58º dias do experimento. Observou-se, porém, que as plantas crescidas sob condições fotoperiódicas diferentes atingiram alturas estatisticamente semelhantes no final do experimento (Fig. 3A).

A altura do eixo principal das plantas crescidas sob fotoperíodo de 8 h foi promovida significativamente (Fig. 3B), sendo que este tratamento induziu o ápice do eixo principal para a floração. Houve redução significativa na altura do eixo principal das plantas crescidas sob fotoperíodo de 18 h. Nestas plantas, assim como nas controle, não houve indução floral.

Observou-se que o peso seco da parte aérea, no final do experimento, não diferiu significativamente entre os tratamentos (Tabela 38). Notou-se também que, nas plantas que cresceram sob fotoperíodo de 8 h, o peso seco da parte aérea, sem considerar os perfilhos, foi reduzido, enquanto o peso seco dos perfilhos foi aumentado significativamente.

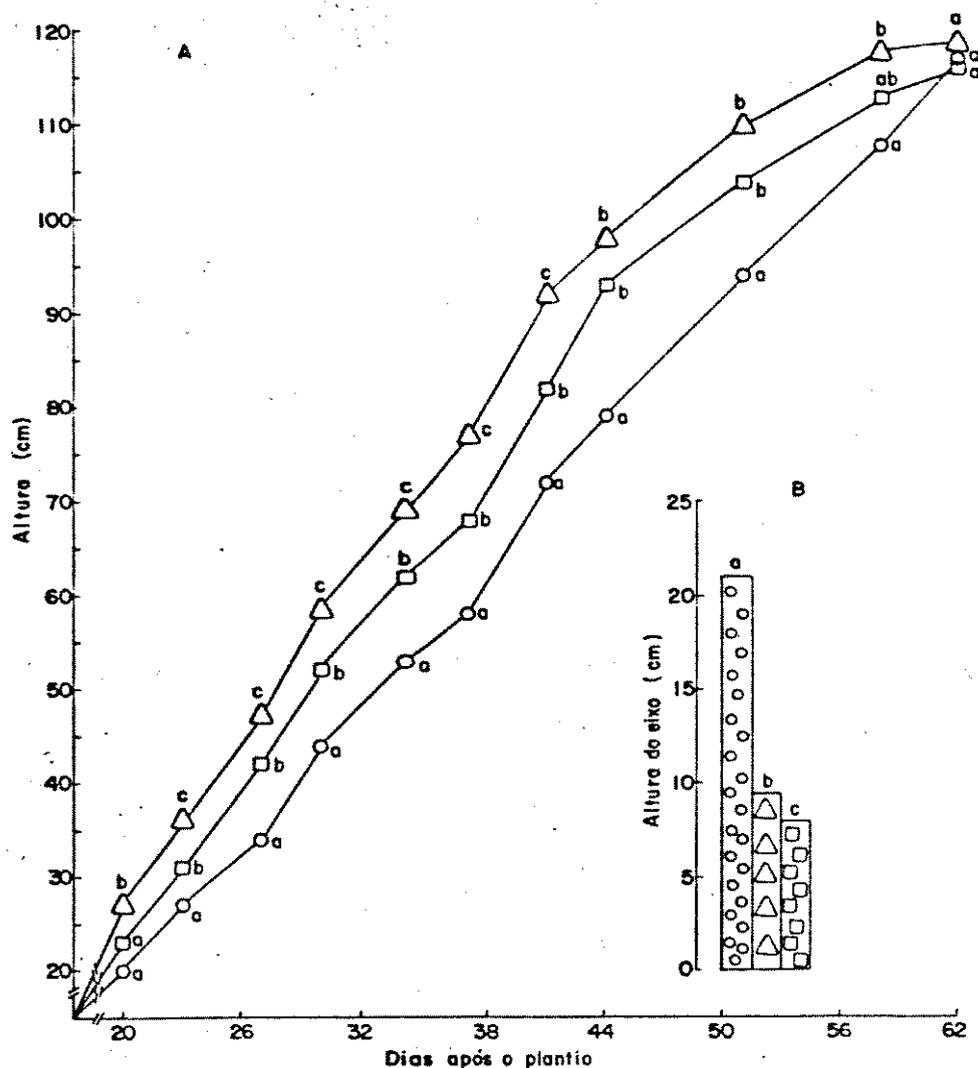


Figura 3 - Altura de plantas (A), durante o período de crescimento, e do eixo principal (B), após o término do experimento, de plantas crescidas sob fotoperíodo natural ou modificado.

- △ Fotoperíodo natural
- Fotoperíodo de 18 h
- Fotoperíodo de 8 h

Letras minúsculas: estatística feita comparando-se altura das plantas (A) entre os tratamentos e altura do eixo (B) entre os tratamentos.

TABELA 38 - Efeito do fotoperíodo em diferentes parâmetros do crescimento, após 62 dias de crescimento.

PARÂMETROS	T R A T A M E N T O S		
	Fotoperíodo Natural	Fotoperíodo de 18 h	Fotoperíodo de 8 h
Número de folhas iniciadas	23,1 ^a	23,1 ^a	21,6 ^b
Número de folhas emergidas	16,3 ^a	16,4 ^a	16,8 ^a
Número de gemas iniciadas	15,0 ^a	15,8 ^b	16,8 ^c
Número de perfilhos	1,6 ^a	1,6 ^a	2,9 ^b
Peso seco da parte aérea - perfilhos (g)	17,1 ^a	15,0 ^{ab}	13,1 ^b
Peso seco da parte aérea + perfilhos (g)	18,6 ^a	17,4 ^a	16,6 ^a
Peso seco dos perfilhos (g)	1,5 ^a	2,4 ^{ab}	3,5 ^b

Após 62 dias de experimento, os tratamentos não influenciaram o número de folhas emergidas, enquanto a iniciação de folhas foi significativamente menor nas plantas crescidas sob fotoperíodo de 8 h (Tabela 38). Tanto o aumento para 18 h, como a redução para 8 h do fotoperíodo, promoveram significativamente a iniciação de gemas (Tabela 38). O perfilhamento não diferiu entre as plantas crescidas sob fotoperíodo natural ou de 18 h (Tabela 38 e Fig. 4). No entanto, este foi promovido significativamente pelo fotoperíodo de 8 h (Tabela 38 e Fig. 4).

Os resultados da Tabela 39 mostram que o fotoperíodo mais longo não afetou significativamente a altura das gemas axilares e a redução do fotoperíodo para 8 h promoveu a altura de P₄, P₅ e de P₁₄ a P₁₆.

Os experimentos com fotoperíodo mostram, portanto, que em plantas de sorgo o fotoperíodo de 8 h favorece o desenvolvimento de gemas axilares, tanto em iniciação e emergência, como em comprimento e produção de matéria seca.

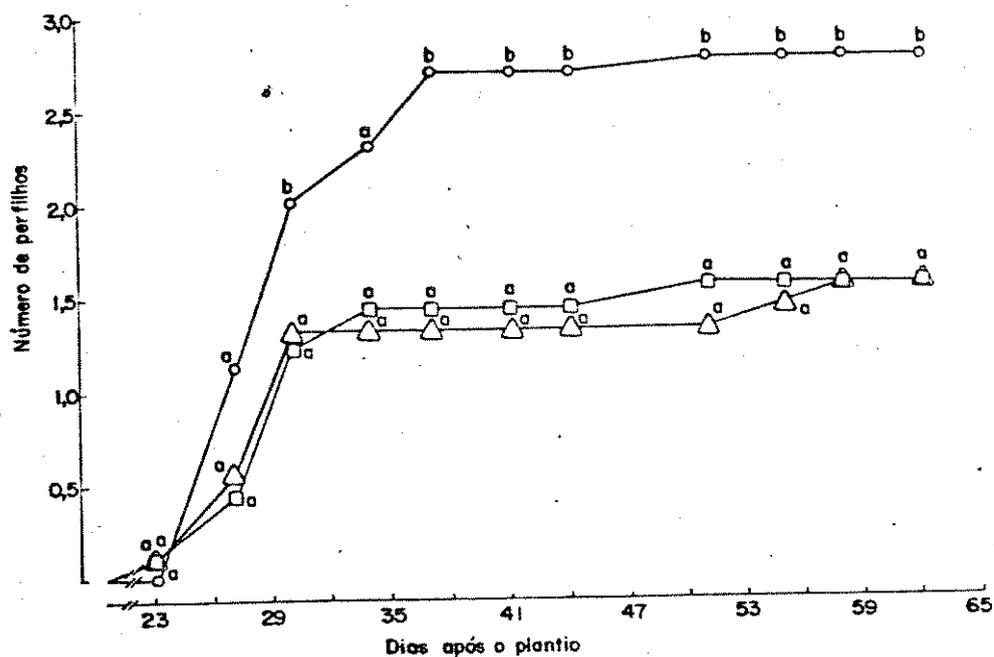


Figura 4 - Número de perfilhos, durante o período de crescimento, de plantas crescidas sob fotoperíodo natural ou modificado.

- △ Fotoperíodo natural
- Fotoperíodo de 18 h
- Fotoperíodo de 8 h

Letras minúsculas: estatística feita comparando-se número de perfilhos entre os tratamentos durante o período de crescimento.

TABELA 39 - Comprimento (mm) de gemas axilares e perfílhos, 62 dias após o plantio. Plantas cresci-
das sob fotoperíodo natural ou modificado.

GEMAS	T R A T A M E N T O S		
	Fotoperíodo Natural	Fotoperíodo de 18 h	Fotoperíodo de 8 h
(*)			
P ₃	508,10 ^d	484,10 ^a	591,60 ^a
P ₄	158,70 ^a	287,00 ^{ab}	508,10 ^b
P ₅	8,00 ^a	9,10 ^a	109,80 ^b
P ₆	7,70 ^a	7,30 ^a	39,90 ^a
P ₇	9,00 ^a	8,60 ^a	8,00 ^a
P ₈	10,70 ^a	10,70 ^a	10,30 ^a
P ₉	9,60 ^a	8,90 ^a	10,80 ^a
P ₁₀	8,30 ^a	7,10 ^a	7,90 ^a
P ₁₁	6,10 ^a	6,00 ^a	6,00 ^a
P ₁₂	4,60 ^a	4,30 ^a	5,10 ^a
P ₁₃	2,60 ^{ab}	2,40 ^a	3,70 ^b
P ₁₄	1,20 ^a	1,10 ^a	2,20 ^b
P ₁₅	0,60 ^a	0,60 ^a	1,10 ^b
P ₁₆	0,20 ^a	0,30 ^a	0,60 ^b

(*) A gema P₃ na maior parte das plantas encontrava-se reprimida e indistinguível pelo cresci-
mento das raízes adventícias.

3. EFEITO DE REMOÇÃO DE RAÍZES

3.1. Remoção de raízes adventícias

O efeito da remoção de raízes adventícias no desenvolvimento foi testado em plantas cultivadas em solução hidropônica, mantendo-se um lote de plantas com seu sistema radicular intacto.

A remoção de raízes adventícias não afetou a emergência de P_2 , mas reduziu temporariamente a emergência de P_3 , sendo que no final do experimento, o número de P_3 foi igual nas plantas tratadas e nas controle (Fig. 5).

A redução do sistema radicular reduziu drasticamente o acúmulo de matéria seca na parte aérea e raízes (Tabela 40). No entanto, o peso seco de perfilhos não foi alterado significativamente pela redução do sistema radicular no 19º dia.

Diferença significativa na altura das plantas foi observada 19 dias após o plantio (Tabela 40). As plantas controle atingiram altura média de 32,60 cm, enquanto que as plantas tratadas atingiram altura média de 22,60 cm. A diferença em altura do eixo principal entre as plantas não foi significativa.

É evidente, pela Tabela 40, que a altura dos perfilhos P_2 e P_3 foi reduzida pelo tratamento, mas que o comprimento das gemas P_4 , P_5 , P_6 e P_7 , que ainda não tinham atingido a fase de crescimento rápido, não foi afetado.

A iniciação, assim como a emergência de folhas e de gemas em perfilhos, não foram afetadas pela remoção das raízes adventícias (dados não mostrados).

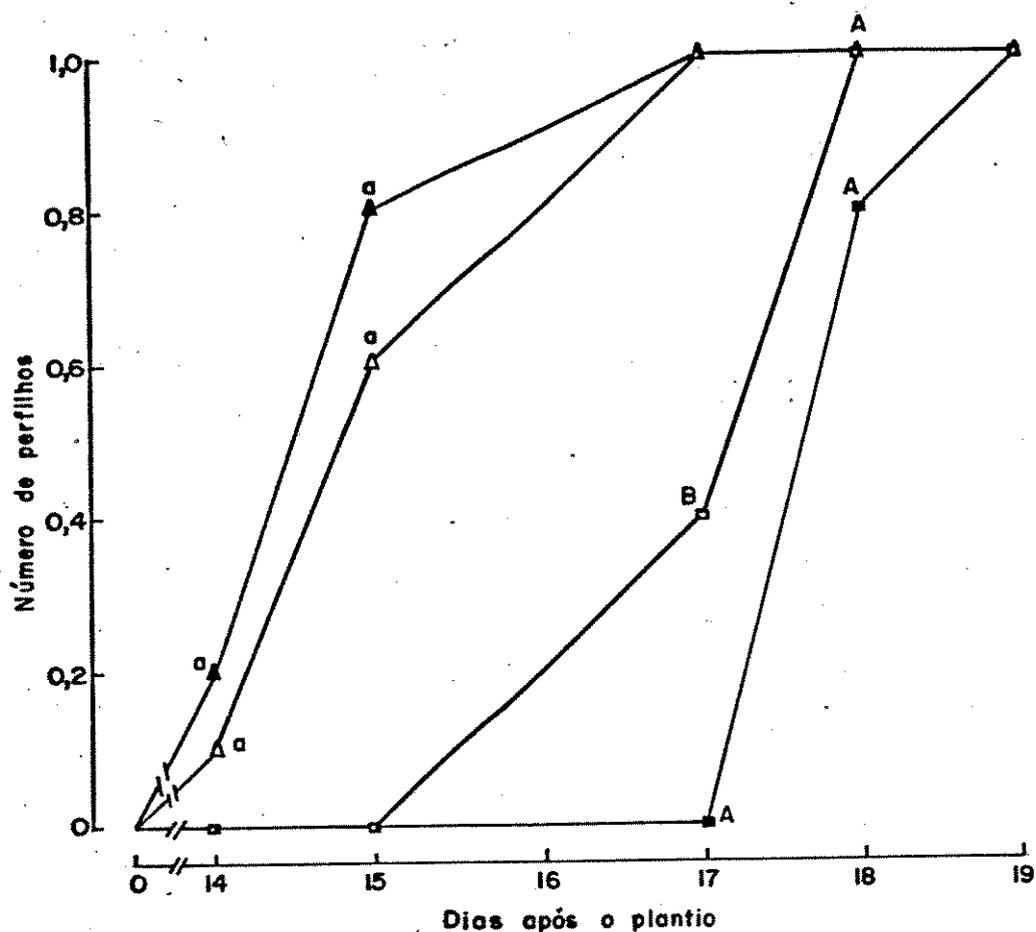


FIGURA 5 - Efeito da remoção de raízes adventícias no número de perfilhos (ΔP_2 ; $\square P_3$) por planta durante o período de crescimento.

\triangle \square controle

\blacktriangle \blacksquare remoção de raízes

Letras maiúsculas: estatística feita apenas para P_3 entre controle e tratamento.

Letras minúsculas: estatística feita apenas para P_2 entre controle e tratamento.

TABELA 40 - Peso seco (mg) de diferentes partes da planta, altura de plantas (cm) e do eixo principal (mm) e comprimento (mm) de gemas e perfilhos de plantas com remoção de raízes adventícias, após 19 dias de crescimento.

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	Controle	Remoção
Peso seco da parte aérea	347,50 ^a	253,60 ^b
Peso seco de perfilhos	64,80 ^a	52,60 ^a
Peso seco das raízes	142,50 ^a	62,80 ^b
Altura da planta	32,60 ^a	22,60 ^b
Altura do eixo principal	9,50 ^a	8,60 ^a
P ₂	111,10 ^a	74,80 ^b
P ₃	103,40 ^a	51,80 ^b
P ₄	22,70 ^a	14,90 ^a
P ₅	2,30 ^a	2,60 ^a
P ₆	1,00 ^a	1,10 ^a
P ₇	0,30 ^a	0,40 ^a

3.2. Remoção da raiz seminal

A remoção da raiz seminal foi feita em plantas com duas folhas emergidas crescidas em vermiculita; um lote de plantas com sistema radicular intacto foi mantido como controle.

A iniciação e emergência de folhas não foram afetadas pela remoção da raiz seminal (Tabela 41). Entretanto, a iniciação de gemas axilares foi significativamente reduzida sendo o número médio de gemas iniciadas 4,0 nas plantas controle e 3,3 nas plantas com raiz seminal removida (Tabela 41).

Nem as plantas controle nem as tratadas apresentaram perfilhos até o 179 dia de crescimento (Tabela 41).

O acúmulo de matéria seca na parte aérea foi reduzido de 100,05 para 49,50 mg pela remoção da raiz seminal (Tabela 41). O peso seco do sistema radicular, que foi 54,05 mg no controle, foi reduzido para 25,94 mg quando as plantas tiveram sua raiz seminal removida.

A Tabela 41 mostra ainda que a remoção da raiz seminal reduziu significativamente a altura das plantas e do eixo principal.

Com relação ao crescimento das gemas axilares notou-se que o comprimento de P_2 não foi afetado significativamente, porém, o comprimento de P_3 e P_4 foi significativamente reduzido (Tabela 42).

TABELA 41 - Efeito da remoção da raiz seminal em diferentes parâmetros do crescimento. Plantas com 17 dias após o plantio.

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	Controle	Remoção
Número de folhas iniciadas	9,8 ^a	9,3 ^a
Número de folhas emergidas	5,2 ^a	5,0 ^a
Número de gemas iniciadas	4,0 ^a	3,3 ^b
Número de perfilhos	0,0	0,0
Altura da planta (cm)	23,76 ^a	18,39 ^b
Altura do eixo principal (mm)	4,10 ^a	3,22 ^b
Peso seco da parte aérea (mg)	100,05 ^a	48,52 ^b
Peso seco das raízes (mg)	54,05 ^a	25,94 ^b

TABELA 42 - Comprimento (mm) de gemas de perfilhos de plantas com raiz seminal removida. Plantas com 17 dias após o plantio.

GEMAS	TRATAMENTOS	
	Controle	Remoção
P ₂	2,46 ^a	2,10 ^a
P ₃	1,34 ^a	0,83 ^b
P ₄	0,49 ^a	0,30 ^b

3.2.1. Efeito da remoção da raiz seminal e adubação foliar

Numa tentativa de eliminar uma possível deficiência nutricional, foi montado um outro experimento em que as plantas, além de receberem solução nutritiva via sistema radicular, receberam adubação foliar.

Neste experimento, as plantas foram crescidas em solução hidropônica, contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon 50%. As plantas com raiz seminal removida e não removida foram nebulizadas duas vezes por semana, a partir do 16º dia após o plantio, com solução nutritiva de Hoagland e Arnon oito vezes concentrada.

A nebulização das plantas com solução nutritiva não afetou significativamente nenhum dos parâmetros analisados (Tabelas 43 e 44).

A Tabela 43 mostra que a emergência de folhas e a iniciação de gemas axilares, 26 dias após o plantio, não foram afetadas pela remoção da raiz seminal (comparação feita entre plantas nebulizadas). A iniciação de folhas neste dia foi reduzida significativamente. O padrão de perfilhamento não foi afetado pelo tratamento.

O peso seco da parte aérea excluindo-se os perfilhos, foi reduzido significativamente pela remoção da raiz seminal (Tabela 43), enquanto o peso seco dos perfilhos não foi afetado; porém, o peso seco da parte aérea incluindo-se os perfilhos não foi reduzido. O peso seco do sistema radicular das plantas foi significativamente menor 26 dias após o plantio.

As plantas controle (nebulizadas) atingiram cerca de 49,80 cm de altura, enquanto nas plantas sem raiz seminal a altura foi significativamente reduzida para 40,10 cm (Ta

TABELA 43 - Efeito da remoção da raiz seminal e/ou nebulização com solução nutritiva em vários parâmetros do crescimento, após 26 dias de crescimento.

PARÂMETROS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	Nebulizadas	Nebulizadas + Remoção
Número de folhas iniciadas	13,1 ^{ab}	13,3 ^a	12,7 ^b
Número de folhas emergidas	8,1 ^a	8,2 ^a	7,8 ^a
Número de gemas iniciadas	7,0 ^a	6,7 ^{ab}	6,4 ^b
Número de perfilhos	1,8 ^a	1,7 ^a	1,4 ^a
Altura da planta (cm)	47,0 ^a	49,80 ^a	40,1 ^b
Altura do eixo principal	9,8 ^a	10,30 ^a	9,1 ^a
Peso seco da parte aérea + perfilhos (mg)	515,20 ^a	576,70 ^a	411,00 ^a
Peso seco da parte aérea - perfilhos (mg)	482,40 ^{ab}	523,00 ^a	358,70 ^b
Peso seco dos perfilhos (mg)	32,80 ^a	53,70 ^a	52,50 ^a
Peso seco das raízes	175,80 ^{ab}	201,90 ^a	164,20 ^b

TABELA 44 - Comprimento (mm) de gemas ou perfilhos de plantas com raiz seminal removida e/ou nebulização com solução nutritiva. Plantas com 26 dias após o plantio.

GEMAS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	Nebulizadas	Nebulizadas + Remoção
P ₂	85,80 ^a	126,90 ^a	112,80 ^a
P ₃	74,00 ^a	84,20 ^a	76,80 ^a
P ₄	5,80 ^a	5,80 ^a	9,10 ^a
P ₅	2,60 ^a	2,80 ^a	3,00 ^a
P ₆	1,30 ^{ab}	1,40 ^a	1,00 ^b
P ₇	0,50 ^a	0,50 ^a	0,30 ^a

bela 43). A altura do eixo principal não foi afetada.

Com relação ao crescimento de gemas axilares, a remoção da raiz seminal reduziu apenas o comprimento de P_6 (Tabela 44).

Com o uso da adubação foliar reduziu-se o número de parâmetros inibidos pela remoção da raiz seminal, inclusive reduzindo-se a inibição em parâmetros do crescimento relacionados ao crescimento axilar.

3.2.2. Efeito da remoção da raiz seminal com e sem aplicação concomitante de citocinina.

O experimento a seguir foi realizado para verificar se as inibições causadas pela remoção da raiz seminal são consequência da redução no conteúdo endógeno de citocininas. As plantas foram cultivadas em vermiculita e BAP 10^{-6} M aplicada através do sistema radicular no início do experimento.

A remoção da raiz seminal reduziu significativamente a iniciação de folhas e gemas axilares, a emergência de folhas, o peso seco e altura das plantas e a altura do eixo, P_3 , P_4 e P_5 (Tabelas 45 e 46).

A aplicação de BAP 10^{-6} M, através do sistema radicular, em plantas com raiz seminal removida, não afetou a emergência de folhas nem a iniciação de folhas e gemas (Tabela 45). Não houve emergência de perfilhos neste experimento.

A redução no peso seco da parte aérea e do sistema radicular, no final do experimento, pela aplicação de BAP, não foi significativa (Tabela 45).

Pela Tabela 46 observa-se que o crescimento das gemas axilares não foi alterado pela aplicação de BAP, após 25 dias de crescimento.

TABELA 45 - Efeito de BAP 10^{-6} M aplicada através das raízes em vários parâmetros do crescimento, após 25 dias de crescimento. Plantas com raiz seminal removida.

PARÂMETROS	TRATAMENTOS		
	Controle	Remoção de raiz	BAP + Remoção de raiz
Número de folhas iniciadas	11,1 ^a	10,0 ^b	10,0 ^b
Número de folhas emergidas	6,0 ^a	5,3 ^b	5,1 ^b
Número de gemas iniciadas	4,8 ^a	4,0 ^b	4,0 ^b
Número de perfilhos	0,0	0,0	0,0
Altura da planta (cm)	34,75 ^a	28,68 ^b	25,60 ^c
Altura do eixo principal (mm)	5,04 ^a	4,20 ^b	3,84 ^b
Peso seco da parte aérea (mg)	130,45 ^a	81,33 ^b	61,07 ^b
Peso seco das raízes (mg)	55,11 ^a	39,35 ^b	28,11 ^b

TABELA 46 - Comprimento (mm) de gemas de perfilho de plantas tratadas com BAP 10^{-6} M aplicada através das raízes e com raiz seminal removida. Plantas com 25 dias após o plantio.

GEMAS	TRATAMENTOS		
	Controle	Remoção	Remoção + BAP
P ₂	3,12 ^a	2,46 ^{ab}	1,77 ^b
P ₃	3,13 ^a	1,57 ^b	1,40 ^b
P ₄	0,96 ^a	0,60 ^b	0,50 ^b
P ₅	0,32 ^a	0,15 ^b	0,10 ^b

A BAP inibiu o crescimento em altura das plantas sem afetar a altura do eixo principal (Tabela 45).

Supondo-se que um suprimento contínuo poderia ser mais efetivo em reverter o efeito da remoção de raízes, foi realizado um experimento onde a aplicação de BAP, em duas concentrações, foi feita através das folhas a partir da emergência da segunda folha e continuada duas vezes por semana até o final do experimento.

Neste experimento, a remoção da raiz seminal não afetou a emergência de folhas e a iniciação de folhas e gemas (Tabela 47). Não ocorreu perfilhamento até 38 dias de crescimento. A remoção da raiz seminal reduziu significativamente o peso seco da planta, a altura da planta, do eixo principal e o comprimento de P_3 e P_5 (Tabelas 47 e 48).

A aplicação de BAP, através das folhas, em plantas com remoção da raiz seminal, não alterou a emergência de folhas nem a iniciação de folhas e gemas (Tabela 47).

A Tabela 47 mostra que o acúmulo de matéria seca na parte aérea e no sistema radicular, após 38 dias de crescimento, não foi afetado pela aplicação de BAP através das folhas.

Pela Tabela 47 observa-se ainda que a aplicação de BAP na maior concentração inibiu o crescimento das plantas em altura. A altura do eixo principal não foi afetada por nenhuma das duas concentrações de BAP.

A inibição do crescimento em comprimento das gemas axilares P_3 e P_5 não foi revertida pela aplicação de BAP (Tabela 48).

TABELA 47 - Efeito de BAP 10^{-6} M e 10^{-5} M aplicada através das folhas em vários parâmetros do crescimento, após 38 dias de crescimento. Plantas com raiz seminal removida.

PARÂMETROS	T R A T A M E N T O S		
	Controle	Remoção	Remoção + BAP 10^{-6} M Remoção + BAP 10^{-5} M
Número de folhas iniciadas	10,8 ^a	10,2 ^{ab}	10,0 ^b
Número de folhas emergidas	6,0 ^a	5,8 ^a	5,7 ^a
Número de gemas iniciadas	4,9 ^a	4,5 ^{ab}	4,2 ^b
Número de perfilhos	0,0	0,0	0,0
Altura da planta (cm)	27,10 ^a	21,49 ^b	19,15 ^{bc}
Altura do eixo principal (mm)	4,72 ^a	3,77 ^b	3,38 ^b
Peso seco da parte aérea (mg)	107,10 ^a	60,42 ^b	49,32 ^b
Peso seco das raízes (mg)	91,63 ^a	51,69 ^b	49,10 ^b

TABELA 48 - Comprimento (mm) de gemas de perfíhos de plantas tratadas com BAP 10^{-6} M e 10^{-5} M apli cada através das folhas e com raiz seminal removida. Plantas com 38 dias após o plantio.

GEMAS	T R A T A M E N T O S			
	Controle	Remoção	Remoção + BAP 10^{-6} M	Remoção + BAP 10^{-5} M
P ₂	4,76 ^a	2,36 ^a	2,98 ^a	2,75 ^a
P ₃	3,72 ^a	2,11 ^b	2,20 ^b	1,83 ^b
P ₄	0,93 ^a	0,74 ^{ab}	0,65 ^b	0,63 ^b
P ₅	0,39 ^a	0,23 ^b	0,18 ^b	0,10 ^b

4. DOSAGEM DE ETILENO LIBERADO

4.1. Efeito de ácido 2-cloroetil-fosfônico

Os efeitos do CEPA 10^{-3} M na liberação de etileno foram verificados em plantas com três folhas emergidas, em dois experimentos. Para facilitar a penetração do CEPA nas plantas, foi adicionado Tween 20 a 10% na solução.

Nos Experimentos I e II, a quantidade de etileno liberado pelas plantas não tratadas durante 24 h de confinamento, foi de $8,88 \times 10^{-4}$ e $7,18 \times 10^{-4}$ μ moles/planta, respectivamente (Tabela 49).

No Experimento I, a aplicação de Tween 20 sozinho, utilizado como controle, determinou uma elevação significativa na liberação de etileno, quer o confinamento das plantas tivesse sido feito imediatamente após o tratamento, quer tivesse sido feito após 24 h (Tabela 49). Já no Experimento II o pincelamento com água destilada ou água destilada contendo Tween 20 não afetaram significativamente a liberação de etileno quando as plantas foram confinadas imediatamente após os tratamentos, mas o tratamento com solução de Tween 20 promoveu a liberação de etileno quando o confinamento foi feito 24 h após o tratamento. A promoção da liberação de etileno encontrada nas plantas tratadas com Tween 20 mostra que o manuseio da planta e/ou o Tween 20 estão envolvidos neste processo. O Experimento II (Tabela 49) não esclareceu este ponto.

A aplicação de CEPA promoveu significativamente a liberação de etileno nas plantas tratadas do Experimento I, em relação aos seus controles, quando o confinamento foi imediato e também quando foi após 24 h, e do Experimento II quando o confinamento foi imediato (Tabela 49).

4.2. Efeito de fosfato

Foram realizados dois experimentos onde verificaram-se os efeitos do aumento e da redução na disponibilidade de fosfato fornecido às plantas sobre liberação de etileno. O início do fornecimento da solução nutritiva com concentração de fosfato alterada foi feita quando as plantas apresentavam duas folhas emergidas e a dosagem do etileno liberado foi feita por ocasião da emergência da terceira folha.

A Tabela 50 mostra que nem o aumento nem a redução na disponibilidade de fosfato modificaram a quantidade de etileno liberado pelas plantas tratadas neste estágio de desenvolvimento.

5. INICIAÇÃO E ANATOMIA GERAL DE GEMAS DE PERFILHO

Para este estudo utilizaram-se plantas em vários estádios de desenvolvimento. Estudou-se o desenvolvimento dos feixes condutores em plantas com 2, 3, 4, 5 e 6 folhas emergidas.

Nos estádios de 2, 3 e 4 folhas emergidas o número médio de folhas e gemas iniciadas distinguíveis sob Microscópio Estereoscópico é 6, 7 e 8 e 2, 3 e 4, respectivamente. Cortes histológicos longitudinais nestes estádios mostram que

TABELA 49 - Efeito de CEPA 10^{-3} M na liberação de etileno ($\times 10^{-4}$ μ moles/planta), após 28 dias (Experimento I) e 23 dias (Experimento II) de crescimento.

TRATAMENTOS	TIPO DE CONFINAÇÃO	EXPERIMENTO I	EXPERIMENTO II
Não tratado	—	8,88 ^c	7,18 ^a
H ₂ O	imediate	—	25,14 ^{ab}
H ₂ O + Tween	imediate	51,84 ^a	20,40 ^a
H ₂ O + Tween + CEPA	imediate	113,56 ^b	48,74 ^{bc}
H ₂ O + Tween	após 24h	62,55 ^a	69,54 ^c
H ₂ O + Tween + CEPA	após 24h	135,50 ^b	53,14 ^c

A estatística foi feita dentro de cada experimento.

TABELA 50 - Efeito da maior e menor disponibilidade de fosfato na liberação de etileno ($\times 10^{-4}$ μ moles/planta), após 24 dias (Experimento I) e 19 dias (Experimento II) de crescimento.

TRATAMENTOS	EXPERIMENTO I	EXPERIMENTO II
Controle	7,64 ^a	3,54 ^a
2 x PO ₄	6,88 ^a	3,26 ^a
1/2 PO ₄	6,42 ^a	3,23 ^a

A estatística foi feita dentro de cada experimento.

a gema P_2 (mais basal) ainda não possui tecido condutor diferenciado. No estágio de 4 folhas emergidas, a gema P_2 apresenta apenas feixes de procâmbio que se dirigem para o centro do caule em várias direções. Estes feixes de procâmbio consistem de células meristemáticas, com citoplasma densamente corado e alongadas quando vistas no plano longitudinal. Num estágio posterior, de 5 folhas emergidas, estes feixes de procâmbio da gema P_2 começam a se diferenciar em tecido condutor.

A gema P_2 neste estágio apresenta em média 4 folhas iniciadas (Fig. 6) e mostra feixes vasculares diferenciados. Acompanhando-se estes cortes longitudinais em série, observa-se que estes feixes vasculares constituídos de protofloema e protoxilema fazem conexões com o caule (Fig. 7).

Através de cortes transversais da gema P_2 , em plantas de 5 folhas emergidas, observa-se que existem três feixes vasculares grandes os quais estão se desenvolvendo de procâmbio para protofloema e protoxilema e vários feixes condutores laterais constituídos apenas de procâmbio. Destes feixes dois pertencem ao perfilo e um é o feixe principal da primeira folha da gema (Figs. 8A e B).

A Figura 9 mostra a morfologia de uma planta com 5 folhas emergidas através de um corte longitudinal. O número médio de folhas e gemas iniciadas é 9 e 5, respectivamente. A gema P_2 neste estágio de 5 folhas emergidas apresenta apenas feixes de procâmbio. Esta gema axilar só apresentará tecido condutor diferenciado no estágio posterior, isto é, de 6 folhas emergidas.

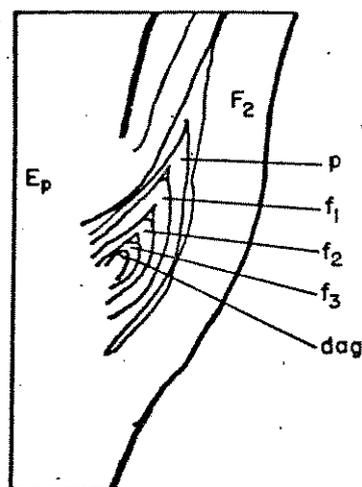


Figura 6 - Diagrama de um corte longitudinal ilustrando a gema de perfilho da segunda folha. Planta com cinco fo_lhas emergidas.

f_1 a f_3 → folhas da gema

d_{ag} → domo apical da gema

p → perfilho

E_p → eixo principal

F_2 → folha do eixo principal

* A quarta folha da gema não está ilustrada neste diagrama.

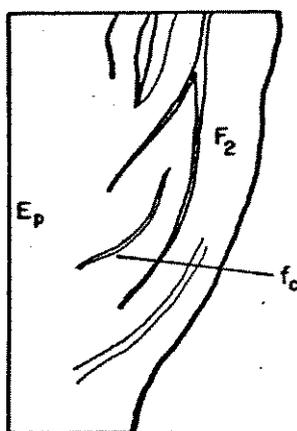


Figura 7 - Diagrama de um corte longitudinal ilustrando um feixe condutor da gema de perfilho da segunda folha. Planta com cinco folhas emergidas.

- f_c → feixe condutor
- E_p → eixo principal
- F_2 → folha do eixo principal

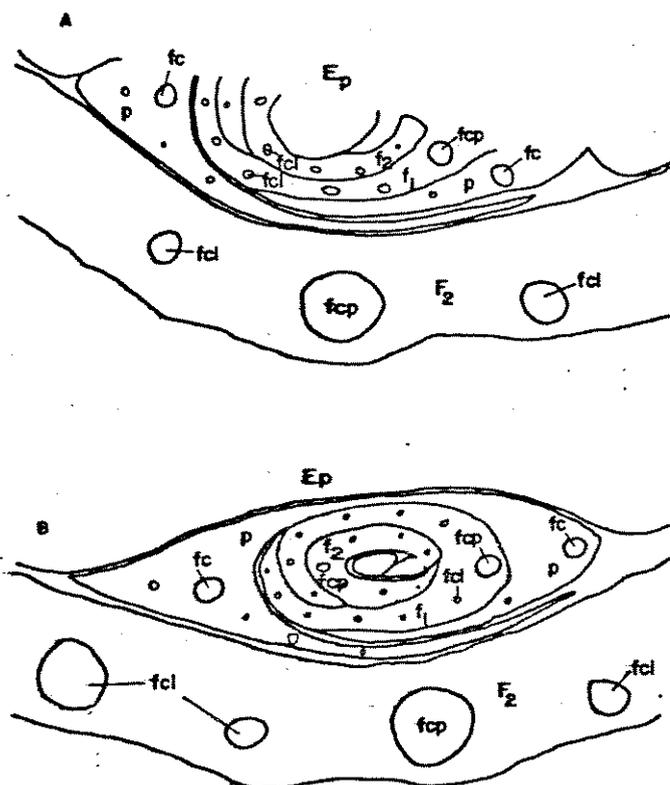


Figura 8 - Diagrama de um corte transversal da gema de perfilho da segunda folha. Planta com cinco folhas emergidas.

A - Corte transversal basal (216 μ acima do início da inserção da gema).

B - Corte transversal mediano (492 μ acima do início da inserção da gema).

- f_c - feixe condutor
- f_{cl} - feixe condutor lateral
- f_{cp} - feixe condutor principal
- p - perfilo
- f₁ e f₂ - folhas da gema
- F₂ - folha do eixo principal
- E_p - eixo principal

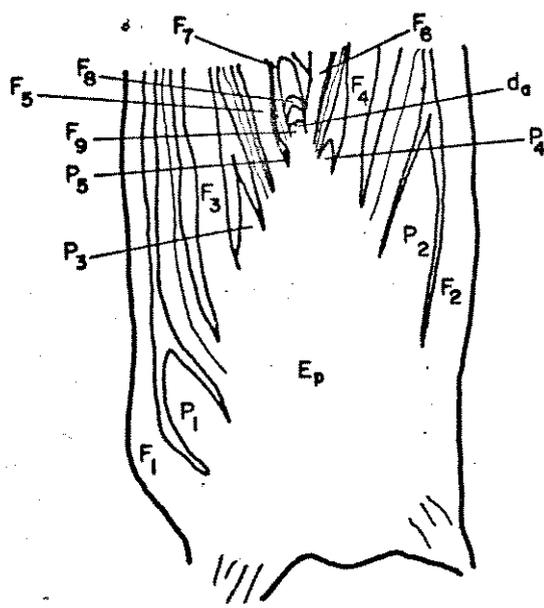


Figura 9 - Diagrama de um corte longitudinal mediano do eixo principal mostrando as folhas e primórdios foliares do eixo principal e gemas de perfilho. Planta com cinco folhas emergidas.

F₁ a F₉ → folhas e primórdios foliares do eixo principal.

P₁ a P₅ → gemas de perfilho

d_a → domo apical

E_p → eixo principal

V. DISCUSSÃO

Uma planta de sorgo, como outras gramíneas, possui na fase vegetativa o caule extremamente curto; o ápice principal encontra-se envolvido por primórdios foliares, folhas em desenvolvimento e por bainhas de folhas emergidas. Com a indução para a floração, os entrenós do eixo principal começam a se alongar.

As gemas dos ramos axilares encontram-se protegidas pelas bainhas de cada folha e estes ramos somente emergem após crescerem dentro do tubo formado pelas bainhas das folhas. Quando estes ramos tornam-se visíveis externamente são denominados perfilhos.

Diante dessas características morfológicas apresentadas pelas gramíneas surgem dificuldades no estudo do controle do crescimento das gemas ou ramos axilares destas plantas e as técnicas de aplicação de substâncias reguladoras de crescimento, utilizadas correntemente neste estudo, ficam restritas às raízes ou às folhas.

Estudos iniciais sobre os efeitos de auxina no perfilhamento em gramíneas foram feitos por LEOPOLD (1949). Este autor mostrou que a auxina exógena substitui a gema apical na manutenção da inibição de crescimento de gemas axilares do mesmo modo que ocorre em dicotiledôneas.

Em plantas de sorgo aplicações exógenas de auxina feitas neste trabalho através das folhas em plantas intactas inibiram o crescimento de gemas axilares, chegando mesmo a reduzir o número de perfilhos por planta nos experimentos em que houve perfilhamento. ISBELL e MORGAN (1982) mostraram que auxina em plantas de sorgo inibe o crescimento em alongamento das gemas de perfilho e reduz o número de perfilhos por planta.

O problema da dominância apical tem sido muitas vezes estudado através de tratamentos com substâncias reguladoras de crescimento, porém a maior parte dos autores relata apenas seus efeitos sobre o crescimento de gemas ou ramos axilares sem se preocupar com as possíveis alterações de crescimento de outros órgãos da planta. Uma vez que o desenvolvimento dos vários órgãos de uma planta é de natureza altamente integrado, um efeito do regulador testado em um órgão, mesmo distante da gema axilar, pode modificar o crescimento dessa gema, sem que essa substância tenha um papel direto na dominância apical da espécie testada. Por esta razão, embora o intuito deste trabalho seja o de estudar o controle do processo de crescimento das gemas de perfilho, a cada experimento foram feitas avaliações de vários parâmetros do crescimento das plantas tratadas.

Fornecimento de auxina na concentração de $2,85 \times 10^{-2}$ M, através das folhas, além de inibir o perfilhamento, afetou vários outros parâmetros do crescimento geral das plantas: reduziu a emergência de folhas e a altura das plantas, reduziu, ainda, o peso seco da parte aérea e o peso seco do sistema radicular.

As inibições encontradas no crescimento de gemas axilares e perfilhos, como resultado desse tratamento, poderiam ter resultado dessa inibição no crescimento geral das

plantas. Entretanto, os dados obtidos em experimentos que podem ter propiciado menor entrada de auxina na planta, mostram que o fornecimento de auxina pode inibir o crescimento de gemas axilares e perfilhos tanto em peso seco quanto em comprimento, mesmo quando os outros parâmetros do crescimento geral das plantas não foram, ou foram pouco afetados. Estes experimentos mostraram que a auxina está fortemente envolvida na dominância apical desta planta.

JOHNSTON e JEFFCOAT (1977) verificaram que concentrações de IAA que promoveram o crescimento de raízes adventícias em trigo, aveia e cevada inibiram o crescimento de gemas de perfilho sugerindo um desvio de assimilados para o crescimento das raízes. Este efeito não foi encontrado no presente trabalho; aqui as concentrações mais baixas de auxina inibiram apenas as gemas axilares, enquanto as mais altas foram também inibidoras do crescimento radicular em matéria seca.

THIMANN e SKOOG (1934) mostraram que ápices e folhas jovens são fontes de auxina e que este hormônio é transportado basipetalmente para as gemas onde controla o seu crescimento.

O inibidor do transporte de auxina, TIBA, fornecido às plantas através das folhas jovens, numa tentativa de inibir a translocação de auxina sintetizada nestas folhas para o resto da planta, levou a uma redução em alguns dos parâmetros relacionados ao eixo principal (altura da planta e peso seco da parte aérea excluindo-se perfilhos e raízes) concomitante a uma promoção significativa no alongamento das gemas P_3 , P_4 e P_5 . Promoção do crescimento de gemas axilares por aplicação de TIBA foi primeiramente demonstrado por LEOPOLD (1949). LANGER *et al.* (1973) verificaram que TIBA em plantas de trigo

promove o crescimento de gemas nos estádios iniciais do desenvolvimento sugerindo, assim, um envolvimento de auxina no controle do crescimento destas neste estágio. HARRISON e KAUFMAN (1980) também mostraram uma redução na iniciação de raízes adventícias e uma maior liberação de perfilhos em plantas de aveia por aplicação de TIBA.

Os efeitos antagônicos do TIBA em relação à auxina no crescimento de gemas axilares de sorgo indica que o transporte de auxina das folhas jovens para o resto da planta deve ter sido inibido e que a auxina das folhas é responsável por uma certa inibição do crescimento das gemas axilares.

A literatura sobre dominância apical em cereais mostra um papel de citocininas exógenas promovendo a liberação de gemas axilares da inibição correlativa. Entretanto, neste trabalho tal efeito não foi mostrado, nem modificando-se a citocinina aplicada, nem alterando-se a sua concentração ou modo de aplicação. Pelo contrário, as três citocininas testadas tenderam sempre a inibir o crescimento inicial das gemas de perfilho. BAP (10^{-5} M) e zeatina (10^{-4} M) aplicadas via sistema radicular apenas uma vez, logo após a emergência da segunda folha, reduziram significativamente o comprimento de P_2 .

Aplicações mais frequentes, de cinetina, através das folhas, também mostraram um efeito inibidor no crescimento de gemas axilares. Cinetina em alta concentração (10^{-3} M) mostrou um efeito promotor do crescimento em altura das plantas. Esta promoção na altura das plantas foi devida à promoção do alongamento das folhas. EVANS (1984) cita que as citocininas podem aumentar o conteúdo endógeno de giberelina. Assim, esta promoção pode ser o resultado de um aumento no conteúdo endógeno de giberelina provocado pela cinetina.

Uma vez que BAP (10^{-5} M) e cinetina (10^{-3} M) reduziram também o crescimento geral das plantas, os seus efeitos no crescimento das gemas poderiam ser interpretados como uma consequência dessa redução; porém, no caso de aplicações de zeatina (10^{-4}) e cinetina (1,0%), não houve inibição significativa dos outros parâmetros estudados. Assim, pode-se concluir que citocininas exôgenas tenham em *Sorghum bicolor* Cultivar Santa Eliza, o papel de intensificar a dominância apical.

A promoção no surgimento de perfilhos e no seu crescimento, após aplicação de citocinina, encontrada por JOHNSTON e JEFECOAT (1977) e HARRISON e KAUFMAN (1980) pode dever-se ao fato daqueles pesquisadores terem trabalhado com trigo, cevada e aveia que são espécies nas quais o fenômeno de dominância apical está presente, embora de forma moderada; ao contrário da utilizada neste trabalho na qual a dominância apical é muito mais fraca, resultando na liberação natural de todas as gemas basais (que foram estudadas neste trabalho). ISBELL e MORGAN (1982), também trabalhando com sorgo, promoveram a liberação de perfilhos com aplicações de BAP, porém, tratava-se de um cultivar que não apresentava perfilhos na fase vegetativa com a qual trabalharam.

Pode-se sugerir que os níveis endógenos de citocininas nos cereais que apresentam dominância apical moderada, ou forte, sejam subótimos, o suprimento exógeno de citocininas levando ao crescimento das gemas. Por outro lado, esses níveis já seriam ótimos naqueles em que a dominância apical é fraca e aqui, a elevação deste nível levaria à inibição das gemas.

Apesar de existirem muitas evidências a favor de um balanço hormonal entre auxina e citocinina no controle do crescimento de gemas axilares, poucas destas evidências refe

rem-se ao controle do crescimento de gemas em monocotiledôneas. HARRISON e KAUFMAN (1980) mostraram que existe uma interação entre IAA e cinetina no alongamento do perfilo da gema de perfilho em aveia onde o IAA inibiu o alongamento do perfilo induzido por cinetina e atribuíram à razão entre as duas um papel de destaque na regulação da liberação de perfilhos e formação de raízes adventícias.

Como discutido até aqui, aplicações moderadas e isoladas de auxina e cinetina em plantas de sorgo inibiram o crescimento de gemas axilares tendo pouco ou nenhum efeito no desenvolvimento geral das plantas. O fornecimento simultâneo de auxina e cinetina anulou a inibição exercida pelos dois hormônios nas gemas axilares quando aplicados isolados. Este mesmo efeito foi confirmado usando-se concentrações equimolares.

Os resultados obtidos com aplicações simultâneas de IAA e cinetina mostram que o balanço entre os dois hormônios é crítico para o crescimento das gemas de perfilho. A adição de auxina mudaria a razão levando à inibição do crescimento das gemas. Por outro lado, como o nível endógeno de citocininas nesta planta já deve ser ótimo para o crescimento das gemas, o aumento do nível através do fornecimento exógeno de cinetina também alteraria o balanço entre as duas; porém, neste caso não haveria crescimento, pois o nível de citocininas na planta tornar-se-ia inibidor de crescimento. A adição simultânea de IAA e cinetina manteria o balanço entre as duas.

Altas concentrações de GA, afetaram significativamente o crescimento geral das plantas. Inibiram a iniciação de folhas e de raízes adventícias, bem como o peso seco do sistema radicular. Estes tratamentos também causaram o usual efei

to promotor marcante na altura das plantas e do eixo principal. A emergência de folhas foi reduzida sendo esta redução talvez em parte resultante da promoção do alongamento foliar causada pelo GA₃. Isto concorda com os resultados obtidos por VAN ANDEL (1973) onde a estimulação do crescimento foliar em *Poa pratensis* causada pelo GA₃ foi acompanhada por um decréscimo na taxa de emergência foliar e de perfilhos.

MORGAN *et al.* (1977) mostraram que em sorgo o GA₃ pode influenciar diferentes processos independentes ^{dependendo} da quantidade aplicada ou produzida naturalmente. Em nossos estudos, a aplicação de GA₃ em concentrações mais baixas, em vários experimentos não afetou a iniciação de folhas, de raízes e nem o alongamento do caule.

O tratamento de plantas de sorgo a partir do estágio de 2 folhas emergidas com GA₃ levou a uma inibição significativa do crescimento de gemas de perfilho mais basais e a uma redução no perfilhamento. Resultados semelhantes foram encontrados por JOHNSTON e JEFFCOAT (1977) em aveia e trigo. MORGAN *et al.* (1977) também mostraram inibição no perfilhamento de sorgo causada por aplicação de GA₃. Em todos os casos acima, ou as plantas possuíam dominância apical forte (MORGAN *et al.*, 1977) ou foram tratadas em fase anterior à liberação inicial do crescimento das gemas axilares. Em milho, onde a forte dominância apical resulta na não emergência de perfilhos, aplicações de GA₃ reduziram ainda mais o crescimento das gemas basais vegetativas (MONTEIRO, 1984).

Tem sido sugerido que a ação do GA₃ sobre as gemas axilarés pode ser devida a uma promoção na ação da auxina endógena presente na gema apical e nas folhas (MORGAN *et al.*, 1977) ou por um desvio de assimilados para o

crescimento de outras partes da planta (JOHNSTON e JEFFCOAT, 1977) ou, ainda, por um efeito do GA₃, no balanço entre citocininas e auxinas através da promoção do transporte de auxinas (ISBELL e MORGAN, 1982).

MORGAN *et al.* (1977) verificaram que aplicações de GA₃ por várias semanas, reduziram drasticamente o perfilhamento e o desenvolvimento de raízes adventícias em *Sorghum bicolor*. Em *Sorghum bicolor* cultivar Santa Eliza o GA₃ não modificou o crescimento das gemas axilares quando analisado 18 dias após o início do tratamento. Por outro lado, quando o efeito foi analisado mais tarde, o GA₃ inibiu o crescimento das gemas axilares. Neste caso, as plantas receberam GA₃ durante 25 dias num total de 5 aplicações. Não houve inibição da emergência de perfilhos certamente porque o experimento foi encerrado antes da fase de perfilhamento.

O tratamento com GA₃ promove significativamente o alongamento da bainha e lâmina foliares. O efeito foi notado nas folhas que estavam em ativo crescimento na época da aplicação do GA₃. Este efeito mais o efeito promotor encontrado no eixo principal são observados muito cedo com apenas 3 aplicações de GA₃, sendo o último fortemente promovido quando analisado após várias semanas de tratamento. Do mesmo modo que ocorre nas folhas os entrenós que mais cresceram foram os que estavam em ativo crescimento por ocasião do tratamento.

A iniciação de raízes adventícias e folhas é significativamente reduzida por apenas 3 aplicações de GA₃; porém, a emergência de folhas não é afetada.

A altura das plantas foi promovida pelo GA₃ em todas as concentrações testadas quer o GA₃ tenha sido aplicado precocemente ou tardiamente. Estes resultados não concordam

com os de GREEN (1985). Este autor encontrou que o GA₃ aplicado em cevada só aumenta a altura das plantas quando fornecido nos estádios de 5 e 6 folhas.

Aplicações tardias de GA₃ não inibiram a iniciação de folhas, gemas e raízes adventícias e nem a emergência de folhas. A ausência de efeitos nestes parâmetros pode ser devido à curta duração do tratamento (9 dias; 2 aplicações) com GA₃.

Independente da época de aplicação ou da concentração, o GA₃ geralmente mostrou um efeito promotor no acúmulo de matéria seca na parte aérea.

Quando o GA₃ foi aplicado tardiamente, isto é, no estágio de 5 folhas emergidas, mostrou um efeito no crescimento de gemas axilares oposto ao encontrado quando o tratamento se iniciou por ocasião da emergência da segunda folha. Este tratamento promoveu o crescimento em alongamento das gemas axilares sendo que esta promoção foi, em geral, significativa apenas nas gemas mais apicais.

MOORE (1979) cita que a sensibilidade de uma planta de ervilha ao GA₃ é reduzida com a idade da mesma e sugere que a maior sensibilidade estaria ligada a um baixo nível de giberelina endógena. ALI e FLETCHER (1970) verificaram que a eficiência do GA₃ em promover ou liberar as gemas da dominância apical é dependente da idade da planta. Outras evidências mostram que o GA₃ só promove o crescimento de gemas de perfilhos após elas terem sido liberadas da dominância apical por aplicação de citocininas (SHARIF e DALE, 1980b; HARRISON e KAUFMAN, 1980) ou por um suprimento adequado de nutrientes (SHARIF e DALE, 1980b).

Os efeitos antagônicos do GA₃ encontrados no crescimento de gemas axilares em sorgo podem estar relacionados com a idade fisiológica da planta, uma vez que aplicações de GA₃ em plantas com 5 folhas emergidas tenderam a promover o crescimento das gemas. Nesta idade fisiológica, dependendo da estação do ano, as plantas de sorgo, em geral, iniciam a fase de perfilhamento. Assim, GA₃ parece acentuar a inibição de gemas axilares inibidas, enquanto tende a promover o crescimento das que estão sendo liberadas.

O aumento na produção de etileno através da aplicação de CEPA resultou em promoção do alongamento do eixo principal e inibição do alongamento de folhas o que refletiu-se na altura das plantas. VAN ANDEL (1973) mostrou que a inibição do crescimento de plantas de *Poa pratensis* ocorre como resultado de um efeito inibidor do CEPA nas divisões celulares das folhas. Uma inibição também foi observada no peso seco da parte aérea como um todo após o tratamento com CEPA.

OCEPA, na concentração mais alta (10^{-3} M), embora tenha promovido a iniciação de raízes adventícias inibiu o seu alongamento (dados não mostrados) provavelmente por inibir as divisões celulares nas regiões subapicais das raízes (APELBAUM e BURG, 1972). Este tratamento também promoveu a iniciação de folhas e gemas axilares.

Muito pouco está estabelecido a respeito dos efeitos do etileno no crescimento das gemas axilares, principalmente em cereais. Em plantas de sorgo o tratamento com CEPA promoveu significativamente a iniciação de gemas axilares. Com relação ao crescimento das gemas, o CEPA inibiu o crescimento das gemas mais basais impedindo-as de entrar na sua fase de crescimento exponencial e emergir em perfilhos e promoveu o crescimento das mais apicais.

Muitas explicações tem sido tentativamente lançadas para explicar os efeitos de etileno no crescimento de gemas axilares; como esses efeitos podem ser opostos dependendo do material estudado não se chegou ainda ao estabelecimento do seu papel em dominância apical. O caso do sorgo parece interessante pelo fato do efeito do etileno ser simultaneamente inibidor para algumas gemas e promotor para outras. Verifica-se, portanto, que o efeito do etileno depende da sensibilidade de cada gema ao tratamento.

Sabe-se que etileno inibe o transporte basípeto de auxina (ERNEST e VALDOVINOS, 1971). Se em sorgo o etileno também é inibidor do transporte de auxina, então o tratamento com CEPA pode ter reduzido os níveis de auxina nas regiões das gemas axilares mais superiores resultando na sua liberação da dominância apical. Já no caso das gemas mais basais (P_2 e P_3) as quais já haviam ultrapassado a fase de controle apical e dispunham de auxina própria para seu crescimento a inibição no transporte dessa auxina levaria à sua inibição. Sabe-se também que a iniciação de gemas é favorecida por baixas concentrações de auxina (SKOOG e MILLER, 1957); o fato do etileno promover a iniciação de gemas axilares em sorgo fornece nova evidência para que seu papel seja exercido via inibição de transporte de auxina.

A capacidade do etileno em promover ou inibir o crescimento de gemas axilares parece estar relacionada ao tempo de duração do tratamento. BURG (1973) verificou que gemas axilares de *Petunia* não crescem durante um tratamento com etileno por 7 dias, mas que estas são liberadas da inibição se o gás for aplicado por apenas 2 h e, a seguir, for removido. No caso de sorgo, há uma concordância com esses resultados uma vez

que as gemas mais basais que foram inibidas pelo etileno estiveram expostas por mais tempo ao tratamento do que as mais apicais que foram iniciadas após o início do tratamento com CEPA.

KAWASE (1971) mostrou que tratamentos com CEPA e etileno promoveram a iniciação de raízes em estacas de *Salix fragilis* e SMITH e ROBERTSON (1971) mostraram que o etileno inibe o alongamento e promove o intumescimento de raízes de cereais. O efeito do CEPA em gemas axilares de sorgo parece ser exercido do mesmo modo que ocorre em raízes adventícias uma vez que houve promoção da iniciação de gema, promoção inicial do crescimento nas gemas recém iniciadas e uma inibição do crescimento posterior encontrada nas gemas mais velhas. HARRISON e KAUFMAN (1982) observaram que em aveia o etileno está apenas envolvido na fase inicial da liberação de gemas axilares da dominância apical promovendo o intumescimento destas. Assim, pode-se sugerir que em gemas axilares de sorgo o etileno também esteja envolvido apenas na fase inicial do desenvolvimento destas.

Nitrato de prata, conhecido inibidor de ação do etileno (BEYER, 1976), aplicado através das folhas, não afetou o desenvolvimento geral das plantas. Entretanto, o AgNO_3 aumentou o número de perfilhos, assim como o crescimento destes e das gemas de perfilho, um efeito antagônico ao do CEPA. Os resultados apresentados neste trabalho com tratamento de plantas de sorgo com CEPA e nitrato de prata sugerem um envolvimento do etileno no controle do crescimento de gemas axilares nessa planta. Apoios para esta conclusão são encontrados no trabalho de BLAKE *et al.* (1983). Estes autores mostraram que aplicações de AgNO_3 em plantas decapitadas de ervilha promoveram o crescimento de gemas axilares, enquanto que aplicações de ACC (Ácido 1 amino-ciclopropano-1-carboxílico), um precursor de sín

tese de etileno, tiveram efeito contrário.

Dosagens da quantidade de etileno liberado por plantas de sorgo tratadas com CEPA mostram que realmente houve um aumento na quantidade de etileno liberado e dão mais um indício do envolvimento deste nos processos de crescimento de gemas axilares desta planta.

Um grande número de evidências mostram que o crescimento de gemas axilares e o padrão de ramificação de numerosas plantas são dependentes do estado nutricional da planta. Dados de literatura mostram que uma maior disponibilidade dos principais nutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio, favorecem o crescimento de gemas axilares em um grande número de plantas. WAKHLOO (1970) verificou que altas doses de potássio reduzem a dominância apical em *Solanum sisymbriifolium*. Altas concentrações de nitrogênio favorecem o crescimento de gemas axilares em *Phaseolus vulgaris* (McINTIRE, 1973), enquanto que a deficiência deste nutriente é acompanhada por uma redução no perfilhamento em cevada (FLETCHER e DALE, 1974). O perfilhamento foi grandemente reduzido em cevada (GREGORY, 1937) e *Lolium perenne* (TROUGHTON, 1967 e 1977) sob condições de deficiência de fósforo.

Uma redução na disponibilidade de fosfato para a metade da concentração encontrada na solução nutritiva inibiu fortemente o crescimento das gemas axilares em sorgo; porém, inibiu também o crescimento dos parâmetros relacionados ao eixo principal. Entretanto, uma redução menos drástica na concentração de fosfato chegou a inibir o crescimento de gemas axilares sem afetar a planta como um todo, indicando que a presença deste nutriente possa estar relacionado à quebra da dominância apical nesta planta. Esta possibilidade é também confirmada pe

lo fato de que aumentando-se a concentração de fosfato promoveu-se o crescimento em peso seco e alongamento de perfilhos sem afetar de modo pronunciado as demais partes da planta. Estes resultados, de certo modo, confirmam os de STACCIARINI (1984). Esta autora verificou que o aumento na disponibilidade de fosfato aumentou o perfilhamento das plantas de sorgo, como também o peso seco dos perfilhos sugerindo, assim, um papel de destaque para o fosfato na dominância apical desta planta.

Há indícios bastante fortes de que os nutrientes minerais afetam o nível hormonal endógeno. Dados de ROCHA (1978) mostram que plantas de cevada crescidas sob deficiência nutricional apresentam redução nos níveis de citocininas. Estudos feitos com fosfato revelam que uma redução na disponibilidade deste nutriente causa uma redução na atividade citocinina em exudato de raízes de *Lycopersicum esculentum* (MENARY e VAN STADEN, 1976) e em raízes e folhas de plantas de girassol (SALAMA e WAREING, 1979).

Embora a maior parte dos dados encontrados na literatura indique que a ação do fosfato seja exercida através de um efeito no nível endógeno de citocininas, em sorgo isto parece não ser o caso. Aplicações exógenas de citocinina em plantas de sorgo crescidas sob menor disponibilidade de fosfato não reverteram as inibições exercidas pela redução de fosfato.

JÁKÓ (1974) verificou que a síntese de citocininas em estacas de videira contendo uma única gema não foi reduzida sob deficiência de fósforo, mas foi fortemente inibida sob deficiência de nitrogênio. ANISIMOV e BULATOVA (1982), estudando os efeitos de condições nutricionais, verificaram que deficiência de nitrogênio, fósforo e potássio reduziram o conteúdo

do de auxinas em plantas de girassol e feijão. Estes mesmos autores verificaram que deficiência de fósforo e potássio causaram pequenas mudanças nos níveis endógenos de inibidores, mas que uma deficiência de nitrogênio aumentou o conteúdo de inibidores nas folhas e caules. Alterações nos níveis endógenos de giberelinas também podem resultar de deficiências nutricionais. RAJAGOPAL e RAO (1974) mostraram que a atividade giberelínica em plantas de tomate crescidas sob deficiências de nitrogênio foi inibida.

Muito pouco é conhecido sobre os efeitos da nutrição mineral na síntese de etileno. Aplicações de nitrogênio em peras não tiveram efeito na produção de etileno pelo fruto (Hewitt, 1967 *in* ABELES, 1973). CHALUTZ *et al.* (1980) mostraram que em segmentos de ramos e pedaços de frutos de várias plantas incubadas em meio contendo altas concentrações de fosfato, a síntese de etileno foi inibida.

Se um aumento na disponibilidade de fosfato reduz a síntese de etileno, então, seria esperado que o AgNO_3 inibisse a ação do etileno, cuja liberação seria promovida pela redução na disponibilidade de fosfato.

Quando plantas de sorgo crescidas sob condições de baixo fornecimento de fosfato foram tratadas com AgNO_3 houve uma tendência deste em reverter os efeitos inibidores da redução de fosfato exercidos no crescimento das gemas axilares.

O fato de que o AgNO_3 mostrou reversão do efeito de fosfato sugere que o efeito do fosfato no crescimento das gemas axilares seja, em parte, exercido através de um efeito no nível endógeno de etileno. Entretanto, dosagens de etileno em plantas tratadas com alterações na concentração de fosfato não mostraram alterações na quantidade de etileno liberado pelas plantas.

Poucos estudos precisos foram feitos com respeito aos efeitos das condições fotoperiódicas no desenvolvimento de gramíneas. A maior parte das observações sobre o assunto refere-se apenas à indução floral sem relatar efeitos no desenvolvimento de gemas axilares.

Em geral, o crescimento de gemas axilares em gramíneas é favorecido por fotoperíodos curtos (RYLE, 1966; LANGER, 1979). Assim, aumentos no comprimento do fotoperíodo reduzem o número de perfilhos em gramíneas perenes (RYLE, 1966), em trigo (HUTLEY-BULL e SCHWABE, 1980) e em gramíneas de alta latitude (HEYDE *et al.*, 1985). Há, no entanto, indicações de que condições de dias curtos reduzem consideravelmente o número de perfilhos em cevada (ASPINAL e PALEG, 1964) e o peso seco de perfilhos em sorgo (STACCIARINI, 1984) e não têm efeitos sobre a iniciação de perfilhos em cevada (FAIREY *et al.*, 1975).

RYLE (1966), trabalhando com gramíneas perenes, sugeriu que dias longos que favorecem o crescimento de folhas, reduzem o número de perfilhos por decrescer a disponibilidade de assimilados para a expansão de novos meristemas axilares.

LEOPOLD (1949) verificou que fotoperíodos longos reduzem o perfilhamento em cevada e sugeriu que nestas condições deveria haver um aumento no conteúdo de auxina das plantas, como ocorre em *Coleus*.

Em condições naturais, as mudanças no fotoperíodo estão inteiramente relacionadas às mudanças na intensidade luminosa e na temperatura. Assim, a diversidade dos resultados encontrados na literatura pode ser devida às condições experimentais utilizadas por cada autor.

Plantas de sorgo crescidas, neste trabalho, em condições fotoperiódicas diárias de 8 e 18 h, apresentaram cres

cimento em altura inferior à das crescidas em condições fotoperiódicas naturais durante o experimento; porém, este efeito desapareceu no final do experimento. O aumento no fotoperíodo teve pouco efeito no crescimento geral das plantas e não afetou o perfilhamento.

A redução na duração do fotoperíodo para 8 h induziu a floração e o alongamento do eixo das plantas de sorgo. A transformação do ápice principal de vegetativo para floral deve ter sido a causa da redução no número de folhas iniciadas nas plantas submetidas a este fotoperíodo. Estes efeitos foram acompanhados por uma promoção nos vários parâmetros de crescimento das gemas axilares e perfilhos: aumento no número de perfilhos emergidos, aumento no alongamento das gemas axilares e perfilhos e acúmulo de matéria seca nos perfilhos. Fotoperíodos de 8 h levaram, portanto, a uma redução na dominância apical em sorgo; talvez este efeito tenha sido indireto através da indução da floração. A quebra da dominância apical em gramineas após a floração tem sido referida na literatura (LANGER, 1979).

O fotoperíodo de 8 h, além de promover o crescimento de gemas axilares iniciadas e de perfilhos em sorgo, promoveu também a iniciação de gemas axilares. Este efeito pode também estar relacionado com a floração e a redução da dominância apical. BERNIER *et al.* (1981) citam que, em várias plantas, a transição do estado vegetativo para reprodutivo é marcada por uma iniciação precoce de gemas axilares, as quais podem alcançar a axila do último primórdio foliar formado. Estes autores acreditam que este efeito estaria relacionado a uma perda da dominância apical durante a floração como uma consequência da redução no suprimento de auxina das folhas jovens da gema apical.

O crescimento da parte aérea de uma planta está intimamente ligado ao desenvolvimento do sistema radicular. Sa-be-se que as raízes possuem um papel fundamental na absorção e transporte de água e sais minerais, bem como na síntese de substâncias reguladoras de crescimento essenciais para o desenvolvimento da planta. Assim, condições que restringem o crescimento do sistema radicular (CARMI e HEUER, 1981; PETERSON *et al.*, 1984; TSCHAPLINSKI e BLAKE, 1985) ou a remoção deste (CROZIER e REID, 1971) inibem o crescimento da parte aérea.

Dados de literatura referentes aos efeitos do sistema radicular na dominância apical mostram que a presença das raízes é essencial para a conversão de estolões em ramos aéreos em *Solanum andigena* (WOOLEY e WAREING, 1972a) ou para o crescimento de gemas axilares em plantas de ervilha após a de-capitação (CHANG e GOODIN, 1974).

Remoção, tanto da raiz seminal quanto de raízes adventícias em plantas de sorgo, provocou inibição do crescimento em altura das plantas e redução, tanto do peso seco da parte aérea como do sistema radicular. Estes tratamentos inibiram também o crescimento de gemas axilares mais basais. A remoção da raiz seminal das plantas levou também a uma inibição significativa no crescimento do caule e a uma redução no número de gemas iniciadas.

ANDERSON-TAYLOR e MARSHALL (1983) verificaram que a raiz seminal de plantas de cevada são importantes no suprimento de materiais para o crescimento e desenvolvimento de perfilhos. Assim, em sorgo, as inibições, tanto do crescimento de gemas axilares quanto dos parâmetros relacionados ao eixo, podem estar relacionadas a uma redução na disponibilidade de nutrientes, provocada pela redução da área de absorção das raízes.

Um suprimento de nutrientes através das folhas, feito numa tentativa de recompor a deficiência na absorção pelo sistema radicular, reduziu o número de parâmetros inibidos pela remoção da raiz seminal, inclusive reduzindo a inibição no crescimento das gemas axilares. Isto sugere que as inibições, causadas no crescimento geral das plantas e das gemas axilares pelo tratamento de remoção da raiz seminal, podem ter sido devidas a uma deficiência nutricional causada pelo tratamento.

Há muitas indicações de que substâncias reguladoras de crescimento, principalmente citocininas e giberelinas, são sintetizadas nas raízes. Portanto, os efeitos da remoção de raízes em sorgo poderiam também ter resultado de uma redução no fornecimento de substâncias reguladoras de crescimento do sistema radicular para a parte aérea das plantas.

SOGUR e CAMBURG (1979) verificaram que a remoção do sistema radicular em plantas de ervilha reduz o nível de citocininas no resto da planta. CHANG e GOODIN (1974) verificaram que cinetina substitui parcialmente o sistema radicular no crescimento de gemas laterais em plantas de ervilha mostrando, assim, que a liberação de gemas da dominância apical é dependente da disponibilidade de citocininas produzidas pelas raízes.

Para sorgo, aplicação de BAP através das raízes apenas no início do experimento ou continuamente através das folhas não reverteu o efeito inibidor causado pela remoção da raiz seminal no desenvolvimento da parte aérea.

WANG e WAREING (1979) observaram que ramos axilares de plantas de *Solanum andigena* podem crescer na ausência de raízes. Estes autores também observaram que a parte aérea

pode ser capaz de manter seu conteúdo de citocininas por sintetizar sua própria citocinina na ausência das raízes.

CHEN *et al.* (1985) mostraram que as raízes constituem o principal sítio de síntese de citocininas em plantas de ervilha, mas não é o único; caules e folhas também sintetizam citocininas. TUCKER (1980) verificou que o desenvolvimento de uma gema lateral em planta de tomate depende da síntese de citocinina na própria gema.

As inibições encontradas em plantas de sorgo causadas pela remoção de parte do sistema radicular parecem não ter sido exercidas através de uma redução no nível endógeno de citocininas. Estes resultados indicam, como discutido anteriormente, que a remoção de parte do sistema radicular pode ter exercido um efeito mais a nível de metabolismo primário do que a nível hormonal no desenvolvimento do sorgo.

O etileno é uma substância de crescimento produzida por todos os órgãos de uma planta superior e a sua taxa de produção varia de órgão para órgão e com o seu estágio de desenvolvimento (ABELES, 1973). GAMBOURG e LARUE (1968) verificaram que culturas de células de trigo e arroz produziram quantidades muito pequenas de etileno, enquanto as de dicotiledôneas produziram quantidades superiores. No presente trabalho verificou-se que os níveis de etileno liberado por plantas de sorgo é também baixo.

O uso de etileno como regulador de crescimento exógeno está associado a uma série de dificuldades pelo fato de ser gasoso. Estes problemas foram superados com a descoberta do ácido 2-Cloroetil-fosfônico (CEPA), uma substância com propriedade de liberar etileno quando em contato com um tecido vegetal (Maynard e Swaw, 1963 *in* BEYER *et al.*, 1984).

Aplicações de CEPA em plantas de sorgo aumentaram a quantidade de etileno liberado do mesmo modo que Tween 20 e o próprio manuseio das plantas.

A produção de etileno por uma planta é afetada pelas condições ambientais (ABELES, 1973). No entanto, pouco se conhece a respeito do efeito das condições nutricionais na taxa de produção de etileno.

Estudos recentes mostram que a síntese de etileno em plantas superiores é inibida por fosfato inorgânico (CHALUTZ *et al.*, 1980) e tem sido sugerido que sua ação é na conversão de ACC (ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico) para etileno (FUCHS *et al.*, 1981).

Alterações na disponibilidade de fosfato fornecido às plantas de sorgo não modificaram a liberação de etileno. Talvez isso se deva ao curto período de tratamento e ao fato da análise da liberação de etileno ter sido feita num estágio muito jovem da planta quando o fornecimento de reservas do grão para a planta tinham sido recém esgotadas.

Os feixes condutores do caule de uma planta de sorgo encontram-se espalhados difusamente por todo o tecido do caule. Este tipo de arranjo dificulta o estudo das conexões vasculares entre as gemas e o resto da planta.

As gemas axilares de sorgo, logo que iniciadas, não possuem feixes de procâmbio. Estes feixes vão se diferenciando mais tarde simultaneamente ao desenvolvimento das gemas. O início da diferenciação dos tecidos condutores nas gemas axilares coincide com o início da sua fase de crescimento exponencial culminando posteriormente na emergência de perfilhos.

VI. RESUMO

O estudo dos efeitos de substâncias reguladoras de crescimento, nutrição, fotoperíodo e remoção de raízes em gemas axilares foi realizado em plantas de *Sorghum bicolor* Moench, cultivar Santa Eliza, crescidas em casa de vegetação.

Auxina aplicada através das folhas inibiu o crescimento de gemas axilares e perfilhos tanto em peso seco quanto em comprimento, mesmo quando alguns parâmetros do crescimento geral das plantas foram pouco afetados. O fornecimento de um inibidor de transporte de auxina, o TIBA, mostrou efeitos antagônicos. Citocininas aplicadas através das raízes ou folhas não promoveram o crescimento de gemas axilares; pelo contrário, inibiram. Tal fato sugere que o nível endógeno destes hormônios já seja ótimo para o crescimento de gemas axilares e que seu aumento torne-o inibidor. Aplicações simultâneas de auxina e cinetina não tiveram efeito no crescimento de gemas axilares, mostrando que a razão auxina/citocinina é crítica para o crescimento destas gemas. Ácido giberélico promoveu marcadamente a altura das plantas, principalmente quando aplicado precocemente. O efeito exercido por GA₃ nas gemas axilares foi inibidor de crescimento quando aplicado precocemente e promotor quando aplicado mais tarde, mostrando que os efeitos do GA₃ estão relacionados à idade fisiológica da planta. O tra

tamento de plantas com CEPA, mais efetivo na maior concentração, afetou vários parâmetros do crescimento. Com relação às gemas axilares, o CEPA inibiu o crescimento das mais basais impedindo-as de entrar na sua fase de crescimento exponencial e emergir em perfilhos e promoveu o crescimento das mais apicais. Nitrato de prata, um inibidor da ação do etileno, promoveu o perfilhamento, assim como o crescimento em alongamento das gemas axilares e perfilhos.

Redução na disponibilidade de fosfato para metade da concentração normal exerceu efeito inibidor no desenvolvimento das plantas. Entretanto, uma redução menos drástica inibiu o crescimento das gemas axilares sem afetar o desenvolvimento geral das plantas. Aumento na disponibilidade de fosfato promoveu o alongamento das gemas axilares e perfilhos, bem como o peso seco. Citocinina aplicada em plantas com menor disponibilidade de fosfato não foi capaz de reverter os efeitos causados pela deficiência em fosfato no crescimento das gemas axilares. Por outro lado, nitrato de prata mostrou ser efetivo em reverter o efeito da menor disponibilidade de fosfato. Apesar de alterações na disponibilidade de fosfato fornecido às plantas não terem modificado a quantidade de etileno liberado pelas plantas.

Aplicações de CEPA na concentração de 10^{-3} M aumentaram a quantidade de etileno liberado.

Fotoperíodo curto promoveu a iniciação de gemas axilares, bem como o seu crescimento em alongamento, peso seco e emergência em perfilhos. Esta condição induziu a floração das plantas.

Remoção de raízes adventícias e raiz seminal ini

biu o crescimento das gemas axilares, mas também comprometeu o crescimento da parte aérea restante. BAP aplicada através das raízes ou folhas não foi capaz de reverter o efeito da remoção de raízes no desenvolvimento da parte aérea.

Estudos anatômicos de gemas axilares revelaram que os feixes condutores destas começam a se diferenciar por ocasião da emergência da quinta folha do eixo principal.

VII - BIBLIOGRAFIA

- ABELES, F.B., 1973. *Ethylene in Plant Biology*. Academic Press, New York, 302 pp.
- ALI, A. e FLETCHER, R. A., 1970. Hormonal regulation of apical dominance in soybeans. *Can. J. Bot.*, 48: 1989-1994.
- ANDERSON-TAYLOR, G. e MARSHALL, C., 1983. Rott-tiller interrelationships in spring barley (*Hordeum districhum* (L) Lam.) . *Ann. Bot.*, 51: 47-58.
- ANISIOMOV, A.A. e BULATOVA, T.A., 1982. Content of ausins and growth inhibition under different conditions of mineral nutrition. *Soviet Plant Physiol.*, 29: 697-702.
- APELBAUM, A. e BURG, S.P., 1972. Effect of ethylene on cell division and deoxyribonucleic acid synthesis in *Pisum sativum*. *Plant. Physiol.*, 50: 117-124.
- ASPINALL, D., 1961. The control of tillering in the barley plant. I. The pattern of tillering and its relation to nutrient supply. *Aust. J. Biol. Sci.*, 14: 493-505.
- ASPINALL, D. e PALEG, L.G., 1964. Effects of day-length and light intensity on growth of barley. III. Vegetative development . *Aust. J. Biol. Sci.*, 17: 807-822.
- BERNIER, G., KINET, J.M. e SACHS, R.M., 1981. The flowering process at the shoot apex: Macromorphological events . In: "*The Physiology of flowering*". CRC Press . Boca Raton , Flórida. Vol. II pp. 22-34.
- BEYER, E.M., Jr., 1976. A potent inhibitor of ethylene action in plants. *Plant. Physiol.*, 58: 268-271.
- BEYER, E.M., Jr. ; MORGAN, P.W. e Yang, S.F. , 1984. Ethylene.

- In: "Advanced Plant Physiology", M.B. Wilkins (ed.). Pitman. London. pp. 111-126.
- BLAKE, T.J.; REID, D.M. e ROOD, S.B., 1983. Ethylene, indoleacetic acid and apical dominance in peas: A reappraisal. *Physiol. Plant.*, 59: 481-487.
- BURG, S., 1973. Ethylene in plant growth. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 70: 591-597.
- BURG, S.P. e BURG, E. A., 1968. Ethylene formation in pea seedlings; its relation to the inhibition of bud growth caused by indole-3-acetic acid. *Plant. Physiol.*, 43: 1069-1074.
- BURROWS, W.J. e CARR, D.J., 1969. Effects of flooding the root system of sunflower plants on the cytokinin content in the xylem sap. *Physiol. Plant.*, 22: 1105-1112.
- CARDOSO, V.J.M., 1985. Germinação de sementes de *Cucumis anguria*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- CARMI, A. e HEUER, B., 1981. The role of roots in control of bean shoot growth. *Ann. Bot.*, 48: 519-527.
- CATALANO, M. e HILL, T.A., 1969. Interaction between gibberellic acid and kinetin in overcoming apical dominance, natural and induced by IAA, in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cultivar potentate). *Nature*, 222: 985-986.
- CHALUTZ, E.; MATTOO, A.K. e FUCHS, Y., 1980. Biosynthesis of ethylene: the effect of phosphate. *Plant cell environment*, 3: 349-355.
- CHANG, W.C. e GOODIN, J. R., 1974. The role of root system in lateral bud growth of pea (*Pisum sativum*, va. Alaska). *Bot. Bull. Academia Sinica*, 15: 112-122.
- CHEN, C.M.; ERTL, J.R.; LEISNER, S.M. e CHANG, C. C., 1985. Localization of cytokinin biosynthesis sites in pea plants and carrot roots. *Plant. Physiol.*, 78: 510-513.

- CLIFFORD, P.E. e LANGER, H.M., 1975. Pattern and control distribution of ¹⁴C - assimilates in reproductive plants of *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum*. *Ann. Bot.*, 39: 403-411.
- CROZIER, A. e REID, D.M., 1971. Do roots synthesize gibberelins? *Can. J. Bot.*, 49: 967-975.
- DAVIES, C.R.; SETH, A.K. e WAREING, P.F., 1966. Auxin and kinetin interaction in apical dominance. *Science*, 151: 468-499.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A. e CASAL, J.J., 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. *Plant. Physiol.*, 72: 900-902.
- DHILLON, S.S., 1978. Influence of varied phosphorus supply on growth and xylem sap cytokinin level of sycamore (*Platanus occidentalis* L.) seedlings. *Plant Physiol.*, 61: 521-524.
- ERNEST, L.C. e VALDOVINOS, J.G., 1971. Regulation of auxin levels in *Coleus blumei* by enthlene. *Plant Physiol.*, 48 : 402-406.
- EVANS, M.L., 1984. Functions of hormones at the cellular level of organization. In: *Hormonal regulation of development II: The functions of hormones from the level of the cell to the whole Plant*. T.K. Scott (ed.). Springer-Verlag, Berlin . pp. 23-79.
- FAIREY, D.T.; HUNT, L.A. e STOSKOPF, N.C., 1975. Day-length influence on reproductive development and tillering in 'Fergus' barley. *Can. J. Bot.*, 53: 2770-2775.
- FLETCHER, G.M. e DALE, J. E., 1974. Growth of tiller buds in barley: effects of shade treatment and mineral nutritin . *Ann. Bot.*, 38: 63-76 .

- FUCHS, Y. , MATTOO, A.K., CHALUTZ, E. e ROT. I., 1981. Biosynthesis of ethylene in higher plants: the metabolic site of inhibition by phosphate. *Plant Cell Environment*, 4: 291-295.
- GAMBOURG, O. L. e LARUE, T.A.G., 1968. Ethylene produced by plant cells in suspension cultures. *Nature*, 220: 604-605.
- GOEBEL, K., 1969. Influence of correlation and external formative stimulation upon the configuration of plants. In: *Organography of plants*; especially of the Archegoniatae and Spermaphyta. Hafner, New York. pt. 1. pp. 205-217.
- GREEN, D. G., 1985. Effects of CCC and GA on internodal development of barley. *Plant and Soil*, 86: 291-294.
- GREGORY, F. G., 1937. Mineral nutrition of plants. *Annu. Rev. Biochim*, 6: 557-578.
- HALL, H. K. e Mc.WHA, A., 1981. Effects of abscisic acid on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Bot.*, 47: 427-433.
- HARRISON, M.A. e KAUFMAN, P.B., 1980. Hormonal regulation of lateral bud (tiller) release in oats (*Avena sativa* L.). *Plant Physiol*, 66: 1123-1127.
- HARRISON, M.A. e KAUFMAN, P.B., 1982. Does ethylene play a role in release of lateral bud (tiller) from apical dominance in oats? *Plant Physiol*, 70: 811-814.
- HEIDE, O.M., HAY, R.K.M. e BAUGERÖD, H., 1985. Specific daylength effects on leaf growth and dry-matter production in high-latitude grasses. *Ann. Bot.*, 55: 579-586.

- HILLMAN, J.R., 1984. Apical dominance. In: *Advanced Plant Physiology*. M.B. WILKINS (ed.). Pitman Press, Bath. pp 127-148.
- HILLMAN, J.R. e YEANG, H.Y., 1979. Correlative inhibition of lateral bud growth in *Phaseolus vulgaris* L.. Ethylene and the physical restriction of apical growth. *J. Exp. Bot.*, 30: 1075-1083.
- HOAGLAND, D.R. e ARNON, D.I., 1938. The water-culture method for growing plant without soil. *Circ. Calif. Agric. Exp. Stn.*, 347.
- HOUCK, D.F. e RIESEBERG, L.H., 1983. Hormonal regulation of epiphyllous bud release and development in *Bryophyllum calycinum*. *Amer. J. Bot.*, 70: 912-915.
- HUTLEY-BULL, P.D. e SCHWABE, W.W., 1980. Some physiological features of development in the bread wheat (*Triticum aestivum* L.) with special reference to the influence of photoperiod and applied gibberellic acid. *Gibberellins. Br. Pl. Growth Regul. Grp., Monogr.*, 5: 111-125.
- ISBELL, V.R. e MORGAN, P.W., 1982. Manipulation of apical dominance in sorghum with growth regulators. *Crop. Sci.*, 22: 30-35.
- ITAI, C. e VAADIA, Y., 1965. Kinetin-like activity in root exudate of water-stressed sunflower plants. *Physiol. Plant.*, 18: 941-944.
- IVORY, D.A. e WHITEMAN, P.C., 1978. Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. I. Effect of day and night temperature on growth and morphological development. *Aust. J. Plant Physiol.*, 5: 131-148.
- JÁKÓ, N., 1974. The influence of the macroelement supply on

the growth of single bud cuttings of the vine in relation to the cytokinin and growth inhibitor contents of the roots .

Hort. Abst., 44:, 9407.

JEWISS, O.R., 1972. Tillering in grasses—Its significance and control. *J. Br. Grassld Soc.*, 27: 65-82.

JOHNSTON, G.F.S. e JEFFCOAT , B., 1977. Effects of some growth regulators on tiller bud elongation in cereals. *New Phytol.*, 79: 239-145.

JONES, O.P. e LACEY, H.J., 1968. Gibberellin-like substances in the transpiration stream of apple and pear trees. *J. Exp. Bot.* ,19: 526-531.

KANNANGARA, T.; DURLEY, R.C., SIMPSON, G.M. e STOUR, D.G., 1982. Drought resistance of *Sorghum bicolor*. 4. Hormonal chances in relation to drought stress in field-grown plants. *Can. J. Sci.*, 62: 317-330.

KNOX, J.P. e WAREING, P.F., 1984. Apical dominance in *Phaseolus vulgaris* L.: the possible roles of abscisic acid and indole-3-acetic acid. *J. Exp. Bot.*, 35: 239-244.

KWASE, M., 1971. Causes of centrifugal root promotion. *Physiol. Plant.*, 25: 64-70.

LANGER, R.H.M. , 1979. *How grasses grow*. The Institute of Biology's. Studies in Biology. Nº 34. 2ª ed. Edward Arnold Ltd., London, 60 pp.

LANGER, R.H.M., PRASAD, P.C. e LAUDE, H.M., 1973. Effects of kinetin on tiller bud elongation in wheat (*Triticum aestivum*) . *Ann. Bot.*, 37: 565-571.

LEOPOLD, A.Ç. , 1949. The control of tillering in grasses by auxin. *Am. J. Bot.*, 36: 437-440.

- MCINTIRE, G.I., 1973. Enviromental control of apical dominance in *Phaseolus vulgaris*. *Can. J. Bot.* 51: 293-299.
- MCINTIRE, G.I., 1976. Apical dominance in the rhizome of *Agropyron repens*: The influence of water stress on bud activity. *Can. J. Bot.*, 54: 2747-2754.
- MENARY, R.C. e VAN STADEN, J., 1976. Effect of phosphorus nutrition and cytokinins on flowering in the tomato, *Lycopersicon esculentum* MILL. *Aust. J. Plant Physiol.*, 3:201-205.
- MIKITYUK, O.D., MAKEEV, A.M., MAKOVEICHUCK, Y.U. e CHKANIKOV, D.I., 1982. Mechanism of apical dominace. *Soviet Plant Physiol.*, 29: 910-914.
- MONTEIRO, A.M., 1984. Processos fisiológicos relacionados com o desenvolvimento de gemas laterais de milho. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- MOORE, T.C., 1979. Gibberellins. In: *Biochemistry and Physiology of Plant Hormones*. Springer-verlag. New York, pp. 90-146.
- MORGAN, P.W., MILLER, F.R. e QUINBY, J.R., 1977. Manipulation of sorghum growth and development with gibberelic acid. *Agron. J.*, 69: 789-793.
- MORRIS, D.A. e WINFIELD, P.J., 1972. Kinetin transport to auxillary buds of dwarf pea (*Pisum sativum* L.). *J. Exp. Bot.*, 23: 346-355.
- PETERSON, C.M., KLEPPER, B., PUMPHREY, F.V. e RICKMAN, R.W., 1984. Restricted rooting decreases tillering and growth of winter wheat. *Agron. J.*, 76: 861-863.
- PHILLIPS, I.D.J., 1968. Nitrogen, phosphorus and Potassium

distribution in relation to apical dominance in dwarf bean (*Phaseolus vulgaris*, C.V. Canadian Wonder) *J. Exp. Bot.*, 19: 617-627.

PHILLIPS, I.D.J., 1969. Apical dominance. In: *The Physiology of Plant Growth and Development*. M.B. Wilkins (ed.), McGraw-Hill London, pp 165-195.

PILLAY, I. e RAILTON, I.D., 1983. Complete release of axillary bud from apical dominance in intact, light-grow seedlings of *Pisum sativum* L. following a single application of cytokinin. *Plant Physiol*, 71: 972-974.

PITHUS, M.J. e MEIRI, J., 1979. Effects of the reversay of day and night temperatures on tillering and on the elongation of stems and leaf blades of wheat. *J. Exp. Bot.*, 30: 319-326.

RAJAGOPAL, V. e RAO, I.M., 1974. Changes in the endogenous level of auxins and gibberellin-like substances in the shoot apices of nitrogen-deficient tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Aust. J. Bot.*, 22: 429-435.

ROCHA, R.F., 1978. Growth substances and tiller development in barley. Ph. D. Thesis, University of Edinburg.

RYLE, G.J.A., 1966. Effects of photoperiod in the glasshouse on the growth of leaves and tillers in three perennial grasses. *Ann. Appl. Biol.*, 57: 257-268.

SACHS, T. e THIMANN, K.V., 1964. Release of lateral buds from apical dominance. *Nature*, 201: 939-940.

SALAMA, A.M.S. EL-D e WAREING, P.F., 1979. Effects of mineral nutrition on endogenous cytokinins in plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Exp. Bot.*, 30: 971-981.

SASS, J.E., 1958. *Botanical Microtechnique*. 3ª edição. The Iowa

State University Press, Ames, Iowa, 228pp.

SCOTT, T.K., CASE, D.B. e JACOBS, W.P., 1967. Auxin-gibberelin interaction in apical dominance. *Plant Physiol*, 42: 1329-1333.

SEBANEK, J.; VITKOVA, H. e KLICOVA, S. , 1983. Interaction between water deficiency and the content of endogenous cytokinins in flax seedlings. *Acta Univ. Agric. , Fac. Agron.*, 31: 21-23.

SHARIF, R. e DALE, J.E., 1980a. Growth-regulating substances and the growth of tiller buds in barley; effects of cytokinins. *J. Exp. Bot.*, 31: 921-930.

SHARIF, R. e DALE, J.E., 1980b. Growth-regulating substances and growth of tiller bud in barley; effects of IAA and GA₃. *J. Exp. Bot.*, 31: 1191-1197.

SHORT, K.C. e TORREY, J.G., 1972. Cytokinins in seedling roots of pea. *Plant Physiol*, 49: 155-160.

SKOOG, F. e MILLER, C.O., 1957. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured in vitro. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, 11: 118-131.

SMITH, K.A. e ROBERTSON, P.D., 1971. Effect of ethylene on root extension of cereals. *Nature*, 234 : 148-149.

SNOW, R., 1937. On the nature of correlative inhibition. *New Phytol.*, 36: 283-300.

SOARES, J.F. e BARTMAN, F.C., 1983. Métodos Estatísticos em Medicina e Biologia. Poços de Caldas, IMPA. (149 Colóquio Brasileiro de Matemática).

SOGUR, L.N. e CAMBURG, K.Z., 1979. Effect of removal of the root system or epicotyl on cytokinin in pea seedlings. *Sov. Plant Physiol.*, 26: 509-511.

SOROKIN, H.P. e THIMANN, K.V., 1964. The histological basis

- for inhibition of axillary bud in *Pisum sativum* and the effects of auxins and kinetin on xilem development. *Protoplasma*. 59: 226-350.
- STACCIARINI, E., 1984. Estudo do perfilhamento em *Sorghum vulgare* Pers. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas.
- THIMANN, K.V. e SKOOG, F., 1934. On the inhibition of bud development and other functions of growth substance in *Vicia faba*. *Proc. R. Soc. B.*, 114: 317-339.
- THOMAS, T.H., 1972. The distribution of hormones in relation to apical dominance in brussels sprouts (*Brassica oleracea* var. Gemminifera L.) plants. *J. Exp. Bot.*, 23: 294-301.
- TROUGHTON, A., 1967. The effect of mineral nutrition on the distribution of growth in *Lolium perenne*. *Ann. Bot.*, 31: 447-454.
- TROUGHTON, A., 1977. The effect of phosphorus nutrition upon the growth and morphology of young plants of *Lolium perenne* L. *Ann. Bot.*, 41: 85-92.
- TSCHAPLINSKI, T.J. e BLAKE, T.J., 1985. Effects of root restriction on growth correlations, water relations and senescence of alder seedlings. *Physiol. Plant.*, 64: 167-176.
- TUCKER, D.J., 1978. Apical dominance in the tomato: the possible roles of auxin and abscisic acid. *Plant. Sci. Lett.*, 12: 273-278.
- TUCKER, D.J., 1980. Some observations on factors controlling apical dominance in the 'Rogue' tomato. *Ann. Bot.*, 45: 555-560.
- TUCKER, D.J. e MANSFIELD, J.A., 1972. Effects of light quality on apical dominance in *Xanthium strumarium* and the associated changes in endogenous levels of abscisic acid and cytokinins.

Planta, 102: 140-151.

TURVVEY, P.M. e PATRICK, J.W., 1979. Kinetin-promoted transport of assimilates in stems of *Phaseolus vulgaris* L. Localized versus remote site (S) of action. *Planta*, 147: 151-155.

VAN ANDEL, O.M., 1973. Morphogenetic effects on vegetative plants of *Poa pratensis* L. of 6-azauracil, (2-chloroethyl) - phosphonic acid, and (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride and their interaction with gibberellic acid. *J. Exp. Bot.*, 24: 245-257.

WAKHLOO, J.L., 1970. Role of mineral nutrients and growth regulators in the apical dominance in *Solanum sisymbifolium*. *Planta*, 91: 190-194.

WANG, T.L. e WAREING, P.F., 1979. Cytokinins and apical dominance in *Solanum andigena*: lateral shoot growth and endogenous cytokinin levels in the absence of roots. *New Phytol*, 82: 19-28.

WHITE, J.C. e MANSFIELD, T.A., 1978. Correlative inhibition of lateral bud growth in *Phaseolus vulgaris* L. - influence of the environment. *Ann. Bot.*, 42: 191-196.

WOOLLEY, D.J. e WAREING, P.F., 1972a. The role of roots, cytokinins and apical dominance in the control of lateral shoot form in *Solanum andigena*. *Planta*, 105: 33-42.

WOOLLEY, D.J. e WAREING, P.F., 1972b. The interaction between growth promoters in apical dominance. I. Hormonal interaction, movement and metabolism of a cytokinin in rootless cuttings. *New Phytol*, 71: 781-793.

YOSHIDA, R.; ORITANI, T. e NISHI, A., 1971. Kinetin-like factors in the root exudate of rice plants. *Plant Cell Physiol.*, 12: 89-94.