

Este trabalho corresponde à redação final
da tese defendida pela Sra. Thelma
Regina Gabriel Esteves e aprovada pela
Comissão Julgadora.

30/02/85

Felippe

THELMA REGINA GABRIEL ESTEVES

Orientador: Dr. G.M. Felipe

EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO POR
GENÓTIPOS DE MILHO (Zea mays L.).

Tese apresentada ao Instituto de Biolo
gia da Universidade Estadual de Campi
nas, para a obtenção do título de Mes
tre em Biologia Vegetal.

Campinas

1985

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. G. M. Felipe pela sua orientação e incentivo dados para a realização desta tese.

Ao Dr. Maro R. Söndhal pela sua orientação, apoio e auxílios prestados durante a fase inicial desta tese.

À Dra. Angela M. Furlani pela sua orientação no estudo com plantas intactas, seu apoio e todos os auxílios prestados.

Ao Dr. Ladaslav Sodek pelas sugestões e atenção dada.

A Luciano M. Esteves pelo incentivo, apoio e auxílios prestados durante todo o trabalho.

Ao Prof. Luiz G. Santoro pela sua orientação de iniciação científica.

À Dra. Marlene Lima pela contribuição dada para o desenvolvimento desta pesquisa.

As Seções de Genética e Química Analítica do Instituto Agrônomo, Secretaria da Agricultura de São Paulo, pelas facilidades de laboratório e estufa durante a execução deste trabalho.

A todas as pessoas da Universidade Estadual de Campinas e do Instituto Agrônomo, Secretaria da Agricultura de São Paulo, que de algum modo contribuíram nesta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), à Fundação Cargill e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

ÍNDICE

	Página
INTRODUÇÃO.....	1
Comentários gerais.....	1
Objetivos.....	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
Material.....	8
Métodos.....	9
1. Germinação.....	9
2. Cinética de absorção de nitrato por raízes destacadas.....	9
3. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução não renovada.....	11
4. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução renovada diariamente.....	12
5. Determinações.....	14
a. Matéria seca.....	14
b. Nitrato.....	14
c. Teor de nitrogênio.....	15
6. Dados derivados.....	16
a. Conteúdo de nitrogênio.....	16
b. Conteúdo de nitrato.....	16
c. Distribuição de nitrogênio-orgânico e nitrato.....	17
d. Relação de eficiência.....	17
e. Relação nitrogênio e nitrato.....	17
7. Heterose.....	17
8. Estudo do pH das soluções nutritivas.....	18
9. Delineamento experimental e análise estatística dos dados.....	18
a. Estudo com raízes destacadas.....	18
b. Estudo com plantas intactas.....	19
c. Estudo de correlação entre nitrogênio e matéria seca.....	19

	Página
RESULTADOS.....	21
I. Absorção de nitrato por raízes destacadas.....	21
1. Determinação da velocidade de absorção.....	21
a. Linhagens puras.....	21
b. Híbridos simples e duplos.....	21
2. Determinação da velocidade máxima de absorção (V_{max}) e K_m	22
a. Linhagens puras.....	22
b. Híbridos simples e duplos.....	26
c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais.....	26
d. Híbridos simples e seus parentais.....	26
e. Híbridos duplos.....	34
II. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução nutritiva não renovada.....	34
1. Determinação da matéria seca.....	37
a. Linhagens puras.....	37
a_1 . parte aérea.....	37
a_2 . raízes.....	37
a_3 . planta toda.....	39
b. Híbridos simples e duplos.....	39
b_1 . parte aérea.....	39
b_2 . raízes.....	39
b_3 . planta toda.....	42
c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais.....	42
c_1 . parte aérea.....	44
c_2 . raízes.....	44
c_3 . planta toda.....	44
d. Híbridos simples e seus parentais.....	46
d_1 . parte aérea.....	46
d_2 . raízes.....	46
d_3 . planta toda.....	49
e. Híbridos duplos.....	52
e_1 . parte aérea.....	52
e_2 . raízes.....	53
e_3 . planta toda.....	53

	Página
2. Determinação do teor de nitrogênio.....	55
a. Linhagens puras.....	55
a ₁ . lâminas foliares.....	55
a ₂ . caule e bainhas foliares.....	55
a ₃ . raízes.....	57
b. Híbridos simples e duplos.....	57
b ₁ . lâminas foliares.....	57
b ₂ . caule e bainhas foliares.....	58
b ₃ . raízes.....	58
c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais.....	60
c ₁ . lâminas foliares.....	60
c ₂ . caule e bainhas foliares.....	60
c ₃ . raízes.....	60
d. Híbridos simples e seus parentais.....	61
d ₁ . lâminas foliares.....	61
d ₂ . caule e bainhas foliares.....	61
d ₃ . raízes.....	64
e. Híbridos duplos.....	65
e ₁ . lâminas foliares.....	65
e ₂ . caule e bainhas foliares.....	65
e ₃ . raízes.....	65
3. Determinação do conteúdo de nitrogênio.....	66
a. Linhagens puras.....	66
a ₁ . parte aérea.....	66
a ₂ . raízes.....	68
a ₃ . planta toda.....	68
b. Híbridos simples e duplos.....	70
b ₁ . parte aérea.....	70
b ₂ . raízes.....	70
b ₃ . planta toda.....	70
c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais.....	72
c ₁ . parte aérea.....	72
c ₂ . raízes.....	74

	Página
c ₃ . planta toda.....	74
d. Híbridos simples e seus parentais.....	76
d ₁ . parte aérea.....	76
d ₂ . raízes.....	76
d ₃ . planta toda.....	79
e. Híbridos duplos.....	82
e ₁ . parte aérea.....	82
e ₂ . raízes.....	82
e ₃ . planta toda.....	82
4. Correlação entre nitrogênio e matéria seca.....	84
a. Linhagens puras.....	85
a ₁ . Correlação entre conteúdo de N e matéria seca.....	85
a ₂ . Correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta, e matéria seca.....	85
a ₃ . Correlação entre relação de eficiência e matéria seca...	87
b. Híbridos simples e duplos.....	87
b ₁ . Correlação entre conteúdo de N e matéria seca.....	87
b ₂ . Correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta e matéria seca.....	87
b ₃ . Correlação entre relação de eficiência e matéria seca...	89
5. Estudo do pH das soluções.....	90
III. Cálculo de heterose.....	93
1. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais.....	93
a. Velocidade máxima de absorção de nitrato.....	93
b. Km.....	93
c. Matéria seca.....	95
d. Conteúdo de nitrogênio.....	95
e. Teor de nitrogênio.....	95
2. Híbrido simples HS 7777 e seus parentais.....	95
a. Velocidade máxima de absorção de nitrato.....	95
b. Km.....	95
c. Matéria seca.....	97
d. Conteúdo de nitrogênio.....	97
e. Teor de nitrogênio.....	97

	Página
3. Híbrido simples HS 1227 e seus parentais.....	97
a. Velocidade máxima de absorção de nitrato.....	97
b. Km.....	99
c. Matéria seca.....	99
d. Conteúdo de nitrogênio.....	99
IV. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução nutritiva renovada diariamente.....	99
1. Determinação da matéria seca.....	100
a. parte aérea.....	100
b. raízes.....	100
c. planta toda.....	100
2. Determinação do teor de nitrogênio.....	102
a. lâminas foliares.....	102
b. caule e bainhas foliares.....	102
c. raízes.....	102
3. Determinação do conteúdo de nitrogênio.....	104
a. parte aérea.....	104
b. raízes.....	106
c. planta toda.....	106
4. Correlação entre nitrogênio e matéria seca.....	106
a. Correlação entre conteúdo de nitrogênio e matéria seca.....	108
b. Correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta e ma téria seca.....	108
c. Correlação entre a relação de eficiência e matéria seca.....	108
5. Determinação do conteúdo de nitrato.....	108
a. parte aérea.....	108
b. raízes.....	109
c. planta toda.....	109
6. Relação nitrogênio e nitrato.....	112
DISCUSSÃO.....	117
RESUMO.....	135
LITERATURA CITADA.....	139

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição da solução nutritiva utilizada nos ensaios com plantas intactas.....	13
Tabela 2. Velocidade de absorção por raízes destacadas de linhagens puras de milho.....	22
Tabela 3. Velocidade de absorção por raízes destacadas de híbridos simples e híbridos duplos de milho.....	24
Tabela 4. Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas de linhagens puras de milho.....	25
Tabela 5. Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas de híbridos simples e híbridos duplos de milho.....	27
Tabela 6. Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas do híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais.....	28
Tabela 7. Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais.....	30
Tabela 8. Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais.....	32
Tabela 9. Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas de quatro híbridos duplos de milho.....	35

Tabela 10.	Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda em cinco linhagens puras de milho.....	38
Tabela 11.	Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda em híbridos simples e híbridos duplos de milho.....	41
Tabela 12.	Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais.....	47
Tabela 13.	Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais.....	48
Tabela 14.	Teor de Nitrogênio (em porcentagem) de cinco linhagens puras de milho.....	56
Tabela 15.	Teor de Nitrogênio (em porcentagem) de híbridos simples e duplos de milho.....	59
Tabela 16.	Teor de Nitrogênio (em porcentagem) do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais.....	62
Tabela 17.	Teor de Nitrogênio (em porcentagem) do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais.....	63
Tabela 18.	Conteúdo de Nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda de cinco linhagens puras de milho.....	67
Tabela 19.	Conteúdo de Nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda de híbridos simples e duplos de milho.....	71
Tabela 20.	Conteúdo de Nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais..	77
Tabela 21.	Conteúdo de Nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais..	78

Tabela 22.	Coeficiente de correlação (r) entre matéria seca da planta toda e conteúdo de nitrogênio da planta toda, relação do conteúdo de nitrogênio entre parte aérea e raiz e relação de eficiência em cinco linhagens puras de milho.....	86
Tabela 23.	Coeficiente de correlação (r) entre matéria seca da planta toda e conteúdo de nitrogênio da planta toda, relação do conteúdo de nitrogênio entre parte aérea e raiz e relação de eficiência em híbridos simples e duplos de milho.....	88
Tabela 24.	Cálculo de heterose para o híbrido duplo HD 7974 de milho e seus híbridos simples parentais, para Vmax, Km, matéria seca, conteúdo de N e teor de N.....	94
Tabela 25.	Cálculo de heterose para o híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais, para Vmax, Km, matéria seca, conteúdo de N e teor de N.....	96
Tabela 26.	Cálculo de heterose para o híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais, para Vmax, Km, matéria seca, conteúdo de N e teor de N.....	98
Tabela 27.	Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).....	101
Tabela 28.	Teor de nitrogênio (em porcentagem) de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).....	103
Tabela 29.	Conteúdo de nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).....	105
Tabela 30.	Coeficiente de correlação (r) entre matéria seca da planta	

toda e conteúdo de nitrogênio da planta toda, relação do conteúdo de nitrogênio entre parte aérea e raiz e relação de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).....	107
Tabela 31. Conteúdo de nitrato da parte aérea, raízes e planta toda de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).....	110
Tabela 32. Conteúdo de nitrato de lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).....	111
Tabela 33. Relação entre o conteúdo de N-orgânico e o conteúdo de N-NO ₃ de lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Comportamento do híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais HS 7777 e HS 1227, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.....	29
Figura 2. Comportamento do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais SLP103 e Ip 701, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.....	31
Figura 3. Comportamento do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais Ip 365 e Ip 48, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.....	33
Figura 4. Comportamento de quatro híbridos duplos de milho, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.....	36
Figura 5. Matéria seca da planta toda de cinco linhagens puras de milho, mantidas em concentrações crescentes de nitrogênio..	40
Figura 6. Matéria seca da planta toda de híbridos simples e híbridos duplos de milho, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	43
Figura 7. Matéria seca da planta toda do híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais HS 7777 e HS 1227, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	45

Figura 8.	Matéria seca da planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais SLP 103 e Ip 701, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	50
Figura 9.	Matéria seca da planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais Ip 365 e Ip 48, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	51
Figura 10.	Matéria seca da planta toda de quatro híbridos duplos de milho, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio	54
Figura 11.	Conteúdo de nitrogênio da planta toda de cinco linhagens puras de milho, mantidas em concentrações crescentes de nitrogênio.....	69
Figura 12.	Conteúdo de nitrogênio da planta toda de híbridos simples e híbridos duplos de milho, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	73
Figura 13.	Conteúdo de nitrogênio da planta toda do híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais HS 7777 e HS 1227, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	75
Figura 14.	Conteúdo de nitrogênio da planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais SLP103 e Ip 701, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	80
Figura 15.	Conteúdo de nitrogênio da planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais Ip 365 e Ip 48, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	81
Figura 16.	Conteúdo de nitrogênio da planta toda de quatro híbridos duplos de milho, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.....	83

- Figura 17. Registro das variações de pH em experimentos com solução nutritiva não renovada, de concentrações crescentes de nitrogênio, em cinco linhagens puras de milho..... 91
- Figura 18. Registro das variações de pH em experimentos com solução nutritiva não renovada, de concentrações crescentes de nitrogênio, em híbridos simples e duplos de milho..... 92

INTRODUÇÃO

Comentários gerais

O milho (Zea mays L.) é de fundamental importância para a alimentação humana e animal, bem como na produção de biomassa, e constitui hoje uma das principais espécies de plantas econômicas em cultivo no país. Entretanto, há muita discrepância entre a produção de grãos em ensaios experimentais e aquela obtida pelo agricultor. De um modo geral, o rendimento da cultura oscila ao redor de 1,5 toneladas (t) por hectare (ha), enquanto que em ensaios experimentais a produção média é de cerca de 5 toneladas por hectare. Esta diferença na produção é, em grande parte, atribuída ao uso insignificante de fertilizantes pelo agricultor (ROCHA, 1980).

A cultura de milho ocupa uma área de aproximadamente 13 milhões de hectares, constituindo dessa forma a maior superfície coberta por uma espécie vegetal econômica em nosso território. Essa área equipara-se com a totalidade das áreas de plantio das principais culturas de exportação: café, cana-de-açúcar e soja, área esta que perfaz um total equivalente a 13.526.000 ha. Além disso, a área cultivada com milho corresponde a mais de 25% da totalidade dos solos cultivados com espécies econômicas (48.485.000 ha) no país (ROCHA, 1980).

Apesar desses aspectos, é uma cultura cuja demanda em adubação mineral vem sendo sobrepujada pelas culturas de exportação acima mencionadas, além das culturas de arroz e trigo. Assim, dados do ano de 1978 mostram que a demanda em nutrientes para a cultura de milho foi de 169.000 t, correspondendo aproximadamente a 60% da demanda de fertilizantes em relação à totalidade das culturas no país (ROCHA, 1980).

De modo geral, no período de 1970 a 1979 o uso de fertilizantes (nitrogênio, N; fósforo, P; potássio, K) no Brasil cresceu a uma taxa de 16,5%. Outro

aspecto importante a ser considerado é no que se refere à participação nacional no consumo desses fertilizantes. De modo geral, tem se verificado que a participação nacional, até o ano de 1979, não ultrapassou a 43% da demanda total / ($343,7 \times 10^3$ toneladas de N, P, K). Nesse aspecto é importante salientar que mais da metade (cerca de 57%) do consumo de N P K no país corresponde à importação (Informação do Sindicato da Indústria de Adubo e Corretivos Agrícolas de São Paulo). Levando-se em conta essa pequena participação nacional na demanda de fertilizantes, o crescente consumo verificado nos últimos anos tende a se traduzir numa constante elevação do custo de produção de safras agrícolas. Por outro lado, deve-se lembrar que o consumo de fertilizantes está fortemente ligado às culturas de exportação, em detrimento das culturas de consumo interno (milho, grãos em geral e fibras).

A necessidade crescente de aproveitamento de vastas extensões de solos sub-férteis e a constante elevação dos preços dos fertilizantes mostram a importância que deveria ser dada para programas de seleção genética. Há um interesse, atualmente, cada vez maior em se alterar geneticamente as plantas, no sentido de se obter materiais vegetais com alta eficiência de absorção e de aproveitamento dos nutrientes do solo. Isto significaria a obtenção de produções razoáveis nesses solos sub-férteis. Entretanto, os programas de melhoramento genético, via de regra, têm sido realizados em condições ambientais onde níveis ótimos, senão supra-ótimos, de fertilizantes são normalmente empregados. Torna-se imperativo portanto o desenvolvimento de técnicas que possam levar a um conhecimento, o mais completo possível, sobre processos relacionados com a nutrição mineral das plantas a fim de maximizar a eficiência de aproveitamento de fertilizantes pelas culturas. É preciso lembrar que os fertilizantes não são largamente disponíveis, e o custo de produção, seja em unidade monetária ou em energia atualmente é grande.

A seleção de novos cultivares com maior eficiência de absorção e conversão de nutrientes do solo foi considerada de alta prioridade de pesquisa pelo III PROCT preparado pela SEPLAN-CNPq (1982).

Evidências quanto à variabilidade genética das plantas em relação ao aproveitamento de nutrientes do solo se tornam aparentes quando se verifica que diferentes famílias, espécies, variedades e cultivares tendem a apresentar e-

eficiências distintas quanto à quantidade de nutrientes necessária para um ótimo crescimento da cultura (BAKER *et al.*, 1970; CLARK e BROWN, 1974; ADEPETU e AKAPA, 1977; LINDGREN *et al.*, 1977; NIELSEN e BARBER, 1978; PALANIGANDI e SMITH, 1978; VELCHEV, 1978).

Tais diferenças não indicam necessariamente que a variedade com quantidades maiores de algum elemento nas suas folhas tenha um mecanismo mais eficiente para a absorção e a translocação. Pode indicar somente que a variedade tem um sistema radicular maior ou mais finamente ramificado, e por conseguinte, explora o solo mais eficientemente (RABIDEAU *et al.*, 1950; LEE, 1960). Portanto, plantas mais eficientes na absorção e utilização de nitrogênio teriam, idealmente, sistemas radiculares bem desenvolvidos, maior capacidade de absorção e de translocação do nitrogênio e maior eficiência de conversão metabólica do nitrogênio mineral em nitrogênio orgânico, em presença de teores mais baixos nas soluções de crescimento. Existem no entanto, muitos casos sugerindo que variações intra-específicas na absorção de nutrientes refletem deficiências de nutrição mineral sob controle genético, especialmente naqueles relacionados com a absorção e translocação de um dado elemento.

Quando variedades diferem significativamente com respeito à absorção de certos elementos, mas não de outros, há a hipótese de que tal diferença é devida a mecanismos da nutrição geneticamente controlados. Quando as diferenças são quantitativas o processo é provavelmente controlado por numerosos loci (EPSTEIN e JEFFERIES, 1964).

É bom repetir, que efetivamente a utilização de nutrientes tornou-se uma questão econômica muito importante. Um dos problemas básicos da produção moderna é a seleção e cruzamento de genótipos e variedades que tenham eficiência na absorção de nutrientes e nos sistemas de translocação (EPSTEIN, 1975) e a eficiência na assimilação de nitrogênio é fundamental aspecto desse problema. De acordo com VOSE (1981, 1982; in KISS *et al.*, 1983) existem grandes diferenças entre genótipos na capacidade para a absorção de amônia (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), no nível e atividade de redutase de nitrato, no tamanho dos "pools" de acúmulo de NO_3^- e na capacidade de mobilizar e translocar nitrogênio das folhas e outras partes para a formação da semente.

Em termos específicos, raros são os trabalhos desenvolvidos com a fina-

lidade de se avaliar a eficiência de utilização do nitrogênio. HUCKLESBY et al. (1971) estudaram o efeito da utilização de nitrogênio na produção e na qualidade de grãos de trigo. O'SULLIVAN (1974), trabalhando com materiais de tomate geneticamente distintos, identificou linhagens eficientes e ineficientes quanto à utilização do nitrogênio. Foi demonstrado que plantas eficientes produziam cerca de 40% a mais do que as consideradas ineficientes, quando cultivadas sob a mesma adubação nitrogenada.

MARANVILLE et al. (1980), num trabalho com sorgo, estudaram cerca de doze híbridos, quanto à produção de matéria seca total por unidade de N absorvido, produção de grãos por unidade de N absorvido, e o produto da produção de grãos pela relação do conteúdo de N no grão e na palha. Detectou-se uma diferença de 20% entre o melhor e o pior híbrido em relação à matéria seca. Entretanto, a distribuição de N no grão e na palha foi o fator que apresentou diferenças mais marcantes entre os híbridos. Houve também variações anuais de comportamento de vido à influência do meio ambiente.

Poucos trabalhos têm sido desenvolvidos com milho nesse sentido, mas boas evidências de diferenças genéticas na absorção, translocação e/ou distribuição de N na planta têm sido obtidas por alguns pesquisadores.

A absorção e redistribuição de nitrogênio a partir de uréia marcada foi estudada em dois híbridos de milho por CALVACHE et al. (1982). Os híbridos tiveram comportamento similar em todo o ciclo, exceto aos 14 dias após a germinação, quando um dos híbridos acumulou maior quantidade de N.

Diferenças altamente significativas na capacidade geral e específica de combinação de dez linhagens de milho "flint" com nove linhagens de "dentado" quanto à absorção de N em diferentes fases de crescimento e quanto à translocação de N, foram observadas por POLLMER et al. (1979). Em função de seus resultados, os autores postularam que os híbridos com alta produção de grãos e com alta porcentagem de proteína possuiriam uma alta taxa de absorção de N, uma fase mais longa de absorção e uma alta capacidade de translocação de N. Salientaram, entretanto, que a importância desses fatores pode variar com diferentes genótipos e com o meio ambiente.

Em Pennisetum americanum (L.) Leeke (milheto) foram observadas diferenças significativas entre cultivares na capacidade de utilização do N, para crescimento e produção de grãos, mas não foram observadas diferenças significativas

na absorção de N (ALAGARSWAMY e BIDINGER, 1982).

Variações genéticas intra-específicas foram documentadas por BERNARD e HOWELL (1964), em relação à nutrição de ferro em linhagens de soja. BROWN et al. (1958), identificaram variedades de soja eficientes e ineficientes quanto à utilização e translocação de ferro. POPE e MUNGER (1953 a,b) identificaram desordens nutricionais sujeitas ao controle de loci de um único gene, relacionados com a deficiência de magnésio e boro em Apium graveolens.

Por outro lado, outros autores têm demonstrado variabilidade genética quanto à eficiência de utilização de fósforo. WHITEAKER et al. (1976), selecionaram cultivares de feijão com capacidade de absorção de fósforo cerca de 70% a mais do que cultivares denominados de pouco eficientes. Além disso ficou evidente a existência de uma série de diferentes controles gênicos desse processo. Trabalhos semelhantes foram realizados por HOWELL e BERNARD (1961) em variedades de soja, por LINDGREN et al. (1977) em plantas de feijão e por BROWN et al. (1977) em sorgo. Em arroz (Oryza sativa L.) de sequeiro, 153 cultivares foram avaliados quanto à eficiência de absorção de fósforo em solos deficientes deste elemento (FAGERIA e BARBOSA, 1981). Grande variabilidade na absorção de P foi encontrada, destacando-se os cultivares do grupo com absorção de 5 - 6 Kg/ha dos cultivares do grupo com 1 - 2 Kg/ha.

Cultivando plantas de feijão em solução nutritiva com níveis baixos de potássio, SHEA et al. (1967 e 1968), identificaram grupos de cultivares eficientes quanto à utilização de potássio. O estudo de híbridos dos materiais considerados eficientes mostrou que os genes responsáveis pela alta eficiência do processo se localizavam num mesmo locus. Os materiais vegetais considerados eficientes apresentaram uma biomassa cerca de 47% maior do que os não eficientes. Experimentos semelhantes foram realizados com plantas de tomate por GERLOFF (1976) e GABELMAN (1976).

A variabilidade genética em relação à absorção iônica pelas raízes tem recebido pouca atenção. Segundo GERLOFF (1976) diversos aspectos da estrutura e função das raízes são responsáveis pelas variações na absorção de determinados íons como N, P e K, em solos que, em média, apresentam baixas concentrações desses íons. As membranas celulares do sistema radicular apresentam um mecanismo bioquímico responsável pela absorção de íons. As determinações da constante de Michaelis-Menten (K_m) e da velocidade máxima de absorção

(V max) para as raízes de diferentes espécies sugere que a eficácia do mecanismo de absorção difere entre elas.

Raízes destacadas como método experimental pode ser usado para determinação da existência de variabilidade genética no processo de absorção (HIATT, 1963; SHIM e VOSE, 1966; PHILLIPS et al., 1971; FERRARI e RESNOTO, 1972; BOWEN, 1973; FRICK e BAUMAN, 1979; MICHALIK, 1983).

LANDI e FAGIOLI (1983), usando a técnica de raízes destacadas, estudaram a absorção de manganês (Mn^{++}) e cobre (Cu^{++}) em três genótipos de milho: um híbrido simples e as duas linhagens parentais e detectaram diferenças nos valores de Km e V max entre eles, observando inclusive efeito heterótico nos parâmetros analisados. Ainda com técnica de raízes destacadas LINDGREN, 1976 (in GERLOFF, 1976) estudou a absorção de P em 15 linhagens de feijão, verificando uma diferença de 100% entre as linhagens de menor e a de maior taxa de absorção e LINDGREN et al. (1977) estudaram a taxa de absorção de P em 59 linhagens de feijão.

Uma alternativa para a técnica das raízes destacadas no estudo de distinção genética na absorção iônica é o emprêgo da técnica de absorção por plantas intactas em solução nutritiva.

FURLANI et al. (1984b) estudaram, com uso dessa técnica, a absorção de P em 6 genótipos de sorgo; FRANÇA (1981) determinou diferenças entre 44 genótipos de sorgo na produção de matéria seca, na absorção, distribuição e utilização de N em diferentes idades da planta. POLISETTY e HAGEMAN (1982) determinaram diferenças entre genótipos de milho na absorção e utilização de nitrato.

O estudo em solução nutritiva segundo FURLANI et al. (1984a) traz vantagens no sentido de poder controlar as condições de crescimento das plantas, estudar o desenvolvimento do sistema radicular e comparar um número relativamente grande de genótipos num curto espaço de tempo. Torna-se essencial, entretanto, a obtenção de dados comparativos em solo para concluir se a técnica em solução nutritiva pode ser usada como ferramenta auxiliar na seleção e melhoramento de plantas, quanto às características nutricionais.

Embora os trabalhos relacionados com problemas de maximização de eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas sejam relativamente esparsos, os resultados até agora obtidos parecem promissores. Aumentos de até 70% na

eficiência de utilização de nutrientes, em geral, têm sido obtidos pelos diversos autores.

Os resultados até agora obtidos sugerem que a seleção de plantas mais eficientes quanto ao aproveitamento de fertilizantes constituiu um fato real, e de grande importância quanto à produção de alimentos em áreas de pouca disponibilidade de fertilizantes, bem como em países onde a demanda de adubos acarreta um alto custo na produção agrícola.

Objetivos

O consumo de fertilizantes no Brasil vem crescendo nos últimos 10 anos a uma taxa anual de 15 a 16%. Esse consumo acha-se bastante relacionado com as culturas de exportação: café, cana-de-açúcar e soja, em detrimento das culturas de consumo interno (grãos e fibras). A participação nacional no consumo de fertilizantes, em termos globais não atinge o valor de 50%. Há a possibilidade de seleção de germoplasmas mais eficientes quanto à utilização de nutrientes, através de análises de parâmetros fisiológicos e metabólicos. Há a possibilidade da diminuição de custo de produção, através do emprego de cultivares mais eficientes quanto à absorção e conversão dos fertilizantes disponíveis no solo. Além disso, a metodologia mais adequada que deverá ser utilizada para aquela finalidade poderá ser utilizada não só para culturas responsáveis pela produção de biomassa, em concordância com a estratégia do programa energético nacional, como também para culturas ligadas diretamente à alimentação (cereais e grãos proteicos).

Em vista disso tudo, o objetivo deste trabalho foi testar dois métodos diferentes para selecionar materiais eficientes quanto à utilização de nitrogênio, utilizando híbridos duplos de milho, híbridos simples e as suas respectivas linhagens. Os materiais utilizados têm produtividade conhecida.

Além disso, será feita uma análise da metodologia empregada, comparando os dois métodos em relação à capacidade de diferenciar materiais pouco e bastante eficientes, quanto ao aproveitamento de N.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

A espécie escolhida para este trabalho foi Zea mays.

Foram utilizados 11 genótipos diferentes, sendo 5 linhagens puras, dois híbridos simples e quatro híbridos duplos comerciais. As linhagens puras foram: Ip 48-5-3, Ip 365-4-1, SLP 103-3-2, Ip 701-1-1 e Ip 11-01-3-1. No trabalho, para facilidade, elas serão denominadas respectivamente Ip 48, Ip 365, SLP 103, Ip 701 e Ip 11. Os dois híbridos simples foram HS 7777 (que é resultante de SLP 103-3-2 X Ip 701-1-1) e HS 1227 (resultante de Ip 365-4-1 X Ip 48-5-3). O híbrido duplo HMD 7974 utilizado é resultante de HS 7777 X HS 1227; pelo exposto acima o HS 7777 vem do cruzamento de SLP 103-3-2 e Ip 701-1-1 e o HS 1227 vem do cruzamento de Ip 365-4-1 com Ip 48-5-3. Os outros híbridos duplos comerciais foram C 501, C 111 e AG 401. No trabalho os híbridos duplos serão denominados respectivamente HD 7974, HD C501, HD C111 e HD AG401.

Resumindo, foram utilizadas 5 linhagens puras (Ip 48, Ip 365, Ip 701, SLP 103 e Ip 11), 2 híbridos simples (HS 7777 e HS 1227) e 4 híbridos duplos comerciais (HD 7974, HD C501, HD C111 e HD AG401).

Os híbridos duplos comerciais HD C501 e HD C111 são da Fundação Cargill, o HD AG401 da Agrocere; os demais genótipos utilizados pertencem ao Instituto Agronômico da Secretaria da Agricultura de São Paulo, SP.

Métodos

1. Germinação

Para o estudo da cinética de absorção de nitrato por raízes destacadas os grãos inicialmente foram lavados em água corrente de torneira por cinco minutos e 3 vezes em abundante água destilada. Após a lavagem, os grãos foram colocados sobre uma tela de plástico, que era mantida boiando (através da reposição de solução) em uma solução a 0,5 mM de CaSO_4 (sulfato de cálcio) contida em uma caixa plástica. A solução permanecia sob aeração forte e regular, sendo que sua finalidade era para manutenção da integridade das membranas celulares (EPSTEIN, 1975). Essas caixas plásticas eram então colocadas em câmara de germinação a $32 \pm 2^\circ\text{C}$, sob luz constante (fluorescente e incandescente) e umidade relativa por volta de 50%.

Para o estudo da absorção de nitrogênio por plantas intactas, os grãos foram submetidos a uma lavagem vigorosa com água de torneira e depois colocados para germinar em toalhas de papel de germinação embebidas em água. Os rolos assim formados, foram colocados em recipientes com água sob aeração moderada e constante. Esses recipientes permaneceram em câmara de germinação a $30 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 50%.

2. Cinética de absorção de nitrato por raízes destacadas

Para esse estudo seguiu-se, com modificações, a metodologia descrita por EPSTEIN (1975), NEYRA e HAGEMAN (1976) e RAD e RAINS (1976). Algumas das modificações introduzidas foram determinadas por experimentos preliminares. Basicamente foi utilizado nitrato de potássio (KNO_3) com o tempo de absorção estabelecido em 3 horas. O meio de absorção era constituído de tampão fosfato 5,0 mM, pH 6,2 e 0,5 mM de CaSO_4 , mantido à temperatura de 30°C em banho-maria e permanecia sob aeração forte e constante. Os segmentos das raízes eram mantidos livres no meio de absorção. Nos ensaios realizados, de acordo com observações prévias, estabeleceu-se como critério o comprimento de $10,0 \pm 2,0$ cm para a raiz principal como padrão para os genótipos. Assim sendo, a idade das

plântulas (6 ou 7 dias) variou, porque dependia da diferença no desenvolvimento das raízes dos diversos genótipos estudados. O segmento de raiz utilizado era de $1,5 \pm 0,5$ cm medidos a partir do ápice.

Inicialmente as raízes das plântulas eram lavadas três vezes com água destilada, para remoção de resíduos provenientes do substrato de germinação, e cortadas em segmentos (com comprimento já descrito acima), que permaneciam em solução de CaSO_4 a 0,5 mM, por um período o mais curto possível. Isto era feito para evitar a dessecação do material. A seguir secava-se cuidadosa e rapidamente com papel de filtro os segmentos, que eram então transferidos para um béquer onde recebiam o pré-tratamento (NEYRA e HAGEMAN, 1975; RAD e RAINS, 1976 ; IYER e SAXENA, 1977). Esse pré-tratamento induz o tecido e seu sistema de transporte ativo para o processo de absorção, melhorando os resultados de absorção, no sentido de facilitar a interpretação do processo. Para esse pré-tratamento eram utilizados 500 ml de solução de KNO_3 a mais ou menos 2,5 mM em tampão fosfato a 5 mM com pH 6,2 e 0,5 mM de CaSO_4 , sob forte aeração, à temperatura de 30 °C em banho-maria, por duas horas.

Após o pré-tratamento, os segmentos das raízes eram lavados com solução a 5 mM de CaSO_4 por dois minutos e em seguida com solução a 0,5 mM de CaSO_4 por 15 minutos com o objetivo de se eliminar os íons NO_3^- (nitrato) retidos na parede celular (EPSTEIN, 1975). Em seguida secava-se rapidamente com papel de filtro. Os segmentos de raízes eram então lavados em amostras com aproximadamente $0,15 \pm 0,05$ g, que eram transferidos imediatamente para os meios de absorção propriamente dito.

O meio de absorção constituiu-se de solução de KNO_3 em concentrações crescentes (0,20 - 0,35 - 0,50 - 1,00 - 1,50 mM) em tampão fosfato a 5 mM com pH 6,2 e contendo 0,5 mM de CaSO_4 .

O meio com as diferentes concentrações de nitrato era distribuído em béqueres (200 ml por béquer). Cada béquer era mantido sob forte aeração e a temperatura a 30 °C. Os segmentos permaneciam no meio por um período de três horas (tempo de absorção).

Terminado o tempo de absorção os segmentos das raízes eram retirados e lavados novamente com as soluções de CaSO_4 do modo já descrito. Em seguida, secava-se as amostras em papel de filtro, que eram então pesadas. Seguia-se a homogeneização do tecido usando almofariz, água destilada e SiCO_3 (carbonato de

sílica).

O homogenato era centrifugado a 1500 g. Aliquotas do sobrenadante eram utilizadas para a dosagem de NO_3^- .

A velocidade de absorção final era determinada pela diferença entre o conteúdo de NO_3^- total, determinado após o período de absorção de três horas e o conteúdo de nitrato após o pré-tratamento, por grama de peso fresco por hora.

Velocidade de absorção = NO_3^- total (pré-tratamento + período de absorção de três horas) - NO_3^- inicial (apenas pré-tratamento) e expressa em μmoles de NO_3^- por grama de peso fresco por hora.

Para se determinar o conteúdo de NO_3^- após o pré-tratamento, concomitantemente se realizava experimento paralelo em que os segmentos das raízes só sofriam pré-tratamento e imediatamente eram preparados para a dosagem de nitrato.

O número de repetições foi cinco.

A velocidade máxima de absorção (V_{max}) e a constante de Michaelis-Menten (K_m) foram obtidas através do método de LINEWEAVER-BURK (1934; in DAVIES *et al.*, 1964).

A velocidade máxima foi expressa em μmoles de NO_3^- por grama de tecido fresco por hora e a concentração de nitrato do K_m em milimolar.

3. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução não renovada.

Os grãos foram germinados em rolos de papel e quando o comprimento da raiz principal atingiu 10 ± 2 cm (cerca de 6 a 7 dias) as plântulas foram transferidas para vasos contendo solução nutritiva. O método utilizado baseou-se em FURLANI *et al.* (1984a). Vasos de plástico com tampa, com capacidade de 2,8 l foram revestidos com folha de alumínio e as tampas pintadas com tinta prateada. Isto foi feito para diminuir a infiltração de luz na solução nutritiva e evitar que ocorresse aquecimento excessivo. Essas tampas foram furadas: uma perfuração central de cerca de 2,5 cm de diâmetro e uma lateral de cerca de 0,5 cm de diâmetro. Na perfuração central introduziu-se um par de plântulas sustentado e protegido por um anel de esponja de nylon na região da

perfuração; na lateral foi introduzido um tubo de aeração.

As soluções nutritivas utilizadas são apresentadas na tabela 1. As concentrações de nitrogênio foram: 30 - 60 - 120 - 180 e 240 mg N/l, na proporção de uma parte de amônia para oito partes de nitrato. Essas soluções são as recomendadas por FURLANI et al. (1984a).

O pH inicial foi ajustado para $4,8 \pm 0,1$ com NaOH (hidróxido de sódio) a 0,1 N e registrado quatro vezes por semana. Foi reajustado entre 4,0 - 5,0 quando necessário, ou seja, quando o valor estava acima de 5,0. A manutenção do pH dentro desta faixa se fez necessária para evitar a deficiência de ferro (CLARK, 1982), e no caso de constatada, tal deficiência foi tratada com a adição de 1,0 ml de solução de Fe-EDTA diretamente nos vasos, até o desaparecimento do sintoma.

A solução foi continuamente arejada durante o decorrer do experimento e não foi renovada. O volume dos vasos (2,8 l) foi completado diariamente com água destilada. O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação com temperatura máxima de 35 °C e temperatura mínima de 23 °C, e umidade relativa ao redor de 50%.

As plantas foram coletadas com a idade de 27 dias (20 dias em solução nutritiva), quando sintomas de deficiência de N (nitrogênio) já eram detectados nas folhas mais velhas das plântulas, em alguns tratamentos. As plantas foram então lavadas com água destilada e separadas em lâminas foliares, caules + bainhas foliares e raízes e secas em estufa a 70 °C, por três dias, até secagem completa. A seguir, foram pesadas e medidas e as amostras submetidas à análise química de nitrogênio e nitrato.

Com esses dados determinou-se o peso da matéria seca de cada uma das três partes de cada planta e os seus respectivos teores de nitrogênio.

4. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução renovada diariamente

Foram utilizados grãos das linhagens Ip 48 e Ip 11. A germinação foi em rolos de papel e aos seis dias de idade as plantas foram transferidas para vasos com solução nutritiva.

Tabela 1 . Composição das soluções nutritivas utilizadas nos ensaios com plantas intactas, segundo CLARK (1982), com adaptações de FURLANI *et al.* (1984a).

Elementos (*)	Tratamentos (doses de N)				
	1	2	3	4	5
Miligrama do elemento/litro solução					
N-NO ₃	26,7	53,3	106,7	160,0	213,3
N-NH ₄	3,3	6,7	13,3	20,0	26,7
Ca	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
K	212,5	212,5	212,5	212,5	212,5
Mg	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5
P	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
S	83,2	83,2	83,2	68,3	68,3
Cl	416,0	356,4	237,6	151,8	33,0
Fe	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85
Mn	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Cu	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Zn	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
B	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mo	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

(*) O Fe foi adicionado na forma de Fe - EDTA; preparado com FeSO₄.7H₂O e Na - EDTA; os demais nutrientes foram adicionados na forma dos sais: Ca(NO₃)₂.4H₂O, KNO₃, K₂SO₄, KCl, NH₄NO₃, MgSO₄.7H₂O, MnCl₂.4H₂O, H₃BO₃, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O e (NH₄)₆ Mo₇O₂₄.4H₂O.

Seguiu-se a metodologia descrita no item anterior. Um par de plântulas foi colocado em vasos vedados contra a luz contendo 2,8 l de solução nutritiva nas seguintes concentrações de nitrogênio: 3, 12 e 24 mg por litro, que correspondem às respectivas concentrações de NO_3^- em mM: 0,20, 0,80 e 1,60, sendo que o Km de Ip 48 é 0,37 mM NO_3^- e o de Ip 11 0,22 mM NO_3^- . A composição da solução nutritiva correspondeu a um décimo da concentração dos tratamentos 1, 3 e 5 da tabela 1.

As soluções nutritivas foram renovadas diariamente, tentando-se com isso impedir o "stress" de deficiência, já que as concentrações de nitrogênio eram muito baixas, e também para manter as concentrações de nitrogênio dentro dos Km.

O pH foi ajustado para $4,8 \pm 0,1$ com NaOH a 0,1 N e as deficiências de ferro corrigidas com a adição de 1,0 ml de Fe-EDTA nas soluções que permaneceram sob contínua aeração. O experimento foi conduzido em casa de vegetação.

As plantas foram coletadas com 26 dias de idade (20 dias em solução nutritiva), quando foram observados sintomas de deficiência de nitrogênio. A seguir, foram lavadas com água destilada e separadas em três partes: lâminas foliares, caules + bainhas foliares e raízes. As partes assim separadas foram secas em estufa a 70 °C por três dias e então pesadas e moídas. Amostras foram utilizadas para determinação de nitrogênio e nitrato.

5. Determinações

a. Matéria seca

As plantas de milho foram separadas em três partes: lâminas foliares, caule + bainhas foliares e raízes (a secagem foi feita em estufa a 70 °C por três dias; foram feitas pesagens individuais). Matéria seca da parte aérea corresponde à soma do peso seco das lâminas foliares, bainhas e caules. A matéria seca da planta toda foi determinada pela soma do peso seco da parte aérea com o das raízes (matéria seca total).

b. Nitrato

As determinações de nitrato foram feitas de acordo com GALLO e LOTT (1965), com pequenas modificações.

O nitrato foi extraído homogeneizando-se o tecido fresco com 10 ml de água destilada e aproximadamente 100 mg de SiCO_3 . Após a homogeneização foi feita a centrifugação do extrato a 1500 g. Do sobrenadante foram retiradas alíquotas de 4 ml. Toda matéria orgânica contida na alíquota foi previamente oxidada a carbonato por reação com H_2O_2 (peróxido de hidrogênio). Após a evaporação (em banho-maria fervente) a amostra foi colocada na presença de 1 ml de ácido fenol-dissulfônico. A elevação do pH do meio foi feita com adição de 20 ml de NH_4OH (hidróxido de amônio) na proporção de 1 para 7, e as concentrações do composto nitro-benzênico formado foram avaliadas por dosagem colorimétrica a 420 nm, em espectrofotômetro Bausch-Lomb.

Para dosagem de nitrato em matéria seca obteve-se o extrato a partir da agitação por 60 minutos de 20 ml de água destilada contendo 100 mg de tecido seco, moído e homogeneizado. Após esse tratamento o extrato foi filtrado em papel de filtro e deste retirada alíquota de 4 ml para determinação de NO_3^- . As concentrações obtidas foram expressas em $\mu\text{moles NO}_3^-$ por grama de tecido. O conteúdo de NO_3^- representa, em μmoles , o valor para o peso total em gramas de cada parte da planta.

c. Teor de nitrogênio

Os teores de nitrogênio foram obtidos pela digestão por balão Kjeldahl e titulação, como descrito em BATAGLIA *et al.* (1983) e da determinação automatizada (auto-analisador II Technicon), pelo procedimento analítico descrito por BATAGLIA *et al.* (1983). O nitrogênio orgânico é convertido a sulfato de amônio, através da oxidação da matéria orgânica com H_2SO_4 (ácido sulfúrico) e H_2O_2 a quente. Na titulação a amônia é titulada com solução 0,07143 N de HCl (ácido clorídrico) e o teor de N assim determinado:

$$\% \text{ N} = V - V_b$$

onde

V = volume de solução de HCl 0,07143 N gasto na titulação da amostra e

V_b = volume da mesma solução para titulação da prova em branco.

Na análise automatizada (auto-analisador II Technicon) a amônia é determinada através da reação com fenol e hipoclorito em meio alcalino. A intensi-

dade da cor do composto indofenol formado é medida colorimetricamente a 630 nm.

A determinação de nitrogênio total por titulação serve como padrão para a automatizada e o cálculo se faz da seguinte forma:

$$\% N = f \times h$$

onde

$$f = (C_1 / h_1 + C_2 / h_2 + \dots + C_n / h_n) / n$$

sendo

$C_1, C_2, \dots, C_n$ = concentração de N nas n amostras - padrão e

$h_1, h_2, \dots, h_n$ = as respectivas alturas dos picos no auto-analisador e

h = altura dos picos das amostras.

A quantidade de matéria seca digerida por amostra foi de 200 mg, e para cada 10 amostras corridas no auto-analisador foram feitas 5 amostras - padrão por titulação. Foram feitas duas repetições para cada determinação. O teor de N foi determinado em 100 mg de tecido e expresso em porcentagem. O processo de digestão utilizado não permite a conversão do $N-NO_3$ para $N-NH_4^+$, mas somente do N-orgânico.

6. Dados derivados

a. Conteúdo de nitrogênio

Os dados de conteúdo de nitrogênio foram obtidos a partir do produto do teor de nitrogênio (%) pela quantidade de matéria seca (g) de cada parte da planta, sendo o resultado apresentado em mg, feitas as devidas transformações de unidades. Esclarece-se aqui que conteúdo de nitrogênio da planta toda refere-se à soma do conteúdo de nitrogênio das três partes da planta e que o conteúdo de nitrogênio da parte aérea corresponde à soma dos conteúdos de nitrogênio das lâminas foliares com o da região do caule e bainhas foliares. O conteúdo de nitrogênio da planta toda pode ser referido como conteúdo total de nitrogênio.

b. Conteúdo de nitrato

Os dados de conteúdo de nitrato foram obtidos a partir do produto dos valores da determinação de nitrato (μ moles por grama de peso seco) pelo peso seco (g) de cada parte da planta, sendo o resultado apresentado em μ moles.

c. Distribuição de nitrogênio na planta

Esses dados foram obtidos a partir da relação do conteúdo de nitrogênio da parte aérea com o conteúdo de nitrogênio das raízes através da divisão do primeiro pelo segundo. Tem-se assim idéia da distribuição de nitrogênio na parte aérea em relação às raízes.

d. Relação de eficiência

Os dados de relação de eficiência foram obtidos através da divisão da matéria seca da planta toda pelo conteúdo total de N. Ela expressa a quantidade de matéria seca produzida por unidade de N. A relação é direta, portanto, quanto maior a relação de eficiência, maior a utilização na produção de matéria seca, o que seria uma expressão de eficiência.

Para a sua determinação foi utilizada a seguinte expressão:

$$RE = \frac{\text{matéria seca total (g)}}{\text{conteúdo total N (mg)}} \cdot 1000$$

e. Relação nitrogênio-orgânico e nitrato

Os dados dessa relação foram obtidos através da divisão do conteúdo total de nitrogênio-orgânico pelo conteúdo de nitrato da planta, tentando-se expressar dessa forma a proporção de nitrogênio-orgânico em relação à de nitrato. Para tanto, os dados do conteúdo de nitrato foram convertidos no equivalente em nitrogênio em mg, daí a referência da relação em $N - NO_3$ para os valores do dividendo.

$$\text{Expressão} = \frac{\text{conteúdo total de N (mg)}}{\text{conteúdo total de N - NO}_3 \text{ (mg)}}$$

7. Heterose.

Os cálculos de heterose foram feitos através do emprego da seguinte expressão:

$$H = \frac{F1 - (P1 + P2) / 2}{(P1 + P2) / 2} \cdot 100$$

citada em LANDI e FAGIOLI (1983), onde

F1 = valor apresentado pela geração do cruzamento

P1 e P2 = valores apresentados pelos parentais.

Através dessa expressão pode-se dizer que ocorreu heterose, quando a F1 apresentar valores maiores que a média dos valores dos parentais. No caso, pode-se avaliar a grandeza deste efeito.

Logicamente, a ocorrência de heterose (resultado positivo ou heterose maior que zero) acentua ou melhora uma determinada característica ou parâmetro. Isso poderá ser benéfico ou não para F1. Se H for igual ou menor que zero, diz-se que não houve heterose, e o resultado ainda dá idéia do quanto os valores de F1 ficaram abaixo da média dos parentais.

8. Estudo do pH das soluções nutritivas

As determinações do pH das soluções nutritivas, tanto do experimento com as linhagens quanto com os híbridos, foram feitas através da leitura do mesmo a cada dois dias, durante o período que durou o experimento. Nesse ritmo foram registradas cerca de 10 leituras para cada experimento, sendo medido o pH das soluções em todos os vasos. Os dados representam a média de quatro repetições para cada dia de leitura nas cinco concentrações de N empregadas.

9. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados

a. Estudo com raízes destacadas

Para estes experimentos foram utilizadas cinco linhagens puras e seis híbridos (simples e duplos) de milho, em delineamento de blocos inteiramente casualizados, com cinco repetições. Cada genótipo foi submetido a cinco concentrações de nitrato.

Foram determinados os dados de velocidade de absorção em cada concentração, que foram submetidos à análise de variância simples e a DMS a 5% (Tukey) determinada de acordo com SNEDECOR (1962). Este tipo de análise foi adotado para se obter uma separação de genótipos, a mais rígida possível, tendo em

vista que o coeficiente de variação dos experimentos foi relativamente alto.

A V_{max} e K_m obtidos através do método de Lineweaver-Burk foram determinados por análise de regressão linear que forneceu os dados da equação da reta correspondente, baseado em SNEDECOR (1962). Dessa forma, temos $y = a + bx$, onde a (ponto de intersecção da reta com o eixo de y) determina o valor de $1/V_{max}$. O ponto de intersecção da reta com o eixo de x expressa o valor de $1/K_m$.

b. Estudo com plantas intactas

No estudo com solução nutritiva não renovada foram utilizadas cinco linhagens e seis híbridos de milho, em delineamento de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. Cada genótipo foi submetido a cinco concentrações de nitrogênio. Foram utilizados 100 vasos para as linhagens e 120 vasos para os híbridos. Para os experimentos com solução nutritiva renovada diariamente, cada genótipo era submetido a três concentrações de nitrogênio com quatro repetições. O experimento utilizou dois genótipos, 24 vasos e o delineamento foi de blocos ao acaso. Os dados foram submetidos à análise de variância fatorial, sendo calculada a DMS a 5% (Tukey). Para os dados apresentados nas tabelas 31 e 32, as repetições foram transformadas em raiz quadrada antes da análise de variância (SNEDECOR, 1962).

c. Estudo de correlação entre nitrogênio e matéria seca

Os resultados apresentados no item de correlação entre nitrogênio e matéria seca foram submetidos à análise de regressão linear. Para cada item analisado, no caso de linhagens, foram introduzidos cinco pontos (x, y) e no caso de híbridos, seis pontos, sendo que y correspondeu aos valores de matéria seca utilizados. Logo, a partir da análise foram determinados os coeficientes de correlação (r) e as equações da reta correspondente. A partir da equação da reta foram obtidos os valores do coeficiente de regressão (b) e portanto a inclinação da reta, podendo-se através dessas determinações verificar se a relação entre os dados foi direta (b e r maior que zero) ou inversa (b e r menor que zero). A análise de regressão linear foi feita baseada em SNEDECOR (1962).

Para facilidade de leitura, neste trabalho quando entre tratamentos

ou entre genótipos, expressões como "igual" ou "diferente", etc. forem usadas, estará sempre subentendida a expressão "estatisticamente" ou "significativamente"

RESULTADOS

I. Absorção de nitrato por raízes destacadas

O objetivo destes experimentos foi testar uma técnica que permitisse a detecção de genótipos eficientes (entre os escolhidos para este estudo) quanto à absorção de nitrato.

1. Determinação da velocidade de absorção

a. Linhagens puras

A tabela 2 mostra a velocidade de absorção, em 5 concentrações de nitrato, das linhagens puras Ip 11, Ip 48, SLP 103, Ip 366 e Ip 701.

Analisando os valores da velocidade de absorção, em relação às concentrações de nitrato (comparação vertical) observa-se que houve aumento na velocidade de absorção, entre todas as concentrações de nitrato apenas para a linhagem Ip 366. Para as demais linhagens houve aumento na velocidade de absorção entre as concentrações de 0,20 mM NO_3 e 0,35 mM NO_3 , com exceção de SLP 103, e entre as concentrações de 0,50 mM NO_3 e 1,00 mM NO_3 . Para Ip 701 e SLP 103 houve aumento também entre as concentrações de 1,00 mM NO_3 e 1,50 mM NO_3 .

A análise horizontal da tabela, comparativa entre os genótipos em cada concentração de NO_3 , mostra que as maiores velocidades de absorção foram apresentadas por Ip 11 e Ip 366, em todas as concentrações de nitrato. As menores velocidades foram apresentadas por Ip 701 e Ip 48. Para SLP 103 os resultados foram variáveis.

b. Híbridos simples e duplos

TABELA 2 - Velocidade de absorção por raízes destacadas de linhagens puras de milho.

VELOCIDADE DE ABSORÇÃO (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)					
Nitrato mM	SLP 103	Ip 701	Ip 48	Ip 365	Ip 11
0,20	2,20	1,56	1,67	3,30	3,50
0,35	2,26	2,68	2,21	3,93	4,67
0,50	3,25	2,51	2,48	4,48	4,76
1,00	3,81	3,55	3,80	5,60	5,86
1,50	4,62	4,06	3,70	6,70	6,25

DMS 5% (Tukey) = 0,48 (horizontal e vertical).

Os dados são apresentados na tabela 3. Pela análise vertical da tabela pode-se verificar que em relação às concentrações de NO_3 , houve aumento na velocidade de absorção entre todas as concentrações, para HD 7974, HS 1227 e HD AG401. Para HS 7777 e HD C111 não houve aumento apenas entre as concentrações de 0,20 e 0,35 mM NO_3 e para HD C501 entre as concentrações de 0,35 e 0,50 mM NO_3 .

Quanto à análise horizontal, comparando-se genótipos em cada concentração de NO_3 pode ser visto que HD C501 e HD AG401 apresentaram as maiores velocidades de absorção, em todas as concentrações. As menores velocidades foram apresentadas por HS 7777 na maioria das concentrações.

Pelos resultados obtidos pode ser concluído que em relação às concentrações de NO_3 utilizadas as linhagens apresentaram variação em suas respostas, não havendo aumento nos valores de velocidade entre a maior parte das concentrações, para a maioria das linhagens. Quanto aos híbridos verifica-se que houve aumento de velocidade entre a maior parte das concentrações, para todos os híbridos.

A comparação entre os genótipos em cada concentração de NO_3 mostra que entre as linhagens, Ip 11 e Ip 365 apresentaram as maiores velocidades de absorção e Ip 701 e Ip 48 as menores. Entre os híbridos HD C501 e HD AG401 apresentaram as maiores velocidades e HS 7777 as menores.

2. Determinação da velocidade máxima de absorção (V_{max}) e K_m

a. Linhagens puras

Os dados são apresentados na tabela 4. Pela análise estatística dos dados da tabela verifica-se que as maiores velocidades máximas de absorção foram apresentadas por Ip 365 e Ip 11. As menores V_{max} foram apresentadas por SLP 103 e Ip 48. Para Ip 701, V_{max} apresentou valor intermediário.

Quanto ao K_m verifica-se que Ip 365 e Ip 11 apresentaram os menores valores e Ip 701 o maior. Para SLP 103 e Ip 48 os valores de K_m foram intermediários.

TABELA 3 - Velocidade de absorção por raízes destacadas de híbridos simples e híbridos duplos de milho.

VELOCIDADE DE ABSORÇÃO (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)						
Nitrato mM	HD7974	HS7777	HS1227	HD AG401	HD C501	HD C111
0,20	2,56	2,63	2,31	3,61	3,73	3,12
0,35	3,35	2,90	3,41	4,21	4,48	3,43
0,50	4,01	3,64	4,13	4,93	4,87	3,79
1,00	5,04	4,85	5,07	5,41	6,33	4,79
1,50	6,74	5,52	5,89	7,42	7,29	5,72

DMS 5% (Tukey): concentração de $\text{NO}_3^- = 0,43$ (vertical)
 genótipos = 0,49 (horizontal)

TABELA 4 - Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas de linhagens puras de milho.

LINHAGENS	Vmax (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Km (mM)
SLP 103	4,93	0,31
Ip701	5,46	0,48
Ip48	4,69	0,37
Ip365	6,98	0,24
Ipl1	7,14	0,22

DMS 5% (Tukey): Vmax= 2,01
Km= 0,22

b. Híbridos simples e duplos

A tabela 5 mostra os valores de V_{max} e K_m para os 6 híbridos estudados. A análise dos dados da tabela mostra que em termos de V_{max} HD 7974, HS 1227 e HD C501 apresentaram os maiores valores. Os menores valores foram apresentados por HS 7777 e HD C111. Para HD AG401 o valor de V_{max} foi intermediário.

Em termos de K_m observa-se que HD C111 apresentou o menor valor e HD 7974 e HS 1227 os maiores. Os demais genótipos apresentaram valores de K_m intermediários.

c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais

Aqui são estudados o híbrido duplo HD 7974 e seus parentais HS 7777 e HS 1227.

Pela análise estatística dos dados da tabela 6 e figura 1 verifica-se que em termos de V_{max} HD 7974 e HS 1227 apresentaram os maiores valores, sem diferenças entre si. HS 7777 apresentou o menor valor. Observe-se com relação a isso, a coincidência das retas de HD 7974 e HS 1227 que apresentam o mesmo ponto de intersecção no eixo de y, na figura 1.

Em termos de K_m não houve diferença significativa pelo teste Tukey (0,05) entre os genótipos, embora pela figura 1 observa-se uma distinção entre os pontos de intersecção com o eixo de x.

d. Híbridos simples e seus parentais

Aqui são analisados os híbridos simples HS 7777 e seus parentais Ip 701 e SLP 103, e HS 1227 e seus parentais Ip 365 e Ip 48.

A análise da tabela 7 e figura 2 mostra que, em termos de V_{max} , não houve diferença significativa entre os genótipos, bem como em termos de K_m , embora se verifique, pela figura 2, distinções entre os pontos de intersecção tanto com o eixo de x, quanto com o eixo de y.

Pela análise da tabela 8 e figura 3 verifica-se que em termos de V_{max} HS 1227 e Ip 365 apresentaram os maiores valores, sem diferenças entre si. O menor valor foi apresentado por Ip 48. Na figura 3 estão indicados os pontos de

TABELA 5 - Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas de híbridos simples e híbridos duplos de milho.

HÍBRIDOS	Vmax (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Km (mM)
HD7974	8,12	0,53
HS 7777	5,90	0,28
HS 1227	7,89	0,50
HD AG401	7,15	0,21
HD C501	7,70	0,23
HD C111	5,60	0,18

DMS 5% (Tukey): Vmax= 1,62

Km= 0,32

TABELA 6 - Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas do híbrido duplo HD7974 de milho e seus parentais.

GENÓTIPOS	Vmax (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Km (mM)
HD7974	8,12	0,53
HS7777	5,90	0,28
HS1227	7,90	0,50

DMS 5% (Tukey) : Vmax = 1,62

Km = 0,32

Figura 1 . Comportamento do híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais
HS 7777 e HS 1227, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.

HD 7974 ●

HS 7777 ○

HS 1227 ▲

Figura 1

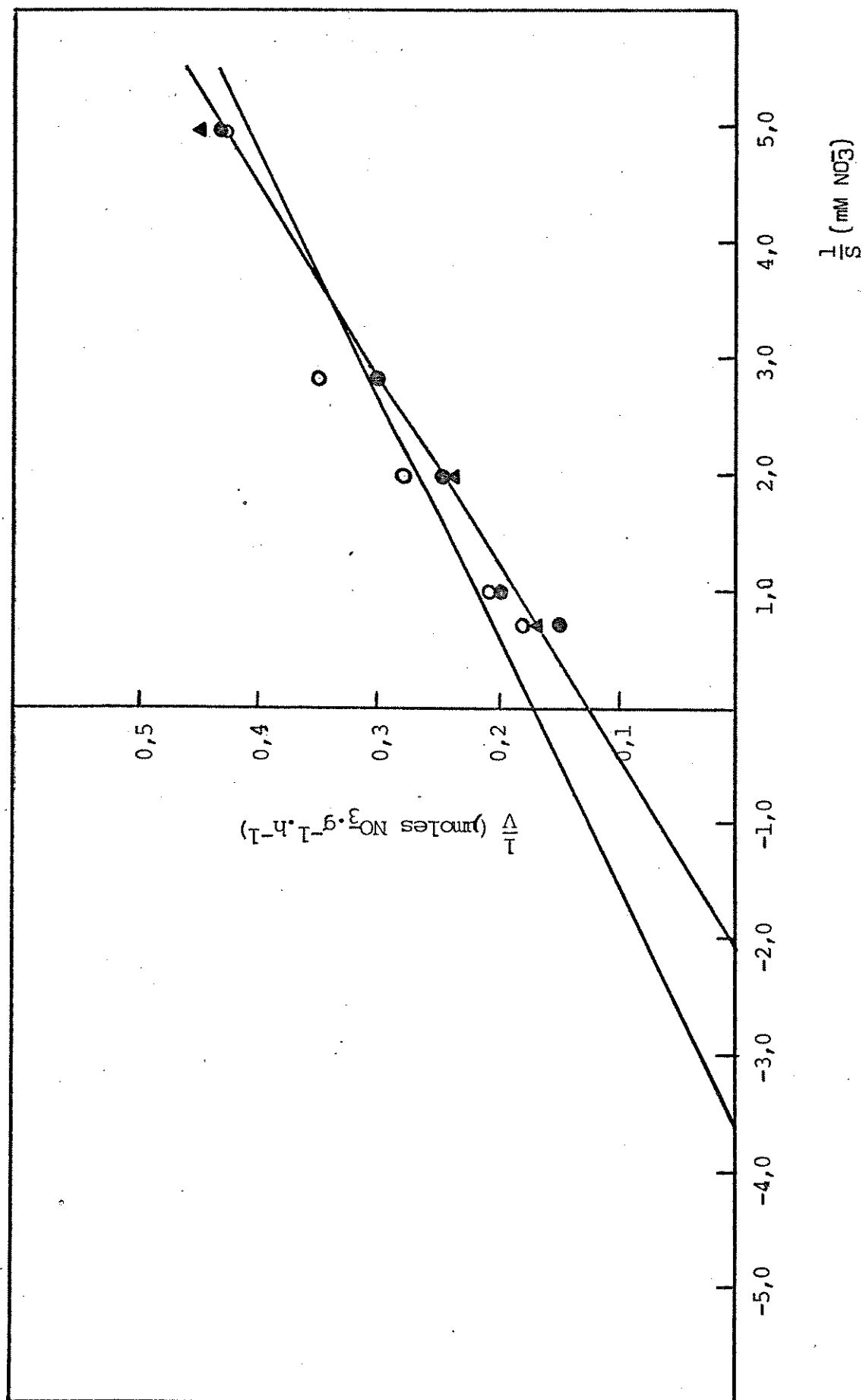


TABELA 7 - Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas do híbrido simples HS7777 de milho e seus parentais.

GENÓTIPOS	Vmax (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Km (mM)
HS7777	5,90	0,28
SLP 103	4,93	0,31
Ip701	5,46	0,48

$V_{\max} = F_{5\%} \text{ n.s.}$
 $K_m = F_{5\%} \text{ n.s.}$

Figura 2 . Comportamento do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais SLP 103 e Ip 701, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.

HS 7777 ●

Ip 701 ▲

SLP 103 ○

Figura 2

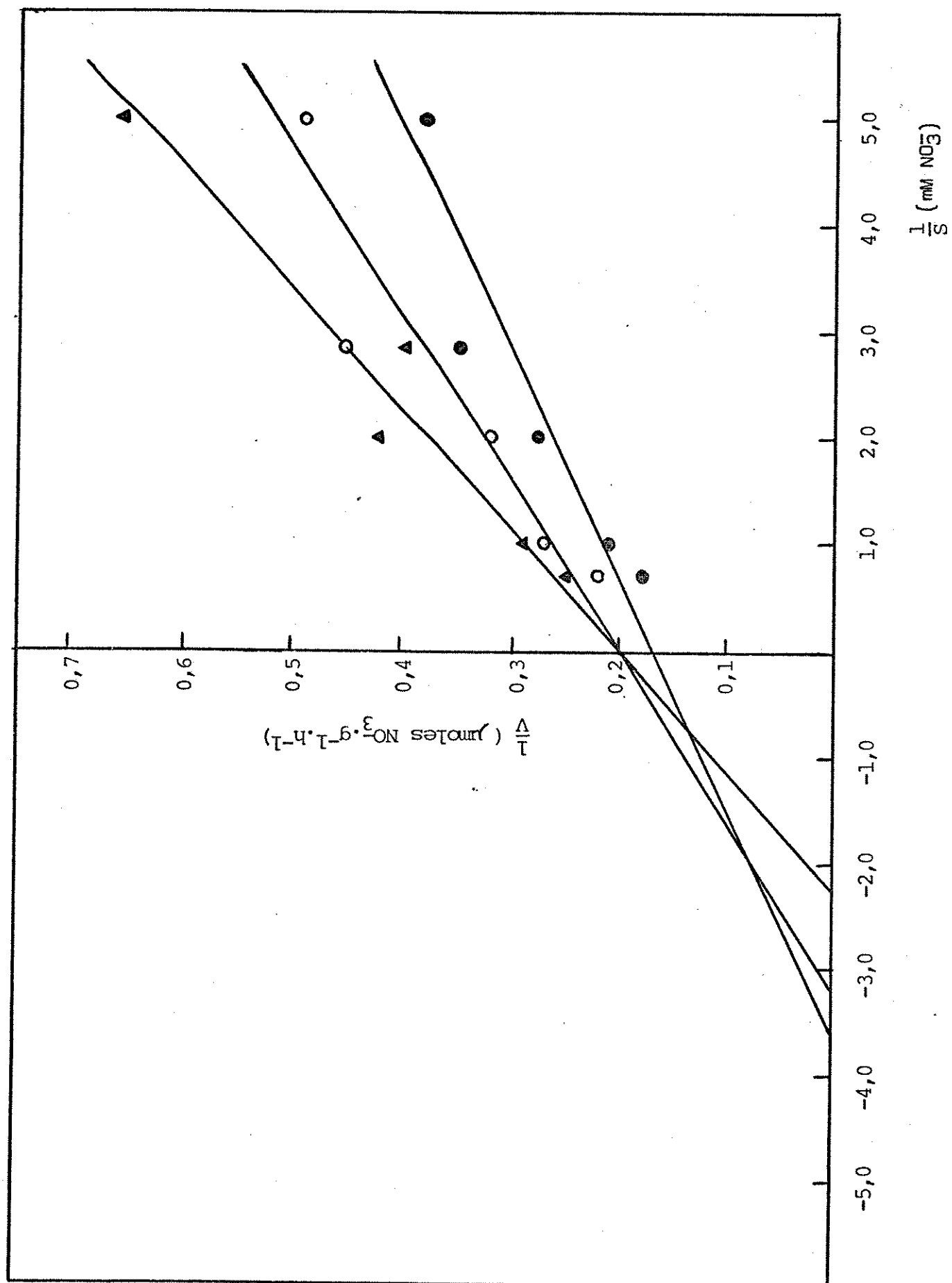


TABELA 8 - Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas do híbrido simples HS1227 de milho e seus parentais.

GENÓTIPO	Vmax (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Km (mM)
HS1227	7,89	0,50
Ip48	4,69	0,37
Ip365	6,98	0,24

DMS 5% (Tukey) : Vmax = 1,64

Km = 0,19

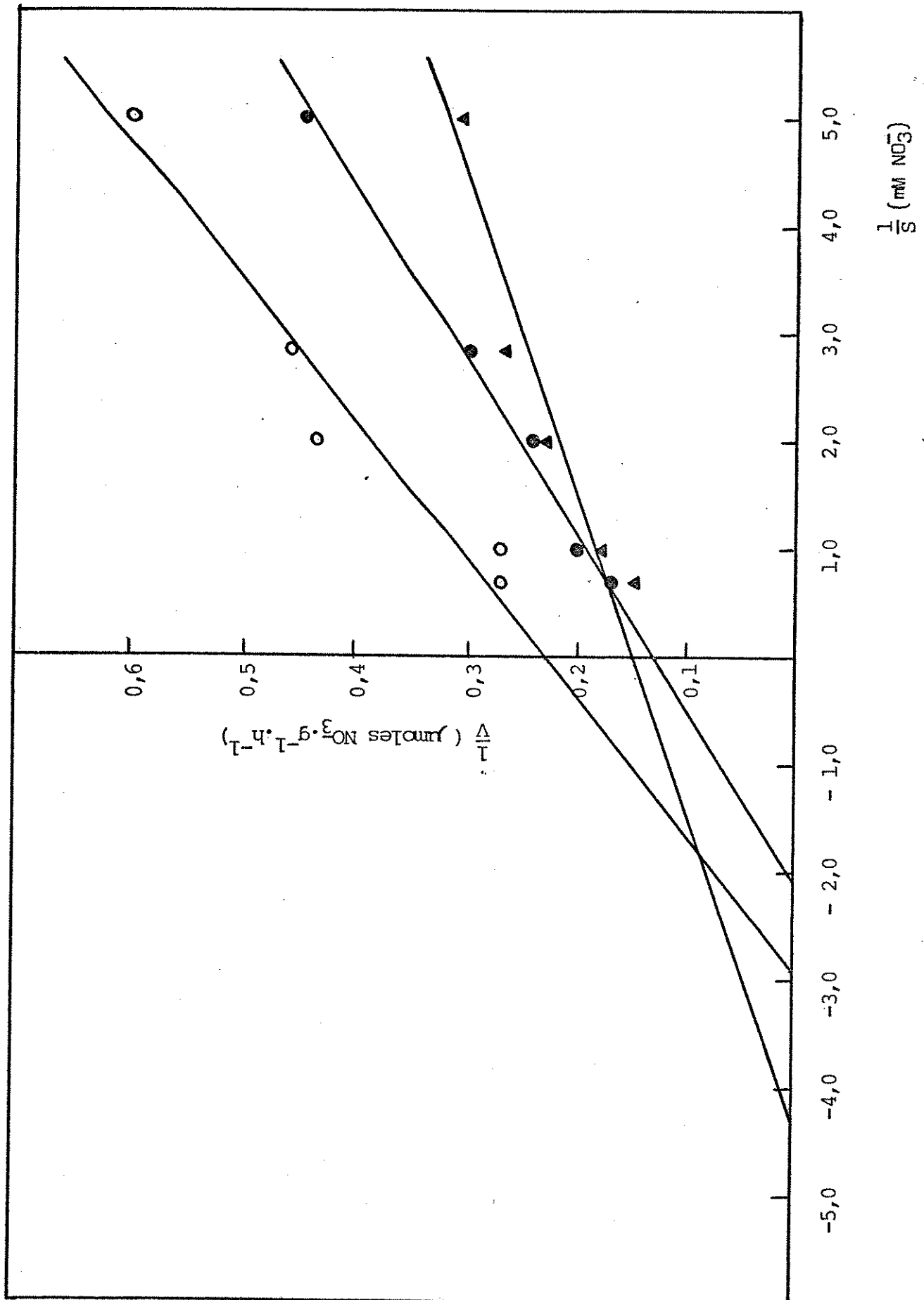
Figura 3 . Comportamento do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais Ip 365 e Ip 48, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.

HS 1227 ●

Ip 365 ▲

Ip 48 ○

Figura 3



intersecção de y para HS 1227 e Ip 365.

Em termos de Km, verifica-se que HS 1227 apresentou o maior valor, Ip 365 o menor e Ip 48 apresentou valor de Km intermediário. Observa-se na figura 3 a distinção entre os pontos de intersecção com o eixo de x.

e. Híbridos duplos

Aqui são analisados os híbridos duplos comerciais HD 7974, HD C111, HD C501 e HD AG401. Os dados são apresentados na tabela 9 e figura 4.

Pela análise dos dados obtidos verifica-se que em termos de Vmax, HD 7974 e HD C501 apresentaram os maiores valores e HD C111 o menor. Para HD AG401 o valor de Vmax foi intermediário. Observa-se na figura 4 a coincidência no ponto de intersecção com o eixo de y para HD 7974 e HD C501, bem como a distinção entre os demais pontos.

Em termos de Km, verifica-se que HD C111 apresentou o menor valor e HD 7974 o maior. Os outros dois genótipos apresentaram valores intermediários. Esse resultado pode ser confirmado pela figura 4, através dos pontos de intersecção das retas com o eixo de x.

Pelos resultados obtidos verifica-se que, em termos de Vmax, Ip 365 e Ip 11, entre as linhagens, apresentaram os maiores valores e, entre os híbridos, HD 7974, HS 1227 e HD C501. Os menores valores de Vmax, entre as linhagens, foram apresentados por Ip 48 e SLP 103, entre os híbridos, por HS 7777 e HD C111.

Em termos de Km o maior valor apresentado, entre as linhagens, foi por Ip 701 e, entre os híbridos, por HD 7974 e HS 1227. Os menores valores de Km, entre as linhagens, foram apresentados por Ip 365 e Ip 11 e, entre os híbridos, por HD C111.

Logo, entre as linhagens, os genótipos que apresentaram as maiores Vmax apresentaram os menores Km. Entre os híbridos, o genótipo que apresentou menor Vmax apresentou menor Km. Os genótipos que apresentaram maior Vmax apresentaram também os maiores Km.

II. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução nutritiva não renovada

TABELA 9 - Vmax e Km da absorção de nitrato por raízes destacadas de híbridos duplos de milho.

GENÓTIPOS	Vmax (μ moles $\text{NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Km (mM)
HD7974	8,12	0,53
HD AG401	7,15	0,21
HD G501	7,70	0,23
HD G111	5,60	0,18

DMS 5% (Tukey) : Vmax = 1,62

Km = 0,32

Figura 4 . Comportamento de quatro híbridos duplos de milho, segundo a transformação de Lineweaver-Burk.

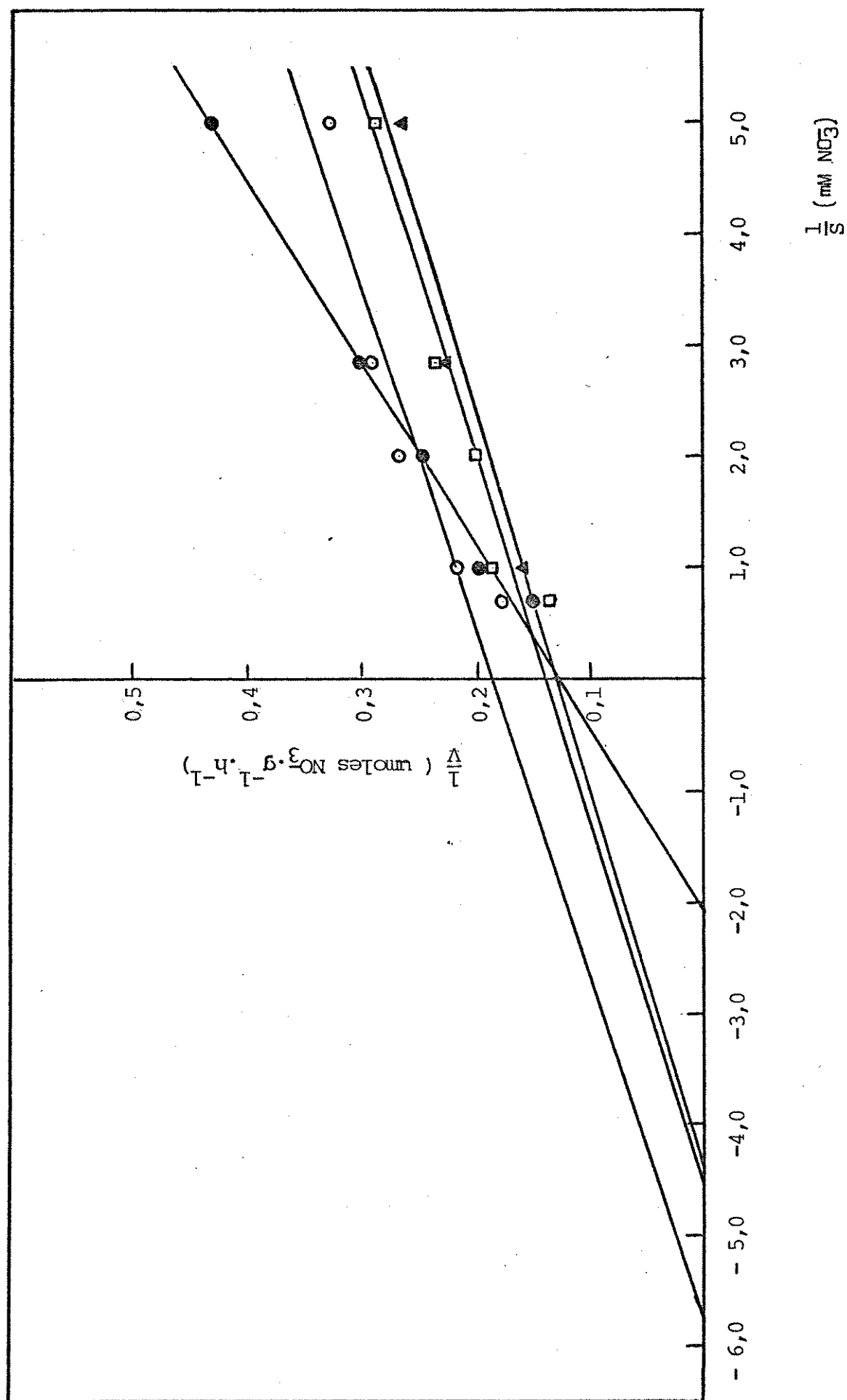
HD 7974 ●

HD C501 ▲

HD C111 ○

HD AG401 □

Figura 4



Estes experimentos foram realizados com o objetivo de se testar um outro tipo de metodologia, que permitisse a detecção de eficiência na absorção e utilização de nitrogênio entre os genótipos estudados. Foram utilizadas linhagens puras (Ip 11, Ip 48, SLP 103, Ip 365 e Ip 701), híbridos simples (HS 1227 e HS 7777) e híbridos duplos (HD 7974, HD C501, HD C111 e HD A5401).

1. Determinação da matéria seca

a. Linhagens puras

a₁. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 10. Pela análise vertical da ta bela, em relação às concentrações de N, verifica-se que houve grande variação entre os resultados apresentados pelas linhagens. Com exceção de Ip 48, houve aumento nos pesos secos entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l para todas as linhagens. Não houve aumento a partir da concentração de 120 mg N/l para to das as linhagens.

Quanto à análise comparativa dos genótipos em cada concentração (análise horizontal) verifica-se que os genótipos Ip 11 e Ip 48, na maioria das con concentrações, apresentaram dados que os diferenciaram das demais linhagens, com respectivamente as maiores e menores quantidades de matéria seca. Cabe observar que as demais linhagens apresentaram respostas variáveis.

a₂. Raízes

Pela tabela 10 em relação às concentrações de N, verifica-se que foram muito variáveis as respostas das linhagens, não sendo possível a definição de um padrão de comportamento.

Quanto à comparação dos genótipos em cada concentração de N, observa-se que em todas as concentrações SLP103 apresentou os valores mais altos de ma matéria seca e Ip 48 os menores. O comportamento das demais linhagens foi variá vel.

Tabela 10 - Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda em cinco linhagens puras de milho.

conco. de N mg/l	Matéria seca (g)				
	Ip 701	SLP 103	Ip 365	Ip 48	Ip 11
	Parte aérea				
30	3,58	4,29	3,96	3,21	4,60
60	5,08	6,61	5,60	3,53	6,79
120	7,24	6,99	6,39	4,11	7,69
180	6,46	7,20	5,90	4,39	8,03
240	6,74	7,28	5,86	4,37	7,35
DMS _{5%} (Tukey) 0,58 (conco. de N e genótipos)					
	Raízes				
30	1,91	2,56	1,48	1,42	1,28
60	1,89	3,12	1,69	1,15	1,62
120	2,61	3,20	2,15	1,35	2,22
180	2,19	3,24	1,91	1,40	2,16
240	2,74	3,77	1,87	1,28	2,14
DMS _{5%} (Tukey) 0,28 (conco. de N e genótipos)					
	Planta toda				
30	5,48	6,85	5,44	4,62	5,88
60	6,97	9,72	7,29	4,68	7,74
120	9,85	10,18	8,54	5,46	9,91
180	8,65	10,44	7,81	5,80	10,20
240	9,48	11,05	7,73	5,65	9,50
DMS _{5%} (Tukey) 0,77 (conco. de N e genótipos)					

a₃. Planta toda

Pela tabela 10 e figura 5 verifica-se que o comportamento das linhagens foi muito variável em termos de matéria seca total, em relação às concentrações de N.

A análise comparativa dos genótipos, em cada concentração de N, revela que Ip 48 apresentou, em todas as concentrações, as menores quantidades de peso seco, enquanto que SLP 103, na maioria das concentrações, apresentou os maiores valores. O comportamento das demais linhagens foi variável.

Portanto, para parte aérea, raízes e planta toda, a linhagem que apresentou as menores quantidades de matéria seca foi Ip 48 em todas as concentrações de N estudadas. Para a maioria dos casos, SLP 103 apresentou as maiores quantidades de matéria seca, sendo exceção a parte aérea, onde Ip 11 apresentou na maioria das concentrações valores maiores que SLP 103.

Com relação às concentrações de N, apesar da grande variação nas respostas, pode-se observar que a tendência entre as linhagens foi a de não haver aumento entre as duas últimas concentrações na maioria dos casos.

b. Híbridos simples e duplos

b₁. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 11. Pela análise estatística da tabela verifica-se que, em relação às concentrações de N (análise vertical), a maioria dos híbridos apresentou aumento na quantidade de matéria seca entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l.

Quanto à análise comparativa entre genótipos em cada concentração de N (análise horizontal) observa-se que HS 1227 apresentou, em todas as concentrações os menores valores de matéria seca, enquanto que HD C501 apresentou, na maioria das concentrações, os maiores valores.

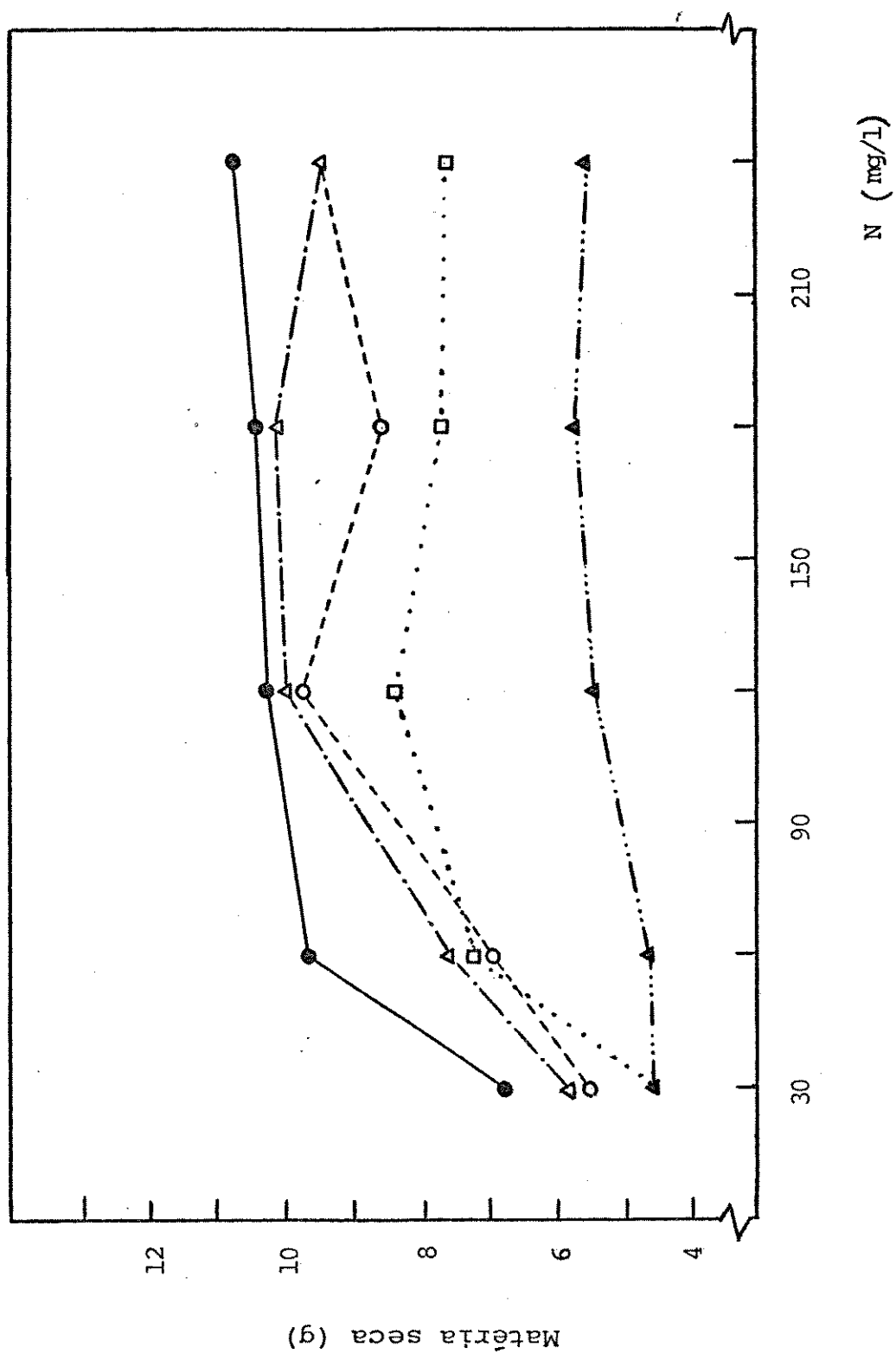
b₂. Raízes

Pela tabela 11 verifica-se que, em relação às concentrações de N, os

Figura 5 . Matéria seca da planta toda de cinco linhagens puras de milho,
mantidas em concentrações crescentes de nitrogênio.

SLP 103 ●—
Ip 701 ○--
Ip 365 □...
Ip 48 ▲—...
Ip 11 △—.—

Figura 5



híbridos apresentaram variação nas respostas, não sendo possível o estabelecimento de um padrão entre os genótipos.

Quanto à comparação entre os genótipos, em cada concentração de N, observa-se que o híbrido simples HS 1227 se diferencia dos demais, na maioria das concentrações apresentando as menores quantidades de matéria seca, enquanto que HD C501 aparece sempre entre os híbridos que maior quantidade de matéria seca apresentaram. Os demais genótipos apresentaram resultados variáveis.

b₃. Planta toda

A análise da tabela 11 e da figura 6 mostra que, em relação às concentrações de N, os resultados variaram. Acima da concentração de 120 mg N/l alguns híbridos apresentaram redução na produção de matéria seca.

A análise entre os genótipos, em cada concentração de N, indica que em termos de matéria seca da planta toda, o híbrido simples HS 1227 se diferencia de todos os híbridos, em todas as concentrações, apresentando os menores valores de matéria seca; já HD C 501 aparece na maioria das concentrações de N com a maior quantidade de matéria seca. Os outros híbridos apresentaram variação em seus comportamentos.

Os resultados obtidos mostram que para os híbridos, de maneira geral, o aumento das concentrações de N não levou necessariamente a um aumento na quantidade de matéria seca em todos os casos estudados. Verifica-se apenas que houve um aumento entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l, sendo que a tendência na maioria dos casos foi a de não haver aumentos significativos entre as 3 últimas concentrações de N.

Para a parte aérea, raízes e planta toda observa-se que HS 1227 apresentou sempre as menores quantidades de matéria seca, as maiores quantidades foram apresentadas por HD C501 na maioria das concentrações de N. Os híbridos restantes de maneira geral se intercalaram com valores intermediários. Pela figura 6 pode-se também observar que a concentração que permitiu melhor ou maior distinção entre os híbridos foi a de 120 mg N/l.

c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais

Figura 6 . Matéria seca da planta toda de híbridos simples e híbridos duplos de milho, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HS 7777 □ ---

HS 1227 ■ ---...

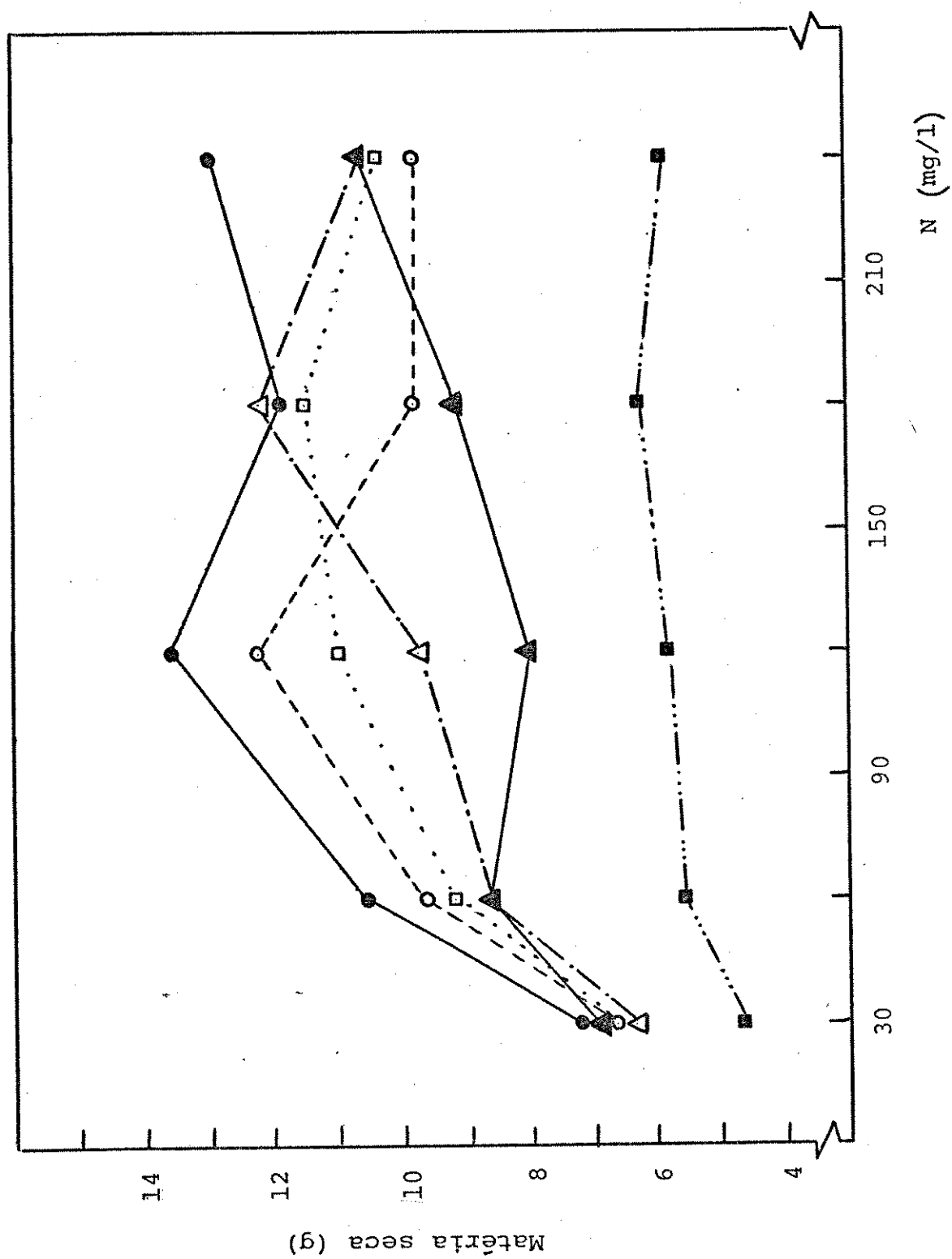
HD 7974 ○ --

HD C501 ● —

HD C111 ▲ —

HD AG401 △ — .

Figura 6



Aqui são comparados HD 7974 e seus parentais HS 1227 e HS 7777.

c₁. Parte aérea

A análise vertical da tabela 11, mostra que em relação às concentrações de N, HS 7777 e HD 7974 apresentaram aumento nos valores de matéria seca entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Para HS 1227 não houve aumento a partir da concentração de 60 mg N/l.

A análise horizontal, comparativa entre os genótipos, indica HS 1227 com os menores valores de peso seco em todas as concentrações de N testadas, sendo que HS 7777 e HD 7974 apresentaram os valores maiores, sem diferenças entre si.

c₂. Raízes

Pela análise vertical da tabela 11, verifica-se que com relação às concentrações de N, HS 1227 não apresentou nenhum aumento na quantidade de matéria seca entre as concentrações. Os demais genótipos apresentaram respostas variáveis.

Pela análise horizontal, comparativa entre os genótipos, em cada uma das concentrações de N, verifica-se que HS 1227 apresentou em todas as concentrações valores de peso seco menores. Os maiores valores foram apresentados por HD 7974 e HS 7777 com pouca distinção entre os dois genótipos.

c₃. Planta toda

Pela análise vertical da tabela 11 e horizontal da figura 7 verifica-se que em relação às concentrações de N testadas, apenas HD 7974 e HS 7777 apresentaram aumento na quantidade de matéria seca entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento nos valores, a partir da concentração de 120 mg N/l para os 3 genótipos.

Pela análise comparativa entre os genótipos, em cada concentração de N, observa-se que HS 1227 apresentou em todas as concentrações os menores valores de peso seco. Os outros 2 genótipos apresentaram os maiores valores, sem diferenças significativas entre si, na maioria das concentrações.

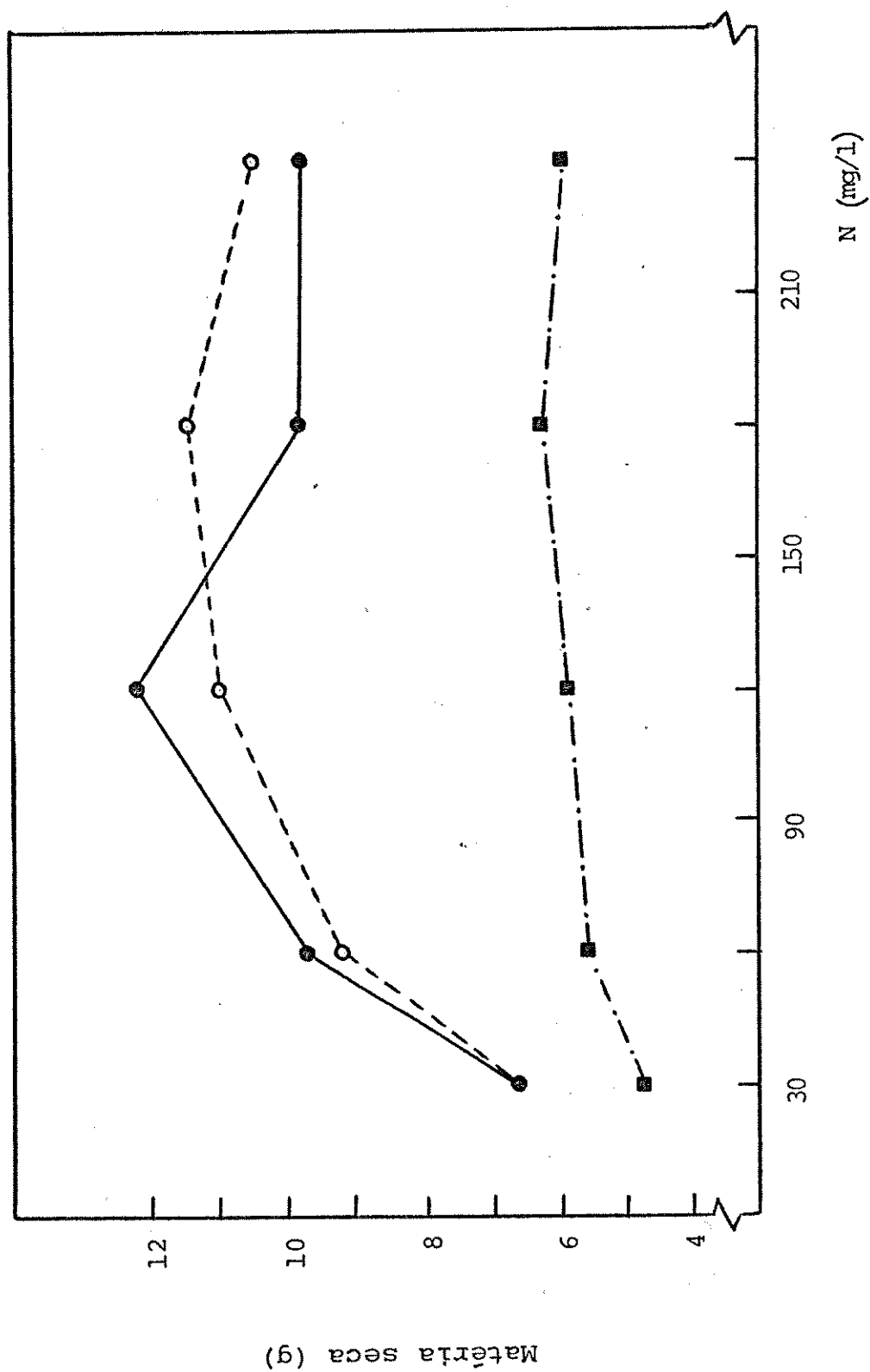
Figura 7 . Matéria seca da planta toda do híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais HS 7777 e HS 1227, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HD 7974 ●—

HS 7777 ○--

HS 1227 ■—

Figura 7



Os resultados obtidos mostram que para a planta toda, parte aérea e raízes, HS 1227 apresentou as menores quantidades de matéria seca em todas as concentrações de N estudadas. Por outro lado, HD 7974 e HS 7777 apresentaram as maiores quantidades de matéria seca, sem diferenças entre si.

Pela figura 7 fica claro que o híbrido duplo HD 7974 se diferencia apenas de seu parental HS 1227 em termos de quantidade de matéria seca da planta toda, em todas as concentrações de N testadas.

d. Híbridos simples e seus parentais

Aqui são estudados o híbrido HS 7777 e seus parentais Ip 701 e SLP 103 e o híbrido HS 1227 e seus parentais Ip 48 e Ip 365.

d₁. Parte aérea

Pela análise vertical da tabela 12 verifica-se que, em relação às concentrações de N, com exceção de SLP 103, os demais genótipos apresentaram aumento nas quantidades de matéria seca entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento entre as concentrações de 120 e 240 mg N/l para os 3 genótipos.

Pela tabela 13 verifica-se que em relação às concentrações de N, com exceção de Ip 48, houve aumento nas quantidades de matéria seca entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l. Não houve aumento entre as concentrações de 120 e 240 mg N/l para os 3 genótipos.

Quanto à análise horizontal, comparando-se os genótipos em cada concentração de N, pela tabela 12 verifica-se que não foi possível a distinção de nenhum dos 3 genótipos quanto aos valores de matéria seca, em todas as concentrações de N testadas. Pela tabela 13 verifica-se que Ip 365 apresentou em todas as concentrações de N os maiores valores de peso seco. Os menores valores foram apresentados por HS 1227 e Ip 48 que não apresentaram diferenças entre si.

d₂. Raízes

Quando se analisa verticalmente a tabela 12 verifica-se que em relação às concentrações de N, com exceção de Ip 701, houve aumento nas quantidades

Tabela 12 - Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais.

conc. de N mg/l	Matéria seca (g)		
	HS 7777	Ip 701	SLP 103
Parte aérea			
30	4,31	3,58	4,29
60	6,38	5,08	6,61
120	7,97	7,24	6,99
180	7,28	6,46	7,20
240	7,08	6,74	7,28
DMS5%(Tukey): conc. de N= 0,71 genótipos= 0,85			
Raízes			
30	2,29	1,91	2,56
60	2,80	1,89	3,12
120	3,01	2,61	3,20
180	4,19	2,19	3,24
240	3,38	2,74	3,77
DMS5%(Tukey): conc. de N= 0,38 genótipos= 0,42			
Planta toda			
30	6,60	5,48	6,85
60	9,17	6,97	9,72
120	10,98	9,85	10,18
180	11,47	8,65	10,44
240	10,46	9,48	11,05
DMS5%(Tukey): conc. de N= 1,00 genótipos= 1,10			

-Tabela 13 - Matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais.

conc. de N mg/l	Matéria seca (g)		
	HS 1227	Ip 365	Ip48
Parte aérea			
30	3,27	3,96	3,21
60	4,15	5,60	3,53
120	4,42	6,39	4,11
180	4,63	5,90	4,39
240	4,55	5,86	4,37
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 0,53 genótipos= 0,58			
Raízes			
30	1,39	1,48	1,42
60	1,40	1,69	1,15
120	1,52	2,15	1,35
180	1,67	1,91	1,40
240	1,46	1,87	1,29
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 0,27 genótipos= 0,30			
Planta toda			
30	4,66	5,44	4,62
60	5,55	7,29	4,68
120	5,94	8,54	5,46
180	6,29	7,81	5,80
240	6,01	7,73	5,65
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 0,76 genótipos= 0,83			

de matéria seca entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l para os demais genótipos. Nas demais concentrações as respostas dos 3 genótipos variaram.

Pela tabela 13 observa-se que em relação às concentrações de N, com exceção de Ip 48, houve aumento nas quantidades de matéria seca entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l para os outros 2 genótipos. Não houve aumento em nenhuma concentração para Ip 48 e para os outros 2 genótipos houve variação na resposta.

Quanto à análise horizontal, comparativa entre os genótipos, em cada concentração de N, verifica-se pela tabela 12 que as respostas do híbrido simples foi bastante variável, sendo que Ip 701 apresentou sempre os menores valores e SLP 103 os maiores.

Pela tabela 13 verifica-se que Ip 365 apresentou, na maioria das concentrações de N (exceção à concentração de 30 mg N/l), maiores quantidades de matéria seca. As menores quantidades foram apresentadas por Ip 48 e HS 1227 que não apresentaram diferenças significativas entre si.

d₃. Planta toda

Pela análise vertical da tabela 12 e horizontal da figura 8 verifica-se que, em relação às concentrações de N, houve aumento nas quantidades de matéria seca, entre as concentrações 30 e 60 mg N/l para os 3 genótipos. Nas demais concentrações as respostas variaram.

Pela tabela 13 e figura 9 observa-se que, com exceção Ip 48, houve aumento nas quantidades de matéria seca entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l para os outros 2 genótipos. Nas outras concentrações o comportamento dos 3 genótipos foi variável.

Quanto à análise comparativa entre os genótipos, verifica-se pela tabela 12 e figura 8 que Ip 701 apresentou em todas as concentrações os menores valores de peso seco. Os maiores valores de peso seco foram apresentados por SLP 103 e HS 7777 na maioria das concentrações, sem diferenças entre si.

Pela tabela 13 e figura 9 verifica-se que, com exceção da concentração de 30 mg N/l, onde não houve distinção entre os 3 genótipos. Os maiores valores foram apresentados por Ip 365. Ip 48 apresentou os menores valores de peso seco, sem diferenças com HS 1227 na maior parte das concentrações.

Figura 8 . Matéria seca da planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais Ip 103 e Ip 701, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HS 7777 Δ —.

SLP 103 $\bullet$ —

Ip 701 $\circ$ --

Figura 8

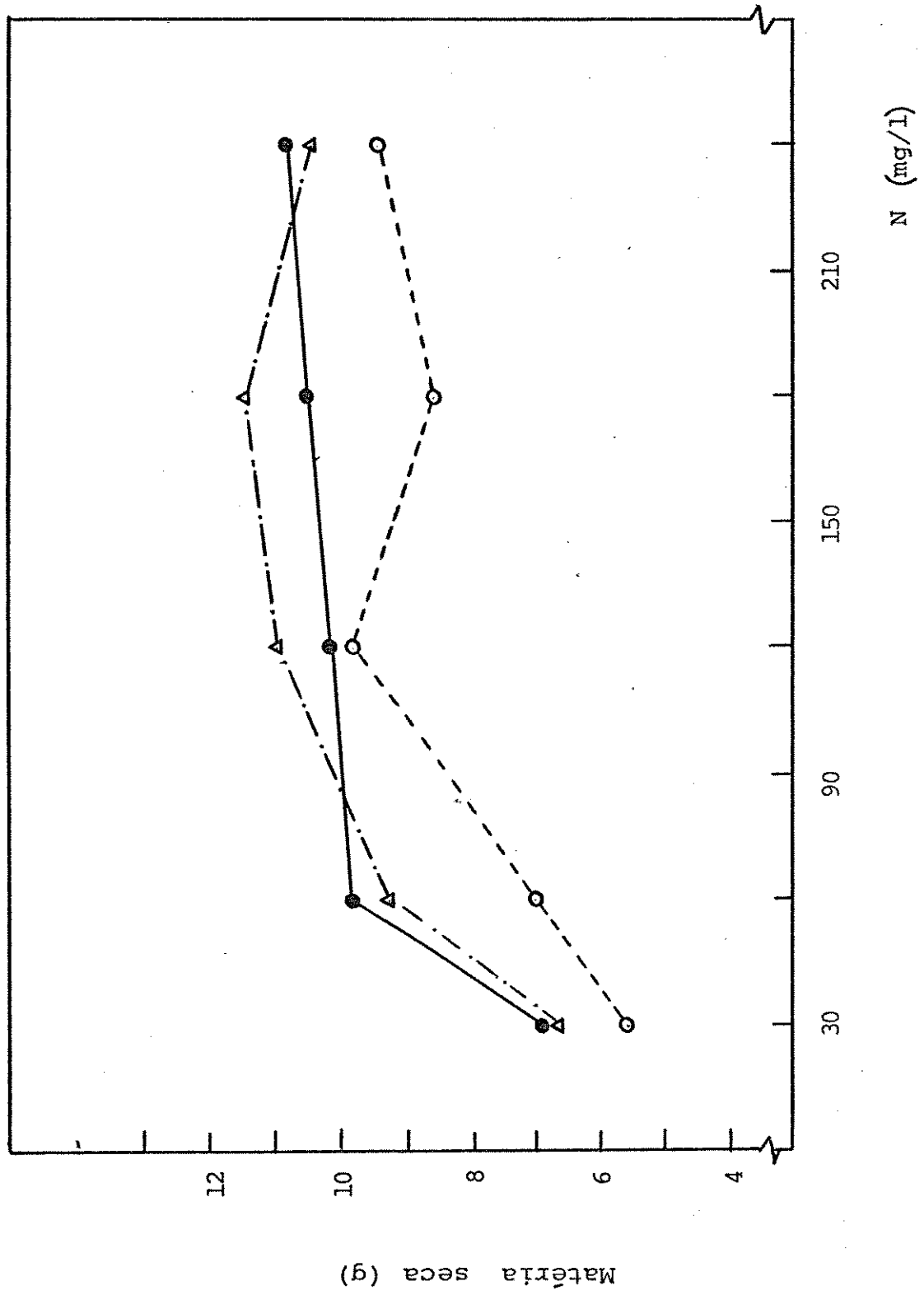


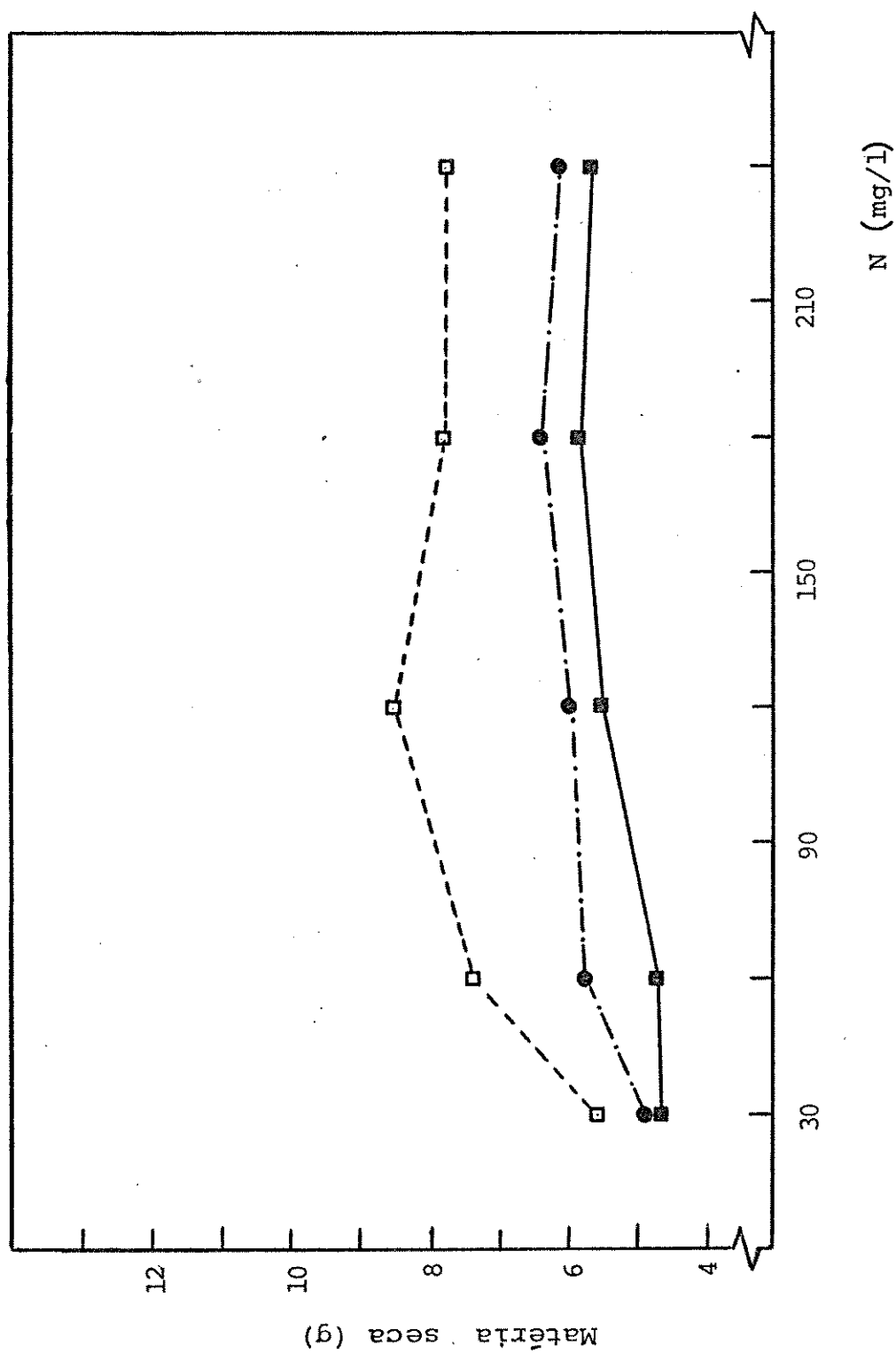
Figura 9 . Matéria seca da planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais Ip 365 e Ip 48, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HS 1227 ●——.

Ip 365 □ — —

Ip 48 ■——

Figura 9



Pelos resultados obtidos para o híbrido simples HS 7777 e seus parentais verifica-se que, em relação ao aumento de N nas concentrações testadas, não houve um aumento na quantidade de matéria seca correspondente sendo bastante variável o comportamento dos 3 genótipos. Em todos os casos apenas o aumento de matéria seca entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l foi detectado. Para HS 1227 e seus parentais tem-se que novamente apenas houve aumento na quantidade de matéria seca entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l na maioria dos casos. De maneira geral, a partir de 60 mg N/l, praticamente não houve aumento ou a variação não levou a resultados esclarecedores.

Quanto à diferença entre os genótipos para HS 7777 e seus parentais verifica-se que o híbrido simples apresentou respostas que variaram, sendo que apenas em termos de quantidade de matéria seca da planta toda ele apresentou valores menores e semelhantes a SLP 103. Ip 701 e SLP 103 para raízes e planta toda apresentaram respectivamente os menores e os maiores valores de peso seco, na maioria das concentrações de N estudadas.

Para HS 1227 e seus parentais verifica-se que Ip 365 apresentou para parte aérea, raízes e planta toda as maiores quantidades de matéria seca, na maioria das concentrações. As menores quantidades de matéria seca foram apresentadas por Ip 48 e HS 1227, que na maior parte dos casos não apresentou diferenças com Ip 48.

e. Híbridos duplos

Aqui são analisados os híbridos duplos comerciais HD 7974, HD C501, HD C111 e HD AG 401.

e₁. Parte aérea

Pela tabela 11, a análise vertical em relação às concentrações de N, mostra que, com exceção de HD C111, os híbridos duplos apresentaram aumento na quantidade de matéria seca entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Nas demais concentrações as respostas dos híbridos variaram.

Quanto à análise comparativa entre os genótipos, verifica-se que HD

C501 apresentou as maiores quantidades de matéria seca na maioria das concentrações de N, com exceção da concentração de 30 mg N/l, onde não ocorreram diferenças entre os híbridos. Os demais genótipos apresentaram variação em suas respostas.

e₂. Raízes

A análise vertical da tabela 11 mostra que, em relação às concentrações de N, as respostas dos híbridos duplos foi bastante variável, não sendo possível a separação entre eles.

A análise horizontal, comparativa dos genótipos em cada concentração de N, revela que HD C501 apresentou as maiores quantidades de matéria seca na maioria das concentrações. As respostas dos demais híbridos foi variável.

e₃. Planta toda

Pela análise vertical da tabela 11 e horizontal da figura 10 verifica-se que, em relação às concentrações de N, houve aumento na quantidade de matéria seca entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l, para todos os híbridos duplos com exceção de HD C111. Nas demais concentrações as respostas variaram.

Pela análise comparativa entre os genótipos, em cada concentração de N, observa-se que HD C501 apresentou os maiores valores de peso seco, na maioria das concentrações. Os demais híbridos duplos apresentaram variação em suas respostas, sendo que HD C111 esteve sempre os híbridos que apresentaram as menores quantidades de matéria seca.

Portanto, para parte aérea, raízes e planta toda verifica-se que o aumento na concentração de N acima de 120 mg N/l não levou a uma resposta correspondente em termos de quantidade de matéria seca para todos os híbridos duplos.

Quanto à distinção entre eles verifica-se que em todos os parâmetros analisados na concentração de 30 mg N/l não foi possível separar nitidamente os genótipos. Nas demais concentrações observa-se que HD C501 em todos os casos apresentou as maiores quantidades de matéria seca.

Pelos resultados obtidos verifica-se que tanto para linhagens quanto

Figura 10 . Matéria seca da planta toda de quatro híbridos duplos de milho,
mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

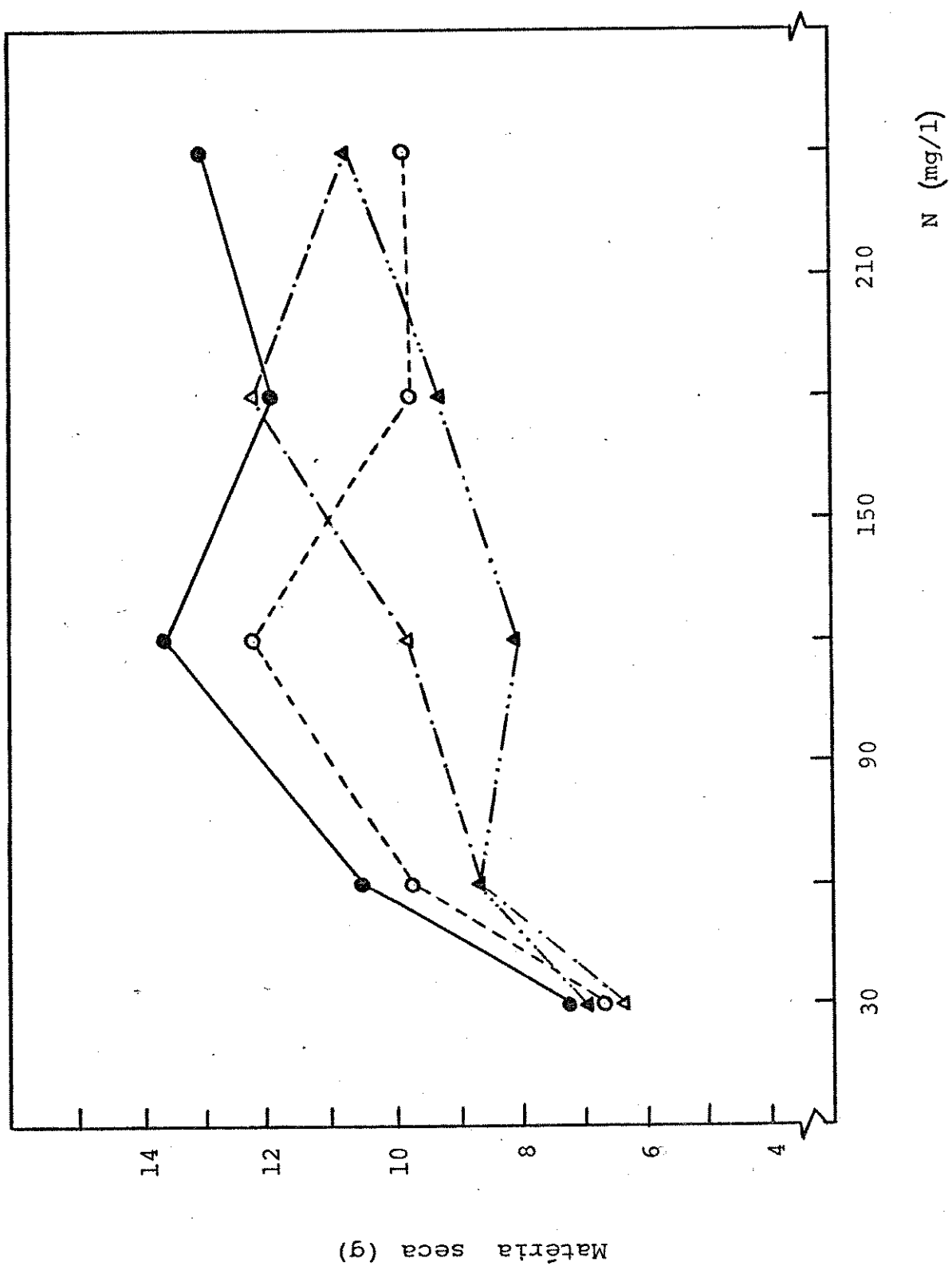
HD 7974 ○ --

HD C501 ● —

HD C111 ▲ —...

HD AG401 △ —.

Figura 10



para híbridos, os dados de matéria seca foram bastante variáveis em relação às concentrações de N, não sendo possível, na maioria dos casos, estabelecer-se um padrão de comportamento. Apenas houve uma tendência geral de aumento nos valores de peso seco entre as concentrações de 30 e 120 mgN/l.

Os valores de peso seco da parte aérea foram maiores que os das raízes para todos os genótipos em todas as concentrações de N testadas.

As análises entre genótipos revelaram que, entre as linhagens, Ip 48 apresentou as menores quantidades de matéria seca e SLP 103 as maiores e que entre os híbridos, HD 501 foi o que apresentou as maiores quantidades de matéria seca.

2. Determinação do teor de nitrogênio

a. Linhagens puras

a₁. Lâminas foliares

Os resultados são apresentados na tabela 14. Pela análise estatística da tabela verifica-se que, em relação às concentrações de N (análise vertical), todas as linhagens apresentaram um aumento no teor de nitrogênio entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento no teor de N, entre as concentrações de 120 e 180 mg N/l, com exceção de Ip 701.

Quanto à análise comparativa entre os genótipos, em cada concentração de nitrogênio (análise horizontal), tem-se, que em todas as concentrações, Ip 48 difere das demais, apresentando os maiores teores de N. A linhagem Ip 11 foi a que apresentou o menor teor de N em várias das concentrações de N estudadas. Pela tabela pode-se verificar que o comportamento das outras linhagens foi bastante variável.

a₂. Caule e bainhas foliares

Pela tabela 14 verifica-se, pela análise vertical, que em relação às concentrações de nitrogênio, os valores do teor de N foram variáveis para todas

TABELA 14 - Teor de nitrogênio (em porcentagem) de cinco linhagens puras de milho.

conc. de N mg/l	% de Nitrogênio				
	Ip 701	SLP103	Ip 365	Ip 48	Ip 11
Lâminas foliares					
30	1,58	1,53	1,67	2,10	1,63
60	2,38	2,08	2,28	3,62	1,96
120	3,19	3,47	3,57	4,81	3,01
180	3,49	3,58	3,69	4,53	3,17
240	3,67	3,91	3,95	4,88	3,53
DMS 5% (Tukey) : 0,27					
Caule e bainhas foliares					
30	0,98	0,88	0,96	1,23	1,05
60	1,74	1,08	1,24	2,13	1,29
120	2,40	2,33	2,63	3,38	2,47
180	3,24	2,68	2,99	3,24	2,73
240	3,01	3,05	3,01	4,16	3,34
DMS 5% (Tukey) : 0,25					
Raízes					
30	1,01	0,86	1,18	1,11	1,08
60	1,37	1,14	1,44	1,75	1,21
120	1,86	1,56	2,30	3,14	1,74
180	2,49	1,88	2,72	2,79	1,98
240	2,32	2,03	2,74	3,45	2,33
DMS 5% (Tukey) : 0,31					

as linhagens.

Quanto à análise para cada concentração de N, verifica-se novamente a grande variação entre os teores de N, mas pode-se dizer que os maiores teores sempre foram apresentados por Ip 48 e na maioria das concentrações de nitrogênio, os menores teores foram apresentados por SLP 103. As respostas de caule e bainhas foliares foram no geral menos distintas do que para lâminas foliares.

a₃. Raízes

Pela tabela 14, novamente observa-se que os valores do teor de N foram variáveis para os diversos genótipos pela análise vertical, e não se conseguiu estabelecer um padrão de comportamento.

Em relação a cada concentração de N os maiores valores de teor de N foram apresentados por Ip 48, e os menores pelas linhagens SLP 103 e Ip 11. Para os outros genótipos os valores foram variáveis.

Portanto, para lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes, a linhagem Ip 48 foi a que, na maioria das concentrações, apresentou os maiores teores de N. Dependendo da parte da planta estudada, os menores teores de N foram apresentados por Ip 11 ou SLP 103.

Pela tabela 14, para todos os genótipos em todas as concentrações de nitrogênio, os maiores teores de N se encontravam nas lâminas foliares. Os valores para caule e bainhas foliares e raízes foram menores e só começaram a se diferenciar entre si a partir da concentração de 120 mg N/l para algumas linhagens e da concentração de 180 mg N/l para outras.

b. Híbridos simples e duplos

b₁. Lâminas foliares

Os resultados são apresentados na tabela 15. Pela análise estatística da tabela verifica-se que, em relação às concentrações de nitrogênio (análise vertical), todos os híbridos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento nos teores de N para os

híbridos HS 7777, HD 7974 e HD C501 entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l e para os outros híbridos entre as 3 concentrações.

Com relação à análise comparativa entre os genótipos em cada concentração de N (análise horizontal), tem-se que em todas as concentrações HS 1227 apresentou os maiores teores de N. Os demais genótipos apresentaram respostas variáveis.

b₂. Caule e bainhas foliares

Pela análise vertical da tabela 15 verifica-se que, em relação às concentrações de nitrogênio, todos os híbridos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l a partir da qual a resposta dos híbridos foi variável.

Quanto à análise horizontal, comparativa entre os genótipos, observa-se que em todas as concentrações de N, HS 1227 apresentou os maiores teores de N; os demais genótipos nas concentrações de 30, 60 e 120 mg N/l não apresentaram diferenças e nas concentrações de 180 e 120 mg N/l apresentaram respostas variáveis.

b₃. Raízes

Pela tabela 15 verifica-se que as respostas dos híbridos às concentrações de N (análise vertical) foi bastante variável, não havendo um padrão de comportamento para os genótipos.

Quanto à análise horizontal comparativa entre os híbridos em cada concentração de N, observa-se que HD 7974 apresentou em todas as concentrações os maiores teores de N. Os demais genótipos apresentaram variação em suas respostas sendo que HD C501 esteve entre os híbridos que apresentaram os menores teores de N.

Logo, para lâminas foliares e caule e bainhas foliares, HS 1227 apresentou os maiores teores de N em todas as concentrações, exceção feita às raízes quando HD 7974 foi o genótipo que apresentou os maiores teores. Na maior parte dos casos HD C501 apresentou ou esteve entre os menores valores.

Pela análise da tabela 15, os dados mostram que em todas as concentrações quando foi possível a distinção entre os teores de N de lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes, na maioria dos genótipos, as lâminas foliares apresentaram os maiores teores. Os valores menores foram apresentados pelo caule e bainhas foliares e raízes, que não diferiram entre si.

c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais

Aqui são comparados HD 7974 e seus parentais HS 1227 e HS 7777.

c₁. Lâminas foliares

Pela tabela 15, verifica-se que em relação às concentrações de N os 3 genótipos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l, sendo que para HS 1227 não houve aumento nos teores de N a partir da concentração de 120 mg N/l e para os outros genótipos entre as duas últimas concentrações.

Quanto à análise comparativa entre os genótipos em cada concentração de N, tem-se que HS 1227 apresentou os maiores teores de N em todas as concentrações. Os menores teores ficaram com HS 7777 e HD 7974, que não apresentaram diferenças entre si.

c₂. Caule e bainhas foliares

A análise dos dados da tabela 15 mostra que em relação às concentrações de N os 3 híbridos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l, variando as respostas para as demais concentrações.

Pela análise comparativa entre os genótipos verifica-se que em todas as concentrações de N, HS 1227 apresentou os maiores teores de N e que, com exceção da concentração de 120 mg N/l, HD 7974 e HS 7777 não diferem entre si e apresentaram os menores teores.

c₃. Raízes

Pela tabela 15, a análise vertical mostra que em relação às concentrações de N não houve aumento nos teores de N apenas entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l para os 3 genótipos.

Comparando os genótipos em cada concentração (análise horizontal) verifica-se que HD 7974, em todas as concentrações de N, apresentou os maiores teores de N e HS 7777 os menores. HS 1227, nas concentrações de 30 e 60 mg N/l, não diferem de HD 7974.

Logo, para lâminas foliares e caule e bainhas foliares, HS 1227 apresentou os maiores teores de N, com exceção das raízes onde HD 7974 apresentou, em todas as concentrações, os maiores valores. HS 7777 em todas as concentrações apresentou os menores teores. Em vista disso, observa-se que o híbrido duplo na maior parte dos casos diferiu apenas do seu parental HS 1227.

d. Híbridos simples e seus parentais

Aqui são estudados o híbrido HS 7777 e seus parentais Ip 701 e SLP 103 e o híbrido HS 1227 e seus parentais Ip 48 e Ip 365.

d₁. Lâminas foliares

Os dados são apresentados nas tabelas 16 e 17. Verifica-se que em relação às concentrações de N testadas, a tabela 16 mostra que os 3 genótipos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. A tabela 17 mostra que tanto o híbrido simples quanto seus parentais (HS 1227, Ip 365 e Ip 48) apresentaram aumento nos teores de N, apenas entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l.

Quanto à análise comparativa entre genótipos em cada concentração, verifica-se pela tabela 16 que os 3 genótipos em todas as concentrações não apresentaram diferenças entre si nos teores de N. Pela tabela 17, HS 1227 e Ip 48 apresentaram os maiores teores de N a partir da concentração de 60 mg N/l e Ip 365 os menores.

d₂. Caule e bainhas foliares

TABELA 16 - Teor de nitrogênio (em porcentagem) do híbrido simples HS 7777 de milho e seus e seus parentais.

% de Nitrogênio			
conc. de N mg/l	HS7777	Ip 701	SLP 103
Lâminas foliares			
30	1,55	1,58	1,53
60	2,17	2,38	2,08
120	3,16	3,19	3,47
180	3,81	3,49	3,58
240	3,90	3,67	3,91
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 0,29 ; genótipos = F _{5%} n.s.			
Caule e bainhas foliares			
30	0,92	0,98	0,88
60	1,33	1,74	1,08
120	2,28	2,40	2,33
180	2,73	3,24	2,68
240	2,98	3,01	3,05
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 0,27 ; genótipos: 0,30			
Raízes			
30	1,10	1,01	0,86
60	1,38	1,37	1,14
120	2,05	1,86	1,56
180	2,79	2,49	1,88
240	2,67	2,32	2,03
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 0,24 ; genótipos = 0,26			

Tabela 17. Teor de nitrogênio (em porcentagem) do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais.

conc. de N mg/l	% de Nitrogênio		
	HS 1227	Ip 365	Ip 48
Lâminas foliares			
30	2,51	1,67	2,10
60	3,30	2,28	3,62
120	4,46	3,57	4,81
180	4,48	3,69	4,53
240	4,55	3,95	4,88
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 0,37 genótipos= 0,41			
Caule e bainhas foliares			
30	1,58	0,96	1,23
60	2,18	1,29	2,13
120	3,43	2,63	3,38
180	3,49	2,99	3,24
240	3,83	3,01	4,16
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 0,31 genótipos= 0,34			
Raízes			
30	1,62	1,18	1,11
60	2,12	1,44	1,75
120	2,86	2,30	3,14
180	3,20	2,72	2,79
240	3,40	2,74	3,45
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 0,40 genótipos= 0,44			

Pela análise vertical da tabela 16 verifica-se que, em relação às concentrações de N, os 3 genótipos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento, com exceção de SLP 103, para os demais genótipos entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l. Pela tabela 17 o mesmo tipo de análise mostra que os 3 genótipos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l; entre as demais concentrações as respostas foram variáveis.

A comparação dos genótipos em cada concentração de N mostra, pela tabela 16, que a distinção entre eles só foi possível a partir da concentração de 120 mg N/l, quando HS 7777 apresenta valores menores, e Ip 701 os maiores. SLP 103 não se diferencia de HS 7777. Pela tabela 17, observa-se que em todas as concentrações HS 1227 apresentou os maiores teores de N e Ip 365 os menores.

d₃. Raízes

Os dados da tabela 16 quando sujeitos à análise vertical mostram que, em relação às concentrações de N, os 3 genótipos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l. Não houve aumento apenas entre as duas últimas concentrações. Pela tabela 17 verifica-se que, com exceção de Ip 365, os demais genótipos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento entre as concentrações de 120 e 180 mg N/l.

Quanto à comparação de genótipos em cada concentração, pela tabela 16 verifica-se que, nas concentrações de 30 e 60 mg N/l, não foi possível a distinção entre os genótipos, e que quando isso foi possível HS 7777 apresentou os maiores teores de N e SLP 103 os menores. Pela tabela 17, HS 1227 apresentou os maiores teores de N em todas as concentrações e Ip 365 os menores.

Pórtanto, quanto ao híbrido simples HS 7777 e seus parentais a distinção entre eles foi, na maioria dos casos, impossível, sendo que quando isso foi possível verificou-se que HS 7777 apresentava, juntamente com Ip 701, os maiores teores de N e SLP 103 os menores.

Quanto a HS 1227 e seus parentais, observa-se que para lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes o híbrido simples apresentou os maiores teores de N e Ip 365 os menores, na maioria das concentrações de N. Ip 48, em

quase todos os casos, apresentou os mesmos resultados que HS 1227.

e. Híbridos duplos

Aqui são comparados os híbridos duplos comerciais HD 7974, HD C501, HD C111 e HD AG401.

e₁. Lâminas foliares

Pela tabela 15, através da análise vertical, verifica-se que em relação às concentrações de N, os híbridos duplos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento, com exceção de HD C111, apenas entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l.

Quando são comparados os genótipos em cada concentração de N (análise horizontal) verifica-se que HD C501 apresentou, na maioria das concentrações, os menores teores de N. HD 7974 esteve entre os híbridos que apresentaram maiores teores, os demais híbridos variaram o seu comportamento.

e₂. Caule e bainhas foliares

Pela análise da tabela 15, observa-se que em relação às concentrações de N, os híbridos duplos apresentaram aumento nos teores de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento, com exceção de HD AG401, apenas entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l para os demais genótipos.

Quanto à análise comparativa dos genótipos em cada concentração, verifica-se que somente a partir da concentração de 120 mg N/l houve variação entre os híbridos, sendo que esta não permitiu a distinção de nenhum genótipo.

e₃. Raízes

Pela análise vertical da tabela 15, verifica-se que em relação às concentrações de N, os valores do teor de N foram variáveis para todos os híbridos duplos.

Quanto à análise horizontal, em cada concentração de N observa-se que

HD 7974 apresentou os maiores teores de N em todas as concentrações e que HD C 501 apresentou sempre os menores teores de N. Os demais genótipos tiveram sempre respostas variáveis.

Logo, a melhor separação entre os híbridos duplos só foi possível para lâminas foliares e raízes, sendo que nesses 2 casos HD 7974 apresentou, na maior parte das concentrações, os maiores teores de N e HD C501 os menores.

Com base nos resultados obtidos, observa-se que tanto para as linhagens quanto para os híbridos, os maiores teores de N em todas as concentrações foram detectados nas lâminas foliares. Os teores para caule e bainhas foliares e raízes foram menores e sem diferenças entre si.

Todos os genótipos apresentaram aumento nos teores de N, pelo menos entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l, em todas as partes da planta. Na maioria dos casos não houve aumento entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l.

As distinções possíveis revelaram entre as linhagens, Ip 48 com os maiores teores e SLP 103 e Ip 11 com os menores teores de N. Entre os híbridos, HS 1227 e HD 7974 apresentaram os maiores teores de N e HD C501 os menores, ressaltando que quando comparados HS 1227 apresentou, com exceção das raízes, valores maiores que HD 7974.

3. Determinação do conteúdo de nitrogênio

a. Linhagens puras

a₁. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 18.

Pela análise vertical da tabela 18, em relação às concentrações de N, verifica-se que houve aumento no conteúdo de nitrogênio entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l, para todas as linhagens estudadas. Não houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 120 e 180 mg N/l para a maior parte das linhagens.

TABELA 18 - Conteúdo de nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda de cinco linhagens puras de milho.

conc. de N mg/l	Conteúdo de N (mg)				
	Ip 701	SLP 103	Ip 365	Ip 48	Ip 11
Parte aérea					
30	47,70	53,46	53,63	55,28	63,40
60	103,28	107,52	102,55	106,91	113,91
120	205,83	207,97	201,58	174,33	211,27
180	213,60	225,48	200,55	177,60	238,51
240	237,63	257,45	209,64	201,43	254,08
DMS5%(Tukey)=13,29 (conc. de N e genótipos)					
Raízes					
30	19,25	21,95	17,18	15,58	13,90
60	24,80	35,77	24,20	18,98	19,73
120	48,66	49,93	49,33	41,86	38,53
180	52,68	60,70	51,95	38,90	42,83
240	63,40	76,03	50,98	44,48	49,13
DMS5%(Tukey)= 6,53 (conc. de N e genótipos)					
Planta toda					
30	66,95	75,41	70,80	70,85	77,27
60	128,08	143,29	128,65	125,89	133,64
120	254,49	257,89	250,92	216,18	249,80
180	266,28	287,18	252,50	216,50	281,33
240	301,03	333,48	260,62	245,90	303,20
DMS5%(Tukey)=17,07 (conc. de N e genótipos)					

Pela análise horizontal, comparando os genótipos em cada concentração de N, observa-se que Ip 11 apresentou na maior parte das concentrações os maiores conteúdos de N, enquanto que Ip 48 apresentou os menores. As outras linhagens apresentaram resultados variáveis.

a₂. Raízes

Pela análise vertical da tabela 18, verifica-se em relação às concentrações de N, que houve aumento no conteúdo de N em todas as concentrações apenas para SLP 103. As demais linhagens apresentaram variação em suas respostas, sendo que a maior parte delas apresentou aumento entre as concentrações de 60 e 120 mg N/l.

Pela análise horizontal, comparativa dos genótipos em cada concentração de N, verifica-se que SLP 103 apresentou na maioria das concentrações os maiores conteúdos de N. Os valores menores foram apresentados por Ip 48 e Ip 11 na maior parte das concentrações. As demais linhagens apresentaram variação em seus resultados.

a₃. Planta toda

Pela tabela 18 através da análise vertical, e pela figura 11 através da análise horizontal, observa-se que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l para todas as linhagens. Para a maioria delas não houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 120 e 180 mg N/l e houve aumento no conteúdo entre as 2 últimas concentrações.

Pela análise comparativa entre os genótipos em cada concentração de N, verifica-se que SLP 103 apresentou os maiores conteúdos de N na maioria das concentrações, enquanto que Ip 48 apresentou os menores. As demais linhagens apresentaram respostas variáveis.

Pelos resultados obtidos pode-se verificar que em relação às concentrações de N testadas, houve um aumento no conteúdo de N principalmente entre as 3 primeiras concentrações, em todos os casos (planta toda, raízes e parte aérea).

Figura 11 . Conteúdo de nitrogênio da planta toda de cinco linhagens puras de milho, mantidas em concentrações crescentes de nitrogênio.

SLP103 ● —

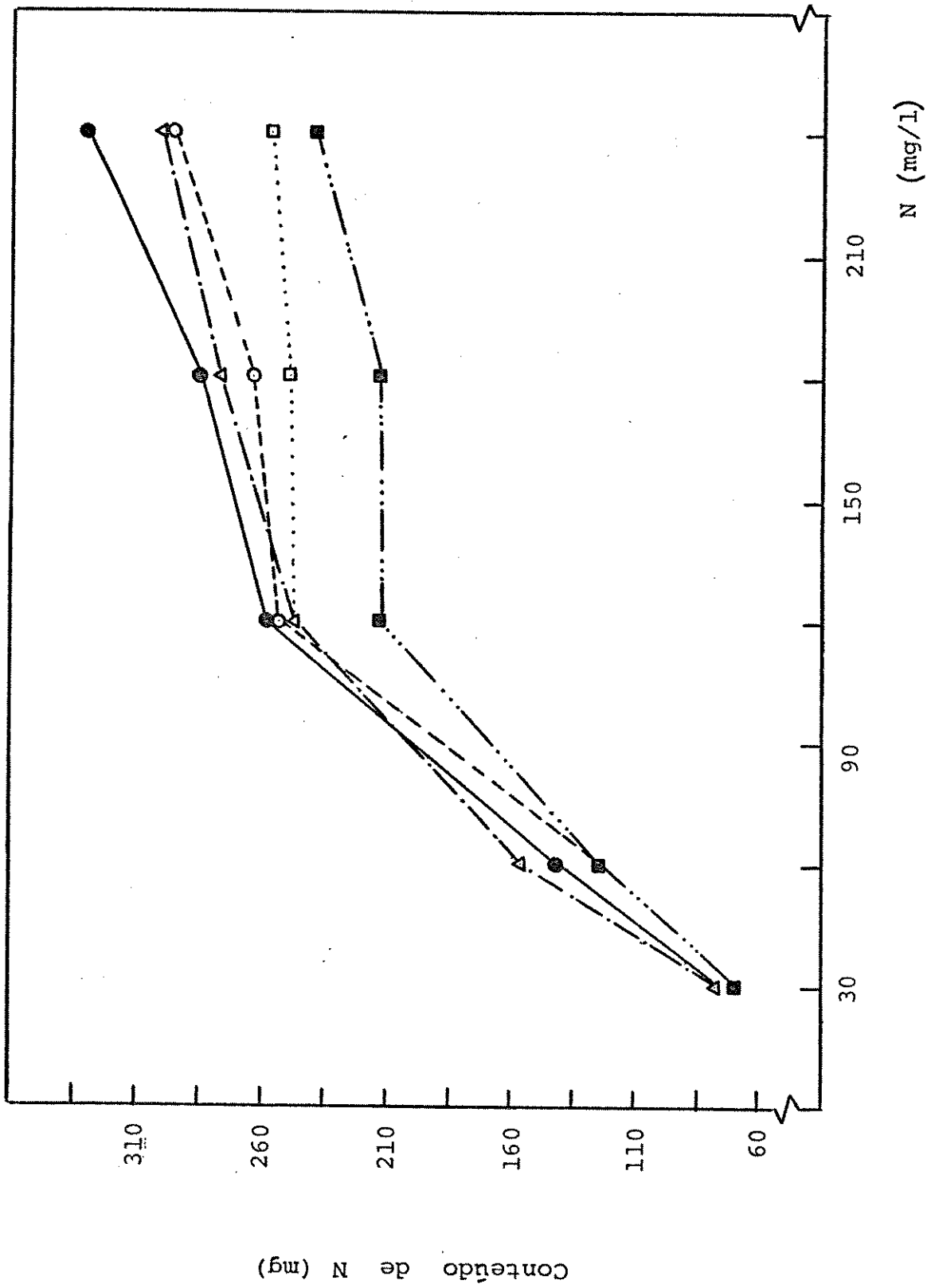
Ip 701 ○ —

Ip 365 □ ...

Ip 48 ■ — ...

Ip 11 △ —.

Figura 11



Quanto à distinção entre os genótipos observa-se que em termos de parte aérea Ip 11 apresentou os maiores conteúdos de N e Ip 48 os menores. Para raízes SLP 103 apresentou os conteúdos maiores e Ip 11 e Ip 48 os menores. Para planta toda SLP 103 apresentou os maiores conteúdos de N, enquanto que Ip 48 os menores. Em relação à parte aérea e planta toda, Ip 11 apresentou, na maioria das concentrações, valores semelhantes a SLP 103.

b. Híbridos simples e duplos

b₁. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 19. Pela análise vertical da tabela, pode-se verificar que em relação às concentrações de N utilizadas, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l, para a maioria dos híbridos. Não houve aumento no conteúdo de N para a maioria dos genótipos entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l.

Pela análise horizontal, comparando os genótipos em cada uma das concentrações de N, observa-se que HD C501 apresentou os maiores conteúdos de N em todas as concentrações, exceto na de 30 mg N/l (nessa concentração não foi possível distinção entre os genótipos). Os menores conteúdos de N foram apresentados por HS 1227. Os demais híbridos apresentaram valores intermediários.

b₂. Raízes

Pela análise vertical da tabela 19 verifica-se que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de nitrogênio entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l, para todos os genótipos.

Pela análise comparativa entre os genótipos em cada concentração observa-se que HD C501 apresentou os maiores conteúdos de N em todas as concentrações (exceto na de 30 mg N/l). Os menores conteúdos foram apresentados por HS 1227. Os outros genótipos variaram suas respostas.

b₃. Planta toda

Pela análise vertical da tabela 19 e horizontal da figura 12 verifica-se que, em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l para todos os híbridos.

Pela análise comparativa entre os genótipos, em cada concentração de N, observa-se que HS 1227 apresentou os menores conteúdos de N, nas concentrações estudadas (exceto nas de 30 e 60 mg N/l, nas quais não houve distinção entre os genótipos). O híbrido duplo HD C501 esteve entre os híbridos que apresentaram os maiores conteúdos de N.

Pelos resultados obtidos verifica-se que para todos os híbridos em todas as partes das plantas houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l.

Para planta toda, parte aérea e raízes, na concentração de 30 mg N/l não foi possível fazer distinção entre os genótipos, e com exceção da planta toda, a partir da concentração de 60 mg N/l foi possível a separação entre os genótipos.

A análise comparativa entre os genótipos revelou que em todos os casos e na maioria das concentrações HS 1227 apresentou os menores conteúdos de N e HD C501 os maiores.

c. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais

Aqui são comparados HD 7974 e seus parentais HS 1227 e HS 7777.

c₁. Parte aérea

A análise vertical da tabela 19 mostra que em relação às concentrações de N houve aumento do conteúdo de N, entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l para os 3 genótipos. Não houve aumento a partir da concentração de 120 mg N/l para HS 1227, e para os outros 2 híbridos e entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l.

Quanto à análise horizontal da tabela, comparando os genótipos em cada concentração de N, observa-se que com exceção das concentrações de 30 e 60 mg N/l, onde não houve distinção entre os genótipos, HS 1227 apresentou os menores conteúdos de N nas demais concentrações. Os maiores conteúdos foram apresentados por HD 7974 e HS 7777, que não diferiam entre si.

Figura 12 . Conteúdo de nitrogênio da planta toda de híbridos simples e híbridos duplos de milho, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HS 7777 □ ...

HS 1227 ■ —...

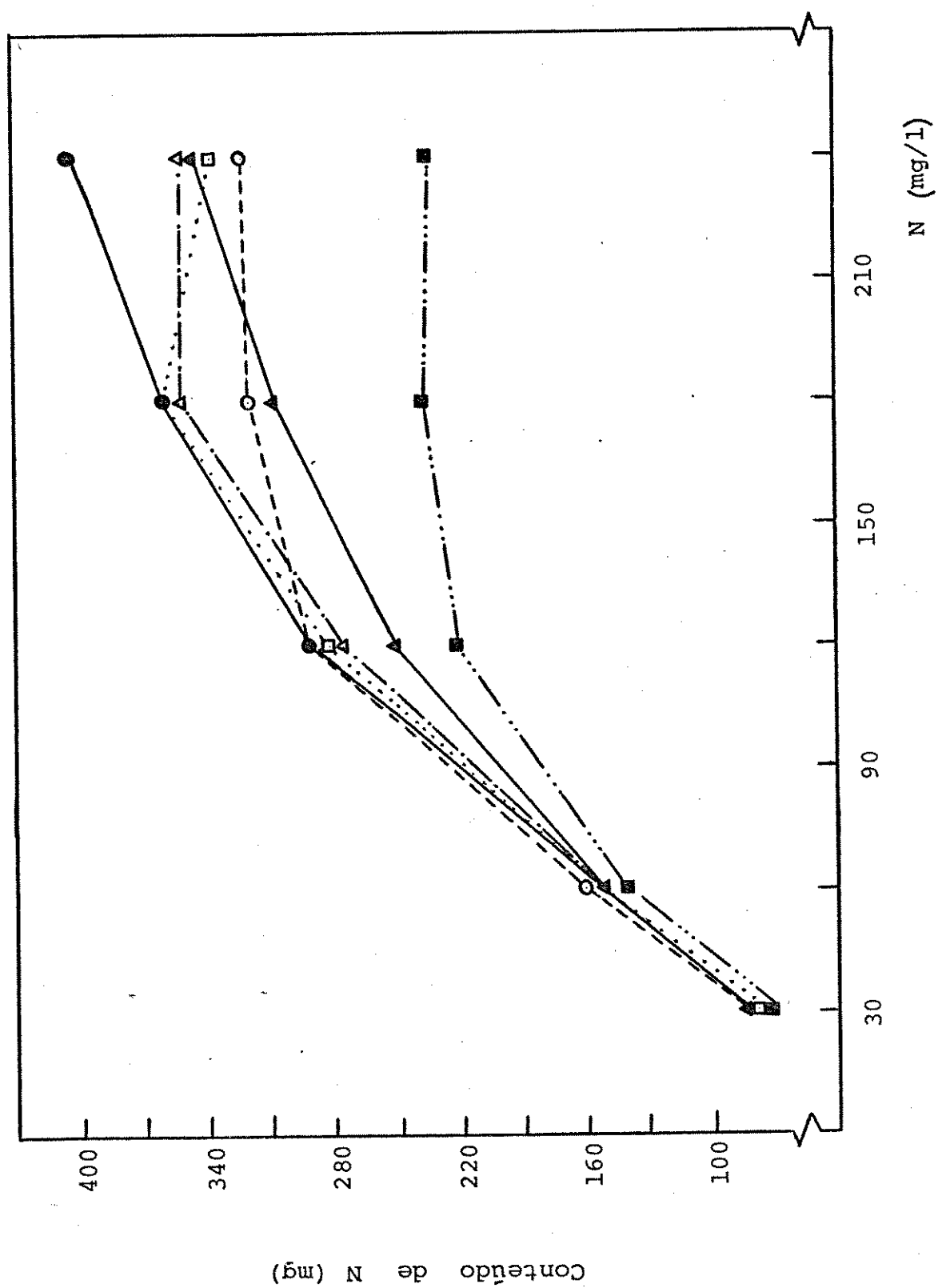
HD 7974 ○ --

HD C501 ● —

HD C111 ▲

HD AG401 △ —.

Figura 12



c₂. Raízes

Pela tabela 19, através da análise vertical, verifica-se que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l para todos os genótipos. Não houve aumento entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l também para os 3 híbridos.

Pela análise horizontal, comparando os genótipos em cada concentração de N, observa-se que HS 1227 em todas as concentrações de N (exceto a de 30 mg N/l, na qual não foi possível a distinção entre os genótipos) apresentou os menores valores de conteúdo de N. Os maiores valores foram apresentados por HS 7777. O híbrido duplo mostrou variação em seus resultados.

c₃. Planta toda

Pela análise vertical da tabela 19 e horizontal da figura 13 observa-se que com relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l para os 3 híbridos. Não houve aumento entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l também para os 3 híbridos.

Pela análise horizontal, comparando os genótipos em cada concentração de N, verifica-se que HS 1227 apresentou os menores conteúdos de N em todas as concentrações (exceto nas de 30 e 60 mg N/l, nas quais não foi possível a distinção entre os genótipos). Os maiores conteúdos de N foram apresentados por HS 7777. O híbrido duplo apresentou respostas variáveis.

Pelos resultados obtidos pode-se observar que quanto às concentrações de N testadas, tanto o híbrido duplo quanto os seus parentais apresentaram aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l na maioria dos casos. Quanto à distinção entre os genótipos nota-se que HS 1227 apresentou os menores conteúdos de N para planta toda, parte aérea e raízes, na maioria das concentrações. Os maiores conteúdos foram apresentados por HS 7777 em todos os casos, também na maior parte das concentrações. O híbrido duplo apresentou valores intermediários aos parentais em algumas concentrações e semelhantes a HS 7777 em todos os casos.

A concentração de 30 mg N/l tanto para a planta toda quanto para raízes e parte aérea, não apresentou distinção entre os híbridos. Para a planta toda e parte aérea isso também não foi possível na concentração de 60 mg N/l.

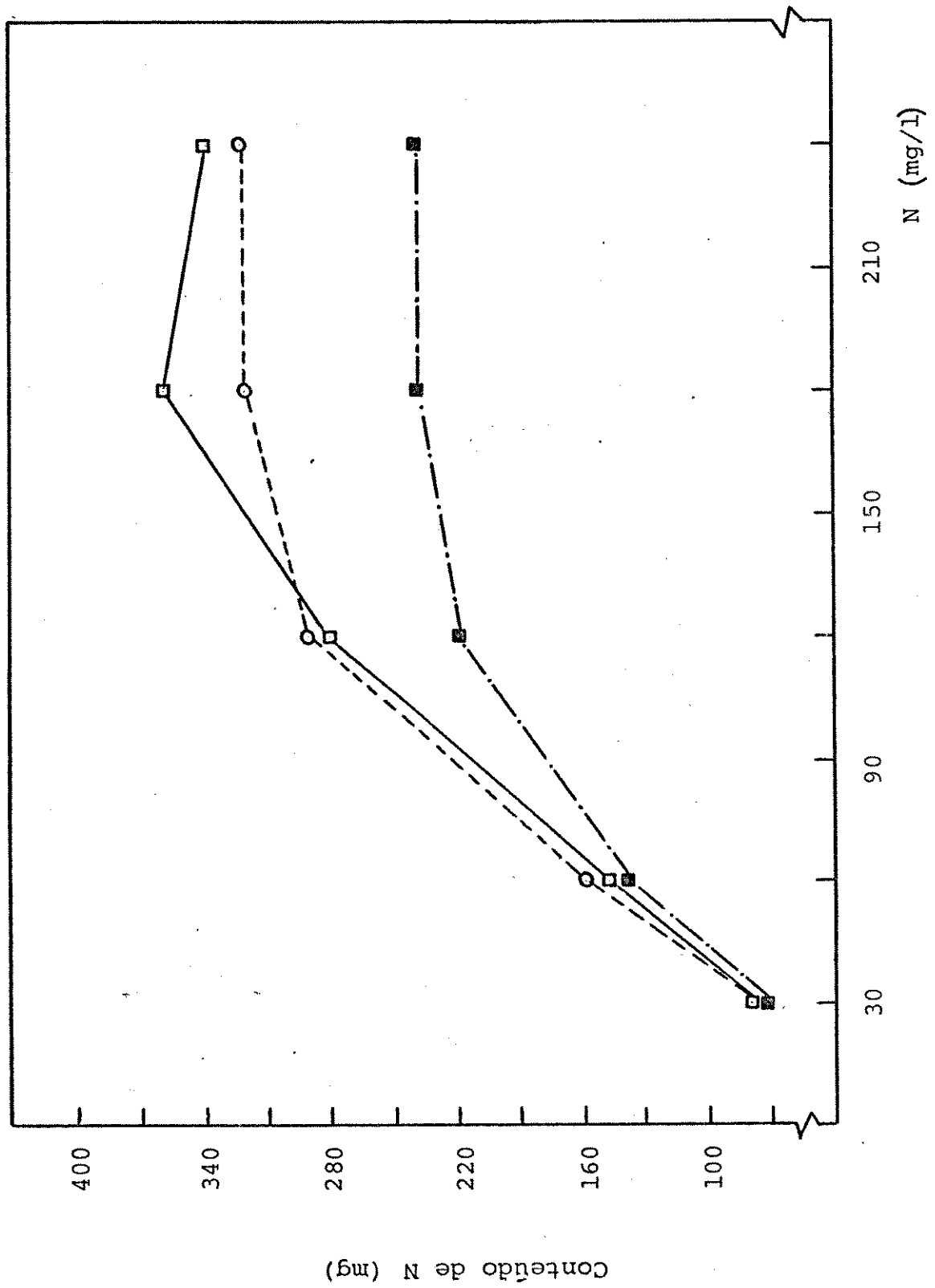
Figura 13 . Conteúdo de nitrogênio da planta toda do híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais HS 7777 e HS 1227, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HD 7974 ○ --

HS 7777 □ —

HS 1227 ■ —.

Figura 13



d. Híbridos simples e seus parentais

Aqui são estudados os híbridos simples HS 7777 e seus parentais Ip 701 e SLP 103 e o híbrido simples HS 1227 e seus parentais Ip 48 e Ip 365.

d₁. Parte aérea

A análise vertical da tabela 20 mostra que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de nitrogênio, para os 3 genótipos (HS 7777, Ip 701 e SLP 103) entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Entre as 3 últimas concentrações as respostas dos genótipos variaram. Pela tabela 21 verifica-se que houve aumento no conteúdo de N, para os 3 genótipos, entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento entre as concentrações de 120 e 180 mg N/l para HS 1227 e entre as concentrações de 120 e 240 mg N/l para os outros genótipos.

Quanto à análise comparativa entre os genótipos, em cada concentração de N, verifica-se pela tabela 20 que as respostas dos genótipos foi variável, não sendo possível a distinção entre eles.

Pela tabela 21 observa-se que Ip 365 apresentou os maiores conteúdos de N em todas as concentrações, com exceção das concentrações de 30 e 60 mg N/l nas quais não foi possível a distinção entre os genótipos. Os menores conteúdos foram apresentados por Ip 48 e HS 1227.

d₂. Raízes

A análise vertical da tabela 20 mostra que, em relação às concentrações de N, houve aumento nos conteúdos de N entre todas as concentrações para HS 7777 e SLP 103. Não houve aumento para Ip 701 entre as concentrações de 30 e 60 mg N/l e entre as concentrações de 120 e 180 mg N/l.

Pela tabela 21 verifica-se que houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l para HS 1227 e Ip 365. Não houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 120 e 240 mg N/l para os 3 genótipos.

Quanto à análise horizontal comparativa entre os genótipos em cada concentração, observa-se pela tabela 20 que HS 7777 na maior parte das concentrações de N apresentou valores maiores. Os menores conteúdos de N foram apre

TABELA 20 - Conteúdo de nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais.

Conteúdo de N (mg)			
conc. de N mg/l	HS 7777	Ip 701	SLP 103
Parte aérea			
30	55,46	47,70	53,46
60	115,60	103,28	107,52
120	221,24	205,83	207,97
180	244,90	213,60	225,48
240	250,44	237,63	257,45
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 12,97 genótipos= 14,26			
Raízes			
30	24,88	19,25	21,95
60	38,38	24,80	35,77
120	61,38	48,66	49,93
180	116,89	52,68	60,70
240	89,75	63,48	76,03
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 6,87 genótipos= 7,56			
Planta toda			
30	80,34	66,95	75,41
60	153,98	128,08	143,29
120	282,62	254,49	257,89
180	361,79	266,28	287,18
240	340,19	301,03	333,48
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 16,95 genótipos= 18,64			

TABELA 21 - Conteúdo de nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais.

conc. de N mg/l	Conteúdo de N (mg)		
	HS 1227	Ip 365	Ip 48
Parte aérea			
30	56,96	53,63	55,28
60	114,26	102,55	106,91
120	181,43	201,58	174,33
180	191,01	200,55	177,60
240	193,48	209,64	201,43
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 13,25 genótipos= 14,57			
Raízes			
30	17,98	17,18	15,58
60	27,83	24,20	18,98
120	43,18	49,33	41,86
180	53,33	51,95	38,90
240	48,48	50,98	44,48
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 6,89 genótipos= 7,58			
Planta toda			
30	74,94	70,80	70,85
60	142,09	128,65	125,89
120	224,61	250,92	216,18
180	244,34	252,50	216,50
240	241,95	260,62	245,90
DMS _{5%} (Tukey): conc. de N= 17,16 genótipos= 18,87			

sentados por Ip 701. A outra linhagem parental apresentou comportamento variado. Não houve distinção entre os genótipos na concentração de 30 mg N/l.

Pela tabela 21 verifica-se que na maioria das concentrações de N não foi possível a distinção entre genótipos.

d₃. Planta toda

A análise vertical da tabela 20 e horizontal da figura 14 mostra que em relação às concentrações de N, houve aumento nos conteúdos de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l para os 3 genótipos. Não houve aumento entre as concentrações de 120 e 180 mg N/l apenas para o Ip 701.

A tabela 21 e figura 15 mostram que houve aumento no conteúdo de N, entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l. Não houve aumento entre as concentrações de 120 e 240 mg N/l para HS 1227 e Ip 365.

Quanto à análise comparativa entre os genótipos, pode-se verificar pela tabela 20 e figura 14 que, com exceção da concentração de 30 mg N/l na qual não foi possível se diferenciar os genótipos, HS 7777 apresentou os maiores conteúdos de N, em todas as concentrações. Os menores conteúdos de N foram apresentados por Ip 701. Para SLP 103 os resultados mostram que em pelo menos 3 concentrações seus valores de conteúdo de N foram menores que os de HS 7777.

Pela tabela 21 e figura 15 verifica-se que na maior parte das concentrações de N não foi possível a distinção entre os genótipos.

Os resultados obtidos mostram que para todos os genótipos em todos os casos estudados, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l.

A comparação entre os genótipos revela que para parte aérea não foi possível a distinção entre HS 7777 e seus parentais quanto ao conteúdo de N. Para raízes e planta toda observa-se que HS 7777 apresentou os maiores conteúdos de N na maior parte das concentrações. Os menores conteúdos foram apresentados por Ip 701. Na concentração de 30 mg N/l não foi possível a distinção entre os genótipos.

Quanto a HS 1227 e seus parentais verifica-se que apenas em têrmos de parte aérea foi possível a distinção entre os genótipos. Os maiores conteúdos de N foram apresentados por Ip 365 e os menores por HS 1227 e Ip 48. Nas concentrações de 30 e 60 mg N/l não foi possível se diferenciar os genótipos en

Figura 14 . Conteúdo de nitrogênio da planta toda do híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais SLP 103 e Ip 701, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HS 7777 □ — .

SLP 103 ● — —

Ip 701 ○ — —

Figura 14

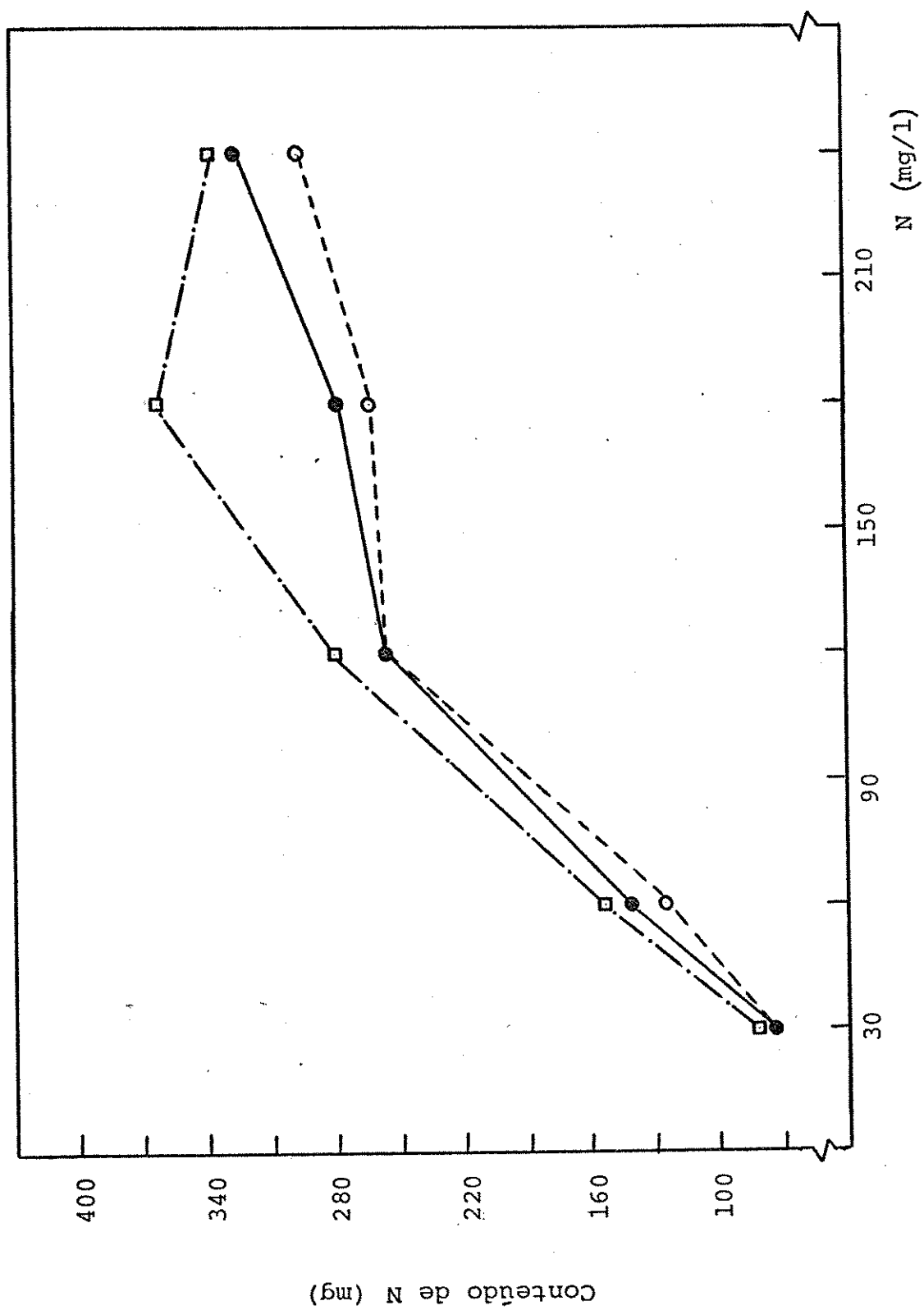


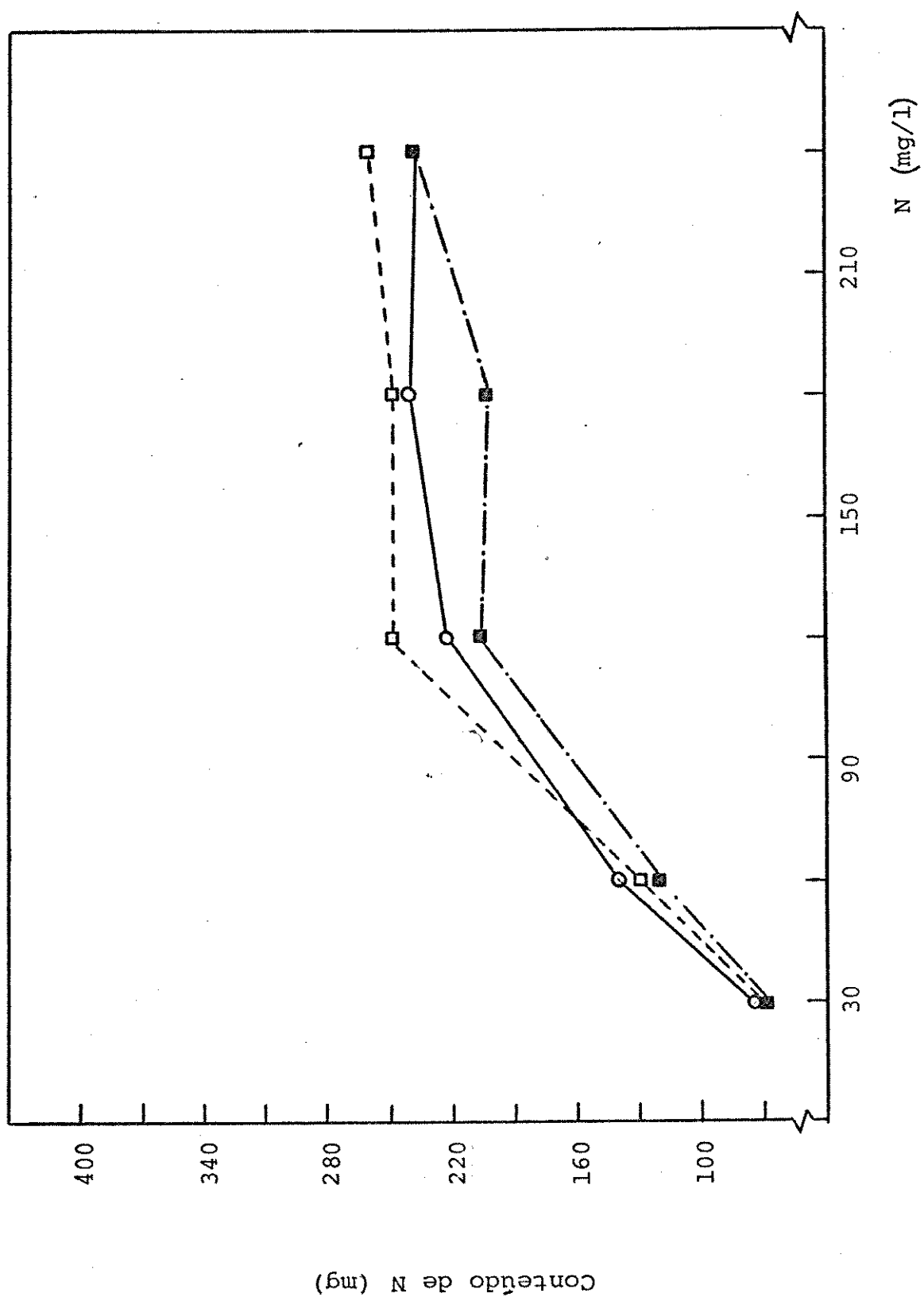
Figura 15 . Conteúdo de nitrogênio da planta toda do híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais Ip 365 e Ip 48, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HS 1227 ○ —

IP 365 □ - - -

Ip 48 ■ — .

Figura 15



tre si.

e. Híbridos duplos

Aqui são estudados os híbridos duplos comerciais HD 7974, HD C501, HD C111 e HD AG401.

e₁. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 19. A análise vertical da tabela mostra que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l para todos os híbridos duplos. Não houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l apenas para HD 7974 e HD AG401.

A análise horizontal da tabela compara os genótipos em cada concentração de N e mostra que com exceção das concentrações de 30 e 60 mg N/l, nas quais não foi possível a distinção entre os genótipos, HD C111 apresentou os menores conteúdos de N e HD C501 os maiores. Os demais genótipos variaram o seu comportamento.

e₂. Raízes

Pela análise vertical da tabela 19 verifica-se que em relação às concentrações de N houve aumento no conteúdo de nitrogênio entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l para todos os híbridos duplos. Não houve aumento entre as concentrações de 180 e 240 mg N/l apenas para HD 7974 e HD AG401.

Quanto à análise comparativa entre os genótipos em cada concentração de N observa-se que com exceção das concentrações de 30 e 60 mg N/l, nas quais não foi possível a distinção entre os genótipos, HD C501 esteve sempre entre os híbridos duplos que apresentaram maior conteúdo de N,

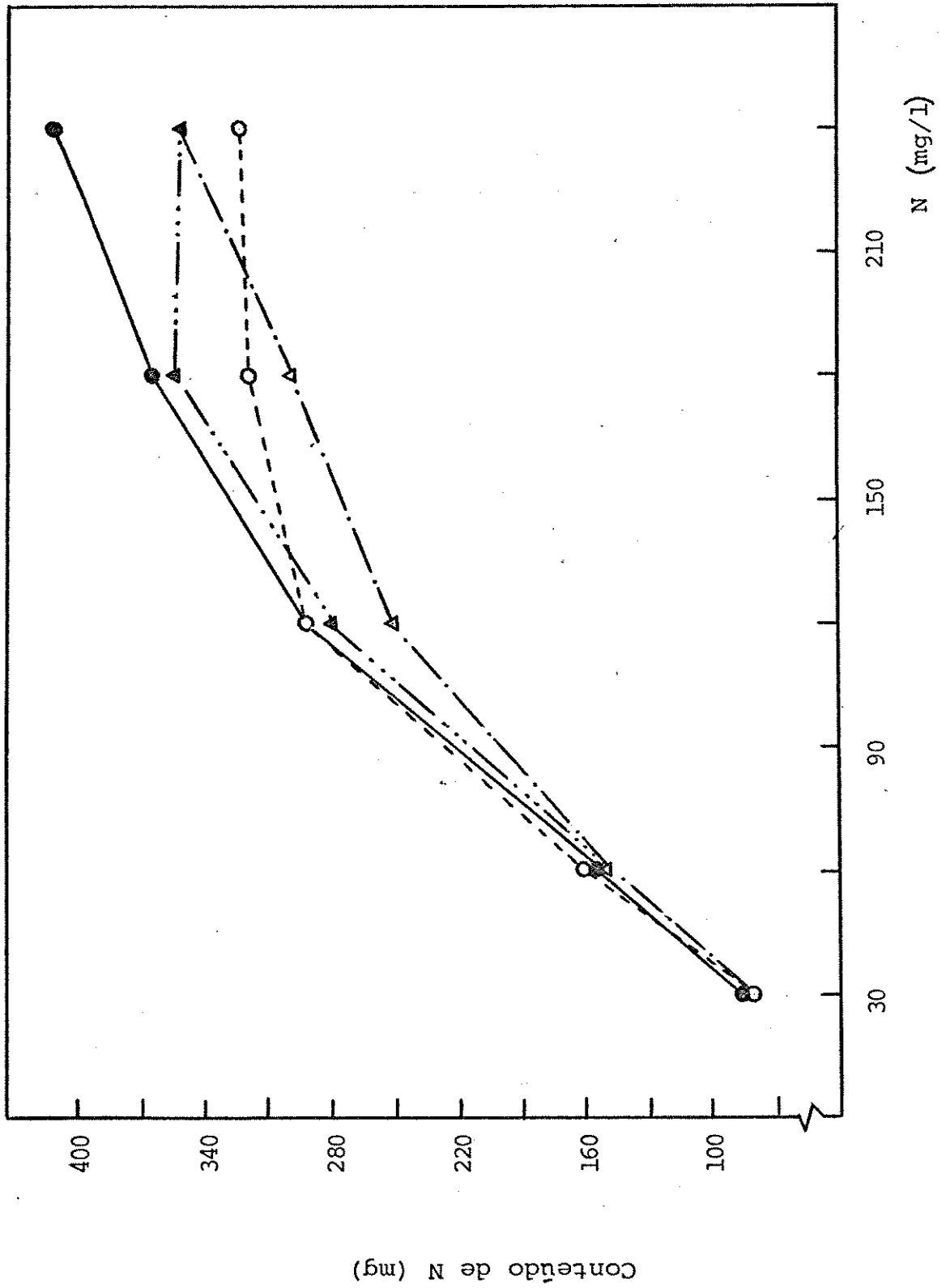
e₃. Planta toda

A análise vertical da tabela 19 e horizontal da figura 16 mostra que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l para todos os genótipos. Não houve aumento entre

Figura 16 . Conteúdo de nitrogênio da planta toda de quatro híbridos duplos de milho, mantidos em concentrações crescentes de nitrogênio.

HD 7974 ○ --
HD C501 ● —
HD C111 △ —.
HD AG401 ▲ —....

Figura 16



as concentrações de 180 e 240 mg N/l apenas para HD 7974 e HD AG401.

A análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concentração, mostra que nas concentrações de 30 e 60 mg N/l não foi possível a distinção entre os genótipos. Nas demais concentrações verifica-se que HD C501 esteve entre os híbridos que apresentaram maior conteúdo de N.

Pelos resultados obtidos verifica-se que para parte aérea, raízes e planta toda houve aumento no conteúdo de N entre as concentrações de 30 e 180 mg N/l para todos os genótipos. Nas concentrações de 30 e 60 mg N/l não foi possível a distinção entre os híbridos duplos.

Quando comparados entre si observa-se que na maioria das partes da planta e das concentrações HD C501 apresentou os maiores conteúdos de N.

Baseando-se nos resultados apresentados verifica-se que em termos de conteúdo de nitrogênio houve aumento entre as concentrações de 30 e 120 mg N/l tanto para as linhagens quanto para os híbridos, em todos os casos (parte aérea, raízes e planta toda). Na concentração de 30 mg N/l não foi possível a distinção entre os genótipos também para linhagens e híbridos.

Com os menores conteúdos de N tem-se Ip 48 entre as linhagens e HS 1227 entre os híbridos. Os maiores conteúdos de N foram apresentados por Ip 11 e SLP 103 entre as linhagens e HD C501 entre os híbridos.

4. Correlação entre nitrogênio e matéria seca

A tabela 22 apresenta vários dados referentes às linhagens puras. O conteúdo de nitrogênio apresentado aqui repete os valores da tabela 18 e representam o conteúdo total de nitrogênio. Os valores de conteúdo de nitrogênio da parte aérea em relação às raízes foram calculados a partir da tabela 18. A relação de eficiência foi calculada dividindo-se os valores de matéria seca total pelos valores de conteúdo de nitrogênio da planta toda, que já foram apresentados na tabela 10. Todos esses parâmetros (conteúdo de nitrogênio, relação do conteúdo de N parte aérea/raiz, e relação de eficiência) foram correlacionados com os dados de matéria seca da planta toda (tabela 10).

Os resultados dessas correlações (valores na tabela 22) são mostrados

a seguir. A tabela 23 mostra os mesmos parâmetros para os híbridos (dados originais retirados das tabelas 11 e 19).

a. Linhagens puras

Os resultados obtidos para as linhagens puras são apresentados na tabela 22.

a₁. Correlação entre conteúdo de N e matéria seca

Os resultados obtidos mostram que em relação às concentrações de N (análise vertical), para todas as linhagens o coeficiente de correlação entre a variação no conteúdo total de nitrogênio e a variação na quantidade de matéria seca total foi alto. A relação foi direta pois r e b foram positivos.

Em relação aos genótipos (análise horizontal) tem-se que em todas as concentrações acima de 30 mg N/l, os coeficientes de correlação entre a variação no conteúdo total de N e a variação de matéria seca da planta toda foram altos. Apenas na concentração de 30 mg N/l o coeficiente de correlação foi baixo. A relação foi direta pois b e r foram positivos. Portanto a linhagem que apresentou maior conteúdo de N apresentou a maior quantidade de matéria seca, e a que apresentou o menor conteúdo de N apresentou a menor quantidade de matéria seca.

a₂. Correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta e matéria seca

Os resultados da tabela 22 mostram que em relação às concentrações de N, as linhagens apresentaram coeficiente de correlação maior que 0,62 e relação direta entre a variação na distribuição do nitrogênio na planta e de matéria seca total. Mas, Ip 48 apresentou coeficiente de correlação quase igual a zero, e coeficiente de regressão negativo, referindo-se a uma relação inversa entre os dados e inexistência de correlação. Em relação ao genótipo observa-se que em todas as concentrações de N o coeficiente de correlação foi baixo, o que significa que a variação na distribuição do nitrogênio na planta pouco teve a ver com a variação de matéria seca total entre as linhagens. Nas concentrações a-

TABELA 22 - Coeficiente de correlação (r) entre matéria seca da planta toda e conteúdo de nitrogênio da planta toda, relação do conteúdo de nitrogênio entre parte aérea e raízes e relação de eficiência em cinco linhagens puras de milho.

Conc. de N mg/l	Ip 701	Ip 365	Ip 48	SLP 103	Ip 11	(r)
Conteúdo de N (mg)						
30	66,95	70,80	70,85	75,41	77,27	0,57
60	128,08	128,65	125,89	143,29	133,64	0,90
120	254,49	250,92	216,18	257,89	249,80	0,96
180	266,28	252,50	216,50	287,18	281,33	0,99
240	301,03	260,62	245,90	333,48	303,20	0,97
(r)	0,95	0,88	0,93	0,89	0,95	
Conteúdo de N parte aérea/raiz (mg/mg)						
30	2,5	3,1	3,5	2,4	4,6	-0,28
60	4,2	4,2	5,6	3,0	5,8	-0,70
120	4,2	4,1	4,2	4,2	5,5	0,32
180	4,1	3,9	4,6	3,7	5,6	0,08
240	3,7	4,1	4,5	3,4	5,2	-0,37
(r)	0,70	0,87	-0,003	0,78	0,62	
Relação de eficiência (mg matéria seca/mg N)						
30	82,0	77,0	66,0	91,0	76,0	0,91
60	55,0	57,0	38,0	68,0	58,0	0,99
120	38,0	34,0	26,0	40,0	40,0	0,99
180	32,0	31,0	27,0	37,0	37,0	0,99
240	32,0	30,0	23,0	34,0	32,0	0,97
(r)	-0,93	-0,91	-0,82	-0,93	-0,96	

cima de 60 mg N/l a relação foi direta, r positivo. Nas concentrações de 30, 60 e 240 mg N/l a relação foi inversa, r negativo.

a₃. Correlação entre relação de eficiência e matéria seca

Pelos resultados verifica-se que em relação às concentrações de N, para todas as linhagens o coeficiente de correlação foi alto entre a variação da relação de eficiência e da quantidade de matéria seca da planta toda. A relação foi inversa, r negativo, o que significa que conforme aumentava a matéria seca, ocorria uma diminuição na relação de eficiência. Em relação aos genótipos verifica-se que os coeficientes de correlação foram altos para todas as concentrações e positivo. Assim sendo a variação da relação de eficiência mostrou correlação com a variação de matéria seca entre os genótipos, e a relação entre as variações foi direta.

b. Híbridos simples e duplos

Os resultados são apresentados na tabela 23.

b₁. Correlação entre conteúdo de N e matéria seca

Os resultados mostram, em relação às concentrações de N, um coeficiente de correlação maior que 0,73 para os híbridos, no que se refere à variação no conteúdo de N e matéria seca da planta toda. A relação foi direta, r positivo, o que significa que o aumento no conteúdo de N acompanhou o aumento da quantidade de matéria seca.

Em relação aos genótipos, os coeficientes de variação foram altos para todas as concentrações, o que significa que a correlação entre a variação no conteúdo de N e de matéria seca da planta toda, foi grande. A relação foi direta, r positivo, o que significa que o genótipo que apresentou maior conteúdo de N apresentou maior quantidade de matéria seca.

b₂. Correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta e matéria seca

TABELA 23 - Coeficiente de correlação (r) entre matéria seca da planta toda e conteúdo de nitrogênio da planta toda, relação do conteúdo de nitrogênio entre parte aérea e raiz e relação de eficiência em híbridos simples e duplos de milho.

Conc. de N mg/l	HS 1227	HS 7777	HD AG401	HD C501	HD 7974	HD G111	(r)
Conteúdo de N (mg)							
30	74,94	80,34	81,05	85,07	83,58	85,04	0,94
60	142,09	153,98	150,27	155,75	158,91	150,15	0,93
120	224,61	282,62	280,27	293,03	291,82	253,94	0,95
180	244,34	361,79	355,77	363,30	320,65	309,75	0,99
240	241,95	340,19	354,52	411,01	324,98	354,11	0,99
(r)	0,97	0,93	0,95	0,85	0,73	0,84	
Conteúdo de N parte aérea/raiz (mg/mg)							
30	3,2	2,2	2,9	2,3	2,4	2,3	-0,85
60	4,1	3,0	3,4	3,1	3,4	3,4	-0,90
120	4,2	3,6	3,7	2,8	2,9	2,9	-0,68
180	3,6	2,1	2,8	2,8	2,6	2,7	-0,71
240	4,0	2,8	2,9	2,5	2,8	2,6	-0,94
(r)	0,62	0,32	-0,15	0,40	0,49	0,17	
Relação de eficiência (mg matéria seca/mg N)							
30	63,0	83,0	80,0	85,0	79,0	82,0	0,98
60	39,0	60,0	58,0	68,0	61,0	58,0	0,99
120	27,0	39,0	35,0	47,0	42,0	32,0	0,99
180	26,0	32,0	35,0	33,0	31,0	30,0	0,97
240	25,0	31,0	31,0	32,0	30,0	30,0	0,96
(r)	-0,98	-0,96	-0,91	-0,87	-0,68	-0,73	

Para a maioria dos híbridos o coeficiente de correlação entre a variação na distribuição do nitrogênio na planta e a variação de matéria seca da planta toda entre as concentrações de N, foi baixa (o maior foi o apresentado por HS 1227, $r = 0,62$). A relação foi direta, r positivo.

Para a maioria das concentrações de N, com exceção das concentrações de 120 e 180 mg N/l, o coeficiente de correlação foi alto para a variação na distribuição do nitrogênio na planta e de matéria seca da planta toda, entre os híbridos. A relação foi inversa, r negativo, indicando que o genótipo que apresentou maior quantidade de matéria seca, apresentou a menor relação entre o conteúdo de N da parte aérea e raízes e vice-versa.

b₃. Correlação entre relação de eficiência e matéria seca

Pelos resultados observa-se que HS 1227, HS 7777 e HD AG401 apresentaram coeficiente de correlação maior que 0,9 e os outros híbridos abaixo de 0,87 e acima de 0,68, para a variação na relação de eficiência e de matéria seca da planta toda, entre as concentrações de N utilizadas. A relação foi inversa, r negativo, indicando que o aumento na quantidade de matéria seca da planta toda acompanhou a diminuição na relação de eficiência, para cada genótipo.

Em relação aos genótipos, em cada concentração de N, verifica-se que para todas as concentrações o coeficiente de correlação foi alto, para as variações da relação de eficiência e da matéria seca da planta toda entre os híbridos. A relação foi direta, r positivo.

Baseando-se nos resultados de correlação obtidos, verifica-se que para as linhagens, de maneira geral, o aumento nas concentrações de N levou a um aumento no conteúdo de nitrogênio que acompanhou o aumento na quantidade de matéria seca da planta toda. Entre as linhagens a que apresentou maior conteúdo de N apresentou maior quantidade de matéria seca e a que apresentou menor conteúdo de N apresentou menor quantidade de matéria seca. O mesmo se sucedeu com os híbridos, ou seja, o híbrido que apresentou maior quantidade de matéria seca da planta toda apresentou maior conteúdo de N e o que apresentou menor quantidade de matéria seca apresentou menor conteúdo de N.

Para a distribuição do nitrogênio na planta, as variações pouco ou nada tiveram que ver com as variações de matéria seca da planta toda e o aumento nas concentrações de N. Para as linhagens apenas Ip 48 apresentou relação inversa. Para a maioria das concentrações o híbrido que apresentou maior quantidade de matéria da planta toda, apresentou a menor relação entre o conteúdo de N da parte aérea e raiz e vice-versa. Isto significa que o híbrido que apresentou maior quantidade de matéria seca, apresentou um aumento no conteúdo de N das raízes em relação à parte aérea.

Quanto à relação de eficiência o aumento das concentrações de N, levaram a uma diminuição na relação de eficiência que acompanhou um aumento na quantidade de matéria seca da planta toda, tanto para as linhagens quanto para os híbridos. Entre as linhagens e os híbridos, o genótipo que apresentou maior quantidade de matéria seca, apresentou a maior relação de eficiência.

Portanto, linhagens e híbridos apresentaram comportamento semelhante para as correlações estudadas. As diferenças aparecem nas variações entre os resultados para a correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta e a quantidade de matéria seca da planta toda.

5. Estudo do pH das soluções

Os dados das figuras 17 e 18 mostram o acompanhamento do pH das soluções nutritivas, feito através da leitura a cada 2 dias, durante o período que durou cada experimento. Portanto, mostram para cada genótipo estudado, a variação do pH em cada uma das concentrações de N (30 a 240 mg N/l).

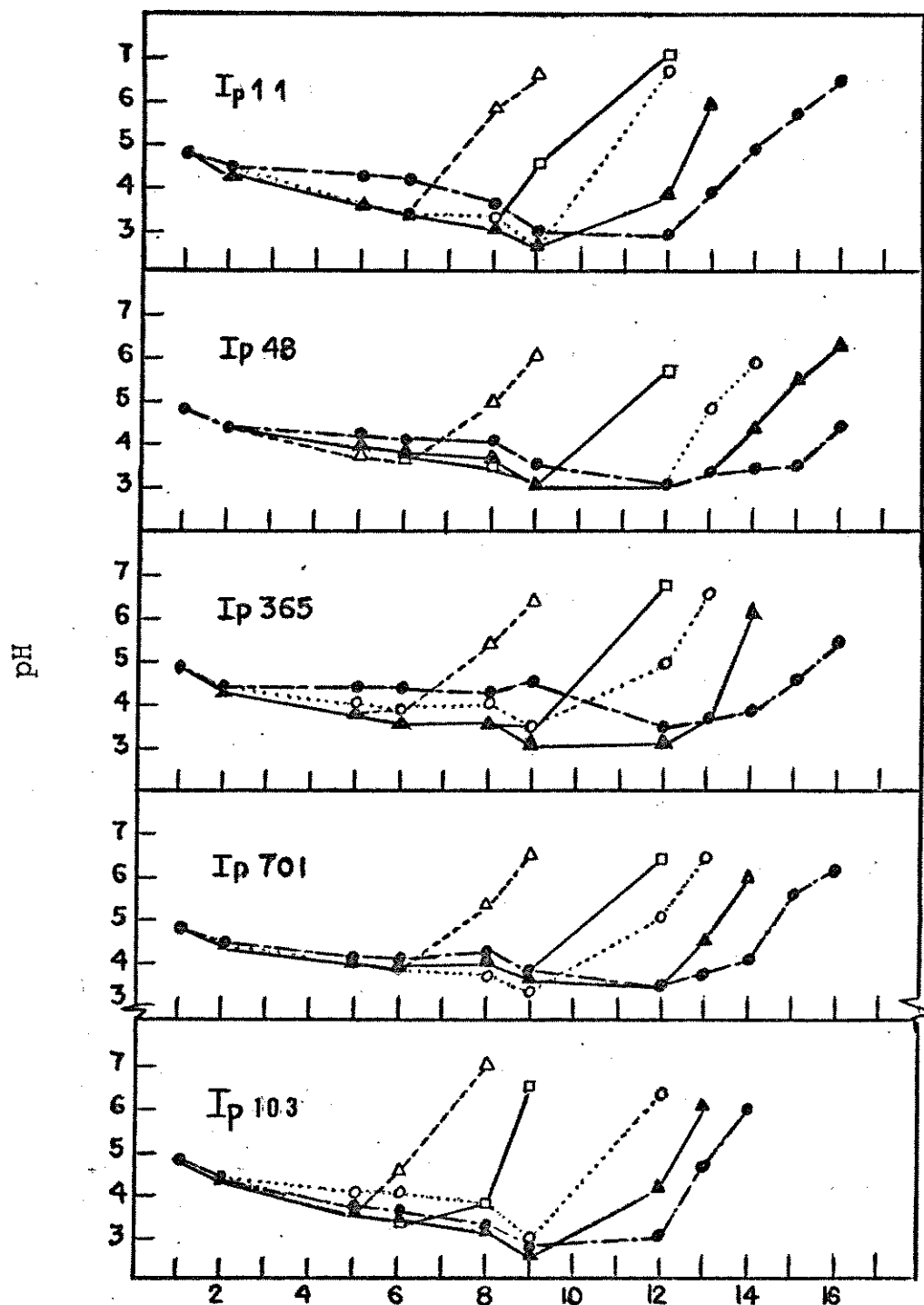
O reajuste do pH tinha início, assim que o valor do mesmo ficasse acima de 5,0. Então, pela observação da figura 17 verifica-se que a primeira concentração a necessitar de reajuste de pH foi a de 30 mg N/l, seguida sequencialmente pelas outras concentrações em ordem crescente de N e tempo, sendo a última a necessitar de reajuste a de 240 mg N/l.

Verifica-se também que esses aumentos no pH ocorreram em algumas concentrações por volta do mesmo dia para todas as linhagens. Por exemplo, na

Figura 17 . Registro das variações de pH em experimentos com solução nutritiva não renovada, de concentrações crescentes de nitrogênio , em cinco linhagens puras de milho.

30 mg N/l Δ - -
60 mg N/l $\square$ —
120 mg N/l $\circ$...
180 mg N/l $\blacktriangle$ —
240 mg N/l $\bullet$ — .

Figura 17

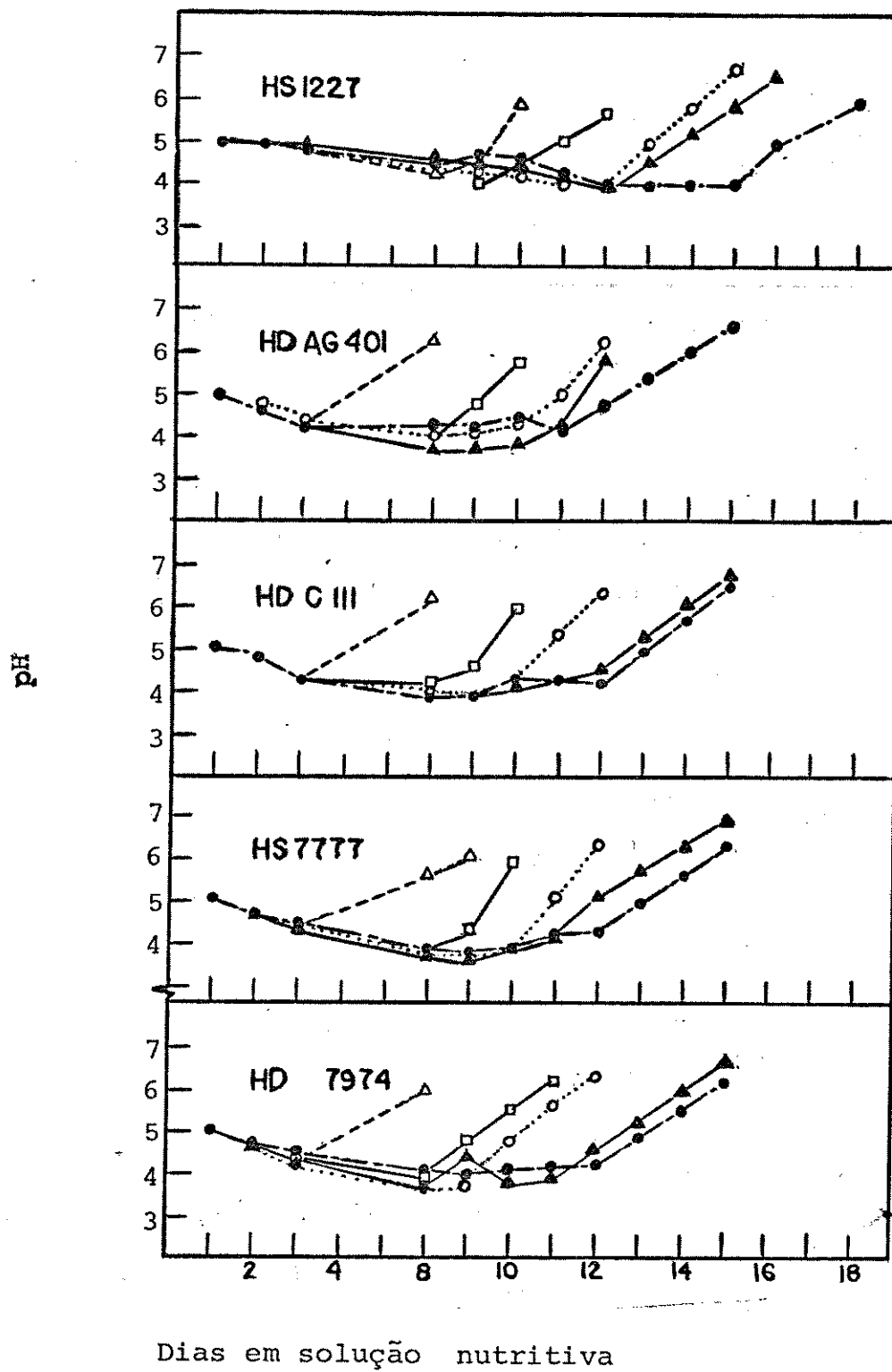


Dias em solução nutritiva

Figura 18 . Registro das variações de pH em experimentos com solução nutritiva não renovada, de concentrações crescentes de nitrogênio , em híbridos simples e duplos de milho.

30 mg N/l Δ --
60 mg N/l $\square$ —
120 mg N/l $\circ$...
180 mg N/l $\blacktriangle$ —
240 mg N/l $\bullet$ —•

Figura 18



concentração de 30 mg N/l o reajuste do pH teve início por volta da quarta leitura em todas as linhagens. Além disso, observa-se também que nas linhagens Ip 48 e Ip 366 para a concentração de 240 mg N/l não houve necessidade de reajuste até a última leitura.

A figura 18, por sua vez, mostra a variação do pH no experimento com os híbridos estudados. Nela observa-se novamente, que a concentração que precisou primeiro de reajuste foi a de 30 mg N/l e por último a de 240 mg N/l. Para HS 1227 os reajustes de pH em todas as concentrações tiveram início mais tarde do que para o pH dos outros genótipos, que tiveram seus reajustes nas várias concentrações praticamente na mesma época e mais cedo.

Nas duas figuras pode-se observar que até o momento do reajuste, o pH, em todas as concentrações se manteve abaixo do valor inicial, ou seja, a baixo de 4,8.

Pelos resultados obtidos observa-se que tanto para linhagens, quanto para híbridos, o início do reajuste variou de acordo com a respectiva concentração. As soluções com concentrações mais baixas de N necessitaram de reajuste mais cedo. Além disso verificou-se que houve diferenças entre os genótipos, em termos de tempo, para a necessidade de reajuste, dependendo da concentração da solução.

III. Cálculo de heterose

1. Híbrido duplo HD 7974 e seus parentais

a. Velocidade máxima de absorção de nitrato

Pelos resultados apresentados na tabela 24 observa-se que houve heterose nesse cruzamento, para o parâmetro estudado. O híbrido duplo apresentou Vmax cerca de 1,03 vezes maior que a maior Vmax apresentada por um de seus parentais, como foi visto na tabela 6. Isso mostra a acentuação de um caráter positivo.

b. Km

Tabela 24 . Cálculo de heterose para o híbrido duplo HD 7974 de milho e seus parentais, para Vmax, Km, matéria seca, conteúdo de N e teor de N.

Conc. de N mg/l	Matéria seca		
	parte aérea	raízes	planta toda
30	+22,16	+5,98	+16,87
60	+29,53	+33,81	+30,84
120	+30,91	+79,25	+43,85
180	+8,98	+12,63	+10,25
240	+12,47	+33,88	+18,76
	Conteúdo de N		
	parte aérea	raízes	planta toda
30	+5,28	+13,86	+7,65
60	+6,57	+10,04	+7,35
120	+8,12	+41,79	+15,06
180	+6,59	+3,78	+5,80
240	+8,06	+23,16	+11,65
	Teor de N		
	lâminas foliares	caule e bainhas	raízes
30	-27,59	-16,00	-8,09
60	-18,46	-22,51	+27,43
120	-16,27	-28,90	+29,44
180	-3,02	-5,47	+34,22
240	-4,14	-11,01	+33,44
- Vmax = -17,71			
- Km = -34,61			

Os resultados da tabela 24 mostram que houve heterose para Km. O híbrido duplo apresentou um valor de Km cerca de 1,05 vezes maior que o maior valor apresentado por um de seus parentais, como já foi mostrado na tabela 6. No caso, isso representa uma desvantagem, pois mostra uma acentuação de um caráter negativo.

c. Matéria seca

Pelos resultados da tabela 24 verifica-se que houve heterose para parte aérea, raízes e planta toda em todas as concentrações de N testadas, mais acentuadamente na concentração de 120 mg N/l.

d. Conteúdo de nitrogênio

Os resultados da tabela 24 mostram que houve heterose em todas as concentrações de N nas 3 partes estudadas, mais acentuadamente na concentração de 120 mg N/l.

e. Teor de nitrogênio

Os resultados da tabela 24 mostram que houve heterose apenas nas raízes, em todas as concentrações acima de 30 mg N/l. Nas demais partes analisadas não foi observada a heterose.

2. Híbrido simples HS 7777 e seus parentais

a. Velocidade máxima de absorção de nitrato

Pelos resultados apresentados na tabela 25, verifica-se que houve heterose para esse parâmetro, sendo que HS 7777 apresentou Vmax de absorção cerca de 1,08 vezes maior que a maior velocidade apresentada por um de seus parentais, como já foi mostrado na tabela 7. Isso significa que ocorreu acentuação de um caráter positivo, através desse cruzamento.

b. Km

Tabela 25 . Cálculo de heterose para o híbrido simples HS 7777 de milho e seus parentais, para Vmax, Km, matéria seca, conteúdo de N e teor de N.

Conc. de N mg/l	Matéria seca		
	parte aérea	raízes	planta toda
30	-9,53	-2,46	-7,06
60	-9,15	-11,77	-9,89
120	-12,02	-3,61	-9,63
180	-6,59	-54,33	-20,17
240	-1,00	-19,20	-1,90
	Conteúdo de N		
	parte aérea	raízes	planta toda
30	-9,65	-20,78	-12,87
60	-9,68	-26,73	-13,48
120	-6,93	-24,52	-10,32
180	-11,55	-106,19	-30,74
240	-15,83	-28,60	-7,23
	Teor de N		
	lâminas foliares	caule e bainhas	raízes
30	-0,32	-1,07	-17,65
60	-2,69	-5,67	-9,96
120	-5,10	-3,59	-19,88
180	-7,77	-7,77	-27,69
240	-2,90	-1,65	-22,76

- Vmax = -13,55

- Km = -29,37

Os dados da tabela 25 mostram que não houve heterose para esse parâmetro, no cruzamento efetuado (os valores de Km estão na tabela 7). Isso significa que houve vantagem, pois não ocorreu a acentuação de um caráter negativo.

c. Matéria seca

Pelos resultados da tabela 25 verifica-se que para parte aérea, raízes e planta toda, houve heterose, em todas as concentrações de N utilizadas. A maior acentuação para parte aérea ocorreu na concentração de 120 mg N/l. Para raízes e planta toda essa acentuação foi grande e ocorreu na concentração de 180 mg N/l.

d. Conteúdo de nitrogênio

Pelos dados da tabela 25 observa-se que para raízes e planta toda, houve heterose em todas as concentrações de N. Para parte aérea houve heterose em todas as concentrações abaixo de 240 mg N/l. As maiores acentuações ocorreram a nível de 180 mg N/l para raízes e planta toda.

e. Teor de nitrogênio

Os dados da tabela 25 mostram que para as lâminas foliares houve heterose a partir da concentração de 180 mg N/l. Para raízes houve heterose em todas as concentrações de N, com a maior acentuação a nível de 180 mg N/l. Não houve heterose em nenhuma das concentrações de N para caule e bainhas foliares.

3. Híbrido simples HS 1227 e seus parentais

a. Velocidade máxima de absorção de nitrato

Pelos resultados na tabela 26, houve heterose para esse parâmetro. O híbrido simples apresentou V_{max} de absorção cerca de 1,13 vezes maior que a maior V_{max} apresentada por um de seus parentais (valores de V_{max} na tabela 8).

Tabela 26 . Cálculo de heterose para o híbrido simples HS 1227 de milho e seus parentais, para Vmax, Km, matéria seca, conteúdo de N e teor de N.

conc. de N mg/l	Matéria seca		
	parte aérea	raízes	planta toda
30	-8,79	+46,32	-7,36
60	-9,09	- 1,41	-7,27
120	-15,81	-13,13	-15,14
180	-10,01	+0,91	-7,57
240	-11,05	-7,30	-10,16
	Conteúdo de N		
	parte aérea	raízes	planta toda
30	+4,60	+9,77	+5,81
60	+9,10	+28,90	+11,64
120	-3,47	-5,30	-3,83
180	+1,02	+17,40	+4,20
240	-5,86	+1,57	-4,47
	Teor de N		
	lâminas foliares	caule e bainhas	raízes
30	+33,16	+44,29	+41,49
60	+11,86	+27,48	+32,91
120	+6,44	+14,14	+5,15
180	+9,00	+12,04	+16,15
240	+3,06	+6,83	+9,85

- Vmax = +35,2

- Km = +65,5

Isso significa que ocorreu uma acentuação de um caráter positivo nesse cruzamento.

b. Km

Pelos dados da tabela 26 houve heterose para Km, sendo que HS 1227 a apresentou valor cerca de 1,37 vezes maior que o maior valor de Km apresentado por um de seus parentais (valores de Km na tabela 8). Houve portanto uma acentuação de um caráter que traz desvantagem para o genótipo.

c. Matéria seca

Os resultados da tabela 26, mostram que não houve heterose para parte aérea e planta toda em todas as concentrações de N. Para raízes não houve heterose na maior parte das concentrações.

d. Conteúdo de nitrogênio

Pelos dados da tabela 26 verifica-se que para as raízes houve heterose em todas as concentrações de N, exceto na de 120 mg N/l. Na parte aérea e planta toda não houve heterose apenas nas concentrações de 120 e 240 mg N/l.

e. Teor de nitrogênio

Os dados da tabela 26 mostram que houve heterose, para todas as partes estudadas em todas as concentrações de N. As maiores acentuações ocorreram a nível de 30 mg N/l.

IV. Absorção de nitrogênio por plantas intactas: solução nutritiva renovada diariamente

Para estes experimentos foram utilizadas as linhagens puras Ip 11 e Ip 48. As concentrações de nitrogênio testadas foram as de 3, 12 e 24 mg N/l.

1. Determinação da matéria seca

a. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 27. Pela análise vertical dos dados da tabela, verifica-se que em relação às concentrações de N, houve aumento na quantidade de matéria seca entre as concentrações de 3 e 12 mg N/l para os 2 genótipos. Não houve aumento entre as concentrações de 12 e 24 mg N/l também para os 2 genótipos.

Pela análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concentração, verifica-se que nas 3 concentrações de N, Ip 11 apresentou os maiores valores de peso seco e Ip 48 os menores.

b. Raízes

Pela análise vertical da tabela 27 observa-se que em relação às concentrações de N, houve aumento na quantidade de matéria seca, entre todas as concentrações para Ip 11. Não houve aumento nos valores de matéria seca para Ip 48 entre qualquer concentração de N.

Quanto a análise horizontal, comparativa entre os genótipos, verifica-se que com exceção da concentração de 30 mg N/l, na qual não foi possível a distinção entre os genótipos, Ip 11 apresentou os maiores valores de peso seco. Os menores valores foram apresentados por Ip 48.

c. Planta toda

A análise vertical da tabela 27 mostra que em relação às concentrações de N houve aumento na quantidade de matéria seca, entre todas as concentrações para as 2 linhagens.

A análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concentração, mostra que Ip 11 em todas as concentrações de N apresentou os maiores valores de matéria seca. Os menores valores de matéria seca foram apresentados por Ip 48.

Pelos resultados obtidos verifica-se que em relação às concentrações de N para parte aérea, raízes e planta toda, Ip 48 apresentou respostas variá-

TABELA 27 - Matéria seca da parte aérea, raízes e de planta toda de duas linhagens de milho (solução nutritiva renovada).

Matéria seca (g)		
Conc. de N mg/l	Ip 48	Ip 11
Parte aérea		
3	4,90	6,70
12	7,67	12,61
24	7,97	13,33
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 0,94 genótipos = 0,63		
Raízes		
3	3,92	3,89
12	3,78	4,67
24	4,05	5,45
DMS 5% (Tukey) = conc. de N = 0,59 genótipos = 0,40		
Planta toda		
3	7,84	9,62
12	10,50	16,11
24	11,01	17,42
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 1,19 genótipos = 0,80		

veis. Para Ip 11 houve aumento na quantidade de matéria seca entre todas as concentrações de N testadas, apenas para planta toda e raízes.

A comparação entre os genótipos mostra que em todos os casos e em todas as concentrações, Ip 11 apresentou as maiores quantidades de matéria seca e Ip 48 as menores (exceção para raízes, na concentração de 30 mg N/l).

2. Determinação do teor de nitrogênio

a. Lâminas foliares

Os dados são apresentados na tabela 28. A análise vertical da tabela mostra que em relação às concentrações de N, houve aumento no teor de N, entre todas as concentrações, para as 2 linhagens.

A análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concentração, mostra que nas concentrações de 3 e 12 mg N/l não foi possível a distinção entre os genótipos. Na concentração de 24 mg N/l Ip 11 apresentou o menor teor de N e Ip 48 o maior.

b. Caule e bainhas foliares

Pela análise vertical da tabela 28 verifica-se que em relação às concentrações de N, houve aumento no teor de N, entre as 3 concentrações, para as 2 linhagens.

Pela análise horizontal, comparando os genótipos em cada concentração de N, observa-se que na concentração de 3 mg N/l não foi possível a distinção entre as linhagens. Nas concentrações de 12 e 24 mg N/l, Ip 11 apresentou os menores teores de N e Ip 48 os maiores.

c. Raízes

A análise vertical da tabela 28 mostra que em relação às concentrações de N, houve aumento no teor de N entre todas as concentrações para as 2 linhagens.

A análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concen-

TABELA 28 - Teor de nitrogênio (em porcentagem) de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva renovada).

% de Nitrogênio		
Conc. de N mg/l	Ip 48	Ip 11
Lâminas foliares		
3	1,39	1,42
12	2,39	2,13
24	3,34	2,78
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 0,39 genótipos = 0,26		
Caule e bainhas foliares		
3	1,14	1,16
12	2,14	1,74
24	3,18	2,67
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 0,29 genótipos = 0,19		
Raízes		
3	1,14	1,02
12	1,71	1,59
24	2,72	2,36
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 0,32 genótipos = 0,21		

tração, mostra que nas concentrações de 3 e 12 mg N/l não foi possível a distinção entre os genótipos. Na concentração de 24 mg N/l, Ip 11 apresentou o menor teor de N e Ip 48 o maior.

Os resultados obtidos mostram que as 2 linhagens apresentaram aumento no teor de N entre todas as concentrações de N testadas, para lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes.

Para Ip 11 os maiores teores de N foram apresentados pelas lâminas foliares. Os menores valores foram apresentados pelo caule e bainhas foliares e raízes, sendo que na concentração de 12 mg N/l as lâminas foliares e caule e bainhas foliares não diferiam entre si. Para Ip 48 os maiores teores foram apresentados pelo caule e bainhas foliares e raízes, sendo que na concentração de 3 mg N/l não foi possível a distinção entre as partes. Portanto, para as 2 linhagens na maior parte das concentrações, as lâminas foliares apresentaram os maiores teores de N e as raízes os menores. Caule e bainhas foliares apresentaram valores intermediários.

A comparação entre os genótipos mostra que para lâminas foliares e raízes nas concentrações de 3 e 12 mg N/l não foi possível a distinção entre as linhagens. Para caule e bainhas foliares não houve distinção apenas na concentração de 3 mg N/l. Nas concentrações onde foi possível a distinção entre os genótipos Ip 11 apresentou os menores valores e Ip 48 os maiores.

3. Determinação do conteúdo de nitrogênio

a. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 29. A análise estatística dos dados da tabela mostra que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N, entre todas as concentrações, para as 2 linhagens.

A análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concentração, mostra que Ip 11 apresentou os maiores conteúdos de N em todas as concentrações. Os menores valores foram apresentados por Ip 48.

TABELA 29 - Conteúdo de nitrogênio da parte aérea, raízes e planta toda de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva não renovada).

Conteúdo de N (mg)		
Conc. de N mg/l	Ip 48	Ip 11
Parte aérea		
3	63,15	87,50
12	174,52	244,04
24	258,36	362,71
DMS 5% (Tukey) : Conc. de N = 13,33 genótipos = 8,93		
Raízes		
3	36,85	30,28
12	60,45	55,76
24	80,64	96,09
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 9,72 genótipos = 6,51		
Planta toda		
3	100,00	117,78
12	234,97	299,80
24	338,99	458,80
DMS 5% (Tukey) : conc. de N = 18,80 genótipos = 12,59		

b. Raízes

A análise da tabela 29 mostra que em relação às concentrações de N (análise vertical), houve aumento no conteúdo de N, entre as 3 concentrações, para as 2 linhagens.

A análise comparativa entre os genótipos em cada concentração de N, mostra que com exceção da concentração de 12 mg N/l, na qual não foi possível a distinção entre os genótipos, Ip 11 apresentou menor conteúdo de N na concentração de 3 mg N/l e Ip 48 o maior. Na concentração de 24 mg N/l Ip 11 apresentou o maior conteúdo de N e Ip 48 o menor. Portanto, o comportamento das 2 linhagens variou.

c. Planta toda

Pela análise da tabela 29 verifica-se que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de N, entre todas as concentrações testadas, para os 2 genótipos.

Quanto a análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concentração de N, observa-se que Ip 11 apresentou os maiores conteúdos de N em todas as concentrações. Os menores valores foram apresentados por Ip 48.

Pelos resultados obtidos verifica-se que para parte aérea, raízes e planta inteira, houve aumento no conteúdo de N entre todas as concentrações de N testadas, para as 2 linhagens.

Comparando os genótipos, observa-se que para parte aérea e planta toda Ip 11 apresentou os maiores conteúdos de N e Ip 48 os menores, em todas as concentrações de N utilizadas. Com relação às raízes verifica-se que o comportamento dos genótipos variou dependendo da concentração, não sendo possível a distinção entre eles.

4. Correlação entre nitrogênio e matéria seca

A tabela 30 mostra os dados do conteúdo de nitrogênio da planta toda, da distribuição de N na planta (através da relação entre o conteúdo de N da parte aérea e o conteúdo de N das raízes) e da relação de eficiência.

TABELA 30 - Coeficiente de correlação (r) entre matéria seca da planta toda e conteúdo de nitrogênio da planta toda, relação do conteúdo de nitrogênio entre parte aérea e raiz e relação de eficiência de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva não renovada).

Conc. de N mg/l	Ip 48	Ip 11
Conteúdo de N (mg)		
3	100,00	117,78
12	234,97	299,80
24	338,99	458,80
r	0,96	0,95
Conteúdo de N parte aérea/raiz (mg/mg)		
3	1,7	2,9
12	2,9	4,4
24	3,2	3,8
r	0,99	0,84
Relação de eficiência (mg matéria seca/mg N)		
3	78,0	82,0
12	45,0	54,0
24	32,0	38,0
r	- 0,99	- 0,98

Foi feita a determinação do coeficiente de correlação (r) e do coeficiente de regressão (b) desses dados com os dados de matéria seca da planta toda.

a. Correlação entre conteúdo de nitrogênio e matéria seca

Pelos resultados obtidos verifica-se que as 2 linhagens apresentaram coeficiente de correlação alto ($r = 0,95$) para a variação no conteúdo de N e a variação na quantidade de matéria seca da planta toda, entre as concentrações de N testadas. O coeficiente de regressão (b) e r foram positivos e portanto a relação é direta.

b. Correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta e matéria seca

Os resultados mostram que para as 2 linhagens o coeficiente de correlação foi alto para a variação na distribuição do nitrogênio na planta e a variação na quantidade de matéria seca da planta toda, entre as 3 concentrações de N. O coeficiente de regressão e de correlação foram positivos, para as 2 linhagens, indicando uma relação direta entre os fatores analisados.

c. Correlação entre a relação de eficiência e matéria seca

Pelos resultados obtidos verifica-se que Ip 11 apresentou um coeficiente de correlação alto para a variação na relação de eficiência e a variação de matéria seca da planta toda, entre as concentrações de N utilizadas. A relação foi inversa pois b e r foram negativos.

Para Ip 48 o coeficiente de correlação foi alto o que mostra que a correlação entre a relação de eficiência e matéria seca foi grande. A relação foi inversa, pois b e r foram negativos.

5. Determinação do conteúdo de nitrato

a. Parte aérea

Os dados são apresentados na tabela 31. A análise vertical dos dados da tabela, mostra que, em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de nitrato entre as 3 concentrações para as 2 linhagens.

A análise horizontal, comparativa dos genótipos em cada concentração de N, mostra que nas concentrações de 3 e 24 mg N/l não foi possível a distinção entre os genótipos. Na concentração de 12 mg N/l Ip 48 apresentou o maior conteúdo de nitrato.

b. Raízes

Pela análise vertical da tabela 31, verifica-se que em relação às concentrações de N, houve aumento no conteúdo de nitrato, entre todas as concentrações para as 2 linhagens.

Quanto à análise horizontal comparativa entre os genótipos em cada concentração de N, observa-se que com exceção da concentração de 3 mg N/l, na qual não foi possível a distinção entre os genótipos, Ip 11 apresentou os menores conteúdos de nitrato. Os maiores valores foram apresentados por Ip 48.

c. Planta toda

A análise vertical da tabela 31, mostra que em relação às concentrações de N houve aumento no conteúdo de nitrato entre todas as concentrações, para os 2 genótipos.

A análise horizontal, comparativa entre os genótipos em cada concentração de N, mostra que na concentração de 3 mg N/l não foi possível a distinção entre os genótipos. Nas demais concentrações Ip 11 apresentou os maiores valores.

Pelos resultados obtidos verifica-se que para parte aérea, raízes e planta toda, houve aumento no conteúdo de nitrato entre todas as concentrações de N utilizadas, para as 2 linhagens. A comparação entre os genótipos mostra que na maior parte dos casos e concentrações, Ip 48 apresentou os maiores conteúdos de nitrato e Ip 11 os menores.

O conteúdo de nitrato nas diferentes partes da planta (lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes) é apresentado na tabela 32. A análise dos dados da tabela, revela que houve aumento no conteúdo de nitrato, entre as

TABELA 31 - Conteúdo de nitrato da parte aérea, raízes e planta toda de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva não renovada).

Conteúdo de NO_3^- (umoles)		
Conc. de N mg/l	Ip 48	Ip 11
Parte aérea		
3	26,60 Aa	40,75 Aa
12	1.947,49 Cc	1.076,70 Bb
24	5.274,66 Dd	5.287,19 Dd
conc. de N = minúsculas genótipos = maiúsculas		
Raízes		
3	47,44 Aa	39,59 Aa
12	1.419,62 Cc	370,98 Bb
24	2.936,86 Ee	2.351,90 Dd
conc. de N = minúsculas genótipos = maiúsculas		
Planta toda		
3	74,04 Aa	80,34 Aa
12	3.367,11 Cc	1.447,69 Bb
24	8.211,52 Ed	7.639,08 Dd
conc. de N = minúsculas genótipos = maiúsculas		

TABELA 32 - Conteúdo de nitrato de lâminas foliares, caule e bainhas foliares de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva não renovada).

Conc. de N mg/l	Conteúdo de NO_3^- (umoles)		
	Lâminas foliares	Caule e bainhas foliares	Raízes
Ip 48			
3	15,42 ab	11,18 a	47,44 b
12	587,72 c	1.359,77 d	1.419,62 d
24	1.506,43 d	3.768,22 f	2.936,86 e
conc. de N = genótipos			
Ip 11			
3	21,33 a	19,42 a	39,59 a
12	295,89 b	780,81 c	370,98 b
24	1.264,28 d	4.022,91 f	2.351,90 e
conc. de N = genótipos			

3 concentrações de N, para todas as partes dos 2 genótipos estudados.

A análise comparativa entre as partes em cada concentração de N, mostra que para Ip 11 e Ip 48 com exceção da concentração de 3 mg N/l, a região do caule e bainhas foliares apresentou maior conteúdo de nitrato. Os menores valores foram apresentados pelas lâminas foliares. As raízes apresentaram variação nos resultados.

6. Relação nitrogênio e nitrato

A tabela 33 apresenta os dados da relação entre o conteúdo de nitrogênio orgânico de nitrato da planta toda. A relação dá idéia da proporção de N que se encontrava na forma orgânica no fim do experimento.

Pelos resultados nas 2 linhagens observa-se que tanto nas lâminas foliares, quanto no caule e bainhas foliares e nas raízes a relação diminuiu com o aumento das concentrações de N. Nas 3 partes o declínio que se observa entre as concentrações de 12 e 24 mg N/l foi o menor encontrado.

Para as 3 partes verifica-se que nas concentrações de 3 e 24 mg N/l, os valores da relação são iguais entre as 2 linhagens. Na concentração de 12 mg N/l o valor da relação foi maior para Ip 11.

Com base nesses resultados observa-se que na concentração de 3 mg N/l pouca parte do N se encontrava na forma de NO_3 , enquanto que nas demais concentrações detectou-se o inverso, com uma brusca queda da concentração de 3 mg N/l para os demais tratamentos.

Concluindo, pelos resultados obtidos pelo método de raízes destacadas, para todos os genótipos estudados, verifica-se que os híbridos HD 7974, HS 1227 e HD AG401 e a linhagem Ip 366, apresentaram diferenças entre todas as concentrações de nitrato utilizadas, quando foi analisada a velocidade de absorção. As maiores velocidades de absorção na maior parte das concentrações foram apresentadas por Ip 11, Ip 366, HD C501 e HD AG401. As menores velocidades de absorção foram apresentadas por Ip 48, Ip 701 e HS 7777. Em termos de V_{max} os maiores valores foram apresentados por Ip 11, Ip 366, HD C501, HS 1227 e HD 7974 e as menores por SLP 103, Ip 48, HS 7777 e HD C111. Os K_m de Ip 11, Ip 366 e

TABELA 33 - Relação entre o conteúdo de N-orgânico e conteúdo de N-nitrato de lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes de duas linhagens puras de milho (solução nutritiva não renovada).

Conc. de N mg/l	N-orgânico (mg) / N-NO ₃ (mg)	
	Ip 48	Ip 11
	Lâminas foliares	
3	186,34	182,84
12	12,97	34,37
24	7,25	11,19
Caule e bainhas foliares		
3	145,86	120,66
12	3,56	9,29
24	1,99	2,92
Raízes		
3	55,50	54,66
12	3,04	10,73
24	1,96	2,92

HD C111 foram os menores encontrados e os de Ip 701, HD 7974 e HS 1227 os maiores.

Em relação aos cruzamentos verifica-se que o híbrido duplo HD 7974 apresentou o mesmo comportamento que o híbrido simples HS 1227 em relação às diferenças de velocidade de absorção entre as concentrações de nitrato. Não houve distinção entre o híbrido duplo e seus híbridos simples parentais. A V_{max} de HD 7974 foi igual a de HS 1227 e maior que a de HS 7777, sendo observado um efeito heterótico. Para o K_m não houve distinção, mas foi verificada a heterose. O híbrido simples HS 7777 apresentou comportamento igual a SLP 103 em relação às concentrações de nitrato em termos de velocidade de absorção. Os maiores valores foram apresentados pelo híbrido simples e as menores por Ip 701; para V_{max} e K_m não houve distinção, mas houve heterose. O híbrido simples HS 1227 apresentou comportamento igual a Ip 365 em termos de velocidade de absorção, em relação às concentrações de nitrato. Os maiores valores foram apresentados por Ip 365 e os menores por Ip 48, sendo que o híbrido simples apresentou valores intermediários. Quanto à V_{max} , HS 1227 e Ip 365 apresentaram os maiores valores e Ip 48 os menores, com efeito heterótico. Para K_m o híbrido simples apresentou o maior valor e Ip 365 o menor, sendo observada a heterose.

Para todos os genótipos estudados, nos experimentos com plantas intactas em solução nutritiva não renovada verifica-se que HS 1227 e Ip 48 apresentaram os menores valores em termos de matéria seca da parte aérea. As maiores quantidades de matéria seca foram apresentadas por HD C501 a SLP 103. Para as linhagens Ip 11 apresentou os maiores valores em termos de matéria seca da parte aérea. Quanto ao teor de N, Ip 48 e HS 1227 apresentaram os maiores valores, com exceção da raízes, onde HD 7974, entre os híbridos, apresentou valores maiores. Os teores menores de N foram apresentados por Ip 11, Ip 103 e HD C501. Os valores de conteúdo de N para Ip 11 (parte aérea), SLP 103 (raízes e planta toda) e HD C501 (todas as partes) foram os maiores determinados. Os menores valores foram apresentados por HS 1227 e Ip 48, sendo que para as raízes Ip 11 apresentou também menor valor.

Em relação aos cruzamentos verifica-se que em termos de matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda o híbrido duplo HD 7974 apresentou resultados iguais a HS 7777 e maiores que HS 1227 havendo heterose em todos os casos. Para o cruzamento de SLP 103 e Ip 701 tem-se que na parte aérea não houve

distinção com o híbrido simples, havendo heterose. Para as raízes SLP 103 apresentou os maiores valores, Ip 701 os menores e o híbrido simples valores intermediários, havendo heterose. Para a planta toda HS 7777 foi igual a SLP 103 e apresenta valores maiores que Ip 701, havendo heterose. No cruzamento de Ip 48 e Ip 365 tem-se que em todos os casos o híbrido simples apresentou quantidades de matéria seca igual a Ip 48 e menores que Ip 365, havendo heterose apenas para as raízes nas concentrações de 30 e 180 mg N/l. Quanto aos teores de N tem-se que o híbrido duplo apresentou valores iguais a HS 7777 e menores que HS 1227, com exceção das raízes onde HD 7974 apresentou os maiores teores de N. Houve heterose apenas nas raízes. No cruzamento de Ip 103 com Ip 701 não houve distinção com o híbrido simples HS 7777 nas lâminas foliares e caule e bainhas foliares. Nas raízes o híbrido simples apresentou os maiores teores e SLP 103 os menores. Houve heterose nas raízes, em todas as concentrações e nas lâminas foliares apenas em algumas. Não houve heterose no caule e bainhas foliares. No cruzamento de Ip 48 com Ip 365, o híbrido simples HS 1227 apresentou os maiores teores de N, sendo igual a seu parental Ip 48 na região das lâminas foliares. Os menores valores foram apresentados por Ip 365. Houve heterose em todos os casos. Para conteúdo de N o híbrido duplo HD 7974 apresentou valores iguais a HS 7777 e maiores que HS 1227. Houve heterose em todas as partes e planta toda. No cruzamento de SLP 103 e Ip 701 tem-se que o híbrido simples HS 7777 apresentou os maiores conteúdos com exceção da parte aérea onde não houve distinção. Houve heterose em todos os casos. Para o cruzamento de Ip 48 e Ip 365 houve distinção entre o genótipo apenas na parte aérea onde HS 1227 apresentou valores iguais a Ip 48 e menores que Ip 365. Houve heterose em todas as partes, na maioria das concentrações.

Nos experimentos com plantas intactas em solução renovada diariamente verifica-se que Ip 11 apresentou as maiores quantidades de matéria seca e Ip 48 as menores. Em relação ao teor de nitrogênio para lâminas foliares e raízes não houve distinção nas concentrações de 3 e 12 mg N/l. Quando houve a distinção, no caso de caule e bainhas foliares, a linhagem Ip 48 apresentou os maiores teores, nas concentrações de 12 e 24 mg N/l. Quanto ao conteúdo de N tem-se que para parte aérea e planta toda Ip 11 apresentou os maiores valores e Ip 48 os menores em todas as concentrações. Nas raízes a distinção variou conforme a concentração. Para o conteúdo de nitrato verifica-se que nas raízes Ip 48

apresentou valores maiores que Ip 11. Para parte aérea e planta toda, os resultados variaram.

Portanto, pelos resultados tem-se que foi possível separar entre os genótipos pela velocidade de absorção, V_{max} e K_m as linhagens Ip 11 e Ip 366 e o híbrido duplo HD C501 como os melhores genótipos e a linhagem Ip 48 e o híbrido simples HS 7777 como os piores. Pelos dados de matéria seca, conteúdo de N e relação de eficiência identificaram-se SLP103 e HD C501 como os mais eficientes e como menos eficientes a linhagem Ip 48 e o híbrido simples HS 1227. Os dados dessas mesmas determinações para Ip 11 e Ip 48 em concentrações muito baixas de N mostraram Ip 11 como mais eficiente que Ip 48.

DISCUSSÃO

A técnica de raízes destacadas foi utilizada para a distinção de ge
nótipos eficientes quanto à absorção de nitrogênio na forma de nitrato. As di
ferenças entre os genótipos utilizados foram obtidas através do estudo de parâ
metros como velocidade de absorção, V_{max} e K_m . Além disso tentou-se constatar
os possíveis fatores ligados à hereditariedade e o efeito heterótico nesses pa
râmetros, através do estudo de alguns cruzamentos que resultaram em alguns dos
genótipos estudados.

Quando o processo da absorção iônica, ativa pelo tecido, é acompanhaa
da em função do tempo (dentro de certas condições); pode-se obter valores de ve
locidade de absorção em diferentes concentrações (EPSTEIN, 1975). Em baixas con
centrações a velocidade de absorção aumenta rapidamente com o aumento no fornec
imento externo do íon. Nas concentrações progressivamente mais altas, cada in
cremento determina aumentos cada vez mais altos na velocidade de absorção. Nas
concentrações mais altas a absorção do íon é virtualmente independente da con
centração externa do íon (EPSTEIN, 1975). Na realidade, a velocidade de absorç
ão iônica expressa a velocidade de transporte do íon por meio de um carregador,
como no caso da catálise enzimática e depende de dois fatores: um é o fator de
capacidade que denota a velocidade máxima de transporte, que pode ser atingida
quando todos os sítios carregadores estão preenchidos; o outro é um fator de in
tensidade que reflete a fração do carregador de fato ocupada numa dada con
centração do íon. O produto desses dois fatores dá a velocidade de absorção e de
fine a equação de Michaelis-Menten, que apresenta o K_m que é a constante de dis
sociação do complexo íon-carregador. A constante de Michaelis-Menten, K_m , é
igual à concentração do íon que dá a metade da velocidade máxima de absorção.
Quanto mais baixo esse valor, ou seja, quanto menor a concentração do íon que
resulta na metade da velocidade máxima, tanto maior a afinidade dos sítios car

regadores pelo íon. A equação de Michaelis-Menten pode ser transformada de maneira a dar gráficos lineares. Uma dessas maneiras seria a transformação de Lineweaver-Burk, que serve para se verificar a adaptação dos dados experimentais com a equação e para determinar os parâmetros V_{max} e K_m (EPSTEIN, 1975). As transformações lineares são comuns e no presente trabalho podem ser vistas nas figuras 1 - 4. O fator de capacidade V_{max} pode ser calculado a partir de dados experimentais.

A produtividade e cultivo de uma planta depende de propriedades da variedade tanto quanto das condições agroecológicas. Recentemente foi dada importância ao significado econômico e ecológico da seleção de cultivares capazes de absorver boa parte dos nutrientes do solo (CLARKSON, 1981). Essa capacidade pode ser avaliada através das características morfológicas do sistema radicular e ou de sua capacidade intrínseca de transporte iônico (taxa de absorção por unidade de raiz). Enquanto a primeira característica não fornece dados definitivos de qualidade (CLARKSON, 1981), o segundo, através de características da cinética de absorção iônica pelas raízes (que pode ser determinado em laboratório) fornece dados mais racionais para a seleção de materiais (BALIGAR e BARBER, 1979).

Medidas dos valores de K_m e V_{max} nas raízes de diferentes espécies, sugerem que efetivamente o mecanismo de absorção varia entre as espécies (GERLOFF, 1976). Aparentemente a eficiência de absorção de nutrientes pode ser expressa por meio de parâmetros cinéticos, isto é, V_{max} e K_m . O código genético para o sistema de carregador iônico pode variar dentro de variedades da mesma espécie e por conseguinte fornecer características que se devem a uma grande afinidade pelo íon (baixo K_m) ou a uma alta velocidade máxima de absorção (CROWLEY, 1975). Isso tudo pode possibilitar a criação de genótipos superiores, caracterizados por uma alta V_{max} e baixo K_m , capazes de um bom desempenho numa faixa ampla de condições nutricionais (LANDI e FAGIOLI, 1983).

Geralmente, supõe-se que o mecanismo molecular de heterogeneidade genética da absorção de nutrientes é causado pelas diferenças que ocorrem na estrutura poligênica, a qual é responsável pela síntese de proteínas, enzimas e principalmente pelo transporte de ATP-ases (EPSTEIN, 1975; NIELSEN e BARBER, 1978).

Em relação à absorção de nitrogênio verifica-se neste trabalho que

em termos de velocidade de absorção Ip 365, HS 1227, HD 7974 e HD AG401 apresentaram diferentes e crescentes velocidades de absorção em concentrações crescentes de nitrato, porém acompanhando o aumento da concentração do íon no meio, dentro da cinética de Michaelis-Menten. Os demais genótipos, embora não tenham apresentado diferenças entre todas as velocidades, também responderam à curva cinética de maneira que as transformações lineares de Lineweaver-Burk apresentaram retas com alto coeficiente de correlação (maiores que 0,9). Entre as linhagens, Ip 11 e Ip 365 apresentaram as maiores velocidades de absorção, as maiores Vmax e também os menores Km. Isso significa que essas duas linhagens apresentaram resultados que as definem como genótipos de alta eficiência na absorção (LANDI e FAGIOLI, 1983). Entre os híbridos destacou-se o híbrido duplo HD C501 que apresentou os mesmos resultados, exceto para Km, que mostrou valor intermediário.

Seguindo esses critérios verifica-se que Ip 48 e HS 7777 foram os genótipos que poderiam ser classificados como menos eficientes quanto à absorção de nitrato, pois apresentaram os menores valores de velocidade de absorção e Vmax com Km intermediário. Os demais genótipos variaram. Essas variações em relação ao modelo de planta ideal, segundo tais propriedades, poderiam ser explicadas do mesmo modo que IYER e SAXENA (1977) fizeram para o caso do fósforo, isto é, que o mecanismo de absorção do íon é independente de seu mecanismo de indução na absorção.

Portanto, pode-se concluir que os genótipos mais eficientes foram Ip 11, Ip 365 e HD C501 e os menos eficientes Ip 48 e HS 7777.

Com relação às análises dos cruzamentos verifica-se que em termos de velocidade de absorção o cruzamento de uma linhagem pura moderadamente eficiente (SLP103) com uma linhagem pura menos eficiente (Ip 701) resultou um híbrido simples (HS 7777) mais eficiente em relação aos parentais, porém menos eficientes em relação aos outros híbridos. O cruzamento de Ip 365, mais eficiente, e Ip 48, menos eficiente, produziu o híbrido simples HS 1227, moderadamente eficiente em relação aos parentais e aos demais híbridos. O cruzamento dos dois híbridos simples, resultou no híbrido duplo HD 7974, que apresentou-se moderadamente eficiente em relação aos parentais e aos demais híbridos. Logo, o híbrido duplo apresentou características de comportamento semelhantes ao seu parental HS 1227.

Em termos de V_{max} o cruzamento de Ip 701, eficiência moderada, com SLP103, menos eficiente, produziu um híbrido simples, HS 7777, igual aos parentais e menos eficiente em relação aos demais híbridos. Foi detectada heterose, o que leva à conclusão de que houve com o cruzamento uma melhoria de um caráter positivo em termos de capacidade de transporte iônico. O cruzamento de Ip 366, mais eficiente e Ip 48, menos eficiente, produziu o híbrido simples HS 1227 igual ao parental Ip 366 e mais eficiente em relação a Ip 48 e aos demais híbridos. Houve heterose, o que indica melhoria de uma característica positiva em termos de absorção. Do cruzamento de HS 7777, menos eficiente e HS 1227 mais eficiente, resultou HD 7974 mais eficiente em relação aos outros híbridos e igual ao seu parental HS 1227. Houve efeito heterótico, o que indica melhoria de caráter, com o cruzamento.

Em termos de K_m (afinidade pelo substrato) tem-se que o cruzamento de SLP103 de eficiência moderada, com Ip 701 menos eficiente (K_m alto), resultou no híbrido simples HS 7777 igual aos parentais e moderadamente eficiente em relação aos outros híbridos. Não houve heterose o que significa melhoria de um caráter, que em outras palavras resulta em uma necessidade menor de substrato para um bom desempenho em relação aos parentais. O cruzamento de Ip 366, mais eficiente (K_m baixo) com Ip 48, moderadamente eficiente, produziu um híbrido simples, HS 1227, menos eficiente (K_m alto) em relação aos parentais e aos demais híbridos. Houve heterose. Isso não foi vantajoso para o híbrido simples em termos de afinidade pelo substrato, pois resulta numa necessidade de maior concentração do íon para seu bom desempenho em relação aos demais genótipos. HD 7974 apresentou as mesmas características de seu parental HS 1227, com um K_m alto. Houve heterose, o que conseqüentemente não representou vantagem em termos de afinidade pelo substrato, ou melhoria em termos de eficiência.

Em suma, tem-se que o cruzamento SLP 103 X Ip 701 produziu um híbrido simples com menores velocidades de absorção, menor capacidade de absorção iônica (V_{max} baixa) e afinidade moderada pelo substrato (K_m intermediário), o que significou que suas necessidades em termos de suprimento de nitrogênio foi semelhante aos parentais e maiores em relação aos demais híbridos. O cruzamento Ip 366 X Ip 48 produziu um híbrido simples com velocidades de absorção intermediárias, maior capacidade de transporte de nitrato, porém com menor afinidade pelo substrato (K_m alto). Isso significa que o híbrido simples requer uma mai

or quantidade de substrato para satisfazer suas necessidades metabólicas tanto em relação aos seus parentais quanto em relação aos demais híbridos. O cruzamento HS 7777 X HS 1227 produziu um híbrido duplo com velocidades de absorção intermediárias, maior capacidade de absorção de nitrogênio (V_{max} alta), porém com menor afinidade pelo substrato (K_m alto). Isso indica que o híbrido duplo necessita de uma quantidade maior de nitrogênio para seu bom desempenho, em relação aos demais híbridos.

Portanto, pelo que se observa para os cruzamentos estudados só houve vantagem em termos de eficiência de absorção, em relação a capacidade de transporte do íon (V_{max}). Não resultou de nenhum cruzamento um genótipo que apresentasse as características teoricamente estabelecidas (V_{max} alto e K_m baixo) para diferencia-los entre os demais genótipos, como mais eficientes. Entretanto, foi observado efeito heterótico para os dois parâmetros. É sabido que V_{max} ao contrário do K_m parece ser a propriedade cinética mais susceptível à estimulação heterótica (FERRARI e RENOSTO, 1972; CACCO e FERRARI, 1978). Em experimentos com genótipos de milho LANDI e FAGIOLI (1983) para manganês e cobre e CACCO et al. (1978 e 1980) para sulfato, determinaram o K_m e V_{max} e concluíram que V_{max} era o parâmetro ou propriedade mais susceptível à estimulação heterótica. Essas comparações sugerem controle genotípico nas propriedades de absorção, o que também foi observado por NIELSEN e BARBER, (1978) para fósforo e milho.

Entre os híbridos duplos comerciais verifica-se a superioridade de HD 0501. Esse híbrido apresentou as maiores velocidades de absorção, maior capacidade de transporte do íon (V_{max} alta) e uma afinidade moderada pelo substrato (K_m intermediário). O fato de apresentar K_m intermediário não o define totalmente como o melhor genótipo, porém não o exclui de ser o mais eficiente entre os híbridos duplos comerciais estudados. O híbrido duplo HD 0111 apresentou menor capacidade de transporte (V_{max} alta), porém grande afinidade pelo substrato (K_m baixo). Isso significa que esse híbrido necessitaria de menores quantidades de nitrogênio para seu bom desempenho, embora com capacidade de transporte limitada. HD 7974 como já visto anteriormente apresentou V_{max} alta e K_m alto, logo necessita de maiores quantidades de substrato para suprir suas necessidades metabólicas. O híbrido duplo HD AG401 apresentou-se como moderadamente eficiente com valores intermediários.

Através desses resultados conclui-se que:

1. Pelos parâmetros cinéticos de absorção, K_m e V_{max} , foi possível alcançar um dos objetivos deste trabalho que consistia na identificação de genótipos eficientes quanto à absorção de $N-NO_3$.
2. Esses parâmetros são susceptíveis a efeito heterótico e controle genético.
3. Observou-se que V_{max} varia independentemente do K_m .
4. A técnica de raízes destacadas se mostrou adequada para a detecção de eficiência de absorção do nutriente.

O sucesso no emprego dessa técnica pode confirmar os estudos realizados com milho (JACKSON et al., 1973; NEYRA e HAGEMAN, 1975; BRAVO-F e URIBE, 1981; LANDI e FAGIOLI, 1983; HOLDBRADÁ, 1983; CACCO et al., 1983) ou com outras espécies (EPSTEIN, 1975; GERLOFF, 1976; LINDGREN et al., 1977) para vários íons e com diversos objetivos. Segundo IYER e SAXENA (1977), os resultados de V_{max} e K_m por eles obtidos pela técnica de raízes destacadas, foram mais refinados quando comparados com os obtidos pela técnica de plantas intactas, sendo que a precisão ou definição das curvas obtidas pelas raízes destacadas foi mais linear.

Cabe observar que talvez uma diferenciação maior ou mais evidente pudesse ser demonstrada nesse trabalho, se fosse utilizado um número maior de genótipos previamente selecionados, o que evitaria resultados intermediários.

Uma outra forma de avaliarmos a eficiência na absorção e utilização de nitrogênio é através do emprego da técnica de crescimento das plantas em solução nutritiva, considerada indispensável para o estudo de nutrição mineral. (CLARK, 1982). Além disso, o estudo em solução nutritiva traz vantagens no sentido de se poder controlar as condições de crescimento das plantas, estudar o sistema radicular e comparar um número relativamente grande de genótipos num curto espaço de tempo (FURLANI et al., 1984a).

A eficiência na utilização de um íon pelas plantas pode ser avaliada pela sua habilidade na absorção do elemento do meio, pelos seus requerimentos em termos de quantidade do elemento e ou mais efetivamente como ela distribui esse elemento no seu interior (FURLANI et al., 1984b). A eficiência pode ser definida ou expressa de várias formas. Uma delas é a quantidade de matéria seca produzida por unidade do elemento absorvido pela planta e ou partes da planta (GERLOFF, 1976). Outra forma um pouco mais subjetiva define como plantas e

ficientes aquelas plantas que crescem melhor, produzem maior quantidade de matéria seca e desenvolvem menos sintomas de deficiência que outras plantas, quando desenvolvidas em baixos níveis do elemento (CLARK, 1976). Outra definição um pouco mais ampla seria a quantidade de matéria seca produzida por unidade de tempo e área, para o crescimento da planta, em meio que apresente concentração do elemento, menor que o suficiente para a planta produzir o máximo.

Logo, uma forma viável de se avaliar essa eficiência para nitrogênio seria através da determinação de parâmetros como matéria seca produzida, teor e conteúdo de nitrogênio e suas correlações e relações com a matéria seca. Genótipos de sorgo que cresceram em concentrações baixas de nitrogênio foram selecionados através da utilização desses e outros parâmetros por FRANÇA, 1981.

Pelos dados da tabela 10 observa-se que em termos de matéria seca da parte aérea, raízes e planta toda a linhagem pura Ip 48 e o híbrido simples HS 1227 apresentaram os menores desenvolvimentos. Para a parte aérea, entre as linhagens, Ip 11 se desenvolveu mais. Entretanto, quando é analisado o teor de nitrogênio da parte aérea e raízes dos genótipos verifica-se que Ip 48 e HS 1227 apresentaram os maiores teores e HD C501, SLP 103 e Ip 11 (para lâminas foliares apenas) apresentaram os menores teores, evidenciando um efeito de diluição com o maior desenvolvimento das plantas. Isso pode ser confirmado pela correlação entre o teor de nitrogênio e matéria seca nas duas partes. Os teores de N mostraram-se mais elevados em genótipos menos desenvolvidos, decrescendo gradativamente para genótipos mais desenvolvidos. Contudo a correlação entre os teores de N e matéria seca para cada genótipo mostrou que o aumento na concentração de N da solução acompanhou o aumento no teor de N e de matéria seca não se observando efeito de diluição. Os maiores teores de nitrogênio foram detectados tanto nas linhagens puras quanto nos híbridos duplos e simples nas lâminas foliares. Os teores de N do caule e bainhas foliares e das raízes foram iguais e menores. Portanto, os teores de N foram mais elevados nas partes das plantas que se desenvolveram mais e menores nas partes que se desenvolveram menos. Provavelmente os altos teores de N das lâminas foliares são devidos ao fato de que nessa parte da planta, existe uma maior atividade metabólica em termos de produção e utilização de compostos nitrogenados (fotossíntese, atividade da redutase de nitrato, etc). O movimento dos nutrientes para os sítios funcionais, é um aspecto importante para o balanço interno. Mas ainda está difí-

cil decidir se o genótipo eficiente quanto a um determinado íon tem uma baixa concentração do mesmo em todos os tecidos ou mantém um alto nível do mesmo naqueles que estão em crescimento às expensas de mandá-los às regiões maduras (CLARKSON e HANSON, 1980). O processo de transporte de compostos nitrogenados tem sido estudado sob seus vários aspectos e interrelações (BOWERMAN e GOODMAN, 1971; DALE et al., 1974; FELIPPE et al., 1975; DALE, 1976; RAD e RAINS, 1976; DALE e FELIPPE, 1977; HAREL et al., 1977; METIVIER e DALE, 1977ab), sendo importante o papel de enzimas como redutase de nitrato nesse processo.

Logo, o fato desses mesmos genótipos apresentarem em termos de conteúdo de N valores opostos aos de teores de N, mostra que isso ocorre devido à produção de matéria seca. Por exemplo, se Ip 48 apresentou maior teor de N e menor conteúdo de N, isso se deve ao fato de que esse genótipo apresentou menor quantidade de matéria seca. Portanto, as variações no conteúdo de nitrogênio entre os genótipos tanto para híbridos, quanto para linhagens, acompanharam as variações de matéria seca. Isto pode ser confirmado pela alta correlação e a relação direta entre as duas determinações (isto foi comprovado por PERBY e JENSEN, 1983 e por FURLANI et al., 1984a). A variação no conteúdo total de nitrogênio entre os genótipos é uma indicação da existência de diferenças na capacidade das plantas em absorver nitrogênio.

Para as linhagens a variação na distribuição do nitrogênio entre a parte aérea e raiz, em termos de conteúdo, pouco ou nada teve a ver com as variações de matéria seca da planta toda entre os genótipos. Para os híbridos essa variação esteve relacionada inversamente com as variações de matéria seca, evidenciando que o híbrido que apresentou maior quantidade de matéria seca apresentou menor conteúdo de N na parte aérea em relação às raízes, entre os ge nótipos estudados, numa dada concentração.

As variações na relação de eficiência tanto para híbridos quanto pa ra linhagens, acompanharam as variações de matéria seca, apresentando alta cor relação e relação direta. Portanto, como o conteúdo total de N e a relação de eficiência acompanharam diretamente as variações observadas na produção de ma téria seca, pode-se deduzir que os processos de absorção e utilização de nitro gênio foram os fatores que limitaram ou influenciaram no desenvolvimento de todos os genótipos estudados.

Pela relação de eficiência pode-se também inferir que o processo de

utilização foi o fator principal responsável pela diferenciação entre as linhas em termos de crescimento. Isso talvez tenha ocorrido porque deve existir uma correlação entre a eficiência de utilização de nitrogênio e a atividade da redutase de nitrato, a qual mostra variações genotípicas (CLARKSON e HANSON, 1980).

Um fato a se observar é que à medida que aumenta a concentração de N na solução, verifica-se a diminuição na relação de eficiência para todos os genótipos. Isso indica que ocorre uma diminuição na utilização de N em termos de produção de matéria seca, conforme se aumenta o suprimento de N. Nessa situação, nas concentrações mais altas, principalmente 180 e 240 mg N/l a distinção entre os genótipos se torna impossível. Entretanto, os genótipos que se mostraram menos eficientes foram os únicos que se diferenciaram dos demais. Logo, pelo menos em termos de identificação entre os genótipos são indicadas as concentrações de 60 e 120 mg N/l, mas principalmente a de 120 mg N/l para todos os parâmetros. Esse resultado confirma o obtido por FURLANI et al. (1984a).

Concluindo, em relação aos parâmetros analisados, entre as linhagens destaca-se SLP 103 como mais eficiente e Ip 48 como menos eficiente. Observa-se contudo que Ip 11 se iguala a SLP 103 em algumas concentrações e a supera em termos de desenvolvimento da parte aérea. Entre os híbridos destaca-se HD C501 como mais eficiente e HS 1227 como menos eficiente.

O cruzamento SLP 103 X Ip 701 produziu um híbrido simples com desenvolvimento moderado (produção de matéria seca total e intermediária), com teores e conteúdo total de N intermediários. Em termos de absorção de N, HS 7777 foi melhor que seus parentais e moderado em relação aos demais híbridos. Como cruzamento houve melhoria em termos de produção de matéria seca e conteúdo de N para o híbrido, pois verificou-se heterose nesses parâmetros. A sua eficiência na utilização de N na verdade foi igual a de seu parental Ip 701 e menor que a de SLP 103, apesar de sua produção de matéria seca e conteúdo de N serem maiores que Ip 701. O cruzamento Ip 365 X Ip 48 resultou em um híbrido simples com menor desenvolvimento (menor produção de matéria seca total), com os maiores teores de N (efeito de diluição em relação à matéria seca) e menores conteúdos de N, logo um genótipo com menor eficiência em termos de absorção e utilização de nitrogênio. Houve heterose apenas para teor e conteúdo total de N sem melhoria em termos de desenvolvimento. HS 1227 como seu parental Ip 48 compor

tou-se como genótipo menos eficiente em relação aos demais. O cruzamento de HS 7777 com HS 1227 produziu o híbrido duplo HD 7974 de desenvolvimento moderado, devido a sua eficiência na absorção e utilização de N terem sido intermediárias em relação aos demais híbridos. Seu comportamento seguiu o do parental HS 7777, com melhoria em termos de produção de matéria seca total e conteúdo total de N, pois foi verificada heterose. Portanto, o cruzamento dos híbridos simples produziu um híbrido duplo que se mostrou mais eficiente que o parental HS 1227.

Pelos resultados concluiu-se que o cruzamento entre SLP 103 e Ip 701 produziu um híbrido simples, que se assemelhou ao melhor de seus parentais nos parâmetros estudados. O cruzamento entre Ip 365 e Ip 48 produziu um híbrido simples, que se assemelhou ao pior de seus parentais em comportamento. O cruzamento desses dois híbridos simples produziu um híbrido duplo que se assemelhou ao melhor de seus parentais em todos os resultados obtidos.

Portanto, em todos os cruzamentos foi possível detectar diferenças em termos de absorção e utilização de nitrogênio, sem contudo haver necessariamente melhoria para todas as características em todos eles.

Levando-se em conta as determinações feitas, entre os híbridos duplos comerciais o mais eficiente foi HD C501.

Logo, pelo método de plantas intactas sem renovação da solução nutritiva, foi possível selecionar quanto à eficiência de absorção e utilização de nitrogênio as linhagens SLP103 e Ip 11 (em alguns casos), e o híbrido duplo HD C501 como os mais eficientes e a linhagem Ip 48 e o híbrido simples HS 1227 como o menos eficiente. Os demais genótipos apresentaram valores intermediários e portanto eficiência moderada. De maneira geral, a maior produção de matéria seca da planta toda, com o aumento da concentração de nitrogênio no meio, pelos genótipos mais eficientes foi consequência do maior crescimento tanto da parte aérea quanto das raízes. Porém para todas as determinações e todos os genótipos a parte aérea contribuiu de maneira mais efetiva para os dados de planta toda.

O estudo de plantas intactas em solução nutritiva mostrou-se adequado para a distinção entre os genótipos com a ressalva de que se deve em experimentos prévios selecionar a concentração em que melhor distinção seja possível entre eles. No caso para uma determinada concentração talvez fosse mais clara

a identificação dos genótipos se esses não fossem tão parecidos, o que implicaria em um conhecimento ou "screening" prévio dos materiais, inclusive para o estudo de cruzamentos consequentes.

Nesta série de experimentos com plantas intactas sem renovação da solução nutritiva observou-se variações entre as necessidades de reajuste de pH dependendo do tempo e das concentrações, tanto para híbridos quanto para linhagens. Isto talvez tenha ocorrido devido a presença de quantidades crescentes de NH_4^+ na solução, pois em todas as concentrações de nitrogênio, foi mantida a proporção de 8:1 de NO_3^- : NH_4^+ (tabela 1) como fonte de nitrogênio. As fontes de nitrogênio na solução influenciam a direção da modificação do pH (CLARK e BROWN, 1974; FOY e FLEMING, 1978; BERNARDO *et al.*, 1982; CLARK, 1982; FLEMING, 1983). Portanto, se uma solução apresenta apenas NO_3^- como fonte de nitrogênio o pH da solução aumentará para cerca de 7,8 e em soluções contendo algum NH_4^+ ele diminuirá para cerca de 4,0. Mas o pH aumentará se a proporção de NH_4^+ em relação ao NO_3^- for muito baixa (BERNARDO *et al.*, 1982; CLARK, 1982; FLEMING, 1983) ou quando o NH_4^+ desaparecer da solução deixando apenas NO_3^- (BERNARDO *et al.*, 1982). Além disso com o crescimento, as plantas absorvem íons da solução e frequentemente liberam outros íons (como H^+ e HCO_3^-) para a solução. Essas alterações ocorrem geralmente rapidamente dependendo do tamanho das raízes e do volume e concentração da solução. Assim explicar-se-ia o fato da necessidade de reajuste do pH com ácido primeiramente nas soluções com baixa concentração de nitrogênio, pois a fase de elevação de pH da solução teve início quando o NH_4^+ se esgotou ficando apenas NO_3^- na solução. Além disso as mudanças no pH das soluções nutritivas reflete a habilidade da planta para absorver íons da solução liberando íons hidroxila ou hidrogênio (e possivelmente bicarbonato) em resposta ao seu crescimento e metabolismo (HIATT e LEGETT, 1974).

Logo, para se evitar problemas de deficiências nutricionais nas plantas, devido à elevação do pH da solução nutritiva, foi feito o reajuste com ácido, sempre que necessário.

Como foi visto a necessidade de reajuste do pH variou conforme a concentração de nitrogênio na solução, sendo que as soluções de concentração mais baixa, foram reajustadas primeiro, e que em concentrações altas como a de 240 mg N/l em alguns casos nem houve a necessidade de reajuste até o final do experimento. Também se observou que a necessidade do reajuste variou dependendo do

genótipo, evidenciando variações na capacidade das plantas em alterar o pH das soluções, em consequência da diferente atividade de suas raízes e de seu desenvolvimento, como por exemplo no caso de HS 1227 (ver figura 18). É bom lembrar que a absorção máxima de cátions e anions ocorre entre pH 5,0 e 7,0 (CLARK, 1982). Em pH abaixo de 5,0, a absorção de cátions é mais inibida que a de anions e em pH acima de 7,0 a absorção de anions é mais inibida que a de cátions. Isso pode ser explicado em parte, pela competição de H^+ por cátions e de OH^- por anions (HIATT e LEGETT, 1974).

Pela técnica das raízes destacadas através dos parâmetros V_{max} e K_m selecionou-se Ip 11, Ip 365 e HD C501 como genótipos mais eficientes e Ip 48 e HS 7777 como genótipos menos eficientes. Pelo estudo com plantas intactas selecionou-se como genótipos mais eficientes SLP 103 (Ip 11 em alguns casos, porém na maioria dos casos próximo ou igual a SLP 103) e HD C501 e como genótipos menos eficientes Ip 48 e HS 1227. Portanto com exceção de HS 7777, HS 1227 e Ip 365 os resultados obtidos pelas duas técnicas foram idênticos. A linhagem Ip 365 no estudo com plantas intactas apresentou sempre valores intermediários, bem como HS 7777. O híbrido simples HS 1227 em termos de cinética de absorção apresentou alta V_{max} , porém alto K_m o que indica que embora esse genótipo apresente grande capacidade de absorção, possui pouca afinidade pelo substrato, o que talvez pudesse explicar seu desempenho em termos de desenvolvimento. O híbrido simples HS 7777 apresentou baixa V_{max} e K_m intermediário e dessa forma pouca capacidade de absorção e certa afinidade pelo substrato e consequentemente desempenho intermediário em termos de produção de matéria seca. A linhagem Ip 365 teoricamente teria que se desenvolver mais (V_{max} alta e K_m baixo) do que se desenvolveu embora tenha apresentado resultados intermediários. A linhagem SLP 103 apresentou V_{max} baixa e K_m intermediário, o que implicaria em pouca capacidade de transporte e afinidade mediana pelo substrato, porém isso não implica nos resultados obtidos para plantas intactas, a não ser as diferenças em termos de concentração entre os dois experimentos.

Contudo, as duas técnicas (raízes destacadas e plantas intactas) se mostraram adequadas no que se refere ao objetivo de se selecionar genótipos quanto à absorção e utilização de N. Pelos resultados das duas técnicas pode-se concluir que HD C501 foi o genótipo mais eficiente e Ip 48 o menos eficiente.

Com a técnica de plantas intactas, mas em que se renovou a solução

nutritiva foram testados os valores de K_m e velocidade máxima de absorção obtidos pelo método de raízes destacadas. Outra finalidade foi a de se verificar o desempenho dos genótipos sem condições de "stress" nutricional, através da renovação diária da solução nutritiva.

Teoricamente espera-se que quando colocadas para se desenvolver em solução que apresente concentração igual a de seu K_m para determinado íon, a planta deve apresentar desempenho moderado em relação ao seu desempenho em concentrações abaixo ou acima do mesmo. Então tem-se que por limitação do substrato a planta quando colocada em concentrações abaixo de seu K_m , deve apresentar um desenvolvimento ruim ou resultados muito inferiores aos da condição do K_m . Consequentemente, em concentrações acima do K_m , a planta deve se desenvolver melhor com resultados superiores aos da condição do K_m . Contudo deve-se levar em conta em termos de cinética de absorção, as determinações de V_{max} que também servem como parâmetro nas determinações de eficiência de absorção e que pode variar independentemente do K_m . Não se deve esquecer que idealmente uma planta eficiente apresentaria alta V_{max} e baixo K_m (CROWLEY, 1975; EPSTEIN, 1975; CLARKSON e HANSON, 1980; LANDI e FAGIOLI, 1983).

Os genótipos escolhidos foram as linhagens Ip 11 e Ip 48 que em experimentos com plantas intactas em solução nutritiva não renovada foram selecionadas por FURLANI *et al.* (1984a) como genótipos mais e menos eficientes respectivamente. No presente trabalho com a mesma técnica Ip 48 foi selecionado como genótipo menos eficiente e Ip 11 esteve intermediário mas muito próximo do mais eficiente.

Pelos experimentos com raízes destacadas foram determinados os valores de K_m e V_{max} desses genótipos. A linhagem Ip 11 apresentou V_{max} alta e K_m baixo, portanto mais eficiente. A linhagem Ip 48 apresentou V_{max} baixa e K_m intermediário, e foi selecionada como menos eficiente. Portanto, a partir do K_m de Ip 11 que foi de 0,22 mM NO_3 e do K_m de Ip 48 que foi de 0,37 mM NO_3 estabeleceu-se as concentrações das soluções nutritivas, que foram renovadas diariamente com o objetivo de se evitar o "stress" nutricional, porque as concentrações de N- NO_3 eram muito baixas, para um período longo (mais de 20 dias) de experimento. As linhagens puras Ip 11 e Ip 48 foram colocadas para se desenvolver em soluções com concentrações de nitrogênio equivalentes a seu K_m , quatro e oito vezes o seu K_m para Ip 11 e duas vezes abaixo, duas e quatro vezes

acima do Km para Ip 48, sendo que as 3 concentrações foram iguais nos 2 casos.

Em termos de produção de matéria seca o desenvolvimento da parte aérea, quando Ip 48 se encontra em solução com concentração de $N-NO_3$ abaixo de seu Km, seu desenvolvimento foi menor do que quando em duas e quatro vezes acima de seu Km. A partir dessas concentrações o desenvolvimento não se alterou, sendo que a diferença na quantidade de matéria seca foi cerca de 1,5 vezes entre o nível abaixo do Km e os níveis acima do Km. Isso porque como foi dito acima era esperado que o desenvolvimento em concentração abaixo do Km fosse menor que acima do mesmo, sendo que a estabilização ocorrida nas concentrações acima do Km pode ser explicada pelo valor de V_{max} .

Para Ip 11 os resultados foram os mesmos em termos das concentrações de $N-NO_3$. A diferença entre a quantidade de matéria seca da concentração igual ao seu Km e as concentrações quatro e oito vezes acima de seu Km foi de 2,0 vezes, um pouco maior do que para Ip 48 mas significativo. Esse comportamento semelhante entre as duas linhagens pode ser confirmado ou explicado pelo fato de Ip 48 apresentar Km intermediário e portanto sem diferenças estatísticas com o Km de Ip 11, como pode ser observado na tabela 4. O fato de Ip 11 em todas as concentrações apresentar maiores quantidades de matéria seca da parte aérea do que Ip 48, pode ser devido às diferenças de V_{max} . Foi visto que Ip 11 possui V_{max} de absorção maior do que a de Ip 48 e portanto com maior capacidade de transporte.

Em relação ao desenvolvimento das raízes, verifica-se que em termos de concentrações de $N-NO_3$, Ip 48 foi indiferente ao aumento da concentração do meio, enquanto que Ip 11 respondeu com o aumento proporcional de peso seco. Isso porque para Ip 11 o aumento tanto da concentração de 3 mg N/l para 12 mg N/l, quanto desta para a de 24 mg N/l foi de 1,2 vezes, não importando o quanto aumentasse a concentração de N do meio. Esses resultados podem ser devidos à diferenças na utilização do N entre as duas linhagens, pois não confirmam teoricamente os dados esperados em termos de Km para cada linhagem. A menos que devido a Ip 48 apresentar Km intermediário, sua afinidade pelo substrato se aplica a uma larga faixa de concentração do íon, e por isso não ocorreram diferenças em termos de produção de matéria seca das raízes, entre as concentrações. As diferenças entre as linhagens, com Ip 11 apresentando maior quantidade de matéria seca, confirmam os dados do experimento com planta intacta em solução

não renovada e de V_{max} , com exceção da concentração de 3 mg N/l.

Para a planta toda verifica-se que Ip 48 respondeu diferentemente às concentrações de N com aumento apenas entre a concentração abaixo de seu K_m e a de oito vezes o seu K_m . Ip 11 apresentou peso seco crescente com o aumento da concentração de N porém não proporcional. As diferenças mostram Ip 11 com quantidades de matéria seca da planta toda maiores, que Ip 48, confirmando os dados do experimento com solução não renovada e de V_{max} .

Comparando-se Ip 11 e Ip 48 nas mesmas condições, ou seja, nas concentrações que equivalem a quatro vezes os seus K_m (12 mg N/l para Ip 11 e 24 mg N/l para Ip 48) tem-se que em termos de desenvolvimento, pela produção de matéria seca, Ip 11 apresentou os maiores valores. Neste aspecto portanto esta linhagem se mostrou mais eficiente, desde que para se desenvolver mais necessitou apenas da metade da concentração de $N-NO_3$ requerida por Ip 48, confirmando assim as suas diferenças em termos de V_{max} e de utilização de N dos experimentos anteriores.

Os dados de conteúdo de nitrogênio da parte aérea confirmam os resultados de K_m obtidos pois o comportamento das linhagens ante o aumento de nitrogênio na solução foi idêntico, inclusive em termos de proporcionalidade de uma concentração para outra. As diferenças de V_{max} podem confirmar as diferenças de conteúdo entre as duas linhagens, bem como as de eficiência na utilização do íon. Nas raízes e planta toda o resultado foi o mesmo só que o aumento não foi proporcional para nenhum dos genótipos.

Em todas as concentrações para todas as partes estudadas Ip 11 mostrou ser mais eficiente que Ip 48 em termos de conteúdo de N. Entretanto, quando compara-se os dois genótipos nas mesmas condições, ou seja, concentração de 12 mg N/l para Ip 11 e 24 mg N/l para Ip 48 tem-se que Ip 48 apresentou superioridade em relação a Ip 11 com um conteúdo de N maior. Portanto, isso talvez ocorra por efeito de diluição, pois Ip 48 apresentou teores de N maiores (ver tabela 28), visto que sua quantidade de matéria seca foi menor que a de Ip 11 (ver tabela 27).

Assim verifica-se que em relação aos experimentos com raízes destacadas tem-se a confirmação das determinações de V_{max} e K_m obtidas. Em relação aos experimentos com solução não renovada a distinção entre Ip 11 e Ip 48 se confirma, sendo que os valores obtidos foram maiores, embora as concentrações

empregadas tenham sido menores. Isso talvez porque a renovação diária da solução tenha impedido um "stress" nutricional e consequentemente incrementado as respostas.

Em termos de conteúdo de nitrato, tem-se que os dois genótipos responderam ao aumento de nitrogênio da solução através do aumento no acúmulo de NO_3 , principalmente na parte aérea especialmente na região do caule e bainhas foliares. A linhagem Ip 48 foi a que notavelmente acumulou maior quantidade de nitrato, quando se compara seu desempenho na concentração de 3 mg N/l com as outras concentrações. Para Ip 48, baseado no fato de que na concentração de 3 mg N/l tem-se a condição de duas vezes abaixo do seu Km, é de se esperar que esse acúmulo seja menor, pois talvez quase todo nitrato absorvido tenha sido utilizado. Isso também se aplica a Ip 11, embora essa linhagem esteja exatamente na concentração de seu Km. Logo, as diferenças não significativas de Km podem ser confirmadas.

Na concentração de 12 mg N/l observa-se um considerável aumento no conteúdo de NO_3 a apenas duas vezes a concentração do Km para Ip 48 e quatro vezes acima do Km para Ip 11. Talvez o fato de Ip 11 ter acumulado menos nitrato que Ip 48 nessa concentração se deva ao fato de que Ip 11 utilizaria o nitrato mais rapidamente, o que levaria a um desenvolvimento maior e consequentemente se verifica o efeito de diluição. Isso pode ser melhor observado na região das raízes.

Na concentração de 24 mg N/l a diferença entre as duas linhagens é bem menor, chegando mesmo a não existir na região da parte aérea. Nessa condição tem-se quatro vezes o Km de Ip 48 e oito vezes o Km de Ip 11 e assim poder-se-ia supor que em tal situação os dois genótipos apresentam o mesmo desempenho. Assim tem-se que para Ip 11 aumentar consideravelmente seu acúmulo de nitrato precisa de uma concentração de nitrato equivalente a oito vezes o seu Km, concentração bem maior (o dobro) do que levaria Ip 48 à mesma resposta.

Talvez com isso poder-se-ia concluir que Ip 11 utilizou realmente mais eficientemente o nitrato absorvido, já que Ip 48 acumula maior quantidade desse íon. Ou ainda poder-se-ia supor que isso ocorra também devido a uma capacidade maior de transporte iônico, exibida por Ip 11, através de uma V_{max} mais alta.

A relação nitrogênio orgânico e nitrogênio - nitrato confirma essa

teoria, pois nas amostras com o aumento da concentração de nitrogênio da solução, maior parte do nitrogênio se encontra na forma de nitrato. Esse acúmulo pode ser evidenciado pela falta de incorporação ou assimilação de nitrato. O fato fica mais evidente na região do caule e bainhas foliares e raízes. Isso significa que a translocação do nitrato na planta depende talvez de um mecanismo em que a redução de NO_3 na parte aérea influencie a translocação e absorção do íon pelas raízes (BEN ZIONI et al., 1971). Nas lâminas foliares tem-se uma maior conversão de nitrato a nitrito pela maior quantidade e atividade da redutase de nitrato presente (RAD e RAINS, 1976; HAPEL et al., 1977; KIRBY e KNIGHT, 1977). Logo, o acúmulo de NO_3 no caule e bainhas foliares e nas raízes talvez possa ser explicado pela grande absorção do íon pelas raízes e em função de sua transformação em nitrito nas lâminas foliares.

A confirmação para isso pode ser obtida através do estudo da correlação entre a distribuição do nitrogênio na planta (em termos de parte aérea e raiz) com os dados de matéria seca da planta toda. O estudo permitiu concluir que com o aumento da concentração de N na solução, houve um aumento na quantidade de matéria seca que acompanhou diretamente o aumento da relação entre o conteúdo de N da parte aérea e o conteúdo de N nas raízes. Evidencia-se assim que a maior quantidade de matéria seca determinada para a parte aérea coincide com o fato desta apresentar maior conteúdo de N em relação às raízes, e isto foi observado para as duas linhagens. Entretanto, esse acúmulo pode ter ocorrido em virtude do nitrato estar presente em vacúolos existentes nessas regiões.

As diferenças de eficiência entre as duas linhagens também podem ser confirmadas pela correlação entre relação de eficiência e produção de matéria seca. No caso tanto para Ip 11 quanto Ip 48 observou-se que a diminuição na relação de eficiência, (que significa um aumento no conteúdo de N em relação à produção de matéria seca) acompanhou o aumento na produção de matéria seca da planta toda, quando era aumentada a concentração de nitrogênio na solução. Os valores da relação foram maiores para Ip 11 o que significa que esta linhagem utilizou mais eficientemente o nitrogênio que Ip 48. Portanto, parece que o crescimento da planta depende não só de sua capacidade na utilização do nitrogênio como também da sua capacidade de absorção e transporte.

Assim tem-se que os objetivos desse experimento foram em parte alcançados, pois as relações com Km e Vmax do experimento com raízes destacadas não

foram totalmente confirmadas. Isso porque apenas os resultados em termos de velocidade máxima de absorção podem explicar os resultados observados. Quanto ao Km, teoricamente devido às condições em que se encontravam os genótipos, o resultado deveria ou poderia ser outro em termos de proporcionalidade no aumento das várias determinações de uma concentração para outra entre as duas linhagens. Porém, não se deve esquecer o fato de que estatisticamente Ip 11 e Ip 48 apresentaram o mesmo Km, quando comparados entre si, pois Ip 48 apresentou valor intermediário entre as linhagens. Portanto, embora Ip 11 seja mais eficiente que Ip 48, isso só pode ser atestado pelas diferenças de Vmax e velocidade de absorção, desde que teoricamente seria melhor que houvesse diferenças significativas entre os Km, com Ip 11 apresentando um Km menor que Ip 48.

Em relação aos experimentos com solução nutritiva não renovada, tem-se a confirmação dos dados obtidos para todos os parâmetros estudados. Isso significa que a não renovação da solução nutritiva, não atrapalhou ou modificou a distinção entre os genótipos e obviamente evitando-se o "stress" ou desempenho pode ser melhor em termos quantitativos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi testar técnicas diferentes na identificação de genótipos de milho (*Zea mays* L.) eficientes quanto à absorção e utilização de nitrogênio. Desta forma foram utilizadas as linhagens puras Ip 11, SLP103, Ip 365, Ip 48 e Ip 701; os híbridos simples HS 7777 (SLP 103 X Ip 701) e HS 1227 (Ip 365 X Ip 48) e os híbridos duplos HD 7974 (HS 7777 X HS 1227), HD C501, HD C111 e HD AG401. Esses genótipos foram submetidos às técnicas de absorção por raízes destacadas e de absorção por plantas intactas em meios contendo concentrações baixas e crescentes de nitrogênio.

Nos experimentos com raízes destacadas foi utilizado nitrato de potássio em solução tampão de fosfato contendo sulfato de cálcio, solução esta mantida à temperatura de 30 °C e sob forte aeração. Segmentos de pontas de raízes foram colocados nessas soluções para ensaios de absorção, através dos quais obtiveram-se dados para determinação das velocidades de absorção, de V_{max} e do K_m dos genótipos em estudo.

As maiores velocidades de absorção foram apresentadas por Ip 11, Ip 365, HD C501 e HD AG401 e as menores por Ip 48, Ip 701 e HS 7777. As maiores V_{max} verificou-se para Ip 11, Ip 365, HD C501, HS 1227 e HD 7974 e as menores para Ip 48, SLP 103, HS 7777 e HD C111. Os maiores K_m foram apresentados por Ip 701, HS 1227 e HD 7974 e os menores por Ip 11, Ip 365 e HD C111.

Nos experimentos com plantas intactas foram utilizadas soluções nutritivas que tinham como fonte de nitrogênio, nitrato e amônia na proporção de 8:1. Foram feitos ensaios sem renovação e com renovação diária da solução nutritiva. Nos experimentos com solução nutritiva não renovada, houve reajuste do pH, quando necessário, para se evitar sintomas de deficiência nutricional, devido às alterações do pH da solução conforme a remoção ou liberação de cátions e ânions no meio durante o processo de absorção, pelas raízes. Todos os genó-

tipos escolhidos foram utilizados. Nos experimentos com solução nutritiva renovada diariamente não houve portanto, necessidade de reajuste do pH devido à renovação o que também impediu o stress nutricional durante o período que durou o ensaio. Foram escolhidos Ip 11 e Ip 48 como genótipos para este último ensaio. Os dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação com temperatura em torno de 32 °C e umidade relativa em torno de 50%. As plântulas foram colocadas para se desenvolver em potes com capacidade de 2,8 litros, vedados contra luz e onde a solução era mantida sob aeração constante. O período de duração dos experimentos foi de 27 dias (20 em solução nutritiva). Após esse período as plantas foram colhidas, separadas em lâminas foliares, caule e bainhas foliares e raízes e levadas para secagem em estufa a 70 °C. Na matéria seca foram feitas as determinações de peso seco e teor de N, e destes obtidos os dados derivados de conteúdo de N, distribuição de N na planta e relação de eficiência. Nos experimentos com solução renovada também foi determinado o conteúdo de nitrato.

Pelos resultados em termos de planta toda os maiores valores de matéria seca foram apresentados por SLP 103 e HD C501 e os menores por Ip 48 e HS 1227. Os maiores teores de N foram apresentados por Ip 48 e HS 1227 e os menores por Ip 11, SLP 103 e HD C501. Os maiores conteúdos de N foram apresentados por Ip 11, SLP 103 e HD C501 e os menores por Ip 48 e HS 1227. As correlações mostraram que o aumento no conteúdo de N acompanhou o aumento na quantidade de matéria seca entre os genótipos com o aumento da concentração de N do meio, sendo o mesmo observado para a relação de eficiência. Para os teores de N a relação foi inversa indicando que o genótipo que apresentou maior quantidade de matéria seca apresentou menor teor de N nas várias concentrações testadas e vice-versa. Para as linhagens, a distribuição do N entre a parte aérea e as raízes pouco ou nada teve a ver com as diferenças de produção de matéria seca entre os genótipos. Para os híbridos, na maioria das concentrações as diferenças na distribuição do N na planta esteve inversamente relacionada com as diferenças na produção de matéria seca entre os genótipos. Todos os genótipos mostraram correlação positiva entre os aumentos das determinações feitas e o aumento da concentração de N da solução, com exceção da relação de eficiência, que diminuiu com o aumento da concentração de N e com o aumento da produção de matéria seca.

Nos experimentos com solução renovada Ip 11 apresentou os maiores valores de matéria seca, conteúdo de N e relação de eficiência e Ip 48 os menores. Quanto ao teor de N e conteúdo de nitrato Ip 11 apresentou os menores valores e Ip 48 os maiores.

Portanto, pelos resultados apresentados tem-se que SLP103 e HD C501 foram os genótipos mais eficientes e os genótipos Ip 48 e HS 1227 os menos eficientes. Para Ip 11 e Ip 48 foram confirmadas as diferenças de eficiência através dos parâmetros de cinética de absorção e de utilização de N.

De maneira geral foi verificada heterose para a maioria dos parâmetros analisados em todos os experimentos.

Através desses resultados conclui-se que:

- 1- Pelos parâmetros cinéticos de absorção, V_{max} e K_m , foi possível identificar-se Ip 11, Ip 365 e HD C501 como genótipos mais eficientes quanto à absorção de $N-NO_3$ e Ip 48 e HS 7777 como menos eficientes.
- 2- Esses parâmetros são susceptíveis a efeito heterótico e controle genético.
- 3- Observou-se que a V_{max} variou independentemente do K_m .
- 4- A técnica de raízes destacadas mostrou-se adequada para detecção de eficiência de absorção do nutriente entre os genótipos estudados.
- 5- Pelas determinações da produção de matéria seca, conteúdo de N e relação de eficiência foi possível selecionar SLP103, Ip 11 (principalmente parte aérea) e HD C501 como genótipos mais eficientes quanto à absorção e utilização de N e Ip 48 e HS 1227 como genótipos menos eficientes.
- 6- Essas determinações também mostraram estar sujeitas a efeito heterótico, pela análise dos cruzamentos estudados.
- 7- As diferenças de desenvolvimento detectadas entre genótipos podem ser explicadas pelas diferenças de absorção e principalmente utilização do N aplicado.
- 8- O estudo com plantas intactas em solução nutritiva mostrou-se adequada para a detecção de genótipos eficientes quanto à absorção e utilização de N.
- 9- A comparação entre as duas técnicas mostrou coincidência nos resultados de eficiência para Ip 48, HD C501 e talvez Ip 11. As variações podem ser explicadas talvez pelas diferenças de V_{max} e pela amplitude dos valores de

Km intermediários.

10- Portanto, pelas duas técnicas HD C501 mostrou ser o genótipo mais eficiente e Ip 48 o genótipo menos eficiente.

11- Talvez a seleção prévia de materiais possa resolver o problema de melhor distinção entre os genótipos, evitando-se com isso os resultados intermediários. O emprego de um maior número desses genótipos talvez pudesse elucidar melhor as diferenças de absorção e utilização de nutrientes. Adicione-se a isso também, no caso de experimentos com solução nutritiva a utilização de determinadas concentrações que permitem uma maior distinção entre os genótipos.

12- Por todos esses resultados foi possível concluir que existe de fato controle genético nas propriedades de absorção e utilização de nitrogênio para os genótipos estudados.

LITERATURA CITADA

- ADEPETU, J. A. e AKAPA, L. K., 1977. Root growth and nutrient uptake characteristics of some cowpea varieties. Agron. J. 69: 940-943.
- ALAGARSWAMY, G. e BIDINGER, F. R., 1982. Nitrogen uptake and utilization by pearl millet (Pennisetum americanum L. Leeke). In A. Scaife (ed) The Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium, U. K., pp. 12-16.
- BAKER, D. E., JARREL, A. E., MARSHALL, L. E. e THOMAS, N. I., 1970. Phosphorus uptake from soils by corn hybrids selected for high and low phosphorus accumulation. Agron. J. 62: 103-106.
- BALIGAR, V. C. e BARBER, S. A., 1979. Genotypic differences of corn ion uptake. Agron. J. 71: 870-873.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R. e GALLO, J.R., 1983. Métodos de Análise Química de Plantas, Serviço de Divulgação Técnica, Instituto Agronômico, Campinas (SP), Boletim técnico nº 78, 48p.
- BEN ZIONI, A., VAADIA, Y. e LIPS, S. H., 1971. Nitrate uptake by roots as regulated by reduction products of the shoot. Physiol. Plant. 24: 288-290.
- BERNARD, R. L. e HOWELL, R. W., 1964. Inheritance of phosphorus sensitive soybeans. Crop Sci. 4: 298-299.
- BERNARDO, L.M., CLARK, R.B. e MARIANVILLE, J.W., 1982. Effect of nitrate/ammonium ratios on nutrient solution pH, nitrogen uptake, and dry-matter yields of sorghum. Agron. Abstr. 1982: 92.
- BOWEN, J.D., 1973. Kinetics of zinc absorption by excised roots of two sugar cane clones. Plant Soil 39: 125-129.

- BOWERMAN, A. e GOODMAN, P.J., 1971. Variation in nitrate reductase activity in Lolium. Ann. Bot. 35: 353-366.
- BRAVO-F, P. e URIBE, E.G. Temperature dependence of the concentration kinetics of absorption of phosphate and potassium in corn roots. Plant Physiol. 67: 815-819.
- BROW, J.C., CLARK, R.B. e JONES, W.E., 1977. Efficient and inefficient use of phosphorus by sorghum. Soil Sci. Soc. Am. J. 41: 747-750.
- BROW, J.C., HOLMES, R.S. e TIFFIN, L.O., 1958. Iron chlorosis in soybeans as related to the genotype of rootstalk. Soil Sci. 86: 75-82.
- CACCO, G., FERRARI, G. e SACCOMANI, M., 1978. Variability and inheritance of sulfate uptake efficiency and ATP-sulfurylase activity in maize. Crop Sci. 18: 503-506.
- CACCO, G., FERRARI, G. e SACCOMANI, M., 1980. Pattern of sulfate uptake during root elongation in maize: its correlation with productivity. Physiol. Plant. 48: 375-378.
- CACCO, G., FERRARI, G. e SACCOMANI, M., 1983. Genetic variability of the efficiency of nutrient utilization by maize (Zea mays L.). In M.R. Saric e B.C. Loughman (eds) Genetic Aspects of Plant Nutrition. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Boston, pp. 435-439.
- CALVACHE, M., LIBARD, P.L., REICHARDT, K., VICTÓRIA, R., SILVA, J.C.A. e URQUIAGA, S., 1982. Absorção e redistribuição do nitrogênio proveniente do fertilizante, $\text{CO}(\text{N}_2^{15})_2$, por dois híbridos de milho. Pesq. Agropec. Bras. 17: 1547-1557.
- CLARK, R.B., 1976. Plant efficiencies in the use of calcium, magnesium, and molybdenum. In M.J. Wright (ed) Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell University Agricultural Experimental Station, Ithaca, NY, pp. 175-191.

- CLARK, R.B., 1982. Nutrient solution growth of sorghum and corn in mineral nutrition studies. J. Plant Nutr. 5: 1039-1067.
- CLARK, R.B. e BROWN, J.C., 1974. Differential mineral uptake by maize inbreds. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 5: 213-227.
- CLARKSON, D.T., 1981. Nutrient interception and transport by root systems. In C.B. Johnson (ed) Physiological Process Limiting Plant Productivity. Butterworths, London, pp. 307-330.
- CLARKSON, D.T. e HANSON, J.B., 1980. The mineral nutrition of higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 31: 239-298.
- CROWLEY, P.H., 1975. Natural selection and the Michaelis constant. J. Theor. Biol. 50: 461-475.
- DALE, J.E., 1976. Nitrate reduction in the first leaf and roots of barley seedlings grow in sand and in culture solution. Ann. Bot. 40: 1177-1184.
- DALE, J.E. e FELIPPE, G.M., 1977. Nitrogen movement into and out of the first leaf of barley. Pflanzenphysiol. 84: 77-83.
- DALE, J.E., FELIPPE, G.M. e MARRIOTT, C., 1974. An analysis of the response of young barley seedlings to time of application of nitrogen. Ann. Bot. 38: 575-588.
- DAVIES, D.D., GIOVANELLI, J. e REES, T.A.P., 1964. Plant Biochemistry. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 454 p.
- EPSTEIN, E., 1976. Nutrição Mineral das Plantas - Princípios e Perspectivas (tradução E. Malavolta). EDUSP e Livros Técnicos e Científicos S.A., Rio de Janeiro, 341 p.
- EPSTEIN, E. e JEFFERIES, R.L., 1964. The genetic basis of selective in trans-

port in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 15: 169-184.

FAGERIA, N.K. e BARBOSA FILHO, M.P., 1981. Avaliação de cultivares de arroz para maior eficiência na absorção de fósforo. Pesq. Agropec. Bras. 16: 777-782.

FELIPPE, G.M., DALE, J.E. e MARRIOTT, C., 1975. The effects of irradiance and assimilation of nitrate by young barley seedlings. Ann. Bot. 39: 43-55.

FERRARI, G. e RENOSTO, F., 1972. Comparative studies on the active transport by excised roots of inbred and hybrid maize. J. Agric. Sci. 79: 105-108.

FLEMING, A.L., 1983. Ammonium uptake by wheat varieties differing in Al tolerance. Agron. J. 75: 726-730.

FOY, C.D. e FLEMING, A.L., 1978. The physiology of plant tolerance to excess available Al and Mn in acid soils. In G.A. Jung (ed) Crop Tolerance to Sub-optimal Land Conditions. Spec. Publ. 32, Am. Soc. Agron., Madison, pp. 301-328.

FRANÇA, G.E., 1981. Differences in dry matter yield and uptake, distribution and use of nitrogen by sorghum genotypes. PhD dissertation. University of Nebraska.

FRICK, H. e BAUMAN, L., 1979. Heterosis in maize as measured by K uptake properties of seedling roots : Pedigree analyses of inbreds with high or low augmentation potencial. Crop Sci. 19: 707-710.

FURLANI, A.M.C., BATAGLIA, O.C. e LIMA, M., 1984a. Diferenças entre linhagens de milho cultivadas em solução nutritiva quanto a absorção e utilização de nitrogênio. Bragantia (no prelo) 148-184.

FURLANI, A.M.C., CLARK, R.B., MARANVILLE, J.W. e ROSS, W.M., 1984b. Sorghum genotype differences in phosphorus uptake rate and distribution in plant

parts. J. Plant Nutr. 7: 1113-1126.

GABELMAN, W.H., 1976. Genetic potenciales in nitrogen, phosphorus and potassium efficiency. In M.J. Wright (ed) Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell University Agricultural Experimental Station, Ithaca, NY, pp. 205-212.

GERLOFF, G.C., 1976. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium. In M.J. Wright (ed) Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell University Agricultural Experimental Station, Ithaca, NY, pp. 161-173.

HAREL, E., LEA, P.J. e MIFLIN, B.J., 1977. The localization of enzymes of nitrogen assimilation in maize leaves and their activities during greening. Planta (Berl.) 134: 195-200.

HIATT, A.J., 1963. Varietal differences in potassium uptake by excised roots of Nicotiana tabacum. Plant Soil 18: 273-275.

HIATT, A.J. e LEGGETT, J.E., 1974. Ionic interactions and antagonism in plants. In E.W. Carson (ed) The Plant Root and Its Environment. University Press of Virginia, Charlottesville, pp. 101-134.

HOLBRADÁ, M., 1983. Differences in sulphate and phosphate uptake and utilization within Zea mays L. species. In M.R. Saric e B.C. Loughman (eds) Genetic Aspects of Plant Nutrition. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Boston, pp. 237-242.

HOWELL, R.W. e BERNARD, R.L., 1961. Phosphorus response of soybeans varieties. Crop Sci. 1: 311-313.

HUCKLESBY, D.P., BROWN, C.M., HOWELL, S.E. e HAGEMAN, R.H., 1971. Late spring applications of nitrogen for efficient utilization and enhanced production of grain and grain protein of wheat. Agron. J. 63: 274-277.

- IYER, P.R.V.S. e SAXENA, M.C., 1977. Kinetic studies on inducement in uptake and transport of P by maize (Zea mays L.) as a result of pre-uptake $\text{NO}_3\text{-N}$ supply. Plant Soil 46: 55-67.
- JACKSON, W.A., FLESHER, D. e HAGEMAN, R.H., 1973. Nitrate uptake by dark-grown seedlings. Plant Physiol. 51: 120-127.
- KIRKBY, E.A. e KNIGHT, A.H., 1977. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. Plant Physiol. 60: 349-353.
- KISS, E., BALINT, A., DEBRECZENI, K. e SUTKA, J., 1983. Genetic basis of N-utilization in wheat. In M.R. Saric e B.C. Loughman (eds) Genetic Aspects of Plant Nutrition. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Boston, pp. 463-469.
- LANDI, S. e FAGIOLI, S., 1983. Efficiency of manganese and copper uptake by excised roots of maize genotypes. J. Plant Nutr. 6: 957-970.
- LEE, J.A., 1960. A study of plant competition in relation to development. Evolution 14: 18-28.
- LINDGREN, D.T., GABELMAN, W.H. e GERLOFF, G.C., 1977. Variability of phosphorus uptake and translocation in Phaseolus vulgaris L. under phosphorus stress. J. Am. Soc. Hort. Sci. 102: 674-677.
- MARANVILLE, J.W., CLARK, R.B. e ROSS, W.M., 1980. Nitrogen efficiency in grain sorghum. J. Plant Nutr. 2: 577-589.
- METIVIER, J.R. e DALE, J.E., 1977a. The utilization of endosperm reserves during early growth of barley cultivars and the effect of time of application of nitrogen. Ann. Bot. 41: 715-728.
- METIVIER, J.R. e DALE, J.E., 1977b. The effects of grain nitrogen and applied

nitrate on growth, photosynthesis and protein content of the first leaf of barley cultivars. Ann. Bot. 41: 1287-1296.

MICHALÍK, I., 1983. The accumulation of phosphate in roots of different genotypes of maize. In M.R. Saric e B.C. Loughman (eds) Genetic Aspects of Plant Nutrition. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Boston, pp. 139-143.

NEYRA, C.A. e HAGEMAN, R.H., 1975. Nitrate uptake and induction of nitrate reductase in excised corn roots. Plant Physiol. 56: 692-695.

NIELSEN, N.E. e BARBER, S.A., 1978. Differences among genotypes of corn in the kinetics of P uptake. Agron. J. 70:695-698.

O'SULLIVAN, J., GABELMAN, W.H. e GERLOFF, G.C., 1974. Variations in efficiency of nitrogen utilization in tomatoes (Lycopersicum esculentum Mill.) grown under nitrogen stress. J. Am. Soc. Hort. Sci. 99: 543-547.

PALANIGANDI, R. e SMITH, C.B., 1978. Growth and nutrient interrelationships in snapbeans as affected by several sources of potassium magnesium. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103: 109-113.

PERBY, H. e JENSEN, P., 1983. Varietal differences in uptake and utilization of nitrogen and other macro-elements in seedlings of barley, Hordeum vulgare. Physiol. Plant. 58: 223-230.

PHILLIPS, J.W., BAKER, D.E. e CLAGETT, C.O., 1971. Kinetics of absorption by excised roots and leaves of corn hybrids. Agron. J. 63: 517-520.

POLISSETTY, R. e HAGEMAN, R.H., 1982. Studies on nitrate uptake by solution grown corn (Zea mays L.) genotypes. Biol. Plant. 24: 117-123.

POLLMER, W.G., EBERHARD, D., KLEIN, D. e Dhillon, B.S., 1979. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. Crop Sci. 19: 82-86.

- POPE, D.T. e MUNGER, H.M., 1953_a. Heredity and nutrition in relation to magnesium deficiency chlorosis in celery. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 61: 472-480.
- POPE, D.T. e MUNGER, H.M., 1953_b. The inheritance of susceptibility to boron deficiency in celery. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 61: 481-486.
- RABIDEAU, G.S., WHALEY, W.G. e HEIMSCH, C., 1950. The absorption and distribution of radioactive phosphorus in two maize inbreds and their hybrid. Am. J. Bot. 37: 93-99.
- RAD, K.P. e RAINS, D.W., 1976. Nitrate absorption by barley. II. Influence of reductase activity. Plant Physiol. 57: 59-62.
- ROCHA, M., 1980. A indústria brasileira de fertilizantes. Programa atual e perspectivas. In XIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cuiabá, MT, 361 p.
- SEPLAN - CNPq, 1982. Produção vegetal. Ação Programada em Ciência e Tecnologia, vol 3, Editora Gráfica Ipiranga, Brasília, 77 p.
- SHEA, P.F., GABELMAN, W.H. e GERLOFF, G.C., 1967. The inheritance of efficiency in potassium utilization in strains of snapbeans, Phaseolus vulgaris L. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 91: 286-293.
- SHEA, P.F., GERLOFF, G.C. e GABELMAN, W.H., 1968. Differing efficiency of potassium utilization in strains of snapbeans, Phaseolus vulgaris L. Plant Soil 28: 337-346.
- SHIM, S.C. e VOSE, P.B., 1965. Varietal differences in the kinetics of iron uptake by excised rice roots. J. Exp. Bot. 16: 216-232.
- THIBAUD, J.B. e GRIGNON, C., 1981. Mechanism of nitrate uptake in corn roots. Plant Sci. Lett. 22: 279-289.

VELCHEV, V., 1978. Effect of mineral nutrition on yields and certain biological indice in five winter wheat varieties (Bulg.) Soil Sci. Agrochem. 13: 11-23.

WHITEAKER, G., GERLOFF, G.C., GABELMAN, W.H. e LINDGREN, D., 1976. Intraespecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101: 472-475.