EFEITOS DO DESFOLHAMENTO SOBRE OS NÍVEIS
DAS FRAÇÕES NITROGENADAS, CARBOIDRATOS E FENÓIS SOLÚVEIS
EM RAÍZES DE BRAQUIARIA (*Brachiaria decumbens*, STAPF)

CELOMAR DAISON GROSS
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. MOACYR CORSI

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de Con-
centração: Nutrição Animal e Pas-
tagens.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Setembro - 1988

878e Gross, Celomar Daison
Efeitos do desfolhamento sobre os níveis das
frações nitrogenadas, carboidratos e fenóis so-
lúveis em raízes de braquiaria (Brachiaria decum-
bens, Stapf). Piracicaba, 1988.
97p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Capim braquiaria - Efeito do desfolhamento
2. Capim braquiaria - Raíz - Nutrição I. Escola
Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracica_
ba

CDD 633.2

EFEITOS DO DESFOLHAMENTO SOBRE OS NÍVEIS DAS FRAÇÕES
NITROGENADAS, CARBOIDRATOS E FENÓIS SOLÚVEIS EM RAÍZES DE
BRAQUIÁRIA (*Brachiaria decumbens*, STAPF)

Celomar Daison Gross

Aprovado em: 23/11/1988

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Moacyr Corsi	ESALQ/USP
Prof. Dr. Luiz R. Andrade Rodrigues	FCAV/UNESP
Prof. Dr. Joaquim Albenísio G. da Silveira	ESALQ/USP

Prof. Dr. MOACYR CORSI
Orientador

A Dete, ao Duda e a Cíça

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Moacyr Corsi, do Departamento de Zootecnia da ESALQ, pela orientação objetiva e eficiente, bem como estímulo e amizade, durante o curso de pós-graduação;

- Ao Professor Dr. Joaquim Albenísio G. da Silveira, do Departamento de Química da ESALQ, pela colaboração e amizade, que foram fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho;

- A ACARESC - Associação de Crédito e Assistência Rural de Santa Catarina, pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação;

- A CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, do Estado de São Paulo, pelo financiamento das despesas com a execução do experimento e análises de laboratório;

- Ao Professor Dr. Irineu Umberto Packer, do Departamento de Zootecnia da ESALQ, pela amizade e sugestões sobre a análise estatística;

- Ao Professor Dr. Ronaldo Ivan Silveira, do Departamento de Solos da ESALQ, pela amizade, sugestões e cessão da casa de vegetação;

- Ao Professor Tarlei Arriel Botrel, do Departamento de Engenharia da ESALQ, pela amizade e sugestões sobre a irrigação das plantas;

- Ao Professor Quirino Augusto de C. Carmello, do Departamento de Química da ESALQ, pela amizade e sugestões sobre a nutrição das plantas;

Ao técnico Carlos A. Dorelli, do laboratório de bioquímica de plantas do CENA, pela amizade e execução das análises químicas.

Ao funcionário Dorival Grisotto, do Departamento de Solos da ESALQ, e ao estagiário Paulo R.J. Wayua do Departamento de Entomologia da ESALQ, pela colaboração durante a condução do experimento.

Aos colegas José A. da Silva, Amaro Hillesheim, José E. Denardin e Moacir B. Dias Filho pela amizade e apoio durante o curso de pós-graduação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xii
 1. INTRODUÇÃO	 1
 2. REVISÃO DE LITERATURA	 3
2.1. Carboidratos solúveis	13
2.2. Nitrogênio	9
2.3. Relações carboidratos/nitrogênio	18
2.4. Compostos fenólicos	23
 3. MATERIAL E MÉTODOS	 29
3.1. Local	29
3.2. Vasos	29
3.3. Solo	29
3.4. Adubação	30
3.5. Condições culturais	31
3.6. Delineamento experimental	32
3.7. Níveis de desfolhamento	33
3.8. Épocas de avaliação	33
3.9. Coleta do material para avaliação	33
3.10. Análises químicas	35
3.10.1. Determinação do N-total	35
3.10.2. Determinação dos carboidratos solú- veis totais	35
3.10.3. Determinação do N-NH_4^+ livre	36
3.10.4. Determinação do $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel	36
3.10.5. Determinação dos fenóis solúveis ..	36
3.11. Análise estatística	37

	Página
4. RESULTADOS	38
4.1. Carboidratos solúveis totais	38
4.2. Nitrogênio total	41
4.3. $N-NH_4^+$ livre	44
4.4. $N-\alpha NH_2$ solúvel	46
4.5. Fenóis solúveis	49
5. DISCUSSÃO	52
5.1. Carboidratos solúveis totais	52
5.2. Nitrogênio total	56
5.3. $N-NH_4^+$ livre	60
5.4. $N-\alpha NH_2$ solúvel	62
5.5. Fenóis solúveis	64
6. CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
APÊNDICE	86

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
01	Variação na concentração de carboidratos solúveis totais na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições)	40
02	Variação na concentração de N-total na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições)	43
03	Variação na concentração de N-NH_4^+ livre na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições)	45
04	Variação na concentração de $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições)	48
05	Variação na concentração de fenóis solúveis na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições)	50

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
01	Análise química do solo utilizado no <u>ex</u> perimento	30
02	Concentração de carboidratos solúveis <u>to</u> tais (%) na MS das raízes de <i>B. decum-</i> <i>bens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repeti- ções)	87
03	Concentração de N-total (%) na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições)	88
04	Concentração de $N-NH_4^+$ livre (ppm) na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avalia- ção (média de 3 repetições)	89
05	Concentração de $N-\alpha NH_2$ solúvel (ppm) na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> por efei- to de 3 tratamentos e 7 épocas de ava- liação (média de 3 repetições)	90
06	Concentração de fenóis solúveis (%) na MS das raízes de <i>B. decumbens</i> por efei- to de 3 tratamentos e 7 épocas de ava- liação (média de 3 repetições)	91

TABELA Nº

Página

07	Análise de variância da concentração de carboidratos solúveis totais (%) nas raízes de <i>B. decumbens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação ...	92
08	Análise de variância da concentração de N-total (%) nas raízes de <i>B. decumbens</i> , por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação	93
09	Análise de variância da concentração de N-NH_4^+ livre (ppm) nas raízes de <i>B. decumbens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação	94
10	Análise de variância da concentração de $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel (ppm) nas raízes de <i>B. decumbens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação	95
11	Análise de variância da concentração de fenóis solúveis (%) nas raízes de <i>B. decumbens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação	96
12	Produção de MS da parte aérea (g/vaso) de <i>B. decumbens</i> por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições)	97

EFEITOS DO DESFOLHAMENTO SOBRE OS NÍVEIS DAS FRAÇÕES
NITROGENADAS, CARBOIDRATOS E FENÓIS SOLÚVEIS EM RAÍZES DE
BRAQUIARIA (*Brachiaria decumbens*, STAPF)

Autor: CELOMAR DAISON GROSS
Orientador: Prof. Dr. MOACYR CORSI

RESUMO

O trabalho foi realizado em vasos, em casa de vegetação, com o objetivo de identificar alterações nos níveis de carboidratos solúveis totais, frações nitrogenadas (N-total, $N-NH_4^+$ livre e $N-\alpha NH_2$ solúvel) e fenóis solúveis, em raízes de *B. decumbens*, relacionadas ao nível de degradação das plantas, imposto através de diferentes tratamentos de desfolhamento.

A partir dos 42 dias, após o transplante para os vasos, foram aplicados, semanalmente, 3 tratamentos: plantas não desfolhadas; plantas desfolhadas pelo corte a 15 cm do solo; e plantas desfolhadas a 5 cm do solo. Foram realizadas avaliações semanais, em número de sete, iniciadas uma semana após a primeira aplicação dos tratamentos.

Os resultados mostraram alterações significativas nas variáveis estudadas, por efeito das intensidades de desfolhamento e das épocas de avaliação.

As concentrações de carboidratos solúveis totais aumentaram nas raízes das plantas não desfolhadas e di-

minuíram nas de plantas desfolhadas, em função da idade e apresentaram uma relação inversa com a intensidade de desfolhamento.

Os níveis das frações nitrogenadas diminuíram nos 3 tratamentos, ao longo do período de avaliação, notadamente nas plantas não desfolhadas.

As concentrações de fenóis solúveis diminuíram nos 3 tratamentos, em função da idade, apresentando uma relação inversa com a intensidade do desfolhamento: plantas não desfolhadas > plantas desfolhadas a 15 cm > plantas desfolhadas a 5 cm do solo.

Os resultados mostraram a possibilidade de que, os níveis de carboidratos solúveis totais, $N-\alpha NH_2$ solúvel, $N-NH_4^+$ livre e fenóis solúveis possam ser utilizados para indicar o estado fisiológico de plantas forrageiras. A concentração de carboidratos solúveis totais é, provavelmente, o melhor parâmetro para indicar o estado fisiológico da planta forrageira.

DEFOLIATION EFFECTS ON THE LEVELS OF NITROGEN FRACTIONS,
SOLUBLE CARBOHYDRATES AND SOLUBLE PHENOLS IN THE ROOTS OF SIGNAL
GRASS (*Brachiaria decumbens* STAPF)

Author: CELOMAR DAISON GROSS
Adviser: Prof. Dr. MOACYR CORSI

SUMMARY

A pot trial was carried out in a greenhouse aiming to identify variations on the levels of total soluble sugars, nitrogen fractions (total-N, free NH_4^+ -N and soluble αNH_2 -N) and soluble phenols, in the roots of *B. decumbens*, related to the level of plant deterioration, imposed through different defoliation intensities.

At 42 days from transplanting to the pots, three defoliation treatments were applied: no defoliation, defoliation by cutting the plants at 15 cm from soil level; and defoliation at 5 cm. Seven weekly harvests were made, beginning a week after the first defoliation.

Results showed significant variations on the fractions studied by effect of defoliation treatments and time of harvest.

Soluble carbohydrates levels increased in the roots of no defoliated plants and decreased in defoliated plants by function of age and showed an inverse relation with defoliation intensity.

The levels of nitrogen fractions decreased on the three defoliation treatments, through out harvest time, notably on no defoliated plants.

Soluble phenols levels decreased on the three defoliation treatments, by function of age, showing an inverse relation with the defoliation intensity: no defoliated plants > plants defoliated at 15 cm > plants defoliated at 5 cm.

Results showed the possibility that, the levels of soluble carbohydrates, soluble $\alpha\text{NH}_2\text{-N}$, free $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and soluble phenols might be used to identify the physiological condition of forage plants. Soluble carbohydrate concentration is probably, the better parameter to indicate the physiological condition of forage plants.

1. INTRODUÇÃO

A degradação da pastagem pode dar-se principalmente pela ação dos fatores edafo-climáticos ou pelo efeito do manejo imposto pelo homem.

A medida que o processo de degradação evolui as espécies desejáveis vão sendo substituídas por espécies indesejáveis, favorecidas pelas condições de competição.

A substituição freqüente de espécies forrageiras na formação de pastagens, em que aquelas menos exigentes e de menor valor nutritivo sucedem as mais exigentes e de melhor qualidade, permite visualizar a dimensão do problema. Neste contexto, a definição de indicadores do estado fisiológico das espécies forrageiras desejáveis torna-se relevante. Em especial, objetivando detectar os prenúncios da degradação, antes que o processo torne-se irreversível, o que permitiria estabelecer medidas de recuperação da pastagem.

Considerando que, em condições de pastejo, a parte aérea das forrageiras encontra-se continuamente sob a

ação dos animais, pode-se admitir que a busca destes indicadores deva dirigir-se ao sistema radicular.

De outro lado, ao menos em primeira instância, é recomendável que estes indicadores sejam de fácil determinação e que esta seja de baixo custo, viabilizando sua aplicação de uma forma ampla.

O papel fundamental, desempenhado pelos carboidratos e pelo nitrogênio, no metabolismo de crescimento das plantas, sugere que a busca dos indicadores de estado fisiológico, seja dirigida para seus compostos, em especial, para aqueles que apresentam maior mobilidade na planta, tanto no sentido parte aérea - raiz, como no sentido inverso.

Por constituírem praticamente a totalidade das forrageiras utilizadas no Estado de São Paulo, é natural que as gramíneas sejam as indicadas para o trabalho proposto. Dentre as gramíneas forrageiras, a *Brachiaria decumbens* Stapf, por ser a mais difundida atualmente no Estado, torna-se uma espécie indicada aos propósitos desta pesquisa.

O presente trabalho tem como objetivos:

a) Selecionar indicadores do estado fisiológico da planta forrageira em degradação, a partir da mensuração da concentração de formas de nitrogênio, carboidratos e fenóis solúveis nas raízes;

b) Fornecer subsídios para a determinação de medidas supressivas do processo de degradação da pastagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARBOIDRATOS SOLÚVEIS

Os carboidratos solúveis predominantes nos tecidos vegetais são glucose, frutose e sacarose. Glucose e frutose juntas, normalmente ocorrem em teores de 1 a 3% e sacarose de 2 a 8% da matéria seca. Pequenas concentrações de outros açúcares como melibiose, rafinose e estaquiose podem ocorrer (SMITH, 1973 e McILROY, 1967). Dentre os polissacarídeos, frutanas são os principais componentes em gramíneas de clima temperado e amido em gramíneas tropicais (McILROY, 1967).

"Os carboidratos não estruturais representam uma fonte prontamente metabolizável de energia para o crescimento e a sobrevivência da planta" (SMITH, 1973).

A concentração de carboidratos varia nos diversos órgãos da planta de acordo com o estado fisiológico destes (SMITH, 1973). As concentrações, normalmente, são maiores na base dos colmos, estolões, rizomas, coroas e raízes (HARRIS, 1978).

A produção e a concentração de carboidratos solúveis, nos tecidos e órgãos da planta, é dependente de muitos fatores ligados as condições ambientais, ao estado nutricional da planta e ao estágio fisiológico. Além disso, variam amplamente entre as espécies (NASCIMENTO et alii, 1980; HARRIS, 1978; BOKHARI, 1977; SMITH, 1973 e WEINMANN, 1961).

Como o consumo de carboidratos é um processo metabólico imprescindível para a respiração, e a produção dependente da incidência de radiação fotossinteticamente ativa nos tecidos verdes, sua concentração apresenta flutuações diurnas (HARRIS, 1978; LECHTENBERG et alii, 1973; HOLT & HILST, 1969 e MCILROY, 1967) e estacionais (COYNE & BRADFORD, 1987, DORMAAR et alii, 1981; HARRIS, 1978; MCILROY, 1967 e WEINMANN, 1961).

A intensidade luminosa tem influência direta na produção (SMITH, 1973; MCILROY, 1967; DAVIDSON & MILTHORPE, 1966; ALBERDA, 1965 e BROWN & BLASER, 1965) e a temperatura na concentração de carboidratos solúveis (ARCIONI et alii, 1985; YOUNGNER, 1972; DAVIDSON & MILTHORPE, 1966; ALBERDA, 1965 e BROWN & BLASER, 1965).

As condições de umidade do solo (PETTIT & FAGAN, 1974; SMITH, 1973 e MAY, 1960) e de disponibilidade de nutrientes (LECHTENBERG et alii, 1973; SMITH, 1973; DAVIDSON & MILTHORPE, 1966; ALBERDA, 1965 e MAY, 1960) também influem nos níveis de carboidratos solúveis na planta.

Dentre os fatores inerentes à planta, a fase

de desenvolvimento exerce influência marcante no teor de açúcares solúveis (MENKE & TRLICA, 1981; REIS, 1981; GUTERRES & SANTOS, 1980; BOKHARI, 1977; SMITH, 1973 e YOUNGNER, 1972).

O desfolhamento das plantas, através de seus componentes, intensidade e freqüência (BOKHARI, 1977; WEINMANN, 1961 e MAY, 1960) tem influência fundamental na disponibilidade de açúcares solúveis, que pode, em certas condições, ser determinante do vigor e da persistência.

"Os efeitos de repetidos desfolhamentos são cumulativos e, quanto mais intensos e mais freqüentes, menores serão as reservas de carboidratos" (MAY, 1960).

Trabalhando com *Dactylis glomerata* e aplicando cortes a 2,5 cm de altura, DAVIDSON & MILTHORPE (1966) verificaram que a concentração de carboidratos solúveis foi de: 8,5; 5,5; 4,5; e 4,5% da MS nos colmos; e de 3,2; 1,7; 1,9 e 1,9% nas raízes; aos 0; 2; 4; e 8 dias após o corte, respectivamente.

Utilizando carbono marcado, em trabalho com *Agropyron smithii*, no estágio de 5 folhas, BOKHARI (1977) verificou que nesta fase de crescimento, a partição de carboidratos entre parte aérea e raízes foi quase idêntica, indicando igual demanda metabólica para ambos os sistemas. Após 24 horas do início do fornecimento, 50,8% do carbono marcado encontrava-se na parte aérea, 46,9% nas raízes e 2,3% perdidos através da respiração. Constatou ainda, que 82,1% en-

contrava-se em carboidratos não estruturais e 15,6% em carboidratos estruturais. Dez dias após o corte das plantas, cerca de 29% dos carboidratos não estruturais, inicialmente alocados nas raízes, encontravam-se na parte aérea. Nesta ocasião, o teor de carboidratos não estruturais das raízes estava reduzido a metade do valor inicial.

Trabalhando com capim Jaraguá (*Hyparrhenia ru*fa) submetido a 2 intervalos entre cortes (7 e 14 dias) e a 1, 2, 3, 4 e 6 cortes, realizados a 10 cm do solo, em plantas com 45 dias de idade, CORREA (1981) não encontrou efeito do número de cortes no teor de carboidratos de reserva na base dos colmos e nas raízes das plantas. O autor atribuiu a ausência de efeito do número de cortes a altura de corte, a precocidade do corte inicial e ao horário de amostragem (10 h).

Também trabalhando com Jaraguá, submetido a corte a 5 cm do solo, aos 56 dias de idade e avaliando a concentração de carboidratos de reserva em diversas ocasiões após o corte, BOTREL (1980) verificou uma queda na concentração, tanto na base dos colmos como nas raízes, que atingiu os valores mínimos do 2º até o 7º dia após o corte. Aos 14 dias, o teor de carboidratos de reserva nas raízes, já não apresentava diferença significativa do valor inicial (dia zero) e, aos 28 dias, isto também ocorria em relação a base dos colmos.

Trabalhando com *Hyparrhenia ru*fa (Nees) Stapf,

Melinis minutiflora Beauv. e *Panicum maximum* Jacq., cortados, os primeiros a 10 cm do solo e o último a 15 cm, NASCIMENTO et alii (1980) verificaram que os teores de carboidratos não estruturais nas raízes e base dos colmos apresentaram uma queda nos primeiros 5 a 7 dias de rebrota. A recuperação ocorreu aos 25 dias para *P. maximum*, entre 21 e 35 dias para *M. minutiflora* e aos 49 dias para *H. rufo*.

PAULA et alii (1969) verificaram um efeito significativo da altura de corte no teor de carboidratos solúveis nas raízes de *M. minutiflora*: 2,70% da matéria seca, no corte a 2 cm do solo; 4,55% no corte a 12 cm; e 4,56% no corte a 22 cm. O intervalo entre cortes (4 a 8 semanas) não apresentou efeito significativo sobre os teores de carboidratos solúveis nas raízes.

Trabalhando com *Brachiaria decumbens* Stapf em parcelas a campo, submetida a nenhum, 1, 2 e 3 cortes, a 20 cm de altura, aos 62 dias após um corte de uniformização, REIS (1981) verificou que, nas plantas não cortadas, o teor médio de carboidratos não estruturais nas raízes, foi de 2,90% da matéria seca, enquanto que, nas plantas cortadas apenas uma vez, foi de 2,60%, ao longo de 8 avaliações entre dezembro e abril. Nas raízes das plantas não cortadas, os teores foram aumentando gradativamente a partir de dezembro (1,30%) até março (4,50%) e apresentaram uma queda em abril (3,70%). As plantas submetidas a 2 (dezembro e fevereiro) e a 3 cortes (dezembro, fevereiro e março) apresentaram em

abril, um teor de carboidratos não estruturais nas raízes (3,60 e 3,70% respectivamente) semelhante ao das plantas não cortadas. Os teores de carboidratos não estruturais na base dos colmos foram sempre superiores aos das raízes.

"O desfolhamento pode resultar em redução no peso dos órgãos de reserva, na concentração de carboidratos disponíveis ou em ambos. O grau de redução aumenta com a severidade dos cortes, mas depende também da espécie. Em geral, a redução no teor de carboidratos disponíveis é associada com a redução no vigor da planta" (WEINMANN, 1961).

O nível de carboidratos não estruturais é um reflexo do balanço energético da planta (DOVRAT et alii, 1972 e BROWN & BLASER, 1965). Ocorre acúmulo quando a disponibilidade supera a quantidade utilizada no crescimento e na respiração (HARRIS, 1978 e BROWN & BLASER, 1965). Por isso, qualquer fator que cause a redução do crescimento em relação a produção fotossintética provoca um aumento na concentração de carboidratos (YOUNGNER, 1972 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966).

A relação inversa entre o acúmulo de carboidratos nos tecidos e crescimento pode ser constatado somente quando a rebrota das plantas é freqüente. Em condições em que as plantas crescem ininterruptamente, não havendo redução nos teores disponíveis, crescimento e acumulação de carboidratos podem ser diretamente correlacionados (MENKE & TRLI CA, 1981).

"O nível de energia de reserva em forrageiras perenes dá uma indicação do vigor das plantas desde que estresses ambientais estejam ausentes. Entretanto, a porcentagem de carboidratos solúveis não é a melhor base para avaliar o nível de energia de reserva, uma vez que uma pequena massa com alta concentração pode conter menor quantidade do que uma grande massa com uma relativamente baixa concentração" (BOOYSEN & NELSON, 1975).

Como resultado de seu trabalho com *Bothriochloa ischaemum* e *B. caucasica*, COYNE & BRADFORD (1987) concluíram que as decisões de manejo, relacionadas com o vigor das plantas, aparentemente, podem ser ligadas as concentrações de carboidratos não estruturais, eliminando assim tarefas mais laboriosas, necessárias para determinar a quantidade total nas plantas.

2.2. NITROGÊNIO

O nitrogênio é considerado como o principal nutriente para as plantas, sendo requerido em quantidades substanciais (MILLS & JONES, 1979). Em geral representa de 1 a 4% do peso seco dos tecidos vegetais (NOVOA & LOOMIS, 1981b).

Proteínas têm grande importância devido as funções estruturais, catalíticas, de transporte e de reserva

que desempenham. Além disso, junto aos ácidos nucleicos têm papel especial no transporte de informações, na regulação metabólica e nos processos de crescimento (NOVOA & LOOMIS, 1981a).

O nitrogênio tem influência direta tanto na área fotossintetizante como na taxa fotossintética por unidade de área (NOVOA & LOOMIS, 1981a; RAPER Jr. & PEEDIN, 1978 e ROBSON & PARSONS, 1978).

Em mudas de cevada, o retardamento de 4 para 8 dias, no suprimento de NO_3^- , causou na primeira folha uma redução de 25% na área e 20% no peso seco. Ocorreu também uma redução na proteína solúvel e na taxa fotossintética por unidade de área da folha em cerca de 35%. Como consequência, caiu a taxa de crescimento relativo da planta. Os efeitos do retardamento permaneceram ainda por 3 semanas (DALE, 1979).

Trabalhando com *Lolium perenne* L. ROBSON & PARSONS (1978) verificaram que as plantas deficientes em N (3 ppm) apresentavam uma taxa fotossintética inferior as plantas não deficientes (300 ppm), porém as últimas apresentaram um aumento na taxa respiratória, resultando em pequena diferença na produção de matéria seca.

Por intensificar o crescimento das plantas, o N provoca uma redução nos teores de carboidratos solúveis (CLARK, 1977 e NOWAKOWSKI, 1962).

Particularmente em gramíneas forrageiras a

disponibilidade de N promove uma série de alterações fisiológicas, tais como taxa de aparecimento de folhas e perfilhos, tamanho das folhas e perfilhos, determinantes da produção de matéria seca (CORSI, 1984 e DALE, 1979). Além disso, influi também na composição química das plantas (FERNANDES & ROSSIELO, 1986 e CORSI, 1984).

Diversos trabalhos relatam uma redução no sistema radicular em função do aumento da dose de N (MAIZLISH et alii, 1980; CLEMENT et alii, 1979; DOVRAT et alii, 1971 e WILSON & HAYDOCK, 1971).

A absorção do nitrogênio pelas raízes tanto pode dar-se na forma de NO_3^- como na de NH_4^+ (NOVOA & LOOMIS, 1981b; MIFLIN & LEA, 1977 e BEEVERS, 1976). Tanto a absorção ativa (NO_3^-) como a passiva (NH_4^+) é dependente de energia e, por isso, é reduzida quando o metabolismo energético é bloqueado (FERNANDES & ROSSIELO, 1986 e JACKSON, 1978).

O NO_3^- absorvido pelas raízes pode ser: armazenado nos vacúolos das células; translocado para a parte aérea; ou reduzido a NH_3 . Nas folhas, parte do NO_3^- é armazenado e parte é reduzido (NOVOA & LOOMIS, 1981b e HUFFAKER & RAINS, 1978).

A maioria da amônia, absorvida ou originada pela redução do nitrato, é imediatamente incorporada em esqueletos carbônicos, produzindo aminoácidos. Pequenas quantidades acumulam-se nas células ou são translocadas para a parte aérea (MENGEL & KIRBY, 1982; NOVOA & LOOMIS, 1981b e PATE, 1980).

Glutamina e glutamato são os produtos primários da assimilação da amônia, desempenhando o papel principal nas subseqüentes interconversões do N-orgânico (MIFLIN & LEA, 1977 e YONEYAMA & KUMAZAWA, 1975).

A absorção e assimilação do N-inorgânico é afetada por uma série de fatores externos como: luminosidade (FERNANDES et alii, 1985; FOWDEN, 1979; RAPER Jr. et alii, 1978 e BEEVERS, 1976); temperatura (FERNANDES & ROSSIELO, 1986; THEODORIDES & PEARSON, 1981; CLARKSON & WARNER, 1979 e RAPER Jr. et alii, 1978); pH (MENGEL & KIRBY, 1982 e HUFFAKER & RAINS, 1978) e umidade (JENSEN, 1982; FOWDEN, 1979 e BEEVERS, 1976). Dentre os fatores inerentes a planta destacam-se: espécie (MENGEL & KIRBY, 1982; GOODMAN, 1979 e BEEVERS, 1976); fase de desenvolvimento (PATE, 1980; TINKER, 1979 e SCHRADER, 1978); disponibilidade de energia (TINKER, 1979; JACKSON, 1978 e MINOTTI & JACKSON, 1970) e estado nutricional (FERNANDES et alii, 1980; SILVEIRA, 1980 e HUFFAKER & RAINS, 1978).

"A demanda por N é determinada pela taxa de crescimento e a composição nitrogenada dos novos tecidos. A demanda máxima é atingida em condições não limitantes a fotossíntese, quando a taxa de crescimento aproxima-se do potencial genético" (NOVOA & LOOMIS, 1981a).

O N é translocado das raízes para a parte aérea, através do xilema, principalmente na forma de nitrato e aminoácidos, a proporção variando de acordo com a espécie de planta e a forma de N absorvida (FENTEM et alii, 1983; MENGEL & KIRBY, 1982 e PATE, 1980).

Variando a proporção $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (100/0; 75/25; 50/50; 25/75; e 0/100) na solução nutritiva de *Panicum maximum* Jacq, SILVEIRA et alii (1985) verificaram que o N-NH_3 representou de 7 a 15% do N-total contido no exsudato do xilema, entre as proporções aplicadas. O aumento de NH_4^+ na solução nutritiva promoveu uma crescente participação do N-amino como forma de transporte do N.

A concentração de N-total nos tecidos vegetais varia com a espécie de planta (ARRUDA et alii, 1984; GOODMAN, 1979; BROWN, 1978 e WILSON & HAYDOCK, 1971), a fase de desenvolvimento (CORSI, 1984; THEODORIDES & PEARSON, 1981 e TINKER, 1979), o estado nutricional (ARRUDA et alii, 1984 e FERNANDES et alii, 1980) e o órgão da planta (FERNANDES et alii, 1985; BENDIX et alii, 1982; PATE & LAZZELL, 1981 e THEODORIDES & PEARSON, 1981). Naturalmente, a disponibilidade de N, no solo ou na solução, exerce influência capital nas concentrações deste na planta (CORSI, 1984; JENSEN, 1982; GOSWAMI & WILLCOX, 1969 e ALBERDA, 1965).

Estudando o efeito de doses crescentes de alumínio e de fontes de N em forrageiras tropicais, ARRUDA et alii (1984) verificaram uma redução na produção de matéria seca, com o concomitante aumento da concentração de N-total na matéria seca, até o nível de 3 ppm de Al na solução. Verificaram ainda que a concentração de N-total foi maior nas raízes do que na parte aérea, maior sob NH_4^+ do que sob NO_3 e maior em *Brachiaria decumbens* do que em *Cenchrus ciliaris*.

Trabalhando com *Pennisetum americanum* THEODORIDES & PEARSON (1981) verificaram que a concentração de N manteve-se relativamente constante até a alongação do colmo: 2,5% da MS nas raízes e 4,0% na parte aérea. A partir daí, diminuiu até a antese (última colheita), sendo a queda na concentração, de 25% nas raízes e 50% na parte aérea.

A concentração de N na planta diminui rapidamente com a idade, mesmo quando a concentração de N na solução permanece constante (MILLS & JONES, 1979 e TINKER, 1979). Isto significa um efeito de diluição do N pela acumulação de matéria seca (CORSI, 1984).

"Os teores de N-total tendem a ser mais elevados na parte aérea do que nas raízes. Na parte aérea são mais elevados nas folhas do que nos colmos e, normalmente, maiores nos ápices da parte aérea: folhas jovens e frutos" (PATE & LAYZELL, 1981).

Trabalhando com milho, submetido a doses crescentes de P (0, 10, 20, 40 e 60 ppm) e dose única de N (80 ppm), aos 30 dias após o plantio, FERNANDES et alii (1980), verificaram uma redução no teor de N na parte aérea, mas não nas raízes, por efeito das doses mais elevadas de P. Na parte aérea o teor de N-total variou de 3,4 a 1,9% da MS e nas raízes de 1,1 a 0,8%.

"O nitrogênio na planta pode ser dividido em três grandes frações: N-inorgânico (NO_3^- e NH_4^+), N-alfa amino solúvel e N-protêico. O N-alfa amino (aminoácidos, ami-

nas e amidas) é a fração mais variável em função de distúrbios nutricionais" (SILVEIRA, 1980).

Trabalhando com mudas de arroz e fornecendo N-marcado, na forma de NH_4^+ , MUHAMMAD & KUMAZAWA (1974) verificaram que, 4 dias após o fornecimento, 93,5% do N-marcado encontrava-se incorporado a fração insolúvel, sendo cerca de 60% nas folhas e 13% nas raízes e, aos 14 dias, 96,4% encontrava-se na fração insolúvel, sendo cerca de 80% nas folhas e 7% nas raízes, o que indica a remobilização do N.

BENDIX et alii (1982) verificaram em *Paspalum notatum*, Flügge, um maior teor de N-total nas folhas do que nas raízes e rizomas. Por outro lado, a porcentagem de N-solúvel, em relação ao N-total, foi superior nas raízes e nos rizomas, sendo que nas raízes variou de 11,14 a 33,53 entre os diversos tratamentos. Os autores verificaram ainda, que o acúmulo de matéria seca foi negativamente correlacionado com o teor de N-solúvel.

A aplicação de doses elevadas de NH_4NO_3 resultou em uma taxa de síntese de proteína menor do que a taxa de acumulação de N-amino, implicando numa elevada concentração desta fração em *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea* (GLENN et alii, 1985).

Em *Andropogon gerardii*, Vitman, ocorre um armazenamento de N nos rizomas e raízes durante o período seco. No início da estação seca a concentração de N nas folhas cai, enquanto aumenta nos rizomas e raízes. No início

da estação de crescimento ocorre o contrário. O transporte é realizado na forma de N-amino, cuja concentração aumenta nestes períodos, tornando-se 3 a 4 vezes superior a normal (HAYES, 1985).

Trabalhando com *Brachiaria* sp. submetida as doses de N (0, 10, 20, 40 e 80 ppm), na forma de NaNO_3 , aplicadas após um corte e avaliando 40 dias após, FERNANDES & FREIRE (1976) não encontraram alteração significativa no teor de N-total (1,90 a 2,40% da MS) e no de N-protêico (1,63 a 2,00% da MS), na parte aérea. Porém, o teor de N-amino variou significativamente de 16,80 a 34,60 $\mu\text{moles/g}$ de peso fresco. A porcentagem de N-solúvel, em relação ao N-total variou de 7,6 a 17,8.

Quando ocorre deficiência de N, as formas solúveis vão sendo reduzidas nos tecidos. Prosseguindo a deficiência, ocorre a mobilização do N-protêico dos tecidos mais velhos para os mais novos. Por outro lado, quando o nível de N supera o necessário para o crescimento as formas solúveis começam a acumular-se nos tecidos (MILLS & JONES, 1979).

Durante a senescência das folhas ocorre a degradação da proteína e dos ácidos nucleicos, sendo o N translocado na forma de aminoácidos para os tecidos mais jovens. Isto independe do suprimento de N das raízes da planta (NOVOA & LOOMIS, 1981a).

Em condições normais, não ocorre acumulação de amônia na planta (FOWDEN, 1979), pois ela é tóxica em concen

trações relativamente baixas (2 mM), causando alterações metabólicas (FERNANDES & ROSSIELO, 1986).

O acúmulo de amônia na planta pode dar-se pela absorção excessiva ou pela falta de esqueletos carbônicos para sua incorporação (FERNANDES & ROSSIELO, 1986). Grandes quantidades podem ocorrer quando proteínas são degradadas, com os aminoácidos sendo desaminados e os esqueletos carbônicos utilizados como substratos respiratórios (GIVAN, 1979).

Quando há excesso de NH_3 nos tecidos, inicialmente ocorre uma aceleração no processo usual de assimilação (via GS/GOGAT). Persistindo o excesso, vias alternativas são ativadas (vias GDH e asparagina sintetase). Assim, no caso de altos níveis de NH_3 , glutamina e asparagina tendem a acumular-se nos tecidos. A disponibilidade de esqueletos carbônicos e ATP é fundamental para o processo de desintoxicação (GIVAN, 1979).

A amônia tanto pode ser absorvida como liberada pela parte aérea, dependendo da pressão parcial de amônia na atmosfera (FARQUHAR et alii, 1980). Nos estágios finais do desenvolvimento a liberação aumenta (HOOKER et alii, 1980).

Trabalhando com cana-de-açúcar em solução nutritiva, SILVEIRA & CROCOMO¹ verificaram que nas plantas de-

¹ SILVEIRA, J.A.G. & CROCOMO, O.J. (ESALQ/USP, Piracicaba, SP). Deficiência de K induzida pelo acúmulo de aminoácidos, putrescina e amônia em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). (Em elaboração).

ficientes em K (0,1 mM na solução), submetidas as doses mais altas de N (9 e 18 mM), ocorria considerável aumento na concentração de N-total, $\text{N}\alpha\text{NH}_2$ livre, N-NO_3^- e N-NH_4^+ . A concentração de N-NH_4^+ nas raízes foi muito superior a dos colmos e folhas. O N-total nas raízes das plantas deficientes em K, aumentou de 1,52 (1 mM de N) para 3,80 g/100 g de MS (18 mM de N), enquanto que a concentração de N-NH_3 livre aumentou de 47,52 para 110,88 $\mu\text{moles/g}$ de MS. Nas plantas controle (9 mM de N e 6 mM de K) o teor de N-total nas raízes foi de 3,60 g/100 g de MS e o de N-NH_3 livre de 15,84 $\mu\text{moles / g}$ de MS.

FERNANDES (1978) concluiu que a simples determinação do N-total pode dar uma idéia errônea do estado nutricional da planta, pois o teor de N-solúvel passa despercebido e a porcentagem de N-total pode demonstrar uma suficiência que não corresponde as condições reais do metabolismo.

2.3. RELAÇÕES CARBOIDRATOS/NITROGÊNIO

As plantas contêm uma porcentagem mais ou menos constante de carbono, entre 38 e 46%, enquanto que a de nitrogênio apresenta uma ampla faixa de variação relativa, ficando entre 1 e 7% da matéria seca (PATE & LAYZELL, 1981).

A eficiência na utilização do nitrogênio é diretamente relacionada com o metabolismo e a partição do car-

bono, considerando-se a planta como um todo (NOVOA & LOOMIS, 1981b).

"A partição do carbono e do nitrogênio exerce um papel fisiológico marcante, principalmente ao nível das relações funcionais raiz - parte aérea - produtividade. A partição de C e N está associada aos processos globais do desenvolvimento e do metabolismo da planta" (SILVEIRA, 1987).

O desenvolvimento da planta é o resultado da capacidade de assimilação de N pelas raízes, diretamente ligada ao suprimento de carboidratos sintetizados pelas folhas (PRZEMECK & SCHRADER, 1981).

Trabalhando com cana-de-açúcar, SILVEIRA (1985) verificou que o pico de assimilação de N antecede ao de CO_2 , sugerindo um armazenamento de N na fase inicial do desenvolvimento.

"O suprimento de N controla o tamanho e a atividade do sistema fotossintético e, desta forma, a produção de assimilados necessários ao crescimento" (DALE, 1979).

A assimilação do NO_3^- nos tecidos fotossintéticos depende das reações fotoquímicas nos cloroplastos, que fornecem o redutor e o ATP necessários. Nos tecidos aclorofilados, ou em ausência de luz, o redutor é produzido pela oxidação de carboidratos (glicólise) ou ácidos orgânicos (ciclo de Krebs). Neste caso, o requerimento energético é quase o dobro do anterior (SCHRADER & THOMAS, 1981).

"A assimilação do N-inorgânico, assim como a

do CO_2 , é um processo que requer, direta ou indiretamente, grandes quantidades de radiação fotossinteticamente ativa" (SILVEIRA & CROCOMO, 1985).

A assimilação do NO_3^- requer, além do substrato e das enzimas, compostos ricos em energia, equivalentes redutores e estruturas carbônicas. Por isso as raízes precisam ser supridas de carboidratos pela parte aérea (PRZEMECK & SCHRADER, 1981 e MINOTTI & JACKSON, 1970).

A concentração de carboidratos solúveis nas raízes (5 a 10%) é baixa e relativamente constante, suportando a respiração por um tempo limitado. Por isso, durante a fase exponencial de crescimento, para manter uma absorção ininterrupta de nitrato, as raízes dependem do concomitante transporte de assimilados da parte aérea. Durante esta fase a maior parte do nitrato é translocada para ser reduzida e distribuída pela parte aérea (RAPER Jr. et alii, 1978).

Interrupções transitórias no suprimento de NO_3^- , causam efeitos transitórios na taxa de produção fotossintética, porém induzem a um aumento na translocação de fotossintetizados para as raízes (CLEMENT et alii, 1979).

Trabalhando com azevém anual, HANSEN (1980) verificou que a taxa de absorção de NO_3^- acompanhava a taxa respiratória das raízes, apresentando uma variação diurna, com picos às 6 e 16 horas após o início do fotoperíodo.

Trabalhando com cevada, DEANE-DRUMMOND et alii (1979) verificaram que, a atividade da redutase de ni-

trato nas raízes, aumentava a partir do início do fotoperíodo, atingindo um máximo 7 a 8 horas após. O desfolhamento, no início do fotoperíodo, prevenia o aumento na atividade da enzima e, quando feito durante o fotoperíodo, provocava uma queda na atividade desta. O fornecimento de malato as plantas desfolhadas provocada uma elevação na atividade da redutase de nitrato.

Trabalhando com azevém perene, CLEMENT et alii (1978) verificaram que a absorção de NO_3^- apresentava variações diurnas, dia a dia e estacionais, em resposta a radiação luminosa. A taxa máxima de absorção de NO_3^- ocorria 5 a 6 horas após a taxa máxima de assimilação de CO_2 . Após o desfolhamento, a absorção de NO_3^- era severamente reduzida por 2 a 7 dias, em decorrência da baixa assimilação de CO_2 .

DOVRAT et alii (1972) observaram em *Chloris gayana*, Kunth, que as plantas sob alto nível de N (8,29 meq/100g de solo) apresentaram cerca de 30% menos carboidratos não estruturais, nas raízes e base dos colmos, do que as plantas sob baixo nível de N (1,43 meq/100 g de solo). Os efeitos dos níveis de N, sobre o conteúdo de carboidratos, foram mais pronunciados nas raízes do que na parte aérea.

A principal característica dos compostos utilizados para o transporte de N na planta é a baixa relação C/N que estes apresentam (PATE, 1980).

A relação C/N (em peso) na seiva do xilema varia de 1,5 a 6,0, enquanto que no floema varia de 15 a 200

(PATE, 1980). Assim, a principal via de transporte do N é o xilema e do transporte do C é o floema, com os processos de translocação agindo no sentido de transferir N, preferencialmente para a parte aérea e C para os órgãos subterrâneos da planta (PATE & LAZZELL, 1981).

A relação C/N dos metabólitos exportados pela folha varia com a idade desta. É maior quando a capacidade fotossintética é máxima e diminui com a senescência, quando a produção de assimilados é reduzida e as proteínas vão sendo degradadas e exportadas (PATE, 1980).

"Os tecidos da planta estão constantemente sofrendo alterações no seu perfil bioquímico, em função da idade, através da relação atividade meristemática/processo de senescência. Disto resulta a constante mobilização de C e N, de uma parte da planta para outra" (SILVEIRA, 1987).

A redistribuição do N é mais eficiente do que a do C, pois está ligado a proteína, que é totalmente degradável. O maior volume do C está ligado a tecidos estruturais de difícil degradação (PATE & LAZZELL, 1981).

"Os compostos nitrogenados apresentam variações cíclicas ao longo do ano, que indicam períodos de acumulação e de esgotamento, em conformidade com a demanda da planta" (COYNE & BRADFORD, 1987). Por sua vez, a demanda de N pela planta é regulada pela produção fotossintética (NOVOA & LOOMIS, 1981a).

COYNE & BRADFORD (1987), trabalhando com Bo-

thriochloa ischaemum e *B. caucasica*, verificaram que, as concentrações de carboidratos não estruturais, refletiam o volume total destes nas raízes, numa relação muito próxima, mas não encontraram uma correlação tão significativa na base dos colmos. A relação entre a concentração de N e o volume total de N, foi altamente significativa nas raízes, mas não na base dos colmos. Verificaram ainda que as concentrações de N foram muito variáveis nos órgãos transitórios da planta, mas relativamente estáveis na base dos colmos e nas raízes.

"Frequentemente relaciona-se o vigor da planta com as reservas de carboidratos não estruturais e de nitrogênio e, que o manejo dos sistemas de produção a base de pasto, pode ser ligado aos ciclos de reserva" (COYNE & BRADFORD, 1987).

2.4. COMPOSTOS FENÓLICOS

"Os compostos fenólicos constituem o principal e mais distribuído grupo de compostos secundários nas plantas. Sua estrutura varia desde um único anel aromático a polímeros altamente complexos como o tanino e a lignina" (WONG, 1973).

Alguns compostos fenólicos são amplamente distribuídos entre as plantas e outros são restritos a pequeno

número de espécies. A diversidade em estrutura, concentração e distribuição indica papéis multifuncionais no metabolismo das plantas, mas dificulta uma definição precisa destes papéis (ZUCKER et alii, 1967).

Os compostos fenólicos são bastante utilizados em estudos visando a classificação taxonômica de espécies, variedades e populações de plantas (NATARELA & SINK Jr, 1974; WONG, 1973; HARBORNE & SIMMONDS, 1964 e HARNEY & GRANT, 1964).

KALINOWSKI & BARTKOWIAK (1979) encontraram 88 diferentes compostos fenólicos em 6 populações de *Anthyllis vulneraria* L., sendo apenas 31 comuns as 6 populações.

Compostos fenólicos, como o ácido clorogênico, têm sido associados a resistência a doenças em plantas (KOSUGE, 1969; CRUICKSHANK & PERRIN, 1964 e McLEAN et alii, 1961).

Cumarinas são associadas a inibição da germinação de sementes de algumas espécies; a efeitos tóxicos para peixes, moluscos e insetos; e a efeitos inibidores da coagulação do sangue (WONG, 1973).

Os fenilpropanóides são as unidades constitutivas da lignina (WONG, 1973).

A degradação microbiana da lignina libera ácidos fenólicos. Estes ácidos podem ser assimilados pelas plantas e interferir no metabolismo. Os ácidos gálico, vanílico e p-hidroxibenzóico inibiram o crescimento das raízes

de *Pisum sativum*. Os ácidos vanílico, ferúlico, p-hidroxiben-zóico e p-cumárico interferiram na absorção de NO_3^- , na indução da RN e na atividade da GS, inibindo assim o metabolismo do nitrato (POSPISIL & SINDELAROVA, 1981).

Os compostos fenólicos podem ser agrupados em três categorias, conforme a origem: derivados da via aceto-malonato; da via chiquímico-prefênico; e compostos derivados da combinação entre produtos dos dois grupos anteriores (WONG, 1973).

A principal via de biossíntese de compostos aromáticos em plantas superiores é a via do ácido chiquímico. Os precursores do ácido chiquímico são o fosfoenolpiruvato e a eritrose-4-fosfato (NEISH, 1964).

Fatores que influem nas vias de produção de fosfoenolpiruvato e eritrose-4-fosfato devem ter efeitos consideráveis na síntese de compostos fenólicos. Em tecidos vegetais infectados, a rota predominante do catabolismo da glucose é a via das pentoses, que produz eritrose-4-fosfato e NADPH para a síntese de fenóis (KOSUGE, 1969).

Os aminoácidos fenilalanina e tirosina são formados pela via do ácido chiquímico e são precursores do ácido cinâmico e seus derivados, os quais originam os flavonóides e a lignina (WONG, 1973; GEISSMAN & CROUT, 1969 e NEISH, 1964).

Há indicações de que alguns compostos fenólicos possam translocar-se pelo floema (ZIEGLER, 1975).

A influência genética é determinante das diferenças qualitativas e quantitativas dos compostos fenólicos nas plantas (KALINOWSKI & BARTKOWIAK, 1979; ZUCKER et alii, 1967 e McLEAN et alii, 1961).

A concentração dos 6 principais fenóis variou nas raízes das gramíneas de 1,39 a 2,11% da MO, nas dicotiledôneas de 0,09 a 0,61% e nas pteridofitas de 0,04 a 0,07% (WHITEHEAD et alii, 1982).

Nas folhas de 23 tipos, entre espécies e variedades do gênero *Petunia*, NATARELA & SINK (1974) encontraram uma variação de 3,42 a 17,15 mg de fenóis/g de MS.

A luminosidade e a temperatura têm grande influência na concentração de compostos fenólicos nos tecidos da planta (WONG, 1973; ZUCKER et alii, 1967 e SIEGELMAN, 1964).

Trabalhando com *Calluna vulgaris*, JALAL et alii (1982) verificaram que a concentração de fenóis variou de 15,6% da MS, em fevereiro (inverno), a 28,4%, em setembro (verão) na parte aérea. Nas raízes a variação foi de 2,2% a 9,5%, respectivamente.

A concentração de compostos fenólicos tende a diminuir a medida que a planta vai atingindo estágios mais avançados de desenvolvimento (WONG, 1973; ZUCKER et alii, 1967 e TOWERS, 1964).

Trabalhando com batatinha, McLEAN et alii (1961) verificaram que, a concentração de compostos fenólicos, nos órgãos subterrâneos das variedades resistentes ao ataque de

Verticillium, era maior do que nas variedades susceptíveis. Com o desenvolvimento e a maturação das plantas, as concentrações diminuíram mais rapidamente nas variedades susceptíveis.

O estado nutricional da planta também influencia nos teores de compostos fenólicos apresentados pelos seus órgãos componentes (WONG, 1973 e SIEGELMAN, 1964).

O teor de fenóis na parte aérea de trigo, aos 27 dias de idade, foi de 2 a 5 vezes superior ao das raízes e foi afetado pelo conteúdo de Mn, reduzindo-se em plantas deficientes. O aumento na dose de NO_3^- também causou redução no teor de fenóis da parte aérea. As raízes apresentaram de 0,3 a 0,6 mg de fenóis/g de massa fresca e não apresentaram alteração significativa por efeito de Mn ou NO_3^- (BROWN et alii, 1984).

A luminosidade tem grande influência na biosíntese de compostos fenólicos e o metabolismo dos carboidratos e do nitrogênio estão relacionados com a sua produção (SIEGELMAN, 1964).

O estímulo a síntese de fenóis provocado pela adição de açúcares indica a importância da disponibilidade de substrato no controle de sua produção. Portanto, a concentração de precursores deve determinar a taxa e a extensão da biosíntese (ZUCKER et alii, 1967).

A capacidade para sintetizar ésteres de glucose de ácidos fenólicos parece ser importante na fisiologia

das plantas. A formação de um determinado éster depende não só do órgão ou tecido, mas também do seu estado fisiológico (TOWERS, 1964).

A variação estacional e o desaparecimento em estágios mais avançados do desenvolvimento, indicam a degradação ou translocação dos compostos fenólicos nas plantas. Por outro lado, as evidências de que a degradação ocorra são escassas (TOWERS, 1964).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", situada em Piracicaba, São Paulo (22°42'31" de latitude sul e 47°38'01" de longitude oeste).

3.2. VASOS

Foram utilizados vasos de plástico com 19,5cm de diâmetro na parte superior, 16,5 cm de diâmetro na parte inferior e 24,0 cm de altura, na sua parte interna, contendo um volume de 6,1 litros de terra.

3.3. SOLO

Foram colocadas em cada vaso 9.400 g (TPSA)

de Areia Quartzosa, pertencente a Série Ribeirão Claro, apresentando por ocasião do enchimento dos vasos 0,94% de umidade e características químicas conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo utilizado no experimento.

P	M.O.	pH	V
resina			
g/cm ³	%	em CaCl ₂	%
3,0	1,67	4,15	18,5

K	Ca	Mg	H+Al	S	T
		meq/100 cm ³			
0,22	0,21	0,08	2,25	0,51	2,76

As determinações foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Química da ESALQ, utilizando a metodologia descrita por RAIJ & QUAGGIO (1983).

3.4. ADUBAÇÃO

Foram misturados homogeneamente ao solo de cada vaso 200 ppm de P e 250 ppm de K, tendo por base o

peso de solo, nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Os micronutrientes foram aplicados, sem incorporação, quando faltavam 5 cm para completar-se o enchimento total dos vasos, constando de 10 ppm de Fe, 10 ppm de Mn, 10 ppm de Zn, 5 ppm de B, 5 ppm de Cu e 1 ppm de Mo. Para tanto, utilizou-se uma mistura composta por: sulfato ferroso + sulfato de manganês + sulfato de zinco + ácido bórico + sulfato de cobre + molibdato de sódio.

Foram aplicados 600 ppm de N, divididos em duas doses iguais, aos 8 e aos 12 dias após o transplante, sendo a aplicação na forma de uréia, diluída em água, na proporção de 63 g por litro.

Aos 47 e 60 dias após o transplante, foi aplicada uma solução 1 M de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, na quantidade de 5 ml por vaso, diluídos na água de irrigação.

3.5. CONDIÇÕES CULTURAIS

A gramínea foi semeada em caixa de areia (80 x 60 x 15 cm), em 07/01/87.

Aos 18 dias após a semeadura (25/01/88) foram transplantadas 4 mudas em cada vaso. O desbaste foi realizado 8 dias após o transplante (02/02/88), deixando-se 2 plantas por vaso, selecionadas pela uniformidade (quarta folha em expansão).

Devido a provável intoxicação por amônia, oriunda da uréia aplicada houve morte de uma planta em 18 vasos do experimento. Assim, para completar um bloco de 21 vasos, com apenas uma planta por vaso, três dos restantes tiveram uma planta desbastada, selecionada pelo menor número de perfilhos. Isto, aos 26 dias após o transplante.

Os vasos foram irrigados de modo a manter a umidade acima de 50% de água disponível. Para tanto, diariamente eram amostrados 20% dos vasos para pesagem e, a cada 3 dias, todos os vasos eram pesados.

3.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso em arranjo fatorial com três tratamentos principais (intensidade de desfolhamento), sete sub-tratamentos (épocas de colheita) e três repetições (blocos), perfazendo um esquema 3x7x3.

A formação dos blocos foi a seguinte:

- B1 - vasos com 2 plantas (apresentando de 45 a 66 perfilhos basais);
- B2 - vasos com 2 plantas (apresentando de 29 a 44 perfilhos basais);
- B3 - vasos com 1 planta (apresentando de 11 a 25 perfilhos basais).

3.7. NÍVEIS DE DESFOLHAMENTO

Foram aplicados 3 níveis de desfolhamento:

T1 - plantas não desfolhadas;

T2 - plantas cortadas a 15 cm do solo;

T3 - plantas cortadas a 5 cm do solo.

A aplicação dos níveis de desfolhamento foi iniciada 42 dias após o transplante, sendo repetida a cada sete dias nas plantas dos vasos remanescentes das colheitas de avaliação. Assim, as plantas colhidas aos sete dias sofreram apenas uma aplicação dos níveis de desfolhamento e as plantas colhidas aos 49 dias sofreram sete aplicações dos níveis de desfolhamento.

3.8. ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO

Foram realizadas 7 avaliações: aos 7, 14, 21; 28; 35; 42; e 49 dias após a primeira aplicação dos tratamentos de desfolha.

3.9. COLETA DO MATERIAL PARA AVALIAÇÃO

Após a retirada da parte aérea, cortada rente a coroa das plantas, o conteúdo dos vasos era colocado sobre

uma peneira, com malhas de 2 mm, para lavagem das raízes em água corrente. Retiradas da peneira, as raízes eram colocadas em vaso plástico, contendo uma solução 0,1 mM de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para manter o equilíbrio da pressão osmótica. Uma vez recuperadas todas as raízes do vaso, estas eram retiradas da solução e imersas em água destilada para a limpeza final. Após esta, recebiam uma secagem superficial, com toalha de papel absorvente, sendo então acondicionadas em sacos plásticos que, imediatamente, eram colocados em recipiente de isopor contendo gelo. Ao completar-se a coleta do material dos três tratamentos de cada bloco, este era levado para um congelador com temperatura de -18°C . O tempo máximo decorrido, entre o início da amostragem e a colocação no congelador, foi de 2 h.

Posteriormente (1 a 3 semanas no congelador), as raízes foram colocadas para secar em liofilizador VIRTIS, até o peso constante. A seguir foram moídas até passar por peneira de 20 mesh e acondicionadas em vidros pequenos, que foram conservados em câmara fria (4°C).

Por excesso de volume, apenas parte (7 a 11g) do material coletado no T1, foi conservado nos vidros, após a moagem.

A parte aérea era colocada a secar em estufa, a 60°C por 72 horas, realizando-se a pesagem logo após.

3.10. ANÁLISES QUÍMICAS

3.10.1. Determinação do N-total

A digestão "sulfúrica" foi realizada em uma amostra de 100 mg de material coletado, utilizando-se a mistura seguinte: 1 g de selenito de sódio anidro + 21,39 g de sulfato de sódio + 4 g de sulfato de cobre + 200 ml de ácido sulfúrico concentrado + 175 ml de água destilada. A digestão foi feita em tubos do tipo Kjeldahl, contendo 7 ml de solução digestora, até obtenção de um extrato incolor. A destilação e a dosagem foram feitas pelo método volumétrico de Kjeldahl descrito por JØRGENSEN (1977). Este método não inclui o N-NO_3^- .

3.10.2. Determinação dos Carboidratos Solúveis Totais

A extração dos carboidratos solúveis totais foi feita com etanol 80%. Para 100 mg de matéria seca foram adicionados 4 ml de etanol 80%, aquecimento a 85°C por 15 minutos e após, centrifugação a 5.000 g durante 10 minutos. Após a separação do sobrenadante, a operação foi repetida por 2 vezes, utilizando-se porções de 3 ml de etanol 80%, de cada vez. Ao final, aferiu-se o volume para 10 ml em balão volumétrico. Este método extrai mono e oligossacarídeos.

A dosagem foi realizada em espectrofotômetro CO LEMAN, pelo método "fenol-sulfúrico", descrito por DUBOIS

et alii (1956). Os extratos foram convenientemente diluídos antes da dosagem, para a obtenção de leituras na faixa de 0,2 a 0,5 unidades de absorbância. As leituras foram feitas a 490 nm, utilizando-se glucose p.a. como padrão.

3.10.3. Determinação do N-NH_4^+ Livre

A preparação dos extratos, para a dosagem do N-NH_4^+ livre, foi realizada conforme já descrito para carboidratos solúveis totais.

A dosagem da amônia foi feita pelo método "fenolato-hipoclorito" de WEATHERBURN (1967), utilizando-se 0,2-0,4 ml do extrato e leituras a 625 nm em espectrofotômetro.

3.10.4. Determinação do $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ Solúvel

A preparação dos extratos, para a dosagem do $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel, foi realizada conforme descrito para carboidratos solúveis totais.

A dosagem foi feita em espectrofotômetro, pelo método de KABAT & MAYER (1967), utilizando como reagente ninhidrina e, glicina como padrão.

3.10.5. Determinação dos Fenóis Solúveis

A preparação dos extratos, para a dosagem dos fenóis solúveis, foi realizada conforme descrito para carboidratos solúveis totais.

A dosagem foi realizada em espectrofotômetro, pelo método de SWAIN & HILLIS (1959), utilizando-se ácido clorogênico como padrão.

3.11. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados referentes a cada variável estudada foram submetidos a análise de variância, realizando-se os seguintes desdobramentos

- Teste de Tukey para médias de cada tratamento;
- Teste de Tukey para as médias dos tratamentos, dentro dos níveis de época;
- Teste de Tukey para médias de época dentro de cada tratamento;
- Regressões polinomiais considerando o fator época dentro de cada tratamento.

Os resultados da análise de variância são apresentados nas Tabelas 7 a 11 do Apêndice deste trabalho.

4. RESULTADOS

4.1. CARBOIDRATOS SOLÚVEIS TOTAIS

Ocorreu uma variação significativa na concentração de carboidratos solúveis totais, na matéria seca das raízes, por efeito dos tratamentos, das épocas de avaliação e também da interação entre estes dois fatores (Tabela 7 do Apêndice e Figura 1).

A regressão linear, representando a variação da concentração de carboidratos solúveis totais (y) em função das épocas de avaliação (x), foi significativa para todos os tratamentos. As equações foram:

$$T1: y = 3,488 + 0,086x \quad r^2 = 0,51 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (1)$$

$$T2: y = 3,889 - 0,033x \quad r^2 = 0,61 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00143) \quad (2)$$

$$T3: y = 3,073 - 0,044x \quad r^2 = 0,82 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00014) \quad (3)$$

A equação (1) mostra que ocorre um acúmulo constante de carboidratos solúveis totais a medida que a planta, em crescimento livre, se desenvolve, enquanto que repe-

tidos desfolhamentos, determinam uma progressiva redução destes compostos (equações 2 e 3).

No T1 as raízes das plantas apresentaram, em todas as épocas de avaliação, uma concentração de carboidratos solúveis totais mais elevada do que no T2 e no T3, apesar de, nas épocas de 14 e 21 dias, as diferenças não terem apresentado significância estatística. Neste tratamento, a menor concentração (3,07%) foi observada aos 14 dias e a maior (7,71%) verificou-se na última época de avaliação (49 dias). A média das concentrações, neste tratamento, foi de 5,91% (Tabela 2 do Apêndice).

As plantas submetidas ao T2, apresentaram em suas raízes, uma concentração de carboidratos solúveis totais com valores intermediários aos dos outros dois tratamentos, porém a partir dos 21 dias, mais próximos aos do T3. No T2, a maior (4,15%) e a menor (2,30%) concentração de carboidratos solúveis totais, foram encontradas na primeira (7 dias) e na última (49 dias) avaliações, respectivamente. A média das concentrações foi de 2,95% (Tabela 2 do Apêndice).

As concentrações de carboidratos solúveis totais, apresentadas no T3, foram inferiores as dos outros dois tratamentos, em todas as épocas de avaliação. Afora uma elevação, ocorrida aos 21 dias, as concentrações declinaram constantemente, a partir do início das avaliações. A concentração mais elevada (2,78%) foi apresentada aos 21 dias e a mais baixa (1,02%) aos 49 dias. A média das concentrações foi de 1,85% (Tabela 2 do Apêndice).

Figura 1. Variação na concentração de carboidratos solúveis totais na MS das raízes de *B. decumbens* em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

Pode-se observar (Figura 1) que, em todos os tratamentos, ocorreu uma queda na concentração de carboidratos solúveis totais, aos 14 dias, seguida de uma elevação, aos 21 dias. A partir daí, observa-se uma diferenciação nos valores apresentados, em conformidade com os níveis de desfolhamento aplicados.

4.2. NITROGÊNIO TOTAL

Os efeitos dos tratamentos, das épocas de avaliação, bem como da interação entre estes dois fatores, foram significativos sobre a concentração de N-total na MS das raízes.

A concentração de N-total (y) foi correlacionada com a época de avaliação (x), conforme as seguintes regressões lineares:

$$T1: y = 3,187 - 0,047x \quad r^2 = 0,91 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (1)$$

$$T2: y = 2,536 - 0,019x \quad r^2 = 0,49 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00015) \quad (2)$$

$$T3: y = 2,125 - 0,019x \quad r^2 = 0,69 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00012) \quad (3)$$

As médias das concentrações de N-total não diferiram entre si para os tratamentos T1 e T2, mas foram superiores a média observada nas plantas desfolhadas a 5 cm do solo (Tabela 3 do Apêndice).

Em todos os tratamentos ocorreu significativa redução nos teores de N-total ao longo do período de avaliação (Figura 2). Observa-se também que, após diminuirem até os 21 dias, em todos os tratamentos, os teores elevaram-se aos 28 dias, sendo que no T2 esta tendência persistiu até aos 35 dias, declinando a partir desta época.

Com exceção da tendência de elevação aos 28 dias (2,00%), os teores de N-total no T1, foram declinando gradativamente (de 3,14 para 0,97%) do início até o final do período de avaliação. Não se observou diferença na concentração de N-total entre os tratamentos T1 e T2 até aos 28 dias de avaliação. Entretanto, após este período, as concentrações de N-total nas plantas não desfolhadas (T1) foram inferiores as das plantas desfolhadas a 15 cm de altura.

A partir dos 28 dias, as plantas não desfolhadas apresentaram tendência de decréscimo acentuado na concentração de N-total, quando comparadas com as plantas desfolhadas a 15 cm de altura.

Os teores de N-total do T2 foram sempre superiores aos do T3, embora não diferindo significativamente aos 21, 28, 42 e 49 dias. Neste tratamento, a concentração mais eleva-da foi apresentada aos 7 dias (2,84%) e a mais baixa aos 21 dias (1,62%), a partir de quando tenderam a estabilizar - se (Figura 2).

No T3 a média dos teores foi de 1,58% de N-total na MS das raízes. O teor mais elevado (2,20%) foi en-

Figura 2. Variação na concentração de N-total na MS das raízes de *B. decumbens* em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

contrado aos 7 dias e o mais baixo aos 49 dias (1,19%), conforme a Tabela 3 do Apêndice.

4.3. N-NH_4^+ LIVRE

Os tratamentos, as épocas de avaliação e a interação entre ambos tiveram efeito significativo sobre a concentração de N-NH_4^+ livre na matéria seca das raízes.

As regressões lineares, representando a variação na concentração de N-NH_4^+ livre (y) em função da época de avaliação (x), foram significativas para os 3 tratamentos. As equações foram:

$$\text{T1: } y = 581,52 - 11,651x \quad r^2 = 0,60 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (1)$$

$$\text{T2: } y = 608,52 - 9,331x \quad r^2 = 0,86 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (2)$$

$$\text{T3: } y = 992,86 - 19,418x \quad r^2 = 0,75 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (3)$$

Como pode-se observar pelas equações de regressão e pela Figura 3, em todos os tratamentos ocorreu uma redução significativa, nas concentrações de N-NH_4^+ livre, da primeira para a última avaliação.

Todos os tratamentos apresentaram tendência de elevação nas concentrações de N-NH_4^+ livre aos 14 dias, redução aos 21 dias e nova elevação aos 28 dias. A partir daí os teores decresceram gradativamente até o final do experimento.

Figura 3. Variação na concentração de $N-NH_4^+$ livre na MS das raízes de *B. decumbens* em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

O T3 apresentou a maior concentração média de N-NH_4^+ livre nas raízes, principalmente devido aos altos valores encontrados nas duas primeiras épocas de avaliação (7 e 14 dias), onde superaram a 900 ppm. A partir daí, não ocorreram diferenças significativas nas concentrações de N-NH_4^+ livre apresentadas pelos tratamentos T3 e T2.

No tratamento T3 a maior concentração de N-NH_4^+ livre ocorreu aos 14 dias (969 ppm) e a menor aos 49 dias (180 ppm), sendo a média de 449 ppm (Tabela 4 do Apêndice).

No T2 a concentração de N-NH_4^+ livre apresentou uma menor amplitude de variação, comparativamente aos demais tratamentos (T3 e T1), variando de 527 ppm aos 14 dias, a 136 ppm, aos 49 dias (Tabela 4 do Apêndice).

O T1 apresentou a menor concentração média (255 ppm) de N-NH_4^+ livre. Excetuando-se a concentração mais elevada (711 ppm), verificada aos 14 dias, que foi superior a do T2, as demais apresentaram a tendência de ser inferiores as dos outros dois tratamentos, sendo a menor concentração (71 ppm) encontrada aos 49 dias (Tabela 4 do Apêndice).

4.4. $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ SOLÚVEL

A concentração de $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel na MS das raízes foi significativamente dependente dos tratamentos, das épocas de avaliação e da interação entre os dois fatores (Tabela 10 do Apêndice).

Os resultados são representados pelas seguintes equações de regressão linear, onde as concentrações de $N-\alpha NH_2$ solúvel (y) estão relacionadas às épocas de avaliação (x):

$$T1: y = 2971,43 - 54,719x \quad r^2 = 0,86 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (1)$$

$$T2: y = 1443,86 - 20,952x \quad r^2 = 0,82 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (2)$$

$$T3: y = 1119,28 - 20,306x \quad r^2 = 0,85 \quad (\text{Prob.} > F: 0,00001) \quad (3)$$

As diferenças entre as médias dos 3 tratamentos foram significativas, conforme a Tabela 5 do Apêndice.

A tendência de redução dos valores, ao longo do período de avaliação, verificou-se nos 3 tratamentos, conforme as equações de regressão e a Figura 4.

O T1 apresentou a maior concentração média de $N-\alpha NH_2$ solúvel (1.439 ppm) e seus valores estiveram sempre acima daqueles apresentados pelos demais tratamentos. Não houve diferença na concentração de $N\alpha-NH_2$ solúvel e entre o T1 e o T2, aos 21 e 35 dias e, aos 42 e 49 dias, os resultados obtidos foram semelhantes para os três tratamentos (Tabela 5 do Apêndice).

O T2 apresentou sempre valores intermediários entre o T1 e o T3. Afora uma elevação aos 28 dias (1169 ppm), os valores foram diminuindo gradativamente, da primeira (1142 ppm) a última (362 ppm) avaliação (Tabela 5 do Apêndice). A concentração média neste tratamento foi de 857 ppm de $N\alpha-NH_2$ solúvel.

Figura 4. Variação na concentração de $N-\alpha NH_2$ solúvel na MS das raízes de *B. decumbens* em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

As concentrações de $N-NH_2$ solúvel no T3 foram inferiores as dos demais tratamentos, porém, apenas aos 28 dias, ocorreu significância estatística em relação ao T2. Neste tratamento (T3), a média foi de 551 ppm e os valores diminuíram dos 7 (853 ppm) aos 49 dias (135 ppm), conforme a Tabela 5 do Apêndice.

4.5. FENÓIS SOLÚVEIS

A concentração de fenóis solúveis na matéria seca das raízes foi significativamente influenciada pelos tratamentos e pelas épocas de avaliação. Por outro lado, não ocorreu interação significativa entre os efeitos dos dois fatores (Tabela 11 do Apêndice).

As diferenças entre as médias dos 3 tratamentos foram significativas.

O T1 apresentou a média das concentrações mais elevada: 1,47%. Conforme pode ser observado na Figura 5, este tratamento apresentou, em todas as épocas de avaliação, tendência para valores superiores aos dos demais tratamentos. O valor máximo (1,74%) foi encontrado em duas avaliações: aos 7 e aos 28 dias, ocorrendo o valor mínimo (1,17%) aos 42 dias (Tabela 6 do Apêndice).

O T2 apresentou concentrações de fenóis solúveis intermediárias as dos outros dois tratamentos em todas

Figura 5. Variação na concentração de fenóis solúveis na MS das raízes de *B. decumbens* em função de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

as épocas de avaliação. Neste tratamento a média foi de 1,21% sendo o valor mais elevado (1,59%) encontrado aos 7 dias e o valor mais baixo (0,98%) aos 49 dias (Tabela 6 do Apêndice). O comportamento da variável neste tratamento, dos 7 aos 28 dias, assemelhou-se ao do T1, com tendência de queda na concentração, dos 7 para os 14 dias, e de elevação dos 14 aos 28 dias. A partir dos 28 dias assemelhou-se ao T3, apresentando redução nas concentrações até a avaliação final.

O T3, com média de 0,87%, apresentou a concentração de fenóis solúveis inferior a dos demais tratamentos. Com exceção de um aumento verificado aos 21 dias (1,11%), os valores decresceram gradativamente da primeira (1,33%) a última (0,60%) avaliação (Tabela 6 do Apêndice).

5. DISCUSSÃO

5.1. CARBOIDRATOS SOLÚVEIS TOTAIS

O comportamento das concentrações de carboidratos solúveis totais, na matéria seca das raízes, está em acordo com os resultados verificados em trabalhos semelhantes, considerando-se os tratamentos aplicados e as épocas de avaliação (BOTREL, 1980; NASCIMENTO et alii, 1980 e PAULA et alii, 1969). Enquanto as plantas não desfolhadas aumentaram a concentração, ao longo do período de avaliação, as plantas desfolhadas diminuíram, em acordo com a intensidade do desfolhamento.

Plantas não desfolhadas apresentam um aumento na concentração de carboidratos solúveis totais a medida que avança o estágio de maturação. Concomitantemente, ocorre a acumulação de matéria seca na planta (MENKE & TRILICA, 1981; BOKHARI, 1977; SMITH, 1973 e YOUNGNER, 1972).

Plantas submetidas ao desfolhamento apresentam uma queda no teor de carboidratos solúveis totais nas raízes, que perdura por tempo variável, dependendo da espê

cie, das condições ambientais (principalmente luminosidade, temperatura e umidade) e do estado nutricional (HARRIS, 1978; BOKHARI, 1977; WEINMANN, 1961 e MAY, 1960).

Os efeitos dos desfolhamentos são cumulativos e, quanto mais intensos e mais freqüentes, maior será o nível de exaustão dos carboidratos solúveis totais (BUWAI & TRLICA, 1977; WEINMANN, 1961 e MAY, 1960). Isto explica as diferenças nas concentrações de carboidratos solúveis totais verificados no T2 e no T3. Embora a freqüência de desfolhamento tenha sido a mesma, a intensidade da desfolha foi maior no T3. O volume de folhas que permanecia nas plantas do T2, após cada desfolha semanal, sempre foi maior do que naquelas do T3. Inclusive a produção de matéria seca da parte aérea mostrou tendência de aumento no T2, enquanto que permaneceu praticamente constante no T3 (Tabela 12 do Apêndice). Assim, as plantas submetidas a um desfolhamento menos intenso, mostraram uma tendência de recuperação após o primeiro desfolhamento, indicando uma possível alteração no modelo de partição em resposta ao estresse imposto (DAVIDSON, 1978 e RYLE & POWELL, 1975).

A tendência para recuperação nas plantas submetidas ao T2, porém não foi suficiente para elevar os níveis de carboidratos solúveis totais nas raízes. Sabe-se que, em condições de reduzida disponibilidade de assimilados, especialmente quando provocada pela diminuição da superfície fotossinteticamente ativa, o direcionamento para aloca-

ção destes é a parte aérea e, em especial, o tecido foliar (DETLING *et alii*, 1979; RYLE & POWELL, 1975; YOUNGNER, 1972 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966).

Fatores externos, como luminosidade e temperatura, e internos, como nível nutricional e alterações metabólicas, provocam flutuações na concentração de açúcares na planta (HARRIS, 1978; SMITH, 1973; BROWN & BLASER, 1965 e ALBERDA, 1965). Na maioria das vezes, estas flutuações estão ligadas aos processos de crescimento e de absorção de nutrientes, com as concomitantes taxas respiratórias (BOKHARI, 1977; SMITH, 1973 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966).

No presente trabalho, ocorreram duas oscilações marcantes nas concentrações de carboidratos solúveis, apresentadas pelos 3 tratamentos. Todos manifestaram uma queda nas concentrações, aos 14 dias e uma elevação imediatamente após, aos 21 dias.

A redução verificada nas concentrações de carboidratos solúveis totais, aos 14 dias pode ser consequência de uma elevação na taxa de acúmulo de matéria seca no período dos 7 aos 14 dias. Verifica-se que, neste período, ocorreu a mais elevada produção relativa de matéria seca, em todos os tratamentos, ao longo do período de avaliações (Tabela 12 do Apêndice). Em consonância com este fato, verifica-se uma queda acentuada nas concentrações de N-total (Figura 2) e uma concomitante elevação nos níveis de N-NH_4^+ livre (Figura 3), indicando uma provável utilização de compostos

nitrogenados na respiração (GIVAN, 1979 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966).

As concentrações de N-NH_4^+ na matéria seca das raízes aumentaram nos 3 tratamentos aos 14 dias, e em especial no T1, que apresentou a maior queda na concentração de carboidratos solúveis. Aos 21 dias houve redução nas concentrações de N-NH_4^+ , especialmente no T1 e no T3.

Sabe-se que altos níveis de N-NH_4^+ são potencialmente tóxicos para as plantas e demandam correspondente quantidade de esqueletos carbônicos para sua incorporação, intensificando o catabolismo de carboidratos e a atividade do ciclo de Krebs (FERNANDES & ROSSIELO, 1986 e GIVAN, 1979).

A elevação na concentração de carboidratos solúveis nas plantas do T1, aos 28 dias, poderia ser consequência da redução na taxa relativa de crescimento das plantas (Tabela 12 do Apêndice), verificada nesta ocasião (HARRIS, 1978; YOUNGER, 1972 e BROWN & BLASER, 1965).

Os resultados mostram que ocorreu uma estreita interdependência entre os níveis de carboidratos solúveis totais nas raízes e o desenvolvimento das plantas (MENKE & TRLIKA, 1981). Enquanto que no T1, o acúmulo de matéria seca foi aumentando progressivamente, ao longo das avaliações, no T3 o crescimento das plantas cessou, ocorrendo inclusive a morte das menos vigorosas. Em relação ao T2, parece que os níveis de carboidratos solúveis totais nas raízes, não chegaram a ser exauridos a um nível crítico para a sobrevivência das

plantas. Seria necessário um período mais longo de avaliação, para confirmar a recuperação das plantas e a restauração dos níveis de carboidratos solúveis totais neste tratamento.

Parece razoável concluir que, concentrações de carboidratos solúveis totais entre 2 e 3% da matéria seca das raízes, sejam críticas para a recuperação de *Brachiaria decumbens*. Por outro lado, parece claro que a altura de corte desempenha papel importante na regeneração da planta. O T2, apresentando concentrações entre 2 e 3%, mostrou tendência de aumento na produção de matéria seca da parte aérea, enquanto que o T3, mesmo apresentando estes níveis nas primeiras semanas, não conseguiu reverter a tendência de degradação das plantas.

5.2. NITROGÊNIO TOTAL

Com algumas oscilações, as concentrações de N-total na matéria seca das raízes, tenderam a diminuir nas últimas avaliações, em todos os tratamentos. Isto está em acordo com as tendências registradas em trabalhos semelhantes (THEODORIDES & PEARSON, 1981 e NOWAKOWSKI, 1962).

A concentração de N-total nos tecidos vegetais diminui progressivamente, na medida em que a planta vai atingindo estágios mais avançados de desenvolvimento

(CORSI, 1984; MENGEL & KIRBY, 1982; TINKER, 1979 e BEEVERS, 1976).

Plantas submetidas ao desfolhamento respondem com uma imediata redução na absorção de N (OAKS & HIREL, 1985; DEANE-DRUMMOND et alii, 1979 e CLEMENT et alii, 1978), pois esta é um processo altamente dependente de energia (SILVEIRA & CROCOMO, 1985; TINKER, 1979 e JACKSON, 1978).

Segundo SCHRADER (1978) a taxa de absorção de nitrato diminuiu em aveia, aos 50 dias após o transplante (63 dias após a semeadura) e, em milho, entre 8 e 10 semanas após a germinação. Assim, é possível que, por ocasião das últimas avaliações, a taxa de absorção de N pelas plantas de braquiária apresentassem tendência de redução, pois encontravam-se com mais de 80 dias do transplante (acima de 100 dias da semeadura).

A semelhança do comportamento das concentrações de N-total, nos três tratamentos, permite inferir que plantas crescendo livremente (T1) acumulam carboidratos, mas são incapazes de aumentar a concentração de N, provavelmente devido a maturidade e/ou efeito de diluição na matéria seca da planta (CORSI, 1984; TINKER, 1979 e BEEVERS, 1976). Por outro lado, plantas submetidas ao desfolhamento (T2 e T3) não conseguem acumular carboidratos e também reduzem as concentrações de N (OAKS & HIREL, 1985 e CLEMENT et alii, 1978). Provavelmente, para a análise da regeneração da planta, seja necessário interpretar a relação entre as concentrações de carboidratos e de N nas raízes.

As concentrações de N-total no T2 apresentaram valores praticamente paralelos aos do T1, até os 28 dias. Embora as diferenças não fossem significativas, os valores no T2 sempre foram menores. A partir daí porém, enquanto que no T1 diminuíram progressivamente, no T2 permaneceram praticamente inalteradas até o final das avaliações.

Este comportamento das plantas submetidas ao T2 pode ser devido a não terem perdido completamente a capacidade para absorver N, como deve ter ocorrido no T3 e, por outro lado, não conseguirem atingir os níveis de acúmulo de matéria seca, para apresentar efeito marcante de declínio como no T1 (Tabela 12).

Estes resultados talvez possam confirmar a relação anteriormente proposta: concentrações de carboidratos solúveis entre 2 e 3%, seriam críticas para a recuperação das plantas, uma vez que no T2, as concentrações de N-total tenderam a um nível constante e, decresceram rapidamente no T3.

Seria razoável esperar que as concentrações de N-total no T3 fossem inferiores, uma vez que a absorção de N deve ter sido totalmente restringida devido a escassez de energia e, por outro lado, alguma pequena produção de novos tecidos na parte aérea, deve ter consumido parte do N disponível nas raízes.

A elevação das concentrações de N-total em todos os tratamentos, aos 28 dias, pode ser devida a redução

da taxa de acumulação de matéria seca, ocorrida no período 21 a 28 dias (Tabela 12 do Apêndice). Esta redução na taxa de crescimento permitiria uma acumulação de carbono e nitrogênio solúveis nas plantas (ARCIONI et alii, 1985; NOVOA & LOOMIS, 1981a; THEODORIDES & PEARSON, 1981 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966).

Os resultados mostram que, as concentrações de N-total, podem orientar sobre a condição fisiológica da planta, quando relacionadas com carboidratos solúveis totais nas raízes. Assim, a rebrota corresponde a um decréscimo nas concentrações de carboidratos solúveis e de N-total, mas quando a planta não sofre desfolhamentos ocorre o acúmulo de carboidratos e o decréscimo dos níveis de N. Quando os desfolhamentos são impostos as plantas, verifica-se que, tanto as concentrações de carboidratos como as de N-total, tendem a permanecer relativamente estáveis, se as plantas apresentam condições de recuperação. Este fato é caracterizado no T2, onde se observa condições de recuperação das plantas pela tendência de aumento na produção de matéria seca (Tabela 12). Por outro lado, plantas em degradação não conseguem acumular nem carboidratos e nem N-total, apresentando decréscimo constante nestas variáveis.

5.3. N-NH_4^+ LIVRE

As concentrações de N-NH_4^+ livre na matéria seca das raízes apresentaram, nos 3 tratamentos, a tendência de diminuição ao longo das avaliações. Isto está em acordo com as observações de que esta fração tende a diminuir, paralelamente ao teor de N-total, com a progressiva maturação dos tecidos da planta (MENGEL & KIRBY, 1982; MILLS & JONES, 1979 e NOWAKOWSKI, 1962).

Nos 3 tratamentos, as concentrações apresentaram 2 picos de tendência de elevação distintos: um aos 14 e outro aos 28 dias.

O pico apresentado aos 14 dias pode ser relacionado com a queda nas concentrações de carboidratos solúveis já discutida anteriormente. Teria havido então, uma redução na disponibilidade de esqueletos carbônicos e energia. Nesta fase inicial de rebrota a planta passa a utilizar, além de carboidratos, compostos nitrogenados (aminoácidos e proteínas), na respiração, resultando desse metabolismo o acúmulo de N-NH_4^+ principalmente no T3 (Figura 3). Após aos 14 dias, continuando ainda com ritmo elevado de crescimento na parte aérea (Tabela 12) ocorre uma redução nas concentrações de N-total e N-NH_4^+ (Figuras 2 e 3). Assim, nesta fase, dos 7 aos 21 dias, carboidratos solúveis não são acumulados (Figura 1), pois a planta encontra-se em desenvolvimento intenso (Tabela 12).

Observa-se que, o comportamento das concentrações de N-total e de N-NH_4^+ , é inverso na fase de desenvolvimento intenso (rebrota e/ou perfilhamento) e que, após este período, estas variáveis nitrogenadas apresentam comportamento semelhante. Assim, as concentrações de N-NH_4^+ livre nas raízes das plantas submetidas ao T2, relacionaram-se com as concentrações de carboidratos solúveis totais até os 14 dias e, com os de N-total, até os 28 dias. A partir daí, enquanto a concentração de carboidratos solúveis e a de N-total permaneceram praticamente inalteradas, a concentração de amônia diminuiu progressivamente. Isto significa que deve ter ocorrido uma intensificação na síntese protéica das plantas, neste período, concomitante a produção de novos tecidos (Tabela 12 do Apêndice).

No T3, seria razoável esperar, como o observado aos 7 e 14 dias, as maiores concentrações de amônia livre nas raízes. Isto porque, as plantas apresentando uma concentração relativamente elevada de N-total e uma baixa concentração de carboidratos, devem ter intensificado o catabolismo protéico a partir da primeira desfolha. Assim, estas plantas apresentaram altas concentrações de N-NH_4^+ livre, originário da desaminação de aminoácidos, cujos esqueletos carbônicos foram utilizados como substratos respiratórios (GIVAN, 1979; SHEARD, 1973 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966).

Os resultados parecem indicar que ocorre comportamento inverso das frações N-total e N-NH_4^+ quando se ob-

serva elevado nível respiratório e/ou crescimento acelerado das plantas (rebrotas e/ou perfilhamento). Após essa fase, estas frações nitrogenadas são, aparentemente, incorporadas aos tecidos sintetizados, nos tratamentos que permitem a recuperação das plantas, determinando um decréscimo nas suas concentrações. Nos tratamentos que levam as plantas a degradação (T3), o comportamento é semelhante, mas com a particularidade de que o N-NH_4^+ atinge, inicialmente, valores muito mais elevados (Figura 3). Este fato indica que a planta utiliza mais intensamente suas reservas protéicas para iniciar a rebrota, já que dispõe de menor concentração de carboidratos para atender a esta demanda (Figura 1).

5.4. $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ SOLÚVEL

A tendência apresentada pelas concentrações de $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel nas raízes das plantas está em acordo com os resultados registrados por outros autores. A medida em que a planta atinge estágios mais avançados de desenvolvimento as concentrações de $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel nos tecidos vão diminuindo, com a concorrente redução nas concentrações de N-total (MENGEL & KIRBY, 1982; HEGARTY & PETERSON, 1973 e NOWAKOWSKI, 1962).

Os elevados níveis de $\text{N-}\alpha\text{NH}_2$ solúvel apresentados pelo T1, nas avaliações iniciais, são explicados pela

idade das plantas e pelos teores de N-total (GLENN et alii, 1985; JENSEN, 1982; SILVEIRA, 1980 e FERNANDES & FREIRE, 1976). Neste tratamento os valores foram sempre superiores aos apresentados pelas plantas desfolhadas, mesmo quando as concentrações de N-total foram inferiores. Isto possivelmente devido ao alto nível energético das plantas em comparação com a deficiência verificada nos outros 2 tratamentos (SHEARD, 1973 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966). Nestas condições, o N absorvido é metabolizado, através da energia disponível, em frações solúveis, incluindo-se entre estas o $N-\alpha NH_2$ solúvel.

No T2, deve ter ocorrido alguma utilização de aminoácidos, como substratos respiratórios, no período inicial de avaliação. Porém, tal não deve ter ocorrido a partir dos 21 dias, considerando-se a relativa recuperação das plantas. Os valores apresentados foram sempre intermediários aos dos outros dois tratamentos, o que é consistente com a condição das plantas em função do grau de desfolhamento imposto num e noutro tratamento.

Nas plantas mais intensamente desfolhadas (T3), deve ter ocorrido um intenso catabolismo protéico, no sentido de atender as necessidades respiratórias das plantas, tendo em vista os baixos níveis de $N-\alpha NH_2$ solúvel e carboidratos e os altos níveis de $N-NH_4^+$ livre (GIVAN, 1979; SHEARD, 1973 e DAVIDSON & MILTHORPE, 1966).

As concentrações de $N-\alpha NH_2$ solúvel no T3, foram sempre inferiores as encontradas nos outros 2 tratamen

tos, em consonância com as concentrações de açúcares solúveis e N-total, bem como o volume de massa aérea remanescente aos desfolhamentos.

A fração $N-\alpha NH_2$ solúvel parece ser bom indicador para a determinação do estado fisiológico da planta forrageira. As condições de recuperação da planta parecem estar relacionadas a níveis mais elevados de $N-\alpha NH_2$ solúvel. Por outro lado, esta condição deve estar associada a níveis mais baixos de $N-NH_4^+$ livre. Assim, as plantas em degradação apresentariam situação inversa: níveis mais baixos de $N-\alpha NH_2$ solúvel e níveis mais elevados de $N-NH_4^+$ livre.

5.5. FENÓIS SOLÚVEIS

A tendência geral apresentada pelas concentrações de fenóis solúveis, na matéria seca das raízes, foi a mesma nos três tratamentos.

A redução na concentração de fenóis nos tecidos, a medida que as plantas vão atingindo estágios mais avançados de desenvolvimento, tem sido registrada por diversos autores (WONG, 1973; ZUCKER et alii, 1967 e McLEAN et alii, 1961).

No presente trabalho, apesar da tendência geral ter sido a mesma, houve um nítido distanciamento entre os valores apresentados pelos 3 tratamentos. A visualiza-

ção dos resultados (Figura 5) mostra uma relação direta das concentrações de fenóis solúveis com a intensidade dos desfolhamentos, apesar das flutuações verificadas ao longo das avaliações.

A biosíntese de compostos fenólicos é altamente dependente da disponibilidade de precursores (KOSUGE, 1969 e ZUCKER et alii, 1967).

Os compostos fenólicos normalmente encontrados em maior quantidade nas plantas são representados pelo ácido cinâmico e seus derivados (WONG, 1973 e NEISH, 1964). Estes têm como precursores fenilalanina e tirosina, que são produzidas pela via do ácido chiquímico, a partir de fosfoenolpiruvato e eritrose-4-fosfato (GEISSMAN & CROUT, 1969 e KOSUGE, 1969). A eritrose-4-fosfato é produzida pela via das pentoses, que é preferencial para o catabolismo da glucose, em tecidos onde a produção de fenóis é intensificada (KOSUGE, 1969).

As diferenças verificadas entre os tratamentos na concentração de fenóis solúveis, são consequência direta da disponibilidade de precursores para sua síntese. Por isso, no T1, os teores foram superiores aos do T2 e, os deste, superiores aos do T3.

A brusca queda nas concentrações de fenóis solúveis ocorrida, nos 3 tratamentos, aos 14 dias, seria então, consequência da redução nas concentrações de carboidratos solúveis, observada nesta mesma ocasião. Da mesma for-

ma a concomitante elevação dos níveis aos 21 dias (ZUCKER et alii, 1967).

A continuada elevação das concentrações, dos 21 aos 28 dias, no T1 e no T2, poderia ser principalmente devido a elevação nos níveis de $N-\alpha NH_2$ solúvel, que não ocorreu no T3 (SIEGELMAN, 1964).

No tratamento com maior intensidade de desfolhamento (T3), a partir dos 21 dias ocorreu uma redução drástica nas concentrações de carboidratos e $N-\alpha NH_2$ solúvel, levando a uma continuada redução nas concentrações de fenóis solúveis (KOSUGE, 1969; ZUCKER et alii, 1967 e SIEGELMAN, 1964).

Pelos resultados observados nas condições do presente trabalho, a concentração de fenóis solúveis na matéria seca das raízes, apresenta potencial para servir como indicador do estado fisiológico das plantas. Possivelmente isto se deva ao fato de sua estreita ligação com a disponibilidade de carboidratos solúveis totais e $N-\alpha NH_2$ solúvel, juntamente as variáveis que também apresentaram uma relação mais nítida com a condição fisiológica das plantas, neste trabalho.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1. As concentrações de carboidratos solúveis totais, na matéria seca das raízes, permitem uma razoável estimativa do estado fisiológico das plantas: concentrações entre 2 e 3% seriam críticas para a recuperação das plantas e concentrações inferiores a 2% estariam associadas ao processo de degradação;
2. Uma relação inversa entre as concentrações de $N-\alpha NH_2$ solúvel e de $N-NH_4^+$ livre, parece estar associada ao estado fisiológico das plantas: níveis de $N-\alpha NH_2$ solúvel acima de 500 ppm e de $N-NH_4^+$ livre abaixo de 300 ppm, na matéria seca das raízes, seriam críticos para a recuperação das plantas;
3. As concentrações de fenóis solúveis parecem estar diretamente ligadas aos níveis de carboidratos solúveis totais e $N-\alpha NH_2$ solúvel. Em consequência,

também devem estar relacionadas a condição fisiológica das plantas. Assim, concentrações de fenóis solúveis ao nível de 1%, na matéria seca das raízes, seriam críticas para determinar a recuperação das plantas. Níveis inferiores estariam potencialmente associados a condição de degradação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERDA, TH. The influence of temperature, light intensity and nitrate concentration on dry-matter production and chemical composition of *Lolium perenne* L. Netherlands Journal of Agricultural Science. Wageningen, 13(4): 335-362, nov. 1965.
- ARCIONI, S.; DAMIANI, F.; MARIOTTI, D. Ecological adaptation in *Lolium*: morphological and physiological parameters at early stages of growth in two varieties with different degree of persistence. Agronomie. Paris, 5(2): 181-186, fev. 1985.
- ARRUDA, M.L.R.; FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Effects of N-carriers and Al-levels on dry matter production and nutrient content of two pasture grasses. Turrialba, Turrialba, 34(4): 509-515, jul. 1984.
- BEEVERS, L. Nitrogen metabolism in plants. London, Edward Arnold, 1976. 333p.
- BENDIX, M.E.S.; FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos de la nutrición nitrogenada de *Paspalum notatum* Flüge, en respuesta a fuentes de nitrogeno i inhibición de nitrificación. Turrialba. Turrialba, 32(1): 33-41, jan. 1982.

- BOKHARI, U.G. Regrowth of western wheatgrass utilizing ^{14}C -labelled assimilates stored in belowground parts. Plant and Soil. Hague, 48(1): 115-127, set. 1977.
- BOOYSEN, P.V. & NELSON, C.J. Leaf area and carbohydrate reserves in regrowth of Tall Fescue. Crop Science. Madison, 15(2): 262-266, março-abril 1975.
- BOTREL, M.A. Importância dos carboidratos de reserva e da preservação dos meristemas apicais na rebrota do capim jaraguã (*Hyparrhenia rufo* (Nees) Stapf). Viçosa, 1980. 41p. (M.S. - U.F. de Viçosa).
- BROWN, R.H. A difference in N use efficiency in C_3 and C_4 plants and its implications in adaptation and evolution. Crop Science, Madison, 18(1): 93-98, jan-fev. 1978.
- BROWN, R.H. & BLASER, R.E. Relationships between reserve carbohydrate accumulation and growth rate in Orchardgrass and Tall Fescue. Crop Science, Madison, 5(6): 577-582, nov.dez. 1965.
- BROWN, P.H.; GRAHAM, R.D.; NICHOLAS, D.J.D. The effects of manganese and nitrate supply on the levels of phenolics and lignin in young wheat plants. Plant and Soil. Hague, 81(3): 437-440, 1984.
- BUWAI, M. & TRLICA, M.J. Multiple defoliations effects on herbage yield, vigor, and total nonstructural carbohydrates of five range species. Journal of Range Management. Denver, 30(3): 164-171, maio 1977.

CLARK, F.E. Internal cycling of 15 Nitrogen in a shortgrass prairie. Ecology. Durham, 58(6): 1322-1333, outubro 1977.

CLARKSON, D.T. & WARNER, A.J. Relationships between root temperature and the transport of ammonium and nitrate ions by Italian and Perennial Ryegrass (*Lolium multiflorum* and *Lolium perenne*). Plant Physiology. Rockville, 64 (3): 557-561, mar. 1979.

CLEMENT, C.R.; HOPPER, M.J.; JONES, L.H.P.; LEAFE, E.L. The uptake of nitrate by *Lolium perenne* from flowing nutrient solution. Journal of Experimental Botany. Oxford, 29 (112): 1173-1183, out. 1978.

CLEMENT, C.R.; JONES, L.H.P.; HOPPER, M.J. Uptake of nitrogen from flowing nutrient solution: effect of terminated and intermittent nitrate supplies. In: HEWITT, E.J. & CUTTING, C.V. ed. Nitrogen assimilation of plants. London, Academic Press, 1979. p.123-133.

CORREA, L.A. Efeito do intervalo e número de cortes sobre os teores de carboidratos de reserva, peso das raízes e produção de matéria seca do Capim Jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf) após diferentes tempos de rebrota. Viçosa, 1981. 27p. (M.S. - U.F. de Viçosa).

CORSI, M. Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum* Jacq. Ohio, 1984. 125p. (Dissertation of PhD. - Ohio State University).

COYNE, B.I. & BRADFORD, J.A. Nitrogen, and carbohydrate partitioning in 'Caucasian' and 'WW-Spar' old world blue-stems. Journal of Range Management. Denver, 40(4): 353-360, jul. 1987.

CRUICKSHANK, I.A.M. & PERRIN, D.R. Pathological function of phenolic compounds in plants. In: HARBORNE, J.B. ed. Biochemistry of phenolic compounds. London, Academic Press, 1964. p.123-133.

DALE, J.E. Nitrogen supply and utilization in relation to development of the cereal seedling. In: HEWITT, E. J. & CUTTING, C. V., ed. Nitrogen assimilation of plants. London, Academic Press, 1979. p. 153-163.

DAVIDSON, R.L. Root systems - the forgotten component of pastures. In: WILSON, J.R. ed. Plant relations in pastures. Brisbane, CSIRO, 1978. p.86-94.

DAVIDSON, J.L. & MILTHORPE, F.L. Leaf growth in *Dactylis glomerata* following defoliation. Annals of Botany, Oxford, 30(118): 185-198, abr. 1966.

- DEANE-DRUMMOND, C.E.; CLARKSON, D.T.; JOHNSON, C.B. Effect of shoot removal and malate on the activity of Nitrate Reductase assayed in vivo in barley roots (*Hordeum vulgare* cv Midas). Plant Physiology, Rockville, 64(3): 660-662, mar. 1979.
- DETLING, J.K.; DYER, M.I.; WINN, D.T. Net photosynthesis root respiration, and regrowth of *Bouteloua gracilis* following simulated grazing. Oecologia. Berlin, 41(2): 127-134, agosto 1979.
- DORMAAR, J.F.; SMOLIAK, S.; JOHNSTON, A. Seasonal fluctuations of blue gama roots and chemical characteristics. Journal of Range Management. Denver, 34(1): 62-64, jan. 1981.
- DOVRAT, A.; DIRVEN, G.P.; DEINUM, B. The influence of defoliation and nitrogen on the regrowth of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). 1. Dry matter production and tillering. Netherlands Journal of Agricultural Science. Wageningen, 19(2): 94-101, maio 1971.
- DOVRAT, A.; DIRVEN, G.P.; DEINUM, B. The influence of defoliation and nitrogen on the regrowth of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). 2. Etiolated growth and nonstructural carbohydrate, total-N and Nitrate-N content. Netherlands Journal of Agricultural Science, Wageningen, 20(2): 97-103, maio 1972.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. Washington, 28(3): 350-356, mar. 1956.

- FARQUHAR, G.D.; FIRTH, P.M.; WETSELAAR, R.; WEIR, B. On the gaseous exchange of ammonia between leaves and the environment: determination of the ammonia compensation point. Plant Physiology. Rockville, 66(3): 710-714, mar. 1980.
- FENTEM, P.A.; LEA, P.J.; STEWART, G.R. Ammonia assimilation in the roots of nitrate - and ammonia - grown *Hordeum vulgare* (cv. Golden Promise). Plant Physiology. Rockville, 71(2): 496-501, fev. 1983.
- FERNANDES, M.S. Absorção e metabolismo de nitrogênio em plantas. Itaguaí, UFRRJ, 1978. 50p. (Boletim Técnico nº 1).
- FERNANDES, M.S. & FREIRE, L.R. Efeitos de nitrogênio nítrico aplicado ao solo na atividade de nitrato-redutase e na acumulação de N-solúvel em *Brachiaria* sp. Turrialba, Turrialba, 26(3): 268-273, jul.-set., 1976.
- FERNANDES, M.S.; ARRÊLAGA, L.E.; SANTOS, G.A. Fontes de nitrogênio, absorção e distribuição de fósforo em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(1): 79-84, jan. 1980.
- FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P.; BENDIX, M.E.S. Effects of N-source, light intensity and temperature on nitrogen metabolism of Bahiagrass. Journal of Plant Nutrition. New York, 8(10): 945-963, out. 1985.

- FERNANDES, M.S. & ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. ed. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.93-123.
- FOWDEN, L. Nitrogen: the keystone to plant growth and metabolism. In: HEWITT, E.J. & CUTTING, C.V. ed. Nitrogen assimilation of plants. London, Academic Press, 1979. p.1-14.
- GEISSMAN, T.A. & CROUT, D.H.G. Compounds derived from shikimic acid. In: GEISSMAN, T.A. & CROUT, D.H.G. ed. Organic chemistry of secondary plant metabolism. San Francisco, Freeman, Cooper & Company, 1969. p.136-166.
- GIVAN, C.V. Metabolic detoxification of ammonia in tissues of higher plants. Phytochemistry. London, 18(2): 375-382, fev. 1979.
- GLENN, B.P.; ELY, D.G.; GLENN, S.; BOLING, J.A.; BUSH, L.P. Effects of ammonium nitrate and potassium sulfate fertilization on amino acid composition of Tall Fescue and Orchardgrass. Journal of Plant Nutrition. New York, 8(5): 405-454, maio 1985.
- GOODMAN, P.J. Genetic control of inorganic nitrogen assimilation of crop plants. In: HEWITT, E.J. & CUTTING, C.V. ed. Nitrogen assimilation of plants. London, Academic Press, 1979. p.165-176.

- GOSWAMI, A.K. & WILLCOX, J.S. Effect of applying increasing levels of nitrogen to ryegrass. 1. Composition of various nitrogenous fractions and free amino acids. Journal of the Science of Food and Agriculture, London, 29(10): 592-595, out. 1969.
- GUTERRES, E.P. & SANTOS, G.L. Influência da altura de corte e estádios de crescimento sobre a produção de matéria seca, reservas de glicídios e nitrogênio total de *Panicum maximum* Jacq. cv. Gatton. Anuário Técnico do IPZFO. Porto Alegre, 7: 253-316, dez. 1980.
- HANSEN, G.K. Diurnal variation of root respiration rates and nitrate uptake as influenced by nitrogen supply. Physiologia Plantarum. Copenhagen, 48(3): 421-427, mar. 1980.
- HARBORNE, J.B. & SIMMONDS, N.V. The natural distribution of the phenolic aglycones. In: HARBORNE, J.B. ed. Biochemistry of phenolic compounds. London, Academic Press, 1964. p.77-127.
- HARNEY, P.M. & GRANT, W.F. A chromatographic study of the phenolics of species of *Lotus* closely related to *L. corniculatus* and their taxonomic significance. American Journal of Botany, New York, 51(6): 621-627, jun. 1964.
- HARRIS, W. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: WILSON, J.R., ed. Plant relations in pastures. Brisbane, CSIRO, 1978. p.67-85.
- HAYES, D.C. Seasonal nitrogen translocation in big bluestem during drought conditions. Journal of Range Management, Denver, 38(5): 406-410, set. 1985.

- HEGARTY, M.P. & PETERSON, P.J. Free amino acids, bound amino acids, amines and ureides. In: BUTLER, G.W. & BAILEY, R. W., ed. Chemistry and Biochemistry of Herbage, London, Academic Press, 1973. vol. 1. p.1-62.
- HOLT, D.A. & HILST, A.R. Daily variation in carbohydrate content of selected forage crops. Agronomy Journal. Madison, 61(2): 239-242, mar.-abr. 1969.
- HOOKER, M.L.; SANDER, D.H.; PETERSON, G.A.; DAIGGER, L. A. Gaseous N losses from winter wheat. Agronomy Journal. Madison, 72(5): 789-792, set.-out. 1980.
- HUFFAKER, R.C. & RAINS, D.W. Factors influencing nitrate acquisition by plants: assimilation and fate of reduced nitrogen. In: NIELSEN, D.R. & MacDONALD, J.G. ed. Nitrogen in the environment. New York, Academic Press, 1978. vol. 2. p.1-43.
- JACKSON, W.A. Critique-of "Factors influencing nitrate acquisition by plants: assimilation and fate of reduced nitrogen". In: NIELSEN, D.R. & MacDONALD, J.G., ed. Nitrogen in the environment. New York, Academic Press, 1978. vol. 2. p.45-88.
- JALAL, M.A.F.; READ, D.J.; HASLAM, E. Phenolic composition and its seasonal variation in *Calluna vulgaris*. Phytochemistry. London, 21(6): 1397-1401, jun. 1982.
- JENSEN, H.E. Amino acid composition of ryegrass in relation to nitrogen fertilization and soil water status. Journal of Plant Nutrition. New York, 5(9): 1109-1120, set. 1982.

- JØRGENSEN, S.S. Guia analítico. Metodologia utilizada para análise de rotina. Piracicaba, CENA, 1977. 23p.
- KADAT, E.A. & MAYER, M.M. Ninhydrin method. In: THOMAS, C.C. ed. Experimental immunochemistry. 2nd. ed. Springfield, 1967. p.560-563.
- KALINOWSKI, A. & BARTKOWIAK, S. Chromatographic analysis of phenol compounds in six natural populations of *Anthyllis vulneraria* (L.). Acta Societatis Botanicorum Poloniae. Warsaw, 48(2): 205-215, abr. 1979.
- KOSUGE, T. The role of phenolics in host response to infection. Annual Review of Phytopathology. California, 7: 195-222, 1969.
- LECHTENBERG, V.L.; HOLT, D.A.; YOUNGBERG, H.W. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates of *Sorghum sudanense* (Stapf) as influenced by environment. Agronomy Journal. Madison, 65(4): 579-583, jul.-ag. 1973.
- MAIZLISH, N.A.; FRITTON, D.D.; KENDALL, W.A. Root morphology and early development of maize at varying levels of nitrogen. Agronomy Journal. Madison, 72(1): 25-31, jan. fev. 1980.
- MAY, L.H. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. Herbage Abstracts. Farnham Royal, 30(4): 239-245, dez. 1960.
- McILROY, R.J. Carbohydrates of grassland herbage. Herbage Abstracts. Farnham Royal, 37(2): 79-87, jun. 1967.

- McLEAN, J.G.; LE TOURNEAU, D.J.; GUTHRIE, J.W. Relation of histochemical tests for phenols to verticillium wilt resistance of potatoes. Phytopathology. Lancaster, 51 (1): 84-89, jan. 1961.
- MENGEL, K. & KIRBY, E.A. Nitrogen. In: MENGEL, K. & KIRBY, E.A. Principles of Plant Nutrition. 3rd. ed. Bern. International Potash Institute, 1982. p.335-368.
- MENKE, J.W. & TRLICA, M.J. Carbohydrate reserve, phenology, and growth cycles of nine Colorado range species. Journal of Range Management. Denver, 34(4): 269-277, jul. 1981.
- MIFLIN, B.J. & LEA, P.J. Amino acid metabolism. Annual Review of Plant Physiology. California, 28: 299 - 329, 1977.
- MILLS, H.A. & JONES Jr., J.B. Nutrient deficiencies and toxicities in plants: nitrogen. Journal of Plant Nutrition. New York, 1(2): 101-122, fev. 1979.
- MINOTTI, P.L. & JACKSON, W.A. Nitrate reduction in the roots and shoots of wheat seedlings. Planta. Berlin, 95: 36-44, 1970.
- MUHAMMAD, S. & KUMAZAWA, K. Assimilation and transport of nitrogen in rice. 1. ¹⁵N-labelled ammonium nitrogen. Plant & Cell Physiology. Kyoto, 15(5): 747-758, out., 1974.
- NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; NASCIMENTO, H.T.S.; GOMIDE, J.A. Alguns aspectos morfológicos de três gramíneas de clima tropical. Revista da SBZ. Viçosa, 9(1): 142-158, jan. 1980.

- NATARELLA, N.J. & SINK Jr., K.C. A chromatographic study of phenolics of species ancestral to *Petunia hybrida*. The Journal of Heredity. Washington, 65(2): 85-90, mar.-abr. 1974.
- NEISH, A.C. Major pathways of biosynthesis of phenols. In: HARBORNE, J.B. ed. Biochemistry of phenolic compounds. London, Academic Press, 1964. p.295-359.
- NOVOA, R. & LOOMIS, R.S. Nitrogen and plant production. Plant and Soil. Hague, 58(1-3): 177-204, 1981a.
- NOVOA, R. & LOOMIS, R.S. Modelo dinamico del metabolismo del nitrogeno en plantas superiores. 1. Descripcion del modelo. Agricultura Técnica. Santiago, 41(1): 41-48, jan. 1981b.
- NOWAKOWSKI, T.Z. Effects of nitrogen fertilizers on total nitrogen, soluble nitrogen and soluble carbohydrate contents of grass. Journal of Agricultural Science. Cambridge, 59: 387-392, nov. 1962.
- OAKS, A. & HIREL, B. Nitrogen metabolism in roots. Annual Review of Plant Physiology. California, 36: 345 - 365, 1985.
- PATE, J.S. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. Annual Review of Plant Physiology. California, 31: 313-340, 1980.

PATE, J.S. & LAZZELL, D.B. Carbon and nitrogen partitioning in the whole plant - a thesis based on empirical modeling. In: BEWLEY, J.D. ed. Nitrogen and carbon metabolism. Hague, Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, 1981. p.94-134.

PAULA, R.R.; GOMIDE, J.A.; SYKES, D.; CHAVES, J.R. Influência de diferentes sistemas de corte sobre o desenvolvimento radicular do capim gordura. Revista Ceres. Viçosa, 16 (87): 10-18, jan.-mar. 1969.

PETTIT, R.D. & FAGAN, R.E. Influence of nitrogen and irrigation on carbohydrate reserves of buffalograss. Journal of Range Management. Denver, 27(4): 279-282, ju. 1974.

POSPISIL, F. & SINDELAROVA, M. The effect of phenolic acids on metabolism and nutrient uptake of roots. In: BROUWER, R.; GASPARIKOVA, O.; KOLEK, J.; LOUGHMAN, B.C. ed. Structure and function of plant roots. Hague, Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, 1981. p.253-257.

PRZEMECK, E. & SCHRADER, B. The effect of manganese nutrition on nitrogen assimilation in roots. In: BROUWER, R.; GASPARIKOVA, O.; KOLEK, J.; LOUGHMAN, B.C. ed. Structure and function of plant roots. Hague, Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, 1981. p.123-127.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico nº 81).

RAPER Jr., C.D. & PEEDIN, G.F. Photosynthetic rate during steady-state growth as influenced by carbon-dioxide concentration. Botanical Gazette. Chicago, 139(2): 147-149, jun. 1978.

- RAPER Jr., C.D.; OSMOND, D.L.; WANN, M.; WEEKS, W.W. Interdependence of root and shoot activities in determining nitrogen uptake rate of roots. Botanical Gazette. Chicago, 139(3): 289-294, set. 1978.
- REIS, R.A. Efeitos dos regimes de cortes nos níveis de carboidratos totais não estruturais e na produção de sementes do capim Braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf). Viçosa, 1981. 62p. (M.S. - U.F. de Viçosa).
- ROBSON, M.J. & PARSONS, A.J. Nitrogen deficiency in small closed communities of S_{24} ryegrass. 1. Photosynthesis, respiration, dry matter production and partition. Annals of Botany. Oxford, 42(181): 1185-1197, set. 1978.
- RYLE, G.J.A. & POWELL, C.E. Defoliation and regrowth in the gramineaceous plant: the role of current assimilate. Annals of Botany. Oxford, 39(166): 297-310, 1972.
- SCHRADER, L.E. Critique of "Factors influencing nitrate acquisition by plants: assimilation and fate of reduced nitrogen". In: NIELSEN, D.R. & MacDONALD, J.G., ed. Nitrogen in the environment. New York, Academic Press, 1978. vol. 2, p.101-141.
- SCHRADER, L.E. & THOMAS, R.J. Nitrate uptake, reduction and transport in the whole plant. In: BEWLEY, J.D. ed. Nitrogen and carbon metabolism. Hague, Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, 1981. p.49-93.
- SHEARD, R.W. Organic reserves and plant regrowth. In: BUTLER, G.W. & BAILEY, R.W. ed. Chemistry and Biochemistry of Herbage. London, Academic Press, 1973. vol. 2, p.353-377.

SIEGELMAN, H.W. Physiological studies on phenolic biosynthesis. In: HARBORNE, J.B. ed. Biochemistry of phenolic compounds. London, Academic Press, 1964. p.437-456.

SILVEIRA, J.A.G. Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K/N em cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) cv. NA - 5679, cultivada em solução nutritiva. Piracicaba, 1980. 127p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SILVEIRA, J.A.G. Interações entre assimilação de N e o crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivada em condições de campo. Piracicaba, 1985. 152p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SILVEIRA, J.A.G. Carbono e nitrogênio: partição e produtividade. In: CROCOMO, O.J. & SILVEIRA, J.A.G. ed. Anais do V Seminário de Biotecnologia Agrícola. Piracicaba, FEALQ, 1987. p.305-354.

SILVEIRA, J.A.G. & CROCOMO, O.J. Assimilação de nitrogênio: implicações energéticas. In: CROCOMO, O.J. et alii, ed. Anais do III Seminário de Biotecnologia Agrícola. Piracicaba, FEALQ, 1985. p.265-295.

SILVEIRA, J.S.M.; SANT'ANNA, R.; RENA, A.B.; GARCIA, R. Transporte de nitrogênio de várias proporções de nitrato e amônio. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 20 (1): 15-23, jan. 1985.

SMITH, D. The nonstructural carbohydrates. In: BUTLER, G.W. & BAILEY, R.W. ed. Chemistry and Biochemistry of Herbage. London, Academic Press, 1973. vol. 1, p.105-155.

- SWAIN, T. & HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. Journal of the Science of Food and Agriculture. London, 10(1): 63-68, jan. 1959.
- THEODORIDES, T.N. & PEARSON, C.J. Effect of temperature on total nitrogen distribution in *Pennisetum americanum*. Australian Journal of Plant Physiology. Sydney, 8(2): 201-210, abr. 1981.
- TINKER, P.B.H. Uptake and consumption of soil nitrogen in relation to agronomic practice. In: HEWITT, E.J. & CUTTING, C.V. ed. Nitrogen assimilation of plants. London, Academic Press, 1979. p.101-122.
- TOWERS, G.H.N. Metabolism of phenolics in higher plants and micro-organisms. In: HARBORNE, J.B. ed. Biochemistry of phenolic compounds. London, Academic Press, 1964. p.249-294.
- WEATHERBURN, M.W. Phenol hipochlorite reaction for determination of ammonia. Analytical Chemistry, Washington, 39(8): 971-974, jul. 1967.
- WEINMANN, H. Total available carbohydrates in grasses and legumes. Herbage Abstracts. Farham Royal, 31(4): 255-261, dez. 1961.
- WHITEHEAD, D.C.; DIBB, H.; HARTLEY, R.D. Phenolic compounds in soil as influenced by the growth of different plant species. Journal of Applied Ecology. Oxford, 19(2): 579-588, ag. 1982.

- WILSON, J.R. & HAYDOCK, K.P. The comparative response of tropical and temperate grass to varying levels of nitrogen and phosphorus nutrition. Australian Journal of Agricultural Research. Melbourne, 22(4): 573-587, jul. 1971.
- WONG, E. Plant phenolics. In: BUTLER, G.W. & BAILEY, R.W. ed. Chemistry and Biochemistry of Herbage. London, Academic Press, 1973. vol. 1, p.265-322.
- YONEYAMA, T. & KUMAZAWA, K. A kinetic study of the assimilation of ¹⁵N-labelled nitrate in rice seedlings. Plant & Cell Physiology. Kyoto, 16(1): 21-26, fev. 1975.
- YOUNGNER, V.B. Physiology of defoliation and regrowth. In: YOUNGNER, V.B. & MCKELL, C.M. ed. The biology and utilization of grasses. New York, Academic Press, 1972. p. 292-303.
- ZIEGLER, H. Nature of transported substances. In: ZIMMERMANN, M.H. & MILBURN, J.A. ed. Transport in Plants. I. Phloem transport. Berlin, Springer-Verlag, 1975. vol.1, p.59-100.
- ZUCKER, M.; HANSON, K.R.; SONDHEIMER, E. The regulation of phenolic biosynthesis and the metabolic roles of phenolic compounds in plants. In: FINKLE, B.J. & RONECKLES, V.C. ed. Phenolic compounds and metabolic regulation. New York, Appleton - Century - Crofts, 1967. p.68-93.

A P Ê N D I C E

Tabela 2. Concentração de carboidratos solúveis totais (%) na MS das raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

Épocas Dias após tratamentos	Tratamentos			Média
	T1	T2	T3	
	Sem desfolha	Corte a 15cm	Corte a 5cm	
07	5,88 a	4,15 b	2,72 c	4,25 A
14	3,07 a	2,68 a	2,27 a	2,67 C
21	3,77 a	3,42 a	2,78 a	3,32 BC
28	7,10 a	3,00 b	1,56 c	3,89 AB
35	6,27 a	2,43 b	1,34 b	3,35 BC
42	7,55 a	2,68 b	1,25 c	3,83 AB
42	7,71 a	2,30 b	1,02 c	3,68 AB
Média	5,91 A	2,95 B	1,85 C	3,57

Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DMS para tratamentos dentro de cada época = 1,21.

DMS para médias de época = 0,89.

DMS para médias de tratamentos = 0,46.

Tabela 3. Concentração de N-total (%) na MS das raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

Épocas Dias após tratamentos	Tratamentos			Média
	T1	T2	T3	
	Sem desfolha	Corte a 15cm	Corte a 5cm	
07	3,14 a	2,84 a	2,20 b	2,73 A
14	2,36 a	2,14 a	1,61 b	2,04 B
21	1,83 a	1,62 a	1,54 a	1,66 BCD
28	2,00 a	1,92 a	1,87 a	1,93 BC
35	1,64 ab	1,98 a	1,33 b	1,65 CDE
42	1,04 b	1,87 a	1,34 ab	1,42 DE
49	0,97 b	1,68 a	1,19 ab	1,27 E
Média	1,85 A	2,01 A	1,58 B	1,81

Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DMS para tratamentos dentro de cada época = 0,52.

DMS para médias de época = 0,38.

DMS para médias de tratamentos = 0,20.

Tabela 4. Concentração de N-NH_4^+ livre (ppm) na MS das raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

Épocas Dias após tratamentos	Tratamentos			Média
	T1	T2	T3	
	Sem desfolha	Corte a 15cm	Corte a 5cm	
07	371 b	483 b	905 a	586 B
14	711 b	527 c	969 a	735 A
21	221 a	377 a	316 a	305 CD
28	234 b	449 a	347 ab	343 C
35	102 b	275 a	234 ab	204 DE
42	78 a	184 a	194 a	152 E
49	71 a	136 a	180 a	129 E
Média	255 C	347 B	449 A	351

Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DMS para tratamentos dentro de cada época = 162.

DMS para médias de época = 120.

DMS para médias de tratamentos = 61.

Tabela 5. Concentração de $N-\alpha NH_2$ solúvel (ppm) na MS das raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

Épocas Dias após tratamentos	Tratamentos			Média
	T1	T2	T3	
	Sem desfolha	Corte a 15cm	Corte a 5cm	
07	2540 a	1242 b	853 b	1545 A
14	2687 a	1068 b	842 b	1532 A
21	1293 a	1025 ab	820 b	1046 B
28	1615 a	1169 b	745 c	1176 B
35	842 a	575 ab	242 b	553 C
42	575 a	560 a	218 a	451 C
49	523 a	362 a	135 a	340 C
Média	1439 A	857 B	551 C	949

Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DMS para tratamentos dentro de cada época = 401.

DMS para médias de época = 296.

DMS para médias de tratamentos = 152.

Tabela 6. Concentração de fenóis solúveis (%) na MS das raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

Épocas Dias após tratamentos	Tratamentos			Média
	T1	T2	T3	
	Sem desfolha	Corte a 15cm	Corte a 5cm	
07	1,74	1,59	1,33	1,55 A
14	1,40	1,14	0,89	1,14 BC
21	1,55	1,33	1,11	1,33 B
28	1,74	1,39	0,83	1,32 B
35	1,30	1,05	0,67	1,01 C
42	1,17	1,02	0,63	0,94 C
49	1,40	0,98	0,60	0,99 C
Média	1,47 A	1,21 B	0,87 C	1,18

Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DMS para médias de época = 0,21.

DMS para médias de tratamentos = 0,11.

Não houve interação entre os efeitos dos dois fatores.

Tabela 7. Análise de variância da concentração de carboidratos solúveis totais (%) nas raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação.

Causas da Variação	GL	QM	F	Prob. > F
Tratamentos	2	92,519	249,345	0,00001
Épocas	6	2,335	6,293	0,00022
Blocos	2	1,145	3,087	0,05523
Interação T x E	12	5,282	14,235	0,00001
Resíduo	40	0,371		
TOTAL	62			

Coeficiente de variação = 17,06%

Tabela 8. Análise de variância da concentração de N-total (%) nas raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação.

Causas da Variação	GL	QM	F	Prob. > F
Tratamentos	2	0,970	13,952	0,00010
Épocas	6	2,090	30,062	0,00001
Blocos	2	1,098	15,794	0,00005
Interação T x E	12	0,245	3,518	0,00159
Resíduo	40	0,069		
TOTAL	62			

Coeficiente de variação = 14,53%

Tabela 9. Análise de variância da concentração de N-NH_4^+ livre (ppm) nas raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação.

Causas da Variação	GL	QM	F	Prob.> F
Tratamentos	2	197471,444	29,549	0,00001
Épocas	6	434991,704	70,926	0,00001
Blocos	2	22391,444	3,351	0,04392
Interação T x E	12	47937,926	7,173	0,00001
Resíduo	40	6682,911		
TOTAL	62			

Coeficiente de variação = 23,32%

Tabela 10. Análise de variância da concentração de $N-\alpha NH_2$ solúvel (ppm) nas raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação.

Causas da Variação	GL	QM	F	Prob. > F
Tratamentos	2	4278125,968	104,745	0,00001
Épocas	6	2298826,550	56,271	0,00001
Blocos	2	31781,921	0,778	0,52998
Interação T x E	12	390655,042	9,565	0,00001
Resíduo	40	40843,254		
TOTAL	62			

Coefficiente de variação = 21,29%

Tabela 11. Análise de variância da concentração de fenóis solúveis (%) nas raízes de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação.

Causas de Variação	GL	QM	F	Prob. > F
Tratamentos	2	1,941	95,375	0,00001
Épocas	6	0,460	22,589	0,00001
Blocos	2	0,025	1,225	0,30455
Interação T x E	12	0,029	1,438	0,18921
Resíduo	40	0,020		
TOTAL	62			

Coefficiente de variação = 12,04%

Tabela 12. Produção de MS da parte aérea (g/vaso) de *B. decumbens* por efeito de 3 tratamentos e 7 épocas de avaliação (média de 3 repetições).

Épocas Dias após tratamentos	Tratamentos			Média
	T1	T2	T3	
	Sem desfolha	Corte a 15cm	Corte a 5cm	
07	33,7 a	6,0 a	1,6 a	13,7 D
14	56,1 a	8,3 b	3,0 b	22,4 CD
21	86,3 a	10,0 b	2,2 b	32,8 CD
28	99,7 a	10,7 b	1,6 b	37,3 CD
35	131,5 a	13,4 b	1,6 b	48,8 BC
42	201,5 a	18,2 b	1,8 b	73,8 AB
49	219,5 a	17,0 b	1,6 b	79,3 A
Média	118,3 A	11,9 B	1,9 B	44,1

Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

DMS para tratamentos dentro de cada época = 36,3.

DMS para médias de época = 26,7.

DMS para médias de tratamentos = 13,7.