

MIGUEL HERNÁN SOSA LÓPES

EFEITOS DO POTÁSSIO E DO CYCOCEL, SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO ARROZ
(Oryza sativa L., IAC-25) **CULTIVADO SOB DEFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, Concentração Fitotecnia, para obtenção do Grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

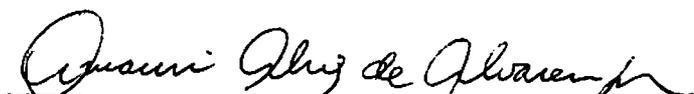
LAVRAS - MINAS GERAIS

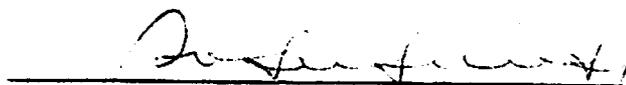
1 9 8 3

EFEITOS DO POTÁSSIO E DO CYCOCEL, SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO ARROZ (*Oryza sativa* L., CV. IAC-25) CULTIVADO SOB DEFICIT HÍDRICO

APROVADA:


Prof. AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA
Orientador


Prof. AMAURI ALVES DE ALVARENGA


Prof. AGOSTINHO ROBERTO DE ABREU

Pelo exemplo moral, de meu pai (*in memoriam*)
pela total abnegação, da minha mãe
pelo carinho fraternal, de minhas irmãs
pelo espontâneo incentivo espiritual, de minha família
pelo amor, de minha esposa
pela esperança, do meu filho

E

A todas as pessoas que lutam por dias melhores

DEDICO ESTE TRABALHO.

BIOGRAFIA DO AUTOR

MIGUEL HERNÁN SOSA LÓPEZ, filho de Justo Rufino Sosa e Elba López Albarenga, nasceu em Batán, Departamento de Yoro, República de Honduras, em 1952.

Realizou seus estudos primários e secundários na cidade de El Progreso, Departamento de Yoro. Em 1972, ingressou no Centro Universitário Regional del Litoral Atlântico (Curla) situado na cidade de La Ceiba, que pertence à Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), terminando os requisitos acadêmicos escolares da carreira de Agronomia em 1976; foi contratado pela CURLA como encarregado dos ensaios varietais de arroz durante o ano de 1977 e formou-se em Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 1978.

Em março de 1978, ingressou ao curso de Mestrado em Fisiologia Vegetal no Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde permaneceu até julho de 1980.

Em agosto de 1980, ingressou ao Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

AGRADECIMENTOS

À UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS, UNAH, através do Centro Universitário Regional del Litoral Atlântico, CURLA pela confiança depositada em minha pessoa.

À ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS, ESAL, particularmente aos Departamentos de Agricultura, Biologia, Solos e Nutrição de Plantas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior, pela ajuda concedida.

Ao professor Augusto Ferreira de Souza, pela amizade e o rientação.

Ao professor Amauri Alves de Alvarenga, pela grandiosa co laboração e incentivo científico.

Aos professores Alfredo Scheid Lopes, Paulo César Lima, Flávio Portella, pelas sugestões técnicas.

Aos amigos e professores, Tocio Sedyama, Pêricles Perei ra, Luiz Augusto Lima, Antônio Carlos Fraga, Márcio Gomide, Luiz

Edson Mota de Oliveira, pela compreensão e apoio.

Aos colegas hondurenhos, Salvador H. Oseguera, Napoléon Araújo Mejia, Hector Fernandez Isaula, Roberto Joung, Marcos Galeas, Fredy Giovanni Pavon pela infinita amizade.

Aos estudantes estrangeiros residentes em Viçosa e Lavras, pelo companheirismo.

Aos colegas de curso em Viçosa, Francisco Renato Galvani, Nádia Galvani, José Pires e José Nogueira Pinto, pela oportunidade que me brindaram.

Aos colegas de curso e morada, em Lavras, Ricardo Gomes de Araújo Pereira, José de Assis Guaresqui, Adilson Caten, José Marcelo Grillo, José de Assis Belizário, José Moisés Luna Rondon, José Luiz Colucho Ortega, Manoel Machuca Neto, Eduardo M. Rando, Dirceu Pratissoli, Geraldo Coqueiro, por tudo o que representa um convívio de irmãos, e aos outros colegas de curso, pela felicidade de conhecê-los.

Aos colegas de laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química, aos do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia, aos do Laboratório de Química dos Solos e aos do Departamento de Ciências dos Alimentos da ESAL, pela amizade e cooperação no desenvolvimento deste trabalho.

Às famílias Pérez Garcia e Lopes Faria pelo acolhimento familiar, especialmente as senhoras Angelina e Etelvina.

À Universidade Federal de Viçosa, UFV, através dos professores Renato Sant'Ana e Moacyr Maestri, pelos conhecimentos recebidos.

A todos os brasileiros que conheci durante estes anos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Aspectos gerais e condições do experimento	9
3.2 Características morfológicas avaliadas	14
3.2.1 Altura de plantas	14
3.2.2 Número de folhas e de perfilhos por planta	14
3.3 Características fisiológicas e bioquímicas avalia- das	15
3.3.1 Matéria seca da parte aérea e do sistema ra- dicular e relação parte aérea-sistema radi- cular	15
3.3.2 Percentagem de sobrevivência, matéria seca e altura da rebrota	15
3.3.3 Determinação do teor de clorofila total ...	16
3.3.4 Determinação do teor relativo de água	16

	Página
3.3.5	Determinação do teor de prolina livre 17
3.3.6	Determinação dos teores de nitrogênio, magnésio e potássio da matéria seca da parte aérea 17
3.4	Análise estatística 18
4	RESULTADOS 19
4.1	Características morfológicas 19
4.1.1	Altura de plantas 19
4.1.2	Número de folhas por planta 22
4.1.3	Número de perfilhos por planta 22
4.2	Características fisiológicas e bioquímicas 27
4.2.1	Peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular e relação parte aérea-sistema radicular 27
4.2.2	Altura e peso da matéria seca da rebrota e sobrevivência das plantas, após a remoção do deficit hídrico 27
4.2.3	Teor de clorofila total dos tecidos foliares 30
4.2.4	Teor relativo de água dos tecidos foliares 33
4.2.5	Teor de prolina livre dos tecidos foliares 33
4.2.6	Teores de nitrogênio, magnésio e potássio da matéria seca da parte aérea 37
4.3	Análise conjunta das características avaliadas ... 39

	Página
4.3.1 Ensaio sob deficit hídrico	39
4.3.2 Ensaio controle	41
5 DISCUSSÃO	45
6 CONCLUSÕES	59
7 RESUMO	62
8 SUMMARY	66
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
APÊNDICE	78

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Resultados das análises químicas e físicas do solo Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento - ESAL, Lavras - MG, 1982	10
2	Soluções nutritivas usadas para o cultivo das plantas de arroz	11
3A	Efeito do potássio sobre a altura média (cm) de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a déficit hídrico durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	20
3B	Efeito do cycocel sobre a altura média (cm) de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a deficit hídrico durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	20

Quadro

Página

3C	Efeito do potássio sobre a altura média (cm) de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 ...	21
3D	Efeito do cycocel sobre a altura média (cm) de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 ...	21
4A	Número médio de folhas por planta de arroz (cultivar IAC-25) submetidas a diferentes concentrações de potássio e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	23
4B	Número médio de folhas por planta de arroz (cultivar IAC-25) submetidas a diferentes concentrações de cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	23
4C	Número médio de folhas de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	24
4D	Número médio de folhas de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	24

Quadro

Página

5A	Número médio de perfilhos por planta de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	25
5B	Número médio de perfilhos por planta de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	25
5C	Número médio de perfilhos de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	26
5D	Número médio de perfilhos de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	26
6	Resultados médios relativos aos pesos de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, e da relação parte aérea-sistema radicular de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e cycocel e a dois níveis de umidade no solo, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	28

Quadro

Página

- 7 Resultados médios relativos à altura e peso da matéria seca da rebrota, e percentagem de sobrevivência de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, cycocel e a déficit hídrico, 15 dias após a liberação do déficit hídrico - ESAL, Lavras - MG, 1982 29
- 8A Efeito do potássio e do cycocel sobre o teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a déficit hídrico durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 30
- 8B Teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e a déficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 31
- 8C Teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 32

Quadro

Página

8D	Teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	32
9A	Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 ...	34
9B	Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 ...	34
9C	Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982	35

Quadro	Página
9D	Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 35
10	Teor médio de prolina livre dos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e de cycocel e a dois níveis de umidade no solo - ESAL, Lavras - MG, 1982 36
11	Teores médios de nitrogênio, magnésio e potássio da matéria seca da parte aérea de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e de cycocel e a dois níveis de umidade no solo - ESAL, Lavras - MG, 1982 38
12A	Resultados da análise de correlação (coeficiente e significância) das características (variáveis) morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 40

Quadro

Página

- 12B Resultados da análise de correlação (coeficiente e significância) das características (variáveis) morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 42
- 13 Resultados da análise de correlação (coeficiente e significância) das características (variáveis) morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas de plantas túrgidas de arroz (cultiva IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982 43

1 INTRODUÇÃO

A descoberta definitiva sobre como e quais dos fatores morfológicos, fisiológicos e/ou bioquímicos exercem influência na regulação dos mecanismos de resistência à seca, virá construir um fato de caráter histórico.

Na atualidade, pouco se conhece de definitivo sobre esses mecanismos, e os resultados obtidos até o momento são um tanto quanto contraditórios, pouco informativos ou inconclusos, da maneira que se torna difícil para os melhoristas genéticos saber para que tipo de característica, dentro desse contexto, dirigir os seus programas de pesquisa.

No Brasil, sobretudo em regiões sob vegetação de cerrado, a característica de resistência à seca de algumas espécies vegetais assume níveis de importância ecológica e econômica bastante consideráveis. Os rumos atuais de alguns dos programas de desenvolvimento agrícola visam à implantação de culturas comerciais com características próprias para essas regiões, com a finalidade de encontrar saídas para o problema alimentar do país e do mundo.

Se, por um lado, os solos sob vegetação de cerrado favorecem a expansão agrícola pelas facilidades de mecanização, por outro, constituem problemas no tocante aos aspectos nutricionais e de deficiência hídrica, caracterizando esta última por períodos de estiagem, denominados veranicos, GALRÃO & LOPES (15).

A adubação potássica e as aplicações foliares e no solo de cloreto dicloroetil trimetilamônio (cycocel, CCC) estão dentro das tentativas que visam a ativar processos morfológicos e fisiológicos e/ou bioquímicos em plantas, para aumentar a produtividade de culturas agrícolas sob condições de stress hídrico.

Os cereais, por exemplo, necessitam de abundante fornecimento de potássio, especialmente durante a fase de crescimento vegetativo, FORSTER (14); mais especificamente, o potássio exerce uma influência notável sobre o metabolismo dos carboidratos, HAEDER (18) sobre o metabolismo do nitrogênio, HSIAO (21) e sobre a regulação osmótica dos tecidos vegetais, ALVARENGA (1). Uma maior pressão osmótica nos tecidos vegetais provocará maior retenção de água dentro da planta, inclusive sob condições desfavoráveis, HOFNER (20), o que lhe permite reter e dispor de maior quantidade de água para os processos vitais, ou seja, resistir melhor à seca.

O cycocel, por sua vez, é conhecido como causador do incremento da resistência à seca, CATHEY (7) e alterar as relações hídricas de uma ampla variedade de espécies vegetais sob condi-

ções de campo ou de casa de vegetação.

Em face do exposto anteriormente, este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos do potássio e cycocel sobre algumas características morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas das plantas de arroz na fase de perfilhamento, quando submetidas a um período de stress hídrico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A disponibilidade de água é um dos fatores ecológicos mais importantes para as culturas de exploração econômica no Brasil, principalmente em áreas como os cerrados, que representam cerca de 21% do território nacional, EMBRAPA (11). Normalmente as plantas passam por períodos cuja disponibilidade de água é fator limitante para seu crescimento e desenvolvimento, KRAMER (26); em contraposição existem variedades de arroz, trigo e sorgo que apresentam mecanismos de resistência ao deficit hídrico, ARDAY & RENA (2); BARNET & NAYLOR (5); CHANG, LORESTO & TAGUMPAY (8); LEVITT (29).

As plantas sob condições de baixa disponibilidade de água têm sua atividade metabólica afetada, ALVARENGA (1); MADRUGA & RENA (31); KRUPP, ABILAY & ALVAREZ (27) e podem ocorrer uma série de modificações morfológicas e bioquímicas, HSIAO (21), considerando ser a planta um organismo que funciona à base de sistemas altamente interdependentes.

As taxas fotossintéticas e transpiratórias são afetadas pelo deficit hídrico interno, DEVLIN (10).

Com o deficit hídrico ocorre inibição da síntese de proteínas, HSIAO (21); KRAMER (26), e, se o stress se torna severo, processa-se uma modificação no metabolismo do nitrogênio que leva a um acúmulo de aminoácidos, entre eles prolina, ARCAÏ & RENA (2); MADRUGA & RENA (31); MULLER (32); NEIVA (34); WALDREN, TEARE & EHLER (47).

Numerosos são os trabalhos que demonstram a existência de uma correlação positiva entre o acúmulo deste aminoácido e a resistência à seca, BARNET & NAYLOR (5) e entre prolina acumulada e a recuperação das plantas após o stress hídrico, BLUM & EBERCON (6).

Há uma relação direta, segundo STEWART, MORRIS & THOMPSON (43) entre o acúmulo de prolina e o nível de carboidratos em folhas submetidas a murchamento.

Por outro lado, ARCAÏ & RENA (2), RENA & SPLITTSTOESSER (39), supõem que a prolina acumulada tem a função de armazenar esqueletos de carbono e energia durante o deficit hídrico a fim de fornecê-los às plantas durante o seu restabelecimento metabólico, após terem voltado às condições normais de umidade no tecido.

O teor de prolina livre acumulado pode não ser um bom parâmetro para medir ou registrar a resistência à seca, WALDREN *et alii* (47), mas pode ser um bom meio que as plantas têm para evitá-la.

Alguns autores utilizam o efeito do potássio elementar sobre a atividade catalítica de muitas enzimas, EVANS & SORGER (12), particularmente sobre as que atuam no metabolismo dos carboidratos e albuminas, HAEDER (18); NOGUCHI & SUGAWARA (35) e as do metabolismo do nitrogênio, ARCAY & RENA (2), HSIAO *et alii* (22), para fornecer às plantas mecanismos fisiológicos que lhes possibilitem sobreviver às condições adversas do meio.

O potássio também atua no balanço hídrico das plantas, ALVARENGA (1), MULLER (32), NEIVA (34), conferindo às plantas características de maior eficiência na economia hídrica, provocadas por sua ação osmo-reguladora, HAEDER (18), pelo aumento do número de raízes, RUSSEL & CLARKSON (41), pela manutenção de um gradiente osmótico entre as soluções do solo e a raiz, HOFNER (20), indispensável à absorção de água e nutrientes.

Além de aumentar a produção de matéria seca da parte aérea e sistema radicular, o potássio estimula o perfilhamento em arroz, MULLER (32); NOGUCHI & SUGAWARA (35), estimula a absorção de nitrogênio em arroz, GARGANTINI & BLANCO (17), e diminui a absorção de magnésio, cálcio e sódio em arroz, devido a uma ação sinérgica, produzida pela alta absorção do mesmo, DIJKSHOORN, SUJITNO & ISMUNADJI (9), assim como aumenta o teor de proteína em folhas destacadas de arroz submetidas a stress hídrico, NEIVA (34) e o diminui em plantas túrgidas de arroz, MULLER (32).

Outros pesquisadores intentam solucionar ou abordar este problema, com a ajuda de cycocel.

As plantas respondem de forma diferente ao CCC, CATHEY (7), ROBERTSON & GREENWAY (40), algumas vezes por causa do método de aplicação usado, TOLBERT (46), outras devido às condições de climasolo imperantes e época de aplicação, CATHEY (7) e até pelas próprias características da planta em questão, IMBAMBA (24), PRUSAKOVA CHIZHOVA & ISUKANOVA (37). Contudo, vários autores têm observado que o CCC incrementa a resistência à seca das plantas tratadas, HUMPHRIES WELBANK & WILLIAMS (23), IMBAMBA (24), MULLER (32), TOLBERT (46) e modifica as relações hídricas de uma ampla variedade de espécies vegetais quando cultivadas em vasos ou no solo.

Em *Lolium temulentum* a aplicação de CCC inibiu o crescimento da planta, causando, por outro lado, indução no aumento do teor de açúcares livres, STODDART (44); em arroz, o aumento do nível de CCC induziu um aumento no teor de prolina livre, MULLER (32).

Foi observado que o CCC ocasionou um aumento no teor de pigmentos celulares e ligeiro aumento na resistência à seca em plantas de *Avena sativa* L., BADANOVA & LEVINA (3), quando estas plantas foram submetidas a um período de desidratação.

As relações hídricas de várias espécies de plantas são alteradas pelo CCC; em feijão o CCC aumentou o teor de água nos tecidos, HALEVY & KESSLER (19), e diminuiu a taxa transpiratória em sorgo e milho, GARCIDUEÑAS & GAMEZ (16); ROBERTSON & GREENWAY (40); o teor relativo de água foi mantido em plantas de *Vigna unguiculata*,

IMBAMBA (24) e de arroz, MULLER (32), quando submetidas a desidratação e tratadas com CCC.

Os efeitos do CCC sobre a morfologia das plantas foram observados na diminuição da altura da planta e área foliar em sorgo, GARCIDUEÑAS & GAMEZ (16), no aumento do número de perfilhos em arroz, MURILLO (33) em trigo, TOLBERT (46), e no aumento do número de raízes em trigo, HUMPHRIES *et alii* (23).

Ainda que em trabalhos recentes, fora observado que o efeito principal do CCC em condições hídricas precárias consiste em desacelerar a decomposição de enzimas e proteínas, KHARANYAN & VIKHREVA (25); o efeito mais esperado é a modificação morfológica que produz uma planta com habilidade incrementada para evitar a seca, ROBERTSON & GREENWAY (40).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos gerais e condições do experimento

Este trabalho realizou-se mediante ação conjunta dos Departamentos de Agricultura e Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras, Estado de Minas Gerais.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e laboratório de fevereiro a junho de 1982. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado dentro do esquema fatorial de 3 x 3 com 3 repetições tendo como fatores a adubação potássica e a aplicação foliar de CCC. Para poder observar e comparar o efeito do deficit hídrico sobre as plantas tratadas com potássio e cycocel, instalaram-se dois ensaios simultaneamente, um com as plantas permanentemente túrgidas ou controle túrgido e outro temporariamente desidratado. Considerou-se como unidade experimental um vaso contendo 16 plantas.

O cultivo das plantas foi feito em vasos de cerâmica, os quais continham 7 kg de um solo classificado como Latossolo Ver-

melho Amarelo Distrófico, fase cerrado textura franco argiloso a renoso, relevo suave ondulado, BAHIA (4).

O solo foi coletado da camada superficial (0 a 20 cm) pe neirado, isento de raízes e outros resíduos orgânicos e seco ao ar. Posteriormente corrigiu-se quimicamente baseando-se nos resultados médios da análise das características químicas e físicas seguindo as recomendações do Departamento de Ciências do Solo da ESAL. Os resultados das análises das características do solo utilizados estão contidos no Quadro 1.

QUADRO 1 - Resultados das análises químicas e físicas do solo Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no experimento* - ESAL, Lavras - MG, 1982

Características	Profundidade útil (cm)	
	0 - 20	
Al ⁺⁺⁺	- mE/100 cm ³	0.6
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	- mE/100 cm ³	0.3
K ⁺	- ppm	25.0
P	- ppm	1
pH	-	5.4
Areia	- %	61.2
Limo	- %	10.8
Argila	- %	28.0
Classe textural	-	franco argilo arenoso
Densidade do solo	- g/cm ⁻³	1.25
Densidade de partículas	- g/cm ⁻³	2.66
Umidade de solo e estufa	- %	4.23

* Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

Antes do plantio o solo foi adubado com soluções de mi - cro e macro nutrientes. Aos nove, dezessete e vinte e dois dias após o plantio, fez-se a segunda aplicação de fósforo, micronu - trientes e nitrogênio, respectivamente. Os níveis de potássio, foram também aplicados em solução, antes do plantio. Em cada a - plicação dos nutrientes usaram-se 100 ml de solução por vaso.

As composições das soluções empregadas encontram-se no Quadro 2.

QUADRO 2 - Soluções nutritivas usadas para o cultivo das plantas de arroz

Composto	Concentração	Vol/vaso
	ppm	ml
* H_3BO_3	0.6	200
* MoO_3	0.2	200
* $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$	2.0	200
* $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	3.0	200
* $CoCl_2 \cdot 6 H_2O$	0.1	200
Ca $HPO_4 \cdot 2H_2O$	75	200
NH_4SO_4	60	200
Kcl	50	100
Kcl	75	100

* Os micronutrientes foram aplicados conjuntamente.

Aplicou-se a adubação parceladamente devido a que, pri -

meiramente, os nutrientes foram fornecidos em solução e a quantidade de água estimada para a irrigação era em torno de 1.900 ml por vaso, o que poderia provocar lixiviação dos nutrientes, sobretudo em um solo com 61.2% de areias, se a aplicação d'água fosse feita em apenas uma vez. Por outro lado, durante os primeiros dias após a emergência, as plantas sobrevivem heterotroficamente, o que permitiu alcançar a saturação dos 50% do total de poros, de forma paulatina e mais eficiente.

Antes do plantio, as sementes do cultivar IAC-25, provenientes da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - (EPAMIG), foram desinfectadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 1% durante 15 min e imediatamente enxaguadas por seis vezes com água destilada. Logo foram colocadas para pré-germinar em placas de Petri que continham papel de filtro WATHMAN 12, totalmente saturado com água destilada e mantida em condições não controladas por 60 horas.

Em 21/2/82, foi realizado a semeadura nos vasos de cerâmica e consistiu em plantar 26 sementes pré-germinadas por vaso; aos 10 dias se levou a desbaste, selecionando 16 plantas das mais uniformes.

O teor da umidade do solo foi controlado através de pesagens diárias dos vasos em balança de precisão. Os cálculos do suprimento de água se basearam nos seguintes dados: peso do vaso vazio, peso do vaso + solo e peso da água destilada necessária pa

ra ocupar 50% do total de poros. A percentagem de poros a ser ocupada por água foi calculada com base nos resultados da análise física do solo, apresentados no Quadro 1.

O cycocel se aplicou 24 dias após a emergência das plantas, ou seja, quando as plantas apresentavam a quarta folha completamente desenvolvida. Foram aplicados 50 ml das soluções de 50 e 75 ppm de cycocel, aleatoriamente; a testemunha foi pulverizada com água para eliminar o efeito da umidade inerente ao cycocel, MURILLO (33), utilizando um pulverizador de jardins com bico fino regulável.

A indução do deficit hídrico foi realizada cinco dias após a aplicação do cycocel, mediante a suspensão da irrigação e interrompida somente 12 dias depois, quando as plantas foram irrigadas novamente. Ao longo do experimento se manteve um severo controle manual de insetos e plantas daninhas, e se fizeram anotações do comportamento externo das plantas e variações climáticas.

Em virtude de o material de cobertura da casa de vegetação impedir o livre passo da luz solar, foi necessário suprir artificialmente essa deficiência.

Para as avaliações das características morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas foram usados todos os vasos de cada ensaio.

3.2 Características morfológicas avaliadas

3.2.1 Altura de plantas

As medições da altura das plantas começaram 29 dias após a emergência, coincidindo com o início da indução do deficit hídrico; 5 e 12 dias após esta data, fizeram-se a segunda e terceira medição. A terceira só foi feita para o ensaio túrgido, porque as plantas do desidratado estavam quase mortas, nessa época.

A medição consistia em escolher aleatoriamente quatro plantas por vaso e medir desde o solo até a última aurícula totalmente aberta.

3.2.2 Número de folhas e de perfilhos por planta

As contagens foram realizadas nas mesmas datas das medições da altura das plantas, mantendo-se a exclusividade da terceira contagem para o ensaio túrgido.

Contaram-se as folhas totalmente desenvolvidas e, para os perfilhos, os colmos formados além do colmo principal, MURILLO (33); ambas as contagens se fizeram em quatro plantas por vaso, escolhidas aleatoriamente.

3.3 Características fisiológicas e bioquímicas avaliadas

3.3.1 Matéria seca da parte aérea e do sistema radicular e relação parte aérea - sistema radicular

A quantidade da matéria seca da secção aérea foi determinada usando-se como amostra duas e quatro secções aéreas por vaso, dos ensaios desidratado e túrgido, respectivamente.

Momentos antes da suspensão do deficit hídrico, foram colhidas as amostras nos dois ensaios, em seguida colocadas em sacos de papel e levados para secagem em estufa com ventilação forçada por 48 horas, à temperatura de aproximadamente 75°C.

O peso da matéria seca do sistema radicular só pôde ser avaliado quinze dias depois da suspensão do deficit hídrico.

A relação parte aérea - sistema radicular, se obteve na forma usual.

3.3.2 Percentagem de sobrevivência, matéria seca e altura da rebrota

Quinze dias após a suspensão do deficit hídrico e quando as plantas começavam a desenrolar as folhas, foi realizada a contagem das plantas que sobreviveram. Consideraram-se como plantas sobreviventes aquelas que apresentavam rebrotações caulinares ou foliares. Nessa data mediu-se a altura da rebrota, co -

lheu-se o material rebrotado e levou-se a secagem nas condições descritas em parágrafo anterior. Em ambas as medições, consideraram-se como amostra quatro plantas por vaso.

3.3.3 Determinação do teor de clorofila total

As quantidades de clorofila foram obtidas de uma secção de, aproximadamente, 8 cm da quart folha de uma planta por vaso.

A área foliar destas folhas foi determinada assim: mediu-se a máxima largura e comprimento da folha, multiplicando estes dois valores; o resultado foi multiplicado pelo coeficiente 0.66 de LASAROV (28).

As análises foram realizadas um dia antes e dez dias depois da indução do deficit hídrico, usando-se o método de STRAIN, COPE & SVEC (45).

3.3.4 Determinação do teor relativo de água

Esta característica foi determinada usando a técnica de WEATHERLEY (48), à qual se fizeram algumas modificações quanto ao recinto de temperatura constante: o recinto era uma espécie de casinha coberta com plástico transparente, e as temperaturas de $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidades relativas de $75 \pm 3\%$ foram alcançados mediante sucessivas pulverizações de água, dentro do recinto.

As determinações desta característica foram realizadas aos sete e onze dias após o início do deficit hídrico.

3.3.5 Determinação do teor de prolina livre

A quantidade de prolina livre foi obtida de secções de, aproximadamente, 8 cm da porção média das quintas folhas de uma planta por vaso, e foram colhidas no último dia do deficit hídrico.

Estas secções foram rapidamente medidas em comprimento e largura e imersas em 2 ml de uma mistura de metanol: clorofórmio: água (12:5:1 v/v/v) RENA & MASCIOTTI (38), contida em vidrinho de coloração escura. Depois da coleta os vidrinhos foram armazenados no congelador até o momento da extração e dosagem, que foram efetuadas conforme o método descrito por RENA & MASCIOTTI (38).

3.3.6 Determinação dos teores de nitrogênio, magnésio e potássio da matéria seca da parte aérea

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da ESAL.

A amostragem do material consistiu da parte aérea de quatro e duas plantas por vaso dos ensaios, desidratado e túrgido, respectivamente. As amostras eram rapidamente ensacadas e leva-

das para secagem nas condições antes descritas. A colheita amostral realizou-se no último dia do deficit hídrico.

As quantidades de magnésio, potássio presentes na parte aérea foram determinadas pelo método de digestão ácido nitro-perclórica, enquanto que o nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl. Ambos os métodos são descritos por LOTT *et alii*, citados por SANT'ANNA (42).

3.4 Análise estatística

Todas as características estudadas, que foram avaliadas mais de uma vez, tiveram seus dados submetidos à análise de variância do delineamento das parcelas subdivididas no tempo.

Os dados das características restantes submeteram-se à análise de variância do delineamento inteiramente casualizado dentro do esquema fatorial de 3 x 3. As médias de todas as características avaliadas foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Determinaram-se coeficientes de correlação entre todas as características; todavia, somente as combinações de maior interesse são apresentadas.

4 RESULTADOS

4.1 Características morfológicas

4.1.1 Altura de plantas

Os resultados médios relativos à altura de plantas cultivadas com deficit hídrico, ou sem ele, estão apresentados nos Quadros 3A, 3B, 3C e 3D.

Os Quadros 3A e 3C mostram, respectivamente, o efeito do potássio sobre o crescimento em altura das plantas cultivadas com e sem deficit hídrico. Observa-se que não houve aumento no crescimento das plantas, acima de 50 ppm de potássio.

Com relação ao efeito do CCC sobre a altura de plantas, verifica-se que o CCC diminui a altura média das plantas submetidas a deficit hídrico (Quadro 3B); entretanto, nas plantas com controle não foram observadas diferenças de altura entre os níveis (Quadro 3D).

QUADRO 3A - Efeito do potássio sobre a altura média (cm) de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a deficit hídrico durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre medições	Potássio (ppm)			Médias
	(Dias)	25**	50	
0	17,09	17,81	18,18	17,69 B*
5	17,05	18,35	18,70	18,03 A
Médias	17,07 B	18,08 A	18,44 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 4,26\%$; $cv_2 = 2,34\%$.

** Teor natural no solo.

QUADRO 3B - Efeito do cycocel sobre a altura média (cm) de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a deficit hídrico durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre medições	Cycocel (ppm)			Médias
	(Dias)	0	50	
0	17,75 a	18,11 a	17,22 b	17,69 B*
5	17,69 c	18,45 a	17,97 bc	18,03 A
Médias	17,72 AB	18,28 A	15,59 B	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula (linhas) e maiúscula (linha e coluna), não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 4,26\%$; $cv_2 = 2,34\%$.

QUADRO 3C - Efeito do potássio sobre a altura média (cm) de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre medições (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
0	16,62 b	18,03 a	18,17 ab	17,27 C*
5	16,88 c	19,76 a	18,26 b	18,30 B
12	17,88 c	23,32 a	21,68 b	20,96 A

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula (linhas) e maiúscula (coluna), não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 10,74\%$; $cv_2 = 4,11\%$.

** Teor natural no solo.

QUADRO 3D - Efeito do cycocel sobre a altura média (cm) de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre medições (Dias)	Cycocel (ppm)			Médias
	0	50	100	
0	17,37	17,57	16,88	17,27 C*
5	18,71	18,17	18,02	18,30 B
12	21,29	21,00	20,59	20,96 A
Médias	19,12 A	18,91 A	18,50 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 10,74\%$; $cv_2 = 4,11\%$.

Os ensaios desidratado e túrgido apresentaram, respectivamente, médias gerais de altura de plantas de 17,86 cm e 18,84 cm.

4.1.2 Número de folhas por planta

De acordo com os dados apresentados no Quadro 4A, o potássio aplicado aumentou (50 ppm) e diminuiu (75 ppm) o número médio das folhas de plantas submetidas a deficit hídrico. Entretanto, nas plantas controle os níveis crescentes de potássio aplicado não provocaram nenhuma mudança (Quadro 4C).

Observa-se no Quadro 4B que o CCC aumentou o número médio de folhas das plantas sob deficit hídrico, mas nas plantas controle (Quadro 4D), 100 ppm deste produto provocaram um decréscimo.

Os ensaios desidratado e túrgido apresentaram, para esta característica, médias gerais de 5,25 e 5,49, respectivamente.

4.1.3 Número de perfilhos por planta

O número médio de perfilhos por planta do cultivar estudado incrementou-se com a aplicação de potássio, quando as plantas foram submetidas a deficit hídrico (Quadro 5A); contudo, nas plantas controle 75 ppm de potássio diminuíram o número de perfilhos (Quadro 5C). Nos Quadros 5B e 5D, verifica-se que o aumen-

QUADRO 4A - Número médio de folhas por planta de arroz (cultivar IAC-25) submetidas a diferentes concentrações de potássio e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
0	4,75	4,89	4,66	4,77 B*
5	5,53	5,83	5,83	5,73 A
Médias	5,13 C	5,35 A	2,23 B	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 2,13\%$; $cv_2 = 2,57\%$.

** Teor natural no solo.

QUADRO 4B - Número médio de folhas por planta de arroz (cultivar IAC-25) submetidas a diferentes concentrações de cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Cycocel (ppm)			Medias
	0	50	100	
0	4,78	4,80	4,72	4,77 B*
5	5,66	5,75	5,78	5,73 A
Médias	5,21 B	5,27 A	5,24 AB	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 2,13\%$; $cv_2 = 2,57\%$.

QUADRO 4C - Número médio de folhas de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
0	4,64	4,66	4,61	4,63 C*
5	3,36	5,79	5,89	5,68 B
12	5,94	6,33	6,19	6,15 A
Médias	5,30 B	5,57 A	5,54 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 4,53\%$; $cv_2 = 3,08\%$.

QUADRO 4D - Número médio de folhas de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Cycocel (ppm)			Médias
	0	50	100	
0	4,75	4,61	4,55	4,63 C*
5	5,86	5,92	5,27	5,68 B
12	6,19	6,08	6,19	6,15 A
Médias	5,58 A	5,52 A	5,32 B	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 4,53\%$; $cv_2 = 3,08\%$.

QUADRO 5A - Número médio de perfilhos por planta de arroz (cultivar IAC-25) submetidas a diferentes concentrações de potássio e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
0	1,97	1,97	2,00	1,98 B*
5	2,55	2,83	2,83	2,74 A
Médias	2,26 B	2,40 A	2,41 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 2,61\%$; $cv_2 = 2,35\%$.

** Teor natural no solo.

QUADRO 5B - Número médio de perfilhos por planta de arroz (cultivar IAC-25) submetidas a diferentes concentrações de cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Cycocel (ppm)			Médias
	0	50	100	
0	2,00	1,94	2,00	1,98 B*
5	2,63	2,74	2,83	2,74 A
Médias	2,31 C	2,34 BC	2,41 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 2,61\%$; $cv_2 = 2,35\%$.

QUADRO 5C - Número médio de perfilhos de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
0	2,00	1,94	1,97	1,97 C*
5	2,85	3,12	2,83	2,93 B
12	2,94	3,19	3,02	3,05 A
Médias	2,59 B	2,75 A	2,60 B	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

cv₁ = 3,30%; cv₂ = 4,03%.

** Teor natural no solo.

QUADRO 5D - Número médio de perfilhos de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalo entre contagens (Dias)	Cycocel (ppm)			Médias
	0	50	100	
0	1,97	1,94	2,00	1,97 C*
5	2,75	2,92	3,14	2,93 B
12	2,96	3,05	3,14	3,05 A
Médias	2,55 C	2,62 B	2,76 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

cv₁ = 3,30%; cv₂ = 4,03%.

to no nível de CCC incrementou o número médio de perfilhos das plantas com e sem deficit hídrico, respectivamente.

As médias gerais de número de perfilhos para os ensaios desidratado e túrgido foram, respectivamente 2,36 e 2,65.

4.2 Características fisiológicas e bioquímicas

4.2.1 Peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular e relação parte aérea-sistema radicular

Verifica-se, pelo Quadro 6, que os níveis de potássio e de CCC provocaram diferenças na matéria seca da parte aérea das plantas submetidas a deficit hídrico; todavia, não foram observadas mudanças quantitativas nos valores das outras características apresentadas. Comparativamente, um maior número de tratamentos do ensaio controle promoveram médias de relação parte aérea-sistema radicular acima de 2,0.

O nível de umidade no solo não provocou diferenças nas características apresentadas no Quadro 6.

4.2.2 Altura e peso da matéria seca da rebrota e sobrevivência das plantas, após a remoção do deficit hídrico

Observa-se no Quadro 7 que o reinício do crescimento das

QUADRO 6 - Resultados médios relativos aos pesos de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, e da relação parte aérea-sistema radicular de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e cycocel e a dois níveis de umidade no solo, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Concentração (ppm)		Matéria seca da parte aérea (g)		Matéria seca do sistema radicular (g)		Relação P. aérea-sistema radic.	
Cycocel	Potássio	Deficit hídrico					
		Sob	Sem	Sob	Sem	Sob	Sem
0	25**	1,37 ab	1,21	0,88	0,55	1,6	2,2
0	50	1,20 ab	1,58	0,74	0,92	1,6	1,7
0	75	1,35 ab	1,46	0,91	0,70	1,5	2,1
50	25	1,43 ab	1,26	0,76	0,56	1,9	2,3
50	50	1,54 ab	1,45	0,77	0,79	2,0	1,8
50	75	1,56 a	1,37	0,86	0,82	1,8	1,7
100	25	1,17 b	1,20	0,71	0,75	1,6	1,6
100	50	1,49 ab	1,68	0,90	0,81	1,7	2,1
100	75	1,45 ab	1,32	0,84	0,83	1,7	1,6
Médias		1,40	1,39	0,82	0,75	1,71	1,85
		cv = 12,93%	cv = 17,33%	cv = 13,19%	cv = 26,27%		

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula (colunas) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, (P < 0,05).

** Teor natural no solo.

plantas, após o deficit hídrico, foi estimulado basicamente pelo potássio aplicado, pois, as plantas cultivadas sob a influência de potássio e CCC não apresentaram diferenças na altura da rebrota. Constata-se ainda que os níveis de potássio e de CCC não induziram alterações quantitativas na matéria seca da rebrota nem na percentagem de sobrevivência das plantas; no entanto, quase a totalidade das plantas de cada tratamento, sobreviveu ao deficit hídrico no solo, que durou 12 dias.

QUADRO 7 - Resultados médios relativos à altura e peso da matéria seca da rebrota, e percentagem de sobrevivência de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, cycocel e a deficit hídrico, 15 dias após a liberação do deficit hídrico - ESAL, Lavras - MG, 1982

Concentração (ppm)		Rebrota		Sobrevivência
Cycocel	Potássio	Altura (cm)	Matéria seca (g)	%
0	25**	18,53 b*	0,18	98
0	50	24,03 ab	0,23	100
0	75	26,96 a	0,25	100
50	25	23,30 ab	0,22	99
50	50	25,13 ab	0,21	100
50	75	23,81 ab	0,23	100
100	25	22,48 ab	0,22	98
100	50	25,12 ab	0,24	99
100	75	24,60 ab	0,24	99
cv = 14,40%		cv = 14,72%		

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula (coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

** Teor natural no solo.

4.2.3 Teor de clorofila total dos tecidos foliares

No Quadro 8A são apresentados os efeitos da interação dos níveis de potássio e de CCC, sobre o teor de clorofila total dos tecidos foliares de plantas sob deficit hídrico.

Verifica-se no referido quadro que os dois primeiros níveis de potássio (25 e 50 ppm) não promoveram diferenças no teor médio de clorofila total das plantas tratadas com CCC; observa-se ainda que 75 ppm de potássio e 100 ppm de CCC diminuíram o teor de clorofila total destas plantas.

QUADRO 8A - Efeito do potássio e do cycocel sobre o teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a deficit hídrico durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Potássio	Cycocel (ppm)		
	0	50	100
25**	1842,01 a	1951,30 a	1991,22 a*
50	1998,72 a	1930,88 a	2227,33 a
75	2085,29 ab	2308,48 a	1899,37 b
Médias	1975,34 A	2063,55 A	2005,47 A

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula e maiúscula (linhas) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

cv₁ = 12,67%; cv₂ = 14,50%.

** Teor natural no solo.

Pela análise dos dados dos Quadros 8A e 8B, verifica-se que, individualmente, tanto cycocel como potássio, não produziram diferenças no conteúdo de clorofila total das plantas sob deficit hídrico. Contudo, no Quadro 8B, observa-se o decréscimo do teor de pigmentos, à medida que o deficit hídrico acentuava-se.

QUADRO 8B - Teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Durante o deficit hídrico (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
0	2235,20	2325,59	2370,20	2310,33 A*
11	1621,16	1779,03	1758,56	1719,58 B
Médias	1928,18 A	2052,31 A	2064,38 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

$cv_1 = 12,67\%$; $cv_2 = 14,50\%$.

** Teor natural no solo.

Nas plantas controle, as diferentes concentrações de potássio e de CCC não influenciaram o teor de clorofila (Quadros 8C e 8D). Observa-se, entretanto, um decréscimo dos pigmentos com o passar do tempo.

QUADRO 8C - Teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalos entre determinações (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
0	2684,35	2565,01	2854,74	2701,36 A*
11	1554,43	1666,06	1622,42	1614,47 B
Médias	2119,39 A	2115,53 A	2238,83 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ($P < 0,05$).

$cv_1 = 13,97\%$; $cv_2 = 14,14\%$.

** Teor natural no solo.

QUADRO 8D - Teor médio ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$) de clorofila total nos tecidos foliares de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalos entre determinações (Dias)	Cycocel (ppm)			Médias
	0	50	100	
0	2691,67	2686,94	2725,48	2701,36 A*
11	1622,46	1575,58	1645,38	1614,47 B
Médias	2157,06 A	2131,26 A	2185,43 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ($P < 0,05$).

$cv_1 = 13,97\%$; $cv_2 = 14,14\%$.

O ensaio desidratado apresentou uma média geral ligeiramente superior ao ensaio túrgido ($2157,92 \mu\text{g}/\text{dm}^2$ e $2014,96 \mu\text{g}/\text{dm}^2$), evidenciando o efeito do nível de umidade no solo sobre o teor de clorofila total.

4.2.4 Teor relativo de água dos tecidos foliares

Os resultados apresentados nos Quadros 9A e 9B mostram que o teor relativo de água, em média, diminuiu durante o período de deficiência hídrica no solo. Não foram observadas, entretanto, diferenças no teor relativo de água das plantas submetidas a deficit hídrico quando tratadas com potássio ou com CCC.

Nas plantas controle, os níveis de potássio e de CCC, não produziram aumentos no teor relativo de água; todavia, estas plantas mantiveram em média seu teor de água foliar, 20,29% mais elevado que as plantas submetidas a deficit hídrico, independente do produto aplicado, durante todo o intervalo de tempo experimental (Quadros 9C e 9D). Nestes mesmos quadros, observa-se que, surpreendentemente, o teor relativo de água diminuiu com o tempo.

4.2.5 Teor de prolina livre dos tecidos foliares

No Quadro 10 pode ser observada a influência marcante do nível de umidade no solo sobre o teor de prolina livre dos tecidos foliares de plantas submetidas ao deficit hídrico. Estas plan

QUADRO 9A - Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Durante o deficit hídrico (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	75	
6	75,73	71,67	74,88	74,09 A*
11	52,03	33,97	41,33	42,44 B
Médias	63,88 A	52,82 A	58,11 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ($P < 0,05$).

$cv_1 = 26,72\%$; $cv_2 = 17,14\%$.

** Teor natural no solo.

QUADRO 9B - Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Durante o deficit hídrico (Dias)	Cycocel (ppm)			Médias
	0	50	100	
6	71,16	75,28	75,84	74,09 A*
11	37,40	46,93	43,00	42,44 B
Médias	54,28 A	61,10 A	59,42 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ($P < 0,05$).

$cv_1 = 26,72\%$; $cv_2 = 17,14\%$.

QUADRO 9C - Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalos entre determinações (Dias)	Potássio (ppm)			Médias
	25**	50	100	
6	89,35	87,37	90,72	89,15 A*
11	66,22	65,39	72,26	67,96 B
Médias	77,79 A	76,38 A	81,49 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ($P < 0,05$).

cv₁ = 22,66%; cv₂ = 12,46%.

** Teor natural no solo.

QUADRO 9D - Resultados médios relativos ao teor relativo de água (%) dos tecidos foliares de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Intervalos entre determinações (Dias)	Cycocel (ppm)			Médias
	0	50	100	
6	91,50	87,85	88,10	89,15 A*
11	68,53	62,77	72,57	67,96 B
Médias	80,02 A	75,31 A	80,33 A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha e coluna) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ($P < 0,05$).

cv₁ = 22,66%; cv₂ = 12,46%.

tas apresentaram um teor de prolina 25,93 vezes mais elevado que as plantas controle.

QUADRO 10 - Teor médio de prolina livre dos tecidos foliares de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e de cycocel e a dois níveis de umidade no solo - ESAL, Lavras - MG, 1982

Concentração (ppm)		Prolina livre ($\mu\text{mol}/\text{dm}^2$)	
Cycocel	Potássio	Sem deficit hídrico	Sob deficit hídrico
0	25*	421,39	4416,77
0	50	303,31	4880,67
0	75	312,53	6544,45
50	25	229,10	4683,94
50	50	274,20	11155,28
50	75	227,28	8600,41
100	25	241,65	6957,15
100	50	310,42	9545,47
100	75	229,79	9334,59
Médias		283,30	7546,64
		cv = 37,29%	cv = 37,54%

* Teor natural no solo.

Houve muita variação entre os valores de prolina livre, obtidos das plantas de ambos os ensaios, pelos quais não foram encontradas diferenças entre os níveis de potássio e CCC.

4.2.6 Teores de nitrogênio, magnésio e potássio da matéria seca da parte aérea

De acordo com os dados apresentados no Quadro 11, as plantas sob deficit hídrico que cresceram sob os três níveis de potássio sem CCC, continham menores teores de nitrogênio que as tratadas com 50 ppm de CCC e os níveis extremos de potássio (25 e 75 ppm). Em todas as concentrações de potássio, 100 ppm de CCC diminuíram o teor de nitrogênio dessas plantas.

As plantas controle cultivadas com 50 ppm de potássio sem CCC, apresentaram maiores teores de nitrogênio que as cultivadas com 25 e 75 ppm deste cation sem CCC. Nas plantas tratadas com 50 ppm de cycocel, o aumento do nível de potássio produziu uma queda progressiva, ao passo que, nas submetidas ao nível maior de cycocel, o efeito do potássio foi positivo.

Em termos médios, as plantas submetidas à deficiência hídrica apresentaram maior teor de nitrogênio que as plantas túrgidas.

No quadro anteriormente referido, pode-se observar que, independente do nível de CCC, a concentração natural de potássio no solo (25 ppm) induziu maiores teores de magnésio nas plantas sob deficit hídrico. Verificou-se, ainda, que o aumento da adubação potássica diminuiu o teor de magnésio, tanto na ausência como na presença de CCC.

QUADRO 11 - Teores médios de nitrogênio, magnésio e potássio da matéria seca da parte aérea de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e de cycocel e a dois níveis de umidade no solo - ESAL, Lavras - MG, 1982

Concentração (ppm)		Nitrogênio (%)		Magnésio (%)		Potássio (%)	
Cycocel	Potássio	Deficit hídrico					
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0	25**	3,04 *c	2,63 cde	0,49 a	0,41 a	1,04	0,71
0	50	3,15 bc	2,79 ab	0,36 bc	0,32 bc	3,00	0,48
0	75	3,16 bc	2,60 cde	0,35 c	0,32 bc	3,30	2,81
50	25	3,31 a	2,71 bcd	0,49 a	0,40 a	0,99	0,77
50	50	3,12 c	2,59 de	0,35 c	0,31 bc	2,81	2,35
50	75	3,25 ab	2,43 f	0,35 c	0,30 c	3,14	3,03
100	25	3,10 c	2,69 bcde	0,48 a	0,42 a	1,00	0,79
100	50	3,02 c	2,73 bc	0,38 b	0,33 b	2,97	2,26
100	75	3,10 c	2,88 a	0,38 b	0,31 bc	3,19	2,86
Médias		3,14	2,67	0,40	0,35	2,40	2,01
		cv = 1,51%	cv = 1,89%	cv = 1,35%	cv = 1,92%		

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula (colunas) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

** Teor natural no solo.

As variações do teor de magnésio das plantas controle (Quadro 11) seguiram o mesmo padrão de resposta apresentado pelas plantas sob deficit hídrico.

No mesmo quadro verifica-se que as plantas cultivadas com potássio natural, independente do nível de cycocel, apresentavam os menores teores de potássio na sua parte aérea.

O segundo nível de potássio (50 ppm) estimulou um aumento maior do teor de potássio foliar que o nível 75 ppm, em ambos os ensaios.

As plantas sob deficit hídrico apresentaram maior teor de potássio que as plantas controle.

4.3 Análise conjunta das características avaliadas

4.3.1 Ensaio sob deficit hídrico

De acordo com os dados apresentados no Quadro 12A, a ocorrência de qualquer variação positiva no número de folhas, no peso da matéria seca da parte aérea e no teor de potássio presente na parte aérea destas plantas, dependerá consideravelmente das alterações sofridas pela altura de plantas; entretanto, o teor de magnésio poderá modificar-se em sentido oposto às alterações da altura das plantas.

O teor de potássio e o número de perfilhos foram dependentes do número de folhas, enquanto que o teor de magnésio e o número de folhas variaram de forma dependente, em sentidos opostos.

QUADRO 12A - Resultados da análise de correlação (coeficiente e significância) das características (variáveis) morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Características (variáveis)	Altura	Folhas	Perfilhos	M.S.P.A.	M.S.S.R.	Clorof.	Nitr.	Mag.	Pot.
Altura de plantas	-	0,74*		0,72*				-0,83**	0,81**
Número de folhas		-	0,95**					-0,69*	0,75*
Número de perfilhos			-						0,70*
Mat. seca parte aérea				-					
Mat. seca sist. rad.					-				
Teor de clor. total						-			
Teor de nitrogênio							-		
Teor de magnésio								-	
Teor de potássio									-

(*) $P < 0,05$, pelo teste t.

(**) $P < 0,01$, pelo teste t.

As mudanças ocorridas no número de perfilhos estiveram as sociadas as quantidades de potássio encontradas nessas plantas.

No Quadro 12B, observa-se que o ganho em peso da matéria seca das plantas que rebrotaram, dependeu da altura que o material (caule e folhas) rebrotado alcançou, e que este processo de recuperação foi dependente em grande parte da presença do potássio no tecido.

Verifica-se, neste quadro, que o magnésio e o potássio e lementar ativaram antagonicamente o processo de recuperação das plantas após o deficit hídrico.

4.3.2 Ensaio controle

Pela análise dos dados do Quadro 13, verifica-se que as variações do número de folhas do peso da matéria seca do sistema radicular e do teor de clorofila total dessas plantas, foram menos dependentes das variações da altura de plantas que as variações do peso da matéria seca da parte aérea e dos teores de magnésio e potássio. Todavia, o teor de magnésio e a altura de plantas variaram em sentidos opostos.

Constata-se neste quadro que o número de perfilhos e a altura de plantas não apresentaram, entre si, altas relações de dependência. Ambas as características se associaram fortemente com as variações do peso da matéria seca da parte aérea ocorridas.

QUADRO 12B - Resultados da análise de correlação (coeficiente e significância) das características (variáveis) morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas de plantas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio, cycocel e a deficit hídrico, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Características (variáveis)	Altura de rebrota	M.S. reb.	M.S.P.A.	M.S.S.R.	Prolina	Nitr.	Mag.	Pot.
Altura de rebrota	-	0,86**					-0,75*	0,75*
Mat. seca de rebrota		-						0,68*
Mat. seca parte aérea			-					
Mat. seca sist. radicular				-				
Teor de prolina livre					-			
Teor de nitrogênio						-		
Teor de magnésio							-	-0,99*
Teor de potássio								-

(*) P < 0,05, pelo teste t.

(**) P < 0,01, pelo teste t.

QUADRO 13 - Resultados da análise de correlação (coeficiente e significância) das características (variáveis) morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas de plantas túrgidas de arroz (cultivar IAC-25), submetidas a diferentes concentrações de potássio e cycocel, durante a fase de perfilhamento - ESAL, Lavras - MG, 1982

Características (variáveis)	Altura	Folhas	Perfi.	M.S.P.A.	M.S.S.R.	rel. de	Clor.	Prol.	Mag.	Pot.
						Teor				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				
						de				
						Clor.				
						rel.				

O peso da matéria seca do sistema radicular variou no mesmo sentido que o teor de potássio foliar, mas em sentido oposto às variações do teor de magnésio.

Neste quadro também se observa que as variações ocorridas no teor de prolina dependeram exclusivamente das variações ocorridas no teor relativo de água. O fato inverso também é aplicável.

O magnésio e o potássio foliar mantiveram, dentro da planta, relações antagônicas altamente associadas.

5 DISCUSSÃO

O efeito da adubação potássica sobre a altura de plantas foi praticamente o mesmo nas plantas com e sem deficit hídrico (Quadros 3A e 3C); ou seja, o incremento do potássio no solo provocou um aumento na altura das plantas até o nível 50 ppm, acima do qual não houve mais crescimento. No Quadro 12A, observa-se que a altura de plantas e o teor de potássio foliar se correlacionaram positivamente; isto ocorre porque o potássio é altamente demandado pelos cereais, na fase de crescimento, FORSTER (14) para ser utilizado no processo de formação de órgãos vegetativos, GARGANTINI & BLANCO (17). A paralização ou queda do crescimento vertical das plantas com deficit hídrico, ou sem ele, acima de 50 ppm de potássio, mostra que acima desse nível de potássio no solo, as plantas podem ter absorvido uma quantidade de potássio acima da considerada ótima para plantas de arroz. Deve-se mencionar que, além dos 75 ppm de potássio aplicado, as plantas também tinham, à disposição, o potássio natural contido nesse solo; ALVARENGA (1) encontrou que aplicações de potássio na solução acima de 102 ppm, não aumentaram o crescimento da lâmina da terceira folha de plantas de arroz.

Observa-se no Quadro 3B que, embora 100 ppm tenham provocado um decréscimo na altura de plantas em cada data de avaliação, a planta continuou crescendo verticalmente com o tempo, sugerindo, à primeira vista, que a planta conseguiu assimilar o efeito do CCC.

O efeito retardante dos 100 ppm sobre o crescimento vertical das plantas, pode ser atribuído ao controle fisiológico que o CCC exerce sobre esta característica. Este controle é exercido mediante a diminuição da divisão celular no meristema subapical e da alongação celular em tecidos novos. CATHEY (7). Esta ação dupla do CCC pode ser causada pelo bloqueio parcial do sistema que fornece giberelinas ativas, LOCKHART (30), sendo que este bloqueio pode ser atribuído à inibição da síntese de kaurenos, um intermediário precursor das giberelinas, DEVLIN (10).

Do Quadro 3B deve-se ressaltar o fato de que 50 ppm de CCC, ao contrário do observado com 100 ppm, aumentaram a altura das plantas sob deficit hídrico. Contrastantemente, no Quadro 3D, verifica-se que o CCC não aumentou nem diminuiu a altura das plantas túrgidas. Destes fatos pode-se dizer que em condições hídricas normais, o CCC foi inativado dentro da planta, talvez por ter sido excluído rapidamente dos processos metabólicos, ou porque nestas condições a planta não responde ao estímulo do CCC; contudo, nas plantas sob deficit hídrico, o CCC, numa faixa que pode ser considerada estreita, atuou tanto estimulando como retardando o crescimento, e que permite visualizá-lo como uma substância

ativa dentro dos processos de crescimento da planta, o que pode ser devido a que, nestas condições, os processos de crescimento da planta estejam mais suscetíveis ao efeito do CCC.

O nível de umidade no solo não provocou diferenças consideráveis na altura das plantas, pois, as médias gerais dos ensaios com (17,86 cm) e sem (18,84 cm) deficit hídrico, não se mostraram diferentes, considerando-se que a média do primeiro ensaio originou-se de duas épocas de avaliação apenas, isto pode significar que o deficit hídrico na planta não foi equivalente ao deficit hídrico no solo e as plantas conseguiram preservar um teor de umidade nos seus tecidos que lhes permitiu manter ativos os seus processos metabólicos vitais, KRAMER (26).

Se o crescimento das plantas foi mantido durante o tempo experimental, ou seja, se o padrão de crescimento não foi afetado pelo CCC, o que torna relativo o efeito do CCC sobre a altura de plantas, e o deficit hídrico não alterou a altura das plantas, isto pode ser consequência, também, de uma maior participação do CCC nos mecanismos de resistência à seca, HALEVY & KESSLER (19), pois desta maneira a planta conseguiria manter normais os processos de crescimento.

O número de folhas e a altura de plantas foram afetadas similarmente, em termos gerais, pelo potássio; observa-se que nas plantas sob deficit hídrico, 75 ppm de potássio diminuíram o número de folhas (Quadro 4A) e paralizaram ou tornaram constante o crescimento vertical das plantas (Quadro 3A); nas plantas contro

le este mesmo nível de potássio não aumentou o número de folhas (Quadro 4C), porém diminuiu a altura de plantas (Quadro 3C). Por outro lado, nos Quadros 12A e 13, constata-se que o número de fo_lhas por planta dependeu grandemente do aumento na altura de plan_tas e esta, por sua vez, esteve estreitamente associada às con-
centrações de potássio da parte aérea destas plantas. Da análi-
se destes dados deduziu-se que 75 ppm de potássio, é, em defini-
tivo, uma concentração super ótima para os processos de cresci-
mento e desenvolvimento de plantas de arroz nestas condições, e
que 50 ppm de potássio foram suficientes para manter a planta com
seus processos de crescimento e desenvolvimento dentro da norma-
lidade, especialmente as plantas sob deficit hídrico.

Nesta ocasião, é importante frisar, que estas plantas tam-
bém estavam sob a influência do CCC, e a discussão isolada do e-
feito de potássio poderia acarretar ponderações errôneas ou não
viáveis; todavia, não foram encontradas interações entre os ní-
veis de potássio e CCC, e como o trabalho não tem outros meios
de avaliação dos efeitos destes fatores sobre estas duas caracte-
rísticas morfológicas, se consideraram estes resultados finais
como consequência específica do efeito do potássio. Este mesmo
critério é aplicável para a discussão dos efeitos de CCC.

Conforme pode ser observado nos Quadros 4B e 4D, o CCC a-
fetou mais o desenvolvimento foliar das plantas controle, pois
100 ppm desse produto reduziram o número médio de folhas apenas
nas plantas controle; posto de outra maneira, se as avaliações do

número de folhas foram feitas no mesmo dia em ambos ensaios, e o critério de avaliação baseou-se no desenvolvimento foliar, isto significa que ainda que as plantas controle possam ter diferenciado os órgãos foliares, na hora da medição, estas não estavam totalmente desenvolvidas como para serem considerados na avaliação; por outro lado, isto implica que o CCC acelerou a diferenciação e principalmente o desenvolvimento foliar nas plantas sob deficit hídrico. Surge, entretanto, a idéia de que o efeito no desenvolvimento foliar nas plantas controle pode ser totalmente diferente do que acontece nas plantas sob deficit hídrico e, pelo tanto, não sirva nesta ocasião como ponto referencial para comparação dos efeitos do CCC em ambas situações.

O efeito negativo de uma super adubação potássica sobre as características morfológicas avaliadas, pode ser constatado uma vez mais nos Quadros 5A e 5C; verifica-se nestes quadros que 75 ppm de potássio não aumentaram o número médio de perfilhos das plantas sob deficit hídrico mas o reduziram nas plantas controle. O fato de apresentar-se correlação positiva somente entre o número de perfilhos e o teor de potássio da parte aérea das plantas sob deficit hídrico (Quadros 12A e 13), é outro indício indireto que mostra que 75 ppm do cátion influenciaram consideravelmente o número de perfilhos das plantas controle.

O aumento do número de perfilhos provocado com 50 ppm de potássio (Quadros 5A e 5C) é um resultado que concorda com os encontrados por vários autores; NOGUCHI & SUGAWARA (35) e PARK *et*

alii (36), por exemplo, comprovaram o efeito benéfico do potássio sobre o número de perfilhos em plantas de arroz.

O cycocel aumentou o número de perfilhos das plantas com e sem deficit hídrico (Quadros 5B e 5D); este efeito já foi observado por MURILLO (33) e por TOLBERT (46).

O aumento do número de perfilhos promovido pelo CCC, parece estar bastante associado ao efeito não positivo que 100 ppm de CCC provocaram sobre a altura de plantas e o número médio de folhas das plantas com e sem deficit hídrico; observe-se que as plantas tratadas com 100 ppm retardaram ou diminuíram ou estabilizaram o seu crescimento vertical (Quadros 3B e 3D) e o número de folhas por planta (Quadros 4B e 4D).

Com base nos dados até aqui discutidos, não é possível afirmar que o potássio e o CCC atuem antagonicamente nos processos de crescimento e desenvolvimento de órgãos vegetativos do arroz; todavia, pode-se dizer que ambos os fatores atuam independente mas paralelamente, talvez ativando diferentes centros sensores da planta. Esta talvez seja a explicação para o fato de ter-se mantido inalterado o padrão de crescimento e desenvolvimento das plantas sob deficit hídrico.

Observa-se no Quadro 6 que a aplicação isolada de potássio não provocou diferenças na produção de matéria seca da parte aérea das plantas sob deficit; entretanto, quando associou-se com 50 ppm de CCC, 75 ppm de potássio, estimularam um aumento; por

outro lado, 100 ppm de CCC, mais o potássio natural, provocaram um decréscimo. Desde que a produção de matéria seca da parte aérea destas plantas dependeu do aumento da altura das plantas (Quadro 12A), sugere-se que 100 ppm de CCC, junto ao potássio natural, diminuíram a produção de matéria seca da parte aérea por terem diminuído a altura das plantas (Quadro 3B).

Por outro lado, IMBAMBA (24) e PRUSAKOVA *et alii* (37) verificaram que o CCC diminuiu a matéria seca de cowpea e de trigo, respectivamente, mas não reduziu a área foliar. Neste trabalho o CCC também não diminuiu a área foliar (número de folhas Quadro 4B), o que significa ter maior teor de água dentro da planta.

No Quadro 6, também pode ser constatado que o potássio e o CCC, não induziram diferenças na matéria seca da parte aérea das plantas túrgidas nem nas outras características apresentadas. A falta de uniformidade nestes resultados pode ter sido provocada pelas variadas respostas que ambos os fatores podem estimular em cada uma das duas situações em estudo, ou porque, na realidade, a produção de matéria seca da parte aérea de plantas túrgidas não foi influenciada pela adubação potássica quando se aplicou junto ao CCC, o mesmo acontecendo com a produção de matéria seca do sistema radicular de ambos os ensaios.

O nível de umidade no solo não induziu diferenças marcantes nas características apresentadas no Quadro 6; por um lado isto põe em dúvida a metodologia empregada para promover o deficit hídrico, por outro, mostra que possivelmente o potássio e o CCC

estiveram atuando de maneira independente (não houve interação entre ambos os fatores) mas no mesmo sentido de manter um teor de água na planta, que lhe permitisse continuar funcionando normalmente.

O reinício do crescimento das plantas após o deficit hídrico sofreu um efeito antagônico do potássio e CCC; observa-se no Quadro 7 que enquanto os níveis de potássio, ao serem aplicados isoladamente, aumentaram a altura de rebrota, as combinações de potássio e CCC não produziram o mesmo efeito, talvez por causa da ação retardadora do CCC.

O efeito do potássio sobre o crescimento da rebrota, parece ter sido provocado de forma indireta, ou seja, permitindo maior captação da água pelas células, o que facilitaria ter crescimento mais por alongação que por divisão celular. Isto se comprova ao verificar, nesse mesmo quadro, que o potássio não promoveu diferenças na matéria seca da rebrota, a qual baseia-se na divisão celular, principalmente.

A sobrevivência das plantas após a liberação do deficit hídrico, ocorreu sem a influência marcante dos dois fatores (Quadro 7); como não houve interação entre ambos, surge de novo a suspeita da ação independente, embora no mesmo sentido de ambos os fatores.

O deficit hídrico ao qual as plantas foram submetidas pode não ter induzido uma tensão nas plantas, em virtude de o defi

cit hídrico ser considerado como um stress elástico, LEVITT (29) que as plantas devem ter prevenido com ajuda da ação paralela in dependente do potássio e do CCC. Neste caso, as plantas possi - velmente atingiram o equilíbrio termodinâmico sem sofrer dano, LEVITT (29), o que lhes permitiu a quase total recuperação após a liberação do deficit hídrico. Esta recuperação das plantas po de também dever-se a que o stress hídrico na planta não seja sem pre equivalente ao stress hídrico no solo, KRAMER (26).

O decréscimo do teor de clorofila total que as aplica - ções conjuntas de 75 ppm de potássio e 100 ppm de cycocel provo - caram nas plantas sob deficit hídrico, pode ser mais consequên - cias do efeito do potássio que do efeito de CCC (Quadro 8A), pois tem sido observado que o cycocel provoca aumentos dos pigmentos (3, 7, 44, 46), especialmente nas primeiras duas semanas após a aplicação, o que foi comprovado neste trabalho por observações vi suais e pode ser verificado no Quadro 8A. A queda do teor de clo rofilas durante o deficit hídrico, segundo BADANOVA & LEVINA (3), pode ser devido também ao efeito do stress hídrico; estes auto - res observaram a diminuição dos pigmentos em plantas de cevada tratadas com cycocel e submetidas a deficit hídrico.

Nas plantas túrgidas também houve decréscimo do teor de clorofilas com o passar do tempo, definitivamente a causa não se rá o deficit hídrico, mas este decréscimo (Quadros 8C e 8D), po - derá explicar-se se atribuirmos este fato ao antagonismo ou si - nergismo existente entre o magnésio e o potássio. No Quadro 12B

observa-se que o magnésio e o potássio foliar se correlacionaram de forma altamente negativa e que o peso da matéria seca radicular se correlacionou negativa e positivamente com magnésio e potássio foliar, respectivamente. Supostamente na segunda data de determinação de clorofila, quando as plantas precisavam de maior quantidade de raízes para se manter, estas absorveram mais potássio do solo, o que levou a criar o sinergismo entre estes elementos; segundo DIJKSHOORN *et alii* (9), este sinergismo é provocado pela alta competição do potássio pelo sítio de entrada, o que se transmite em altas taxas de absorção, HOFNER (20) e a consequente exclusão dos cátions divalentes existentes no solo, entre eles o magnésio. Posto desta maneira, se o magnésio nesse período de tempo não estava sendo absorvido pela planta em quantidades adequadas, produzir-se-ia a diminuição da síntese de clorofilas, visto que o magnésio é parte integrante e vital das moléculas de clorofila.

O teor relativo de água das plantas sob deficit hídrico decresceu com o tempo, o que era esperado; dentro dessas expectativas supunha-se que o aumento do potássio no solo provocaria aumentos equivalentes no teor relativo de água destas plantas, ALVARENGA (1), HOFNER (20), NEIVA (34), mas isto não ocorreu.

Este trabalho não possui meios técnicos para responder ou explicar este fato.

Outro fato curioso é a diminuição do teor relativo de água ocorrida nas plantas controle, sobretudo porque o nível de u

midade no solo foi mantido quase constante durante todo o período experimental. Entretanto, este fato pode ser menos facilmente explicado se considerarmos que o teor relativo de água é uma medida do teor de umidade foliar avaliado com base no peso fresco da área foliar amostrada, o qual varia muito durante o dia e é bastante susceptível a variações climáticas. Todo o período amostral deste trabalho esteve sob intensa radiação solar o que pode ter provocado uma diminuição transitória no teor de água foliar destas plantas e no peso fresco amostral. Estas duas diminuições fariam com que as folhas amostradas absorvessem mais água durante o período de ressaturação e com isso se produziu uma diminuição da relação peso fresco-peso túrgido e conseqüentemente o decréscimo do teor relativo de água destas plantas.

Os efeitos diferentes que o cycocel produziu no teor relativo de água das plantas sob deficit hídrico (Quadro 9B) e plantas túrgidas (Quadro 9D) têm sido registrados na literatura, CATHEY (7), ROBERTSON & GREENWAY (40) e isto se deve ao fato de que as plantas respondem de forma diferente ao cycocel, algumas vezes por causa das condições de clima-solo imperantes, CATHEY (7) e até pelas próprias características da planta em questão, IMBAMBA (24).

Deve-se frisar que o baixo teor relativo de água apresentado pelas plantas sob deficit hídrico no final do período amostral serviu para mantê-las vivas, o que sugere que a planta de arroz adubada com potássio e pulverizada com cycocel, pode reini

ciar seu crescimento com teores relativo de água tão baixos como 42,44%. É importante mencionar que no final do período de deficit hídrico as plantas estavam com suas folhas completamente secas e o caule quebrado, sem aparência física de uma possível recuperação.

A recuperação das plantas após o deficit hídrico pode de ver-se ao acúmulo de prolina livre nos seus tecidos, no Quadro 10; observa-se a grande diferença existente entre o teor de prolina acumulado nos tecidos das plantas sob deficit hídrico e túr gidas. Este acúmulo de prolina se produz quando a síntese de pro teínas é inibida pelo deficit hídrico, HSIAO (21), WALDREN *et alii* (47), e este aminoácido é utilizado como fonte de esqueletos de carbono e energia durante o deficit hídrico, os quais são fornecidos à planta durante o restabelecimento metabólico da planta, após terem voltado às condições normais de umidade no tecido AR-CAY & RENA (2), RENA & SPLITTSTOESSER (39). Com base no anterior, vários autores, entre eles BARNET & NAYLOR (5), BLUM & EBER-CON (6) têm comprovado a existência de uma correlação positiva en tre o acúmulo de prolina e a resistência à seca.

A ampla variação apresentada pelos valores de prolina li vre de ambos os ensaios, possivelmente seja consequência da vari ação inerente da medição da área foliar, unidade na qual estão expressados os ditos valores. Na medição da área foliar, não se considera a espessura da folha, que é um fator de variação, so - bretudo porque em alguns estádios da planta a espessura da folha

varia em sentido oposto ao seu próprio comprimento, que é um componente da área foliar. Normalmente, os teores de prolina são expressados em micromoles/grama de matéria seca, que é um denominador mais estável que a área foliar.

Os efeitos do potássio e do CCC sobre o teor de nitrogênio da parte aérea das plantas com e sem deficit hídrico foram bastante confusos; somente quando o potássio é aplicado isoladamente é que se observa um efeito similar; verifica-se que até o nível 50 ppm de potássio houve um aumento do teor de nitrogênio em ambos os ensaios. Contrastantemente, na presença de 50 ppm de CCC, os níveis de potássio decresceram gradativamente o teor de nitrogênio nas plantas controle, mas nas plantas sob deficit hídrico (a exceção do nível 50 ppm) provocaram um aumento. Constata-se ainda que na presença de 100 ppm do retardador, os níveis do cátion não aumentaram o teor de nitrogênio das plantas com deficit hídrico, mas o das plantas controle. Nota-se nestes resultados que as mudanças nas respostas das plantas aos efeitos do potassio e do CCC se acentuaram quando o CCC foi aplicado junto ao potássio.

O teor de magnésio decresceu com o incremento dos níveis de potássio no solo, independente do nível de CCC nas plantas com e sem deficit hídrico (Quadro 11). Estes resultados já foram observados por DIJKSHOORN *et alii* (9) e por HOFNER (20). Entretanto, é oportuno apontar que a coloração verde escura observada nas plantas após a aplicação de CCC sugere que este produto pode ter

afetado o teor de magnésio nas folhas destas plantas.

O fato de as plantas sob deficit hídrico terem apresentado maiores teores de potássio foliar que as plantas controle, justifica-se, sobretudo, porque o potássio elementar ajuda a manter o gradiente osmótico entre a solução do solo e a raiz da planta, o qual é absolutamente necessário para a absorção de água HOFNER (20); portanto, as plantas sob deficit hídrico absorveram mais potássio do solo, não só para captar mais água, pois a perda era muito elevada, mas também para preservá-la.

6 CONCLUSÕES

Dos dados obtidos nas condições deste trabalho delimitaram-se as seguintes conclusões:

a) Tanto nas plantas com e sem deficit hídrico 50 ppm de potássio produziram-se efeitos benéficos sobre a altura de plantas, número de folhas e número de perfilhos; entretanto, 75 ppm provocaram mudanças negativas nestas características, indicando ser esta uma concentração supraótima para o desenvolvimento normal do arroz durante a fase vegetativa.

b) Sob condições hídricas normais o CCC não afetou a altura das plantas; todavia, 100 ppm deste produto reduziram o número de folhas assim como aumentos da concentração do retardador provocaram aumentos no número de perfilhos. / Sob deficit hídrico, 50 e 100 ppm de CCC aumentaram e reduziram, respectivamente, a altura da planta; contudo ambos aumentaram o número de folhas e o número de perfilhos.

c) Durante a fase de perfilhamento os efeitos do potássio e do CCC, sobre as características morfológicas estudadas, pa-

recem ser instáveis ou transitórios porque o padrão de crescimento das plantas não foi modificado por ambos os fatores.

d) O peso da matéria seca da parte aérea e sistema radicular das plantas com e sem deficit hídrico não foi influenciado pela adubação potássica isoladamente; nas plantas sob deficit as combinações de 50 e 75 ppm de CCC e potássio, respectivamente, aumentaram a matéria seca da parte aérea enquanto que 100 ppm de CCC provocaram um decréscimo somente quando atuaram junto ao potássio natural do solo; 100 ppm de CCC reduziram o peso da matéria seca da parte aérea das plantas sob deficit, mas sem reduzir sua área foliar.

e) Os aumentos na altura das plantas influenciaram positivamente o número de folhas, mas não o número de perfilhos das plantas nas duas condições hídricas estudadas. O teor de potássio da parte aérea correlacionou-se positivamente com a altura de plantas dos dois ensaios e somente com o número de folhas e de perfilhos das plantas sob deficit.

f) O potássio aumentou a altura da rebrota sem aumentar o peso da matéria seca da mesma, embora ambas as características se correlacionassem positivamente. A sobrevivência das plantas ocorreu sem a influência isolada e marcante de potássio ou CCC.

g) O CCC e o potássio só provocaram diferenças no teor de clorofila total das plantas sob deficit hídrico; a aplicação conjunta de 100 e 75 ppm de CCC e potássio, respectivamente, provo-

caram um decréscimo. O teor de clorofila total decresceu durante o período amostral nas plantas dos dois ensaios.

h) Nem o potássio nem o CCC provocaram aumentos no teor relativo de água das plantas de ambos os ensaios. As plantas recuperaram-se após o deficit e reiniciaram seu crescimento com um teor relativo de água de, aproximadamente, 42%. Nas plantas controle o teor decresceu inexplicavelmente.

i) O deficit hídrico na planta não foi tão severo e capaz de ativar mecanismos morfológicos de resistência à seca, mas as plantas sob deficit apresentaram em média um teor de prolina livre 26 vezes mais elevado que as plantas controle.

j) Foi observada uma relação inversa entre o teor relativo de água e o teor de prolina livre, em ambos os ensaios.

k) O potássio e o CCC provocaram efeitos heterogêneos no teor de nitrogênio das plantas com e sem deficit hídrico, o que tornou os resultados confusos e difíceis de serem explicados. O teor de magnésio em ambos os ensaios decresceu gradativamente com o aumento do potássio, independente do nível de CCC. As plantas sob deficit apresentaram maiores teores foliares de potássio que os das plantas controle. O teor de magnésio se correlacionou negativamente com o teor foliar de potássio das plantas de ambos os ensaios.

7 RESUMO

Este trabalho realizou-se mediante ação conjunta dos Departamentos de Agricultura e Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras, em Lavras, Estado de Minas Gerais, e teve como objetivo estudar os efeitos do potássio e cycocel sobre algumas características morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas das plantas de arroz (*Oryza sativa* L., cv. IAC-25), na fase de perfilhamento, quando submetidas a um período de deficit hídrico.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e laboratório durante os meses de fevereiro a junho de 1982; utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado dentro do esquema fatorial de 3 x 3 com três repetições, tendo como fatores a adubação potássica em três níveis (25, 50 e 75 ppm) e a aplicação foliar de cycocel, também em três níveis (0, 50 e 100 ppm), submetidos a dois níveis de umidade no solo. Para tanto instalaram-se dois ensaios simultaneamente, um com as plantas permanentemente túrgidas ou controle túrgido, e outro temporariamente desidratado.

O cultivo das plantas foi feito em vasos de cerâmica, os

quais continham 7 kg de um solo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, fase cerrado, textura franco argilo arenoso. O teor de umidade do solo foi controlado através de pesagens diárias dos vasos; o solo foi mantido com 50% do total dos poros ocupados com água.

Neste trabalho observou-se que, enquanto 50 ppm de potássio favoreceram a altura das plantas, o número de folhas e o número de perfilhos das plantas com e sem deficit hídrico, 75 ppm de potássio provocaram efeitos negativos nestas características, motivo por que foram considerados prejudiciais ao desenvolvimento do cultivar IAC-25 durante a fase vegetativa.

O cycocel não afetou a altura de plantas, diminuiu o número de folhas e aumentou o número de perfilhos das plantas sob deficit hídrico. Nas plantas controle, o CCC decresceu a altura de plantas e aumentou o número de folhas e de perfilhos.

Os efeitos isolados de potássio e CCC não produziram modificações no peso da matéria seca da parte aérea e sistema radicular das plantas de ambos os ensaios; somente quando associado ao potássio natural, 100 ppm de CCC diminuíram o peso da matéria seca da parte aérea das plantas sob deficit hídrico, mas não reduziram a área foliar destas plantas.

A altura de plantas influenciou grandemente o número de folhas, mas não o número de perfilhos das plantas de ambos os ensaios, e o teor de potássio foliar correlacionou-se positivamente

te com a altura destas plantas. O aumento da altura da rebrota provocado pelo potássio não foi acompanhado por um aumento da matéria seca da mesma e a sobrevivência das plantas ocorreu sem a influência marcante e particular de potássio ou CCC.

O potássio e o CCC diminuíram o teor de clorofila total só nas plantas sob deficit hídrico e, mais particularmente, quando os níveis superiores de ambos os fatores estiveram associados. O teor de clorofila total decresceu com o tempo, em ambos os ensaios.

Ambos, potássio e CCC, não aumentaram o teor relativo de água das plantas de ambos os ensaios, mas as plantas controle mantiveram maiores teores de água que as desidratadas durante o período experimental. A recuperação das plantas após o deficit iniciou-se com um teor relativo de água de, aproximadamente, 42%. Nas plantas controle ocorreu um decréscimo do teor de água, difícil de ser explicado.

O deficit hídrico na planta não ativou mecanismos morfológicos de resistência à seca; no entanto, as plantas sob deficit acumularam teores de prolina livre 26 vezes mais elevados que as plantas controle.

Observou-se uma relação inversa entre o teor de prolina livre e o teor relativo de água, em ambos os ensaios.

O potássio e o CCC provocaram mudanças no teor foliar de nitrogênio das plantas de ambos os ensaios, difíceis de serem ex

plicadas.

Verificou-se uma relação sinérgica entre o teor foliar de magnésio e o teor de potássio em ambos os ensaios. O magnésio foliar correlacionou-se negativamente com quase todas as características morfo-fisiológicas que se correlacionaram positivamente com o teor foliar de potássio. As plantas sob deficit hídrico a apresentaram maior teor de potássio foliar que as plantas contro-
le.

8 SUMMARY

EFFECTS OF POTASSIUM AND CYCOCEL ON SOME MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND/OR BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF RICE (*Oryza sativa* L., cv. IAC-25) GROWN UNDER WATER DEFICIT CONDITIONS

This work was undertaken by combined action of the Departments of Agriculture and Biology of the Lavras Agriculture High School, at Lavras, State of Minas Gerais (MG) Brazil, and was carried out to study the effects of potassium and cycocel on some morphological, physiological and/or biochemical characteristics of rice (*Oryza sativa* L., cv. IAC-25) during the tiller phase, grown under water deficit conditions.

Experiments were carried out under greenhouse and laboratory conditions, between February and June of 1982; followed the completely randomized design in the factorial scheme of 3 x 3 with three replications; the potassium fertilization had three levels (25, 50 and 75 ppm) and the spray application of cycocel, too (0, 50 and 100 ppm). The plants were cultivated under two levels of soil moisture for this motive two parallel experiments

were set, one hydrated permanently or control experiment and other temporarily dehydrated.

Plants were grown in ceramic pots, containing 7 kg of a Distrofic Red Yellow Latosol, claysand texture under "cerrado vegetation". Soil moisture level was controlled through daily weighing of pots; the soil was maintained with 50% of total volume of pores filled with water.

In this research was observed that 50 ppm of potassium were benefit to plant height, number of leaves and of tillers of plants in both experiments, meanwhile 75 ppm of potassium produced negatives effects on these characteristics, whereas this potassium concentration was to consider injuriousness for the normal development of the rice cultivar IAC-25, during vegetative phase.

Cycocel did not affect the plant height and decreased the leaf number and increased the tiller number, of stressed plants. In control plants CCC diminished the plant height but increased the number of leaves and tillers.

The particular effects of potassium or CCC were not produce modifications in the dry weight of top and root parts of plants in both trials; only when associated to natural potassium content, the 100 ppm of CCC diminished both parts of plants under water deficit, but not decreased their leaf area.

Plant height influenced hardly the number of leaves but not affected the tiller number, in both experiments, further the

leaf potassium content showed positive correlation with plant height of these plants.

The increase of height of new-shoots produced by potassium was not accompanied by increase in the dry weight of them and the plant survival was to behave without the special and notable influence of potassium or CCC.

Potassium and CCC decreased the total chlorophyll content solely in plants under water deficit, most particularly when the higher levels of both factors have been used together. In both trials, the total chlorophyll content decreased with time.

Both potassium and CCC did not increase the relative water content of plants of two hydric conditions, but the control plants kept up higher relative water contents than dehydrated plants during all experimental period.

Plant after deficit recuperation began with a relative water content of 42%. In hydrated plants has happened an inexplicable decrease in the relative water content.

Plant water deficit did not activate drought morphologic resistance mechanisms, although deficit plants accumulated free proline 26-fold higher than control plants.

It has been observed an inverse relationship between free proline and relative water contents, in both trials.

Both potassium and CCC produced changes on leaf nitrogen

content of plants in both hydric conditions all difficult to explain.

In both experiments was verified a synergistic relationship between magnesium and potassium leaves content. Leaf magnesium content was negative correlated with all potassium positive correlated morpho-physiological characteristics. The stressed plant showed higher leaf potassium content than control plants.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARENGA, A.A. Respostas morfo-fisiológicas de arroz de sequeiro e de irrigação ao potássio. Lavras, ESAL, 1979, 43p. (Tese MS).
2. ARCAÏ, J.J.M. & RENA, A.B. Desidratação, substâncias reguladoras do crescimento, potássio, concentração hidrogeniônica, idade da folha e acúmulo de prolina livre em discos foliares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Experientiae, Viçosa, 23(4):53-69, abr. 1977.
3. BADANOVA, K.A. & LEVINA, V.V. Effect of gibberellin and the retardant CCC on drought hardiness of barley. Soviet Plant Physiology, Moscou, 17(3):466-71, May/June 1970.
4. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras - MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. (Tese de Doutorado).
5. BARNETT, N.M. & NAYLOR, A.W. Amino acid and protein metabolism in bermuda grass during water stress. Plant Physiology, Lancaster, 41(1):1222-30, Jan. 1966.

6. BLUM, A. & EBERCON, A. Genotypic responses in sorghum to drought stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. Crop Science, Madison, 16(3):428-31, May/June 1976.
7. CATHEY, H.M. Physiology of growth retarding chemicals. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 15:271-302, 1964.
8. CHANG, T.T.; LORESTO, G.C. & TAGUMPAY, O. Agronomics and growth characteristics of upland and lowland rice varieties. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE: Rice breeding. Los Baños, 1972. p. 645-61.
9. KIJKSHOORN, W.; SUJITNO, J.S.A. & ISMUNADJI, M. Potassium uptake by rice plants and interaction with others cations. Plant and Soil, The Hague, 40:525-34, 1974.
10. DEVLIN, R.M. Fisiologia vegetal. Espanha, Omega, 1976, 577 p.
11. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1976. 150p.
12. EVANS, H.J. & SORGER, G.J. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 17:47-76, 1977.

13. FAGERIA, N.K. Influence of potassium concentration on growth and potassium uptake by rice plants. Plant and Soil, The Hague, 44:567-73, 1976.
14. FORSTER, H. Suministro variable de potasio durante el ciclo de crecimiento; Efecto que ejerce sobre los rendimientos. Revista de la potasa Berna, Suiza, Sección 15, 55a. continuación, p. 7-10, 1971.
15. GAIIRÃO, E.Z. & LOPEZ, A.S. Deficiências nutricionais em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., Brasília, 1979. Resumos... Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1979. p. 595-614.
16. GARCIDUEÑAS, M.R. & GAMEZ, H. Efectos del cloromequat en cultivares resistentes y susceptibles a sequia de cereales de primavera. Turrialba, San José, 28(4):307-11, oct./dic. 1978.
17. GARGANTINI, H. & BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. Bragantia, Campinas, 24(38):315-28, set. 1965.
18. HAEDER, H.E. Importância practica de los resultados de investigación presentados en el coloquio. Revista de la Potasa, Berna, Suiza, Sección 3, 40a. continuación, p. 1-10, 1971.

19. HALEVY, A.H. & KESSLER, B. Increased tolerance of beans plants to soil drought by means of growth-retarding substance. Nature, London, 197(4864):310-11, jan. 1963.
20. HOFNER, W. La influencia que ejerce el potasio sobre la economía del agua. Revista de la Potasa, Berna, Suiza, Sección 3, 39a. continuación, p. 8-9, 1971.
21. HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 24:519-70, 1973.
22. _____; HAGEMAN, R.H. & TYNER, E.H. Effects of potassium nutrition on protein and total free aminoacid in *Zea mays*. Crop Science, Madison, 10(1):78-82, Jan./Feb. 1970.
23. HUMPHRIES, E.L.; WELBANK, P.J. & WILLIAMS, E.D. Interaction of CCC and water deficit on wheat yield. Nature, London, 215(5102):782, Aug. 1967.
24. IMBAMBA, S.K. Response of cowpea to salinity and (2-chloroethyl) trimethyl-ammonium chloride (CCC). Physiologia Plantarum, Copenhagen, 28(2):346-9, 1973.
25. KHARANYAN, N.N. & VIKHREVA, V.N. Activies of certain enzymes in leaves of bean plants treated with chlorocholine chloride (CCC) under conditions of soil drought. Soviet Plant Physiology, Moscou, 22:700-3, 1976.
26. KRAMER, P.J. Water stress and plant growth. Agronomy Journal, Madison, 55(1):31-5, Jan./Feb. 1963.

27. KRUPP, H.K.; ABILAY, W.P. & ALVAREZ, E.I. Some water stress effects on rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Rice breeding. Los Baños, 1972. p. 663-75.
28. LAZAROV, R. Koefitsientiza opredelyane na list nata povrchmost pri myakoi selkso stopanski kulturi. (Coefficients for determining the leaf area in certain agricultural crops). Kast Nauki, 24:27-37, 1965.
29. LEVITT, J. Responses of plants to environmental stress. New York, Academic Press, 1972. 697p.
30. LOCKHART, J.A. Kinetics studies of certain anti-gibberellins. Plant Physiology, Lancaster, 37(6):759-64, Nov. 1962.
31. MADRUGA, L.A.N. & RENA, A.B. Variações no teor de prolina livre em folhas destacadas de cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas à desidratação. Revista Ceres, Viçosa, 24(133):217-24, jun. 1977.
32. MULLER, M.W. Efeito do potássio e do cloreto dicloetil-trimetil amônia sobre os níveis de prolina livre e de vitamina C em plantas de arroz submetidas a deficit hídrico. Viçosa, UFV, 1977. 46p. (Tese MS).
33. MURILLO, D.V. Influência do cycocel no desenvolvimento e produção de arroz (*Oryza sativa* L. cv. IAC-25 e IAC-47) cultivadas em solo com baixo teor de umidade. Lavras, ESAL, 1980. 46p. (Tese MS).

34. NEIVA, L.C.S. Influência do potássio sobre a economia de água de quatro cultivares de arroz submetidos a deficit hídrico. Viçosa, UFV, 1979. 43p. (Tese MS).
35. NOGUCHI, Y. & SUGAWARA, T. Potassium and japonica rice, summary of twenty five years research. Japan, University of Tokyo, 1966. 102p.
36. PARK, Y.S.; PARK, C.S.; KIM, Y.S. & KHO, J.Y. Efectos que ejerce la potasa en relación con la aplicación de Wollastonita en el arroz. Revista de la Potasa, Berna, Suiza, Sección 16, 54a. continuación, p. 1-13, 1971.
37. PRUSAKOVA, L.D.; CHIZHOVA, S.I. & ISUKANOVA, L.D. Effect of chlorocholine chloride on resistance to beating down, yield, and grain quality of winter wheat. Soviet Plant Physiology, Moscou, 17(5):917-23, 1970.
38. RENA, A.B. & MASCIOTTI, G.Z. Efeito do deficit hídrico sobre o metabolismo do nitrogênio e o crescimento de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres, Viçosa, 23(2):288-301, 1976.
39. _____ & SPLITSTOESSER, W.E. Proline-dehydrogenase from pumpkin (*Cucurbita moschata*) cotyledons. Physiologia Plantarum, Copenhagen, 32(2):177-81, 1974.

40. ROBERTSON, G.A. & GREENWAY, H. Effects of CCC on drought resistance of *Triticum aestivum* L. and *Zea mays* L.. Annual Botanic, Inglaterra, 37:927-34, 1973.
41. RUSSEL, R.S. & CLARKSON, D.T. La absorción y distribución del potasio em los cultivos. Revista de la Potasa, Berna, Suiza, Sección 3, 39a. continuación, p. 5-6, 1971.
42. SANT'ANNA, R. Curso de laboratório de biologia celular: notas de aula. Viçosa, UFV, Departamento de Biologia, 1979. 20p.
43. STEWART, C.R.; MORRIS, C.J. & THOMPSON, J.F. Changes in aminoacid content of excised leaves during incubation. II. Role of sugar in the accumulation of proline in wilted leaves. Plant Physiology, Lancaster, 41(1):1585-90, Jan. 1966.
44. STODDART, J.L. Chemical changes in *Lolium temulentum* L. after treatment with (2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride, CCC). Journal of Experimental Botany, Oxford, 16:604-13, 1965.
45. STRAIN, H.H.; COPE, B.T. & SVEC, W.A. Analytical procedures for the isolation, identification, estimation, and investigation of the chlorophylls. In: SAN PIETRO A., ed. Methods in Enzymology. 1971. p. 452-76.

46. TOLBERT, N.E. (2-chloroethyl) trimethyl ammonium chloride and related compounds as plant growth substances. II. Effect on growth of wheat. Plant Physiology, Lancaster, 35(3):380-5, May. 1960.
47. WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. & EHLER, S.W. Changes in free proline concentration in sorghum and soybean plants under field conditions. Crop Science, Madison, 14(3):447-50, May/June 1974.
48. WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relations of cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytologist, Cambridge, 49:81-97, 1950.

APENDICE

QUADRO 1 - Resumo das análises de variância (quadrados médios e significância) dos dados referentes às características morfológicas e bioquímicas de plantas de arroz (cultivar IAC-25), avaliados durante a fase de perfilhamento sob um período de deficit hídrico - ESAL, Lavras - MG, 1982

Causas de variação	G.L.	Altura de plantas (cm)	Nº de folhas por planta	Nº de perfilhos por planta	G.L.	Clorofila total ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$)	Teor relativo de água (%)
Potássio (A)	2	9,0380**	0,0085	0,0068	2	102.317,60	550,7971
Cycocel (B)	2	2,3983*	0,0005	0,0025	2	36.102,63	227,2957
Interação AxB	4	1,2931	0,0025	0,0021	4	267.593,80*	132,2121
Erro a	18	0,5780	0,0028	0,0030	18	65.181,46	242,4725
Datas (C)	2	1,5538**	0,5008**	0,4415**	1	4.711.288,00**	13.522,9400**
Interação AxC	4	0,4942	0,0067	0,0055	2	6.594,41	232,8428
Interação BxC	4	0,7341	0,0013	0,0028	2	4.140,97	37,7312
Interação AxBxC	8	0,0956	0,0013	0,0022	4	54.439,41	49,6837
Erro b	32	0,1741	0,0041	0,0024	16	85.395,11	99,7606
C.V. parcela	%	4,26	2,13	2,61		12,67	26,72
C.V. subparcela	%	2,34	2,57	2,35		14,50	17,14

QUADRO 2 - Resumo das análises de variância (quadrados médios e significância) dos dados referentes às características morfológicas e bioquímicas de plantas de arroz (cultivar IAC-25), avaliados durante a fase de perfilhamento em condições hídricas normais - ESAL, Lavras - MG, 1982

Causas de variação	G.L.	Altura de plantas (cm)	Nº de folhas por planta	Nº de perfilhos por planta	G.L.	Clorofila total ($\mu\text{g}/\text{dm}^2$)	Têor relativo de água (%)
Potássio (A)	2	71,7529*	0,0231	0,0097	2	88.445,31	125,5546
Cycocel (B)	2	2,7469	0,0200	0,0135	2	13.214,38	142,4366
Interação AxB	4	2,1505	0,0080	0,0068	4	25.363,53	55,5211
Erro a	18	4,0975	0,0133	0,0050	18	90.865,09	315,9313
Datas (C)	2	97,6571**	0,6414**	0,5282**	1	15.948.030,00**	6.063,8380**
Interação AxC	4	10,7888**	0,0079	0,0049	2	130.902,10	26,7970
Interação BxC	4	0,3474	0,0147	0,0038	2	2.153,22	113,4029
Interação AxBxC	8	0,3778	0,0101	0,0027	4	17.338,10	32,7938
Erro b	32	0,5993	0,0061	0,0075	16	93.074,58	85,8399
C.V. parcela	%	10,74	4,53	3,30		13,97	22,66
C.V. subparcela	%	4,11	3,08	4,03		14,14	12,46