

ANÁLISE DO POTÁSSIO EM PLANTAS E SUA INTERPRETAÇÃO

A. Loué

1. INTRODUÇÃO: O POTÁSSIO E A ANÁLISE DA PLANTA

As dificuldades de interpretação de análise de solo, em relação ao de potássio, são limitadas a um certo número de fatores entre os quais os principais parecem ser:

- a) A natureza do complexo coloidal e as possibilidades de liberação de K ou fixação de K.
- b) A estrutura do solo e o suprimento de água que muito influenciam a difusão e movimentos do K.
- c) A quantidade de solo explorado pelas raízes, que constitui uma das maiores dificuldades para a interpretação da análise do solo no caso de culturas perenes e que tem contribuído bastante em promover a análise química da planta.

d) A capacidade inerente de absorção dos sistemas radiculares da planta, de acordo com suas capacidades de troca.

Estas dificuldades levam a pensar que análise química da planta poderia ser uma forma de vencer a dificuldade de se medir a absorção real de K, quer seja a nível de um órgão escolhido, ou a nível de uma análise total da planta.

A análise química da planta, em relação a fertilização tem diferentes finalidades:

a) Permitir a interpretação de resultados experimentais quando as amostras vêm de experimentos de campo ou de vasos. O experimento de campo constitui a base ideal para o controle de nutrição mineral dos vegetais, devido às mudanças introduzidas pelos tratamentos bem controlados. Estes experimentos são necessários para a diagnose do K na planta (34).

b) Permitir o conhecimento das necessidades minerais (K por exemplo) de diferentes culturas, durante os vários estágios de crescimento ou na colheita.

c) Proporcionar o estudo dos problemas de qualidade quando a análise diz respeito a parte comercial da cultura.

Na verdade pode-se dizer que no caso do potássio, a análise química da planta a fim de diagnosticar a nutrição mineral, é provavelmente o método de maior utilidade pelas seguintes razões:

a) O potássio é, na maioria das vezes, o elemento mais abundante na planta; ele tem um papel fundamental no equilíbrio de ânions/cátions.

b) Muitas plantas mostram uma absorção preferencial, em relação ao potássio.

c) O potássio movimenta-se facilmente no vegetal, das folhas velhas em direção às mais jovens e de acordo com o seu estágio de crescimento. O problema na escolha da folha a amostrar, pode ser facilmente resolvido para o potássio.

d) O potássio é um elemento cuja absorção é muito influenciada pela sua quantidade no solo e pelas doses dos fertilizantes potássicos aplicados. Deste fato e do exposto nos itens a e b, é que existem boas correlações entre o potássio na planta e o potássio trocável no solo, e entre o potássio na planta e o K_2O aplicado.

e) Devido ao exposto no item d existe uma possibilidade de correlação entre o K na planta e as produções, e se conseguirmos correlações entre produções e quantidade de potássio no solo ou K_2O aplicado ou de preferência quantidade de K no solo + K_2O aplicado.

f) Para o potássio, os quadros demonstrativos (balanço entre ganhos e perdas) são mais diferenciados que para os outros elementos de acordo com os tratamentos experimentais.

Este trabalho trata apenas de uma parte do tópico geral da análise da planta já que refere-se ao potássio, somente em relação a nutrição e produção deste elemento.

Há 20 anos, a análise química da planta e a diagnose foliar são objetos de simpósios internacionais cujos anais são a mais útil documentação nesta matéria. Como exemplo temos os simpósios "Análise da Planta e Problemas dos Fertilizantes" (74a - 74b - 74c - 74d - 74e - 74f) e desde 1964 os simpósios europeus de "Nutrição Mineral e Controle da Fertilização (73a - 73b - 73c - 73d - 73e).

Além disso, existem livros que tratam da análise da planta tais como GOODALL e GREGORY (11), CHAPMAN (6) e "Soil testing and Plant Analysis" (75).

O trabalho é apresentado de acordo com a parte da planta analisada. É raro que uma amostragem específica seja boa para o K e não o seja a outros elementos. Todavia, a metodologia de análise do vegetal deve localizar para o K, o órgão do vegetal cujos teores deste elemento mostrem as variações mais coerentes comparadas com as doses de K_2O aplicado.

2. A ANÁLISE TOTAL DA PLANTA

Praticamente, a análise total da planta refere-se somente a culturas perenes de crescimento limitado. Mas, alguns estudos têm sido conduzidos em culturas permanentes, em tópicos mais específicos. A análise total do vegetal ocorre na época da colheita ou durante os estágios de crescimento.

2.1. Análise do vegetal na época da colheita — (estudos sobre balanço entre ganhos/perdas de potássio)

O método é muito comum quando as amostras são retiradas de capins ou forragens, de milho, de hastes de cereais, na época da colheita, em canteiros experimentais. A análise da planta na sua maturidade nos dá poucas informações a respeito da nutrição de K durante os estágios de crescimento, mas isto permite estabelecer, com precisão, as exportações, se não as necessidades de diferentes culturas para diferentes níveis de produção e também sob diferentes condições de solos, fertilização e clima.

Tal análise ajuda a estabelecer quadros demonstrativos (balanço entre ganhos/perdas) de K com uma boa precisão no caso de experimentos com fertilizantes.

2.1.1. Exemplo de balanço preciso entre ganhos/perdas para o K

A Tabela 1 mostra um exemplo de balanço do potássio num experimento na parte ocidental da França. Amostras de vegetais foram tomadas na época da colheita em cada parcela. Amostras de solo e de subsolo também foram analisadas depois de 6 anos de experimento e no seu final (outubro, 1972). Desta forma podemos comparar o saldo teórico de potássio (exportado pelas produções/introduzidas pelos fertilizantes) com a evolução do K trocável no solo.

O quadro demonstrativo é bem negativo, para o K0 e K1; levemente positivo para K2 e altamente positivo para K3. Em termos de K_2O trocável, o nível original (antes da experiência), 0,07%, foi mantido com K2.

Tais estudos geralmente nos mostram que o ponto de equilíbrio para o K_2O trocável, tinha boa correlação com o ponto zero do balanço quantidade exportada/introduzida, (39).

2.1.2. O uso da determinação de K em toda a planta em estudos de nutrição e fertilização em culturas forrageiras

Em experimentos de adubação de culturas forrageiras ou de pastagens, manejadas por cortes, é muito útil acompanhar o teor mineral

TABELA 1. Balanço da fertilização potássica em Pont Saint Martin (Loire Atlantique). (Ganhos e perdas em kg de K_2O /ha)

	Pastagem		Repoilhos	Batatas	Trigo	Cevada	Pastagem		Trigo	Milho	Milho	Milho	1973
	1963	1964					1965	1966					
K0	- 154	- 72	- 43	- 20	- 18	- 17	- 117	- 60	- 7	- 12	+ 18	- 10	
K1	- 101	- 58	- 35	- 43	+ 15	+ 10	- 121	- 37	+ 6	+ 27	+ 73	+ 2	
K2	- 50	- 12	- 16	- 26	+ 58	+ 43	- 125	+ 5	+ 33	+ 115	+ 153	+ 11	
K3	+ 21	+ 22	+ 42	+ 25	+ 105	+ 73	- 88	+ 122	+ 81	+ 192	+ 255	+ 52	
Balanço para 5 culturas (1963-4-5-6)													
K_2O aplicado	K ₂ O		o/oo de K_2O trocável fim de 1966		K ₂ O		Balanço total 1963/73		o/oo de K_2O trocável out. 1973				
	aplicado	expor-tado	Solo	Subsolo	Aplicado	expor-tado	Saldo	Subsolo	Solo	Subsolo			
0	307	- 307	0,03	0,03	100	612	- 512	0,031	0,021				
450	672	- 222	0,05*	0,04	1090	1353	- 263	0,048*	0,030				
900	946	- 46	0,06**	0,05*	2080	1891	+ 189	0,095**	0,043**				
1350	1135	+ 215	0,13**	0,06**	3070	2168	+ 902	0,181***	0,067***				

para cada tratamento de fertilizante e para cada corte. Isto é, particularmente, importante para o potássio já que culturas forrageiras têm grande necessidade deste elemento. É possível seguir a evolução do teor de K de acordo com os níveis dos fertilizantes (principalmente N e K_2O), para o número de cortes e para a idade da cultura.

A evolução do teor de potássio pode ser um índice melhor do seu nível no solo do que o próprio K trocável.

2.1.2.1. Exemplo 1 — Níveis de K na planta e balanço de K

O exemplo mostra uma experiência em *Dactylis glomerata* acompanhado durante 10 anos na Estação Experimental de Aspach (no nordeste da França) com um delineamento experimental em 4N x 2P x 4K ao acaso. Aqui consideramos apenas os 4 tratamentos extremos de NxK.

A Figura 1 mostra a evolução da produção, do teor de potássio e das quantidades de K_2O . Os efeitos dos tratamentos nas produções nos permite interpretar a evolução do teor de potássio e dos balanços de K_2O .

Também é possível estudar a correlação entre os teores de K das plantas e os balanços de K_2O . A curva representativa do teor de K no qual diz respeito às quantidades de K_2O acumuladas poderia ser representada por uma curva parabólica (Figura 2).

2.1.2.2. Exemplo 2: Teor de potássio relacionado ao número de cortes

A Tabela 2 mostra a evolução do teor de K em uma consorciação entre uma leguminosa (alfafa) e uma gramínea (festuca) em uma rotação de culturas de 8 anos (4 anos de milho para grãos, seguido por 4 anos de consorciação de forrageiras).

A tabela nos dá uma visão da nutrição de K em consorciação de forrageiras. A área impressa em *itálico* corresponde aos teores de K inferiores a 0,9% (uma faixa muito deficiente com sintomas de carência geralmente presente). A área impressa em *negrito* corresponde aos teores de K acima de 1,8% (faixa adequada). A área intermediária (0,9 a 1,8% de K) inclui a zona de "fome oculta" e a de nutrição intermediária.

A evolução do teor de K indica uma perda progressiva de corte à corte. No 4.º ano, mesmo a taxa mais alta de K_2O (K 250) não proporcionou um nível apropriado de K na planta. O balanço total de K_2O nos 4 anos indica uma carência muito expressiva, aumentando com as taxas de K_2O , o que está relacionado com a evolução de K_2O trocável do solo durante o período (Tabela 2). Neste exemplo, a análise do K na planta foi um instrumento muito útil.

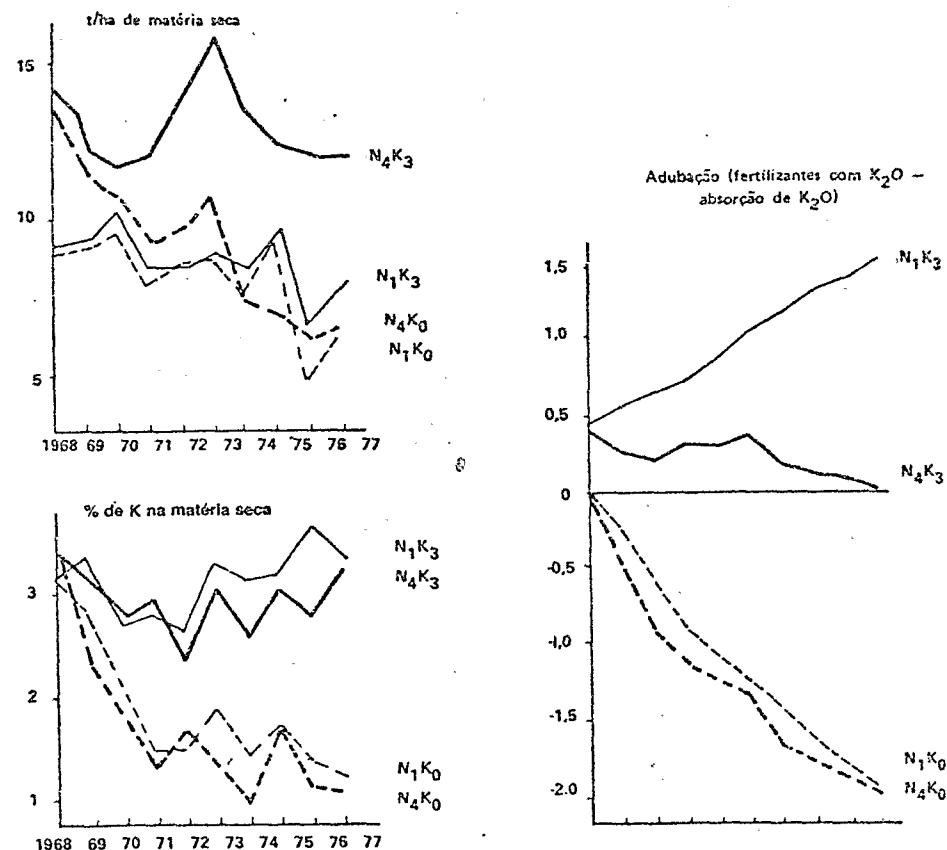


FIGURA 1. Evolução da produção, do teor de K e do balanço de K (experimento em *Dactylis glomerata*), Estação Experimental de Aspach.

2.2. A análise total da planta durante todo o ciclo de crescimento (curvas de absorção do K)

A análise da planta nos diferentes estágios de crescimento traz mais informações sobre a nutrição da planta do que a análise da planta na sua maturidade. Mas o método é limitado apenas para fins de pesquisa.

2.2.1. Curvas de absorção de K no milho

A distribuição de elementos nutricionais no milho durante o seu crescimento foi intensivamente estudada por SAYRE (63) e posteriormente por HANWAY (13).

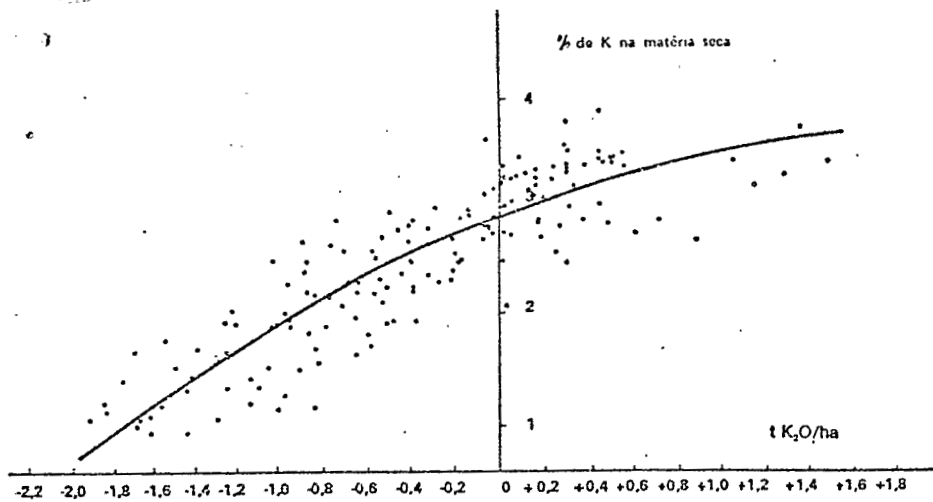


FIGURA 2. Relação entre % de K na matéria seca e o balanço de K_2O em *Dictyis glomerata*

Na França, estudos comparativos de absorção mineral em diferentes variedades foram realizados por LOUÉ (28, 29, 40).

A Figura 3 representa a evolução do teor de K em tal experimento. Neste experimento, a partir de 6 a 21 de junho os teores de K são os mais elevados. Daí por diante, eles decrescem progressivamente até a maturidade. Os colmos têm um comportamento diferente do das folhas. No fim de agosto ou início de setembro, eles possuem teores similares de K, mas na maturidade, as folhas estão muito mais exauridas do que os colmos. Há acúmulo de potássio nos colmos, proveniente das folhas.

A absorção total de K_2O é parecida para as duas variedades e bem mostradas pelas curvas da Figura 4.

Estas curvas são bem típicas para a absorção de K.

a) O potássio é tão abundante próximo ao final de julho como na maturidade.

b) O período de absorção máxima de K_2O não ocorre na maturidade mas, sim, 3 semanas após a floração, na época em que os órgãos vegetativos alcançam seu peso máximo de matéria seca (de 15 a 25 de agosto no estudo presente).

c) A acumulação total de K_2O decresce a partir daquele ponto até a maturidade. A diminuição de K (diferença entre o ápice da curva e a acumulação final líquida na colheita) depende das variedades, dos experimentos, e do clima no período envolvido. A absorção máxima de K_2O por uma cultura de milho é, em média, 20 a 50 kg de K_2O por hectare maior do que a absorção final na maturidade.

10 TABELA 2. Experimentos em Pau (Sudoeste da França) — Teor de K no feno (% de K em feno com 14% de água)

	Kg de K_2O /ha/ano		K0	K50	K100	K150	K200	K250
ano (1)	1.º corte	2.º corte	0,77	1,56	2,31	2,48	2,83	3,12
	3.º corte		0,55	0,91	1,59	1,85	1,97	2,03
			0,66	1,15	2,63	2,84	3,12	3,26
	(3 cortes)		0,62	1,15	2,08	2,29	2,56	2,70
	t/ha de feno		5,17	8,17	7,74	8,48	9,80	9,81
ano (2)	1.º corte		0,46	1,11	2,07	2,50	2,69	2,85
	2.º corte		0,44	0,72	1,72	2,23	2,37	2,76
	3.º corte		0,53	0,81	1,44	1,91	2,21	2,40
	4.º corte		0,62	0,70	1,06	1,26	1,74	2,03
	5.º corte		0,52	0,62	0,97	1,35	1,79	2,33
	(5 cortes)		0,51	0,85	1,56	1,99	2,25	2,53
	t/ha de feno		9,17	13,16	14,99	16,87	17,91	19,08
ano (3)	1.º corte		0,41	0,69	1,41	1,80	2,35	2,55
	2.º corte		0,30	0,46	0,86	1,38	1,88	2,30
	3.º corte		0,29	0,50	0,75	0,96	1,35	1,72
	4.º corte		0,38	0,64	0,78	0,92	1,15	1,41
	5.º corte		0,33	0,50	0,64	0,76	1,06	1,14
	6.º corte		0,30	0,41	0,52	0,64	0,86	1,18
	(6 cortes)		0,34	0,56	0,94	1,22	1,60	1,86
	t/ha de feno		7,14	11,80	14,22	16,05	17,46	19,25

TABELA 2. Continuação

	Kg de K ₂ O/ha/ano	K0	K50	K100	K150	K200	K250
ano (4)							
1.º corte		0,40	0,85	1,27	1,51	1,97	2,17
2.º corte		0,45	0,51	0,77	1,01	1,38	1,67
3.º corte		0,27	0,44	0,78	0,89	1,16	1,51
4.º corte		0,28	0,34	0,65	0,67	0,92	0,98
5.º corte		0,30	0,34	0,49	0,56	0,75	0,95
6.º corte		0,26	0,34	0,46	0,53	0,67	0,76
(6 cortes)		0,33	0,53	0,82	0,96	1,27	1,47
t/ha de feno		4,52	12,40	14,48	15,81	17,55	18,99
média de t/ha de feno		6,50	11,38	12,85	14,30	15,68	16,78
4 anos		36	101	194	264	347	416
Kg K ₂ O/ha/ano		0,46	0,73	1,24	1,53	1,83	2,06
% K no feno		-144	-204	-378	-456	-588	-664
Balanço 4 anos							
o/oo de K ₂ O trocável - começo		0,037	0,042	0,077	0,100	0,117	0,130
o/oo de K ₂ O trocável - fim		0,040	0,037	0,042	0,037	0,042	0,047

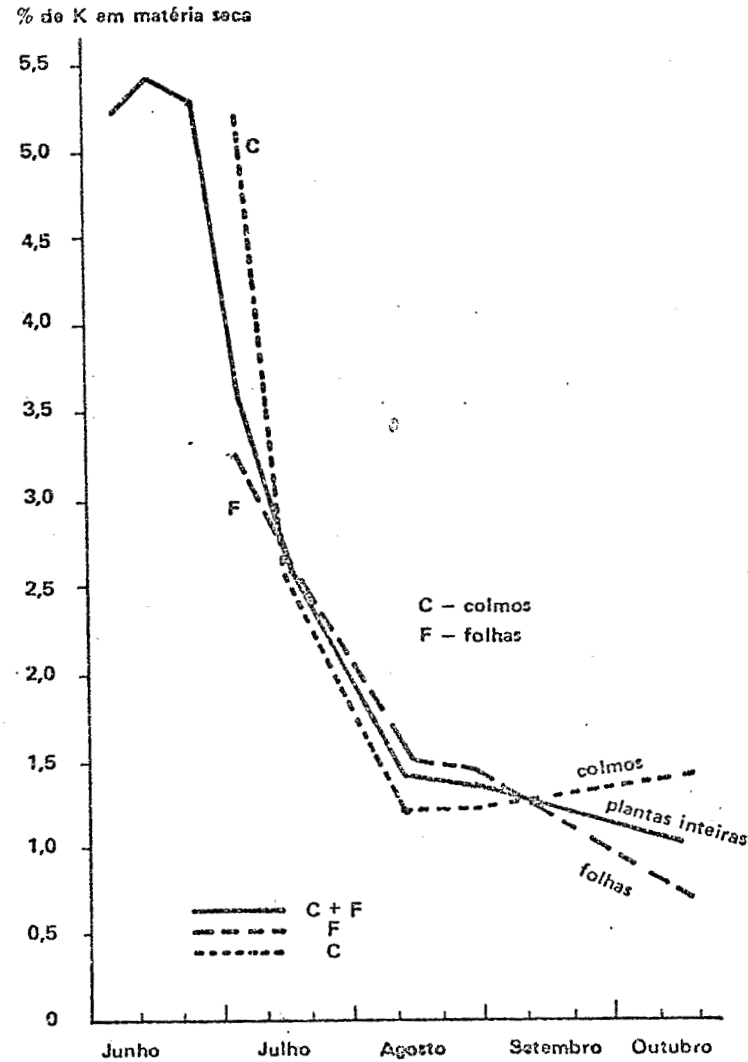


FIGURA 3. Evolução do potássio em órgãos vegetativos do milho (médias de 4 variedades)

2.2.2. Curvas de absorção de potássio no trigo

A análise química do trigo durante os estágios de crescimento foi estudada da mesma forma. Nota-se na Figura 5 uma perda expressiva de K das partes aéreas no período da formação dos grãos. A absorção máxima de K corresponde ao período de suprimento (enchimento) dos

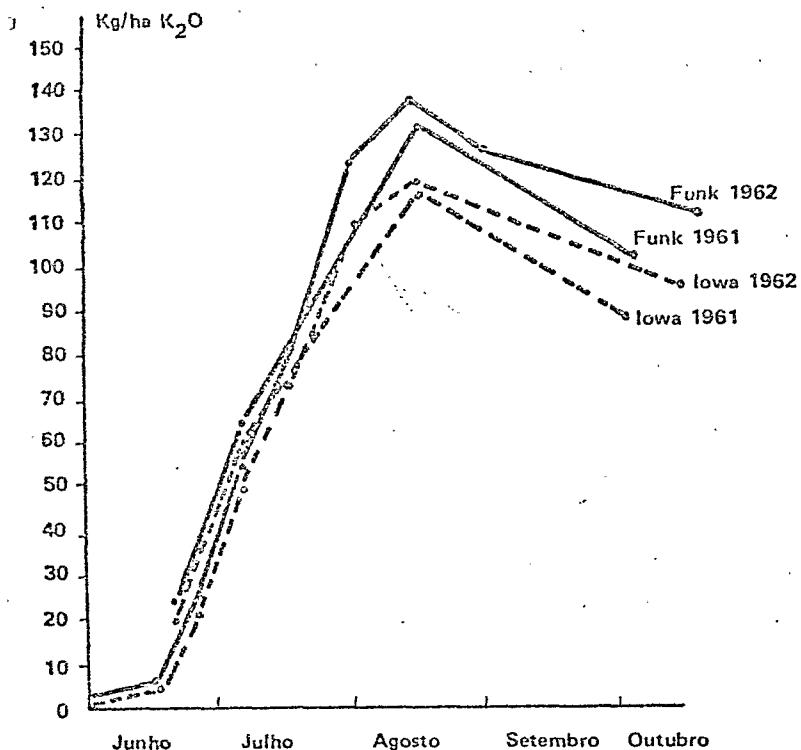


FIGURA 4. Evolução de absorção de K₂O pelo milho

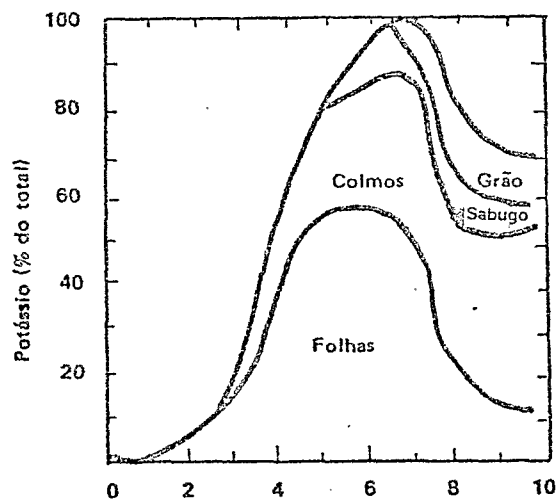


FIGURA 5. Distribuição do potássio nas várias partes do trigo de inverno em diferentes estágios de desenvolvimento (WALDREN E FLOWERDAY).

grãos. A maior parte do K perdido vem das folhas. A perda de potássio pelos colmos e espigas é comparativamente pequena (71). Esta "perda" de potássio pelos cereais entre o período de absorção máxima de K e a colheita é principalmente devido à lixiviação causada pela chuva. Em experimentos na Bélgica, as perdas de K₂O foram entre 95 e 175 kg de K₂O/ha (69).

3. ANÁLISE DOS ÓRGÃOS COMERCIAIS

A análise da parte "comercial" a planta não é muito útil no entendimento da nutrição do K porque estes órgãos são geralmente locais de acumulação de reservas com um teor de K relativamente independente das doses aplicadas de K₂O dos fertilizantes. Todavia, há tabelas com a absorção de K₂O por culturas diferentes, de acordo com as produções e que são muito úteis aos agricultores.

3.1. Os grãos dos cereais

Os teores de K nos grãos de trigo, de cevada e do milho apresentam poucas variações e pouca influência da fertilização com K₂O. Em vários milhares de amostras experimentais (1966 a 1980) nós obtivemos os seguintes níveis (% de K de matéria seca de grão e de palha na colheita).

Trigo: grão (25 experimentos) $K_m = 0,506\%$; palha (42 experimentos) $K_m = 0,94\%$ e efeito de K₂O = 0,78 à 1,04% de K.
Cevada: grão (25 experimentos) $K_m = 0,574\%$; palha (31 experimentos) $K_m = 1,16\%$ e efeito de K₂O = 0,92 a 1,34% de K.

A influência dos anos (clima) é muito mais importante do que o efeito dos fertilizantes como aparece na Tabela 3, para 10 anos, com tratamentos de 9N x K e a mesma variedade de trigo e cevada.

A Tabela 3 mostra, também, que os teores de K na palha são muito mais variáveis e influenciadas pelas doses de K₂O aplicados.

3.2. Os tubérculos da batata

O autor tem acompanhado o efeito da fertilização no teor mineral dos tubérculos em 30 experimentos permanentes (33, 35, 36). As Figuras 6 e 7 mostram a relação do teor de potássio nos tubérculos com as doses aplicadas de K₂O e a relação das produções dos tubérculos com o teor de K nestes órgãos.

Uma tentativa foi feita para se estabelecer valores de concentração de nutrientes para 4 classes nutricionais no teor de K nos tubérculos:

TABELA 3. Efeitos de N, K e efeitos do ano (clima) no teor de K do grão e da palha (Estação Experimental de Aspash, França)

% de K na matéria seca no grão e palha	trigo		cevada	
	Grão	Palha	Grão	Palha
Média geral	0,46	0,75	0,53	1,05
variação devido a níveis de 3N	0,47 a 0,45	0,72 a 0,78	0,54 a 0,53	1,11 a 1,01
variação devido a níveis de 3K	0,46 a 0,45	0,65 a 0,83	0,53 a 0,54	0,86 a 1,21
variação devido a tratamentos 9N x K	0,47 a 0,44	0,63 a 0,90	0,55 a 0,52	0,79 a 1,22
variação devido "a anos"	0,43 a 0,51	0,31 a 1,03	0,47 a 0,60	0,27 a 1,57
variações nos tratamentos x anos	0,39 a 0,56	0,26 a 1,26	0,44 a 0,65	0,24 a 1,85

- a) faixa de deficiência aguda: < 1,35%
- b) faixa baixa: 1,35 a 1,70%
- c) faixa média: 1,70 a 2,00%
- d) faixa adequada: > 2,00%

3.3. Fumo

O teor mineral na folha do fumo tem uma grande influência na qualidade e no poder de queima da folha (o cloro é particularmente prejudicial e o K altamente benéfico). Boa qualidade e combustibilidade da folha estão geralmente associadas aos níveis de K nas folhas entre 4,5 a 5,0%.

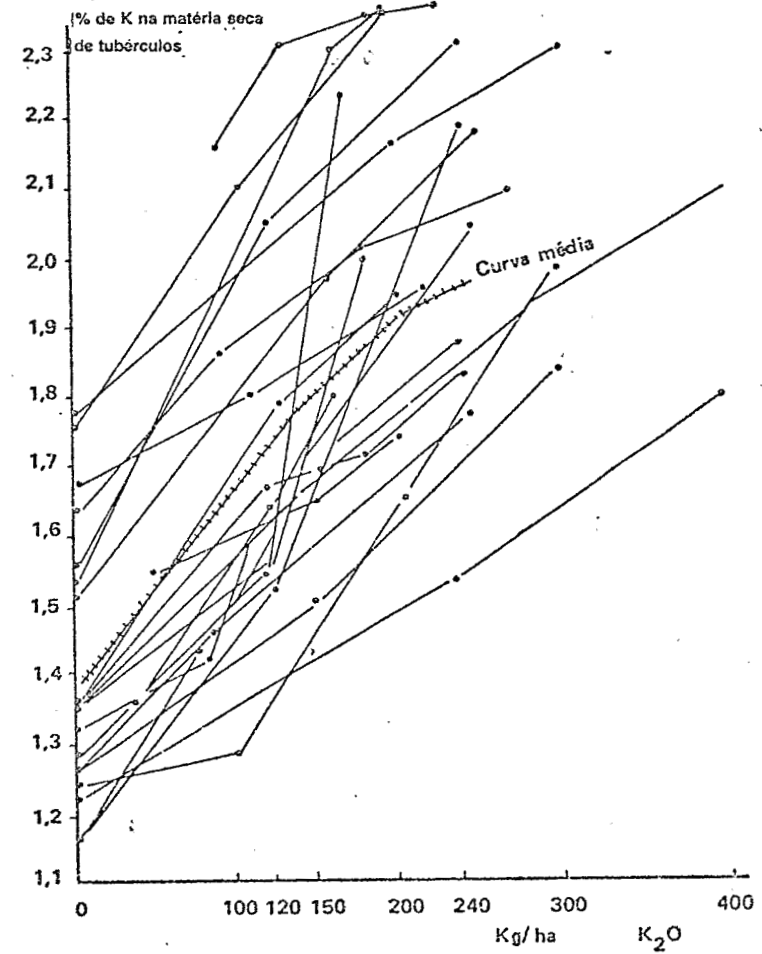


FIGURA 6. Relação entre o teor de K nos tubérculos e as doses de K₂O aplicadas.

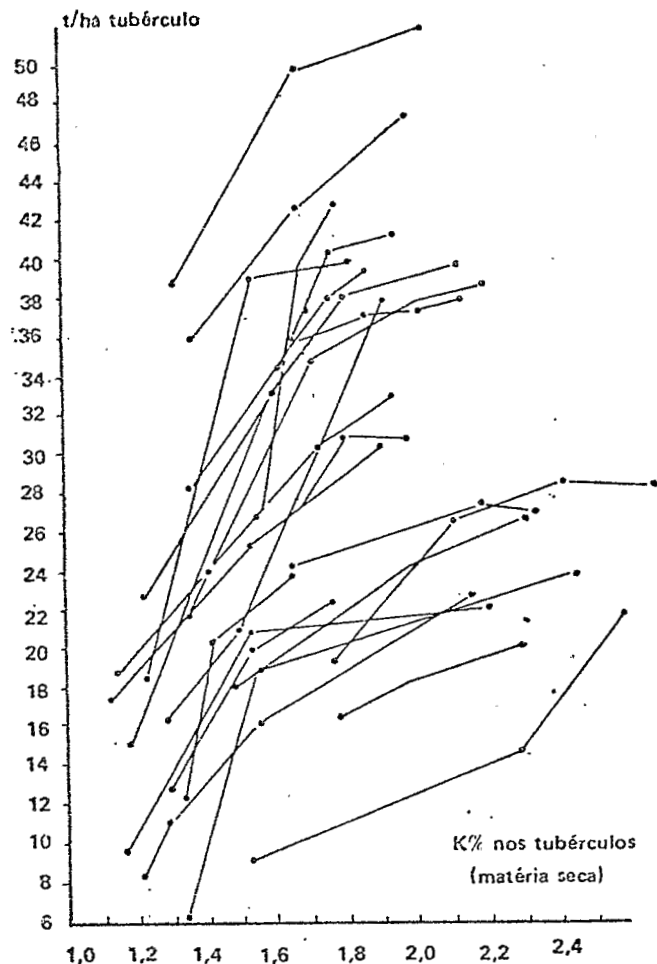


FIGURA 7. Relação entre produção e teor de K dos tubérculos

A Tabela 4 indica os níveis foliares de K num experimento incluindo 3 níveis de K_2O (em forma de K_2SO_4). A distribuição do K de acordo com a posição das folhas na planta é típica e é claro que a interpretação dos níveis do elemento na folha deve levar em consideração a classe foliar da amostra colhida.

4. ANÁLISE DA PLANTA DO PONTO DE VISTA DA DIAGNOSE POTÁSSICA

Com o intuito de estudar a nutrição mineral da planta, visando

TABELA 4. Experimentos em Push (Sudoeste da França): %K na matéria seca de folhas de fumo de fumo

	K0	K150	K300
folhas inferiores	3,03	4,12	5,11
folhas médias	3,85	4,51	5,32
folhas superiores	4,26	4,73	5,37

uma diagnose, um determinado órgão da planta é analisado; na maioria das vezes, a folha é mais adequada para refletir o estudo nutricional do vegetal.

Para os inúmeros tipos de elementos nutricionais que uma dada cultura necessita para crescer mais ou menos bem, existe uma faixa nutricional que leva à produção máxima e que representa a nutrição ótima desta cultura.

O conceito de nutrição ótima refere-se, ao mesmo tempo, às porcentagens de vários elementos na folha e às inter-relações destes elementos. O método de interpretação da diagnose foliar envolve, ao mesmo tempo, os conceitos de níveis críticos e de interações.

A meta principal da diagnose foliar é estudar os relacionamentos entre a concentração do nutriente e a produção da cultura ou desenvolvimento da planta.

A relação da composição mineral do tecido com o crescimento ou produção é geralmente representada como na Figura 8 com faixas sucessivas de, deficiência muito severa (ab), deficiência severa (bc), deficiência (cd), área (nível) crítica (de), início de excesso (ef), toxicidade (f). A área crítica começa no final da área de "fome" oculta.

Definições ou conceitos diferentes sobre o nível crítico têm sido formulados (37). Aqui nós consideramos o nível crítico como a porcentagem do elemento em uma folha na qual, o suprimento deste nutriente, trará, provavelmente, aumento de produção.

A fim de determinar os níveis críticos é absolutamente necessário ter um grande número de experimentos com fertilizantes, onde será possível comparar a influência de fertilizantes nas produções e em teores minerais nas plantas.

A primeira parte da curva teores \times produções (teores associados a uma forte deficiência e a uma deficiência caracterizada) é, em geral, estudada com boa precisão. No caso do potássio, em particular, em algumas culturas os seus teores estão associados com sintomas claros de deficiência, outras com sintomas menos evidentes e outras ainda com sintomas mais leves.

Mas o problema de determinação do nível crítico ou área crítica é o mais difícil. Níveis críticos para um elemento são influenciados

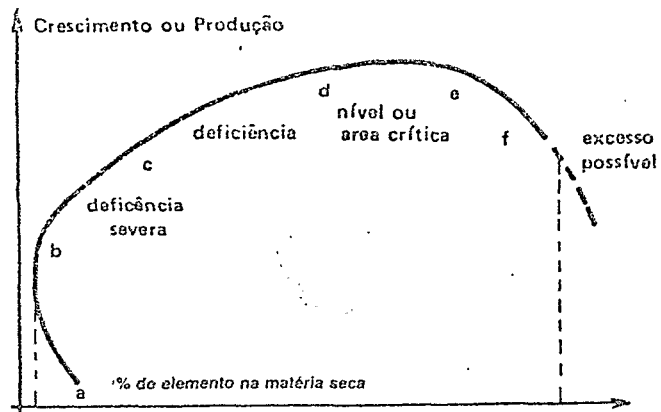


FIGURA 8. Relação esquemática entre a produção da cultura e a concentração de nutrientes

por níveis de outros elementos. Os níveis críticos de potássio podem ser representados por uma série de níveis deste elemento dependendo dos níveis dos principais fatores que interagem com o potássio.

Examinaremos aqui os níveis críticos de K na diagnose das principais culturas e tentaremos interpretá-los com as funções fisiológicas do potássio.

4.1. Níveis críticos de potássio para algumas importantes culturas temperadas

4.1.1. Nível crítico de K para diagnose foliar em milho.

A literatura é muito abundante no que diz respeito à diagnose foliar o milho (40). Em nossas investigações, amostras de folhas, tomadas abaixo da espiga, foram obtidas de 60 plantas por área ou canteiro. A coleta foi executada quando os "cabelos" do milho floresceram (30, 40).

Os estudos de nutrição potássica do milho, em função dos níveis do elemento nas folhas são cada vez mais frequentes. (TYNER 1946 (68), HANWAY 1962 (13), MELSTED 1969 (51), WALKER e PECK 1975 (72)).

Os estudos relatados pelo autor desde 1961 permitiram um melhor enfoque deste problema (28, 29, 40).

A Figura 9 mostra a relação entre produção de grãos em canteiros e o teor de K na folha. Um nível menor que 0,70% indica uma defi-

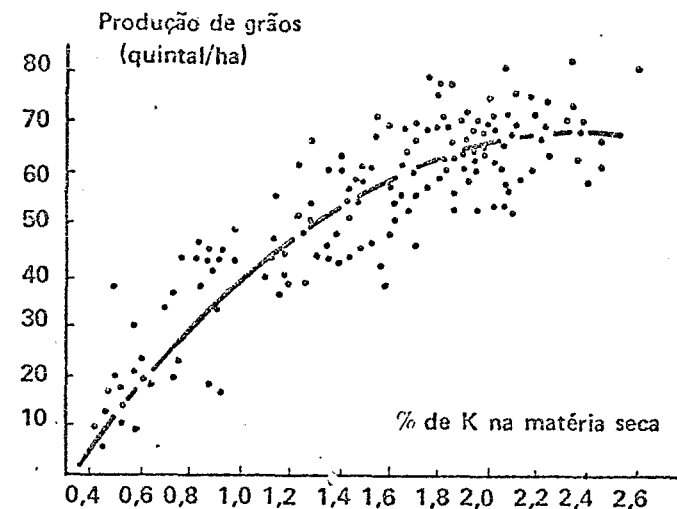


FIGURA 9. Relação entre produção de grãos (15% umidade) e teor de K na folha abaixo da espiga na época da floração

ciência aguda e médias de produção menores que 25 quintais por ha (2,5 ton/ha). Estas produções ocorreram onde os tratamentos K0 foram repetidos em solos que inicialmente eram muito pobres em potássio trocável.

Amostras provenientes de parcelas K1 (aproximadamente 80kg de K_2O/ha) tinham um teor de potássio que variava entre 1,30 e 2,00% de acordo com o solo e o ano, com um valor médio para K de 1,65%. Os tratamentos K2 recebendo 120, 150 ou 160 kg de K_2O/ha geralmente apresentaram um teor adequado de K na folha, entre 1,80% e 2,75%, com um valor médio de K = 2,05%.

A Figura 9 sugere que a relação entre produção e o teor de potássio na folha não é linear, mas curvilínea. Para níveis, variando de 0,4 à aproximadamente 1,0%, áreas de "fome" aguda de potássio e de grande deficiência, a correlação da produção com o nível de potássio é muito alta. Numa segunda área, correspondendo a aproximadamente 1,0 a 1,5% a correlação permanece definida. Acima de 1,6 - 1,7% há uma acumulação de pontos. Graficamente poder-se-ia fixar o nível crítico a 1,7% , o teor de K acima do qual não há nenhuma correlação aparente entre o nível de K na folha em questão e produção da cultura.

Na verdade, é muito difícil fixar um teor exato que possa ser considerado como um nível crítico do nutriente.

No caso do potássio, um catión de absorção preferencial, e

um princípio geral que além de um certo nível, qualquer cálculo sobre uma relação entre produção e nível do K deve ser ilusório. Seria muito melhor referir-se a uma área crítica de 1,7 a 2,0% por exemplo. Quando o teor de K excede a aproximadamente 2,0%, o consumo adicional deste elemento não seria traduzido em forma de maior produção. Acima deste ponto o equilíbrio entre os 3 maiores cations torna-se importante.

Mas a própria área crítica pode depender de diferentes condições, como por exemplo suprimento de água.

Também foi possível estudar a relação entre produção e potássio na folha em caso de produções superiores a 8t/ha. A Figura 10 mostra esta relação para 211 amostras para diagnose foliar, de um experimento executado em Pau, no sudoeste da França, durante 13 anos (a Figura 9 referiu-se à diferentes experimentos sob condições de solo também muito diversas). A Figura 10 mostra claramente que altas produções correspondem a níveis de K superiores a 1,8 ou 1,9%, de modo que a área crítica para altas produções podem ser propostas como de 1,8 a 2,0% se não de 1,9 a 2,2% de K.

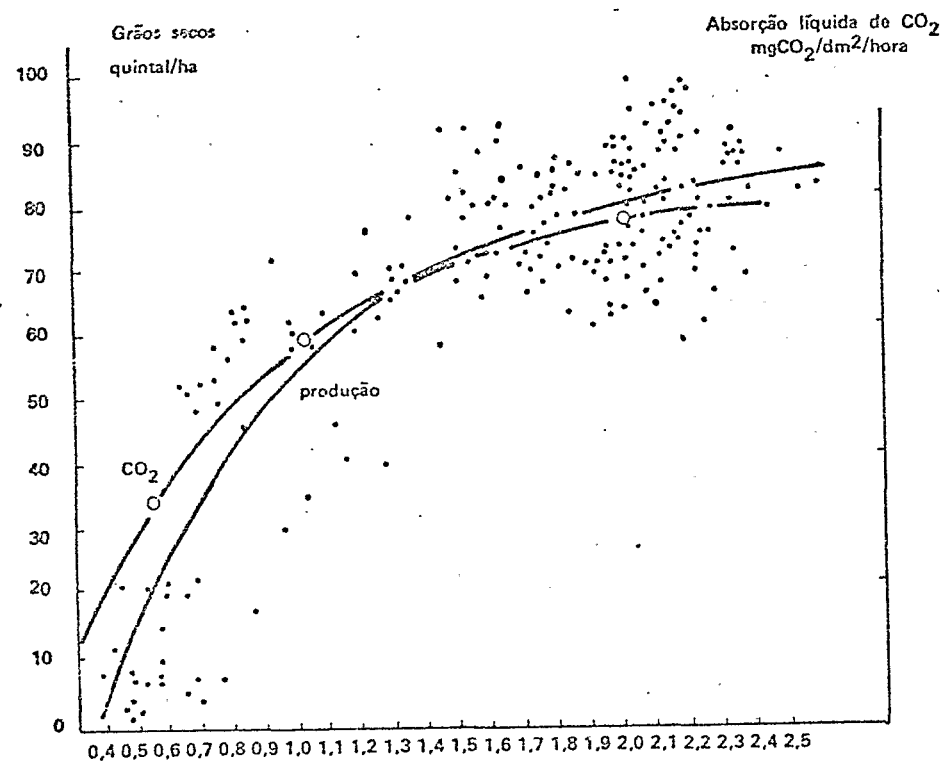


FIGURA 10. Relação entre produção de grãos (15% de umidade) e o teor de K na folha no experimento em Pau

4.1.2. Nível crítico de K em diagnose foliar de trigo e cevada

Estudos sobre diagnose foliar de trigo foram iniciados pelo autor em 1964 e como amostragem foi adotada a segunda ou a terceira folha, sob a espiga. Algumas dificuldades apareceram para o potássio no que diz respeito ao perfilhamento e seu efeito de diluição ou de concentração (32).

Uma interpretação precisa de níveis de K em diagnose foliar de cereais deve levar em consideração a nutrição nitrogenada e os efeitos da aplicação de N e K na população de plantas. (O nível crítico de K é geralmente aumentado com as doses de nitrogênio aplicado).

A Figura 11 refere-se aos resultados médios (efeito principal de K) para 52 experimentos permanentes na França (Fatorial mais frequente $\bar{N} \times \bar{K}$ ou $\bar{N} \times \bar{P} \times \bar{K}$). A Figura 11a mostra o efeito de K_2O nas produções e no teor de K nas folhas por meio de funções parabólicas de produção (para simplificar, os resultados são apresentados baseados em 3 níveis K_0, K_{80}, K_{160} , mas deve ser notificado que a maioria dos experimentos envolveu 4 níveis de K_2O).

A produção máxima é 47,5q/ha (4,7 ton/ha) com K_{134} e o nível foliar correspondente de 2,6% de K (deve-se dizer que em experimentação com mais de 20 anos as produções médias são muito inferiores àquelas obtidas no presente, devido ao progresso em variedades e no manejo da cultura).

A Figura 11b mostra a relação entre produção e o teor de K na folha. A produção máxima corresponde a 2,8% de K e a área hachurada representa a zona crítica da amostra usada. O teor médio foliar associado com produções superiores a 6 ton/ha foi de 2,7% de K.

Estudos similares têm sido conduzidos pelo autor com a cevada. Na média dos 28 experimentos fatoriais, de 1967 a 1978, os teores de K nas folhas (com o mesmo método de amostragem do trigo) foram respectivamente para o $K_0, K_{80}, K_{120}, K_{160}$: 1,56; 2,20; 2,41; 2,60% de K.

A área crítica para o K poderia ser de 2,4 a 2,6% de K.

4.1.3. Nível crítico de K para a alfafa

Dados publicados mostram grandes variações para os teores de K no tecido da planta correspondentes à níveis críticos (1,5 a 2,4% de K). KIMBROUGH *et al.* em 1971, investigaram a relação entre K na planta da alfafa e as produções, nos diferentes estágios de maturidade. O percentual de K na forragem decaiu agudamente com o avanço da maturidade; isto não ocorreu no tecido da folha. A amostragem do K na época da colheita subestimou o nível crítico para produções elevadas (20).

MARTIN e MATOCHA consideram que o valor crítico mais baixo provém dos dados de casas de vegetação do que a partir de experimento de campo (47). Apesar destas dificuldades (efeitos sazonais, está-

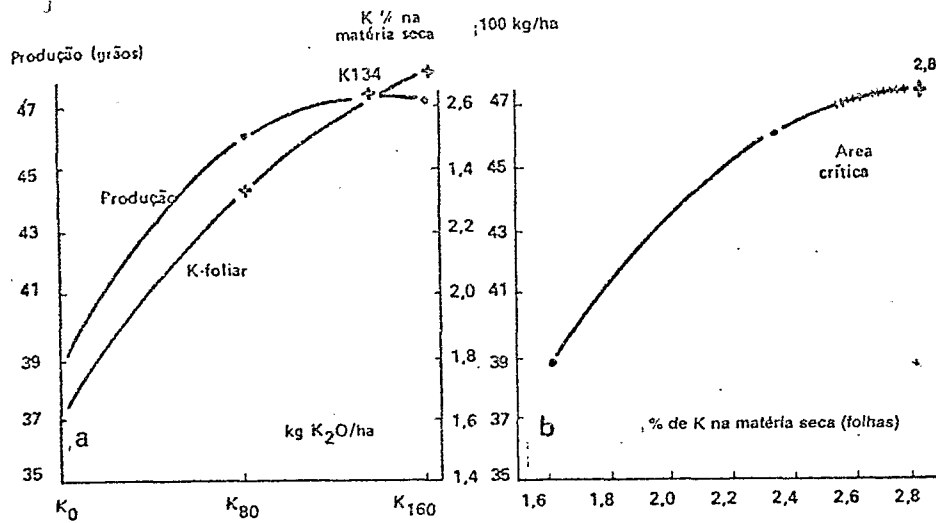


FIGURA 11. Efeitos de K₂O em produções e na % de K em folhas de trigo (52 experimentos)

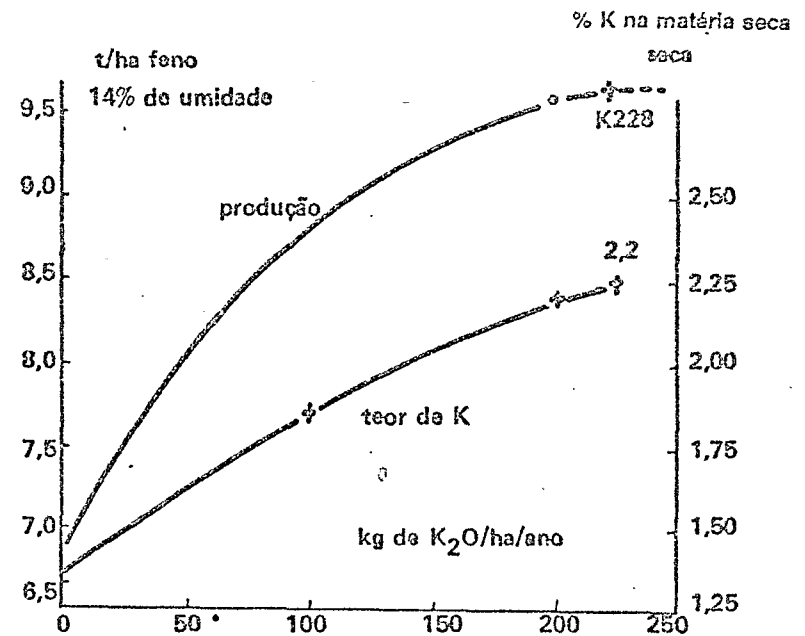


FIGURA 12. Efeitos de K₂O nas produções e nos teores de K na alfafa. (41 experimentos)

gio de crescimento, órgão amostrado) nós tentamos determinar um tipo de nível crítico para uma amostra média de forragem, logo antes da colheita comercial. A Figura 12 mostra, em 41 experimentos permanentes o efeito principal médio de K₂O na produção e no teor de K. A produção média máxima foi de 9,62 t/ha com K 228, correspondendo a 2,2% de K, um valor que, provavelmente, subestima o nível crítico. Não existe, em absoluto, nenhum consumo de luxo indicado pela curva de teores de potássio da Figura 12.

4.1.4. Teor de K nos pecíolos: batata

Para algumas culturas, o pecíolo parece ser mais susceptível do que o limbo em expressar as diferenças nutricionais. Nós o usamos habitualmente, no controle dos experimentos de fertilizantes em vinhedos (31, 41).

Os experimentos com batata também têm sido estudados através de análise do pecíolo e os resultados relacionados ao K têm sido muito evidentes (41).

Para a diagnose do pecíolo da batata (pecíolo da 5.ª folha a partir da base em hastes a partir do tubérculo-semente, na época da florada, isto é, entre 60 e 70 dias após o plantio foi apresentada uma interpretação do teor de K.

A Figura 13 mostra a relação entre produções e teores de K nos pecíolos obtida de 20 experimentos. Se nós considerarmos a distribuição como um todo, podemos notar, que, para o mesmo teor de K a produção varia acentuadamente, portanto, é inteiramente ilusório expressar uma relação geral entre produções definidas e teores de K. Contudo, todas as curvas mostram um forte relacionamento entre produções e teores de K.

A curva média da Figura 13 não é um relacionamento médio entre produções e teores de K, mas sim, uma curva média capaz de avaliar a tendência da resposta. Nós consideramos as seguintes faixas de teores de K nos pecíolos;

a) de 0,5 a 2,5% de K, uma deficiência de potássio muito severa com sintomas foliares aparentes.

b) de 2,5 a 5,0% de K, deficiência, de severa a moderada: resposta acentuada para K₂O.

c) de 5,0 a 7,5% de K, faixa de média à boa nutrição K.

d) de 7,5 a 10,0% de K, faixa muito adequada. A produção máxima ocorre, na maioria das vezes, nesta área.

e) mais que 10,0% de K, teores muito elevados, analise a relação K/Mg.

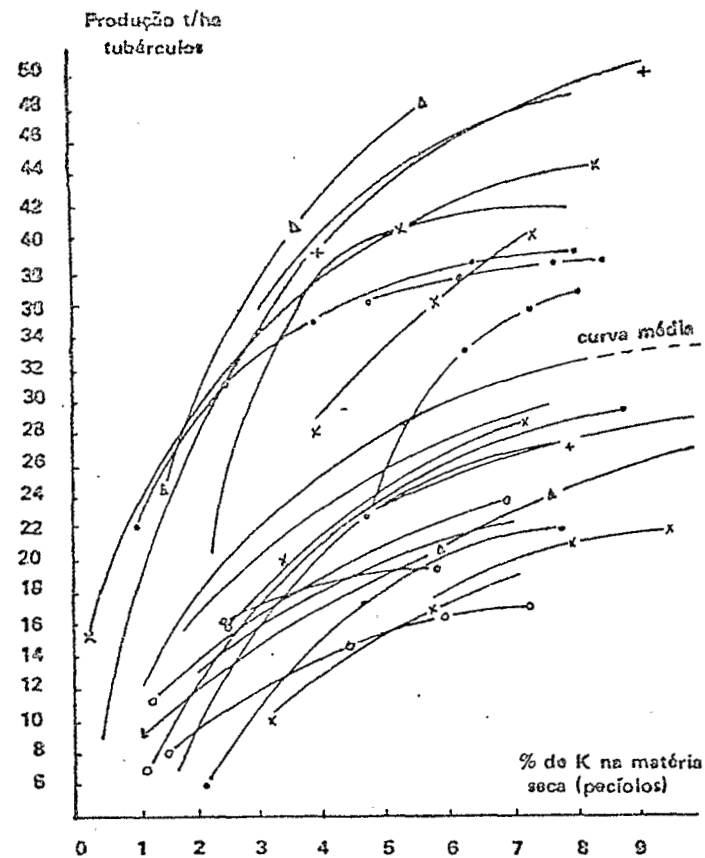


FIGURA 13. Relação entre produções e teores de K dos pecíolos de batata

O exemplo da diagnose do pecíolo da batata, torna bem clara a opinião aqui expressa de acordo com a qual, o K é provavelmente o elemento que melhor se adapta à diagnose química da planta.

4.1.5. Uma tentativa de interpretar os níveis críticos do K em relação com os seus papéis fisiológicos

Temos visto que os relacionamentos entre as produções e os teores de K são sempre curvilíneas. Poderíamos pensar que as partes das curvas onde as produções aumentam rapidamente com ligeiras mudanças nos teores de K (até 1,2% de K, por exemplo), e onde a relação é ainda evidente (cerca de 1,2 a 2,0% de K) devem corresponder aos papéis fisiológicos fundamentais do potássio, os quais devem ser satisfeitos para obter boa produção ou crescimento. Esta hipótese é considerada para milho e alfafa.

4.1.5.1. Teores de K no milho, absorção de CO₂ e produções

É fundamental estudar o relacionamento entre a concentração de K no tecido foliar e a absorção de CO₂, a fim de se explicar a relação entre a concentração de K nas folhas e a produção de matéria seca.

PEASLEE e MOSS, em 1966, mostraram que as taxas de fotossíntese nas folhas do milho estavam intimamente relacionadas com as concentrações de K no tecido foliar. O efeito marcante do K na fotossíntese, ocorreu antes que sintomas visíveis aparecessem na folha. As menores taxas de fotossíntese, sob teor foliar de 1,0% de K, foram associadas ao fechamento estomatal. (57, 58).

ESTES *et al.* em 1973, também encontraram uma relação curvilínea. Quando a concentração de K no tecido chegou a 1,5%, as diferenças na absorção de CO₂ foram desprezíveis.

SMID e PEASLEE, em 1976 mostraram (Figura 14) a relação entre as taxas de assimilação aparente de CO₂ e as concentrações de K nas folhas do milho com vários níveis de nutrição potássica. Eles concluíram que a Figura 14, sugere claramente que o nível crítico de K, abaixo do qual as taxas de assimilação de CO₂ foram seriamente reduzidas, foi cerca de 1,7 a 2,0% (65).

A curva obtida por SMID e PEASLEE foi sobreposta a nossa curva experimental da Figura 10. Parece claro um bom paralelismo entre as 2 curvas.

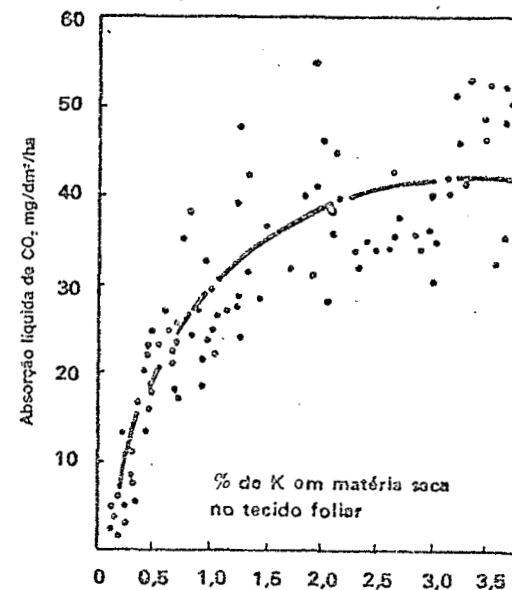


FIGURA 14. Relações entre a absorção líquida de CO₂ e o teor de K nas folhas do milho (segundo SMID e PEASLEE, 1976)

4.1.5.2. Teores de K na alfafa — Taxas de fotossíntese e de transpiração

A importância de fertilização potássica na cultura da alfafa pode ser ligada com os efeitos benéficos deste elemento na taxa de assimilação de CO_2 e na transpiração.

COOPER *et al.* estudaram a influência do potássio na assimilação de CO_2 , no crescimento e nas características morfológicas da alfafa (7). Eles também encontraram uma relação curvilínea entre o teor de K nas folhas e a absorção de CO_2 (Figura 15). O aumento na absorção de CO_2 é claro até cerca de 1,5 a 2,0% de K. Dos seus trabalhos pode-se deduzir que os efeitos do K eram tanto de aumentar a superfície fotossinteticamente ativa através de uma maior brotação e desenvolvimento da folha como de aumentar a taxa de fixação do CO_2 por unidade de área foliar.

O papel do K na transpiração da alfafa é evidente nos trabalhos de BLANCHET *et al.* com 4 níveis de K e 3 níveis de suprimento de água (ótimo, 80 e 60% do ótimo). A Figura 16 mostra a relação entre quantidades médias de água transpirada por grama de matéria seca (durante os 10 dias anteriores ao 2.º corte da alfafa) com as concentrações de K nas plantas. O coeficiente de transpiração decresce agudamente com maiores teores de K. Isto é muito evidente abaixo de 1% de K. A relação ainda é notada até 3% de K, apesar de muito menos visível (1). O nível crítico proposto de K, baseado em resultados agrônômicos (no mínimo 2,2% de K) transposto na Figura 16 parece lógico em termos fisiológicos, especificamente com o suprimento de água limitado à 60% da condição ótima.

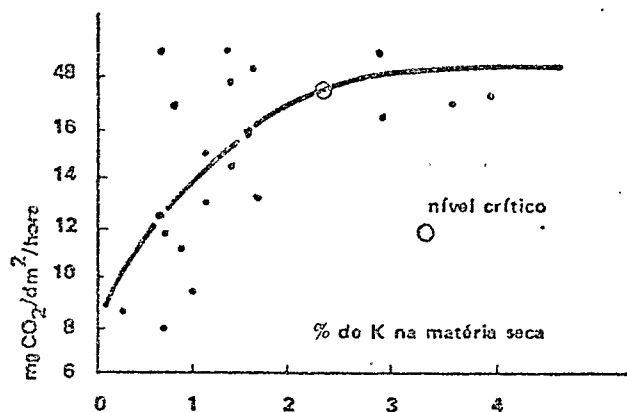


FIGURA 15. Efeito do teor de K das folhas na absorção líquida de CO_2 (segundo COOPER *et al.*, 1967)

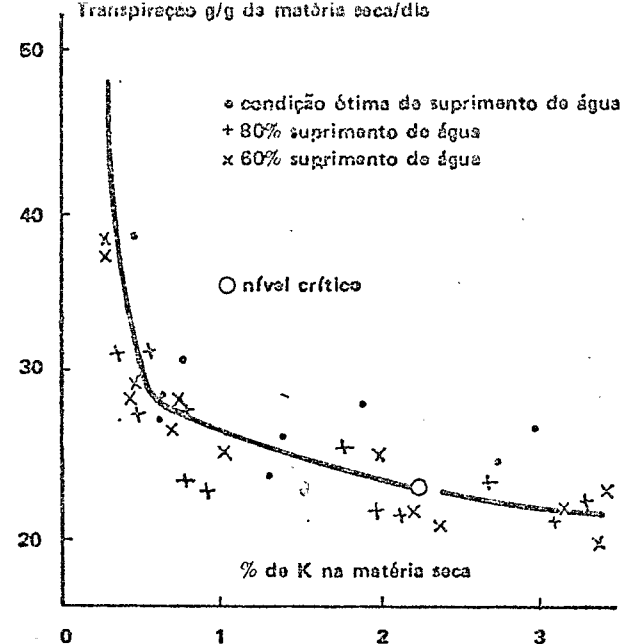


FIGURA 16. Relação de quantidades de água liberada por g de matéria seca para teores de K da alfafa

4.2. Diagnóstico de potássio na planta para pomares e vinhedos

A diagnose foliar teve seu início na França, em 1924, em vinhedos. Em seguida, o sucesso deste método foi maior em pomares. A literatura é abundante, particularmente os anais de simpósios, citados na introdução. Na verdade, o papel comparativo da análise do solo e da análise foliar no estudo da nutrição da cultura, poderia ser favorável à análise da planta em culturas arbóreas devido às seguintes razões:

a) A dificuldade maior em avaliar o volume do solo explorado pelas raízes da planta;

b) Os problemas de combinação enxerto/porta-enxerto,

c) As dificuldades de interpretação da análise de solo em pomares; no que diz respeito ao K podemos adicionar:

d) Uma dificuldade específica devido às reservas acumuladas de K na árvore, capaz de auxiliar no suprimento deste elemento, pois como sabemos há um importante turn-over (refluxo) do K, que tem uma boa mobilidade dentro da planta. Como KOO diz: informações sobre níveis-padrões para o K na folha são abundantes em certas culturas, mas carentes em outras (21).

Devemos repetir novamente, que a interpretação das concentrações minerais requerem a diagnose de numerosos canteiros de um complexo experimental (experimentos a longo prazo, estudos em casas de vegetação e uma análise regional sobre nutrição de pomares ou vinhedos). Quando os resultados experimentais são poucos, a interpretação, se não mesmo o estabelecimento de padrões é, infelizmente, baseada nos resultados analíticos dos pomares de referência.

Os fatores mais importantes que afetam o teor de potássio nas folhas das culturas arbóreas são: a idade da folha, sua posição no galho, a combinação enxerto/porta enxerto, o clima e as vezes, as variações de ano para ano.

Além do mais, a concentração de K deve ser freqüentemente interpretada em relação às quantidades dos 3 principais cations, Ca, K e Mg.

Ao invés dos níveis críticos do K, são propostos valores-padrões para o elemento nas folhas das culturas arbóreas como a tabela de tentativas do K₀ para várias espécies, mas as informações ainda são vagas para algumas culturas (21).

O método de interpretação mostrado por KENWORTHY foi um progresso real (18, 19). No sudoeste da França todo ano, uma concentração móvel média \bar{x} (em vários anos) e um desvio-padrão σ são calculados pela análise de pomares comerciais. A faixa normal adotada é $\bar{x} - \sigma$ para $\bar{x} + \sigma$. Em 1979, por exemplo, a faixa normal para o K foi de $1,85 \pm 0,45\%$ de K (1,40 até 2,30% de K) para macieira e $2,71 \pm 0,52\%$ de K (2,20 até 3,20% de K) para pêssego, para um método de amostragem bem definido.

Em vinhedos são usadas as análises de pecíolos e de folha. O autor comparou desde 1965 os dois métodos para os estudos de K e da relação K/Mg. A análise de pecíolo proporciona uma faixa mais ampla para as concentrações de K (os pecíolos das folhas opostas aos cachos inferiores) e a próxima tabela expressa uma tentativa de padrões para o K (média de 2 períodos de amostragem, floração e amadurecimento) (41).

O nível crítico para a média de 2 estágios poderia ser de 2,5% de K (Tabela 5). Nos últimos e recentes estudos, a análise de pecíolo provou ser suficientemente sensível para distinguir grupos de variedades de enxertos ou de porta-enxertos em função das suas concentrações de K e Mg (38).

4.3. Diagnose de potássio na planta para algumas culturas tropicais

Em 1962, MALAVOLTA apresentou uma revisão sobre a nutrição mineral de algumas culturas tropicais com resultados relativos às concentrações de K em plantas (43). VON UEXKULL, 1968, revisou as principais culturas tropicais com a indicação dos níveis de potássio em diferentes órgãos associados com sintomas de deficiência, com provável

TABELA 5. Interpretação do estado nutricional em K no vinhedo

% K pecíolo (m.s.)	Interpretação
1,0	deficiência severa
1,0 a 1,5	deficiência severa, sintomas \pm evidentes
1,5 a 2,0	faixa de deficiência-sintomas leves
2,0 a 2,5	deficiência moderada
2,5 a 3,0	faixa adequada
3,0 a 3,5	faixa de alta até muito alta análise K/Mg

ou improvável resposta ao K (70). Aqui, consideramos somente as culturas mais estudadas pelos Institutos Tropicais.

4.3.1. Abacaxi

A técnica de amostragem do I.R.F.A. (Institut Recherches sur Les Fruits et Agrumes) diz respeito à folha "D" (outros institutos, particularmente no Havai testam somente a parte basal não clorofilica da folha).

As folhas "D" são aquelas que mostram as regiões inferiores do limbo exatamente paralelas. Este estágio corresponde ao fim do crescimento de caracteres morfológicos da folha. O crescimento do abacaxi pode ser acompanhado pela tomada sucessiva do peso das folhas D. Mas não é fácil determinar o nível crítico de K para a folha D devido à importante redistribuição deste elemento dentro da planta.

No Camerum, dois experimentos foram acompanhados por diagnose foliar um em solo muito rico, e um outro muito pobre em K. No solo muito rico, um teor de 5,25% de K foi considerado como o ótimo fisiológico, um teor maior que 5,5% correspondeu à saturação de K na folha "D" e 5,9% foi um nível de toxicidade. No solo pobre, as concentrações de K na folha "D" não foram maiores que 3,9% e a relação entre produções ou qualidade (acidez) e níveis de K era boa (46). A resposta ao K poderia ser esperada até 4,5% em termos de produções e em qualidade somente a partir de 4,5 até 5,0% de K.

Foi provado, na Martinica, que os teores de cations na folha "D" eram influenciados principalmente pelas doses aplicadas de K₂O. A concentração máxima de K na folha "D" é conseguida mais rapidamente, à medida que a taxa de crescimento for mais elevada, comparada ao suprimento de K (23). Estes estudos indicaram a importância do acúmulo de K em toda a planta do abacaxi e no conceito de uma reserva crítica do potássio nas folhas na época da colheita.

4.3.2. Banana

Os métodos de amostragem em bananas para diagnose foliar

são inúmeros, apesar do recente progresso visando uma técnica internacional de referência (49, 50) e é muito difícil comparar resultados.

Uma dificuldade especial é em função das diferenças dos teores dos minerais nas partes de uma folha e entre as folhas. Para K, faixas ótimas são bastante diferentes na literatura. Todavia, é para o K e o Mg que a análise da planta para fins de diagnose é a mais útil ferramenta no caso das bananas. As concentrações de K devem estar relacionadas com as concentrações do Ca e Mg (10, 48).

Para 3.^a folha completamente aberta na época de brotação uma concentração de K de 2,4% está associada a sintomas de deficiência: 4,0 a 4,5% de K são níveis bastante adequados e 5,5 a 6,0% poderia ser uma faixa de consumo de luxo e excessivo (22).

Em Israel, LAHAV considera que o pecíolo é a melhor amostra para estudos nutricionais de K em bananas (24).

4.3.3. Café

A diagnose foliar é usada para estudos de nutrição do café há 30 anos. HIROCE e MALAVOLTA revisaram recentemente este assunto (15; 44). Geralmente é amostrada a 3.^a ou 4.^a folha a partir da extremidade de um galho na parte média da árvore. Na literatura, há diferentes interpretações das faixas nutricionais.

Na Costa de Marfim, em café robusta, LOUÉ em 1957, 1958 (25, 26) e 1962 (27) propôs as seguintes faixas nutricionais de teores de K para o 3.^o par de folhas em galhos produtivos. (Tabela 6)

No Brasil, um nível de 1,8% de K é considerado adequado por HIROCE (15). Mas MALAVOLTA propôs as seguintes faixas:

1,5a2,0—baixo 2,1a2,5—normal a adequado >2,5 — alto

No Brasil, também, a deficiência de K foi principalmente notada em Latossolo vermelho, com um teor médio de K em folhas de 1,61%.

Parece que a faixa crítica de K é geralmente perto de 2,5% de K. Todavia, MALAVOLTA concluiu que experimentos a longo prazo de fertilizantes em café ainda são necessários para aprimorar a interpretação da diagnose foliar (44).

4.3.4. Cana-de-Açúcar

Em 1955 SAMUELS *et al.* apresentaram uma técnica completa de diagnose foliar para a cana-de-açúcar em Porto Rico. Eles tiraram como amostra as 4.^a e 5.^a folhas com 3 meses de idade e o limbo foliar foi analisado. As seguintes faixas de K foram apresentadas (Tabela 7).

As quantidades correspondentes de K₂O aconselhadas eram de 300 e 0 kg de K₂O/ha (62).

TABELA 6. Interpretação do estado nutricional em K no cafeeiro

% de K na m.s.	Interpretação
< 0,30	— deficiência muito aguda com necrose marginal
0,30 a 0,80	— deficiência severa; sintomas de necrose na estação seca
0,80 a 1,20	— faixa bastante deficiente, sem queimaduras marginal na folha
1,20 a 1,80	— deficiência, sem descoloração marginal
1,80 a 2,50	— faixa adequada
2,50 a 3,0	— excesso de K — analise as relações K/Ca/Mg
> 3,0	— excesso de K

No Brasil, MALAVOLTA encontrou para 3.^a e 4.^a folhas, com 4 meses (uma secção de 20 cm no meio da folha, sendo nervura central descartada) e concentrações de K variando de 0,40 a 1,30% e um nível crítico perto de 1,25% de K, (42).

Em Maurício, HALAIS pesquisou intensamente os níveis críticos e adotou 1,10 a 1,35% para K na 3.^a folha (12).

Na África do Sul, STEWART propôs para o limbo foliar da 3.^a folha com idade de 4 a 9 meses, as seguintes faixas: 0,8 a 0,9 — muito baixo; 0,9 a 1,0 — baixo; 1,0 a 1,1 — faixa normal e então o nível crítico seria próximo de 1,1% de K (66).

A análise da planta parece ser um guia melhor do que a análise do solo, para K, na cana de açúcar. O controle em plantios comerciais através da análise foliar, parece estar sendo feito com sucesso em muitas áreas produtoras de cana-de-açúcar (16).

TABELA 7. Interpretação do estado nutricional em K na cana-de-açúcar

% de K no limbo foliar (m.s.)	Interpretação
< 1,00	— muito baixo
1,00 a 1,50	— baixo
1,50 a 1,65	— levemente baixo
1,65 a 2,00	— normal
2,00 a 3,00	— alto
> 3,00	— muito alto

4.3.5. Algodão

Na planta de algodão, os teores de K são muito influenciados pela natureza do órgão analisado (folha, limbo ou pecíolo) e sua posição

na planta. Ao interpretar as concentrações de K, o estágio fisiológico da folha, a idade da planta devem ser considerados.

Os diferentes métodos de amostragem (limbo foliar ou pecíolo) foram revisados por SABLE e MACKENZIE (61). Menos informação é disponível sobre a análise do limbo foliar do que sobre análise do pecíolo. No que diz respeito ao K, o pecíolo é geralmente a amostra preferida.

Nos EUA, a amostragem é feita geralmente com o pecíolo de 4.^a folha a partir do ápice da planta (considerada como a primeira folha madura).

Na África Tropical, o método de BRAUD (IRCT — Institut de Recherches du Coton et des Textiles exotiques) recomenda amostrar para análise de pecíolo, a folha situada na axila de uma flor aberta, nos primeiros 15 dias de floração. Este autor observou que os níveis críticos são bastante variáveis em função de diferentes fatores. Ele considera a idade fisiológica da planta, que é determinada pelo nível de floração (a média dos parâmetros de desenvolvimento dos ramos produtivos, onde há uma flor aberta no primeiro "intermodo", no dia da amostragem) (2, 3, 9).

De 242 experimentos BRAUD tentou determinar uma fórmula para o nível crítico de K (Figura 17):

$$K_c = \frac{71,08}{3,11 + 2,99F + \frac{2,25}{S}}$$

onde: F = nível de floração

S = teor de enxofre (% na matéria seca) nos limbos das mesmas folhas.

O enxofre foi introduzido a fim de levar em conta a possível interação SxK. (nas condições da África Tropical Ocidental o enxofre tinha o efeito significativo, apesar de leve, no teor de K nos pecíolos). Esta fórmula foi usada com sucesso pelo I.R.T.C. para prever as deficiências de K e para verificar a eficiência de recomendações de adubação (4, 5).

Muitos autores reportaram concentrações de K em pecíolos de plantas de algodão de alta produtividade, em diferentes períodos (60 a 120 dias após emergência). Altos níveis de K (4,5 a 5,5%) são geralmente recomendados, em pecíolos, no período inicial de floração e no de desenvolvimento do capulho; e níveis médios (1,5 a 2,5%) para períodos finais de desenvolvimento (61).

Mas a conclusão é que níveis de suficiência ou níveis críticos de K para o algodão devem sempre ser estabelecidos para o local, devido

% de K na matéria seca

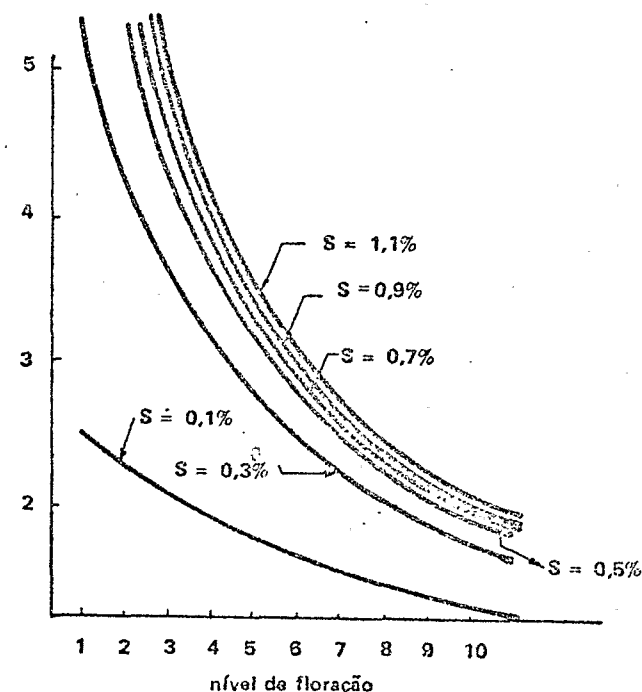


FIGURA 17. Níveis críticos de K no algodoeiro

às muitas diferentes condições, como variedades, solos, clima e manejo da cultura, nas áreas produtoras de algodão.

4.3.6. Dendê e Côco

Para o dendê e o côco, a diagnose foliar provou ser o modo mais fácil e mais preciso para estudos de nutrição mineral. Mas a composição da folha do dendezeiro e do coqueiro é altamente variável e assim, uma interpretação exata de análise da folha necessita de um procedimento padrão de amostragem.

Para a folha do dendezeiro, a amostragem é feita na 17.^a folha da palmeira (6 folíolos são coletados de cada lado da folha e destes 12 folíolos, somente a seção média é utilizada). Em plantas jovens é tomada a 9.^a folha. O melhor período de coleta de amostras para o potássio é a estação seca ou menos úmida, que é época mais conveniente para a diagnose de deficiência de K (53).

Para o dendezeiro de acordo com OLLAGNIER e OCHS (IRHO — Institut de Recherches pour les Huiles e Oléagineux) o nível crítico seria de 1,25% de K para a 9.^a folha e 1,00% de K para 17.^a, mas este

TABELA 8. Interpretação do estado nutricional em K no coqueiro

Idade do coqueiro	Níveis crítico de K	
	posição da folha	% de K (m.s.)
1 ano	1	3,0
2 anos	4	2,0
3 anos	9	1,7
4 anos	14	1,5
5 anos	14	1,4

último nível poderia ser baixado para 0,90 após 10 anos. Estes níveis críticos parecem continuar utilizáveis na maioria das situações, a despeito das diferentes condições, variedades e produtividade mais elevada dos novos híbridos (56).

Para o côco de acordo com MANCIOT *et al.*, o nível crítico de K obtido para a 14.^a folha da variedade Tall, na África Ocidental é de 0,8 para 0,9% de K. A Tabela 8 acima, fornece os níveis críticos propostos para os novos híbridos. Estão variando com a idade da árvore. No auge do período de produção, eles podem ser mais baixo que na imaturidade, aproximando-se do nível crítico determinado para a variedade Tall (1,4 a 1,0% de K) (45).

4.3.7. Soja

Uma revisão sobre a nutrição mineral da soja foi apresentada por OHLROGGE em 1960, com indicação de concentrações de K na planta durante os diferentes estágios de crescimento (54). Nos EUA, os estágios 1, 2 e 3, correspondem sucessivamente a 1, 3, 5 a 6 folhas trifoliadas completamente abertas; o estágio 5 à 9 - 10 folhas abertas e plantas em completa floração e o estágio 7, freqüentemente adotado para coleta de amostras, quando há vagens claramente visíveis nos topos das plantas e vagens inferiores com grãos em formação (14).

MILLER *et al.* em 1961, investigaram as relações entre produção de soja e concentrações de P e K nos pecíolos, folhas e hastes nas metades superiores e inferiores das plantas nos estágios 3, 5, 7, 9. As produções de soja estavam bastante associadas aos teores de K nas folhas superiores amostradas no estágio 7, e variando entre 0,8 e 1,6% de K, sem indicação de um nível crítico (52). Num estudo subsequente em fatorial P x K, a produção máxima experimental foi associada a níveis de K, de 1,6 a 1,8%, mas a produção teórica máxima não foi atingida dentro da faixa de tratamento e os dados extrapolados sugeriam um nível crítico de 2,7% de K (59).

DE MOOY, em 1963, citado por PESEK, mostrou que as

variedades diferiam nos teores máximos de K e o valor superior para o nível crítico de K foi de 2,15% para as variedades estudadas (59).

De acordo com JONES (17), em 1967, a interpretação de concentrações de K, no Programa de Análise de Planta em Ohio, foi a seguinte para a folha trifoliada mais madura (excluindo o pecíolo), tirada como amostra no estágio 7 (estágio tardio de floração):

<1,25 deficiente; 1,26 a 1,70 baixo; 1,71 a 2,50 suficiente; 2,51 a 2,75 alto e >2,75 excesso.

TERMAN *et al.* em 1977, para a mesma amostra, adotaram concentrações de referência de 2,1 a 2,4% de K (67).

No Brasil em Campinas, a 3.^a folha é amostrada quando 50% das plantas estão florescendo e os níveis críticos de OHLROGGE e KAMPRATH são adotados (55). Mas, de acordo com ROSOLEM (1980), estudos são conduzidos afim de obter dados para as condições brasileiras e a faixa normal adotada poderia ser 1,6 a 1,9% de K (60).

No que tange ao K, a análise da planta de soja tem sido nos EUA, um poderoso instrumento ao diagnosticar solos com provável boa resposta positiva ao K (64).

5. CONCLUSÃO

Análise da planta (diagnose foliar ou análise total da planta) é um instrumento útil para diagnosticar o nível nutricional do K porque:

a) Concentrações de K nas plantas geralmente têm boa relação com doses de K₂O aplicado (e a um grau inferior com o K disponível do solo).

b) Há uma associação um tanto boa entre concentrações de K na planta e na produção. A curva da relação entre produções e as concentrações de K, sugere que a porção de curva onde a produção cresce rapidamente com as mudanças nas concentrações de K, corresponde a papéis fisiológicos fundamentais deste elemento. Para muitas culturas, as partes de curvas de K correspondendo a deficiência severa e deficiência moderada ou área de baixa concentração, são conhecidas com boa segurança.

Através de análise da planta, nós podemos detectar com um sucesso razoável, se a absorção do potássio está muito baixa e limitando a produção e a qualidade que poderiam ser boas.

No uso de análise de K na planta para interpretar os resultados de experimentos de campo, em muitos casos, nós obtemos uma ampla área de transição na curva de K entre o fim da deficiência leve e o nível

adequado. Este é o problema que limita o uso da análise da planta para determinar níveis críticos ou áreas críticas (com o significado geralmente acerto).

Poderíamos considerar dois tipos de níveis críticos de K:

a) um nível crítico fisiológico de K, necessário para obter um bom crescimento (veja curvas — Figuras 14 e 15, por exemplo) mas nem sempre suficiente para obter produção máxima.

b) um nível crítico agrônômico de K, maior que (a) permitindo as diferentes interações, onde o K geralmente é levado a agir positivamente e correspondendo à produção máxima.

Todavia, para o progresso da pesquisa de K na análise da planta há uma grande necessidade de melhores dados de interpretação. É necessário utilizar ao mesmo tempo, as duas diagnoses (do solo e da planta) para comparar a diagnose foliar de K/Ca/Mg e os cátions trocáveis do solo; e acima de tudo considerar as interações entre K e N, P, Ca, Mg.

6. BIBLIOGRAFIA CITADA

1. BLANCHET, R, STUDER & C. CHAUMONT — 1962. Quelques aspects des interactions entre l'alimentation potassique et l'alimentation hydrique des plantes. *Ann. Agron.* 13 (2):93-110.
2. BRAUD, M. — 1971. La fertilisation potassique du cotonnier en Afrique Tropicale. *Fertilité n.º 39*, 5-16.
3. BRAUD, M. — 1972. Le controle de la nutrition minérale du cotonnier par analyses foliaires. in "Le controle de l'alimentation chez les plantes cultivées". 3e colloque — Budapest - 469-487.
4. BRAUD, M. — 1973. Le diagnostic foliaire et la nutrition potassique du cotonnier in "Le potassium dans les cultures et les sols tropicaux". 10e Colloque — Inst. Int. Potasse Berne, 265-277.
5. BRAUD, M. — 1975. Le diagnostic foliaire et la nutrition potassique du cotonnier. *Cot. Fib. Trop.*, vol. XXX, fasc. 2, 237-244
6. CHAPMAN, H.D. — 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California.
7. COOPER, E.B., R.E. BLASER & R.H. BROWN — 1967. Potassium nutrition effects on net photosynthesis and morphology of alfalfa. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* V31:231-235
8. ESTES, G.O., D.W. KOCH & T.F. BRUETSCH — 1973. Influence of potassium nutrition on net CO₂ uptake and growth in maize. *Agron. J.* 65:972-975.
9. FAUCONNIER, D. — 1973. Fertilising for high yield — Cotton. *Int. Pot. Inst. Bulletin n.º 2* 40p.
10. FERNANDEZ CALDAS, E.; V. GARCIA & V.P. GARCIA — 1973. Etude de l'état nutritionnel du bananier aux Canaries. II — Interactions entre cations — *Fruits*, vol. 28, n.º 5, 351-355.

11. GOODALL, D.W. & G. GREGORY — 1947. Chemical composition of plants as an index of their nutritional status — *Imp. Bur. Hort. Plantation Crops.Tech. Comm.* 17 167 p.
12. HALAIS, P. — 1954. Foliar diagnosis, p. 42-46, in *Mauritius Sugar Industries Res. Inst. Ann. Rep. Mauritius Sugar Industries Res. Inst.*
13. HANWAY, J.J.; S.A. BARBER, R.H. BRAY, A.C. CALDWELL, M. FRIED, L.T. KURTZ, K. LAWTON, J.T. PESEK, K. PRETTY, M. REED & F.W. SMITH. — 1962. North Central regional potassium studies III Field studies with corn. *Iowa agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 503p. 32
14. HANWAY, J.J. & C.R. WEBER — 1971. N, P and K percentages in Soybeans plant parts. *Agron. J.* vol. 63 - 286-290.
15. HIROCE, R. — 1981. Diagnose foliar em cafeeiro, in "Nutrição e adubação do cafeeiro" *Inst. da Pot. e Fosf., Inst. Int. da Potassa — Janeiro*, 117-137.
16. HUMBERT, R.P. — 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing sugar crops: Part II Sugarcane "Soil testing and plant analysis" *Soil Sci. Soc. Am. Madison* — 289-298.
17. JONES, J.B., Jr. — 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. in "Soil testing and Plant analysis" Part II. 49-58.
18. KENWORTHY, A.L. — 1961. Interpreting the balance of nutrient elements in leaves of fruit trees. in "Plant analysis and Fertilizer problems" *Amer. Inst. Biol. Sci. Washington, D.C.* 28-33.
19. KENWORTHY, A.L. — 1973. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchards, in "Soil testing and plant analysis" *Soil Sci. Soc. Am. Madison* 381-392.
20. KIMBROUGH, E.L., R.E. BLASER & D.D. WOLF — 1971. Potassium effects on regrowth of alfalfa — *Agron. J.* 63:836-839.
21. KOO, R.C.J. — 1968. Potassium nutrition of tree crops. in "The role of Potassium in Agriculture" 21, 469-487.
22. LACOEUILHE, J.J. & P. MARTIN-PREVEL — 1971. Carences en K, Ca, Mg chez le bananier; analyse foliaire. *Fruits*, vol. 26, n.º 4, 243-253.
23. LACOEUILHE, J.J. & Y. GICQUIAUX — 1971. La nutrition en cations de l'ananas en Martinique - *Fruits*, vol. 26, n.º 7-8, 519-531 et n.º 9, 581-597.
24. LAHAV, E. — 1972. Le rôle de l'analyse des parties de la plante pour déterminer le niveau potassique du bananier — *Fruits*, vol. 27, n.º 12; 855-864.
25. LOUÉ, A. — 1957. Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in the Ivory Coast, in. *Pot. Inst. Bern* 68p.
26. LOUÉ, A. — 1958. A nutrição mineral e a fertilização do café Robusta na Costa do Marfim, *Fertilité*, n.º 5, 27-59.
27. LOUÉ, A. — 1962. Etude des carences et déficiences en potassium, calcium et magnésium chez le Caféier Robusta. *Inst. Fr. Café et Cacao — Bulletin n.º 48p.*

28. LOUÉ, A. — 1963. A contribution to the study of the inorganic nutrition of maize with special attention to potassium — *Fertilité*, 20:33-57.
29. LOUÉ, A. — 1963. Maize nutrition, cations requirements and potash demand. *World Crops*, n.º 15, 373-379.
30. LOUÉ, A. — 1965. Le diagnostic foliaire du maïs (méthodologie, état actuel des connaissances, utilisation). 4e Colloque, Belgrade, *Inst. Int. Pot.*, Berne, 105-116.
31. LOUÉ, A. — 1968. L'intérêt du diagnostic pétiolaire dans les études sur la nutrition et la fertilisation potassique de la vigne — 2e Colloque — Contrôle de l'alimentation des plantes cultivées — Séville (Espagne), 283-294.
32. LOUÉ, A. — 1968. Le diagnostic foliaire du blé: ses difficultés en ce qui concerne en particulier le potassium dans les essais factoriels azote x potasse. 2e Colloque — Contrôle de l'alimentation des plantes cultivées — Séville (Espagne), 849-863.
33. LOUÉ, A. — 1972. L'analyse végétale (pétiotes, feuilles, tubercules) en vue d'apprécier la nutrition minérale et plus particulièrement potassique de la pomme de terre. 3e Colloque — Contrôle de l'alimentation des plantes cultivées — Budapest (Hongrie) 265-282.
34. LOUÉ, A. — 1973. Analyse du sol et de la plante pour le contrôle de l'expérimentation, in "Le Potassium dans les cultures et les sols tropicaux". 10e Colloque (Abidjan Côte d'Ivoire) *Inst. Int. Pot.* Berne — 375-398.
35. LOUÉ, A. — 1977. Fertilisation et nutrition minérale de la pomme de terre — Imprimerie d'Alsace, Mulhouse, France, 145.
36. LOUÉ, A. — 1978. Le potassium et la pomme de terre. Dossier K₂O, N.º 10, S.C.P.A. Mulhouse, France, 40p.
37. LOUÉ, A. — 1980. Les teneurs critiques en potassium dans les diagnostics de nutrition de plantes de grande culture. 5ème Colloque Contrôle de l'alimentation des plantes cultivées Castelfranco (Italie) 12p.
38. LOUÉ, A. — 1980. Nutrition minérale de la vigne en fonction du porte-greffe et du cépage - Document non publié - 25p.
39. LOUÉ, A. 1980. Appauvrissement et enrichissement des sols en potassium. Dossier K₂O, n.º 17 - S.C.P.A. Mulhouse, France, 48p.
40. LOUÉ, A. — 1980. Le potassium et le maïs. Dossier K₂O, N.º 16, S.C.P.A. Mulhouse, France, 48p.
41. LOUÉ, A. — 1981. L'analyse foliaire ou pétiolaire et la nutrition minérale de la vigne — *Vititechnique* - Juillet, 4-7.
42. MALAVOLTA, E. & F. PIMENTEL GOMES — 1961. Foliar diagnosis in Brazil, in "Plant analysis and fertilizer problems" *Amer. Inst. Biol. Sci.* Washington, D.C. 180-189.
43. MALAVOLTA, E. — 1962. On the mineral nutrition of some tropical crops — *Int. Pot. Inst.* Bern 155p.
44. MALAVOLTA, E. — 1981. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro. Passado, presente e perspectivas. In "Nutrição e adubação do cafeeiro" — *Inst. da Pot. e Fosf.*, *Inst. Int. da Potassa*, Janeiro, 138-178.
45. MANCIOT, R.; OLLAGNIER, M. & R. OCHS — 1980. Nutrition minérale et fertilisation du cocotier das de monde. *Oléagineux* — vol. 35 p.55.
46. MARCHAL, P.; P. MARTIN-PREVEL, T.J. LACOEUILHE & P. LOSSOIS — 1970. Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais du Cameroun, II Analyses foliaires Fruits, vol. 25, n.º 2 87-95.
47. MARTIN, W.E. & J.E. MATOCHA — 1973. Plant analysis as an aid in the fertilization of forage crops — in "Soil testing and plant analysis". *Soil Sci. Soc. Am.* Madison — 393-426.
48. MARTIN-PREVEL, P. & G. MONTAGUT — 1966. Les interactions dans la nutrition minérale du bananier. *Fruits*, vol. 21, n.º 1, 19-36.
49. MARTIN-PREVEL, P. — 1974. Les méthodes d'échantillonnage pour l'analyse foliaire du bananier. *Fruits*, vol. 29, n.º 9, 583-588.
50. MARTIN-PREVEL, P. — 1980. La nutrition minérale du bananier dans le monde. *Fruits*, vol. 35, n.º 9, 503-518 et n.º 10, 583-588.
51. MELSTED, S.W.; H.L. MOTTO, & T.R. PECK — 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data — *Agron. J.* 61:17-20
52. MILLER, R.J.; J.J. PESEK & J.J. HANWAY — 1961. Relationships between soybean yield and concentrations of phosphorus and potassium in plant parts. *Agron. J.* 53:393-396.
53. OCHS, R. & J. OLIVIN — 1975. Le diagnostic foliaire pour le contrôle de la nutrition des plantations de palmier à huile — *Oléagineux* vol. 30, n.º 5, 205-208.
54. OHLROGGE, A.J. — 1960. Mineral nutrition of soybeans; in "Advances in Agronomy" vol. 12, 229-263.
55. OHLROGGE, A.J. & E. KAMPRATH — 1968. Fertilizer use on soybeans; in "Changing patterns in fertilizer use" *Madison, Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 273-298.
56. OLLAGNIER, M.; OCHS, R. & G. MARTIN — 1970. The manuring of the oil palm in the world. *Fertilité* 36, p. 3-64.
57. PEASLEE, D.E. & D.N. MOSS — 1966. Photosynthesis in K and Mg deficient maize leaves *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30:220-223.
58. PEASLEE, D.E. & D.N. MOSS — 1968. Stomatal conductivities in K-deficient leaves of maize — *Crop Sci.*, 8, 427-430.
59. PESEK, J. — 1968. Potassium nutrition of Soybeans and Corn; in "The role of potassium in agriculture", 477-468.

60. ROSOLEM, C.A. — 1980. Nutrição mineral e adubação da soja — Boletim técnico 6. Inst. da Potassa e Fosfato (E.U.A.), Inst. Int. da Potassa (Suíça).
61. SABBE, W.E.; A.J. MACKENZIE — 1973. Plant analysis as an aid to cotton fertilization in "Soil testing and plant analysis" Soil Sci. Soc. Am. Madison 299-313.
62. SAMUELS, G.; P. LANDRAU *et al.* — 1955. The method of foliar diagnosis as applied to sugarcane. Univ. Puerto Rico Agr. Exp. Sta. Bull. 123, 12.
63. SAYRE, J.D. — 1948. Mineral accumulation in corn — Plant Physiol. 23:267-281.
64. SMALL Jr., H.G. & A.J. OHLROGGE — 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts in "Soil Testing and Plant Analysis" 315-327.
65. SMID A.E. & D.E. PEASLEE — 1976. Growth and CO₂ assimilation by corn as related to potassium nutrition and simulated canopy shading — Agron. J. 6:404-408.
66. STEWART, M.J. — 1969. Potassium and Sugar Cane — South African Sugar Journal — Febr.
67. TERMAN, G.L. — 1977. Yields and nutrient accumulation by Soybeans as affected by applied nutrients — Agron. J. vol. 69. n.º 2, 234-238.
68. TYNER, E.H. — 1946. The relation of corn yields to leaf nitrogen, phosphorus, and potassium content — Proc. Soil. Sci. Soc. Am. 11:317-323.
69. VAN RUYMBEKE, M. & C. OSSEMERCT — 1972. Le lessivage par les eaux de pluie de la potasse des végétaux. Pédologie — Gand (Belgique) XXII, 3, 302-317.
70. VON UEXKUELL, H.R. — 1968. Nutrition of tropical crops; in "The role of potassium in agriculture". Madison, Wisconsin U.S.A. 18, 385-421.
71. WALDREN, R.P.; FLOWERDAY, D.A. — 1979. Growth stages and distribution of dry matter, N, P and K in winter wheat - Agron. J. 71: 391-397.
72. WALKER, W.M. & T.R. PECK — 1975. Relationship between corn yield and plant potassium. Agron. J. 67:445-447.
73. Le controle de l'alimentation des plantes cultivées
- a) 1e. Colloque — 1964 — édité par: Laboratoire Coopératif de diagnostic foliaire, Montpellier (France) 403p.
- b) 2e. Colloque — 1968 — editado por el Centro de Edafologia y Biología aplicada, Sevilla (España) 911p.
- c) 3e. Colloque — 1972 — édité par l'Académie Kiado - Budapest (Hongrie) 1975 — 1010p.
- d) 4e. Colloque — 1976 — édité par A. COTTENIE — Laboratorium voor Analytische en Agrochemie — Coupure Links 533 - Gent (Belgique) 2 vol.
- e) 5e. Colloque — 1980 — édité par "Istituto professionale di Stato per l'Agricoltura — Castelfranco Veneto (Italie).
74. Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux; Plant analysis and Fertilizer problems.
- a) 1e. Colloque — 1954 — édité par I.R.H.O. — 11 Square Pétrarque Paris (France) 263p.
- b) 2e. Colloque — 1956 — édité par I.R.H.O. — 11 Square Pétrarque Paris (France) 410p.
- c) 3rd Colloquium — 1959 — Montreal — published by the American Institute of Biological Sciences, Washington 6, D.C., (U.S.A.) 1961 - 454p.
- d) 4th Colloquium — 1962 — Brussels — published by the American Society for Horticultural Science — Michigan (U.S.A.) 1964 - 430p.
- e) 6th Colloquium — 1970 — Tel Aviv — published by R.M. Samish; Gordon and Breach Science Publishers, New York, (U.S.A.) 1971 - 736p.
- f) 7th Colloquium — 1974 — Hannover — published by German Society of Plant nutrition — Hannover (F.R.G.).
75. Soil testing and plant analysis; part II: Plant analysis. 1967. Soil Sci. Soc. Am. 114p.