

# BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 32

Campinas, outubro de 1973

N.º 16

## ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELO TRIGO (1)

HERMANO GARGANTINI (2) e H. GARCIA BLANCO, *Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônomo*, H. P. HAAG e E. MALAVOLTA, *Departamento de Química, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*

### SINOPSE

Estudou-se a absorção dos nutrientes essenciais das variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) BH 1146 e IAS 3795, cultivadas em vasos de Mitscherlich em casa de vegetação, empregando-se Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa, proveniente do município de Capão Bonito. Durante todo o ciclo vegetativo da cultura, a cada 10 dias, colheram-se plantas, para serem analisados os elementos N, P, K, Ca, Mg e S.

Verificou-se sensível diferença na extração dos nutrientes, entre ambas as variedades. Assim, enquanto na BII o nitrogênio e, a seguir, o potássio foram os nutrientes absorvidos em maiores quantidades, seguindo-se, em quantidades menores, o fósforo, o cálcio, o enxofre e o magnésio, na variedade IAS o potássio foi absorvido em muito maior quantidade que o nitrogênio, e depois dele, na ordem, o cálcio, o fósforo, o enxofre e o magnésio.

### 1 — INTRODUÇÃO

Desde que a cultura do trigo passou a ser de exploração econômica importante para a região sul do Estado de São Paulo, desenvolvem-se trabalhos de pesquisas procurando esclarecer problemas e aumentar a produtividade da cultura.

(1) Recebido para publicação em 30 de abril de 1973.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

Diversos trabalhos experimentais de adubação já foram realizados com o trigo no Brasil (1, 2, 3). Gonçalves (8) apresenta a composição física e a química do trigo, sem entrar em detalhes sobre os nutrientes das plantas.

Sobre os aspectos de absorção de nutrientes pela cultura, há o trabalho de Halliday (10), que apresenta as curvas de absorção de N, P, K, Ca e Mg construídas através da análise de plantas colhidas semanalmente, durante todo o ciclo vegetativo. Schrenk (13), em excelente trabalho experimental, mostra a composição química dos grãos de trigo de diversas variedades, a absorção de micronutrientes, e analisa os fatores que influenciam a composição mineral da planta. Doneen (5) apresenta um estudo exaustivo sobre a influência do nitrogênio, na produção e composição dos grãos de trigo.

Para outras culturas, como as de batata (7), tomate (6) e feijão (9), já foram determinadas curvas de absorção de nutrientes.

Com a finalidade de determinar as curvas de absorção dos macronutrientes primários e secundários, por duas variedades de trigo, foi conduzido o presente trabalho.

## 2 — MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa de vegetação, em vasos de Mitscherlich, com 6 kg de solo proveniente do município de Capão Bonito, e classificado como Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa (14). O solo foi retirado até à profundidade de 20 cm, e após secagem ao ar foi muito bem homogenizado, peneirado através de malha de 2 mm e colocado nos vasos. Todos eles receberam adubação igual e completa, composta de 10 g de sulfato de amônio, 20 g de superfosfato simples, 5 g de cloreto de potássio, além de 3 g de sulfato de cálcio e magnésio. Os micronutrientes também foram aplicados nas quantidades de 0,5 g dos sulfatos de zinco, cobre, ferro e manganês, e de tetraborato de sódio, além de 0,1 g de molibdato de amônio.

Conduziu-se este ensaio com duas variedades de trigo, BH-1146

e IAS 3795, plantando-se 20 sementes por vaso. A germinação foi ótima, e 10 dias após a emergência procedeu-se ao desbaste, deixando 10 platinhas por vaso. Utilizaram-se para cada variedade 90 vasos. Procurou-se manter, durante o transcorrer do ensaio, somente plantas bastante uniformes pelo aspecto vegetativo. Os vasos receberam irrigação de acordo com as recomendações de Mitscherlich (15), sendo os percolados retornados aos vasos.

A partir da germinação, a cada 10 dias, eram colhidas as plantas, separando-se a parte aérea e a subterrânea, que eram lavadas com jatos de água, para perfeita limpeza. A seguir o material era pesado e colocado em estufa a 60°C, e, depois de seco, novamente pesado. De acordo com o desenvolvimento das plantas, nas primeiras décadas, colhia-se o maior número de vasos, para ter material suficiente para a análise. Nas décadas posteriores, colheu-se um mínimo de três vasos. Quando do florescimento e frutificação, a parte aérea foi pesada separadamente em seus diversos órgãos.

Depois de convenientemente preparado, o material foi submetido a análises de N, P, K, Ca, Mg, e S, segundo métodos utilizados na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba (4, 11, 12).

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 — DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

Pelos dados dos quadros 1 e 2 pode-se verificar o desenvolvimento das plantas em altura. Por ocasião da colheita, as plantas foram medidas, o que permitiu a construção das curvas de crescimento para ambas as variedades. Pelo desenvolvimento em altura, observa-se que o trigo possui crescimento bastante uniforme, aumentando em cada década até atingir o máximo aos 90 dias após a germinação. Daí em diante, estaciona-se o crescimento vegetativo.

Nota-se, pelos dados do quadro, que as plantas da variedade

QUADRO 1. — Dados médios por planta de trigo var. IAS-3795 cultivado em casa de vegetação, em vasos de Mitscherlich com Latossolo Vermelho-Escuro, obtidos nos vários estádios de desenvolvimento dos diferentes órgãos da planta

Idade das plantas (dias)	Altura	Material fresco						Material seco (60°C)						
		Parte aérea	Espegas integrais	Grãos	Total	Raiz	Parte aérea	Espegas integrais	Grãos	Total				
	cm	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
10	11	0,024	0,303	—	0,327	0,015	0,037	—	0,052	—	—	—	—	0,052
20	15	0,193	0,940	—	1,133	0,050	0,123	—	0,173	—	—	—	—	0,173
30	20	1,181	3,775	—	4,956	0,125	0,537	—	0,662	—	—	—	—	0,662
40	38	2,162	10,993	—	13,155	0,168	1,337	—	1,505	—	—	—	—	1,505
50	46	2,306	20,462	—	22,768	0,287	2,618	—	2,905	—	—	—	—	2,905
60	63	2,991	20,502	—	32,493	0,358	3,770	—	4,128	—	—	—	—	4,128
70	78	4,341	36,933	0,676	41,949	0,475	6,100	0,125	6,660	—	—	—	—	6,660
80	105	5,291	38,816	5,633	49,740	0,650	10,187	1,316	12,153	—	—	—	—	12,153
90	120	5,308	37,020	6,560	48,878	0,616	9,366	2,029	12,011	—	—	—	—	12,011
100	120	2,508	31,920	10,012	44,440	0,583	8,469	3,487	12,539	—	—	—	—	12,539
110	120	2,216	17,770	11,541	31,527	0,537	6,520	5,025	12,082	—	—	—	—	12,082
120	120	2,495	9,487	5,825	21,436	0,462	4,837	4,454	13,365	—	—	—	—	13,365
130	120	1,216	8,254	5,637	18,894	0,379	5,108	4,141	13,061	—	—	—	—	13,061

IAS tiveram crescimento em altura maior do que a BH. A altura máxima atingida pela IAS foi de 120 cm, enquanto a BH atingiu somente 92 cm.

Pelos dados dos quadros 1 e 2, onde são expostos os pesos de materiais seco e fresco, observa-se o desenvolvimento das plantas. Foi verificado que elas tiveram desenvolvimento bastante uniforme e sempre crescente até a cultura atingir a oitava década. Desse período até o final do ciclo não mais se observou aumento de peso, cessando o desenvolvimento das plantas. O florescimento deu-se entre os 40 e 50 dias após a germinação, e os grãos formaram-se a partir da 11.<sup>a</sup> década.

Observou-se também que o trigo tem crescimento vegetativo muito pequeno até atingir a terceira década; daí em diante as plantas se desenvolvem com bastante intensidade.

Os dados obtidos neste ensaio confirmam os de Doneen (5), que também afirma que o trigo se desenvolve até à época do florescimento, e daí até o final do ciclo não é mais observado crescimento em altura. Observou, ainda, esse mesmo autor, que o decréscimo na quantidade de matéria seca se dá entre o florescimento e a maturação, tal como o obtido neste ensaio. Quando houve excesso de nitrogênio no solo, foram também verificadas alongação no período vegetativo e paralização na formação de matéria seca.

As diferenças de produção de matéria seca entre as duas variedades estudadas foram bastante acentuadas, pois, enquanto a BH apresentou cerca de 33 t/ha de matéria verde, a IAS produziu perto de 50 t/ha. Essas diferenças entre variedades já foram também observadas por Schrenk (13).

### 3.2 — CONCENTRAÇÕES DOS NUTRIENTES NA PLANTA

#### 3.2.1 VARIEDADE BH 1146

Os resultados analíticos obtidos das diversas partes da planta e nas diferentes épocas de colheita, durante o ciclo vegetativo, podem ser observados no quadro 3.

QUADRO 2. — Dados médios por planta de trigo var. BH-1146 cultivado em casa de vegetação, em vasos de Mitscherlich com Latossolo Vermelho-Escuro, obtidos nos vários estádios de desenvolvimento dos diferentes órgãos da planta

Idade das plantas (dias)	Material fresco						Material seco (60°C)					
	Altura	Raiz	Parte aérea	Espigas integrais	Grãos	Total	Raiz	Parte aérea	Espigas integrais	Grãos	Total	
10	cm	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
20	8	0,007	0,295	—	—	0,302	0,006	0,034	—	—	0,040	
30	15	0,350	1,300	—	—	1,650	0,040	0,118	—	—	0,158	
40	23	0,313	2,606	—	—	2,919	0,086	0,333	—	—	0,419	
50	35	0,256	8,687	—	—	8,943	0,125	1,068	—	—	1,193	
60	50	1,056	14,075	0,225	—	15,356	0,187	1,987	0,012	—	2,192	
70	70	3,254	20,233	0,950	—	24,437	0,250	3,304	0,225	—	3,779	
80	82	1,612	25,354	2,408	—	29,374	0,358	4,733	0,583	—	5,674	
90	90	1,862	27,833	3,770	—	33,465	0,416	4,758	1,087	—	6,261	
100	95	2,200	20,817	5,187	—	28,204	0,445	5,302	2,147	—	7,894	
110	95	1,075	20,802	4,910	—	26,887	0,437	5,272	2,102	—	7,891	
120	95	0,687	13,045	4,279	2,750	20,761	0,366	4,097	1,050	1,912	7,425	
130	95	0,883	7,675	3,295	2,412	14,265	0,262	4,745	0,825	2,017	7,849	
130	95	0,395	5,300	3,007	2,010	10,712	0,229	4,640	0,830	1,923	7,622	

quadro 3. — Teores dos elementos nutritivos analisados no material seco dos diferentes órgãos das plantas, em vários estádios de desenvolvimento de trigo das variedades BH-1146 e IAS-3795 que vegetaram em Latossolo Vermelho-Escurro, em vasos de Mitscherlich, em casa de vegetação

Idade da planta (dias)	Parte da planta	Variedade de trigo e elementos analisados												
		BH-1146						IAS-3795						
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	
0	Raiz	%	2,24	0,56	4,05	0,32	0,33	0,74	3,42	0,61	4,90	0,36	0,17	0,52
	Parte aérea	%	5,74	0,73	8,00	0,44	0,30	0,72	4,90	0,66	4,90	0,24	0,19	0,99
	Espigas	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Grãos	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	Raiz	%	2,52	0,55	3,75	0,32	0,32	0,62	—	—	—	—	—	—
	Parte aérea	%	5,08	0,72	7,50	0,48	0,29	0,66	5,11	0,68	4,90	0,40	0,19	0,30
	Espigas	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Grãos	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	Raiz	%	2,66	0,51	4,00	0,40	0,32	0,55	2,94	0,63	4,70	0,32	0,13	0,66
	Parte aérea	%	4,76	0,56	3,60	0,40	0,25	0,66	4,69	0,61	4,80	0,24	0,15	0,55
	Espigas	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Grãos	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	Raiz	%	2,10	0,51	3,50	0,32	0,24	0,62	2,45	0,63	4,85	0,36	0,13	0,44
	Parte aérea	%	3,92	0,47	3,25	0,41	0,22	0,62	4,06	0,69	4,80	0,32	0,16	0,59
	Espigas	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Grãos	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(continua)

QUADRO 3. — (continuação)

50	Raiz .....	1,82	0,44	1,50	0,32	0,23	0,58	2,80	0,57	4,30	0,28	0,10	0,14
	Parte aérea ...	3,64	0,55	3,00	0,32	0,26	0,48	3,85	0,66	4,40	0,32	0,15	0,59
	Espigas .....	2,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Grãos .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	Raiz .....	1,82	0,41	1,75	0,28	0,19	0,47	2,03	0,50	3,90	0,52	0,07	0,48
	Parte aérea ...	3,50	0,50	2,25	0,32	0,25	0,37	3,08	0,57	5,00	0,44	0,16	0,49
	Espigas .....	2,80	0,39	4,70	0,16	0,16	0,34	—	—	—	—	—	—
	Grãos .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	Raiz .....	1,94	0,37	1,60	0,28	0,18	0,48	1,75	0,41	2,00	0,32	0,07	0,71
	Parte aérea ...	2,66	0,41	2,35	0,32	0,20	0,37	2,52	0,41	5,00	0,28	0,12	0,21
	Espigas .....	1,66	0,37	4,40	0,20	0,19	0,24	3,15	0,57	3,50	0,40	0,13	0,40
	Grãos .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	Raiz .....	1,82	0,35	1,30	0,28	0,14	0,36	1,05	0,34	1,10	0,40	0,08	0,38
	Parte aérea ...	2,24	0,38	2,25	0,36	0,21	0,37	1,54	0,38	4,70	0,40	0,15	0,19
	Espigas .....	2,38	0,35	4,20	0,24	0,21	0,29	2,32	0,39	2,50	0,44	0,13	0,27
	Grãos .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	Raiz .....	1,40	0,39	1,25	0,28	0,14	0,30	1,19	0,37	1,15	0,36	0,09	0,44
	Parte aérea ...	2,52	0,40	2,00	0,32	0,23	0,34	1,61	0,44	4,70	0,35	0,11	0,18
	Espigas .....	2,80	0,33	3,35	0,20	0,21	0,23	2,66	0,37	2,25	0,32	0,15	0,22
	Grãos .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(continua)



QUADRO 3. — (continuação)

100	Raiz .....	1,82	0,34	1,40	0,32	0,15	0,27	1,40	0,29	1,00	0,42	0,08	0,33
	Parte aérea ...	1,82	0,41	1,95	0,40	0,22	0,33	1,26	0,39	5,05	0,42	0,11	0,27
	Espigas .....	3,64	3,40	3,40	0,24	0,24	0,25	2,45	0,34	1,90	0,44	0,16	0,23
	Grãos .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
110	Raiz .....	1,68	0,31	1,50	0,28	0,13	0,22	1,20	0,21	1,00	0,40	0,07	0,22
	Parte aérea ...	1,96	0,36	1,40	0,44	0,25	0,34	0,63	0,31	4,85	0,44	0,12	0,27
	Espigas .....	2,38	0,52	3,90	0,36	0,34	0,29	3,16	0,47	1,85	0,36	0,19	0,22
	Grãos .....	4,06	0,56	3,75	0,32	0,29	0,36	—	—	—	—	—	—
120	Raiz .....	1,92	0,28	0,75	0,31	0,13	0,25	1,26	0,13	0,55	0,32	0,05	0,16
	Parte aérea ...	1,82	0,31	1,75	0,42	0,26	0,29	0,49	0,39	4,25	0,40	0,17	0,33
	Espigas .....	2,10	0,55	3,40	0,44	0,34	0,30	1,26	0,35	1,95	0,40	0,20	0,40
	Grãos .....	4,06	0,51	3,50	0,30	0,30	0,34	3,57	0,43	0,95	0,32	0,16	0,16
130	Raiz .....	1,64	0,30	0,35	0,24	0,10	0,28	1,26	0,13	0,50	0,30	0,07	0,16
	Parte aérea ...	1,80	0,33	1,90	0,40	0,24	0,30	0,56	0,31	4,80	0,44	0,17	0,38
	Espigas .....	2,38	0,56	3,60	0,60	0,34	0,26	1,40	0,39	1,85	0,40	0,16	0,38
	Grãos .....	3,94	0,55	3,60	0,31	0,33	0,34	3,41	0,47	1,10	0,36	0,19	0,23

Como já foi dito, procurou-se manter no ensaio somente plantas homogêneas, mas ainda assim ocorreram alguns resultados analíticos discrepantes, o que pode ser explicado pela heterogeneidade genética do material.

#### 3.2.1.1 — RAIZ

Verificou-se que as raízes possuem elevada concentração em potássio e nitrogênio, seguindo-se, pela ordem, o enxofre, o fósforo, o cálcio e o magnésio. Isso para as análises efetuadas aos 10 dias após a germinação. Com o desenvolvimento da planta, o nitrogênio passa a sofrer acréscimo até a terceira década, e daí até o final do ciclo vegetativo os decréscimos são constantes e paulatinos. Para o potássio, no entanto, verificou-se que, com o desenvolvimento da cultura, os teores encontrados nas raízes são cada vez menores, chegando, no final do ciclo, aproximadamente a um décimo do teor inicial. Para o enxofre, o fósforo e o cálcio, os decréscimos nos teores encontrados com o desenvolvimento da planta foram pouco acentuados, chegando, no máximo, à metade do teor inicial. Para o magnésio, o decréscimo observado foi bem maior. Com exceção do nitrogênio, que teve o maior teor aos 30 dias, todos os outros nutrientes analisados apresentaram a primeira década como a de maior concentração.

#### 3.2.1.2 — PARTE AÉREA

Aos 10 dias após a germinação, a concentração dos nutrientes na parte aérea da planta é extremamente elevada para o potássio e o nitrogênio. Com concentrações dez vezes menores que as desses nutrientes vêm o fósforo e o enxofre, seguindo com concentrações menores ainda o cálcio e o magnésio. Na segunda década a situação permanece inalterada, sendo que o potássio ainda continua apresentando concentrações bem maiores que a de nitrogênio. Os outros nutrientes também apresentam as mesmas quantidades, aproximadamente. Após esse período de tempo, ocorre uma inversão nas concentrações do potássio e do nitrogênio, sendo que este passa a ser o nutriente que apresenta as quantidades maiores. Os outros elementos continuam a apresentar mais ou menos as mesmas quantidades. Também para a parte aérea

verificou-se que com o desenvolvimento da cultura ocorre um decréscimo nos teores dos elementos analisados. Assim, para o nitrogênio, no final do ciclo a parte aérea apresenta teor de aproximadamente a terça parte da encontrada inicialmente. Para o potássio as reduções nas concentrações foram ainda maiores. Para os nutrientes fósforo e enxofre as quantidades finais foram aproximadamente a metade das encontradas inicialmente, enquanto para o cálcio e magnésio as reduções de concentração verificadas foram insignificantes, quase imperceptíveis.

#### 3.2.1.3 — ESPIGAS

Na variedade BH, as espigas iniciaram o aparecimento entre os 40 e 50 dias após a germinação. Assim mesmo, na quinta década os vasos colhidos não forneceram material suficiente para analisar nada mais que o nitrogênio, cuja concentração encontrada foi bastante alta. Da sexta década em diante o material analisado apresentou altas concentrações em potássio, que se mantiveram elevadas até o final do ciclo vegetativo da planta. Foram as concentrações mais elevadas encontradas em todas as partes analisadas. A seguir veio o nitrogênio, também com grandes quantidades, porém bem mais baixas que as do potássio. Esses teores foram aproximadamente a metade dos encontrados para aquele elemento. A seguir, em bem menores concentrações aparecem o fósforo, o enxofre, o cálcio e o magnésio, em ordem decrescente de quantidades. Com o desenvolvimento da planta as concentrações desses elementos são crescentes, encerrando o ciclo com quantidades sempre maiores que as encontradas na sexta década, à exceção do enxofre que permanece mais ou menos constante durante todo o desenvolvimento da planta.

#### 3.2.1.4 — GRÃOS

Os grãos começaram a se formar entre a 10.<sup>a</sup> e a 11.<sup>a</sup> décadas. As maiores concentrações continuaram a ser para o nitrogênio, seguido muito de perto pelo potássio, e isto desde essa ocasião até o final do ciclo muito pequena variação apresentaram. Pela ordem decrescente seguiram em quantidades analisadas os nutrientes fósforo, enxofre, cálcio e magnésio. É interessante observar

que as concentrações encontradas para todos os nutrientes estudados variaram pouco com a continuação do desenvolvimento e amadurecimento dos grãos.

### 3.2.2 — VARIEDADE IAS-3795

#### 3.2.2.1 — RAIZ

Como na variedade BH, as raízes apresentaram elevada concentração em potássio e nitrogênio, seguindo-se, na ordem decrescente, o fósforo, o enxofre, o cálcio e o magnésio.

Com o desenvolvimento da planta, as análises mostraram que a porcentagem de nitrogênio na raiz foi decrescente até o final do ciclo, quando a concentração encontrada foi praticamente a terça parte da inicial. Para o potássio, o mesmo fato foi observado, com concentração final cerca de um décimo da inicial. Para todos os outros nutrientes foi observado o mesmo comportamento, isto é, com o desenvolvimento da planta ocorre um decréscimo acentuado na concentração dos elementos nas raízes, mostrando a migração bastante rápida e acentuada desses nutrientes para as outras partes da planta.

#### 3.2.2.2 — PARTE AÉREA

Pelos dados analíticos pode-se facilmente acompanhar o que ocorre com os nutrientes nessa parte da planta. Também aí foi verificado que o potássio e o nitrogênio apresentaram elevadas concentrações, muito acima das encontradas para os outros elementos estudados.

O que foi observado de interessante na variedade IAS-3795, e que difere frontalmente da outra, já comentada, é que o nitrogênio, o fósforo e o enxofre, com o desenvolvimento da planta, sofrem decréscimos bastante acentuados nas suas concentrações, e o potássio permanece até o final do ciclo com a concentração encontrada na primeira década. Para o cálcio, verificou-se também fato interessante, pois, com o desenvolvimento da planta, encontraram-se maiores porcentagens do elemento na parte aérea, terminando o ciclo com quase o dobro do teor encontrado inicial-

mente. Quanto ao magnésio, não se verificaram modificações nos teores analisados, mesmo com o desenvolvimento da planta, que encerra o ciclo com a mesma concentração encontrada inicialmente.

#### 3.2.2.3 — ESPIGAS

Na variedade em apreço as espigas apareceram somente ao completar a sétima década. Como nas outras partes analisadas, a concentração em nitrogênio e potássio foi bastante alta, sendo que o nitrogênio apresentou os teores, em todas as décadas, mais ou menos próximos, ocorrendo pequenas oscilações. Já para o potássio, grandes decréscimos ocorrem com o passar das décadas, até o final do ciclo. Esse mesmo fato se passa também com o fósforo e o enxofre, cujas concentrações diminuem com o desenvolvimento da planta. O cálcio, como o nitrogênio, permanece com os teores oscilando ao redor do encontrado aos 70 dias. Com o magnésio observou-se, como já comentado para a variedade BH, um acréscimo nos teores analisados, com o passar das décadas.

#### 3.2.2.4 — GRÃOS

Somente aos 120 dias do ciclo da planta é que os grãos apresentaram condições de serem analisados, mostrando o nitrogênio as maiores concentrações, muito acima das dos outros elementos, inclusive do potássio, que apresentou teor nas sementes. Seguem em ordem de grandeza, o fósforo e o cálcio, e finalmente, com muito pequena concentração, o enxofre e o magnésio. Conforme já comentado para a outra variedade estudada, os teores analisados nas duas décadas apresentaram muito pouca oscilação, mostrando não haver translocação dos elementos, uma vez depositados nas sementes.

### 3.3 — ABSORÇÃO DOS NUTRIENTES PELAS PLANTAS

Com os teores e pesos de material seco encontrados em cada década, foram calculadas as quantidades de nutrientes absorvidos por uma planta de trigo.

## 3.3.1 — VARIEDADE BU-1116

## 3.3.1.1 — RAIZ

Essa parte da planta apresenta-se como órgão de reserva de grandes quantidades de nitrogênio, superiores às dos outros nutrientes estudados. A quantidade absorvida atinge cerca de 8 quilogramas de nitrogênio por hectare. A seguir aparece o potássio, como sendo absorvido também em quantidades grandes, porém menores que as do nitrogênio. O potássio é absorvido do solo, na quantidade de pouco mais de 6 kg por hectare. O fósforo, apesar de ser necessário para propiciar boas produções, foi absorvido em muito pequena quantidade, aproximadamente 20% da de nitrogênio. Mostrou-se, esse órgão da planta, exigente em enxofre, pois esse nutriente foi absorvido e armazenado pelas raízes em quantidades pouco menores que as de fósforo.

O cálcio e o magnésio foram os nutrientes absorvidos em menores quantidades, este último em aproximadamente 50% do primeiro.

As raízes absorveram e armazenaram o nitrogênio, desde a primeira até à nona década, quando foi atingida a quantidade máxima, e daí até o final do ciclo não foi verificado aumento na quantidade armazenada. Pelos dados de nitrogênio total na planta, verificou-se que a absorção continuou, ocorrendo porém translocação, desse nutriente, da raiz para as outras partes da planta.

Para o fósforo, observou-se o mesmo fenômeno descrito para o nitrogênio, ou seja, o nutriente foi absorvido e armazenado sempre em quantidades crescentes, até a planta atingir os 90 dias, e daí até o final do ciclo as quantidades se mantiveram constantes.

Com o potássio também ocorreu acréscimo em todas as décadas até à nona, e daí em diante as reduções nas quantidades dos nutrientes encontrados nas raízes foram sensivelmente menores, completando-se o ciclo com quantidades ao redor da décima parte da encontrada aos 90 dias após a germinação. Para o cálcio, o magnésio e o enxofre observou-se o mesmo fenômeno: as raízes absorvem e armazenam quantidades sempre crescentes até à nona década.

## 3.3.1.2 — PARTE AÉREA

Os dados obtidos mostram que, nessa parte da planta, ainda o nitrogênio é o nutriente encontrado em maiores quantidades, dos 30 dias após a germinação até o final do ciclo. Até à terceira década, foi o potássio o elemento predominante. Pela ordem decrescente de quantidades de nutrientes, seguem-se-lhes o fósforo, o enxofre, o cálcio e o magnésio.

Verificou-se que a parte aérea apresentou sempre quantidades crescentes de nitrogênio, do início até à nona década, para então se tornarem decrescentes as quantidades encontradas até o final do ciclo. Para o fósforo, o potássio, o cálcio e o enxofre, as quantidades absorvidas foram crescentes com a idade, até a planta atingir a nona década, quando então passou a sofrer decréscimos até o final do ciclo. O magnésio sofreu acréscimos até a décima década, passando depois a decrescer.

## 3.3.1.3 -- ESPIGAS

As espigas começaram a surgir entre a quarta e a quinta décadas, e passaram a grãos a partir da décima década, quando foi possível analisar isoladamente essa parte da planta. Realmente foi comprovado serem aí os órgãos de reserva de trigo, pois os teores encontrados para todos os nutrientes foram sempre crescentes desde o início da formação das espigas até à formação dos grãos.

## 3.3.1.4 -- GRÃOS

Somente a partir dos 110 dias após a germinação os grãos de trigo tomaram consistência e puderam ser analisados separados da espiga. Pelos resultados analíticos verificou-se que para nenhum elemento se constatou aumento ou diminuição do teor no grão, mostrando tal fato que, uma vez atingido esse órgão da planta, não ocorre mais translocações dos elementos para outras partes, e que, uma vez formadas as substâncias componentes, os grãos também não recebem mais nenhum elemento para a sua formação. Os nutrientes são recebidos para armazenagem enquanto os grãos estão no estado leitoso.

## 3.3.1.5 -- NA PLANTA INTEGRAL

As necessidades totais dos nutrientes pela planta de trigo constam do quadro 3, de acordo com o qual se calcula que é de 200 kg/ha de nitrogênio (dos quais somente cerca de 80 kg são retirados realmente do terreno através da colheita, retornando uma grande porcentagem desse elemento ao solo com os restos da cultura que aí permanecem). Halliday (10) mostra que a cultura de trigo retira através da produção de grãos a quantidade de 40 kg de nitrogênio, bastante inferior ao encontrado em nossos experimentos. É, no entanto, de chamar a atenção a informação de Sotola, citado por Schrenk (13), de que o conteúdo de nutriente varia de uma para outra variedade. Aí talvez esteja a explicação das diferenças encontradas entre as quantidades de nitrogênio.

O fósforo foi um dos nutrientes absorvidos em menor quantidade. Para obtenção de uma produção de cerca de 2.000 kg de grãos foram retirados do solo, pela planta toda, 32 kg/ha. Com os grãos, são exportados do terreno 11 kg/ha, perto de 40% do total absorvido. Schrenk (13) encontrou que os grãos de trigo absorvem muito fósforo, bastante próximo da quantidade de potássio, o que discrepa completamente os dados obtidos pelos autores do presente estudo. Já Halliday (10) informa que a cultura do trigo retira do terreno somente 20 kg/ha de fósforo, com uma produção de aproximadamente 2.000 kg/ha.

Para o desenvolvimento e produção de uma cultura de trigo capaz de produzir cerca de 8 toneladas de matéria seca e 2 toneladas de grãos há necessidade de mais de 180 kg/ha de potássio. Desse total absorvido pela cultura, somente são exportados do terreno, através da colheita de grãos, quantidade de pouco mais de 70 kg/ha do nutriente. Em quantidades totais absorvidas, o potássio se coloca em segundo lugar, vindo logo após o nitrogênio. Halliday (10) dá como absorvida pelos grãos de trigo a quantidade de 40 kg/ha de potássio, bastante abaixo da encontrada neste ensaio.

A quantidade de cálcio requerida pelo trigo foi pouco menor que a de fósforo, a maior parte dele armazenada nos grãos. Enquanto a planta toda armazenou perto de 30 kg/ha, os grãos absorveram somente cerca de 6 quilogramas do elemento. Real-



mente, Schrenk (13) mostra que as quantidades de cálcio armazenadas nos grãos são muito pequenas, e Halliday (10) afirma que somente 10 kg/ha de cálcio são armazenados nos grãos.

O magnésio, ao contrário do nitrogênio, foi o elemento absorvido em menor quantidade pela cultura de trigo. Encontrou-se como sendo absorvida a quantidade de 20 kg/ha, sendo que, desse total, nos grãos foram armazenados 6 kg/ha, para uma produção de 2.000 kg/ha de grãos.

O enxofre foi absorvido em quantidades semelhantes às do cálcio, pois a planta toda absorveu perto de 25 kg/ha, enquanto as sementes levam para fora do terreno pouco mais de 6 kg/ha. Halliday (10) dá como 9 kg/ha a quantidade absorvida e armazenada pelos grãos de trigo.

#### 3.3.2 — VARIEDADE IAS-3795

Inicialmente verificou-se que as maiores concentrações de nitrogênio ocorrem na parte aérea da planta, e a seguir, nas raízes.

#### 3.3.2.1 — RAIZ

A maior concentração do elemento foi na décima década, daí decrescendo sempre para concluir o ciclo com metade da quantidade encontrada no período citado. Diferindo fundamentalmente da variedade BH, o potássio foi elemento absorvido em maiores quantidades. Com o fósforo ocorreu um fato interessante e digno de nota: com o desenvolvimento da cultura, a absorção desse elemento cresceu até à nona década, e daí até o final do ciclo não foi mais observado aumento de absorção, mas somente translocação. Em potássio, as raízes apresentaram absorção bastante alta, que com o desenvolvimento da planta foi crescendo até à sexta década com altas quantidades, e nessa época, com o aparecimento das espigas, verificou-se diminuição das quantidades nas raízes e aumento de concentração nas espigas, mostrando a grande translocação do nutriente para esse órgão de produção.

As quantidades de cálcio, magnésio e enxofre absorvidas pelas raízes sempre foram menores que na parte aérea; foram crescen-

tes até a planta atingir 80 a 90 dias, e depois passaram a ser decrescentes, mostrando a migração desses elementos para a espiga, que se mostrou, com o passar das décadas, cada vez mais rica.

### 3.3.2.2 — PARTE AÉREA

As maiores concentrações de nitrogênio ocorreram na parte aérea da planta, somente sendo suplantadas com o aparecimento das flores e dos grãos, que passaram a armazenar maiores quantidades desse elemento. O nitrogênio foi absorvido em quantidades crescentes, durante o desenvolvimento da cultura, até atingir 80 dias, quando passou a decrescer muito, até o final do ciclo, passando a ser armazenado nas espigas e nos grãos. O que foi reduzido na parte aérea foi encontrado nas espigas e nos grãos. Para o fósforo foi observado que a parte aérea é a que armazena as maiores quantidades do elemento, mesmo com o aparecimento das espigas e dos grãos. As quantidades cresceram até à nona década, e daí para o final decresceram, dividindo a absorção entre as espigas e os grãos. O potássio, absorvido em enormes quantidades nessa variedade, tem na parte aérea o maior armazém, pois em todas as décadas as quantidades aí encontradas suplantam em muito as encontradas nas outras partes, mesmo espigas e grãos. O potássio é absorvido até 100 dias após a germinação. As quantidades armazenadas na parte aérea são bastante superiores mesmo às contidas nas espigas e nos grãos. Nessa variedade, ao contrário da BH, as quantidades de potássio nos grãos são muito pequenas.

### 3.3.2.3 — ESPIGAS

Na variedade em questão, as espigas começaram a surgir entre a sexta e sétima décadas, bem depois da variedade BH.

As maiores absorções dos elementos estudados foram para o potássio, seguido de perto pelo nitrogênio; a seguir, pela ordem decrescente, fósforo, cálcio, enxofre e magnésio. Verificou-se serem crescentes as absorções, com o desenvolvimento da cultura, e com a formação dos grãos grande parte dos nutrientes passou a figurar nesse órgão da planta. Somente para o potássio esse fenô-

meno não ocorreu, continuando as espigas como grandes armazenadores desse elemento.

#### 3.3.2.4 -- GRÃOS

Os grãos tomaram consistência e puderam ser analisados separadamente somente na 12.<sup>a</sup> década. São realmente os órgãos de reserva da planta. Aí se armazenam as maiores quantidades de nutrientes estudados, à exceção do potássio, que mostrou pequena quantidade, bastante inferior em comparação com o resto da planta. O interessante é observar que as quantidades armazenadas nos grãos de trigo foram iguais no princípio e no fim de sua formação, mostrando que uma vez formados não há mais absorção de nutrientes.

#### 3.3.2.5 — PLANTA INTEGRAL

Inicialmente podem ser constatadas diferenças fundamentais entre os resultados obtidos para ambas as variedades estudadas, no que diz respeito à absorção dos nutrientes. Schrenk (13), citando trabalhos de Sotola, diz que o conteúdo de nutrientes de uma variedade pode ser completamente diferente do de outra. É exatamente o que se constatou no presente experimento, onde as diferenças de absorção encontradas são muito grandes entre uma e outra variedade. A quantidade total de nitrogênio absorvido, de ordem de 250 kg/ha, foi retirada paulatinamente até a planta completar 110 dias, após o que não houve mais absorção, mas somente translocação do elemento, para a formação dos grãos. Na variedade BH não foi constatada mais absorção após 90 dias. Halliday (10) constatou que o trigo absorve nitrogênio até 100 dias após a germinação. A variedade IAS difere da BH, mostrando-se esgotante, em nitrogênio, pois cerca de 130 kg/ha são retirados com os grãos de trigo, enquanto a BH retira somente 80 kg/ha.

O fósforo, que tão grande importância possui na produção, foi absorvido em muito pequena quantidade, pois o total necessário foi da ordem de 60 kg/ha, sendo que nos grãos foram armaze-

nados somente 15 kg/ha. Halliday (10) determinou como absorvida pelos grãos a quantidade de 20 kg/ha, bastante próxima da encontrada neste trabalho. Schrenk (13), no entanto, encontrou que a absorção do fósforo é bastante próxima da do potássio, o que equivale dizer que seria elevada a quantidade absorvida. Enquanto Halliday (10) achou que o fósforo era absorvido até a planta atingir 120 dias, outros autores constataram que a cultura absorve esse nutriente desde o início até o final do ciclo. Verificou-se que o trigo absorve o potássio até a cultura completar a oitava década. Um ponto interessante a ressaltar, sem dúvida é a grande quantidade de potássio armazenada pelo trigo. A variedade IAS absorveu 520 kg/ha, para a cultura toda. A diferença é muito grande para a variedade BH, que absorveu pouco mais de 180 kg. Da quantidade absorvida pela cultura somente pouco mais de 35 kg foram armazenados nas sementes, e são exportáveis do terreno. Halliday (10) mostra que os grãos de trigo armazenam 40 kg/ha. As quantidades aqui apontadas diferem também da variedade BH.

O cálcio foi absorvido em quantidades semelhantes às do fósforo, assim como foi continuamente requerido, desde o início até o final do ciclo vegetativo do trigo. O total necessário foi da ordem de 65 kg/ha, sendo que nos grãos, parte exportável do terreno, a quantidade encontrada foi de aproximadamente 15 kg/ha, pouco mais do dobro da encontrada na variedade BH. Halliday (10) encontrou 10 kg/ha como necessários à cultura do trigo, e que se armazenam nos grãos. O elemento absorvido e armazenado em menores quantidades foi o magnésio. A cultura do trigo, para produzir cerca de 13 toneladas de matéria seca e 2.000 kg de grãos, necessita de 30 kg/ha, enquanto nos grãos foram encontrados pelos autores pouco mais de 6 kg/ha. Na variedade BH foram encontrados também 6 kg, como armazenado nas sementes, e Halliday (10) dá a quantidade de 9 kg por hectare.

Finalmente o enxofre apresenta uma curva de absorção semelhante à do fósforo, sendo absorvido do princípio ao fim do ciclo vegetativo em quantidades sempre crescentes com o passar das décadas. O total absorvido chegou a 55 kg/ha, sendo que nos grãos são armazenados aproximadamente 8 kg/ha. É pequena a quantidade de enxofre retirada do solo pela cultura do trigo.

## 4 — CONCLUSÕES

a) O nitrogênio é o elemento requerido em maior quantidade pela variedade BH-1146, e o potássio pela IAS-3795. Pela ordem, para as duas variedades, seguem-se o fósforo, o cálcio, o enxofre e o magnésio.

b) A absorção máxima do nitrogênio ocorre nos 90 e 100 dias após a germinação, respectivamente para as variedades BH e IAS.

c) Na variedade BH, são muito elevadas as quantidades de nitrogênio e potássio, enquanto na IAS somente a de nitrogênio é grande, pois a de potássio equivale à de fósforo e de cálcio.

d) As quantidades totais dos elementos absorvidos pelo trigo, de acordo com as variedades e para a produção de 2.000 kg de grãos, foram:

NITROGÊNIO	— BH —	200 kg/ha, dos quais 80 kg nos grãos
	— IAS —	250 kg/ha, dos quais 130 kg nos grãos
FÓSFORO	— BH —	32 kg/ha, e perto de 11 kg nos grãos
	— IAS —	60 kg/ha, e perto de 15 kg nos grãos
POTÁSSIO	— BH —	180 kg/ha, dos quais 70 kg nos grãos
	— IAS —	520 kg/ha, dos quais 35 nos grãos
CÁLCIO	— BH —	30 kg/ha, sendo nos grãos somente 6 kg
	— IAS —	65 kg/ha, nos grãos somente 15 kg
MAGNÉSIO	— BH —	20 kg/ha, dos quais 6 kg nos grãos
	— IAS —	30 kg/ha, dos quais 6 kg nos grãos
ENXOFRE	— BH —	25 kg/ha, sendo 6 kg nos grãos
	— IAS —	55 kg/ha, sendo 8 kg nos grãos

e) Verificou-se diferença muito grande entre as quantidades dos nutrientes absorvidos, de acordo com a variedade.

f) O desenvolvimento vegetativo do trigo chegou ao máximo quando a cultura atingiu 90 dias após a germinação.

## ABSORPTION OF NUTRIENTS BY WHEAT PLANTS

## SUMMARY

In this paper the nutrient absorption by wheat plants is presented. Two

varieties of wheat, BH 1146 and IAS 3795, were grown in Mitscherlich pots under greenhouse conditions and supplied with all nutrients, including micronutrients. Plant samples, obtained at 10-day intervals, were analysed for N, P, K, Ca, Mg and S.

The amounts of nutrients absorbed were different between the two varieties. Furthermore, the BH variety absorbed more nitrogen than other nutrients, while for the IAS variety potassium was the element absorbed in larger amounts. Absorption of P, S, Ca, Mg was small for both varieties.

### LITERATURA CITADA

1. BLANCO, H. G., IGUE, K.; GARGANTINI, H. & WUTKE, A. C. P. Competição de fertilizantes fosfatados para o trigo. *Bragantia* 21:867-874, 1962.
2. ———; VENTURINI, W. R. & GARGANTINI, H. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo, para o trigo, com efeito residual para a soja. *Bragantia* 24:261-279, 1965.
3. ———; ———; ——— & CUIABANO, N. Adubação mineral para o trigo no Sul do Estado de São Paulo. *Bragantia* 24:481-505, 1965.
4. CHAPMAN, H. D. & PRATT, P. F. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. California, University, Division of Agricultural Sciences, 1961. 307 p.
5. DONEEN, L. D. Nitrogen in relation to composition, growth, and yield of wheat. Pullman, Washington Agricultural Experiment Station, 1934. 71p. (Bulletin 296)
6. GARGANTINI, H. & BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. *Bragantia* 22:693-714, 1963.
7. ———; ———; GALLO, J. R. & NOBREGA, S. Absorção de nutrientes pela batatinha. *Bragantia* 22:267-290, 1963.
8. GONÇALVES, D. T. Constituição física e química do trigo. Ensaio de laboratório. *Boletim do Ministério da Agricultura* 5:13-20, 1944.
9. HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H. & BLANCO, H. G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia* 26:381-392, 1967.
10. HALLIDAY, D. J. A guide to the uptake of plant nutrients by farm crops. Bracknell, Jealott's Hill Research Station, 1948. 34p. (Bulletin 7)
11. LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R. & MEDCALF, J. C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agrônomo, 1956. 29p. (Boletim 79)
12. MALAVOLTA, E. *Práticas de química orgânica e biológica*. Piracicaba, Centro Acadêmico «Luiz de Queiróz», 1957. 109p.
13. SCHRENK, W. G. Minerals in wheat grain. Manhattan, Kansas Agricultural Experiment Station, 1964. 24p. (Bulletin 136)

- 
14. SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Comissão de Solos. Carta dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim 12)
  15. VANDECAVEYE, S. C. Biological methods of determining nutrients in soil. In: Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, American Potash Institute, 1948. P. 199-216.