

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo

Vol. 22

Campinas, Abril de 1963

N.º 22

ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELA BATATINHA (1)

H. GARGANTINI, H. GARCIA BLANCO, *engenheiros-agrônomo*s, Seção de Fertilidade do Solo, J. ROMANO GALLO, *engenheiro-agrônomo*, Laboratório de Pesquisas de Elementos Minerais em Plantas, e SYLVIO DE A. NÓBREGA, *engenheiro-agrônomo*, Seção de Raízes e Tubérculos, Instituto Agronômico.

RESUMO

A marcha da absorção dos elementos nutritivos essenciais pela batatinha (*Solanum tuberosum* L.) foi estudada em plantas cultivadas em vasos de barro, internamente vidrados, e com capacidade para 10 quilos de terra. Em cada 10 dias, durante todo o ciclo vegetativo, eram colhidas plantas e analisados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S.

Tôdas as plantas receberam os mesmos cuidados em tratos culturais, fitossanitários e água. Propiciaram-se, ainda, iguais condições de fertilidade, dando-se a todos os vasos adubação completa, inclusive com os micronutrientes necessários ao bom desenvolvimento e produção da batata.

Os resultados obtidos mostram que a batata absorve em grande quantidade o nitrogênio e o potássio, sendo o último em maior proporção. Dos outros elementos estudados, o fósforo, o cálcio, o magnésio e enxôfre, são absorvidos em pequenas quantidades, não ultrapassando nenhum deles 16 kg/ha.

Os dados mostram ainda que as quantidades totais necessárias de nitrogênio, potássio, magnésio e enxôfre são absorvidas pela cultura, até completar 50 dias após a germinação, enquanto o fósforo e o cálcio são requeridos desde o início até o final do ciclo vegetativo da planta.

1 — INTRODUÇÃO

Desnecessário seria frisar a importância do conhecimento das curvas de absorção dos elementos nutritivos essenciais pela cultura da batatinha,

(1) Recebido para publicação em 13 de março de 1963.

durante o seu ciclo vegetativo, bem como a composição química das diversas partes da planta, para o estudo dos problemas da adubação. Além dos aspectos inerentes ao próprio solo e aos fertilizantes, o melhor conhecimento das necessidades e das épocas em que a cultura retira os elementos do solo, poderá permitir melhor critério na prática das adubações.

Vários são os trabalhos publicados sôbre as quantidades de elementos nutritivos retiradas do solo, por diversas culturas, em determinados estágios de seu ciclo vegetativo (1, 6, 7), ou sômente pela produção, através dos frutos, das sementes ou da parte vegetativa (4, 9, 13, 14).

Carpenter (2), em trabalho com batatinha, estudou as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio retiradas pela cultura, durante todo o seu ciclo vegetativo, com análises periódicas cada cinco dias após o plantio dos tubérculos-semente. Apresentou as curvas de absorção desses elementos, mostrando ser o potássio, o elemento retirado em maior quantidade, vindo a seguir o nitrogênio e o magnésio; o cálcio e o fósforo concorreram com muito pequenas quantidades. Entre 50 e 70 dias do plantio, observou as maiores absorções dos elementos pela cultura.

Carolus (3), trabalhando também com a cultura da batata, na Estação Experimental Virginia Truck, em Norfolk, reporta os resultados obtidos no estudo de absorção. Semanalmente eram colhidas as plantas e analisadas em seus teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Nesse estudo, realizado com uma variedade de ciclo vegetativo bastante longo (catorze semanas), a batata absorveu, nas primeiras sete semanas de seu ciclo, sômente 9% da quantidade total dos nutrientes necessários. Da sétima à nona semana, as plantas retiraram cêrca de 16% desse total. Da décima à décima segunda semana, a cultura absorveu mais 67% e, finalmente, entre a décima terceira e a décima quarta semana, os 8% restantes dos elementos nutritivos de que necessita, para o seu completo desenvolvimento. Assim, a maior parte dos elementos foi retirada dos 70 aos 84 dias após o plantio.

Com o objetivo de determinar as quantidades de elementos nutritivos absorvidas pelas diferentes partes das plantas de batatinha, as épocas em que êles são absorvidos e as quantidades requeridas por essa cultura durante o ciclo vegetativo, foi instalado o experimento que é relatado neste trabalho.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em vasos de barro, internamente vidrados e com capacidade para 10 quilos de terra. O solo empregado foi da formação Glacial, areno-argiloso. Utilizou-se apenas a camada superficial,

até a profundidade de 20 cm. Após secagem ao ar, a terra foi muito bem misturada com sarapueira de mato e matéria orgânica, recebendo ainda, todos os vasos, uma adubação mineral correspondente a 80 kg/ha de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, 120 kg/ha de ácido fosfórico, como superfosfato simples, e 60 kg/ha de óxido de potássio, como sulfato de potássio. Para o cálculo dos adubos colocados nos vasos, levou-se em conta o número de plantas contidas em um hectare às distâncias recomendadas, ou sejam, 32 000 plantas. Esta adubação foi ainda complementada com todos os outros nutrientes, nas seguintes quantidades, por vaso: 5 g de calcário; 1 g dos sulfatos de magnésio e de cálcio; 0,1 g dos sulfatos de zinco, ferro, cobre e manganês; 0,1 g de tetraborato de sódio (borax) e 0,02 g de molibdato de amônio.

Utilizaram-se inicialmente 100 vasos, com uma planta em cada. Foram mantidas, somente, plantas homogêneas, com aspecto vegetativo típico, constituindo uma população bastante uniforme.

O ensaio foi conduzido na Estação Experimental "Theodureto de Carmargo", município de Campinas, em vasos a descoberto, recebendo os tratamentos fitossanitários adequados e sendo irrigados quando necessário.

Procedeu-se à instalação no dia 19 de outubro de 1961, utilizando-se a variedade "Bintje". As sementes apresentavam-se em muito bom estado de turgescência e em início de brotação, com um peso médio de 42 g. Vinte dias após, as plantas germinaram com ótimo "stand" e perfeita uniformidade.

De dez em dez dias, a partir da germinação, procedeu-se à colheita do material: a parte aérea, separando-se posteriormente caule e folhas, e a parte subterrânea, lavando-se esta com jatos de água e separando-se "batatas-mãe", estolhos, tubérculos e raízes. Esse material era, então, bem lavado, seco e pesado, após o que era colocado em estufa a 60°C, até peso constante. De acordo com o desenvolvimento das plantas e a quantidade necessária de material para análise, colhiam-se três ou mais vasos.

O preparo do material e as análises para os totais de N, P, K, Ca, Mg e S, foram efetuados no Laboratório de Pesquisas de Elementos Minerais em Plantas, do Instituto Agrônomo, segundo métodos e técnicas já publicados (11, 12).

3 — RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

3.1 — DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

No quadro 1 são apresentados os dados, em peso fresco e seco, do material colhido. Todas as plantas foram medidas, permitindo, assim, a obtenção da curva que pode ser vista na figura 1.

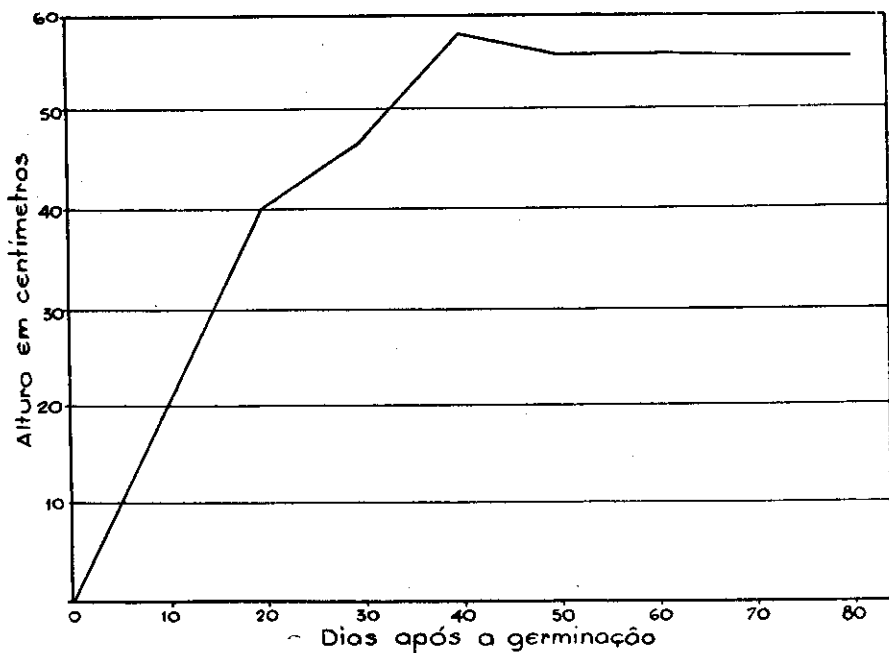


FIGURA 1. — Curva de crescimento da cultura da batatinha, variedade Bintje, em função da idade.

As plantas tiveram desenvolvimento normal e produziram muito bem. Pelos dados de altura, observa-se que o desenvolvimento foi bastante rápido, atingindo o máximo já aos 40 dias após a germinação. Interessante é observar que na segunda década, as plantas já apresentaram cerca de 70% da altura total atingida.

Na figura 2 estão expostos os resultados, em peso de material fresco e seco, nas diversas fases de desenvolvimento da cultura. Na primeira década, a planta de batata atingiu 20 cm de altura e um peso de material seco de 11%, considerando-se como 100% o peso total do material aos 40 dias de idade. Já na segunda, a altura atingida foi de 40 cm, enquanto que o desenvolvimento da planta, em porcentagem de material seco, foi da ordem de 45% do total. Na terceira, ocorreu um crescimento menor em altura, atingindo somente 47 cm, com um desenvolvimento de 65% do total. Na quarta década, finalmente, alcançou a planta o desenvolvimento máximo, atingindo a altura de 58 cm, com uma quantidade de material seco equivalente a 100%, ou seja, 40,9 gramas.

Nas décadas seguintes não foi mais notado desenvolvimento da parte aérea; somente a formação dos tubérculos, que neste período atingiu 75% da produção total, ainda sofreu aumento, para alcançar o máximo aos 70 dias.

Deve-se observar que o crescimento dos tubérculos acompanhou o desenvolvimento da parte aérea, iniciando-se sua formação a partir do vigésimo dia após a germinação. Ao se estabilizar o desenvolvimento da parte aérea, os tubérculos ainda sofreram pequeno crescimento até aos 70 dias, para então estacionar com o secamento da parte aérea.

Outro aspecto digno de atenção é a relação existente entre a parte aérea e a subterrânea. Não considerando a formação dos estolhos e tubérculos, mas somente a das raízes, verifica-se que essa relação se manteve constante durante todo o transcorrer do ciclo vegetativo, na razão de 3:1. Considerando-se, também, a formação de tubérculos, a relação na segunda década correspondeu a cerca de 3:1, pois, foi pequena a formação de tubérculos; na terceira década, porém, ela passou para 2:1 e, na quarta, caiu para 1:1. Na quinta década houve uma inversão na relação, que passa a ser de 1:2, sofrendo aumento para 1:4 na década seguinte, completando a cultura o seu ciclo ao redor desta relação.

Pode-se, então, pelo desenvolvimento da parte vegetativa da batatinha, fazer estimações, com certa precisão, da sua produção, tomando-se como base a relação 1:4.

3.2 — CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS NUTRITIVOS ESSENCIAIS

As porcentagens de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre, encontradas nas várias partes das plantas, estão expostas no quadro 2.

Apesar do critério de uniformidade que se procurou dar às plantas do ensaio, fácil é compreender que, ainda assim, ocorreu heterogeneidade no material de uma para outra década, motivo pelo qual alguns dados analíticos se mostraram um pouco discordantes. Todas as análises foram executadas com repetições. Para facilidade de exposição e compreensão do trabalho, os comentários serão feitos tomando-se em conta os elementos estudados, isoladamente.

As diferenças de teores encontradas para todos os elementos, entre as décadas iniciais e as posteriores, são explicadas pela diluição desses elementos, motivada pelo desenvolvimento bastante rápido da planta.

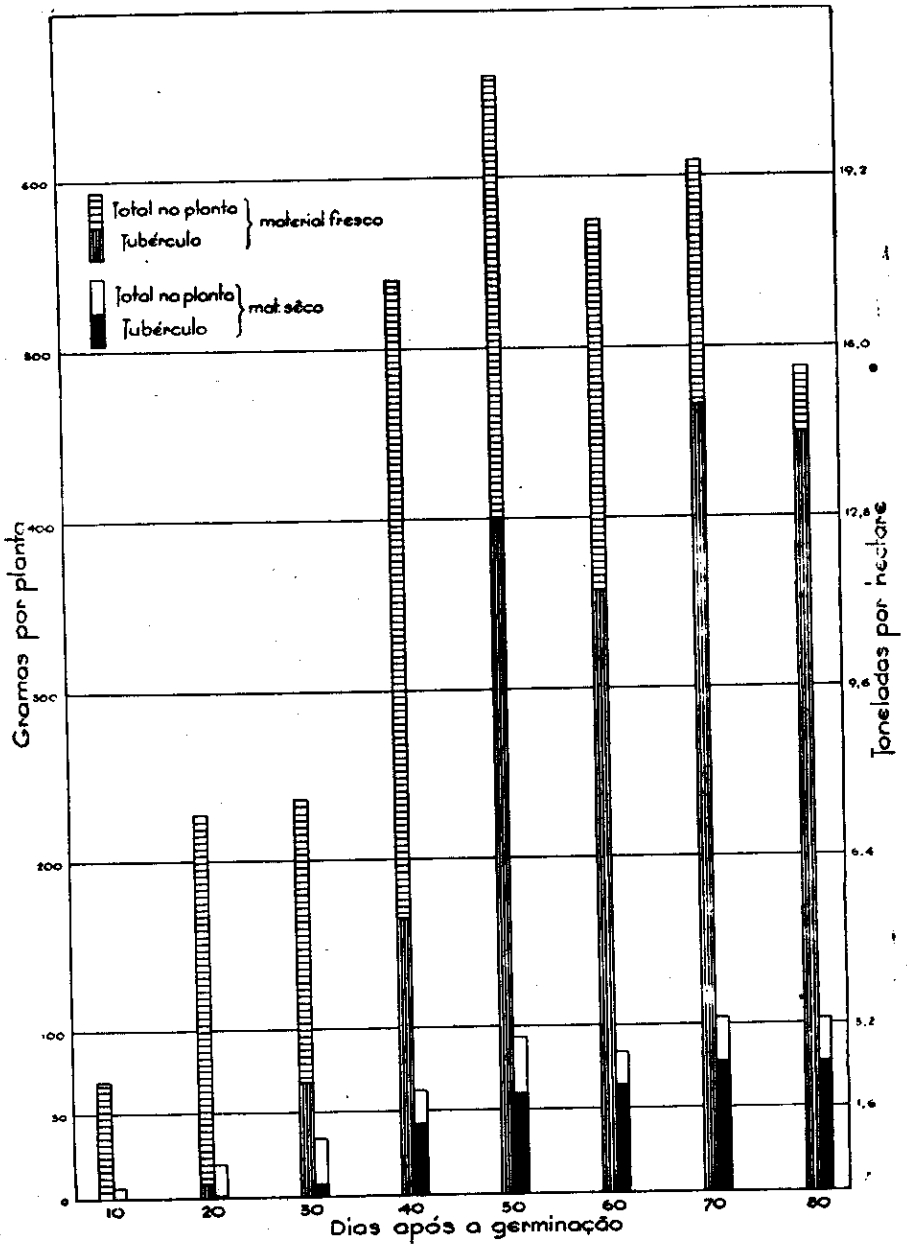


FIGURA 2. — Quantidades em peso, de material fresco e seco, produzidas pela batatinha, variedade Bintje, em vários estádios de desenvolvimento .

QUADRO 2. — Resultados das análises efetuadas no material sêco dos diversos órgãos da planta de batatinha, variedade Bintje, de acôrdo com a idade da planta

Idade da planta em dias	Partes da planta	Teores dos elementos analisados					
		N	P	K	Ca	Mg	S
		%	%	%	%	%	%
10	Raiz	3,390	0,582	4,250	0,520	0,540	0,722
	Caule	2,430	0,862	12,720	1,120	0,660	0,514
	Fôlha	6,200	0,800	6,750	0,650	0,500	0,845
	Tubérculo	—	—	—	—	—	—
20	Raiz	2,630	0,750	3,720	0,500	0,320	0,722
	Caule	2,490	0,637	9,780	0,930	0,480	0,372
	Fôlha	4,630	0,590	5,850	0,600	0,420	0,812
	Tubérculo	2,310	0,542	3,260	0,170	0,140	0,320
30	Raiz	2,470	0,702	3,460	0,400	0,420	0,668
	Caule	1,860	0,520	6,960	0,730	0,380	0,509
	Fôlha	4,280	0,455	5,160	0,880	0,560	0,845
	Tubérculo	1,940	0,500	3,440	0,170	0,220	0,229
40	Raiz	1,650	0,702	3,240	0,520	0,460	0,587
	Caule	1,770	0,435	6,960	0,820	0,440	0,260
	Fôlha	3,750	0,385	5,800	0,930	0,580	0,830
	Tubérculo	1,660	0,360	2,780	0,130	0,130	0,242
50	Raiz	2,350	0,365	4,170	0,650	0,580	0,761
	Caule	1,700	0,240	4,830	1,070	0,400	0,216
	Fôlha	2,950	0,242	5,980	1,400	0,540	1,000
	Tubérculo	1,480	0,342	2,810	trs.	0,180	0,280
60	Raiz	1,360	0,270	2,140	1,000	0,230	0,632
	Caule	0,940	0,180	3,290	1,070	0,200	0,306
	Fôlha	1,650	0,182	4,620	1,650	0,240	1,086
	Tubérculo	1,200	0,377	2,750	0,040	0,070	0,220
70	Raiz	1,660	0,378	2,210	0,730	0,180	0,654
	Caule	0,650	0,154	5,640	1,740	0,250	0,378
	Fôlha	1,990	0,170	3,660	2,000	0,240	0,866
	Tubérculo	1,150	0,357	2,640	0,070	0,070	0,234
80	Raiz	1,760	0,252	1,030	1,120	0,140	0,336
	Caule	0,670	0,145	5,550	1,740	0,270	0,378
	Fôlha	1,450	0,147	3,540	2,100	0,280	0,926
	Tubérculo	1,250	0,388	2,780	0,070	0,070	0,230

Pelo estudo das concentrações dos elementos analisados nos diversos órgãos da planta, observa-se que nas raízes é que se verificaram os menores decréscimos, justamente, porque aí ocorreu o menor desenvolvimento. Já nos caules e principalmente nas folhas, devido ao grande desenvolvimento que tiveram, as diluições das concentrações foram mais marcantes. Acrescente-se a êsse fenômeno a translocação que sofreram os elementos, dos órgãos vegetativos para os tubérculos.

3.2.1 — NITROGÊNIO

Inicialmente verifica-se que a maior concentração de nitrogênio foi encontrada nas folhas, vindo a seguir as raízes, os tubérculos e, finalmente, o caule. Essa concentração sofreu uma diminuição gradativa, de década para década.

Nas raízes, já da primeira para a segunda década ocorreu uma diminuição na concentração de nitrogênio, da ordem de 25% da inicial, para atingir, no final do ciclo, cerca de 50% daquela encontrada na primeira amostragem. De tôdas as partes das plantas estudadas, foram as raízes que apresentaram os menores decréscimos em sua concentração.

No caule, a queda da concentração é mais intensa, pois na quinta década atingiu 40% da inicial, para completar o ciclo com somente 25% da encontrada na primeira década. Dentre os órgãos da planta estudados, foi o caule que apresentou a menor concentração.

Nas folhas, ao contrário, ocorreu a maior concentração, não só inicial como em tôdas as décadas, sofrendo também, com o desenvolvimento da cultura, um decréscimo bastante acentuado. Aos 50 dias foram encontrados somente 50%, e, no final do ciclo, apenas 23% da encontrada na primeira amostragem.

Para os tubérculos, a concentração de nitrogênio se comportou diferentemente das outras partes da planta, já descritas. Somente na segunda década, quando havia mais estolhos que tubérculos propriamente ditos, é que a concentração foi um pouco mais alta do que nas décadas seguintes, atingindo, aos 40 dias, um ponto de estabilização ao redor do qual permaneceu até o final do ciclo vegetativo.

3.2.2 — FÓSFORO

Com respeito à concentração de fósforo, deve-se observar que ela ocorreu em maior proporção no caule e nas folhas, na primeira década. Já na segunda, as raízes é que passaram a ter a maior concentração, sô-

mente superada pela encontrada nos tubérculos, da sexta década em diante.

Nas análises das raízes observa-se, com o fósforo, um fato interessante. Enquanto a concentração de nitrogênio diminuiu gradativamente com o desenvolvimento da planta, no caso do fósforo verificou-se um aumento de concentração até a quarta década, depois da qual ela começa a decrescer, para terminar o ciclo com cerca de 50% da inicial.

Tal como ocorreu para o nitrogênio, as raízes mostraram os menores decréscimos em sua concentração em fósforo, com o amadurecimento da cultura.

No caule, a concentração de fósforo foi, inicialmente, bastante elevada, sofrendo queda contínua até o final do ciclo da cultura. Enquanto que para as raízes foi encontrado acréscimo na concentração até aos 40 dias, para o caule observou-se somente diminuição bastante grande, pois, nessa época, já a concentração se reduziu a 50% da inicial, para atingir o final do ciclo com apenas 15% da encontrada na primeira década. A queda de concentração desse elemento no caule foi a mais intensa de todas as partes da planta.

Nas folhas, onde a concentração na primeira década foi bastante elevada, houve, como no caso do caule, quedas contínuas e grandes nas décadas seguintes, completando o ciclo com uma concentração da ordem de 18% da inicial.

Nos tubérculos, a concentração em fósforo sofreu decréscimos pequenos e contínuos até aos 40 dias, para então se estabilizar, como para o nitrogênio, em torno do teor encontrado nesse período, que passou a ser a maior concentração encontrada na planta.

3.2.3 — POTÁSSIO

A maior concentração desse elemento foi encontrada no caule, vindo a seguir as folhas e, finalmente, os tubérculos e as raízes.

Nas raízes observou-se a menor concentração inicial de potássio na planta. Essa concentração sofreu decréscimos gradativos até a quarta década, mas aos 50 dias ela se tornou equivalente à inicial. Após a quinta década diminuiu ainda, para chegar ao final do ciclo com um teor da ordem de 24% da encontrada inicialmente.

Conforme foi dito, no caule é que se notou a maior concentração de potássio. Tendo sido, inicialmente, bastante elevada, decresceu à medida que a planta foi se desenvolvendo. No final do ciclo a concentração desse elemento ainda era cerca de 5 vezes a encontrada nas raízes, duas vezes a das folhas e duas vezes a dos tubérculos. A concentração final de potássio no caule foi da ordem de 45% da encontrada inicialmente.

Nas folhas, onde também foi verificado existir grande concentração de potássio, ocorreu pequena queda nessa concentração até os 50 dias após a germinação. Nas décadas seguintes os decréscimos foram maiores, atingindo, no final do ciclo, cerca de 52% do teor inicial. São nesses órgãos que ocorrem as menores diminuições na concentração de potássio.

Tomando-se agora os tubérculos, verifica-se que a concentração inicial do elemento em aprêgo foi menor do que nos outros órgãos da planta. Essa concentração sofreu pequenas diminuições até a quarta década, quando se estabilizou até o final do ciclo. Essas quedas foram muito pequenas, pois a cultura terminou o ciclo com os tubérculos apresentando uma concentração da ordem de 85% da inicial.

Como para os dois elementos já estudados, nitrogênio e fósforo, observou-se uma estabilização na concentração de potássio ao redor do teor encontrado aos 40 dias após a germinação.

3.2.4 — CÁLCIO

Os dados mostram que ocorreu no caule a maior concentração de cálcio, até completar a cultura 60 dias de idade, quando então passaram as folhas a possuir os maiores teores, isso até o final do ciclo. Vêm em seguida, em ordem decrescente, as raízes e os tubérculos, que apresentaram as mais baixas concentrações encontradas no ensaio.

Um aspecto chama a atenção ao serem examinados os dados obtidos: ao contrário do que foi observado com os outros elementos já estudados, a concentração de cálcio, nas diversas partes da planta, aumentou com o desenvolvimento da planta. Esse fato parece mostrar que, para o elemento cálcio, houve uma absorção contínua e crescente, mesmo com o desenvolvimento da planta, e que sua translocação para os tubérculos é diminuta.

Pelos resultados das análises de cálcio efetuadas nas raízes, verifica-se que a concentração desse elemento aumentou gradativamente com o desenvolvimento da planta, para atingir o máximo ao completar a cultura o seu ciclo, ou seja, 80 dias após a germinação. Nesta época, a concentração foi um pouco superior ao dobro da inicialmente encontrada.

A concentração inicial em cálcio, no caule, foi a maior de todas as partes da planta. Essa concentração sofreu, com o desenvolvimento, pequenas diminuições até completar a quarta década. Aos 50 dias ela já equivalia novamente à inicial, para então aumentar continuamente até o final do ciclo.

Nas folhas, a concentração obedeceu a uma curva sempre crescente, desde o início até o final do ciclo da cultura. A concentração final foi cerca de quatro vezes a encontrada inicialmente. Nesses órgãos é que se acumularam as maiores porcentagens de cálcio.

As observações descritas não se aplicam aos tubérculos, pois nêles ocorreram as menores concentrações de cálcio, sendo ainda observadas

diminuições de década para década. As quantidades desse elemento, nos tubérculos, foram bastante pequenas, da ordem de 10% da necessária ao desenvolvimento e produção da cultura.

3.2.5 — MAGNÉSIO

A maior concentração inicial de magnésio localizou-se no caule, vindo, a seguir, as raízes e folhas. No final do ciclo da cultura, foram as folhas e o caule as partes onde esse elemento se localizou em maiores proporções, para virem depois as raízes. Finalmente, os tubérculos apresentaram teor de magnésio muito pequeno.

A concentração de magnésio nas raízes foi mais ou menos constante até a quinta década. Dêsse período em diante diminuiu continuamente até o final do ciclo da planta, quando se reduziu a 25% da inicial.

No caule, a concentração baixou do início ao final do ciclo, quando se aproximou de 50% da inicial.

Até aos 50 dias após a germinação, a concentração nas folhas sofreu variações pequenas. Da sexta década para o final do ciclo decresceu, lentamente, até 50% da inicial.

Quanto ao teor de magnésio nos tubérculos, foi bem menor do que os encontrados nos outros órgãos da planta. Até a quinta década os dados se apresentaram aproximadamente uniformes e ao redor do achado aos 10 dias. Dos 50 para os 60 dias sofreu grande queda, permanecendo nesse nível até completar-se o amadurecimento da planta. O teor final correspondeu a cerca de 50% do inicial.

3.2.6 — ENXÔFRE

As maiores concentrações de enxôfre ocorreram nas folhas, não só no início como no final do ciclo. A seguir vêm as raízes, com grande concentração inicial, e, em ordem decrescente, o caule e os tubérculos, com a menor concentração encontrada, em tôdas as décadas.

Constatou-se que o teor de enxôfre nas raízes, bastante alto na primeira década, diminuiu até a quarta década, para subir na quinta e daí para o final do ciclo decrescer novamente. Verifica-se queda bastante grande na concentração, somente na última década. O teor final foi aproximadamente 50% do inicial.

No caule, a concentração do elemento em aprêço não mostrou tendência definida, porém no final do ciclo caiu a cerca de 70% da inicial.

Mostrou-se bastante elevada a concentração de enxôfre nas folhas. Ao contrário do que ocorreu nas outras partes, nas folhas os teores de enxôfre sofreram acréscimos contínuos e ponderáveis até a sexta década. Dêsse período para o fim, observaram-se decréscimos. Ainda aos 80 dias, a concentração foi maior do que a verificada inicialmente. A alta concentração final encontrada nas folhas, equivale à soma dos teores das raízes, caule e tubérculos.

As menores concentrações de enxôfre, em tôdas as décadas, foram verificadas nos tubérculos. Os resultados mostram que a maior concentração foi encontrada aos 20 dias após a germinação, a qual não sofreu grandes oscilações até o final do ciclo.

3.3 — ABSORÇÃO DOS ELEMENTOS NUTRITIVOS ESSENCIAIS

Os pesos de material sêco obtidos em cada década e os teores encontrados nas análises efetuadas, permitiram a determinação das quantidades de elementos absorvidas por uma planta de batata. Com auxílio desses dados, construíram-se as curvas de absorção dos macronutrientes estudados.

QUADRO 3. — Quantidades, em gramas, dos elementos nutritivos nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre, absorvidas periodicamente pelos diversos órgãos de uma planta de batatinha, variedade Bintje.

Idade da planta em dias	Partes da planta	Gramas do elemento absorvido					
		N	P	K	Ca	Mg	S
		g	g	g	g	g	g
10	Raiz	0,035	0,006	0,044	0,005	0,006	0,008
	Caule	0,014	0,005	0,074	0,006	0,004	0,003
	Fôlha	0,188	0,024	0,205	0,020	0,015	0,026
	Tubérculo
	Total	0,237	0,035	0,323	0,031	0,025	0,037
20	Raiz	0,097	0,028	0,138	0,018	0,012	0,027
	Caule	0,085	0,022	0,335	0,032	0,016	0,013
	Fôlha	0,524	0,067	0,665	0,068	0,048	0,092
	Tubérculo	0,019	0,004	0,027	0,001	0,001	0,033
	Total	0,725	0,121	1,165	0,119	0,077	0,135
30	Raiz	0,104	0,029	0,145	0,017	0,018	0,028
	Caule	0,120	0,034	0,452	0,047	0,025	0,033
	Fôlha	0,698	0,074	0,842	0,144	0,091	0,137
	Tubérculo	0,130	0,003	0,230	0,011	0,015	0,015
	Total	1,052	0,140	1,669	0,219	0,149	0,213
40	Raiz	0,103	0,044	0,203	0,032	0,029	0,037
	Caule	0,218	0,054	0,856	0,101	0,054	0,032
	Fôlha	0,834	0,086	1,312	0,208	0,129	0,184
	Tubérculo	0,378	0,082	0,634	0,030	0,030	0,055
	Total	1,533	0,266	3,005	0,371	0,242	0,308
50	Raiz	0,135	0,021	0,239	0,037	0,033	0,043
	Caule	0,175	0,024	0,497	0,038	0,041	0,022
	Fôlha	0,528	0,043	1,070	0,251	0,097	0,179
	Tubérculo	0,901	0,208	1,711	trs.	0,110	0,170
	Total	1,739	0,296	3,517	0,326	0,281	0,414

QUADRO 3 — (Continuação)

Idad. da planta em dias	Partes da planta	Gramas do elemento absorvido					
		N	P	K	Ca	Mg	S
60	Raiz	0,058	0,011	0,090	0,042	0,010	0,027
	Caulé	0,086	0,016	0,301	0,098	0,018	0,028
	Fólha	0,245	0,027	0,685	0,245	0,036	0,161
	Tubérculo	0,774	0,243	1,773	0,040	0,045	0,142
	Total	1,163	0,297	2,849	0,387	0,109	0,358
70	Raiz	0,075	0,017	0,099	0,033	0,008	0,029
	Caulé	0,063	0,015	0,545	0,168	0,024	0,036
	Fólha	0,249	0,021	0,458	0,250	0,030	0,108
	Tubérculo	0,915	0,284	2,100	0,056	0,056	0,186
	Total	1,302	0,337	3,202	0,507	0,118	0,359
80	Raiz	0,064	0,009	0,038	0,041	0,005	0,012
	Caulé	0,052	0,011	0,430	0,135	0,021	0,029
	Fólha	0,177	0,018	0,432	0,257	0,034	0,113
	Tubérculo	0,994	0,308	2,210	0,055	0,055	0,183
	Total	1,287	0,346	3,110	0,488	0,115	0,337

Para facilidade de exposição, cada elemento será estudado separadamente, considerando-se os diferentes órgãos e, por fim, a absorção pelo total da planta.

3.3.1 — NITROGÊNIO

Os dados apresentados no quadro 3 mostram que, até a quinta década, as maiores quantidades de nitrogênio foram encontradas nas fôlhas. Dessa década até o final da cultura, os tubérculos é que passaram a acumular as maiores reservas desse elemento.

Nas raízes, as quantidades totais de nitrogênio absorvidas sofreram aumentos constantes e gradativos até a quinta década, quando então começaram a decrescer até o final do ciclo. Isso mostra a migração do elemento, das raízes para os tubérculos. Aliás, êsse fenômeno se verifica para todos os órgãos da planta. Em estudos de absorção para esta cultura, conduzidos em condições de campo, Hawkins (5) mostrou também a translocação desses elementos dos órgãos vegetativos para os tubérculos.

Tomando-se em consideração os totais de nitrogênio encontrados no caule, vê-se que ocorreram aumentos nessas quantidades até aos 40 dias, para então começarem a decrescer até o final do ciclo, ou seja, com o aumento da produção de tubérculos.

A absorção do nitrogênio, levando-se em conta os totais de fôlhas produzidas por década, mostra aumentos gradativos até a quarta década. Dêste período até o final do ciclo observaram-se decréscimos, como nos casos das raízes e do caule. Deve-se assinalar que nas fôlhas

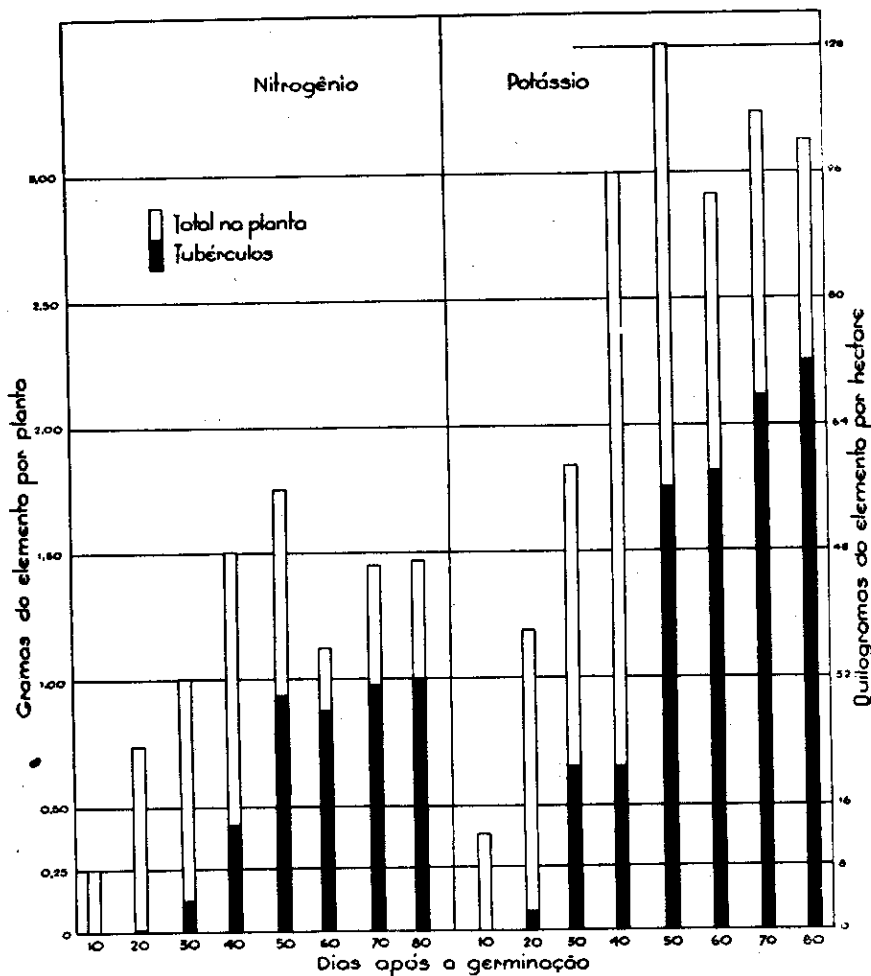


FIGURA 3. — Absorção de elementos nutritivos pela batatinha, variedade Bintje, na planta e nos tubérculos, em vários estádios de desenvolvimento.

foi sempre encontrada a maior parte (cêrca de 70%, em tôdas as décadas) do total do elemento absorvido pelos órgãos vegetativos da planta.

Finalmente, a acumulação de nitrogênio pelos tubérculos cresceu paralelamente ao desenvolvimento da cultura, sendo a maior quantidade encontrada no final do ciclo, ou seja, aos 80 dias após a germinação.

Na figura 3 observa-se que a necessidade total em nitrogênio na planta, para o seu completo desenvolvimento e produção, foi sempre crescente, atingindo o máximo aos 50 dias após a germinação, devendo-se, no entanto, notar que já na quarta década a absorção atingiu 88% do total. Não se verificou aumento na quantidade desse elemento após a quinta década, embora a produção de tubérculos tenha continuado até o final do ciclo. O aumento da quantidade de nitrogênio nos tubérculos em formação e crescimento, parece mostrar sua translocação dos órgãos vegetativos para os tubérculos.

Os dados obtidos neste experimento revelam ser a necessidade inicial de nitrogênio bastante grande, pois já aos 20 dias após a germinação, a cultura absorveu 41% do total necessário. Entre os 30 e 50 dias observou-se outra grande necessidade no elemento, quando a planta absorveu toda a quantidade utilizada para seu completo desenvolvimento e produção. Os dados mostram que a planta não mais aproveitou o elemento após esse período. Isto sugere que ela deve ter nitrogênio à sua disposição já no início do ciclo vegetativo e aos 40-50 dias após a germinação.

A necessidade total de nitrogênio para uma cultura de batata, com uma produção de 15 t/ha de tubérculos, foi estimada em 56 kg, sendo que desse total absorvido são exportados do terreno, com os tubérculos, 32 kg. Os restantes 24 kg permanecem nos restos de cultura, que não são retirados da área do cultivo.

Hawkins (5) determinou, em experiências de campo, durante três anos, a marcha da absorção dos elementos nutritivos pela cultura da batata. Os resultados obtidos com o nitrogênio são bastante semelhantes aos relatados neste trabalho.

Carolus (3) observou, em uma série de experimentos conduzidos na Virginia Truck Experiment Station, em Norfolk, que a batatinha consumiu, ao todo, 63 kg/ha de nitrogênio e que a máxima absorção desse nutriente ocorreu entre a décima e a décima segunda semanas após o plantio do tubérculo-semente, o que coincide, aproximadamente, com os resultados do presente trabalho.

Carpenter (2), que estudou o assunto no Estado de Maine e usando a variedade Kennebec, mostrou que a batatinha absorveu nitrogênio durante todo o ciclo vegetativo. Para uma produção de cerca de 22 t/ha de tubérculos, a cultura absorveu 96 kg de nitrogênio, sendo que a metade dessa quantidade estava nos tubérculos.

3.3.2 — FÓSFORO

Verifica-se, no quadro 3, que a maior quantidade de fósforo ocorre nos tubérculos, vindo a seguir, em ordem decrescente, as folhas, o caule e as raízes.

Nas raízes, o conteúdo de fósforo aumentou até a cultura atingir 40 dias, depois do que diminuiu até o final do ciclo, como aconteceu com o nitrogênio.

A quantidade de fósforo no caule aumentou até a quarta década, para então cair continuamente.

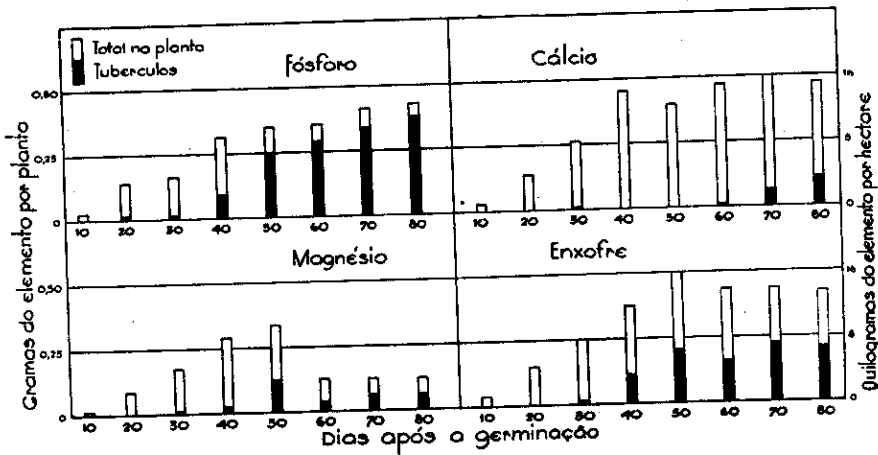


FIGURA 4. — Absorção de elementos nutritivos pela batatinha, variedade Bintje, na planta e nos tubérculos, em vários estádios de desenvolvimento.

Quanto às folhas, verifica-se que a quantidade de fósforo foi, em tôdas as décadas, superior à soma das quantidades encontradas no caule e nas raízes. Pelas observações das quantidades nelas contidas, verificaram-se aumentos até aos 40 dias, após o que começaram a diminuir até o final do ciclo.

O gráfico da figura 4 mostra o processamento da absorção de fósforo. Aos 40 dias, a planta já absorveu cerca de 80% do total necessário. Nas décadas seguintes ainda se verificou pequena absorção, que se prolongou até o final do ciclo. Aos 20 dias após a germinação, a absorção já foi bastante acentuada, pois encontrou-se cerca de um terço do total necessário ao desenvolvimento normal da cultura.

O gráfico da figura 4 indica que houve translocação do fósforo dos órgãos aéreos e subterrâneos para os tubérculos. As colunas claras, referentes às partes vegetativas, sofreram infiltração crescente e intensa das colunas pretas (tubérculos), bastante característica e por si só explicativa.

Levando-se em consideração que o fósforo não é lixiviado pelas águas de percolação (8), e que a necessidade da cultura se verifica durante todo o ciclo, em grande parte logo após a germinação, é recomendável que os fertilizantes fosfatados sejam colocados ao alcance da planta desde o plantio.

A necessidade total de fósforo para uma cultura da batata, estimada a partir dos dados obtidos, é da ordem de 11 kg/ha, sendo que, dessa quantidade, 10 kg são levados para fora do terreno, através da produção de tubérculos. O restante permanece no terreno com os restos da cultura.

Carpenter (2) mostrou que, nas condições de seus ensaios, a cultura da batata absorveu cerca de 12 kg/ha de fósforo, sendo este elemento absorvido do início ao fim da cultura, resultados esses bastante similares aos aqui encontrados.

Carolus (3) apresenta como sendo de 21,7 kg/ha o total de fósforo absorvido por uma cultura de batata. A época em que ocorreu a maior absorção foi entre a 10.^a e a 12.^a semana após o plantio, para sofrer decréscimos após esse período.

Hawkins (5) estimou em 26 kg/ha a quantidade de fósforo absorvida pela cultura da batata até completar o ciclo. Oitenta a 90 dias após o plantio, cerca de 70% do total já havia sido absorvido. O ensaio teve a duração de 112 dias, do plantio à colheita.

3.3.3 — POTÁSSIO

Os dados expostos no quadro 3 permitem dizer que nas folhas foi encontrada a maior quantidade de potássio dentre os órgãos vegetativos, seguindo-se o caule e, finalmente, as raízes. As quantidades nas folhas foram sempre superiores à soma das encontradas no caule e nas raízes, em todas as décadas. Após os 50 dias, quando aumentou o ritmo da formação de tubérculos, estes passaram a encerrar as maiores quantidades.

Nas raízes, as quantidades de potássio cresceram até a quinta década, para então sofrerem quedas rápidas e grandes, possivelmente devido à translocação do elemento para os tubérculos. Deve-se ressaltar que já aos 40 dias, a absorção atingiu 85% da máxima verificada.

Estudando a quantidade de potássio absorvida pelo caule, verifica-se que ela aumentou gradativamente até a quarta década, decrescendo daí até o final do ciclo da cultura.

As quantidades do elemento em estudo absorvidas pelas folhas foram relativamente grandes e aumentaram até atingir o máximo aos 40

dias. Após esse período, ocorreram diminuições gradativas até o final do ciclo.

Considerando a quantidade de potássio utilizado pela produção de tubérculos, verificaram-se acréscimos contínuos e substanciais em tôdas as décadas, até a colheita final.

O gráfico da figura 3 mostra que a quantidade total de potássio absorvida pela cultura cresceu até aos 50 dias, quando atingiu o máximo. O fato de ter o conteúdo dos tubérculos crescido até o fim do ciclo, indica translocação desse elemento dos outros órgãos da planta para os tubérculos.

Na absorção de potássio ocorreram duas épocas de grande intensidade: aos 20 dias após a germinação, a cultura havia absorvido 33% do total; aos 40 dias, 85%. Sendo mínimas as perdas em potássio pelas águas de percolação (8), há razões para que a adubação com esse elemento seja feita por ocasião do plantio.

É o potássio o elemento nutritivo, dentre os que foram aqui estudados, o que é absorvido em maiores quantidades. Para a obtenção de uma produção da ordem de 15 t/ha de tubérculos, a quantidade do elemento retirado do solo atingiria 112 kg. Dêsse total, 42 kg ficariam no terreno, com os restos da cultura, enquanto 70 kg seriam retirados com a colheita de tubérculos.

Os resultados obtidos são bastante próximos dos relatados por Carolus (3), que calculou em 121 kg/ha o consumo de potássio pela batatinha. Hawkins (5), em seus experimentos conduzidos em Aroostook County, Maine, mostrou que o máximo da absorção do potássio se verificou entre 60 e 80 dias após o plantio, dados êsses que confirmam os obtidos neste ensaio.

Observação interessante, apresentada por Carpenter (2), é a de que a batata é uma indicadora do "consumo de luxúria" de potássio. Em áreas com baixo nível de potássio no solo, êsse autor encontrou nas plantas 1/3 da quantidade de potássio absorvida pelas cultivadas em local adubado normalmente com êsse elemento.

3.3.4 — CÁLCIO

A maior quantidade de cálcio (quadro 3) foi encontrada nas folhas. Essa quantidade ultrapassou a soma das existentes em tôdas as outras partes juntas, como sejam, raízes, caules e tubérculos.

A quantidade de cálcio nas raízes, ao contrário dos elementos estudados até agora, cresceu do início ao final do ciclo, porém, é pequena.

O mesmo fenômeno já descrito para as raízes foi observado no caule e nos tubérculos. O conteúdo destes correspondeu a apenas cerca de 10% do total absorvido pela planta.

Nas folhas, a quantidade de cálcio aumentou até aos 50 dias, estabilizando-se, até o final do ciclo, ao redor da quantidade encontrada nessa idade.

Pela observação da figura 4, verifica-se a necessidade da planta para o elemento cálcio. A absorção desse elemento foi contínua até o final do ciclo, porém deve-se observar que já aos 40 dias ela correspondeu a 73% do total. Aos 20 dias a planta havia retirado do solo 24% desse total e aos 30 dias, cerca de 45%.

No caso específico do cálcio, os dados parecem não mostrar translocação do elemento, dos órgãos vegetativos para os tubérculos.

A quantidade de cálcio, requerida pela cultura, foi maior que a de fósforo, uma grande porcentagem localizando-se nas partes vegetativas. Essa quantidade, para uma cultura com produção da ordem de 15 t/ha de tubérculos, seria de 16 kg, dos quais somente 1,7 kg se acham nos tubérculos e são exportados do terreno.

Carpenter (2) também encontrou muito pequena quantidade de cálcio nos tubérculos. De uma absorção total de 24 kg/ha, somente 0,6 kg se localizaram nos tubérculos. Carolus (3) encontrou 30 kg/ha, não especificando a porção acumulada nos tubérculos.

3.3.5 — MAGNÉSIO

Nas folhas foram encontradas, em todas as décadas, quantidades de magnésio superiores à soma das existentes nas raízes e no caule.

A quantidade de magnésio nas raízes, embora sempre pequena, cresceu até a cultura atingir a quinta década. Daí por diante decresceu rapidamente, para chegar ao fim do ciclo com muito pequena quantidade, praticamente igual à encontrada aos 10 dias.

As quantidades totais encontradas no caule, também pequenas, mas superiores às das raízes, acusaram aumento da primeira para a quarta década, decrescendo dessa época para o final do ciclo.

As folhas contiveram maiores quantidades de magnésio que outras partes vegetativas. Comportaram-se como as demais partes da planta, ou seja, com aumentos até aos 40 dias. A partir da quinta década houve sempre diminuições.

Com respeito às quantidades de magnésio encontradas nos tubérculos, bastante pequenas, aumentaram progressivamente até a cultura atingir 50 dias de idade. Nas últimas três décadas, as quantidades encontradas foram sempre inferiores e, aproximadamente, iguais.

Observa-se, na figura 4, que o elemento em aprêço foi absorvido pela cultura até aos 50 dias do seu ciclo, quando alcançou o máximo das partes vegetativas e dos tubérculos. Deve-se ressaltar, porém, que já aos 40 dias haviam sido absorvido 86% e, aos 30 dias, 53% do total contido na planta.

Foi o magnésio, dentre os elementos nutritivos aqui estudados, o que as plantas absorveram em menor quantidade. Conforme os dados apresentados, o total extraído de um hectare atingiria 9 kg, sendo que somente 3,5 kg seriam retirados da área de plantio com os tubérculos.

Carolus (3) também notou que a batata absorve muito pequena quantidade de magnésio: aproximadamente 12 kg/ha. Registrou o máximo de absorção entre as décima e décima segunda semanas após o plantio, o que confirma a época determinada neste trabalho. Já Carpenter (2) encontrou, em seus experimentos, maior quantidade desse elemento, e Hawkins (5) calculou seu consumo em 30 kg/ha.

3.3.6 — ENXÔFRE

Foram ainda as fôlhas que apresentaram as maiores quantidades de enxôfre, superiores às encontradas nas raízes e no caule somadas. Isso, durante todo o desenvolvimento da cultura. O conteúdo dos tubérculos só suplantou o das fôlhas após a sétima década, quase no final do ciclo da planta.

A quantidade de enxôfre nas raízes, sempre pequena, aumentou até a quinta década, para decrescer nas décadas seguintes.

No caule, as quantidades encontradas, também pequenas, mostraram aumentos até a quarta década. Daí até o final do ciclo ocorreram pequenas oscilações, sempre ao redor da quantidade encontrada naquele período.

Já nas fôlhas, verificou-se uma absorção bem maior do que nos dois órgãos há pouco estudados. As quantidades encontradas, cresceram até a sexta década, decrescendo a seguir.

Quanto aos tubérculos, as quantidades de enxôfre absorvidas cresceram até a cultura completar o seu ciclo de vida.

Na figura 4, onde está representada a marcha da absorção de enxôfre pela batata, vê-se que a planta acumulou todo o enxôfre de que necessita até a quinta década. Na primeira década absorveu 9% do total; aos 20 dias a quantidade absorvida era de 33%; aos 30 dias, 51% já tinham sido absorvidos; finalmente, na quarta foram registrados 74% do total. Houve translocação do elemento dos órgãos vegetativos para os tubérculos.

A quantidade de enxôfre requerida pelas plantas não foi grande. Uma cultura que produzisse 15 t/ha de tubérculos consumiria 13 kg de enxôfre, dos quais 7 kg ficariam no campo com os órgãos vegetativos.

Os resultados relatados confirmam os obtidos por Hawkins (5) em seus experimentos com a cultura, no campo. Esse autor calculou em 11 kg/ha o total absorvido pela cultura, sendo que, destes, 6 kg se localizaram nos tubérculos. Ainda segundo Hawkins, a absorção máxima de enxôfre foi observada entre 51 e 81 dias após a germinação, o que também coincide com os dados aqui obtidos.

4 — CONCLUSÕES

O experimento relatado no presente trabalho permite tirar as seguintes conclusões:

1. Os elementos nutritivos absorvidos em maiores quantidades pela cultura da batata foram o potássio e o nitrogênio. Pela ordem decrescente seguiram-lhes o cálcio, o enxôfre, o fósforo e o magnésio.

2. A absorção atingiu o máximo de intensidade entre a quarta e a quinta década após a germinação, para os elementos: nitrogênio, potássio, magnésio e enxôfre. O fósforo e o cálcio foram absorvidos continuamente do início ao final do ciclo, atingindo o máximo aos 80 dias.

3. Observou-se ocorrer intensa translocação de nitrogênio, fósforo, potássio e enxôfre dos órgãos vegetativos para os tubérculos; o cálcio e o magnésio sofreram apenas pequenas translocações para esses órgãos.

4. Com base nos resultados obtidos, as quantidades totais de elementos nutritivos absorvidos pela batatinha, calculadas para um hectare, foram:

- a) **Nitrogênio:** 56 kg, sendo 32 kg nos tubérculos;
- b) **Fósforo:** 11 kg, sendo cerca de 10 kg através dos tubérculos;
- c) **Potássio:** 112 kg, sendo 70 kg nos tubérculos;
- d) **Cálcio:** 16 kg, dos quais somente 1,7 kg nos tubérculos;
- e) **Magnésio:** 9 kg, dos quais 3,5 kg nos tubérculos;
- f) **Enxôfre:** 13 kg, sendo 6 kg nos tubérculos.

5. Os dados indicam que, na cultura da batata, convém empregar os fertilizantes fosfatados e potássicos por ocasião do plantio. Quanto aos nitrogenados, devem ser aplicados de modo que quantidades suficientes de nitrogênio se achem na zona das raízes durante as primeiras semanas de sua atividade.

6. O máximo desenvolvimento vegetativo da planta foi alcançado entre os 40 e 50 dias após a germinação. Desta época até o final do ciclo ocorreu o desenvolvimento dos tubérculos, ou seja, dos órgãos de acumulação das substâncias de reserva, ou da produção da cultura.

NUTRITIONAL STUDIES WITH THE POTATO PLANT

SUMMARY

Nutritional studies were carried out with potted potato plants, aiming at determining the absorption rate and uptake of essential nutrients in relation to age of the crop.

The experimental plants were grown in pots containing 10 kg of soil. Cultural practices, water, and fertility conditions (including addition of minor elements) were uniform for all pots. Samples composed of an adequate number of plants (according to age) were harvested at ten-day intervals during the entire vegetative cycle of the crop and analysed for N, P, K, Ca, Mg, and S.

The results obtained indicated that the potato plant absorbs a large amount of nitrogen, followed by potassium. Phosphorus, calcium, magnesium, and sulfur are absorbed in small quantities, not more than 16 kg per hectare.

The data also indicate that the necessary amount of nitrogen, potassium, magnesium, and sulfur are taken up by the plants during the 50 days following sprouting, while phosphorus and calcium are absorbed from the beginning to the end of the vegetative cycle.

LITERATURA CITADA

1. APPLING, E. D. & GIDDENS, J. Differences in sodium and potassium content of various parts of the cotton plant at four stages of growth. *Soil Sci.* 78:119-203. 1954.
2. CARPENTER, P. N. Mineral accumulation in potato plants. Orono, Maine Agricultural Experiment Station, 1957. 23 p. (Bulletin 562).
3. CAROLUS, R. L. *In* The rate of plant food absorption, and its relation to fertilizers and fertilizers practice. Wilmington, E. I. Du Pont de Nemours & Co., 1939. 24 p.
4. HALLIDAY, D. J. *In* A guide to the uptake of plant nutrients by farm crops. Bracknell, Jealott's Hill Research Station, 1948. 34 p. (Eulletin 7).
5. HAWKINS, A. Rate of absorption and translocation of mineral nutrients by potatoes in Aroostook County, Maine, and their relation to fertilizer practices. *J. Amer. Soc. Agron.* 38:667-681. 1946.
6. HONG, GO BAN. Penjelidikan tentang neratja hara mineral dan padi sawah. Indonésia, Bogor, Pemb Balai Besar Peny. Pert No. 150:1-193. 1957.
7. HORLACHER, H. Conocimientos y experiencias adquiridas en la abonadura del trigo. Hannover, Verlagsgesellschaft für Ackerbau GMBH., 1957. 32p. (Boletim 5).
8. KÜPPER, A., GROHMANN, F. & GARGANTINI, H. Movimento de íons NO_3^- , NH_4^+ , K^+ e PO_4^{---} em solos massapé, roxa misturada e arenito Bauru. Campinas, Instituto Agronômico, 1953. 8 p. (Boletim N.º 34).
9. LATHWELL, D. J. & EVANS, C. E. Nitrogen uptake from solution by soybeans at successive stages of growth. *Agronomy J.* 43:264-270. 1951.
10. LEWIS, A. H. & MARMOY, F. E. Nutrient uptake by the tomato plant. *Jour. of Pomology and Horticultural Sci.* XVIII:275-283. 1939.

11. LOTT, W. L., McCLUNG, A. C., VITA, RENÉ [e outro]. Levantamento de cafézais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, IBEC Research Institute, 1961. 72p. (Boletim N.º 26).
12. ———, NERY, J. P., GALLO, J. ROMANO e [outro]. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1956. 29 p. (Boletim N.º 79).
12. ———, NERY, J. P., GALLO, J. ROMANO [e outro]. A técnica de análises cultivadas em soluções nutritivas. *Bragantia* 19:[435]-458. 1960.
14. NAFTEL, J. A. The absorption of ammonium and nitrate nitrogen by various plants at different stages of growth. *J. Amer. Soc. Agron.* 23:142-158. 1931.
15. REMY, TH. Fertilization in its relationship to the course of nutrient absorption by plants. *Soil Sci.* 46:187-209. 1938.