

Recebido em 15 de Setembro de 1959.

Determinação do fósforo e do potássio assimiláveis em alguns solos do País (*)

por

Prof. L. A. VALENTE ALMEIDA

Da Cadeira de Química Agrícola

e

L. R. BALBINO

Engenheiro agrônomo da Comissão Reguladora dos Produtos Químicos e Farmacêuticos

INTRODUÇÃO

A avaliação do teor do solo em fósforo e potássio assimiláveis é um dos aspectos mais estudados da química agrícola, devido ao enorme interesse que apresenta para a prática da adubação.

São muito numerosos os trabalhos já realizados, não só na elaboração de novos métodos como na sua simplificação através de técnicas analíticas rápidas e suficientemente rigorosas.

Em Portugal pouco se tem feito neste campo, devido não só à existência de antigos métodos oficiais de análise de terras que os laboratórios químico-agrícolas devem seguir, mas também à falta duma experimentação acompanhada de adequado apoio analítico.

(*) Trabalho integrado no plano de estudos subsidiados pela Comissão Reguladora dos Produtos Químicos e Farmacêuticos.

Na parte laboratorial colaborou a analista Maria L. Nunes.

Constitui o presente trabalho uma contribuição para o estudo do método do lactato, na modificação de Riehm, e do processo expedito de Truog-Hellige como meios de apreciação do teor de fósforo e potássio assimiláveis em alguns dos mais importantes solos da Metrópole.

É grande o interesse dos métodos laboratoriais, pois por meio deles é possível avaliar rapidamente se um dado terreno precisa ou não de adubação fosfatada ou potássica para a cultura que nele se vai fazer e até indicar aproximadamente quais as doses a aplicar. O emprego destes métodos, permitindo a realização de análises de solos em grande número, possibilitaria no nosso País «a verificação periódica das quantidades de fósforo e de potássio assimiláveis existentes no terreno», através dum serviço especial de assistência técnica à lavoura, como já foi sugerido em 1943 [1].

Como método de referência tomou-se o de Mitscherlich, baseado na lei do mesmo nome, como foi preconizado por Botelho da Costa [2]. Apesar das vivas controvérsias levantadas à sua volta, esta lei tem no entanto suficiente valor prático para que o método que nela se baseia seja considerado como um precioso auxiliar na selecção de métodos de laboratório.

O método de Mitscherlich, como se sabe, pode aplicar-se tanto à experimentação no campo como nos ensaios em vasos. Neste estudo preferiu-se, como é recomendado pelo seu autor, a sua aplicação a ensaios em vasos, pelas vantagens que oferece.

Assim, em primeiro lugar, permitem estes ensaios trabalhar com material bastante homogêneo, ao passo que nos ensaios de campo há que contar com diferenças mais ou menos sensíveis de talhão para talhão, incluindo diferenças de teor em elementos nutritivos assimiláveis. Além disso, nos ensaios em vasos a comparação é feita, no que respeita a grau de humidade do solo, em condições sempre sensivelmente iguais.

Deste modo, trabalhando com amostras representativas de diferentes unidades-solo existentes no País, o método ou métodos de laboratório que derem resultados suficientemente concordantes com os ensaios em vasos pelo método de Mitscherlich, para determinados solos, têm forte probabilidade de serem utilizáveis para orientação da adubação fosfatada ou potássica nesses solos. Ao contrário, os que derem resultados discordantes daquele método poderão desde logo eliminar-se, evitando-se assim muito trabalho e despesa em ensaios de campo.

É claro que esta primeira comparação não dispensa a ulterior confirmação dos resultados no campo, sobretudo quando se quer avaliar, a partir da análise do solo, a provável ordem de grandeza dos aumentos de produção com fósforo ou potássio. Com efeito, nos ensaios de campo faz-se sentir um factor que a experimentação em vasos não pode considerar — a influência da topografia e das camadas inferiores do perfil na humidade do solo. Além disso, para várias culturas, há a considerar a influência directa destas camadas na nutrição das plantas e não é fácil avaliar qual o peso que isso representa, de forma a permitir deduções baseadas em métodos químicos, por melhor correlação que estes mostrem com ensaios em vasos.

Os dois métodos ensaiados são muito conhecidos e utilizados noutros países. O método do lactato, modificado por Riehm, é um método propriamente laboratorial e é muito usado na Alemanha.

O «quick-test» de Truog-Hellige é muito simples e rápido, podendo ser utilizado em laboratórios muito rudimentares. Este processo expedito foi desenvolvido especialmente para uma região dos Estados Unidos «cujos solos pertencem, na sua maior parte, aos grandes grupos Podzólicos pardo-acinzentados e Podzois» [3], com afinidades, portanto, com os solos de extensas áreas de Portugal. Além disso tem sido experimentado desde há alguns anos pelos Serviços Agronómicos do Nitrato do Chile [3] e da Companhia União Fabril.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas 26 amostras representativas de famílias de séries, a maior parte das quais de zonas a sul do Tejo já cartografadas pelo Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário (*):

1. Solo calcário vermelho, de calcário não compacto... Vc
(perto de Ervidel, a sul)
2. Solo calcário vermelho, de calcário compacto Vc
(junto da estrada Pias-Moura, km 105-9)

(*) Os autores agradecem a valiosa colaboração prestada por este Serviço e pelo Departamento de Solos da Estação Agronómica Nacional na colheita das amostras de solos.

- | | |
|---|-----|
| 3. Solo vermelho não calcário, de calcário cristalino
(próximo do Monte Passanque, Herdade dos Machados, carta 1/25.000 n.º 513) | Vcc |
| 4. Solo vermelho não calcário, de xisto
(junto da estrada Beja-Mértola, carta 1/25.000 n.º 540) | Vx |
| 5. Solo pardo não calcário, de xisto
(perto de Grândola) | Px |
| 6. Solo pardo não calcário, de xisto
(junto da estrada Vila Viçosa-Redondo, km 12-2) | Px |
| 7. Solo derivado de xisto
(Alto Valongo, Mortágua, carta 1/25.000 n.º 209) | |
| 8. Solo pardo-avermelhado não calcário, de rochas cristalofílicas básicas
(junto das estradas Moura-Safara-Sto. Amador, carta 1/25.000 n.º 513) | Pv |
| 9. Solo pardo-avermelhado não calcário, de material coluviado dos solos Vcc
(perto da Malhada do Cerro das Pedras, Herdade dos Machados, carta 1/25.000 n.º 513) | Pvc |
| 10. Solo calcário pardo, de marga
(Quinta do Marquês, Oeiras) | Pcs |
| 11. Solo calcário pardo, de granito associado a depósitos calcários
(junto da estrada Pias-Moura, km 111) | Pcg |
| 12. Solo calcário pardo-avermelhado, de arenito argiloso com calcário
(junto da estrada Coruche-Montemor-o-Novo, km 139, perto de Lavre) | Cac |
| 13. Solo pardo não calcário, de quartzodiorito
(entre o Monte Zambujalinho e o Monte Pereira, Évora, carta 1/25.000 n.º 460) | Pm |

- | | |
|--|-----|
| 14. Solo pardo não calcário, de quartzodiorito | Pm |
| (Junto da estrada Coruche - Montemor-o-Novo,
km 148-3) | |
| 15. Solo pardo não calcário, de quartzodiorito | Pm |
| (Aldeia do Pinto, estrada Serpa-Ficalho) | |
| 16. Solo pardo não calcário, de granito | Pg |
| (junto do Monte Tacinhas de Fora, Évora, carta
1/25.000 n.º 459) | |
| 17. Solo derivado de granito
(Penoços de Cima, Canas de Senhorim) | |
| 18. Solo pardo não calcário, de pórfiro | Ppg |
| (Vale da Represa, Viana do Alentejo, carta 1/25.000
n.º 479) | |
| 19. Podzol | Pz |
| (junto da estrada Alcácer do Sal-Grândola, a 4 km
de Grândola) | |
| 20. Solo vermelho, de arenito | Vt |
| (junto da estrada Coruche - Montemor - o - Novo,
km 129-2) | |
| 21. Solo vermelho, de «rañas» | Sr |
| (junto da estrada Carregueiro-Aljustrel, a 5 km de
Aljustrel) | |
| 22. Barro vermelho, de diorito ou gabro com infiltrações
calcárias | Bvc |
| (Quintos, Cabeça Gorda) | |
| 23. Barro preto, de diorito ou gabro com infiltrações
calcárias | Bpc |
| (junto da estrada Beja-Mértola, perto de Beja) | |
| 24. Barro preto calcário, de material de transporte | Cp |
| (entre a estrada Moura-Safara e o Monte da Coroada,
carta 1/25.000 n.º 513) | |
| 25. Barro castanho-avermelhado, de basalto | Cb |
| (pomar de ameixeiras, Tapada da Ajuda) | |

Solo	Areia grossa %	Areia fina %	Limo %	Argila %	Matéria orgânica %
1. Vc	11,30	14,33	15,95	56,84	1,58
2. Vc	12,57	30,11	20,14	35,04	2,14
3. Vcc	13,33	27,92	21,26	35,66	1,83
4. Vx	13,85	31,77	35,48	17,52	1,38
5. Px	14,69	41,74	19,95	20,57	3,05
6. Px	13,58	30,11	37,24	16,90	2,17
7. Solo derivado de xisto	15,28	21,76	25,05	32,57	5,34
8. Pv	11,31	31,71	22,98	31,84	2,16
9. Pvc	17,21	40,75	23,98	16,18	1,88
10. Pcs	5,09	34,94	31,76	26,34	1,87
11. Peg	40,74	38,14	8,66	9,56	2,90
12. Cac	30,09	29,47	16,82	23,10	0,52
13. Pm	48,16	40,25	3,97	6,72	0,90
14. Pm	40,85	40,65	7,58	10,02	0,90
15. Pm	57,36	28,08	5,82	7,92	0,82
16. Pg	44,58	39,24	7,45	7,87	0,86
17. Solo derivado de granito	53,51	24,60	14,62	5,72	1,55
18. Ppg	35,19	48,47	7,90	7,50	0,94
19. Pz	84,63	10,29	1,85	2,67	0,56
20. Vt	83,79	8,52	4,82	0,46	0,41
21. Sr	19,52	32,58	31,02	14,75	2,13
22. Bvc	5,93	14,76	29,00	48,80	1,51
23. Bpc	7,30	20,92	15,22	53,30	1,26
24. Cp	8,07	18,59	24,22	47,50	1,62
25. Cb	12,72	26,82	25,84	31,76	2,86
26. Pb	14,47	25,19	47,00	11,42	1,92

O 1

Textura	Equivalente de humidade %	pH em água	pH em KCl	Calcário (CaCO ₃) %	N total %	Relação C/N	P ₂ O ₅ total %
Argilosa-calcária	33,22	7,90	7,20	29,30	0,10	9,2	0,05
Franco-argilosa	23,41	7,50	6,35	2,18	0,12	10,3	0,11
» »	23,35	6,45	5,30	—	0,11	9,6	0,12
Franca	22,46	5,10	3,90	—	0,11	7,3	0,09
Franco-argilo-arenosa	21,94	5,90	4,60	—	0,12	14,7	0,07
Franca	26,20	5,70	4,25	—	0,14	9,0	0,12
Franco-argilosa	32,88	5,50	4,20	—	0,25	12,4	0,10
Franco-argilo-arenosa	24,98	6,30	5,40	—	0,13	9,6	0,09
Franco-arenosa	18,26	5,75	4,70	—	0,10	10,9	0,08
Franca-pouco calcária	23,20	8,20	7,30	9,10	0,14	7,8	0,10
Arenosa-franca-calcária	21,90	7,65	6,75	42,86	0,16	10,5	0,29
Franco-argilo-arenosa pouco calcária	23,71	7,85	6,50	14,34	0,04	7,5	0,12
Arenosa	7,61	5,80	4,50	—	0,06	8,8	0,04
Arenosa-franca	12,15	5,80	4,40	—	0,06	8,7	0,05
» »	7,66	5,60	4,60	—	0,05	9,6	0,02
» »	9,87	5,30	4,25	—	0,06	8,3	0,03
» »	15,72	4,90	4,00	—	0,09	10,0	0,05
» »	10,30	5,20	4,20	—	0,06	9,0	0,04
Arenosa	1,60	6,40	5,05	—	0,03	11,0	0,03
»	3,16	5,90	4,50	—	0,02	12,0	0,04
Franco-arenosa	20,18	5,50	5,20	—	0,09	13,8	0,06
Argilosa	39,71	7,70	6,80	Vest.	0,09	9,8	0,06
»	34,67	7,40	6,00	Vest.	0,07	10,6	0,05
»	34,35	8,30	7,00	1,22	0,10	9,4	0,05
Franco-argilosa	34,37	7,05	5,80	—	0,18	9,2	0,49
Franca	25,65	6,10	4,80	—	0,13	8,5	0,07

26. Solo hidromórfico esbranquiçado, de xisto Pb
(junto da estrada Carregueiro-Castro Verde, a 6 km
de Carregueiro)

No quadro I apresentam-se algumas características físicas e químicas da primeira camada dos solos, determinadas segundo os métodos adoptados no Laboratório de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia.

A determinação do fósforo e do potássio assimiláveis pelo método de Mitscherlich foi efectuada em vasos seguindo a técnica descrita pelo seu autor [4], usando a aveia como planta de ensaio; a terra não foi diluída com areia. Os resultados são expressos em kg de P_2O_5 e K_2O por hectare, em relação a uma camada de solo de 16 cm de profundidade.

Na apreciação dos resultados seguiu-se a escala de valores (*) preconizada pela Liga das Estações Químico-Agrícolas Alemãs [5]:

Classificação do solo	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)
Muito pobre	< 75	< 112
Pobre	75 — 100	112 — 150
Médio	100 — 125	150 — 187
Rico	125 — 150	187 — 225
Muito rico	> 150	> 225

No método do lactato foi ensaiada a modificação recentemente proposta por Riehm [6], a fim de também poder ser aplicável aos solos calcários. A solução extractiva é constituída por lactato de amónio e ácido acético, em substituição do lactato de cálcio em meio clorídrico que era a utilizada no método original. A solução é tamponizada a pH 3,7.

(*) Os valores apresentados são metade dos indicados na escala alemã, visto referirem-se apenas à camada superficial do solo (16 cm de profundidade).

No resto o procedimento é o mesmo: doseamento colorimétrico do fósforo pela reacção do azul de molibdénio e determinação do potássio por fotometria de chama.

O teor do solo em fósforo e potássio é expresso em mg de P_2O_5 e K_2O por 100 g de terra.

O método expedito de Truog-Hellige [7] foi aplicado segundo as respectivas instruções. Neste método a extração é feita com uma solução de ácido clorídrico 0,3 N, sendo os teores de fósforo e potássio avaliados por colorimetria e turbidimetria recorrendo a um comparador apropriado. O fósforo é doseado pela coloração azul que se forma com o cloreto estanoso e o potássio pela turvação que se obtém pelo cobaltinitrito de sódio, devido à formação de cobaltinitrito de sódio e potássio.

Consoante o teor em fósforo e potássio os solos podem ser classificados em 5 classes cujos limites correspondem às seguintes quantidades daqueles nutrientes, expressos em P_2 e K_2 , em libras por acre, para uma camada de solo com cerca de 18 cm de profundidade:

Classificação	P_2 (libras/acre)	K_2 (libras/acre)
Muito baixo	0 — 25	0 — 40
Baixo	25 — 50	40 — 80
Médio	50 — 75	80 — 160
Alto	75 — 125	160 — 240
Muito alto	125 — 200	240 — 320

RESULTADOS E SUA APRECIACÃO

Os resultados obtidos pelo método de Mitscherlich, apresentados no quadro II, confirmam de certo modo a ideia de que em geral os solos portugueses são pobres em fósforo assimilável e ricos em potássio assimilável.

QUADRO II

Solo	Produção relativa NK $\frac{\quad}{\text{NPK}} \cdot 100$	Fósforo assimilável P ₂ O ₅ kg/ha	Classificação	Produção relativa NP $\frac{\quad}{\text{NPK}} \cdot 100$	Potássio assimilável K ₂ O kg/ha	Classificação
1. Vc	60,7	68	Muito pobre	91,0	261	Muito rico
2. Vc	59,1	65	» »	96,5	367	» »
3. Vcc	3,7	3	» »	105,9	> 500	» »
4. Vx	48,8	48	» »	80,5	178	Médio
5. Px	1,2	1	» »	92,7	285	Muito rico
6. Px	31,5	27	» »	84,2	201	Rico
7. Solo de xisto	76,4	104	Médio	75,5	152	Médio
8. Pv	60,9	68	Muito pobre	97,7	411	Muito rico
9. Pvc	20,1	16	» »	105,9	> 500	» »
10. Pes	92,4	187	Muito rico	97,7	411	» »
11. Peg	100,9	> 500	» »	93,1	291	» »
12. Cac	84,0	133	Rico	93,5	297	» »
13. Pm	68,9	84	Pobre	91,3	265	» »
14. Pm	15,8	12	Muito pobre	99,5	> 500	» »
15. Pm	15,7	12	» »	85,9	215	Rico
16. Pg	35,5	31	» »	84,7	204	»
17. Solo de granito	8,2	6	» »	88,3	235	Muito rico
18. Ppg	34,4	30	» »	65,5	115	Pobre
19. Pz	28,5	24	» »	33,2	44	Muito pobre
20. Vt	14,5	11	» »	44,7	64	» »
21. Sr	76,9	106	Médio	97,5	400	Muito rico
22. Bvc	84,3	134	Rico	103,5	> 500	» »
23. Bpc	78,2	110	Médio	94,5	317	» »
24. Cp	30,1	26	Muito pobre	99,2	> 500	» »
25. Cb	78,0	109	Médio	98,1	433	» »
26. Pb	38,4	35	Muito pobre	57,0	92	Muito pobre

* Para uma espessura de solo de 16 cm.

Quanto ao fósforo, verifica-se que são ricos ou muito ricos alguns solos calcários (Pcs, Pcg, Cac) e o barro vermelho (Bvc) da região de Beja. São medianamente providos o barro preto (Bpc) dos arredores de Beja, o barro castanho-avermelhado, de basalto (Cb), da Tapada da Ajuda, e um solo derivado de xisto, da região de Mortágua, caracterizado por um teor relativamente elevado de matéria orgânica.

Os solos Pcg e Pcs poderiam possivelmente dispensar a adubação fosfatada no primeiro ano de cultura de cereais praganosos, mas o ensaio não indica que isso se verificaria nos anos seguintes.

Nos solos com um teor alto em fósforo assimilável (Cac, Bvc) o aumento de produção devido à adubação fosfatada foi sensível, pelo que esta poderia ter interesse prático dada a boa produtividade destes solos.

No quadro III figura a percentagem do fósforo total que nos vários solos se encontra sob a forma assimilável. Como se pode verificar, na maior parte das amostras é bastante baixa e, como era de esperar, varia muito de solo para solo, o que mostra uma vez mais o pouco interesse da determinação do fósforo total para aconselhar uma adubação fosfatada.

QUADRO III

Solo	Fósforo assimilável* Fósforo total 100	Solo	Fósforo assimilável* Fósforo total 100
1. Vc	6,8	14. Pm	1,0
2. Vc	3,0	15. Pm	2,5
3. Vcc	0,1	16. Pg	4,3
4. Vx	2,6	17. Solo de granito	0,5
5. Px	0,1	18. Ppg	3,3
6. Px	1,1	19. Pz	3,3
7. Solo de xisto ...	5,2	20. Vt	1,3
8. Pv	3,8	21. Sr	8,5
9. Pvc	0,9	22. Bvc	11,3
10. Pcs	9,0	23. Bpc	11,0
11. Pcg	> 7,4	24. Cp	2,6
12. Cac	5,5	25. Cb	1,1
13. Pm	8,8	26. Pb	2,4

* Método de Mitscherlich (Valores expressos em percentagem recorrendo à densidade aparente dos solos).

Ao contrário do que se passa com o fósforo, foram poucos os solos que se mostraram muito pobres ou pobres em potássio assimilável: podzol (Pz), solo vermelho de arenito (Vt), solo hidromórfico esbranquiçado, de xisto (Pb) e solo pardo de pórfiro (Ppg).

O solo vermelho de xisto (Vx) é considerado médio segundo o método de Mitscherlich; os restantes solos são ricos ou muito ricos, pelo que a adubação potássica no primeiro ano de cultura de cereais praganosos pode não ser necessária, sobretudo nos menos produtivos, em especial se se considerar apenas o rendimento e não se atender à qualidade da colheita.

É interessante notar que três dos solos estudados — barro vermelho (Bvc), solo vermelho não calcário, de calcário cristalino (Vcc) e o solo formado a partir de material arrastado destes últimos (Pvc) — reagiram negativamente à adubação potássica. Também em ensaios de campo tem sido por vezes observada uma certa influência depressiva do potássio que se atribui ao antagonismo entre este elemento e o cálcio ou magnésio.

As fotografias 1 a 7 mostram o aspecto das plantas nas várias modalidades de adubação, em alguns dos solos ensaiados.



A aplicação do método de Mitscherlich teve como objectivo não só conhecer a riqueza de alguns solos em fósforo e potássio assimiláveis como ainda servir de padrão para aferir o método de Riehm e o «quick-test» de Truog-Hellige.

Nesta comparação procurou-se em primeiro lugar averiguar da adaptabilidade dos métodos ensaiados aos diferentes tipos de solos através da curva de regressão entre os teores do nutriente encontrado no solo e as correspondentes produções relativas dadas pelo método de Mitscherlich.

Seguidamente, com base nos índices de apreciação preconizados para este método, calcularam-se os seus correspondentes para os métodos ensaiados, procedendo-se depois à comparação dos valores obtidos com os limites de apreciação recomendados pelos seus autores.

No quadro IV figuram os teores de P_2O_5 e K_2O , expressos em p.p.m., determinados pelos três métodos. Os valores obtidos pelos métodos de Mitscherlich e de Truog-Hellige foram calculados entrando com a densidade aparente dos vários solos.

QUADRO IV

Solo	Fósforo assimilável (p. p. m. de P_2O_5)			Potássio assimilável (p. p. m. de K_2O)		
	Método de Mitscher- lich	Método de Riehlm	Método de Truog- Hellige	Método de Mitscher- lich	Método de Riehlm	Método de Truog- Hellige
1. Vc	34	40	16	132	240	73
2. Vc	33	40	44	185	480	60
3. Vcc	1	10	16	> 252	310	145
4. Vx	23	20	42	66	60	58
5. Px	1	10	0	137	180	162
6. Px	13	10	29	97	50	35
7. Solo de xisto	52	30	44	77	80	97
8. Pv	34	30	44	204	210	107
9. Pvc	7	10	14	> 214	180	103
10. Pcs	90	130	0	198	150	58
11. Pcg	> 214	350	60	125	270	62
12. Cac	66	170	16	147	250	71
13. Pm	35	20	25	110	70	120
14. Pm	5	10	26	> 214	50	41
15. Pm	5	10	14	91	80	103
16. Pg	13	20	14	87	50	103
17. Solo de granito	3	10	26	100	90	103
18. Ppg	13	10	14	49	40	90
19. Pz	10	10	13	18	20	30
20. Vt	5	10	25	27	20	40
21. Sr	51	40	38	192	80	123
22. Bvc	68	60	89	> 252	270	194
23. Bpc	55	110	145	160	150	145
24. Cp	13	20	44	> 252	370	60
25. Cb	55	150	232	218	160	109
26. Pb	17	20	15	44	40	58

FÓSFORO

MÉTODO DE RIEHM

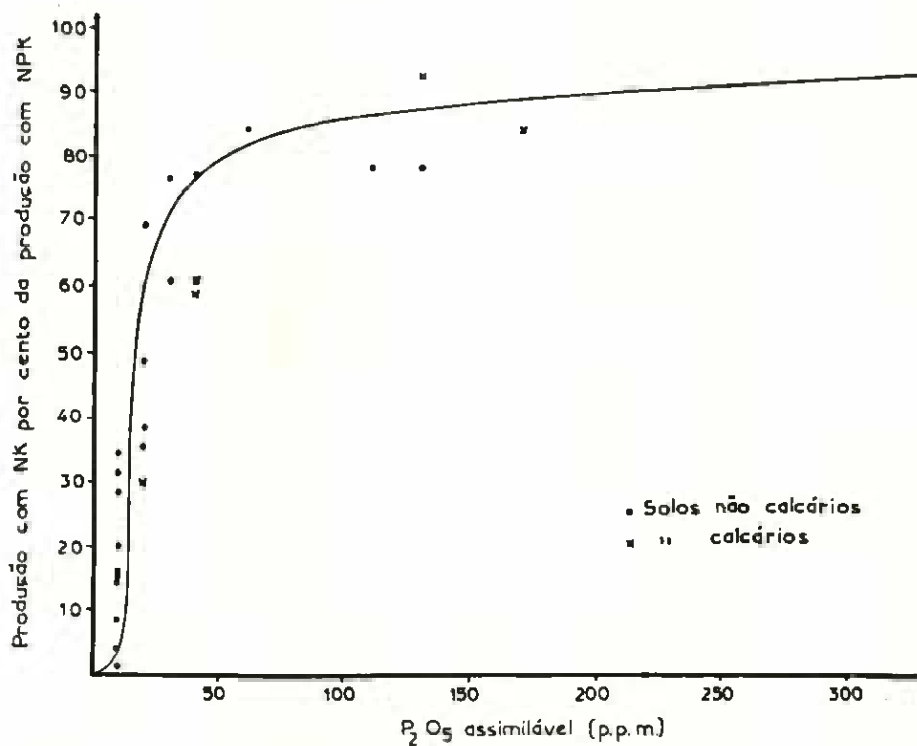


Fig. 1

A partir dos teores de P₂O₅ e de K₂O e dos dados de produção, que constam dos quadros II e IV, estabeleceram-se as curvas das figuras 1 e 2, 3 e 4, dispendo em ordenadas, respectivamente, as produções com NK e NP por cento da produção com NPK e em abcissas as quantidades do nutriente encontradas nos respectivos solos, tal como faz Bray [8].

Relativamente ao fósforo a fig. 1 mostra que o método de Riehm conduz a resultados satisfatórios, mesmo para os solos calcários, pois aos vários pontos adapta-se bastante bem uma curva do tipo sigmóide. Todavia a sua distribuição sugere que se poderão estabelecer curvas diferentes para os solos calcários e não calcários.

Do exame da fig. 2 pode concluir-se que, como se esperava, o processo expedito de Truog-Hellige não serve para solos calcários, sobretudo para os que têm um teor elevado de carbonatos. Com efeito, sendo a extracção feita com uma solução 0,3N de HCl, nos solos calcários uma parte do ácido é consumida na decomposição dos carbonatos, pelo que os valores determinados por este método normalmente são demasiado

FÓSFORO

MÉTODO DE TRUOG-HELLIGE

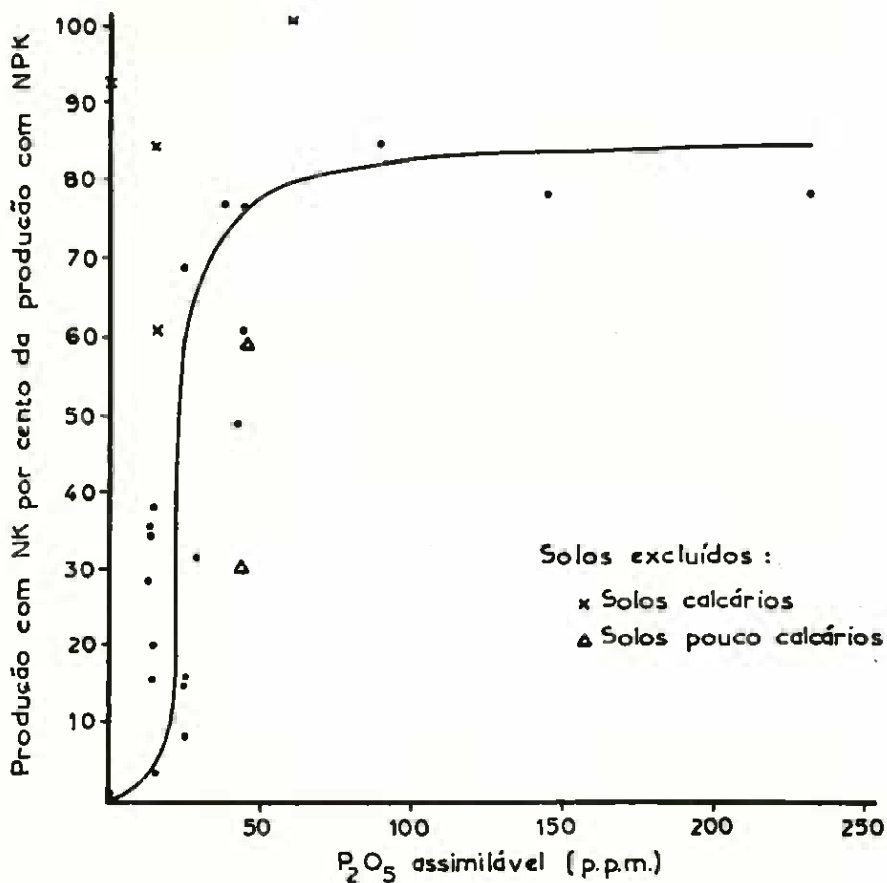


Fig. 2

baixos. Além disso, como a solução extractante não é tamponizada, a presença de carbonatos é uma causa de variação do pH do meio.

Para os solos não calcários ou apenas com vestígios de carbonatos, os resultados são bastante satisfatórios podendo definir-se uma curva do tipo sigmóide.

Tomando como base os limites de apreciação recomendados para o método de Mitscherlich, verifica-se, pela tabela dos rendimentos [5], que lhes correspondem as seguintes produções relativas:

Classificação do solo	P ₂ O ₅ (Kg/ha)	Produção relativa $\frac{NK}{NPK} \cdot 100$
Muito pobre	< 75	< 65
Fobre	75 — 100	65 — 75
Médio	100 — 125	75 — 82
Rico	125 — 150	82 — 87
Muito rico	> 150	> 87

Assim, os solos podem ser considerados ricos quando a produção sem fósforo ultrapassar cerca de 82 % da produção máxima.

Entrando com este valor nas curvas obtidas para os solos analisados (figs. 1 e 2) verificou-se que lhe correspondiam aproximadamente os seguintes teores:

Riehm	60 p.p.m.
Truog-Hellige	75 »

Sob o ponto de vista prático, mas sempre com as devidas reservas por se tratar de ensaios em vasos, parece poder concluir-se que, quando os solos apresentarem teores abaixo destes limites, é de esperar grande reacção dos cereais praganosos ao fósforo, desde que as condições de humidade do solo sejam suficientemente favoráveis.

Para teores mais elevados a necessidade de adubação fosfatada é menor, pelo que nesse ano poderá ser económico reduzir a dose de fósforo, sobretudo nos solos menos produtivos.

Se compararmos o primeiro valor — 60 p.p.m. — com os índices de apreciação de Riehm, verifica-se que para os nossos solos o limite mínimo proposto por este autor parece ser demasiado elevado. O valor encontrado para o processo de Truog-Hellige — 75 p.p.m. — é também um pouco inferior ao limite que na respectiva classificação separa os solos medianamente providos dos solos considerados ricos:

Riehm (p. p. m. de P_2O_5)		Truog — Hellige (p. p. m. de P_2O_5)*	
Insuficientemente provido	< 100	Muito baixo	< 30
Suficientemente provido	100 — 200	Baixo	30 — 55
		Médio	55 — 85
		Alto	85 — 140
Em provido	> 200	Muito alto	> 140

Para o potássio o método do lactato conduziu a resultados bastante bons (fig. 3); no entanto, houve que excluir o solo Sr e a amostra 14 dos Pm, pois nestes casos o método de laboratório levaria a prever reacções ao potássio superiores àquelas que se verificaram.

O «quick-test» de Truog-Hellige continuou a não dar resultados muito satisfatórios para os solos calcários e além destes para as amostras n.º 6 de Px e n.º 14 de Pm. Para os restantes é aceitável a adaptação da respectiva curva (fig. 4).

(*) Para a conversão de libras/acre em p.p.m. utilizou-se como densidade aparente do solo o valor médio de 1,3.

POTÁSSIO

MÉTODOS DE RIEHM

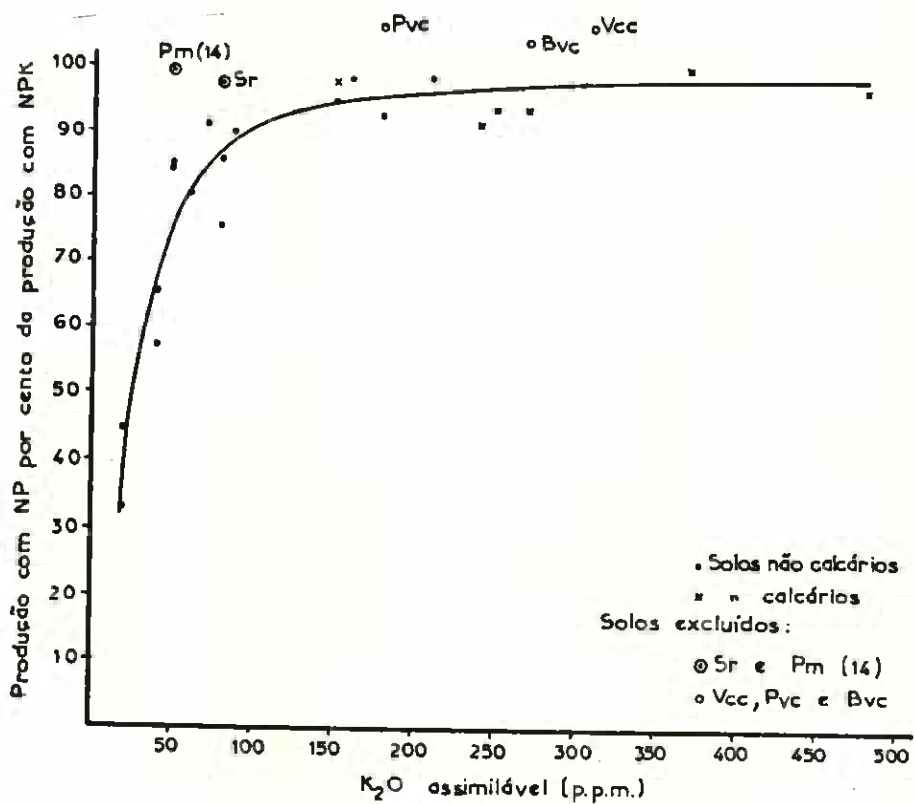


Fig. 8

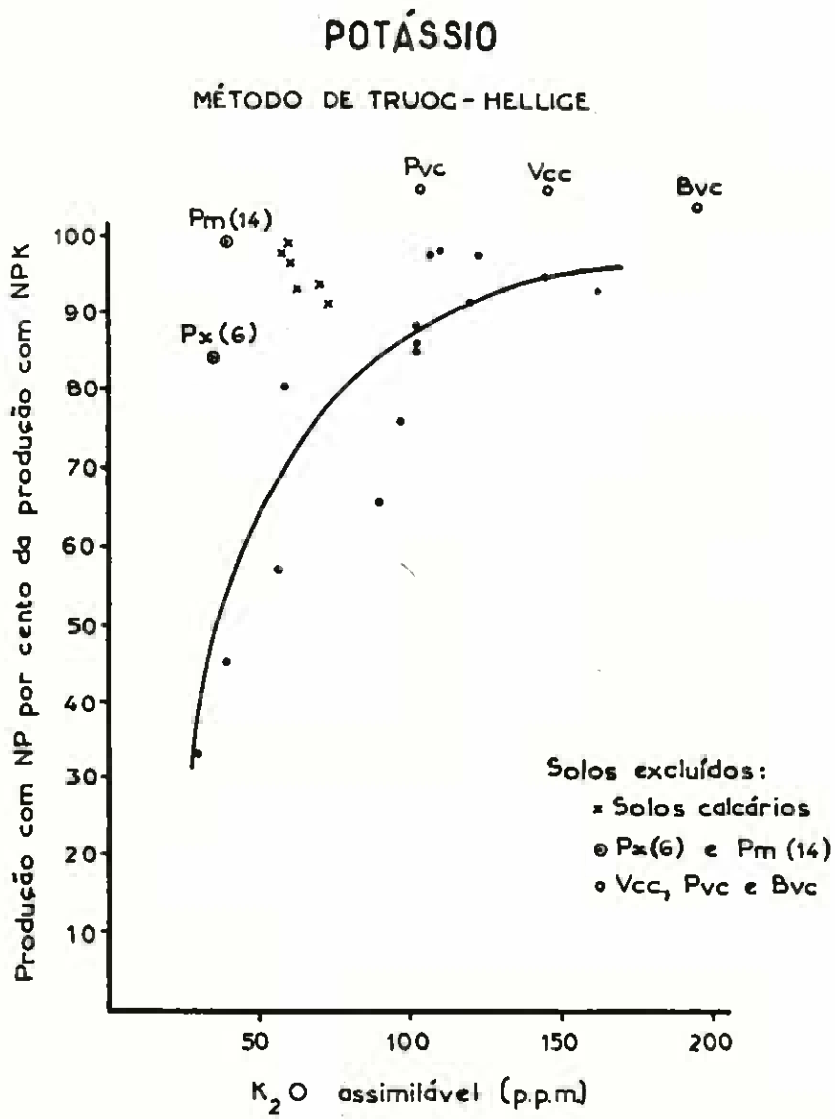


Fig. 4

Tomando igualmente como base os limites adoptados para o método de Mitscherlich, a tabela dos rendimentos indica a seguinte correspondência:

Classificação do solo	K ₂ O (Kg/ha)	Produção relativa $\frac{NP}{NPK} \cdot 100$
Muito pobre	< 112	< 65
Pobre	112 — 150	65 — 75
Médio	150 — 187	75 — 82
Rico	187 — 225	82 — 87
Muito rico	> 225	> 87

Também para o potássio os solos podem ser classificados ricos, quando a produção sem este elemento for superior a 82 % da produção máxima obtida.

A este valor correspondem nas curvas respectivas, para as amostras em que se verificou haver razoável correlação (figs. 3 e 4), os seguintes valores aproximadamente:

Riehm	65 p.p.m.
Truog-Hellige	85 »

Abaixo destes valores deve verificar-se boa reacção dos cereais praganosos ao potássio, contanto que as plantas disponham de água em quantidade conveniente ao longo do seu ciclo, mas mais uma vez há que considerar estes limites com muitas reservas pelas razões já apontadas.

O valor achado para o «quick-test» — 85 p.p.m. — é sensivelmente idêntico ao limite a partir do qual os solos são considerados ricos segundo a classificação de Truog:

Classificação	K ₂ O (p. p. m.)
Muito baixo	< 25
Baixo	25 — 45
Médio	45 — 90
Alto	90 — 140
Muito alto	> 140

Para o potássio Riehm não estabeleceu ainda os limites duma classificação.



As curvas do tipo sigmóide que anteriormente se apresentarem foram ajustadas à mão.

Com o objectivo de melhor se apreciar a validade do ajustamento, procurou-se adaptar aos pontos obtidos a equação de Mitscherlich na modificação proposta por BRAY (8):

$$\log (A-y) = \log A - cx$$

onde

- A = produção máxima, considerada igual a 100.
- y = produção relativa (em percentagem)
- c = constante
- x = quantidade de nutriente.

De acordo com este autor, o coeficiente *c* é a média dos *n* coeficientes individuais *c_i* (*i*=1,2, ... *n*).

Para o grupo de dados obtidos pelo método de Riehm calcularam-se as seguintes equações, respectivamente para o fósforo e para o potássio (*):

$$\log (100-y) = \log 100 - 0,008901 x$$

$$\log (100-y) = \log 100 - 0,007541 x$$

Os índices de correlação correspondentes são altamente significativos:

$$r_{yx} = 0,817$$

$$r_{yx} = 0,609$$

Para o processo de Truog-Hellige, considerando conjuntamente solos calcários e não calcários, não se apresentam as respectivas equações pois os índices de correlação são, como se esperava, bastante baixos: para o fósforo 0,375 e para o potássio 0,439. Excluindo os solos calcários e considerando apenas os solos não calcários, os índices de correlação são nitidamente mais elevados:

fósforo: $r_{yx} = 0,674$ altamente significativo

potássio: $r_{yx} = 0,693$ » »

Para este conjunto de solos as equações são as seguintes:

$$\log (100-y) = \log 100 - 0,006773 x$$

$$\log (100-y) = \log 100 - 0,009710 x$$

Os valores que se acabam de referir confirmam a superioridade do método de Riehm sobre o de Truog-Hellige, tanto mais que no primeiro caso não houve que excluir os solos calcários. Parece, portanto, aconselhável que se prossiga no estudo do método de Riehm, que deverá ser calibrado em relação a ensaios de campo, tal como tem vindo a fazer-se para o processo de Truog-Hellige.

(*) A interpretação matemática dos resultados foi feita pelos engenheiros agrónomos A. J. Oliveira e M. L. Barros e Sousa, do Departamento de Estatística da Estação Agronómica Nacional, a quem os autores agradecem a valiosa colaboração prestada.

CONCLUSÕES

1. Os resultados obtidos pelo método de Mitscherlich em ensaios em vasos mostram que a quase totalidade dos solos ensaiados reagiu substancialmente ao fósforo e pouco ao potássio, o que de certo modo vem confirmar a ideia de que a maioria dos solos do País é pobre em fósforo assimilável e bem dotada de potássio assimilável.

2. O método laboratorial de Riehm (lactado de amônio e ácido acético, a pH 3,7) foi aquele em que se obteve uma melhor correlação, tanto para o fósforo como para o potássio, com o método de Mitscherlich, quer para solos calcários, quer para os não calcários.

3. Confirma-se que o processo expedito de Truog-Hellige não serve para solos calcários, sobretudo para os que têm um teor elevado de carbonatos. Para os solos não calcários, ou apenas com vestígios de carbonatos, os resultados são bastante aceitáveis.

RESUMÉ

La richesse en phosphore et potassium assimilables de quelques-uns des sols les plus représentatifs du Portugal a été déterminée par la méthode du lactate, d'après la modification récemment proposée par Riehm, et par le procédé rapide de Truog-Hellige, et on a comparé leurs résultats aux valeurs obtenues par la méthode de Mitscherlich (essais en pots).

La méthode de Mitscherlich a montré que la presque totalité des sols essayés a réagi substantiellement au phosphore et peu au potassium, ce qui en quelque sorte vient confirmer l'idée que la plupart des sols du Pays sont pauvres en phosphore assimilable et bien dotés de potassium assimilable.

La méthode de Riehm a été celle où l'on a obtenu une meilleure corrélation, aussi bien pour le phosphore que pour le potassium, avec la méthode de Mitscherlich, soit pour les sols calcaires soit pour les non-calcaires.

Il est confirmé que le procédé rapide de Truog-Hellige ne sert pas pour les sols calcaires, surtout pour ceux qui ont une teneur élevée en carbonates. Pour les sols non-calcaires ou qui n'ont que des vestiges de carbonates, les résultats sont acceptables en ce qui concerne le phosphore et le potassium.

SUMMARY

The determination of available phosphorus and potassium by Mitscherlich's method (pot experiments with oats) in several portuguese soils showed that the

majority of these soils is very deficient in phosphorus and well supplied with potassium.

The comparison between Mitscherlich's method and laboratorial methods tested to evaluate phosphorus and potassium availability led to the following conclusions:

The best correlation was obtained with Riehm's method (extraction with ammonium lactate + acetic acid, pH 3.7).

Hellige-Truog's quick-test (extraction with HCl 0,3 N) gave good agreement for phosphorus and potassium except in calcareous soils.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AZEVEDO, J. BOAVENTURA DE, E ALMEIDA, L. A. VALENTE: Alguns aspectos da Química Agrícola. *Anais do Inst. Sup. de Agron.* 14, 121-129 (1943).
- [2] COSTA, J. V. BOTELHO DA: Aspectos do problema da determinação do teor do solo em princípios nutritivos assimiláveis. *Rev. Agron.* 29, 285-297 (1941).
- [3] INGLEZ, M. ABOIM: Contribuição para o estudo da adubação da batata e do milho no Baixo Minho. Relatório Final do Curso de Engenheiro-Agrônomo. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, 1955.
- [4] MITSCHERLICH, E. A.: Die Düngerberatung, Max Niemeyer Verlag, Halle (Saale) 1948, pag. 53-70.
- [5] THUN, R., HERRMANN, R. und KNICKMANN, E.: Die Untersuchung von Böden. *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs — und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch)*. Neumann. Verlag, Radebeul und Berlin 1955, pag. 163.
- [6] RIEHM, H.: Die ammoniumlaktatessigsäure — Methode zur Bestimmung der leichtlöslichen Phosphorsäure in Karbonathaltigen Böden. *Agrochimica* 3, 49-65 (1958).
- [7] ——— Directions n.º 697-18 for the Hellige-Truog Combination Soil Tester. Hellige Inc. New York.
- [8] BRAY, R. H.: Soil-plant relations. I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions. *Soil Sci.* 58, 305-324 (1944).

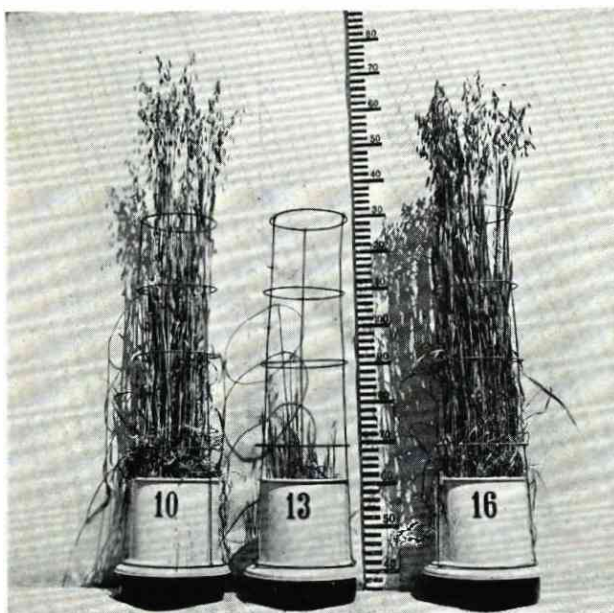
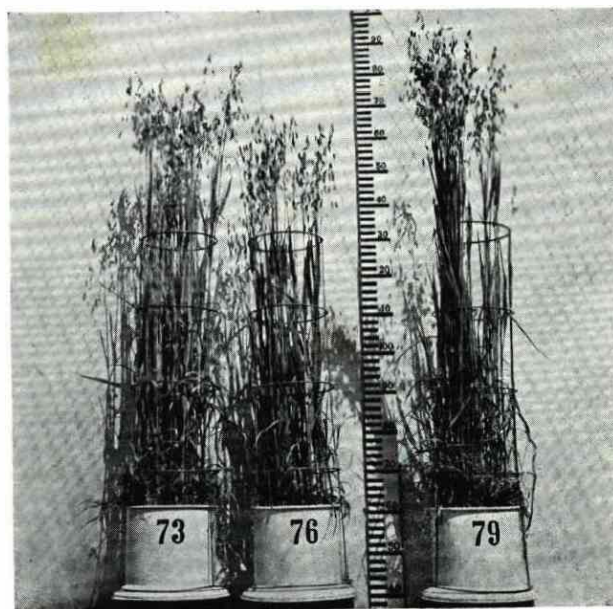
Fot. 1

Solo calcário vermelho, de calcário não compacto — Vc

73 NP—

76 N—K

79 NPK



Fot. 2

Solo pardo não calcário, de xisto — Px
(amostra n.º 5)

10 NP—

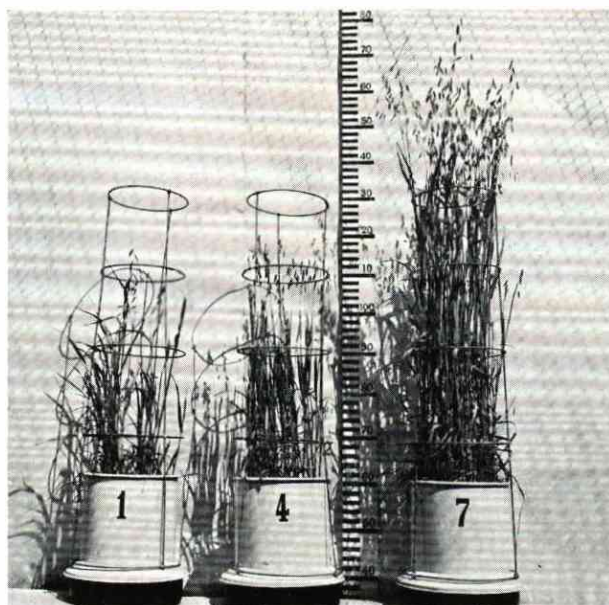
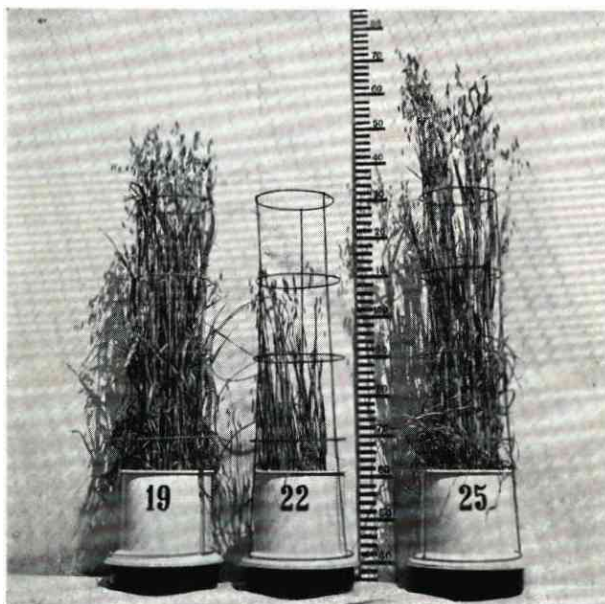
13 N—K

16 NPK

Fot. 3

Solo pardo não calcário, de quartzodiorito — Pm
(amostra n.º 15)

19 NP—
22 N—K
25 NPK



Fot. 4

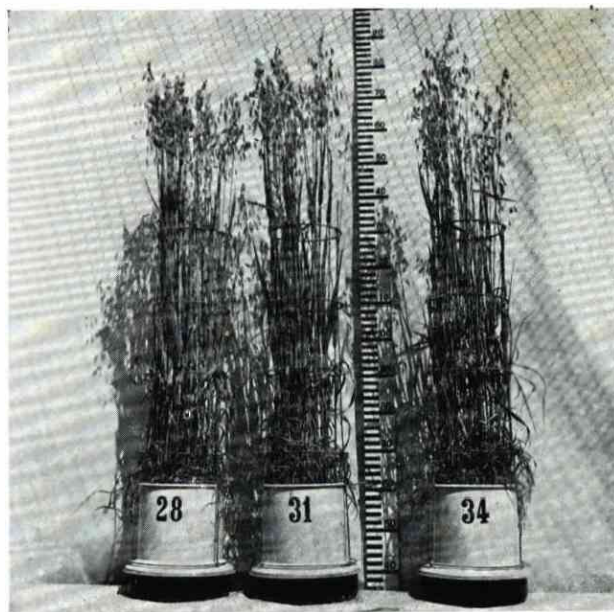
Podzol — Pz

1 NP—
4 N—K
7 NPK

Fot. 5

*Barro vermelho de
diorito ou gabro
com infiltrações
calcárias — Bvc*

28 NP—
31 N—K
34 NPK



Fot. 6

*Barro preto, de
diorito ou gabro
com infiltrações
calcárias — Bpc*

46 NP—
49 N—K
52 NPK





Fot. 7

Solo hidromórfico esbranquiçado, de xisto — Pb

55 N P--

58 N-K

61 N P K