

Efeito da adubação azotada, fosfatada e potássica na cultura da batata. Produtividade e eficiência de uso dos nutrientes

Effect of preplant nitrogen, phosphorus and potassium application on potato crop. Tuber yield and nutrient use efficiency

M. Arrobas¹ & M. A. Rodrigues

RESUMO

São apresentados resultados de ensaios de fertilização com azoto, fósforo e potássio na cultura da batata, que decorreram em Bragança, na Quinta de St^a Apolónia, em 2002. Três experiências independentes, uma por elemento fertilizante, foram organizadas de forma completamente casualizada. O fósforo e o potássio foram aplicados em quatro doses (0, 50, 100 e 200 kg/ha expressos em P₂O₅ e K₂O e o azoto foi aplicado em cinco doses (0, 50, 100, 200 e 400 kg/ha). De cada tratamento foram realizadas três repetições. Os fertilizantes foram aplicadas em fundo, na forma de superfosfato de cálcio (18% de P₂O₅), cloreto de potássio (60% de K₂O) e ureia (45% de N). A produção de tubérculos atingiu 42 Mg/ha nas modalidades mais produtivas. A adubação fosfatada não influenciou a produção de forma significativa ($\alpha < 0,05$). Com a adubação potássica conseguiram-se aumentos na produção de tubérculos, relativamente à testemunha, superiores a 8 Mg/ha. O efeito foi estatisticamente significativo até 100 kg K₂O/ha. A adubação azotada induziu aumentos da mesma ordem de grandeza do potássio, 8

Mg/ha relativamente à testemunha, com diferenças significativas entre tratamentos. As curvas de resposta da produção de tubérculos ao N e K aderiram ao modelo exponencial assintótico, significando aumentos de produção para doses moderadas dos elementos e estabilização em patamar para as doses mais elevadas. Nenhum dos elementos influenciou, de forma significativa, o teor de matéria seca dos tubérculos. O azoto e o potássio exerceram influência significativa nos calibres. Indicadores do estado nutritivo das plantas, designadamente concentração de nitratos nos pecíolos e valores clorofila-SPAD, reflectiram com elevada sensibilidade a reduzida eficiência de uso do azoto.

ABSTRACT

Results from fertilisation field trials with nitrogen, phosphorus and potassium on potato crop are presented. The study was carried out in Sta Apolónia farm, NE Portugal, in 2002. Three independent experiments, one for each nutrient, were organized in completely randomized designs. Phospho-

¹ CIMO - Escola Superior Agrária de Bragança, apart. 1172, 5301-855 Bragança, e-mail: marrobas@ipb.pt

rus treatments included 0, 50, 100 and 200 kg P₂O₅/ha. Potassium treatments were 0, 50, 100, 200 kg K₂O/ha and N treatments 0, 50, 100, 200 and 400 kg N/ha. Calcium superphosphate (18 % P₂O₅), potassium chloride (60 % K₂O) and urea (45 % N), in rates according to the above-mentioned treatments, were broadcast and incorporated in their respective plots with pre-planting tillage.

The higher tuber yield recorded for all treatments reached 42 Mg/ha. Phosphorus rate did not significantly ($\alpha < 0,05$) influence tuber yield, while with potassium and nitrogen fertilisation a significant increase of 8 Mg/ha above the control was recorded. Exponential asymptotic equations were used to fit the crop response to applied K and N. The response curves show an initial increase on tuber yield, followed by a progressive attenuation as the nutrient rate increase and stabilising in an extended plateau for the higher nutrient rates. None of the elements influenced the size and the dry matter percentage of the tubers. Petiole nitrate concentrations and chlorophyll SPAD readings, performed with the portable tools: RQflex reflectometer and SPAD-502 chlorophyll meter, showed correspondence with fertiliser-N treatments. Thus, they can be used to diagnose the N nutritional status of crop. The N, P and K use efficiency was very low, stressing the importance of sowing catch crops in the fall, following the harvest of the potato, in order to minimize environmental impacts mainly associated with residual N.

INTRODUÇÃO

Os fertilizantes, e genericamente os restantes factores de produção, devem ser utilizados de forma racional, isto é, na quantidade estritamente necessária para se assegurar

razoável produtividade, sem custos desnecessários e sem impactes ambientais. A partir de 1985, com a publicação do livro verde, mas sobretudo em 1992, com a implementação das medidas agro-ambientais, ficou claro que a União Europeia orientava a sua política agrícola no sentido de assegurar uma gestão mais sustentável dos recursos. No campo da fertilização, a directiva nitratos, o código de boas práticas agrícolas e as normas e produção integrada das culturas foram os aspectos mais visíveis desta nova orientação política.

O azoto é, de entre todos os elementos nutrientes, o de gestão mais difícil e o que tem envolvido maior esforço da comunidade científica internacional (Dahnke & Johnson, 1990). A importância deste elemento na produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, a sua dinâmica no solo, o impacto potencial das diversas formas de azoto nos ecossistemas e na saúde humana (Santos, 1996) conferem-lhe dificuldades de gestão particulares e exigem especial cuidado na recomendação de fertilização. As bases da recomendação da fertilização azotada variam de acordo com a ecologia e particularidades de cada agrossistema e continuam a ser uma questão em aberto em todo o mundo. Estudos de fertilização azotada na cultura da batata em Portugal têm sido particularmente abundantes, quer centrando a atenção nos aspectos produtivos (Martins, 1990; Coelho, 1992; Almeida, 1995) quer em aspectos relacionados com a eficiência de uso do azoto e com a recomendação de fertilização (Rodrigues, 1995; Rodrigues, 2000).

As recomendações de fertilização fosfatada são, aparentemente, mais pacíficas. Embora o fósforo pareça estar relacionado com a tuberculização e exercer efeito conhecido na produção e qualidade dos tubérculos (Rousselle *et al.*, 1999), estudos de fertilização fosfatada na cultura da batata não têm

sido frequentes em Portugal. A problemática da fertilização fosfatada tem estado mais centrada na produtividade da cultura do que, eventualmente, em questões ambientais, dada a reduzida mobilidade do elemento no solo. Contudo, recomendações adequadas só são possíveis conhecendo a eficiência de uso do elemento, dado os vários mecanismos químicos que o podem tornar indisponível para as plantas (Arrobas, 2000). Por outro lado, o fósforo é um factor ecológico determinante na produtividade primária dos ecossistemas aquáticos. A utilização desadequada deste elemento na agricultura, designadamente associada à fertilização orgânica, tem contribuído para a eutrofização de cursos de água e albufeiras em diversas partes do globo (Sharpley & Rekolaineu, 1997). Assim, a obtenção de informação sobre a eficiência de uso do fósforo nos agrossistemas é de importância estratégica para se assegurar a produtividade das culturas sem causar impactes ambientais significativos.

A batateira absorve quantidades elevadas de potássio. O elemento exerce importante acção nas plantas, destacando-se o seu papel na regulação do potencial osmótico das células e na activação de enzimas associadas ao transporte de fotoassimilados (Marschner, 1986). O efeito do potássio é evidente na produção, no aumento do calibre dos tubérculos e na tolerância a stress sanitário e ambiental (Rousselle *et al.*, 1999). Tal como se referiu para o fósforo, estudos de adubação potássica na cultura da batata não têm sido frequentes em Portugal.

Em Portugal, a estação de crescimento para produzir batata-consumo apresenta limitações ecológicas importantes. A página da FAO (www.fao.org) divulga produções médias unitárias para Portugal de 15 t/ha, enquanto noutros países, como Holanda, Bélgica e França, se ultrapassam frequentemente produções médias de 40 t/ha. Este

diferencial pode encontrar alguma justificação em limitações tecnológicas e/ou de conhecimento, mas é sobretudo devido a limitações de natureza ecológica. A temperatura do ar na estação quente excessivamente elevada será, provavelmente, o principal factor limitante (Rodrigues, 2000).

Conscientes de que recomendações de fertilização capazes só podem ser conseguidas dispondo-se de informação sobre o potencial produtivo de cada agrossistema (produção esperada), atendendo às suas restrições edáficas, climáticas e tecnológicas e considerando que muitas das amostras de terra para análise que dão entrada no Laboratório de Solos da ESA Bragança são, ainda, motivadas pela cultura da batata, decidiu-se instalar um triplo ensaio que incluísse os três macronutrientes principais. A resposta da cultura e a eficiência de utilização dos nutrientes foram os aspectos centrais em análise neste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio decorreu na Quinta de Sta Apolónia, em Bragança, num cambissolo éutrico de textura franca. A camada 0-20 cm apresentou, antes da instalação do ensaio, 13 g kg⁻¹ de matéria orgânica e pH(H₂O) de 6.2. Os teores de P₂O₅ e K₂O, determinados pelo método de Égner-Riehm, foram de 123 e 135 mg kg⁻¹ respectivamente. O precedente cultural foi milho, cortado no início de Outubro para silagem.

Três experiências independentes, uma por elemento fertilizante, foram instaladas de forma completamente casualizada. O fósforo foi aplicado nas doses 0 (P0), 50 (P50), 100 (P100) e 200 (P200) kg de P₂O₅/ha, o potássio nas doses 0 (K0), 50 (K50), 100 (K100) e 200 (K200) kg de K₂O/ha e o azoto nas doses 0 (N0), 50 (N50), 100 (N100), 200 (N200) e 400 (N400) kg N/ha. Por cada

modalidade fertilizante foram incluídas três repetições. Os adubos utilizados para veicular os nutrientes foram o superfosfato de cálcio (18% P_2O_5), cloreto de potássio (60% K_2O) e ureia (45% N). Os fertilizantes foram aplicados em fundo, distribuídos a lanço e incorporados com os trabalhos de preparação do solo. A área de cada talhão foi de 20 m², perfazendo uma área total em ensaio de 780 m². Nos ensaios de fertilização azotada foram aplicadas doses basais de fósforo e potássio, tal como nos ensaios de fertilização fosfatada e potássica em que foram aplicadas doses basais dos restantes dois elementos. Os quantitativos foram 100 kg N/ha, 50 kg P_2O_5 /ha e 100 kg K_2O /ha, tendo por base a análise de terras efectuada antes da instalação da cultura.

Tubérculos da cultivar Désiree, pré-abrolhados e de calibre 28-35 mm foram plantados num compasso 0,75 x 0,33 mm, com plantador mecânico de alimentação manual, a 19 de Abril. A emergência (50% de plantas visíveis) ocorreu a 13 de Maio. A protecção sanitária da cultura iniciou-se com a aplicação de herbicida de acção residual (metribuzina) a 11 de Maio. Três aplicações de fungicida anti-míldio em 4 de Junho, 12 de Junho (cimoxanil + folpete + mancozebe) e 20 de Junho (mancozebe) e duas aplicações de insecticida contra o escaravelho a 12 de Junho e 2 de Julho (clorpirifos) completaram a protecção fitossanitária. Durante a estação de crescimento, a cultura foi regada por aspersão, com dotação e intervalos de tempo entre regas baseados em cálculos previamente estabelecidos por Rodrigues (1995).

Em 7 de Julho foram colhidas, em cada unidade experimental, 30 a 40 folhas para determinação da concentração em nitratos nos pecíolos. Foram seleccionadas as folhas mais jovens com o limbo completamente expandido. Os pecíolos foram separados dos limbos e tomas de cerca de 5 g de pecíolos

foram maceradas em almofariz e fervidas durante 15 minutos, em 100 mL de água destilada. Arrefecida a solução, aferiu-se o volume final a 300 mL. A concentração dos nitratos em solução foi determinada com o aparelho portátil RQflex Reflectometer, que usa tiras de teste Reflectoquant (Merck). A concentração de nitratos nos tecidos foi calculada atendendo à toma de amostra e ao volume de água utilizado (Rodrigues, 2000).

Em 20 de Junho e 11 de Julho foi determinada a intensidade da cor verde das folhas, por método não destrutivo, com um medidor portátil SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta). Também para esta leitura foram usadas as folhas mais jovens com o limbo completamente expandido. O valor registado para cada unidade experimental resultou de 30 leituras individuais, efectuadas em folhas diferentes.

A produção foi avaliada a partir de 18 batateiras por tratamento. Os tubérculos foram separados nos calibres 28-45, 45-60 e > 60 mm, utilizando grelhas de malha quadrada. Foi também determinado o teor de matéria seca dos tubérculos, após secagem a 70 °C em estufa de ventilação forçada.

A recuperação aparente dos nutrientes, genericamente designada de Eficiência de Utilização dos Nutrientes (EUN), foi determinada pela expressão (Rodrigues & Coutinho, 1996)

$$EUN = (Nab_f - Nab_i) / F \times 100,$$

em que, Nab_f representa o nutriente absorvido nas modalidades fertilizadas, Nab_i representa o nutriente absorvido nas modalidades testemunha e F a quantidade de nutriente aplicado na modalidade de fertilização correspondente.

O efeito dos tratamentos foi avaliado no programa estatístico JMP, versão 5.1. A separação de médias com diferenças significativas foi feita pelo teste Tukey-Kramer HSD, para $\alpha < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indicadores do estado nutritivo

A concentração de nitratos nos pecíolos, 54 dias após a emergência (DAE), mostrou variações entre 0,3 e 8,0 g kg⁻¹, nas modalidades N0 e N400, respectivamente (Figura 1). As diferenças foram significativas ($\alpha < 0,05$) entre todos os tratamentos de fertilização azotada. Os resultados reflectem a elevada capacidade da cultura em absorver azoto durante o ciclo vegetativo. Quando existe N disponível no solo as plantas podem absorver quantidades superiores às suas necessidades imediatas, processo genericamente designado de consumo de luxo (Santos, 1996). Enquanto o ião amónio é tóxico, tendo de ser imediatamente assimilado, a forma nítrica acumula-se nos vacúolos das células, particularmente dos tecidos condutores (Mills & Jones, 1996). A elevada sensibilidade do teor de nitratos nos pecíolos à disponibilidade de N no solo confere, a este indicador do estado nutritivo azotado, potencial de diagnóstico superior a qualquer outro, incluindo o azoto total nas folhas (Gupta & Saxena, 1976).

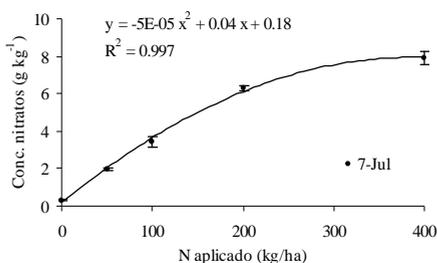


Figura 1 – Concentração de nitratos nos pecíolos, expressos em tecido fresco, a 7 de Julho, 54 dias após a emergência. Os traços verticais representam o intervalo de confiança ($\alpha < 0,05$) para a média.

A intensidade da cor verde foi determina-

da em duas datas separadas em cerca de 3 semanas (20 de Junho e 11 de Julho). Na segunda data de amostragem, os valores registados foram inferiores aos da primeira (Figura 2). Esta evolução é justificada pela remobilização das substâncias de reserva para os tubérculos. Resultados de igual tendência foram registados para este indicador na cultura da batata por Minotti *et al.* (1994) e Rodrigues (2000). A variação do indicador em resposta à adubação azotada foi ajustada pelo modelo quadrático na primeira data de amostragem e pelo modelo linear na segunda data. Na primeira data de amostragem os resultados variaram entre 53 e 60 unidades SPAD nos tratamentos N0 e N200, respectivamente. Os valores da modalidade N400 foram inferiores aos da modalidade N200. Este resultado pode confundir o diagnóstico do estado nutritivo azotado feito por este indicador, na medida em que, para maior disponibilidade de N no solo, diminui o valor SPAD. Noutro estudo, Rodrigues *et al.* (2002) justificam este resultado pela maior finura das folhas, que ocorre devido ao sombreamento mútuo das plantas, motivado pela dose excessiva de azoto. Contudo, não é de esperar que as doses usualmente utilizadas na cultura para fins comerciais origine este fenómeno. Rodrigues (2004a) apresenta níveis críticos para valores SPAD na cultura da batata com erro de diagnóstico semelhante ao de outros indicadores do estado nutritivo azotado. Na segunda data de amostragem os resultados variaram entre 47,2 e 54,5 unidades SPAD nos tratamentos N0 e N400, respectivamente. A modalidade N0 apresentou resultados significativamente inferiores aos das modalidades fertilizadas. Nesta data, não foi registado decréscimo de valores SPAD na modalidade N400. A exaustão progressiva do azoto disponível e a sua distribuição por maior quantidade de biomassa entretanto formada, justifica as diferenças entre datas de amostragem.

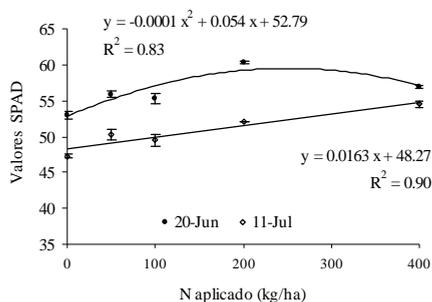


Figura 2 – Valores SPAD nas folhas, função do azoto aplicado, avaliados aos 37 e 58 DAE. Os traços verticais representam o intervalo de confiança ($\alpha < 0,05$) para a média.

A fertilização fosfatada e potássica não exerceu qualquer efeito significativo na concentração de nitratos nos pecíolos e nos valores de clorofila SPAD (dados não apresentados). Os valores registados situaram-se próximos dos que foram obtidos na modalidade cuja dose de azoto foi equivalente à dose basal usada nos ensaios de P e K.

Efeito da fertilização na produção de tubérculos

A produção de tubérculos variou entre 34,0 e 42,1 Mg/ha, nas modalidades controlo e N400, respectivamente (Figura 3). O potencial da cultura, ou pelo menos da cultivar Désirée, parece estar próximo dos 50 Mg/ha e é limitado, sobretudo, pelas elevadas temperaturas da estação de crescimento (Rodrigues, 2000). Contudo, apesar de não se terem atingido produções tão elevadas neste ensaio, o azoto influenciou de forma significativa a produção. De facto, este elemento não se acumula no solo em formas absorvíveis pelas plantas, constituindo-se a aplicação anual de fertilizante como um factor determinante no rendimento da cultura (Harris, 1992).

A produção de tubérculos em resposta à aplicação de doses crescentes de azoto

ajustou-se ao modelo exponencial assintótico. O fenómeno foi descrito por Allen & Scott (1992) e foi também registado por Rodrigues *et al.* (2001) em condições de ensaio similares. Para doses superiores a 100 kg N/ha formou-se um extenso patamar, no qual a produção não aumentou de forma significativa.

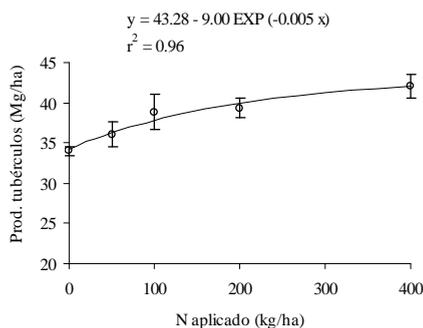


Figura 3 - Produção de tubérculos em função das doses de azoto aplicadas. As barras verticais representam o intervalo de confiança para a média ($\alpha < 0,05$).

As formas amoniacais de azoto e outras que, durante o processo de mineralização as originem (por exemplo a ureia), podem causar fitotoxicidade (Polizotto *et al.*, 1975; Cao & Tibbittes, 1993). Nesta experiência foi usada ureia em dose até 400 kg N/ha aplicado em fundo. Contudo, não se registou qualquer efeito visual de fitotoxicidade durante os ensaios. O facto do solo ser constituído por 19 % de argila, o que lhe confere capacidade de troca catiónica significativa, e pelo facto da hidrólise da ureia resultar formação gradual de NH_4^+ , a que se segue rápida nitrificação sem acumulação de NH_4^+ (Rodrigues, 2004b), são razões que podem justificar a ausência de efeito fitotóxico nas batateiras.

Doses excessivas de N podem penalizar a produção final, devido a atrasos na tibe-

rização e desenvolvimento inicial dos tubérculos. Contudo, se a estação de crescimento decorrer com normalidade, a migração de reservas para os tubérculos na fase final do ciclo pode compensar eventuais atrasos iniciais (Dyson & Watson, 1971). Apesar de não se ter determinado a evolução da acumulação de matéria seca nos tubérculos, a modalidade N400 foi a que originou produção média mais elevada, o que pressupõe que o excesso de N não penalizou a produção.

A aplicação de fósforo não influenciou de forma significativa a produção de tubérculos (Figura 4). As produções médias variaram entre 33,3 e 36,7 Mg/ha. Comparativamente com os restantes macronutrientes, o fósforo é o elemento exportado em menor quantidade pela cultura da batata. As doses recomendadas são também menores, para condições médias de fertilidade do solo (Anónimo, 2000). A ausência de resposta à fertilização fosfatada pode justificar-se pela reduzida exportação e pelo facto do solo apresentar níveis elevados de fósforo disponível, a julgar pelo resultado da análise de terra efectuada antes da instalação do ensaio.

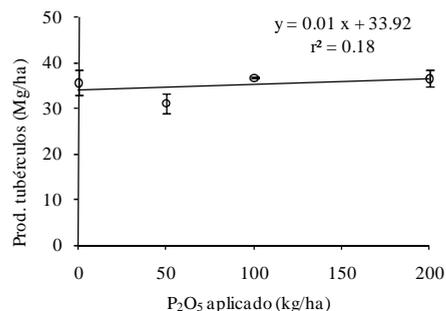


Figura 4 – Produção de tubérculos em função da dose de fósforo aplicada. As barras verticais representam o intervalo de confiança para a média.

A adubação potássica induziu aumentos na produção semelhantes aos verificados para o azoto. A produção variou entre 32,9 e 41,2 Mg/ha nas modalidades K0 e K200, respectivamente. As diferenças na produção foram significativas até doses de 100 kg K₂O/ha (Figura 5). A produção de tubérculos em resposta à adubação potássica foi ajustada pelo modelo exponencial assintótico, tal como para o azoto. Apesar do ensaio ter decorrido em solo com teores elevados em potássio, a resposta na produção induzida pela aplicação deste elemento foi da ordem de grandeza da registada para o azoto, pondo em evidência a importância deste elemento na fertilização da batateira. De facto, a batateira está referenciada como uma cultura que exporta quantidades elevadas de K, sendo as recomendações de fertilização deste elemento geralmente elevadas (Anónimo, 2000).

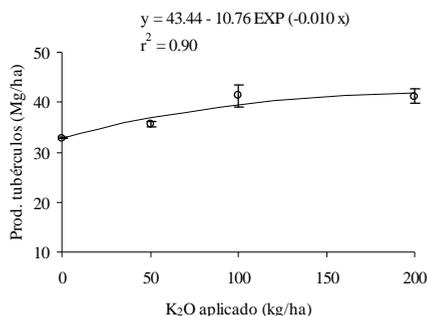


Figura 5- Produção de tubérculos em função da dose de potássio aplicada. As barras verticais representam o intervalo de confiança para a média ($\alpha < 0,05$).

Efeito da fertilização no teor em matéria seca e no calibre dos tubérculos

O teor em matéria seca é um importante parâmetro da qualidade dos tubérculos.

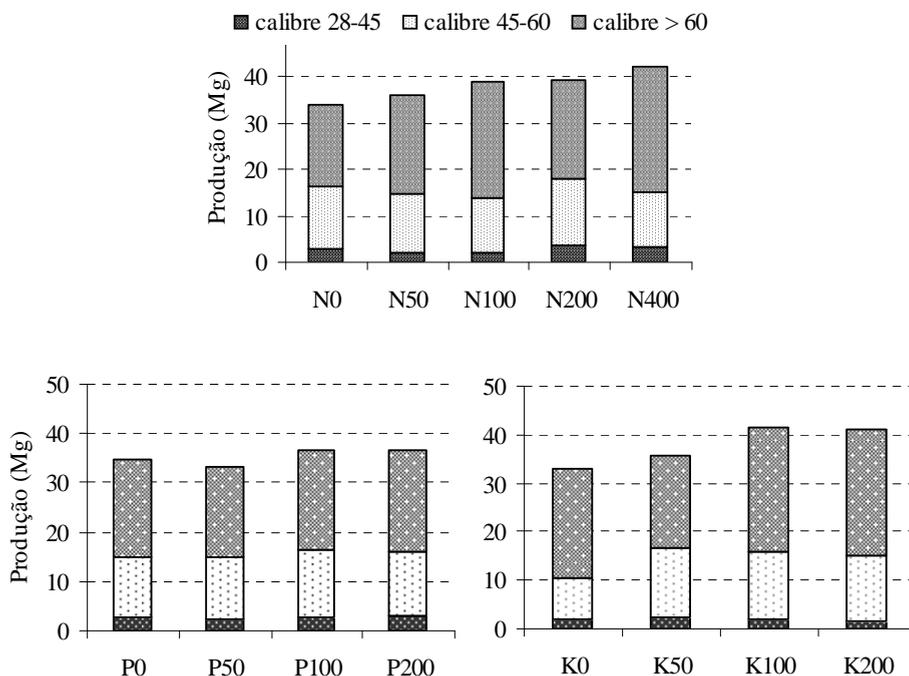


Figura 6- Influência da adubação azotada, fosfatada e potássica na produção de tubérculos por calibre.

As variedades de indústria, com aptidão para fritar, por exemplo, devem apresentar teores de matéria seca elevados (Storey & Davies, 1992). Neste ensaio não foram registados efeitos significativos da fertilização no teor em matéria seca os tubérculos. Os teores médios de matéria seca estiveram próximos de 20% e podem considerar-se valores normais para esta variedade (Rodrigues *et al.*, 2001).

O azoto e o potássio promovem a formação de tubérculos grandes, enquanto o fósforo é referenciado como promotor da tuberização e aumento do número de tubérculos. Os resultados deste ensaio confirmaram que azoto e potássio, em doses elevadas, aumentaram a produção total de tubérculos por acréscimo, sobretudo, do calibre > 60 mm (Figura 6).

Eficiência de utilização dos nutrientes

No Quadro 1 apresentam-se as concentrações de nutrientes nos tubérculos, as quantidades exportadas e valores calculados de recuperação aparente ou de eficiência de utilização dos nutrientes (EUN).

Apenas a fertilização azotada originou aumentos significativos na concentração do nutriente nos tubérculos. Os teores de azoto nos tubérculos variaram entre 10,6 e 13,9 g kg⁻¹. Efeito similar tinha já sido registado por Rodrigues (1995) na cultivar Stemster. A relação entre a concentração de azoto nos tubérculos e produção apresentou um coeficiente de correlação (r^2) de 0,80 (Figura 7).

As aplicações de P e K como fertilizante não exerceram efeito significativo na con-

centração dos elementos nos tubérculos. A concentração média de fósforo nos tubérculos situou-se em $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ e a concentração média de potássio aproximou-se de $15,7 \text{ g kg}^{-1}$ (Quadro 1).

O azoto exportado pelos tubérculos variou entre $77,5$ e $121,2 \text{ kg/ha}$ para as modalidades controlo e N400. O resultado reflectiu o efeito cumulativo do aumento de concentração de N nos tubérculos e da produção. O fósforo exportado não variou de forma significativa entre modalidades, uma vez que o elemento não influenciou a concentração de P nos tubérculos nem a produção. Foram registados valores médios próximos de 26 kg P/ha para

todos os tratamentos. O potássio foi o elemento exportado em maior quantidade, tendo sido calculados valores de $114,6$ e $143,7 \text{ kg/ha}$ para as modalidades controlo e N100, respectivamente. A diferença entre as modalidades reflectiu o efeito registado na produção, na medida em que não foram encontradas diferenças na acumulação de K nos tubérculos. As exportações dos três elementos N, P e K estão de acordo com quantitativos médios referidos para esta cultura (Harris, 1992).

A recuperação aparente dos nutrientes, EUN, foi muito baixa para qualquer dos elementos. O facto de a exportação se basear apenas nos nutrientes contidos nos

QUADRO 1 – Concentração dos elementos nos tubérculos, exportação e eficiência de utilização de nutrientes (EUN)

Azoto aplicado (kg N/ha)	N nos tubérculos g kg⁻¹	N exportado (kg/ha)	EUN (%) N
0	11,0 a	77,5 b	
50	10,6 a	81,0 b	7,1
100	11,5 a	92,6 ab	15,1
200	12,4 a	99,4 ab	10,9
400	13,9 a	121,2 a	10,9
Fósforo aplicado (kg P/ha)	P nos tubérculos g kg⁻¹	P exportado (kg/ha)	EUN (%) P
0	3,2 a	24,1 a	
22	3,2 a	25,9 a	8,2
44	3,2 a	26,1 a	4,6
87	3,3 a	26,4 a	2,6
Potássio aplicado (kg K/ha)	K nos tubérculos g kg⁻¹	K exportado (kg/ha)	EUN (%) K
0	15,7 a	114,6 b	
41	15,7 a	125,3 ab	25,8
83	15,1 a	143,7 a	35,1
166	15,7 a	140,0 ab	15,3

Nas colunas 2 e 3, médias com a mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste Tukey-Kramer HSD ($\alpha < 0.05$).

tubérculos, ficando de fora toda a informação relativa à distribuição dos elementos pela rama e sistema radicular, pode contribuir para explicar os resultados. No caso do N, a aplicação de quantidades elevadas em fundo tende a reduzir a eficiência de uso do nutriente (Liegel & Walsh, 1976). Por outro lado, enquanto para P e K a fracção de fertilizante não utilizado deverá permanecer no solo, contribuindo para o aumento da sua fertilidade, já no caso do azoto é provável que se perca, na medida em que não existem mecanismos químicos que o retenham no solo. Na cultura da batata é de extrema importância que na rotação esteja prevista uma cultura de cobertura de Inverno, para que a fracção residual do fertilizante possa ser recuperada e se minimizem os efeitos potenciais de contaminação ambiental (Rodrigues *et al.*, 2002).

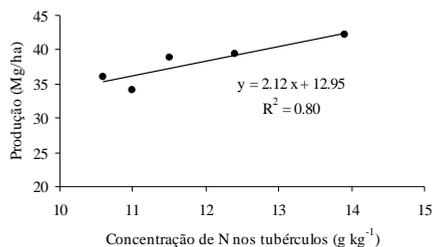


Figura 7- Relação entre o teor em N nos tubérculos e a produção.

CONCLUSÕES

O teor de nitratos nos pecíolos e os valores clorofila SPAD revelaram ser bons indicadores do estado nutritivo azotado das plantas. O azoto e o potássio originaram efeitos significativos na produção e confirmaram a informação geral disponível de que são os elementos mais determinantes na recomendação de fertilização da cultura da batata. Os resultados

indicam que não será possível condicionar dois importantes aspectos da qualidade dos tubérculos, calibre e teor de matéria seca, a partir da fertilização azotada, fosfatada ou potássica. A eficiência de utilização dos nutrientes foi particularmente baixa. No caso do N, devido à sua mobilidade, o resultado alerta para a importância da introdução de culturas de cobertura de Inverno para mitigar impactos ambientais potenciais indesejáveis em recursos hídricos e na atmosfera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, E. J. & Scott, R. K. 1992. Principles of agronomy and their application in the potato industry. In P. Harris (ed). *The Potato Crop*. pp. 816-880. Chapman & Hall.
- Almeida, D. 1995. *Análise de crescimento na cultura da batata para indústria. Efeito de cultivares e de adubação azotada*. Tese de Mestrado. UTAD. Vila Real.
- Anónimo. 2000. *Manual de fertilização das culturas*. Ed. INIA-Laboratório Químico Rebelo da Silva.
- Arrobas, M. 2000. *Fraccionamento do fósforo em solos de Portugal*. Tese de Doutoramento. UTAD. Vila Real.
- Cao, W. R & Tibbits, T. W. 1993. Study of various $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ mixtures for enhancing growth of potatoes. *J. Plant Nutr.*, **16**:1691-1704.
- Coelho, M. P. 1992. *Influência da nutrição azotada no crescimento, desenvolvimento e produção da batateira*. Tese de Mestrado em Produção Vegetal. ISA. Lisboa.
- Dahnke, W. C. & Johnson, G. V. 1990. Testing soils for available nitrogen. In R. L. Westerman (Ed.) *Soil testing and plant analysis*. pp. 127-139. SSSA. Madison.

- WIS.
- Dyson, P. W. & Watson, D. J. 1971. An analysis of the effects on nutrient supply on the growth of potato crops. *Ann. Appl. Biol.*, **69**: 47-63.
- Gupta, A. & Saxena, M. C. 1976. Total nitrogen concentration in leaves of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) as an index of nutritional status. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, **87**: 293-296.
- Harris, P. 1992. Mineral Nutrition. In P. Harris (ed). *The Potato Crop*. pp. 162-213. Chapman & Hall.
- Liegel, E. A. & Walsh, L. M. 1976. Evaluation of sulphur-coated urea (SCU) applied to irrigated potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, **68**: 457-463.
- Marschner, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. London.
- Martins, F. 1990. *Estudos de crescimento da batata em condições mediterrânicas*. Tese de Doutoramento. UTAD. Vila Real.
- Mills, H. & Jones, J. B. 1996. *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro Publishing, Inc.
- Minotti, P. L., Halseth, D. E. & Siczka, J. B. 1994. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *HortScience*, **29**: 1497-1500.
- Polizotto, K., Wilcox, G. E. & Jones, C. M. 1975. Response of growth and mineral composition of potato to nitrate and ammonium nitrogen. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **100**: 165-168.
- Rodrigues, M. A. 1995. *Influência da fertilização mineral e orgânica na cultura da batata. Eficiência de utilização do azoto*. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Rodrigues, M. A. 2000. *Gestão do azoto na cultura da batata: Estabelecimento de indicadores do estado nutritivo das plantas e da disponibilidade de azoto no solo*. Tese de Doutoramento. UTAD. Vila Real.
- Rodrigues, M. A. 2004a. Establishment of continuous critical levels for indices of plant and presidedress soil nitrogen status in the potato crop. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **35**: 2067-2085.
- Rodrigues, M. A. 2004b. An *in situ* incubation technique to measure the contribution of organic N to potatoes. *Agronomie*, **24**: 249-256.
- Rodrigues, M. A. & Coutinho, J. 1996. Efficiency of uptake and utilization of N from mineral and organic sources by potato crop. *Proc. 4th ESA Congress*. pp. 368-369. Valdhoven-Wageningen.
- Rodrigues, M. A., Coutinho, J., Martins, F. & Soutinho, J. C. 2001. Fertilização azotada da batateira. Produtividade e aspectos qualitativos da cv. Désirée. *Revista das Ciências Agrárias*, **Vol XXIV**: 184-192.
- Rodrigues, M. A., Martins, F. & Ferraz, H. 2002. Use of chlorophyll-SPAD meter on potato and sorghum. *Proc. VII Congress of the European Society of Agronomy*. pp. 705-706. Córdoba, Spain.
- Rousselle, P., Robert, Y. & Crosnier, J. C. 1999. *La patata*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Santos, J. Q. 1996. *Fertilização. Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Coleção Euro-Agro. Publicações Europa-América.
- Storey, R. M. & Davies, H. 1992. Tuber quality. In P. Harris (ed). *The Potato Crop*. pp. 507-569. Chapman & Hall.
- Sharpley, A. N. & Rekolaineau, S. 1997. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. In H. Tunney, O. T. Carton, P. C. Brookes e A. E. Johnston (Eds). *Phosphorus loss from soil to water*. pp. 1-54. CAB International.