



FERTILIZAÇÃO EM POMARES BIOLÓGICOS: É POSSÍVEL MANTER A PRODUTIVIDADE?

Introdução

No próximo quadro comunitário, a agricultura biológica deverá ver os seus apoios reforçados, enquanto a produção integrada poderá ver os apoios reduzidos. Não é, contudo, claro que do maior apoio comunitário à agricultura biológica possam vir benefícios para a agricultura nacional no seu todo ou que de alguma forma esta se vá tornar internacionalmente mais competitiva. A agricultura biológica coloca desafios que grande parte dos sectores pode não conseguir ultrapassar. Na componente agronómica os principais desafios são a protecção sanitária e a fertilização das culturas. Neste trabalho, procuram destacar-se questões relevantes que se levantam na gestão da fertilidade do solo em pomares biológicos de escala comercial.

Conceito de elemento essencial às plantas

A diversidade de elementos químicos que pode ser encontrada nos tecidos das plantas é incrivelmente elevada. Até ao presente, foram identificados mais de 60 elementos diferentes. Contudo, para a grande maioria não são conhecidas funções nas plantas. Eles encontram-se presentes nos tecidos, genericamente porque as plantas não têm mecanismos que permitam evitar a sua absorção (Kirkby, 2012). A um restrito número desses elementos é reconhecida essencialidade, isto é, sabe-se que sem a sua presença nos tecidos a vida das plantas não é possível. Eles têm um papel único e insubstituível nas plantas, o que lhes confere o estatuto de elemento essencial (Bryson *et al.*, 2014). No presente, a essencialidade está inequivocamente comprovada

para apenas 16 elementos, sendo eles carbono, oxigénio, hidrogénio, azoto, fósforo potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, cobre, zinco, manganês, molibdénio e cloro. Para um conjunto de outros elementos foi demonstrado algum benefício para as plantas associado à sua presença nos tecidos. Relativamente a alguns sabe-se serem essenciais para algumas plantas, mas não o serão para todas. Estes podem ser designados de elementos benéficos ou eventualmente benéficos. De forma simplificada, elementos benéficos e/ou eventualmente benéficos são aqueles que em determinadas concentrações nos tecidos podem beneficiar a planta sem estar provada a sua essencialidade para todas as espécies (Bryson *et al.*, 2014). Elementos com este estatuto são níquel, silício, sódio, alumínio, selénio, platina, entre outros.

Necessidade de fertilização das culturas

Na floresta amazónica e em outros ecossistemas naturais, a vegetação pode apresentar grande exuberância. Isto é, parece que as plantas conseguem obter do meio todos os nutrientes de que necessitam sem que seja necessário aplicar fertilizantes. Será que esta lógica se pode aplicar aos campos de cultivo?

Na floresta amazónica, os nutrientes utilizados pelas plantas resultam da sua reciclagem de ciclos de crescimento anteriores. Alguns insectos, aves e mamíferos alimentam-se das folhas e dos frutos e outros, por sua vez, alimentam-se destes ao longo da cadeia trófica. Em sequência, dejetos, cadáveres, frutos maduros e folhas senescentes retornam ao solo onde são decompostos, ficando os seus minerais de novo disponíveis para as plantas, numa ciclagem de nutrientes quase completa. É isto que permite aos ecossistemas naturais manter a sua produtividade de forma virtualmente perpétua.

Num campo agrícola, o homem retira do sistema os nutrientes que as plantas absorveram, através das colheitas, que usa na sua alimentação ou transfere para os mercados e que não mais regressam ao solo (Figura 1). Quanto mais produtivo for o sistema de produção e maior a ligação aos mercados, maior a quantidade de nutrientes que são exportados, aumentando o desequilíbrio. A fertilização efectuada pelo homem visa compensar o desequilíbrio provocado pela exportação de nutrientes nas colheitas.

A necessidade da aplicação de nutrientes aos solos agrícolas não é, contudo, a mesma para todos os nutrientes essenciais. Isto é, a aplicação de um dado nutriente não tem de ser directamente proporcional à quantidade exportada nas colheitas. Há elementos essenciais que são de tal forma abundantes no solo que é virtualmente impossível esgotarem-se. Infelizmente, para diversos outros nutrientes não há reservas no solo nem processos naturais que permitam repô-los anualmente na solução do solo ao ritmo a que são exportados pelas culturas, estando a nutrição das plantas dependente de adições externas. O azoto é o exemplo mais paradigmático. A sua disponibilidade

de para as plantas está dependente de adições externas, seja pela aplicação de fertilizantes seja pela promoção da sua entrada no sistema por processos naturais, como a fixação biológica de azoto. O azoto encontra-se no solo em formas orgânicas e minerais, sendo que a proporção relativa das primeiras tende a ser superior a 95% (Havlin *et al.*, 2014). No entanto, as formas orgânicas de azoto (matéria orgânica) não são uma fonte realista de azoto para as plantas, como será discutido no ponto seguinte. Por outro lado, azoto inorgânico no solo só existe em quantidades relevantes em solos com elevado conteúdo em argila (sobretudo minerais do tipo 2:1, como elite, montmorilonite...), onde a forma NH_4^+ se pode encontrar a estabilizar as cargas negativas da malha que resultaram das substituições isomórficas de silício (com quatro cargas positivas, Si^{4+}) por alumínio (com três cargas, Al^{3+}). Este NH_4^+ pode trocar de posição com outros catiões (sobretudo K^+) que se encontrem na solução do solo e, desta forma, ficar disponível para as plantas (Weil e Brady, 2017). Contudo, são sempre reservas limitadas que se reduzem rapidamente com o cultivo contínuo, pelo que, para o nutriente estar disponível para as plantas, tem de haver um fornecimento regular do azoto ao solo a partir de uma fonte externa.

A matéria orgânica como fonte de nutrientes para as plantas

A matéria orgânica do solo não pode ser vista como uma fonte de nutrientes para as plantas. Este tem sido o conceito mais

difícil de entender no meio académico e, por arrastamento, no sector produtivo. Em agricultura biológica o papel da matéria orgânica no solo tem de ser bem entendido, de contrário generalizam-se contradições. A matéria orgânica beneficia diversas propriedades do solo, de natureza física, química e biológica, tornando-o num meio com melhores condições para o desenvolvimento das plantas, mas a matéria orgânica, em si, não deve ser vista como fonte de nutrientes. Num agro-sistema em equilíbrio, em que as técnicas de cultivo sejam mantidas por um longo período de anos sem alteração, como num pomar adulto, o teor de matéria orgânica do solo não se altera. Se o teor de matéria orgânica não sofre alteração, também não se altera o seu conteúdo absoluto em nutrientes. Por exemplo, se um solo num dado momento contém 2% de matéria orgânica e se dentro de 10 anos mantiver 2% de matéria orgânica (agro-sistema estável em equilíbrio) o seu conteúdo em nutrientes é o mesmo, logo não ocorreu saldo líquido na libertação de nutrientes para as plantas. O que pode ser quantificado como fornecendo nutrientes às plantas, via matéria orgânica, são as adições externas. Isto é, se for adicionado estrume, do processo de mineralização resulta, mais cedo ou mais tarde, libertação dos seus nutrientes para as plantas. Não se pode esperar que o solo forneça aquilo que não tem.

As adições externas de nutrientes podem, contudo, pressupor processos naturais. A fixação biológica de azoto é o melhor



Figura 1 – A colheita remove dos campos de cultivo quantidades relevantes de nutrientes

exemplo. Alguns microrganismos que vivem livremente no solo podem fixar azoto atmosférico que mais tarde, após a sua morte e mineralização dos seus tecidos, pode ficar disponível para as plantas (Rodrigues *et al.*, 2018). Quantitativamente mais relevante é a quantidade de azoto que microrganismos que vivem em simbiose com plantas da família das leguminosas podem fixar. Este azoto é fornecido às plantas hospedeiras, favorecendo o seu crescimento. No entanto, parte desse azoto pode mais tarde voltar ao solo nos resíduos dessas plantas e favorecer culturas que se sigam na rotação ou espécies arbóreas quando, por exemplo, se fazem enrelvamentos nos pomares com cobertos de leguminosas (Rodrigues *et al.*, 2018). Assim, deve ficar claro que para haver saldo líquido de nutrientes para as plantas a partir da matéria orgânica tem de haver uma fonte externa de nutrientes, seja ela natural (por exemplo fixação biológica de azoto) ou resultar de estrumação ou fertilização mineral feita pelo homem.

Fertilizantes para agricultura biológica

A agricultura biológica, por princípio, não autoriza o uso de substâncias de síntese química. Na área da fertilização, as principais restrições são impostas aos fertilizantes azotados, uma vez que o azoto mineral dos fertilizantes é obtido por um processo industrial designado de Haber-Bosch (Havlin *et al.*, 2014). Os fertilizantes minerais azotados são produzidos a partir de uma fonte de azoto inesgotável, o azoto elementar (N_2) que existe na atmosfera (representa cerca de 78% de todos os gases). O que torna os fertilizantes azotados caros é a necessidade de temperatura e pressão elevadas para separar os dois átomos de azoto que compõem a molécula N_2 . Fósforo e potássio são obtidos a partir de mineração em locais de acumulação desses elementos. A sua situação é distinta da do azoto. Nestes casos, o que pode estar em causa é a disponibilidade de matéria-prima para o fabrico dos fertilizantes. No caso do fósforo a situação é já problemática. As rochas fosfatadas a partir dos quais se preparam os fertilizantes fosfatos serão esgotadas durante

o século XXI se os consumos se mantiverem aos níveis actuais (Gilbert, 2009).

No mercado de fertilizantes para a agricultura biológica pode encontrar-se uma gama diversa de substâncias minerais que fornecem a generalidade dos nutrientes considerados essenciais para as plantas. Assim, encontrar no mercado fertilizantes autorizados para a agricultura biológica contendo fósforo, potássio, cálcio, magnésio e a generalidade dos micronutrientes não oferece grande dificuldade. O grande, e praticamente único, problema de curto prazo da fertilização das culturas em agricultura biológica é a adubação azotada. É, contudo, um problema difícil ou praticamente impossível de ultrapassar sem uma alteração radical dos sistemas de agricultura actuais, sobretudo quando as áreas de cultivo aumentam ou se procuram produtividades aceitavelmente elevadas.

A primeira alternativa à adubação azotada que normalmente se equaciona são os estrumes naturais. No entanto, com a mecanização da agricultura e a especialização das explorações agrícolas, animais e cultivos vegetais deixaram, de uma maneira geral, de coexistir na mesma exploração, o que reduziu de forma significativa a importância dos estrumes na agricultura. Por um lado, nas explorações pecuárias e suas imediações, o excesso de estrumes e outros dejetos dos animais podem constituir-se como importantes focos de poluição. Em Portugal, uma parte significativa das chamadas zonas vulneráveis para a contaminação com nitratos encontra-se em zonas de intensa actividade pecuária (Portaria n.º 164/2010). Além disso, em grande parte do território não há actualmente actividade pecuária relevante, não havendo estrumes disponíveis para as culturas. Por fim, o transporte a longas distâncias destes materiais não é técnica nem economicamente viável.

Nos mercados actuais encontra-se uma gama diversa de fertilizantes orgânicos devidamente embalados e fáceis de transportar que resultam da compostagem de detritos orgânicos (estrumes, resíduos agroindustriais, resíduos sólidos urbanos...) alguns dos quais podem estar autorizados para agricultura

biológica. Alguns destes produtos são desidratados e peletizados para higienizar e facilitar a sua aplicação (Figura 2). Contudo, estes produtos são quantitativamente residuais se for admitido que as áreas de agricultura biológica podem sofrer uma grande expansão nos próximos anos. São também produtos cuja preparação consome muita energia, devido aos processos de desidratação, peletização e embalagem, pelo que o seu preço tende a ser elevado, sendo difícil tornarem-se soluções economicamente viáveis (Rodrigues *et al.*, 2006).

A agricultura dispõe ainda de outros recursos fertilizantes que podem ser aplicados ao solo ou por via foliar, actualmente incluídos no grupo dos bioestimulantes para as plantas [Regulamento (UE) 2019/1009, de 5 de Junho]. Os bioestimulantes para as plantas incluem uma elevada diversidade de produtos, tais como aminoácidos, hormonas vegetais, extratos de algas marinhas, ácidos húmicos e fúlvicos, sais inorgânicos e microrganismos benéficos (bactérias e fungos) (Rouphael e Colla, 2020). Uma parte significativa destes produtos pode também ser usada em agricultura biológica. No entanto, estes produtos contêm quantidade mínimas de nutrientes. Usados nas doses recomendadas pelo fabricante aplicam-se quantidades de nutrientes (azoto, por exemplo) normalmente inferiores a $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. De notar que na adubação convencional de milho, por exemplo, podem ser usadas doses de azoto superiores a $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Assim, apesar dos bioestimulantes para as plantas poderem ter efeitos benéficos, induzindo tolerância a stresses



› Figura 2 – Corretivo orgânico compostado disponível no mercado português

Urtiqas

**A solução natural para
o controlo dos ácaros na vinha**



Distribuidor em Portugal:



Produto aprovado para uso em 834/2007 e NOP pela CAAE

ambientais diversos (Yakhin *et al.*, 2017), eles não vão contribuir para aumentar o conteúdo em azoto no sistema.

Alternativas aos fertilizantes em fruticultura biológica

Os fruticultores genericamente não criam animais e a gestão do solo sem mobilização, que actualmente se preconiza, não permite a incorporação dos estrumes. Com o uso de correctivos orgânicos compostados e embalados mantém-se o problema da incorporação no solo e os preços elevados destes produtos em relação ao seu valor fertilizante.

A fruticultura biológica, desde que tenha uma escala comercial mínima, só tem uma forma de resolver o problema da restituição ao solo do azoto que sai nas colheitas, a gestão de cobertos vegetais com leguminosas. As leguminosas têm acesso a azoto atmosférico, através de simbiose com microrganismos fixadores (Cooper e Scherer, 2012), o que lhes permite desenvolverem-se sem adição de fertilizante azotado. No fim do seu ciclo biológico podem transferir parte desse azoto para as árvores, após decomposição no solo dos seus tecidos ricos em azoto (Rodrigues *et al.*, 2015).

As leguminosas podem estar presentes nos sistemas de cultivo como siderações ou adubos verdes. No conceito de adubo verde pressupõe-se que a leguminosa é incorporada no solo para melhorar a sua fertilidade, sobretudo para aumentar a disponibilidade de azoto. No caso dos pomares, as siderações clássicas ou adubos verdes não são tão efectivas porque o solo não deve ser mobilizado o que inviabiliza a sua incorporação no solo.

Em fruticultura biológica só resta uma forma de se manterem as plantas num estado nutricional aceitável, que é o uso de cobertos vegetais de leguminosas anuais de ressementeira natural (Rodrigues e Arrobas, 2020). Estas plantas, uma vez semeadas, podem persistir no solo por vários anos, se forem adequadamente geridas, sem necessidade de nova sementeira e contribuir para o enriquecimento do solo em azoto (Figura 3).

Nota final

A agricultura biológica vai ser adoptada



Figura 3 – Coberto de leguminosas anuais em amendoal de sequeiro

por micro explorações de horticultura familiar e por grandes explorações de pecuária extensiva ou existe a ideia de que o modo de produção possa ser adoptado por todos os sectores da agricultura nacional?

Acreditando que a área de agricultura biológica possa aumentar em vários sectores no próximo quadro comunitário, devido ao estímulo criado pelo reforço dos apoios públicos, será conveniente que os produtores em modo biológico se mantenham competitivos nos mercados. No entanto, conseguir produtividade em modo biológico é muito mais complexo do que entender o enquadramento sociológico do conceito de agricultura biológica. É necessário conhecimento agronómico específico, objectivo e concreto, sobre as variáveis que determinam a performance das plantas. As que estão relacionadas à fertilidade do solo não são as únicas, mas estão entre as mais importantes.

Agradecimento

Grupo Operacional Novas práticas em olivais de sequeiro: estratégias de mitigação e adaptação às alterações climáticas (Iniciativa ID 278).

Grupo Operacional EGIS, estratégias para a gestão do solo e da água em espécies produtoras de frutos secos (Iniciativa ID 91). ●

Referências

. Bryson G, Mills HA, Sasseville DN, Jones Jr JB, Barker AV (2014). Plant Analysis Handbook III. A Guide to Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation for Agronomic and Horticultural Crops. Micro-Macro Publishing, Inc., Athens, GA.

. Cooper JE, Scherer HW (2012). Nitrogen fixation. In: Marschner P (Ed.), Marschner's mineral nutrition of higher plants. Elsevier, London, UK, pp 389-408

. Gilbert N (2009). The disappearing nutrient. Nature 461:716-718.

. Havlin JL, Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD (2014). Soil fertility and fertilizers, an introduction to nutrient management. 8th ed., Pearson, Boston, USA.

. Kirkby E (2012). Introduction, definition and classification of nutrients. In: Marschner P (Ed.), Marschner's mineral nutrition of higher plants. Elsevier, London, UK. pp. 3-5.

. Rodrigues MA, Arrobas M (2020). Cover cropping for increasing fruit production and farming sustainability. In: Srivastava AK, Hu C (Eds.), Fruit crops: Diagnosis and management of nutrient constraints. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp. 279-295.

. Rodrigues MA, Dimande P, Pereira E, Ferreira IQ, Freitas S, Correia CM, Moutinho-Pereira J, Arrobas M (2015). Early-maturing annual legumes: an option for cover cropping in rainfed olive orchards. Nutr Cycl Agroecosyst 103:153-166.

. Rodrigues MA, Ladeira LC, Arrobas M (2018). Azotobacter-enriched organic manures to increase nitrogen fixation and crop productivity. Eur J Agron 93:88-94.

. Rodrigues MA, Pereira A, Cabanas JE, Dias L, Pires J, Arrobas M (2006). Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. Eur J Agron, 25:328-335.

Rouphael Y, Colla, G (2020). Biostimulants in agriculture. Front Plant Sci p. 11.

. Weil RR, Brady NC (2017). The nature and properties of soil, 15th edition, Pearson, Harlow, England.

. Yakhin OI, Lubyantov AA, Yakhin IA and Brown PH (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. Front Plant Sci 7:2049.

M. Ângelo Rodrigues e Margarida Arrobas, Centro de Investigação de Bragança (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança