

FICHA TÉCNICA

A FERTILIZAÇÃO DE HORTÍCOLAS EM AGRICULTURA BIOLÓGICA

PARTE 1 – FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA E ACUMULAÇÃO DE NITRATOS EM CULTURAS HORTÍCOLAS DE FOLHA

Projecto AGRO 8.1 – nº 007 – Campos de experimentação e demonstração de fertilização azotada em Brassicas e Alface com vista a melhorar a qualidade e reduzir o excesso de nitratos

Resumo

A fertilização das culturas hortícolas em modo de produção biológico segue os princípios definidos na legislação comunitária em vigor (Anexo I do Regulamento CEE nº 2092/91, modificado), sendo que a aplicação complementar de fertilizantes orgânicos deve ser feita com especial cuidado, de modo a evitar o excesso de nitratos.

Com vista ao melhor conhecimento desta matéria e a uma fertilização mais correcta, o projecto AGRO de Desenvolvimento Experimental e Demonstração (DE&D) nº 007, estuda a influência de dois fertilizantes orgânicos e um adubo químico azotado em diferentes doses de aplicação, no teor de nitratos em alface, couve-tronchuda e nabiça. Os resultados desses ensaios serão divulgados em próxima ficha técnica (Parte 2). Esta primeira parte tem como principal objectivo dar a conhecer o método de cálculo da fertilização azotada em horticultura biológica, com vista a evitar carências ou excessos de azoto e a acumulação de nitratos quer nas plantas quer na água.



Figura 1 – Ensaio de fertilização azotada (orgânica ou química) em alface de estufa – Gafanha da Nazaré, Primavera 2003 – no âmbito do projecto AGRO n.º 007

Autor: Jorge Ferreira

Editor: AGRO-SANUS, Lda.



Calçada do Moinho de Vento, 4 - 2.º Dt.º - 1150-236 LISBOA - Tel.: 21 885 06 96
jferreira@agrosanus.pt Fax: 21 882 49 37

www.agrosanus.pt

1. Princípios de fertilização e melhoria da fertilidade do solo em horticultura biológica

A base para a produção agrícola biológica é o solo, a sua fertilidade, o ecossistema envolvente e respectiva biodiversidade, num compromisso entre o ecologicamente possível e o economicamente viável.

As principais práticas agrícolas para melhorar a fertilidade do solo e atingir uma boa produção, em agricultura biológica, são as indicadas no **quadro 1**, podendo classificar-se em duas classes de prioridade – práticas de base e práticas complementares.

Quadro 1 – Práticas de fertilização e melhoria da fertilidade do solo em agricultura biológica

Práticas de base	Práticas complementares
Rotação de culturas e respectivo afolhamento	Fertilizantes referidos na legislação (anexo II-A), nas condições aí indicadas, mas só no caso de não ser possível assegurar uma nutrição equilibrada das culturas e a manutenção da fertilidade do solo recorrendo apenas às práticas de base
Consociação de culturas no mesmo terreno	
Aducação verde ou sideração com o cultivo de plantas melhoradas	
Reciclagem dos resíduos das culturas de agricultura biológica, preferencialmente transformados pela técnica de compostagem	
Estrume de pecuária biológica	

2. Exigências nutritivas e fertilização complementar

Grande parte das culturas hortícolas precisam duma grande quantidade de nutrientes num período de tempo relativamente curto. Assim, em solos de média a baixa fertilidade, as práticas de base indicadas atrás, não são suficientes, pelo que é geralmente necessário recorrer à aplicação de fertilizantes orgânicos exteriores à exploração.

2.1. Necessidades em nutrientes dos legumes de folha

Os legumes de folha têm exigências em nutrientes variáveis com a espécie e com a produção. O quadro 2 indica essas necessidades para a maior parte dos legumes de folha e para as produções unitárias indicadas.

2.2. Fertilizantes orgânicos autorizados em agricultura biológica

As matérias primas autorizadas em agricultura biológica como fertilizantes são as que se encontram em conformidade com a legislação comunitária em vigor - em especial o Regulamento (CE) nº 2381/94, modificado pelos Regulamentos (CE) nº 1488/97, nº 1073/2000, nº 436/2001 e nº 473/2002, regulamentos que no conjunto fazem parte do Anexo II-A do Regulamento CEE nº 2092/91, modificado.

Os fertilizantes referidos nestes regulamentos são "excepcionalmente autorizados" na medida em que o agricultor "biológico" tem de dar prioridade às práticas culturais que permitem a fertilização das culturas com base nos recursos da própria exploração, já

indicadas atrás (1.).

Os fertilizantes autorizados em agricultura biológica e comercializados em Portugal são indicados no Guia de factores de produção para agricultura biológica (Ferreira, 2003).

Os fertilizantes comercializados estão ainda condicionados às disposições da legislação sobre a colocação no mercado e utilização aplicáveis à agricultura em geral no Estado-Membro onde o produto é utilizado. No caso português, os fertilizantes orgânicos são classificados de acordo com a norma NP1048 (**quadro 3**).

Quadro 2 – Necessidades em nutrientes e exportações por tonelada de produto colhido – culturas hortícolas de folha

Cultura (ordem alfabética)	Produção (t/ha)	Necessidades em nutrientes para as produções indicadas (kg/ha)					Exportação por tonelada de produto colhido (kg/t)				
		azoto N	fósforo P2O5	potássio K2O	cálcio CaO	magnésio MgO	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
Aceiga	30	150	36	200							
Agrião	60	180	70	260			3	1	4		
Aipo branco	80	170	120	500		15	2	1,5	6		
Alface (ar livre)	50	100	50	200	75	10	2	1	4		
Alface (estufa)	60	150	60	270	90	12	2,5	1	4,5		
Chicória	70	90	40	220		15	1,3	0,6	3,1		
Couve bróculo		210	70	270	210	20					
Couve de Bruxelas (planta)	10	210	20	200		40					
Couve flor (planta)	15	200	70	210	180	15					
Couve repolho	100	300	100	500		60	3	1	5		0,6
Endívia	60	130	60	400		30	2	1	6		
Espargo	5	150	70	200							
Escarola	30	120	45	150							
Espinafre	35	105	70	300		17	3	2	8		
Nabo	45	70	40	200		6	1,5	1	4		0,01

Quadro 3 – Classificação dos fertilizantes orgânicos (NP 1048). São indicados os teores mínimos (percentagem em peso do produto comercial), acima dos quais são classificados como adubos e abaixo dos quais (excepto matéria orgânica) como correctivos.

Fertilizante	azoto (N) orgânico	fósforo (P2O5) total	potássio (K2O) total	N + P2O5 + K2O	matéria orgânica
Adubo orgânico azotado	3%	–	–	–	50%
Adubo orgânico azotado NPK	2%	2%	2%	10%	50%
Adubo orgânico NP	2%	3%	–	6%	50%
Adubo orgânico NK	3%	–	6%	10%	50%

Apesar de a fronteira entre correctivo e adubo estar bem definida, na prática, a maioria dos fertilizantes orgânicos têm os dois efeitos – correctivo para o solo e adubo para a planta.

Outra limitação à aplicação de fertilizantes orgânicos é a que diz respeito às zonas vulneráveis de nitratos (nas águas subterrâneas). Nessas zonas só pode ser aplicado azoto de origem orgânica até um máximo de 170 Kg/ha/ano. No entanto esse limite não tem em conta a velocidade de mineralização dos fertilizantes orgânicos, pelo que pode ser mais poluente aplicar 170 quilos de azoto num adubo orgânico do que aplicar 200 quilos de azoto, ou mais, num correctivo orgânico.

2.3. Mineralização dos fertilizantes orgânicos e libertação de azoto

Após a aplicação do fertilizante este começa a decompor-se e a mineralizar-se, ou seja e transformar parte da sua matéria orgânica em matéria mineral. Deste modo vai libertando os nutrientes para o solo e para a cultura que aí se encontrar. A mineralização é um processo gradual e progressivo, decorrendo mais ou menos depressa consoante as características do produto,

do solo (mais depressa em solo arenoso, mais arejado e com regadio) e do clima (mais rápido com mais calor e humidade). Em geral quanto mais azoto contém o fertilizante mais rápida é a taxa de mineralização do mesmo, ou seja, um adubo orgânico liberta mais depressa o azoto que contém do que um correctivo orgânico.

Uma forma de avaliar a quantidade de azoto fornecido pelos correctivos orgânicos às culturas (em especial à primeira cultura após a aplicação do fertilizante) é a realização de ensaios de mineralização do azoto desses fertilizantes. Esses ensaios (infelizmente raramente efectuados em Portugal) têm revelado que os estrumes e os compostos feitos à base de estrume libertam uma parte (10 a 20%) do azoto com relativa rapidez (no primeiro mês). Mas depois libertam a parte restante mais lentamente. Isto passa-se assim porque parte do azoto do estrume está na forma mineral. O azoto do estrume que está na forma orgânica (proteínas, aminoácidos, ureia) mineraliza-se no solo pela acção de fungos e bactérias a uma velocidade que depende da composição dos estrumes e da actividade dos microorganismos.

O **quadro 4** indica o azoto disponível, a partir de diferentes correctivos orgânicos, ao fim de 10 meses em dois tipos de solo (argiloso e arenoso), e ao fim de 8 meses noutro solo (arenoso), com rega.

Quadro 4 – Azoto disponível para a cultura ao fim de 10 meses em solo argiloso e arenoso (Castellanos & Pratt, 1981), e ao fim de 8 meses em solo arenoso (Leclerc, 1989), com rega; valores em percentagem do azoto total contido no fertilizante aplicado.

Correctivo orgânico	Azoto disponível para o período considerado (%)		
	ensaio 1 10 meses		ensaio 2 8 meses
	solo argiloso	solo arenoso	solo arenoso
Estrume de vaca leiteira A	25	30	–
Estrume de vaca de carne	27	40	–
Estrume de ovelha	27	36	–
Estrume de porco	38	47	–
Estrume de galinha	55	65	–
Composto de estrume de vaca muito velho	4	6	–
Composto de estrume de vaca A	14	21	–
Composto com 3 meses de estrume de vaca	–	–	29
Composto com 6 meses de estrume de vaca	–	–	49
Composto de estrume de galinha	34	35	–
Composto de casca de choupo	–	–	4
Composto de casca de pinho	–	–	3
Composto de matos	–	–	6
Composto de engaço de uvas + borras de vinho	–	–	14

Num outro estudo do mesmo tipo mas mais prolongado, entre Março e Novembro, no sul de França, a mineralização do azoto de diferentes adubos orgânicos foi a indicada no **quadro 5** (Leclerc, 1989). No mesmo quadro é também indicada a meia-vida dos mesmos adubos, ou seja, o tempo necessário para que metade do azoto se mineralize e fique disponível para as plantas.

Quadro 5 – Mineralização do azoto dos adubos orgânicos, durante 8 meses (36 semanas) de Março (19/3) a Novembro (27/11) - mineralização até aos 8 meses e tempo para a mineralização de 50% de cada um dos adubos (meia-vida)

Adubo orgânico	N total do adubo (%)	N mineralizado em percentagem do N total (%)	Meia vida do adubo no solo (semanas)
Guano de aves marinhas	16	93	5
Farinha de sangue	10-11%	82-85%	10
Farinha de penas			11
Pelos granulados			8
Farinha de carne	6-9%	66-72%	12
Farinha de osso			14
Bagaço de ricino			12
Farinha de penas granulada			

Os dados dos quadros 4 e 5 ajudam assim a planear a fertilização orgânica, adequando-a melhor às necessidades das culturas em azoto, quer em quantidade quer ao longo do tempo. No entanto faltam estudos deste tipo para os fertilizantes do mercado, à venda em Portugal.

2.4. Fertilizantes orgânicos aplicados nos ensaios

Em cada cultura foram aplicados dois fertilizantes orgânicos – um correctivo em fundo em um adubo em fundo e em cobertura. O adubo orgânico aplicado no primeiro ano de ensaio (Phenix) foi substituído no segundo ano por outro de menor teor de azoto (Biofertil), de modo a reduzir a acumulação de nitratos.

A caracterização desses fertilizantes é feita nos quadros 6 (matérias primas) e 7 (composição química).

Quadro 6 – Fertilizantes orgânicos aplicados – matérias primas

Fertilizante (nome comercial)	Matérias primas
Frayssinet	Estrume de ovinos
Phenix	Vinhaça de beterraba, guano de aves marinhas do Peru, estrume de galinha de pecuária extensiva
Biofertil	Cascas de café

Quadro 7 – Fertilizantes orgânicos aplicados – composição química em relação ao produto comercial (matéria bruta).

Produto	matéria seca (%)	matéria orgânica (%)	Azoto N (%)	fosforo P2O2 (%)	potássio K2O (%)	Cálcio CaO (%)	magnésio MgO (%)	relação carbono/azoto C/N	pH
Frayssinet		63	1,8	0,9	1,3			15	
Phenix	92	56	6	8	15	4	2	5	
Biofertil	89	81	2,8	0,03	2,1	0,6	0,36	14	6,2

3. A acumulação de nitratos nos legumes

A acumulação de nitratos nas plantas acontece quando o azoto que é absorvido pela raiz não é completamente metabolizado e transformado em aminoácidos e proteínas. São várias as causas de acumulação, mas há duas que têm a maior importância - a luz e o teor de azoto solúvel no solo, este dependente principalmente da adubação. A intensidade luminosa e o número de horas de sol têm mais influência no inverno. Já a adubação azotada tem maior importância na época do ano em que há mais sol. No que diz respeito à luz, convém lembrar que a estufa de plástico faz diminuir a luz que atinge a planta em cerca de 40%, o que agrava a influência deste factor no inverno.

O excesso de nitratos pode ter consequências negativas para a saúde (falta de oxigénio no sangue e doenças cancerígenas), pelo que a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceu as doses máximas de ingestão diária para adultos em nitratos e nitritos, em miligramas por quilo de peso corporal (para as crianças com menos de 3 anos os valores são mais baixos):

- nitratos (NO₃⁻): 3.65 mg/Kg;
- nitritos (NO₂⁻): 0.13 mg/Kg.

O teor máximo de nitratos nos alimentos não está definido legalmente na União Europeia, excepto para alface e espinafre, que são os indicados no **quadro 8** (Regulamento CE n.º 466/2001).

Quadro 8 – Teores máximos de nitratos em alfaces e espinafres

Produto	teor máximo de NO ₃ (mg/Kg)	Método de colheita de amostras
Alface fresca (<i>Lactuca sativa</i>) de estufa ou ar livre	1) Colhidas de 1/10 a 31/03 2) De ar livre colhidas de 1/05 a 31/08 3) Directiva	1) 4500 2) 3500 3) 2500
	79/700/CEE	
Espinafres frescos (<i>Spinacea oleraceae</i>)	1) Colhidas de 1/11 a 31/03 2) Directiva 79/700/CEE	1) 3000 2) 2500
Espinafres conservados, ultracongelados ou congelados		2000
		Directiva 79/700/CEE

4. O cálculo da fertilização azotada em horticultura biológica

Para estimar a quantidade e o tipo de fertilizante a aplicar para uma cultura (ou para várias culturas em rotação), é necessário conhecer as necessidades da cultura e a capacidade do solo em fornecer nutrientes, em especial o azoto.

A adubação orgânica procura responder principalmente às necessidades da cultura em azoto, o nutriente cuja falta é mais frequente, principalmente em solos pobres em matéria orgânica - a reserva de azoto no solo. É preciso também conhecer o comportamento dos fertilizantes no solo enquanto fornecedores de nutrientes.

4.1. O azoto do solo e da água de rega

4.1.1. O azoto do solo

O azoto encontra-se no solo principalmente na forma orgânica, não solúvel, fazendo parte do húmus ou matéria orgânica do solo. O teor de azoto no húmus é variável mas o valor médio mais comum é de 4%. Esse azoto do húmus vai ficando disponível para a planta à medida que este se vai mineralizando. Isso acontece lentamente a um ritmo que depende principalmente do tipo de solo e das práticas culturais em sequeiro ou regadio.

As taxas anuais de mineralização (K_2) variam entre 0,4% (solo muito calcário) e 2,5% (solo arenoso). Esses valores devem ser multiplicados por 1,5 no caso de regadio.

O azoto mineralizado e libertado para a cultura durante um certo intervalo de tempo pode ser calculado com base na quantidade de matéria orgânica mineralizada, valor que se multiplica pelo teor médio de azoto no húmus atrás indicado (4%). Para o período de um ano a quantidade média de azoto mineralizado no solo para diferentes casos é indicada no **quadro 9**.

Quadro 9 – Quantidade de azoto que o solo pode libertar a partir da matéria orgânica humificada (ou húmus), considerando diferentes teores de matéria orgânica e dois tipos de solo - solo argilo-limoso ou argilo-arenoso (densidade aparente de 1,3, taxa de mineralização anual K_2 de 1,2% em sequeiro) e solo arenoso (densidade aparente de 1,5, taxa de mineralização anual de 2,5% em sequeiro). Consideram-se as situações de sequeiro e regadio e um teor médio de azoto no húmus de 4%.

Matéria Orgânica %	Azoto mineralizado anualmente a partir da matéria orgânica do solo e disponível para as culturas (Kg/ha/ano)			
	Solo argilo-limoso ou argilo-arenoso		Solo arenoso	
	sequeiro ($K_2=1,2\%$)	regadio ($K_2 \times 1,5$)	sequeiro ($K_2=2,5\%$)	regadio ($K_2 \times 1,5$)
1	19*	28**	45	67
2	38	56	90	135
3	56	84	135	202
4	75	113	180	270

Forma de cálculo:

* 10000 m^2 (1 ha) \times 0,3 m (profundidade do solo até 30 cm) \times 1,3 (densidade aparente) \times 0,01 (1% de matéria orgânica) \times 0,012 (1,2% de mineralização anual) \times 0,04 (4% de azoto na matéria orgânica do solo) \times 1000 (para converter toneladas em quilos) = 19 Kg/ha/ano de azoto
** $19 \times 1,5$ (factor de multiplicação da mineralização anual em regadio) = 28,5 Kg/ha/ano

É conveniente ter em conta que ao longo do ano o azoto está mais disponível nas épocas mais quentes (desde que o solo tenha água suficiente para a actividade dos microorganismos e das plantas) e menos nas épocas mais frias.

4.1.2. O azoto da água de rega

Em muitos casos o teor de nitratos na água de rega atinge níveis suficientemente altos para terem muita importância como fonte de azoto em regadio. Por isso esses teores devem ser considerados no cálculo da adubação das culturas (Ferreira, 2002).

Em agricultura biológica água com muitos nitratos corresponde a uma adubação química. A legislação relativa a este modo de produção é omissa em relação a este ponto. Para evitar problemas de nitratos no legumes "biológicos" de regadio, o teor de nitratos na água de rega não deve ultrapassar 50 mg/l, valor máximo para água de consumo humano. Esse valor corresponde a uma adubação azotada baixa, mas que pode ser mais substancial para maiores dotações de rega, como se exemplifica de seguida.

nitratos - NO_3 (mg/l) = (g/m ³)	azoto - N (*)			
	(g/1000 l)	(Kg/1000 m ³)	(Kg/3000 m ³)	(Kg/7000 m ³)
50	12	12	36	84

Notas:

* Factor de conversão de nitrato para azoto: 0,226

Na prática deve proceder-se à análise da água e ao cálculo do azoto fornecido à cultura, multiplicando o teor de nitratos pelo factor de conversão indicado e pelo volume de água aplicado normalmente na rega da cultura em causa.

4.2 O azoto dos resíduos das culturas

Algumas culturas hortícolas deixam uma quantidade de resíduos que é uma fonte importante de nutrientes – é o caso da couve-flor e do bróculo, em que ficam as folhas. Já a alface e os legumes de folha em geral, deixam menos, pois a maioria das folhas é consumida.

Como exemplo são indicadas no **quadro 10** (Lichtenhahn & Berge, 1998) as percentagens das necessidades em azoto, fósforo e potássio de três culturas hortícolas, cobertas pelos resíduos das culturas de alface e couve-flor. Como se pode ver são valores substanciais a ter em conta.

4.3. O azoto dos adubos verdes

As quantidades de azoto que o adubo verde fornece à cultura seguinte é muito variável. Essas quantidades de azoto dependem da quantidade de matéria verde produzida, do seu teor em azoto,

e da velocidade de mineralização desse azoto no solo, com a decomposição da planta enterrada ou deixada à superfície. Na prática, para se ter uma ideia mais precisa do azoto disponível na parte aérea do adubo verde, pode proceder-se do seguinte modo:

- 1) cortar e pesar as plantas de 1m²;
- 2) repetir o trabalho indicado em 1) em 5 locais diferentes e pesar;
- 3) calcular o peso médio por m², dividindo o peso total por 5;
- 4) multiplicar esse peso pelo factor indicado no quadro 11, para a espécie em causa.

Quadro 10 – Nutrientes fornecidos às culturas hortícolas por resíduos doutras hortícolas – percentagem das necessidades da cultura seguinte

Cultura seguinte	Alface			Couve-flor		
	N	P	K	N	P	K
Alface	40	50	45	100	75	85
Couve-flor	20	35	30	45	50	55
Cenoura	35	35	23	80	50	45

Quadro 11 – Factor de multiplicação para o cálculo da quantidade de azoto no adubo verde (parte aérea) por hectare

Planta	Factor de multiplicação
Ervilhaca vulgar (<i>Vicia sativa</i>)	65
Ervilhaca de cachos (<i>Vicia villosa</i>)	80
Luzerna (<i>Medicago sativa</i>)	80
Anafa (<i>Medicago segetalis</i>)	60
Ervilha forrageira (<i>Pisum sativum ssp. arvense</i>)	65
Trevo encarnado (<i>Trifolium incarnatum</i>)	50
Tremoço de folha estreita (<i>Lupinus angustifolius</i>)	65
Tremoço branco (<i>Lupinus albus</i>)	80
Centeio (<i>Secale cereale</i>)	35
Cevada (<i>Hordeum vulgare</i>)	35
Azevém anual (<i>Lolium multiflorum italicum</i>)	30
Mostarda (<i>Sinapis alba</i>)	80

Exemplo: ervilhaca vulgar

- 1) Produção de 1 m² (média de 5 amostras): 2,5 Kg
- 2) Quantidade de azoto por hectare: $2,5 \times 65 = 162,5$ Kg/ha

Quanto à libertação de azoto para a cultura seguinte, ela é mais rápida no caso das leguminosas por terem uma relação carbono/azoto (C/N) mais baixa. A partir da segunda semana após o enterramento, começa uma rápida libertação de azoto na forma de nitratos, principalmente se o teor de azoto for superior a 2,5% (na matéria seca) e a relação C/N for menor que 25, o que acontece geralmente em todas as leguminosas. A libertação do azoto é gradual mas não está bem estudada para as diferentes plantas em diferentes situações. Um ensaio efectuado no sul de França, iniciado no final de Abril, para a ervilhaca enterrada antes da floração, mostra a libertação de azoto nítrico ao longo do tempo, em percentagem da quantidade presente no adubo verde na parte aérea e na raiz que foi possível recolher (**quadro 12**). Nesse ensaio foi também estudada a libertação de azoto a partir de trigo enterrado como adubo verde no início do encanamento na mesma época e terreno. Os resultados são semelhantes provavelmente por se tratar de trigo ainda muito tenro. Note-se que o azoto da ervilhaca foi obtido em grande parte pela fixação biológica (rizóbio) e o do trigo foi retirado do solo.

Quadro 12 – Percentagem (%) do azoto contido no adubo verde, que se transforma em nitratos ao longo do tempo, após o enterramento feito a 23/4/87 (Cawel et al., 1989).

Adubo verde	2 semanas	6 semanas	3 meses	6 meses	8 meses	1,6 anos
Ervilhaca / terra arenosa	0	11	30	47	49	56
Ervilhaca / franco-argilo-arenosa	0	12	28	44	47	54
Trigo / terra arenosa	0	7	28	47	49	66
Trigo / Franco-argilo-arenosa	0	11	28	50	53	68

Nas condições do ensaio pode concluir-se que uma cultura feita a seguir à sideração, com um ciclo de 3 meses, aproveita cerca de 30% do azoto do adubo verde. No exemplo da ervilhaca do exercício anterior, em terra arenosa, a cultura seguinte poderia absorver cerca de 49 Kg de azoto do adubo verde (162,5 Kg x 30%).

4.4. O azoto dos fertilizantes orgânicos

Os fertilizantes orgânicos fornecem azoto às culturas, mas esse fornecimento é muito variável. Depende principalmente da velocidade de mineralização no solo do fertilizante, tal como foi já indicado atrás (2.3). Essa velocidade depende por sua vez da relação carbono / azoto, do teor de azoto total e das formas em que esse azoto se encontra (azoto orgânico e azoto mineral - nítrico e amoniacal). Os **quadros 4 e 5** contêm dados úteis para que se saiba qual o azoto que a cultura vai aproveitar do fertilizante orgânico aplicado. Desses quadros segue-se o exemplo que mais se aproxime do produto realmente aplicado. Em geral os adubos orgânicos libertam o azoto mais depressa que os correctivos, principalmente pelo facto de conterem mais azoto e menos carbono.

4.5. Cálculo de fertilização azotada

O cálculo da fertilização azotada deve ser precedido do cálculo do balanço húmico ou da matéria orgânica do solo. Este serve principalmente para saber-mos qual a quantidade de correctivo orgânico a aplicar para manter o teor de matéria orgânica deste ao mesmo nível e assim garantir-mos a manutenção da fertilidade do solo. Essa quantidade mínima de correctivo a aplicar vai também fornecer nutrientes à cultura e assim entrar depois no cálculo da fertilização azotada.

4.5.1. O balanço húmico

O balanço húmico é o saldo entre as perdas anuais de matéria orgânica do solo (que ocorrem devido a respectiva mineralização) e os eventuais ganhos que resultem dos resíduos das culturas que fiquem no terreno. No caso das culturas hortícolas, os resíduos são de rápida mineralização, pelo que só cerca de 10% se transforma em húmus. Assim, para efeitos de cálculo, para a maioria das

culturas hortícolas não contamos com esses ganhos, pelo que nos basta calcular as perdas. Estas dependem principalmente do teor de matéria orgânica do solo e da sua taxa de mineralização, o que varia com o tipo de solo (**quadro 13**). Em regadio a mineralização é cerca de 50% superior, pelo que multiplicamos os valores de K2 do quadro 13 por 1,5.

Quadro 13 – Taxa de mineralização da matéria orgânica em diferentes tipos de solo, em sequeiro, e densidade aparente dos mesmos

Tipo de solo	Taxa de mineralização K2 (%)	Densidade aparente – Dap
Arenoso	2.5	1.5
Franco-arenoso	2.0	1.4
Franco	1.8	1.3
Limoso	1.5	1.3
Argilo-arenoso e argilo-limoso	1.2	1.2
Argiloso	1.0	1.1
Calcáreo	0.4	Variável

Por exemplo, para um solo arenoso, com 2% de matéria orgânica, em regadio, as perdas anuais de matéria orgânica por hectare e por ano até uma profundidade de 30 cm, são as seguintes:

$$10000m^2 \times 0.3m \times 1.5 \times 2\%(MO) \times 2.5\%(K2) \times 1.5 \text{ (regadio)} = 10000 \times 0.3 \times 1.5 \times 0.02 \times 0.025 \times 1.5 = 3.375 t = 3375 \text{ Kg húmus/ha/ano}$$

Para compensar essas perdas precisamos de aplicar uma quantidade de correctivo orgânico que depende do seu teor em matéria orgânica (MO) e do seu coeficiente de humificação (K1),

ou seja, a parte que se transforma em húmus após a aplicação ao solo. Um bom correctivo orgânico comercial, obtido por compostagem e secagem posterior, com os sem granulação, pode ter um teor de MO de 70% e um K1 de 50%. No exemplo apresentado seriam necessários 9642 Kg/ha/ano para compensar as perdas ($3375 \text{ Kg} / 0.7 / 0.5$), valor que podemos arredondar para 9600 Kg.

4.5.2. O balanço do azoto

O balanço do azoto deve ser feito para o ano agrícola completo, o que pode abranger entre uma a três culturas hortícolas, habitualmente duas. Esse balanço é necessário para um cálculo mais correcto da quantidade de correctivo e, se necessário, de adubo orgânico a aplicar. A título de exemplo apresenta-se o balanço do azoto para duas culturas hortícolas em sucessão (no mesmo terreno e no mesmo ano agrícola) - alface de Primavera, seguida de couve-flor. O solo é arenoso e tem 2% de matéria orgânica (quadro 14)

A água de rega tem neste exemplo um baixo teor de nitratos, não considerado. Caso esse teor seja superior a 50 mg/litro, deve ser contabilizado.

Quadro 14 – Balanço do azoto para alface e couve-flor, em sucessão no mesmo ano

Cultura e fontes de azoto	Azoto (Kg/ha)	
	Necessidades da cultura (1)	Azoto disponível para a cultura
Cultura 1 – alface (ar livre / 9 meses)	100	–
Azoto do solo (2)	–	14
Azoto dos resíduos da cultura anterior (3)	–	–
Azoto do adubo verde (4)	–	48
Azoto do correctivo orgânico aplicado com base no balanço húmico (5)	–	21
Saldo 1 (azoto em falta para a alface)	17	–
Azoto do adubo orgânico aplicado para compensar o saldo anterior (6)	–	17
Cultura 2 – couve-flor (ar livre / 4 meses)	200	–
Azoto do solo (7)	–	19
Azoto dos resíduos da cultura anterior (8)	–	40
Azoto do adubo verde (9)	–	0
Azoto do correctivo orgânico aplicado com base no balanço húmico, na alface (10)	–	28
Azoto do adubo orgânico aplicado na alface (11)	–	23
Saldo 2 (azoto em falta para a couve)	90	–
Azoto do adubo orgânico aplicado em complemento (12)	–	90

Notas:

(1) quadro 2

(2) quadro 9 – solo com 2% de MO em regadio: $56\text{Kg} \times 3 / 12 \text{meses} = 14\text{Kg} / 3 \text{meses}$

(3) cultura anterior substituída por adubo verde

(4) quadros 11 e 12 – ervilhaca: $2,5\text{Kg} \times 65 \times 30\% = 48,7\text{Kg} / \text{ha} / 3 \text{meses}$

(5) balanço húmico – aplicação de 9600Kg de correctivo com 2% de azoto e do tipo "composto com 3 meses de estrume de vaca" (quadro 4):

$9600\text{Kg} \times 2\% \text{ N} \times 29\% \text{ de } 3 \text{ sobre } 8 \text{ meses} (9660 \times 0.02 \times 0.29 \times 3 / 8 = 21 \text{ Kg de N})$

(6) adubo orgânico do tipo "guano de aves marinhas" com 6% de azoto e 90% de mineralização em 8 meses (quadro 5): $17\text{Kg} / 0.06 / 0.90 / (3/8) = 840 \text{ Kg/ha}$, de adubo

(7) quadro 9 – solo com 2% de MO em regadio: $56\text{Kg} \times 4 / 12 \text{meses} = 19\text{Kg} / 4 \text{meses}$

(8) quadro 10 – os resíduos da cultura anterior (alface) fornecem cerca de 20% do azoto necessário à couve-flor ($20\% \times 200\text{Kg} = 40\text{Kg}$)

(9) como há cultura precedente (alface) não há adubo verde

(10) neste caso, como a couve-flor é feita no mesmo ano da alface, o correctivo orgânico aqui considerado é aquele que já foi aplicado na alface, ou seja 9600 Kg, que continuam a libertar azoto mais ou menos no mesmo ritmo, mas durante 4 meses: $9600\text{Kg} \times 2\% \text{ de N} \times 29\% \text{ de } 4 \text{ em } 8 \text{ meses} (quadro 4) = 28 \text{ Kg/ha} / 4 \text{ meses}$

(11) os 840 Kg de adubo orgânico aplicado na alface continuam a mineralizar-se e libertar azoto para a cultura seguinte, mais ou menos ao mesmo ritmo: $840\text{Kg} \times 6\% \text{ N} \times 90\% (mineralização em 8 meses) \times 4 / 8 \text{ meses} = 23\text{Kg} / \text{ha} / 4 \text{ meses}$

(12) utilizando o mesmo adubo orgânico considerado atrás, para fornecer 90 Kg de azoto em 4 meses seria necessária a seguinte dose: $90\text{Kg} / 0.06 / 0.90 / (4/8) = 3333\text{Kg/ha}$, parte do qual ficará para a cultura seguinte e que deverá ser considerado para efeitos de cálculo de adubação

Com base no balanço do azoto para as culturas e solo em causa, chegamos às doses de correctivo e adubo orgânicos indicados no quadro 15 necessárias para o solo e a cultura e às quantidades de azoto disponível e total também aí referidas.

O azoto disponível para as culturas

Quadro 15 – Correctivos e adubos orgânicos a aplicar (para além dos resíduos de cultura e do adubo verde) durante um ano nas culturas de alface e couve-flor em sucessão

Fertilizante / cultura	Quantidade de fertilizante (Kg/ha)	Azoto do fertilizante (Kg/ha)	
		Azoto disponível	Azoto total
Alface			
- correctivo orgânico A	9600	21	192
- adubo orgânico B	840	17	50
Couve-flor			
- correctivo orgânico A	0	28	0
- adubo orgânico B	0	23	0
- adubo orgânico C	3333	90	200
Total	–	179	442

durante o período em que ocupam o solo (cerca de 7 meses) é de aproximadamente 40% do azoto total. Os restantes 60% repartem-se pelo solo (húmus) e pela cultura seguinte, pelo que as perdas de azoto serão reduzidas desde que o terreno esteja sempre ocupado por plantas, sejam culturas ou adubos verdes.

Em agricultura biológica o cálculo da fertilização não deve ter em conta apenas uma cultura mas o conjunto das culturas da rotação que se sucedem no mesmo terreno ao longo do tempo. O mesmo pode ser feito para o balanço húmico. Para aferir da aproximação à realidade destes cálculos teóricos, devem ser efectuadas análises, principalmente à matéria orgânica do solo (para aferir o balanço húmico) e aos teor de azoto total e nitratos no solo e na cultura (para aferir o balanço do azoto).

Conclusões

A fertilização orgânica de culturas hortícolas em agricultura biológica requer geralmente a aplicação de fertilizantes orgânicos, quer correctivos quer adubos. Nos legumes de folha o risco de acumulação excessiva de nitratos existe, mesmo que a fertilização seja exclusivamente orgânica e em conformidade com as regras do modo de produção biológico. Esse risco é maior nas culturas de estufa feitas no período de Setembro a Março, em que há menos horas de luz.

Para reduzir o risco de acumulação de nitratos, deve fazer-se um cálculo de fertilização que deve começar pelo balanço húmico, seguido pelo balanço azotado, não só referente a uma dada cultura mas ao conjunto das culturas da rotação ou, pelo menos, ao conjunto das culturas que forem cultivadas durante um ano agrícola na parcela em causa.

A não realização destes balanços e cálculos de fertilização pode levar a adubações feitas às cegas, insuficientes ou excessivas e, neste último caso, com o conseqüente excesso de nitratos na planta e eventuais contaminações das águas subterrâneas.

Bibliografia

- CASTELLANOS, J. Z. & PRATT, P. F. (1981). Nitrogen availability in animal manures and crop yields. *Agrochimica*, 25 (5-6) : 443-450
- CAWEL, B. et al (1989). Introduction des engrais verts en culture maraichère et viticulture. Synthèse des essais 1986 à 1988. GRAB, Cavaillon, 46 pp.
- FERREIRA, J. (2002). Rega e qualidade da água. In "Manual de Agricultura Biológica – Fertilização e protecção das plantas para uma agricultura sustentável" (2ª ed.) pp: 202-210, Agrobio, Lisboa.
- FERREIRA, J. (2003). Guia de factores de produção para a agricultura biológica 2003/2004. AGRO-SANUS, Lisboa, 26 pp.
- LECLERC, B. (1989). Cinétiques de minéralisation de l'azote des fertilizants organiques et teneurs en nitrates chez *Lactuca sativa* et *Daucus carota*. Thèse de Doctorat, ENSA, Toulouse, 237 pp.
- LICHTENHAHN, M. & BERGE, P. (1998). La fumure des cultures maraichères biologiques. FIBL/SRVA, Frick, 8 pp.



Financiado no âmbito da medida 8.1 do Programa Agro

