

O Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente

IFA International Fertilizer Industry Association

UNEP United Nations Environment Programme

Tradução: ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos



INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY
ASSOCIATION
28, RUE MARBEUF
75008 PARIS - FRANCE

TEL.: +33 153 930 500
FAX: +33 153 930 547
EMAIL: ifa@fertilizer.org
<http://www.fertilizer.org>



UNEP

UNITED NATIONS ENVIRONMENT
PROGRAMME
39-43, QUAI ANDRE CITROËN
75739 PARIS CEDEX 15 - FRANCE

TEL.: +33 144 371 450
FAX: +33 144 371 474
EMAIL: unep.tie@unep.fr
<http://www.uneptie.org>

Dados do original em inglês:

Mineral Fertilizer Use and the Environment
by K. F. Isherwood
International Fertilizer Industry Association
Revised Edition. Paris, February 2000.

The help of Mr. A. E. (Johnny) Johnston, IACR-Rothamsted, U. K., in reviewing and correcting the text is gratefully acknowledged.

Copyright. 1998 IFA. All rights reserved
ISBN: 2-9506299-3-8

The text of the document is available on IFA's Internet site.

Further copies can be obtained from:

IFA
28, rue Marbeuf
75008 Paris, France
TEL: +33 153 930 500
FAX: +33 153 930 545 /546 /547
EMAIL: publications@fertilizer.org
Web: <http://www.fertilizer.org>

Printed in France
Layout: Claudine Aholou-Pütz, IFA

CONTEÚDO

Apresentação	5
Prefácio da Edição Original	7
Prefácio	9
1. Uma introdução aos fertilizantes minerais	11
1.1. O que são os fertilizantes	11
1.2. Onde são usados os fertilizantes?	11
1.3. Onde os fertilizantes são produzidos	13
2. O que aconteceria se?	14
3. A demanda por fertilizantes minerais	16
3.1. A demanda futura por produtos agrícolas	16
4. Aspectos econômicos	18
5. Solos	19
5.1. Esgotamento de nutrientes	19
5.2. O impacto dos fertilizantes na estrutura do solo	20
5.3. Acidificação do solo	20
5.4. Erosão	21
6. Substâncias tóxicas	22
7. Água	23
7.1. Água potável	23
7.2. Águas de superfície	24
7.3. Potássio	25
8. Ar	26
8.1. Amônia	26
8.2. Gases de efeito estufa	26

9. Perdas e eficiência de nutrientes	28
9.1. Nitrogênio	28
9.2. Fosfato e potassa	30
9.3. Produtos	30
9.4. O uso eficiente de fertilizantes	32
9.5. Fertirrigação	33
9.6. Adubação balanceada	33
9.7. Aplicações de fertilizantes específicas por local	33
10. Sistemas integrados	35
10.1. Agricultura integrada	35
10.2. Planejamento de uso da terra	35
10.3. “Ferti-Mieux”	36
10.4. Sistemas integrados de nutrição de plantas (SINP)	36
10.5. Plantas leguminosas como fonte de N	37
11. Balanço de nutrientes	39
12. Saúde	40
12.1. Saúde humana	40
12.2. Saúde das plantas	42
13. Biodiversidade	42
14. Materiais orgânicos	45
14.1. Regiões de clima frio e temperado	45
14.2. Regiões de clima tropical e subtropical	46
14.3. Compostos	47
15. Recursos	48
15.1. Disponibilidade de recursos	48
15.2. Reciclagem	50
16. Substituição de terra	52
17. Parceiros para o uso sustentável de fertilizantes em termos ambientais	54
Referências selecionadas	56
Sobre a IFA, UNEP e ANDA	61

APRESENTAÇÃO

A agricultura, em conjunto com outros elementos tais como água, energia, saúde e biodiversidade, tem uma função de grande relevância na conquista do Desenvolvimento Sustentado. A indústria de fertilizantes, por sua vez, tem desempenhado, por mais de 150 anos, um papel fundamental no desenvolvimento da agricultura e no atendimento das necessidades nutricionais de uma população continuamente crescente. De fato, basta mencionar que, em geral, os fertilizantes são responsáveis por cerca de um terço da produção agrícola, sendo que em alguns países os fertilizantes chegam a ser responsáveis por até cinquenta por cento das respectivas produções nacionais.

Os fertilizantes promovem o aumento de produtividade agrícola, protegendo e preservando milhares de hectares de florestas e matas nativas, assim como a fauna e a flora. Sendo assim, o uso adequado de fertilizantes se tornou ferramenta indispensável na luta mundial de combate à fome e subnutrição.

A indústria de fertilizantes está consciente de suas responsabilidades sociais e ambientais relacionadas à produção e ao uso adequado de seus produtos. A indústria de fertilizantes, por meio de sua entidade representativa *International Fertilizer Industry Association* (“IFA”), trabalha continuamente na busca do aprimoramento da eficiência do uso dos nutrientes das plantas com estudos que indiquem as melhores práticas possíveis de adubação, a fim de beneficiar os agricultores com o aumento de produtividade, a melhoria da qualidade de alimentos e a preservação do meio ambiente.

A IFA é a associação internacional de indústrias de fertilizantes que inclui

aproximadamente 450 empresas, representando mais de 80 países, sendo que aproximadamente metade destas empresas está baseada em países em desenvolvimento. A IFA desenvolve trabalhos de publicações e divulgação de informações em diversos países para promover ativamente o uso e a produção dos nutrientes das plantas de forma eficiente e responsável, a fim de manter e incrementar a produção agrícola mundial de maneira sustentável.

A IFA tem parcerias efetivas com importantes organizações internacionais, tais como: Banco Mundial, Organização de Alimentos e Agricultura (FAO), Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP) e outras agências da Organização das Nações Unidas. O presente trabalho é mais um exemplo da estreita cooperação de nossa entidade com a UNEP.

Sendo assim, é com orgulho e satisfação que apresentamos esse trabalho que, originalmente preparado por K. F. Isherwood, foi agora devidamente traduzido e adaptado às condições brasileiras pelos Professores Alfredo Scheid Lopes e Luiz Roberto Guimarães Guilherme. Acreditamos fortemente que a publicação desse precioso material será de grande valia para todos aqueles que se preocupam não apenas com o uso eficiente e sustentável dos fertilizantes minerais mas também com questões como segurança alimentar, saúde e preservação do meio ambiente que são tão relevantes nos dias de hoje. Finalmente, cumpre ressaltar que o presente trabalho é fruto da estreita parceria existente entre a IFA e a indústria brasileira de fertilizantes, por meio de seus associados e da ANDA.

Wladimir Antonio Puggina
International Fertilizer Industry Association
Presidente

PREFÁCIO DA EDIÇÃO ORIGINAL

Este documento tem por finalidade apresentar, de um lado, um ponto de vista equilibrado sobre os benefícios do uso de fertilizantes minerais e, por outro lado, os riscos ambientais envolvidos. Não pretende ser um documento científico, mas tem por objetivo ser tecnicamente correto.

O capítulo 14 da Agenda 21, ratificado na UNCED, “ECO 92”, realizada no Rio de Janeiro em 1992, afirma que *“A capacidade do mundo para alimentar a crescente população é incerta...a agricultura tem que atender o desafio, aumentando principalmente a produção de alimentos nas terras já em uso, e evitando a utilização de terras que são somente marginalmente adequadas para o cultivo”*.

Essa revisão apresenta evidências que suportam o ponto de vista segundo o qual o uso de fertilizantes minerais é uma condição necessária para que esses objetivos sejam atingidos. Seu uso é necessário, mas eles têm um impacto no solo, água, planta e saúde humana.

Todas as atividades humanas afetam o meio ambiente natural, seja adversamente ou de modo benéfico; e o que é adverso ou benéfico pode depender do ponto de vista de cada um. A sustentabilidade de longo prazo de quaisquer sistemas requer análises complicadas entre os ganhos e as perdas. Quase sempre existem

maneiras de minimizar as perdas enquanto os benefícios são mantidos. O uso de fertilizantes não é uma exceção, mas tanto quem estabelece as políticas quanto o agricultor deve ter o conhecimento necessário para tal. Os agricultores devem saber como usar de modo eficiente os fertilizantes sob circunstâncias particulares. A maioria dos efeitos adversos do uso de fertilizantes resulta do uso inadequado pelos agricultores.

Essa revisão enfatiza a importância do uso eficiente de fertilizantes minerais. O uso ineficiente não somente aumenta o seu impacto ambiental negativo, o que é desnecessário, mas também representa um grande desperdício dos recursos naturais e uma substancial perda econômica.

Aumentar a eficiência do uso de fertilizantes é um grande desafio. Existe também espaço para melhoria dos produtos, mas os maiores ganhos a médio prazo poderiam ser obtidos pelo melhoramento das formas pelas quais os fertilizantes disponíveis atualmente são utilizados. Muitas técnicas para que isso seja alcançado são conhecidas, mas geralmente elas não são postas em prática. Levar as informações sobre técnicas corretas aos agricultores e persuadí-los para que as adotem é uma tarefa difícil. Da população global de 5,7 bilhões em 1995, a população rural atinge 2,6 bilhões.

Jacqueline Aloisi de Larderel

Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia da
UNEP
Diretora

Luc M. Maene

IFA International Fertilizer Industry Association
Diretor Geral

PREFÁCIO

O Brasil é um dos poucos países do mundo com enorme potencial para aumentar a sua produção agrícola, seja pelo aumento de produtividade, seja pela expansão da área plantada. Com isto, estará contribuindo, não somente para uma maior oferta de alimentos no contexto mundial, mas, também, para atender a crescente demanda interna de sua população.

Tanto para o aumento da produtividade das culturas como para a expansão da fronteira agrícola no Brasil, o papel positivo dos fertilizantes minerais tem sido comprovado cientificamente pelos centros de pesquisa, universidades, empresas públicas e privadas e pelos próprios agricultores. O uso eficiente de fertilizantes minerais é o fator que, isoladamente, mais contribui para o aumento da produtividade agrícola.

A ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos, vem, por muitos anos, desenvolvendo grande esforço para orientar estudantes, técnicos e agricultores sobre a importância do uso eficiente de fertilizantes e corretivos, como forma de ampliar a produção agrícola, respeitando o meio ambiente.

A presente publicação foi traduzida do trabalho original em inglês “Mineral Fertilizer Use and the Environment”, de autoria de K. F. Isherwood, publicado sob a chancela da IFA International Fertilizer Industry Association e da UNEP Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. A versão para o português foi feita por Alfredo Scheid Lopes e Luiz Roberto Guimarães Guilherme, Professores da UFLA Universidade Federal de Lavras.

O objetivo desta publicação é oferecer aos leitores brasileiros uma orientação do que fazer para aumentar a eficiência da adubação, reduzir as perdas deste insumo para o meio ambiente e minimizar seu possível impacto ambiental. Esclarece, ainda, como que o aumento da produtividade na agricultura, via utilização de técnicas de manejo sustentáveis, se constitui em um forte instrumento de preservação ambiental, diminuindo as pressões de desmatamento em áreas muitas vezes não vocacionadas para agricultura intensiva.

As notas de rodapé dos tradutores procuraram, através de exemplos para a situação específica do Brasil, tornar o trabalho mais informativo para os leitores brasileiros.

Mario A. Barbosa Neto

ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos
Presidente

1 - UMA INTRODUÇÃO AOS FERTILIZANTES

1.1. O que são os fertilizantes

Fertilizantes minerais são materiais, naturais ou manufaturados, que contêm nutrientes essenciais para o crescimento normal e o desenvolvimento das plantas. Nutrientes de plantas são alimentos para as espécies vegetais, algumas das quais são utilizadas diretamente por seres humanos como alimentos, outras para alimentar animais, suprir fibras naturais e produzir madeira. O homem e todos os animais dependem totalmente das plantas para viver e reproduzir. A percepção pública sobre fertilizantes minerais geralmente não leva em conta esses simples fatos.

Três dos nutrientes têm que ser aplicados em grandes quantidades: nitrogênio, fósforo e potássio. Enxofre, cálcio e magnésio também são necessários em quantidades substanciais. Esses nutrientes são constituintes de muitos componentes das plantas, tais como proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, e são essenciais para processos tais como transferências de energia, manutenção da pressão interna e ação enzimática. Sete¹ outros elementos são necessários em quantidades pequenas e são conhecidos como “micronutrientes”. Mais cinco elementos² são requeridos por certas plantas. Esses elementos têm uma grande variedade de funções essenciais no metabolismo das plantas. Os metais são constituintes de enzimas que controlam diferentes processos nas plantas. A deficiência de qualquer um desses nutrientes pode comprometer o desenvolvimento das plantas.

Fertilizantes minerais compreendem elementos que ocorrem naturalmente e que são essenciais para a vida. Eles dão a vida e não são biocidas. Fertilizantes são usados para:

- Suplementar a disponibilidade natural do solo com a finalidade de satisfazer a demanda de culturas que apresentam um alto potencial de

produtividade e de levar a produções economicamente viáveis;

- Compensar a perda de nutrientes decorrentes da remoção da culturas, por lixiviação ou perdas gasosas;
- Melhorar as condições não favoráveis ou manter boas condições do solo para produção das culturas.

A existência de uma relação estreita entre taxas de consumo de fertilizantes e produtividade agrícola tem sido, sem sombra de dúvida, estabelecida. Entre os vários insumos agrícolas, os fertilizantes, junto com, talvez, a água, são os que mais contribuem para o aumento da produção agrícola.

Nesta publicação, o termo fertilizante “mineral” é usado no lugar de termos tais como fertilizantes “químicos”, “artificiais” ou “sintéticos”. À exceção dos nitrogenados, os demais fertilizantes são, na verdade, minerais mais ou menos purificados. No caso do nitrogênio, aproximadamente 99% do suprimento total são produzidos da amônia, que é fabricada fazendo reagir o abundante nitrogênio atmosférico com o hidrogênio.

1.2. Onde são usados os fertilizantes?

O uso de fertilizantes como uma prática agrícola regular começou, na maioria dos países da Europa, da metade para o final do século dezenove, mas aumentos sensíveis do consumo nesses países ocorreram nas três décadas após a 2ª Guerra Mundial. O aumento de consumo nos países em desenvolvimento começou nos anos sessenta.

Em 1960, 87% do consumo mundial de fertilizantes ocorreram nos países desenvolvidos, incluindo a União Soviética e os países da Europa

¹ Os micronutrientes que são requeridos em menores quantidades que os macronutrientes primários e secundários são boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

² Os outros cinco elementos que são requeridos por certas plantas são sódio (Na), silício (Si), níquel (Ni), selênio (Se) e cobalto (Co).

Central. De 1980 a 1990 o consumo tendeu a se estabilizar nessas regiões, menos na União Soviética, onde continuou aumentando até 1988. O crescimento populacional tinha sido nivelado, quase todos estavam alimentados de maneira adequada, a exportação mundial de produtos agrícolas tinha estagnado por causa de problemas econômicos nos países importadores e, em propriedades bem manejadas, o ponto de produtividade máxima econômica das variedades disponíveis tinha sido alcançado.

Entre 1989 e 1994 o consumo de fertilizantes dos países desenvolvidos, de uma maneira geral, caiu de 84 milhões de toneladas de nutrientes em 1988 para 52 milhões em 1994. Essa queda foi mais intensa, cerca de 80% do total, nos antigos países comunistas da Europa Central e da antiga União Soviética. A produção das culturas na região também caiu, mas não na mesma proporção. Isto porque sob um sistema de planejamento centralizado, os fertilizantes foram usados de modo ineficiente e reservas de alguns nutrientes de plantas foram acumuladas no solo, podendo, então, ser exploradas para ajudar a alimentar as culturas.

Nos países em desenvolvimento, até os anos sessenta, os fertilizantes eram aplicados, principalmente, nas culturas industriais, tais como chá, café, dendê, fumo e seringueira, enquanto o uso em outras culturas, principalmente as produtoras de alimentos básicos, era pequeno ou não existente. Mesmo onde os fertilizantes eram aplicados, as doses tinham que ser pequenas em vista das variedades altas tradicionais de cereais cultivadas naquela época. A introdução de variedades de porte baixo, de alta produtividade e responsivas a fertilizantes em meados da década de 60, provocou um tremendo aumento no consumo de fertilizantes aplicados às culturas anuais. Infelizmente, esse desenvolvimento ainda não ocorreu em muitos

países do Sub-Sahara na África, por motivos climáticos e econômicos e também por falta de variedades adequadas.

Desde 1960, o consumo de fertilizantes nos países em desenvolvimento aumentou mais ou menos de forma contínua, e hoje atinge cerca de 60% do consumo mundial, em comparação com 12% em 1960, uma tendência que está continuando. Com sua população aumentando rapidamente, muitos países em desenvolvimento são compelidos a dar alta prioridade à produção agrícola e ao uso de fertilizantes.

Entre 1993/94 e 1997/98, o consumo mundial de nutrientes de fertilizantes aumentou de 120 para 136 milhões de toneladas, com uma taxa média anual de crescimento de 3%. O consumo na China, Sul da Ásia e América Latina aumentou em 10, 5 e 2 milhões de toneladas, respectivamente³. Todavia, em muitos países do Sub-Sahara, na África, a quantidade de fertilizantes não é apenas muito baixa, mas também o que é usado é aplicado, principalmente, em cultivos comerciais em larga escala. As doses de fertilizantes usadas nas culturas alimentícias são particularmente baixas. Existe uma grande variação nas doses aplicadas entre países, como mostrado nos exemplos na tabela seguinte⁴.

Doses médias de aplicação de N + P₂O₅ + K₂O em alguns países (kg de nutrientes por ha)

Trigo	{	França	240
		Rússia	25
Arroz	{	Coréia do Sul	320
		Camboja	4
Milho	{	EUA	257
		Tanzânia	12
Algodão	{	Tadjiquistão	461
		Beni	45

As doses de fertilizantes usadas na Federação Russa caíram de modo considerável desde 1989.

Fonte: Fertilizer Use by Crop. FAO/IFA/IFDC. 1996

³ No Brasil, as estatísticas do aumento no consumo de fertilizantes mostram uma evolução média anual de 6,5%, a partir de 1970 até 2000, passando de 990 mil toneladas para 6.568 mil toneladas de nutrientes. Isso equivale, em termos de aumento de consumo por área, de 27 kg/ha em 1970, para 129 kg/ha em 2000 (Fonte: ANDA, 2001).

⁴ O consumo médio no Brasil, em kg/ha de nutrientes em 1996, para as culturas listadas nessa tabela é de 90 para o trigo, 103 para o arroz, 107 para o milho e 124 para o algodão (Fonte: IFA-IFDC-FAO. Fertilizer use by crops. 4th edition, Rome, 72 p., 1999).

1.3. Onde os fertilizantes são produzidos

O aumento na fabricação de fertilizantes é resultante de uma industrialização global, com as indústrias localizadas perto das fontes de matérias-primas ou em países em desenvolvimento com a expansão do mercado para os produtos. Produção de fertilizantes não é, decididamente, um monopólio do mundo desenvolvido⁵.

1.3.1. Fertilizantes nitrogenados

A energia necessária para a produção de fertilizantes nitrogenados é encontrada em todo o planeta e existe produção em todas as regiões do globo. Entretanto, tem havido uma tendência para aumentar a produção não apenas em locais onde há disponibilidade de gás natural barato, como o Oriente Médio e Caribe, mas também nas principais regiões de consumo, tais como Sul da Ásia e China.

1.3.2. Fosfato

Os principais produtores de rocha fosfática e fertilizantes fosfatados são os E. U. A., a antiga União Soviética, China, África e Oriente Médio. Vários desses são países em desenvolvimento e a indústria de fosfatos dá uma contribuição importante às suas economias.

Durante as duas últimas décadas tem havido uma tendência distinta para o processamento das rochas fosfáticas em países com reservas substanciais desse material⁶, especialmente no Norte da África e E.U.A, mas também no Oriente Médio, Sul e Oeste da África. Tem havido

fechamento de várias fábricas na Europa Oriental, onde a produção de ácido fosfórico e outros produtos caiu cerca de 60% desde 1980, por razões econômicas e ambientais, particularmente pelo problema de onde colocar o gesso, que é um subproduto dessas indústrias.

1.3.3. Potassa

O potássio é produzido em poucos países onde os minérios são localizados. Em 1996, Rússia e Bielo-Rússia respondiam por 23% da produção mundial, Canadá por 35%, Europa Oriental por 23% e Israel e Jordânia por 11%, essas poucas regiões sendo responsáveis por um total de 92% da produção mundial⁷.

⁵ A indústria brasileira de fertilizantes produz, em termos de produtos acabados, cerca de 53% do nitrogênio, 66% do fósforo e 15% do potássio consumido no país. Em termos de matérias-primas, o Brasil importa 18% da amônia, 100% do enxofre, 12% da rocha fosfática e 6% do ácido fosfórico consumido na produção de fertilizantes (Fonte: ANDA, 2001).

⁶ As reservas brasileiras de rochas fosfáticas são, em sua grande maioria, de origem magmática e localizam-se, acintuadamente, no centro do país. As reservas medidas atingem 2.172 milhões de toneladas, com um teor médio de P_2O_5 de 9,21% (Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2000, DNPM).

⁷ As reservas brasileiras de rochas potássicas atingem 1.456 milhões de toneladas, com um teor médio de 18,66% de potássio. Atualmente, existe apenas uma mina em operação em Taquarí-Vassouras, no Sergipe, responsável pela produção anual da ordem 360 mil toneladas de K_2O (Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2000, DNPM).

2 - O QUE ACONTECERIA SE?

O que aconteceria se os fertilizantes minerais não fossem usados?

O efeito imediato de se parar o uso de fertilizantes minerais é que a produção das culturas iria cair a níveis sustentáveis apenas pelo solo e pela relativamente pequena contribuição dos materiais orgânicos⁸; as produtividades iriam cair progressivamente, à medida que as reservas do solo fossem utilizadas, eventualmente atingindo os baixos níveis observados em experimentos de campo de longa duração. Na ausência de fertilizantes, é provável que os sistemas de produção e os métodos de manejo iriam mudar, mas, apesar de todos os esforços, é certo que a estrutura atual e as produções agrícolas não poderiam ser mantidas. Simplesmente haveria quantidade insuficiente de nutrientes de plantas no sistema geral. Os países ricos poderiam possivelmente obter o suficiente, mas não os países pobres, e talvez não os pobres nos países ricos.

Schmitz e Hartmann (1994) estabeleceram modelos para estimar, em termos quantitativos, o efeito da redução de agroquímicos, incluindo nitrogênio, na Alemanha. Eles calcularam que uma redução de 50% na dose de nitrogênio acarretaria uma redução de 22% nas produtividades a curto prazo e 25 a 30% no médio prazo; os lucros da propriedade seriam reduzidos em cerca de 40%, a renda em 12%, a produção total de cereais em 10%, com um impacto substancial nos empregos na agricultura e nas indústrias de processamento de alimentos, diminuição nos produtos agrícolas de exportação, aumento nas importações, e um aumento no preço mundial de cereais de 5%. Com reduções controladas no uso de nitrogênio, poderiam ser obtidos, rapidamente, alguns benefícios ecológicos, mas, com a adoção indiscriminada dessa prática, os ganhos diminuiriam e poderiam mesmo se transformar em perdas, com a

diminuição das áreas florestadas e das áreas alagadas à medida que estas forem postas sob cultivo. Se essa é a posição na Alemanha, qual seria em países menos industrializados?

Na França, em 1850, a produtividade média do trigo era de 1000 kg/ha. Em 1950, atingiu 1600 kg/ha, com um consumo de fertilizantes de 1,1 milhão de toneladas. Em 1973 a produtividade média foi de quase 4500 kg/ha, com um consumo de fertilizantes de 5,8 milhões de toneladas de nutrientes, dos quais 1,8 milhões era de nitrogênio. A produtividade média entre 1994 e 1996 foi de 6772 kg/ha com um consumo de fertilizantes de 4,8 milhões de toneladas de nutrientes, dos quais 2,4 milhões eram de nitrogênio. Na França, tem havido uma correlação estreita entre produção de cereais e fornecimento de nitrogênio. Esse efeito foi possível pelo uso de uma combinação de todos os fatores de produção, espécies e variedades com alto potencial genético, cultivadas em solo bem preparado e protegidas contra pragas e doenças. Variações anuais nas produtividades foram minimizadas e os custos de produção diminuíram. Com as produtividades de 1950 estima-se que a donas de casa gastariam 50% do seus salários com alimentação, comparado com os atuais 20%. A França é hoje o segundo exportador mundial de produtos agrícolas e derivados.

É muitas vezes salutar, quando se prega o fim de algum avanço tecnológico, olhar para trás, para uma época antes que o avanço tivesse ocorrido. Price (1993) descreveu a situação na França até o século dezenove. Prosperidade ou miséria, vida ou morte dependiam de boa colheita. A última grande fome na França ocorreu no início dos anos 1700's, apesar de "crises de subsistência", quando os preços dos cereais aumentaram de 50 para 150%, continuarem a ocorrer até meados de 1800's. As crises de 1788-89 e 1846-47 foram particularmente notáveis em

⁸ Considerando que apenas 5% das 160 milhões de cabeças do rebanho bovino brasileiro está disponível para a coleta de dejetos e que cada animal produz, por dia, 24 kg de esterco com 80% de umidade e 0,55% de N, 0,25% de P₂O₅ e 0,60% de K₂O, estima-se que seria possível obter algo em torno de 1 milhão de toneladas de N+P₂O₅+K₂O, o que ainda assim representa uma quantidade considerável (Fonte: Moreira, F. M. S. & Siqueira, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. Editora UFLA, Lavras, 2001, no prelo).

termos do impacto social, econômico e político, que precedeu a revolta popular.

Na China, usando matéria orgânica para manter a fertilidade da terra, a produtividade de arroz foi mantida em 700 kg/ha por milhares de anos. Durante os últimos 40 a 50 anos, usando uma combinação de matéria orgânica disponível e um sempre crescente uso de fertilizantes minerais, a produtividade aumentou em 6 vezes, atingindo na média, entre 1994 e 1996, 5958 kg/ha.

A. Subba Rao e Sanjay Srivastava (1998) escreveram: *Os fertilizantes desempenharam um papel proeminente na agricultura da Índia. De meros 0,13 milhões de toneladas em 1955-56, o consumo de fertilizantes aumentou dramaticamente nas últimas quatro décadas atingindo 14,3 milhões em 1996-97. Como consequência da crescente demanda de grãos alimentícios, fibras, combustível e forragem para atender às necessidades da sempre crescente população, o consumo de fertilizantes está crescendo anualmente. A contribuição dos fertilizantes na produção total de grãos na Índia tem sido espetacular; de um por cento em 1950 para 58 por cento em 1995. De acordo com M. Velayutham, a contribuição dos fertilizantes para a produção adicional de alimentos foi de 60 por cento. Consumo de fertilizantes e produção agrícola mostraram um crescimento fenomenal durante o período de 1951 e 1995. A preocupação atual é assegurar a sustentabilidade da produção das culturas, um meio ambiente saudável e uma lucratividade para o produtor de baixa renda, com o uso de fertilizantes.*

Em geral, é difícil estimar a contribuição dos fertilizantes minerais na produção da agricultura global em vista da interação dos vários fatores envolvidos nos processos biológicos. Um levantamento da IFA cobrindo países desenvolvidos, levado a efeito nos anos 1970's, indicou que as produtividades iriam cair rapidamente em cerca de 40 a 50% se os fertilizantes não fossem mais utilizados. De acordo com dados da China, os fertilizantes contribuem com 40 a 50% na produção de grãos e 47% na produção de algodão. V. Smil (1999)

estima que, em termos mundiais, 40% da proteína da dieta humana vêm do nitrogênio fixado pelo processo Haber-Bosch para a fabricação de amônia.

No Japão, A. Suzuki (1997) relata que levantamentos em 1990, em 92 experimentos, mostraram que a produtividade média nacional obtida sem o uso de nitrogênio, aplicado por vários anos, foi 70 % das parcelas adubadas. As produtividades diminuíram gradualmente com o passar dos anos. Em um experimento de longa duração, após 50 anos de adubação NPK, não houve diminuição de produção nas parcelas adubadas. A produtividade das parcelas sem fertilizantes foi cerca de 40% das parcelas adubadas.

Mackenzie e Taureau (1997) obtiveram uma típica curva de resposta de trigo de inverno à adubação nitrogenada na Inglaterra. Mesmo no ponto de ótimo econômico, em que o valor da unidade adicional de nitrogênio é igual ao valor obtido com a cultura, a resposta foi de 3 kg de grãos por kg de N. Sem nitrogênio, a produtividade foi de 4 t/ha ao invés de 7 t/ha no ponto ótimo econômico. De outra série de experimentos na Inglaterra, mencionados pelos mesmos autores, foi estimado que a produtividade do trigo aumentou em 24 kg de grãos para cada kg de N dos fertilizantes até o ponto em que a curva de resposta atingiu o seu platô.

Com base em um larga amplitude de experimentos em um grande número de países, a FAO considera que “é razoável aceitar que 1 kg de nutriente no fertilizante (N+P₂O₅+K₂O) produz cerca de 10 kg de grãos de cereais” (FAO, 1984).

K. K. M. Nambiar (1994) resume resultados de experimentos de longa duração na Índia, dos quais se apresenta o extrato a seguir:

Produtividade (kg/ha)	Sem fertilizantes	NPK	NPK + esterco de curral
Arroz *	1751	3607	3994
Trigo **	994	3342	3545

* Média de três locais

** Média de quatro locais

3 - A DEMANDA POR FERTILIZANTES MINERAIS

3.1. A demanda futura por produtos agrícolas

dar a essas pessoas subsistência e renda.

3.1.1. População

Entre hoje e 2020, o crescimento da população mundial vai ocorrer principalmente nos países em desenvolvimento. De acordo com as projeções do Banco Mundial efetuadas em 1994-1995, a população mundial vai aumentar de 5,7 bilhões de pessoas em 1995 para 7 bilhões em 2020. Isso inclui um aumento na China de 1,2 para 1,5 bilhões, no Sul da Ásia de 1,3 para 1,9 bilhões e na África de 0,7 para 1,2 bilhões. A taxa de crescimento será possivelmente maior na África, mas em vista da maior base de população no Sul da Ásia e da China, será inevitável um aumento substancial nessas regiões. O Instituto Internacional de Pesquisa em Política de Alimentos (IFPRI, 1999) estima que os países em desenvolvimento serão responsáveis por cerca de 85% do aumento da demanda global de cereais e carne entre 1995 e 2020.

A FAO calcula que 680 milhões de pessoas, 12% da população mundial, poderão ser cronicamente subnutridas em 2010, o que significa uma queda em relação aos 849 milhões em 1990-92, embora seja ainda um número bastante elevado. Setenta por cento desses estarão no Sub-Sahara na África e no Sul da Ásia, especialmente em Bangladesh.

Na África e no Oriente Próximo, o número de pessoas famintas vai aumentar, embora a proporção da população que é subnutrida irá diminuir. Muitas dessas pessoas são os pobres da zona rural, que não dispõem de poder de compra para satisfazer suas necessidades nutricionais, mesmo se houver oferta de suprimentos. Mulheres e crianças são as mais afetadas. A questão nesse caso é desenvolver sistemas agrícolas que irão

3.1.2. Renda

De acordo com o Instituto Internacional de Pesquisa em Política de Alimentos (IFPRI, 1997), entre 1993 e 2020, a demanda mundial de cereais terá um aumento esperado de 41%. Nos países em desenvolvimento, a demanda de cereais para alimentação do gado deve dobrar, enquanto se espera um aumento de demanda para consumo humano direto em 47%, apesar de que o maior aumento absoluto deverá ocorrer nesse último caso. Haverá também grandes aumentos semelhantes da demanda por outras culturas. O crescimento global da renda é projetado com uma média de 2,7% ao ano entre 1993 e 2020, sendo a taxa de crescimento nos países em desenvolvimento quase duas vezes a dos países desenvolvidos. O crescimento econômico, o aumento da renda e a urbanização, particularmente na Ásia e América Latina, estão levando a mudanças rápidas nas dietas, em favor de alimentos produzidos do uso intenso de grãos, tais como a carne, em particular da carne vermelha. Isso leva a um expressivo aumento na demanda de grãos para alimentar o gado, sendo o impacto das necessidades de cereais ampliado pela relativamente baixa eficiência de conversão alimentar do gado de corte. O IFPRI (1999) estima que os agricultores do mundo terão que produzir 40% mais grãos em 2020, em comparação com 1995. Entretanto, é pouco provável que a expansão da área com cereais seja maior que 5%; cerca de dois terços dela deverá ocorrer na difícil região do Sub-Sahara na África. Inevitavelmente, a maior parte do aumento da produção deverá vir de maiores produtividades por unidade de área, o que irá exigir uma correspondente maior quantidade de nutrientes de plantas, de uma ou outra fonte⁹.

⁹ Mesmo no caso da agricultura familiar ou de pequenos produtores de baixa renda, o aumento da produtividade pela intensificação do uso de práticas agrônômicas simples, amplamente comprovadas como eficientes e que levam a uma maior sustentabilidade do sistema produtivo é, não apenas recomendável em termos de preservação ambiental, mas, sobretudo, socialmente mais justo. Uma das melhores maneiras de permitir que esses segmentos continuem na sua nobre missão de produzir alimentos para a sua demanda diária e provenham excedentes a serem comercializados no mercado próximo é fazer com que eles aumentem a sua renda.

3.1.3. Fertilizantes e alimentos

A contribuição exata dos fertilizantes minerais na produção agrícola é discutível, mas em qualquer caso dos milhões de experimentos de campo que foram conduzidos no mundo, sua grande influência na produtividade das culturas é claramente demonstrada.

Em um artigo no “The Observer”, Nova Deli, em 17 de abril de 1997, Dr. Swaminathan, um cientista de renome na Índia, disse que: *Fertilizante é a chave para assegurar o alimento necessário para mais de 1,3 bilhões de indianos por volta do ano 2025. Nenhum país foi capaz de aumentar a produtividade agrícola sem aumentar o uso de fertilizantes químicos. Considerando uma previsão conservadora de uma população de 1,3 bilhões por volta de 2025, a Índia irá necessitar de 30 a 35 milhões de toneladas de NPK de fertilizantes químicos além de 10 milhões de toneladas de fontes orgânicas e de biofertilizantes, para produzir a necessidade mínima de 300 milhões de toneladas de grãos. Cientistas têm encontrado crescentes evidências do aumento da deficiência de fósforo e potássio nos solos, agravado pela aplicação desproporcional de altas doses de N em relação ao P e K. Enxofre tem sido identificado como crucial para otimizar a produtividade de sementes oleaginosas, ervilhas, feijões, outras leguminosas e cereais de alta produtividade.*

N. E. Borlaug, Prêmio Nobel da Paz (1997), falando na África, afirmou que: *“Meus 53 anos de experiência em países em desenvolvimento de baixa renda me dizem que pequenos agricultores estão desgostosos com essa tecnologia de “baixos insumos, baixas produções” uma vez que elas tendem a perpetuar o trabalho penoso do homem e o risco de fome. Isto certamente tem sido nossa*

experiência no Projeto Sasakawa – Global 2000, onde os agricultores têm dito a nós com veemência que eles querem ter acesso a aumentos de produtividade e a tecnologias que reduzam o trabalho pesado, o que tem provado que eles estão aptos e entusiasmados em modernizar sua produção”.

Várias instituições, entre elas FAO, IFPRI, UNDP, Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e Banco Mundial, têm feito projeções em relação à segurança alimentar. Elas divergem em relação às pressuposições que são feitas, mas essencialmente concordam que o suprimento de alimentos no mundo terá que continuar a crescer, e crescer rapidamente. Investimentos na agricultura, especialmente em pesquisa e serviços de orientação, serão essenciais para que esses objetivos sejam atingidos¹⁰.

¹⁰ A segurança alimentar, principalmente nas áreas rurais mais pobres, irá depender muito mais da criação de condições para que esses agricultores utilizem as tecnologias simples já geradas e que conduzem a aumentos na produtividade e na renda familiar, do que da necessidade da geração de novas tecnologias. Nesse contexto a reativação de eficientes serviços de extensão oficiais e o envolvimento do setor privado seriam altamente recomendáveis.

4 - ASPECTOS ECONÔMICOS

Existe hoje uma ampla concordância de que a condição necessária para o crescimento econômico da maioria dos países em desenvolvimento seja uma agricultura produtiva; existem algumas exceções, mas elas são poucas. Isso não foi sempre o caso. Nos anos 1950's a ênfase na política desenvolvimentista foi o desenvolvimento industrial urbano, com o setor agrícola sendo considerado como uma fonte de recursos e serviços, principalmente mão-de-obra, para o setor de manufaturados. Foi somente nos anos 1960's que o papel positivo da agricultura como instrumento de desenvolvimento foi aceito. Eventos subsequentes nos anos 1970's e 1980's reforçaram a necessidade de se dar uma maior atenção às políticas de desenvolvimento agrícola. Mas, mesmo hoje, alguns países em desenvolvimento ainda não dão a devida importância ao desenvolvimento agrícola. Se a agricultura tem que ser produtiva, é evidente que as culturas devem receber, de uma fonte ou outra, os nutrientes de que elas necessitam.

Um estudo do IFPRI, de junho de 1996, em relação a América Latina, confirmou como o desenvolvimento agrícola ajuda toda a economia. Quando a renda dos produtores aumenta, eles gastam dinheiro em itens não relacionados à agricultura, criando empregos para outros segmentos de toda a economia. Esse estudo mostra que para cada US\$1,00 de aumento na produção agrícola nos países em desenvolvimento, a economia geral cresce US\$2,30.

Além de ser importante para a economia nacional, a agricultura produtiva ajuda a aliviar a pobreza rural. A maior parte dos pobres do mundo está no meio rural e, mesmo que eles não estejam engajados em suas próprias atividades agrícolas, contam com empregos e renda fora do campo que dependem direta ou indiretamente da agricultura. A população pobre no meio rural atinge mais de 75% dos pobres em muitos países

do Sub-Sahara e da Ásia. O crescimento econômico está fortemente ligado à diminuição da pobreza. A pobreza é, por si mesma, uma forma de poluição, e, além disso, o pobre é freqüentemente forçado a usar em excesso ou de maneira errônea os recursos naturais com a finalidade de atender suas necessidades básicas.

Outro relatório da IFPRI, de fevereiro de 1994, descreve os resultados de um estudo em sete países da Ásia, com grande diversidade de ambientes de produção e estruturas agrária e política, em relação aos efeitos de mudanças tecnológicas em áreas favoráveis para a produção de arroz, na renda de pessoas de áreas não favoráveis - aquelas que não tiveram acesso a essa nova tecnologia. Esse relatório mostra que, quando efeitos indiretos de ajustes no trabalho, terra e mercado de produtos são levados em conta, a adoção diferenciada de variedades altamente produtivas pelos vários ecossistemas não piora de maneira significativa a distribuição da renda. À medida que a adoção de variedades de alta produtividade aumentou a demanda por mão-de-obra nas áreas favoráveis, intensificou-se a migração interna das áreas menos favoráveis, o que reduziu os possíveis efeitos negativos pela equalização dos salários regionais. Mudanças para culturas alternativas ou empregos fora da área rural nas áreas favoráveis também contribuíram para essa equidade.

Um relatório de 1997 do Conselho Nacional de Pesquisa em Economia Aplicada da Índia afirma que a Índia poderia virtualmente eliminar a pobreza urbana em uma década se pudesse manter um crescimento econômico anual de 6,4%. Mas o relatório também prevê aumento das disparidades entre cidades desse país e a área rural onde vivem 74% da população. A agricultura está estagnada. O relatório prevê que os 26% da população urbana vão aumentar para 30% em 2007, mas isto não leva em conta uma rápida e acelerada urbanização pelo aumento nas disparidades de renda¹¹.

¹¹ Um fato que merece reflexão sobre a situação brasileira são os efeitos diretos da agricultura desenvolvida no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), segundo modelo da Organização das Nações Unidas (ONU). Em trabalho recente, Regis Bonelli, do IPEA, comparou o IDH, que inclui parâmetros como saúde, educação e habitação, de 23 municípios ou regiões com agricultura desenvolvida no início da década de 70 com os anos 90. No início dos anos 70, 14 foram classificados como baixo IDH, 9 como médio e nenhum como alto. Nos anos 90, apenas 4 permaneceram na classificação baixo, 16 compunham o índice médio e 3 atingiram o nível alto.

5 - SOLOS

Como afirma A. E. Johnston (1997), a fertilidade do solo depende de interações complexas e pouco compreendidas entre as propriedades biológicas, químicas e físicas do solo. Compreender e quantificar essas interações vai se tornar cada vez mais importante. O autor observa que será necessário no futuro reconhecer de modo mais claro que existe uma diferença entre a produtividade agrícola e a fertilidade de um solo:

- Desde que a fertilidade do solo esteja num patamar satisfatório e considerando-se as limitações climáticas, a produtividade agrícola pode ser controlada pela aplicação de insumos anuais, tais como N, e produtos químicos para controlar plantas invasoras, pragas e doenças.
- Contudo, a fertilidade do solo é freqüentemente controlada por fatores que normalmente, no curto prazo, são difíceis de se manipular; por exemplo, propriedades químicas do solo como acidez e disponibilidade de nutrientes.

Sempre que possível será necessário definir limites críticos de fertilidade do solo e assegurar que os teores de nutrientes nos solos sejam mantidos logo acima desses limites. Abaixo do valor crítico, perdas em produtividade se constituem em uma séria ameaça financeira à sustentabilidade de qualquer sistema produtivo. Manter os teores de nutrientes no solo muito acima do valor crítico constitui-se em um custo financeiro desnecessário para o agricultor e pode ter implicações ambientais.

5.1. Esgotamento de nutrientes

“A perda da fertilidade em muitos países em desenvolvimento constitui-se em uma ameaça imediata à produção de alimentos e poderia resultar numa catástrofe não menos séria do que outras formas de degradação ambiental”. “Solos agrícolas perdem sua fertilidade pela remoção dos nutrientes e, em alguns casos, pelo esgotamento desses... uma ameaça real e imediata à segurança alimentar, à vida e à subsistência de milhões de pessoas. A perda da

fertilidade diminui a produtividade e afeta a capacidade de retenção de umidade, levando a uma maior vulnerabilidade à seca.” (FAO - nota de imprensa, Abril de 1990).

Um solo fértil e produtivo é o recurso fundamental para o agricultor e para todo o ecossistema. O objetivo do agricultor é manter a produtividade do seu solo. Isso implica em uma boa administração de sua parte; ou seja, mantendo uma boa estrutura física, um bom teor de matéria orgânica, boa aeração, teor adequado de umidade, pH adequado e um ótimo “status” nutricional. O manejo desse sistema é complexo. A seqüência de culturas, o número de cabeças de gado na propriedade e as técnicas de cultivo utilizadas pelo agricultor ou pecuarista, podem reduzir ou aumentar a produtividade do solo.

Em relação aos nutrientes de plantas, a demanda geral da cultura e a quantidade removida do solo deve ser reposta, não necessariamente todo ano, mas certamente dentro de um sistema de rotação de culturas geral, se o objetivo é manter os níveis de fertilidade do solo e a produtividade a longo prazo (sustentabilidade).

O parágrafo seguinte é parte de um relatório do IFPRI sobre A Situação dos Alimentos no Mundo, publicado em outubro de 1997.

“Falhas no passado e atuais na reposição de nutrientes no solo em muitos países podem ser corrigidas pelo uso eficiente e balanceado de fontes desses nutrientes e pelo uso de práticas adequadas de manejo de solos. Enquanto algumas das necessidades de nutrientes de plantas podem ser atingidas pela aplicação de materiais orgânicos disponíveis na propriedade ou na comunidade, tais materiais são insuficientes para repor os nutrientes de plantas removidos dos solos. É extremamente importante que o uso de fertilizantes aumente nesses países onde uma grande proporção da população sofre de desnutrição, gerando uma questão de segurança alimentar. Um dos maiores problemas ambientais hoje na África é o gradual declínio na fertilidade de muitos solos”.

A “mineração” dos nutrientes é parte do custo de produção das culturas, mas é normalmente um custo escondido que não é passado aos consumidores. Sob tais circunstâncias, o uso de recursos públicos para ajudar a repor esses nutrientes pode ser justificável, especialmente no caso em que a situação financeira dos agricultores é precária^{12,13}.

5.2. O impacto dos fertilizantes na estrutura do solo

Muitas vezes se afirma que o uso de fertilizantes minerais tem um efeito adverso na estrutura do solo. Evidências obtidas em experimentos de longa duração indicam que este não é o caso. A ação agregante do aumento da proliferação de raízes e da maior quantidade de resíduos formada de culturas bem adubadas torna o solo mais friável, fácil para cultivar e mais receptivo à água. S. W. Buol e M. L. Stokes (1997) afirmam: *“Teores de carbono orgânico que diminuem sob adubação inadequada parecem se recuperar quando doses adequadas de fertilizantes são aplicadas. A adubação adequada também contribui para maior produção de biomassa que tende a proteger o solo da erosão e fornece maiores quantidades de resíduos que são críticos para a agregação do solo. Nós concluímos, então, que, a longo prazo, a agricultura de altos insumos tem um forte efeito positivo na melhoria das propriedades agronômicas dos solos”*. Parcelas experimentais de campo na Estação Experimental de Rothamsted na Inglaterra, que receberam

fertilizantes químicos desde 1843, são mais produtivos hoje do que em qualquer período do passado. Na estação experimental de Askov na Dinamarca, após 90 anos, as parcelas que receberam fertilizante NPK tinham 11% mais carbono orgânico do que a parcela testemunha sem adubo. O aumento do teor de matéria orgânica, induzido pelas aplicações de NPK, resultou em uma diminuição na densidade do solo e um concomitante aumento na porosidade total (R. J. Haynes e R. Naidu, 1998). Eles concluíram que *“O efeito positivo a longo prazo, da aplicação contínua de materiais fertilizantes no teor de matéria orgânica e condições físicas do solo é um fator importante, mas geralmente negligenciado, que precisa ser considerado quando se contempla sustentabilidade”*. No Japão, após 50 anos de adubação NPK, não houve diminuição na produção nas parcelas adubadas. A produtividade das parcelas sem adubação foi cerca de 40% das parcelas adubadas (A. Suzuki, 1997).

5.3. Acidificação do solo

A maioria dos fertilizantes nitrogenados, especialmente sulfato de amônio e menos intensamente o nitrato de amônio, acidifica o solo, embora isso possa ser menos acentuado em alguns solos. O uso de resíduos orgânicos, nas doses normais de aplicação, pode não evitar a acidificação, mas pode reduzir a velocidade do processo.

Os efeitos acidificantes de alguns fertilizantes nitrogenados podem ser corrigidos

¹² De fato, de acordo com o IFDC, 1999 e o IFPRI, 1999, “a maioria dos cereais apresentou aumento de produtividade na América Latina nos últimos 20 anos, mas isso ocorreu à custa dos estoques de nutrientes dos solos que suportam essas culturas. A maioria dos ecossistemas na América Latina está, em realidade, exaurindo os nutrientes minerais dos solos, o que pode diminuir sua capacidade para continuar a produzir alimentos. Áreas mais críticas, onde essa capacidade parece ser mais ameaçada, encontram-se no nordeste do Brasil e partes da Argentina, Bolívia, Colômbia e Paraguai”.

¹³ No Brasil, em 1996, o consumo aparente de nutrientes (N+P₂O₅+K₂O) foi de 5,1 milhões de toneladas sendo 1,3 para N, 1,7 para P₂O₅ e 2,1 para K₂O. Assumindo-se uma eficiência média de 60% para nitrogênio, 30% para fósforo e 70% para potássio e uma exportação (remoção das áreas cultivadas pela produção) das 16 principais culturas cultivadas observa-se o seguinte: a) déficit de 888 mil toneladas de N, mesmo considerando todo o N da soja e do feijão como provenientes da fixação biológica; b) déficit de 181 mil toneladas de P ou 414 mil toneladas de P₂O₅; c) déficit de 344 mil toneladas de K ou 413 mil toneladas de K₂O. (Fonte: YAMADA, T. & LOPEŠ, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (eds): Interrelação fertilidade, biologia e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 143-161.)

se o calcário estiver economicamente disponível e for aplicado. Nas regiões temperadas, o calcário aplicado em doses equivalentes a toneladas por hectare, mas menos frequentemente que os fertilizantes, provê condições ótimas para o crescimento de muitas espécies de culturas dessas regiões. Além de neutralizar a acidez do solo, a calagem melhora a disponibilidade de outros nutrientes, como o fósforo, e diminui a toxidez de alumínio e manganês. Em um experimento de longa duração na Índia, com a aplicação contínua de fertilizantes sem calcário, a produtividade caiu a zero. Quando o pH do solo foi mantido perto do ótimo, o sistema tornou-se sustentável.

Nos trópicos úmidos, as exigências de calcário são altas e o efeito pode não durar por longos períodos por causa das perdas por lixiviação. Entretanto, às vezes, podem ser alcançados aumentos em rendimentos da cultura com mínimas aplicações de calcário, por causa da diminuição da toxidez de alumínio e/ou da deficiência de cálcio e, também, deve-se tomar cuidado para evitar super-calagens (R. J. Haynes e R. Naidu, 1998). Em muitos países em desenvolvimento, o calcário agrícola não está disponível a um custo econômico. Uma possível solução seria o desenvolvimento de cultivares que são tolerantes aos efeitos diretos e indiretos da acidez do solo.

5.4. Erosão

Erosão do solo é um fenômeno mundial, mas é mais sério em algumas regiões do que em outras. Em regiões onde uma estação seca se alterna com uma estação com chuvas torrenciais, a erosão do solo pode ser muito severa. Ao término da estação seca, o solo normalmente apresenta uma cobertura vegetal esparsa, particularmente se a área foi excessivamente pastoreada pelo gado. Sob condições semi-áridas a erosão eólica e a desertificação são problemas sérios.

Um solo fértil com culturas de crescimento rápido é muito menos propenso a erosão que um solo pobre com vegetação rala. Quanto mais desenvolvida for a cobertura vegetal, maior será a proteção contra a ação do vento e da água. Por causa do sistema radicular vigoroso e da maior quantidade de resíduos, culturas de alta produtividade ajudam a segurar o solo. As raízes e os resíduos que voltam ao solo melhoram a produtividade pelo aumento de matéria orgânica, melhorando também a aeração e as taxas de infiltração de água. Os efeitos residuais da maior produção de matéria orgânica também são significativos no melhoramento da agregação do solo.

Um manejo da terra adequado à topografia e pluviosidade, juntamente com o uso apropriado de fertilizantes, podem ser uma importante contribuição para a conservação do solo. .

Práticas de cultivo mínimo reduzem significativamente a erosão; a proporção de áreas sob técnicas de plantio direto está se expandindo rapidamente nos E. U. A. e outros países, como por exemplo, no Brasil¹⁴.

¹⁴ Um dos aspectos mais importantes em relação à implementação de tecnologias sustentáveis na agricultura brasileira, em anos recentes, é a verdadeira “explosão” da área de plantio direto. A área cultivada no Brasil sob esse sistema passou de 900 mil hectares em 89/90, para 12,0 milhões de hectares em 99/00, com um aumento médio anual de 29,6%. Nos cerrados, no mesmo período, a evolução foi de 61 mil hectares para 4,3 milhões de hectares, com um aumento médio anual de 53,0 % (Fonte: APDC, 2001).

6 - SUBSTÂNCIAS TÓXICAS

Fertilizantes fosfatados contêm, freqüentemente, quantidades pequenas de elementos que ocorrem naturalmente na rocha fosfática e são levados pelo processo industrial, para o produto acabado. Quando o produto final é um material de valor relativamente alto para uso, por exemplo, na indústria de alimentos, os elementos potencialmente prejudiciais são removidos, mas, até hoje, não foram encontrados processos para remover, economicamente, esses elementos na produção de fertilizantes. Entre esses elementos, a maior atenção tem sido dada ao cádmio (Cd).

Existem evidências de que o teor de Cd está aumentando lentamente em alguns solos. Isto é uma preocupação, porque o Cd não é essencial para as plantas ou animais e, em níveis altos, pode ser tóxico. As fontes incluem deposição atmosférica de processos industriais, lodo de esgoto, esterco de animais e fertilizantes fosfatados. Em muitos países europeus, 50% da contribuição total de Cd para os solos agrícolas vêm de fontes transportadas pelo ar. Lodo de esgoto contém quantidades de Cd que podem variar de poucas ppm (partes por milhão) a milhares de ppm. O uso de fosfatos de rocha com baixos teores de cádmio, na fabricação de fertilizantes fosfatados, é uma solução, mas o suprimento total de rochas com essas características é limitado. Isso dá ênfase à necessidade do desenvolvimento efetivo e viável de processos de remoção de cádmio e pesquisas com esse objetivo continuam.

A solução final poderia ser uma combinação da remoção de Cd durante o processo industrial e estratégias de manejo nas propriedades agrícolas que minimizem sua entrada potencial na cadeia alimentar. A absorção de Cd pelas plantas pode, de fato, ser afetada por muitos

fatores, como pH do solo, teor de umidade, variedade etc., que podem ser controlados pelo agricultor.

Não há nenhuma urgência imediata nisso, porque, fora alguns poucos locais fortemente poluídos pela indústria, níveis de cádmio no solo estão geralmente bem abaixo dos níveis críticos. Porém, a existência de um problema a médio e longo prazos é reconhecida pela indústria de fertilizantes e estudos e pesquisas sobre o assunto continuam¹⁵.

¹⁵ Uma das ações mais sérias em relação a possível presença de substâncias tóxicas em fertilizantes e suas matérias primas vem sendo desenvolvida pelos órgãos federais competentes no Brasil, com estreita colaboração das mais diversas entidades e associações públicas e privadas. Essas ações têm por objetivo o estabelecimento de níveis máximos permissíveis de uso, em decorrência de fontes, doses e anos de aplicação procurando compatibilizar a legislação brasileira com outras legislações já implementadas ou em fase de implementação em alguns poucos países desenvolvidos.

7 - ÁGUA

Existe uma preocupação segundo a qual os fertilizantes estão poluindo águas de superfície e dos aquíferos, embora o impacto direto da aplicação de fertilizantes minerais no conteúdo de nitrato de águas não esteja claramente definido.

De acordo com a União das Indústrias de Fertilização (UNIFA, 1997) na França, estima-se que fertilizantes nitrogenados respondam por 25% do nitrogênio mineral total introduzidos anualmente no ecossistema, ou 2,3 milhões de toneladas de N de um total de 9,6 milhões. Outras contribuições principais são do nitrogênio fixado por plantas leguminosas (3 milhões de toneladas de N) e resíduos animais (2 milhões de toneladas de N). Em uma área de uma bacia hidrográfica principal na França, 42% do nitrogênio na água eram de origem agrícola (terra arável e gado), 49% doméstico e 9% industrial. Experimentos com ^{15}N indicam que, não mais que 5% de nitrogênio do fertilizante é perdido para a água durante uma estação de crescimento das plantas, sendo que dois terços disto são devidos a práticas incorretas de adubação. Em geral, a extensão das perdas não está diretamente ligada a aplicações recentes de fertilizantes. Das perdas agrícolas, 50% eram de solos que foram deixados descobertos (sem vegetação) durante o inverno e 33% devido a práticas agrícolas incorretas, ou seja, as perdas poderiam ser evitadas.

7.1. Água potável

Nos meados de 1980's, a Organização Mundial de Saúde (WHO) recomendou um limite máximo de 50 mg de nitrato, NO_3^- , por litro de água potável. Eles revisaram a recomendação em abril de 1997 e concluíram que, com base na mais recente evidência científica, deveria ser mantido o valor de 50 mg por litro.

A União Européia (EU) emitiu uma norma para água potável em 1975. Em 1980, outra norma adotou um nível de 50 mg por litro. Então, em dezembro de 1991, a União Européia adotou uma norma, conhecida como Norma para Nitratos, que trata da proteção das águas contra

poluição causada por nitrato de fontes agrícolas. Essa norma reconheceu que, apesar do uso de fertilizantes que contêm nitrogênio e esterco ser necessário para a agricultura na União Européia, qualquer uso exagerado desses produtos se constitui em um risco ambiental. Enfatiza que ações conjuntas são necessárias para controlar os problemas decorrentes da produção intensiva de gado, e as políticas agrícolas têm que levar mais em conta a proteção ambiental.

Os objetivos dessa norma são assegurar que a concentração de nitrato na água doce de superfície e do lençol freático não exceda o limite de 50 mg por litro e controlar a incidência de eutroficação. Tendo fixado os objetivos gerais, essa norma requer que os países membros, dentro dos limites prescritos, preparem seus próprios planos para que esses limites sejam alcançados. Esses planos envolvem a preparação de um Código Voluntário de Boas Práticas Agrícolas, o estabelecimento de zonas vulneráveis à poluição das águas com compostos nitrogenados e a implementação de programas de ação projetados para prevenir poluição dentro dessas zonas. As medidas incluem um limite máximo para a aplicação de esterco animal - o maior culpado - equivalente a 170 kg de nitrogênio (N) por hectare. Além disso, são definidos os períodos nos quais é aceitável a aplicação de esterco animal.

As técnicas agrícolas para manter o nitrato fora dos suprimentos de água são conhecidas. A Associação dos Fabricantes de Fertilizantes da Europa (EFMA), por exemplo, explica essas técnicas em um Código de Melhores Práticas Agrícolas (EFMA, 1996).

Em geral, em países desenvolvidos, onde o fertilizante nitrogenado mineral é uma das fontes principais de poluição de água, isto ocorre, normalmente, em áreas de produção de hortaliças ou em solos arenosos sob irrigação, ou onde as doses ótimas são excedidas. Uma distinção deve ser feita entre uma adubação correta com nitrogênio e uma aplicação excessiva de excremento animal.

Há geralmente pouco perigo da poluição de nitrato das águas subterrâneas pela aplicação de fertilizantes em culturas de sequeiro em países em desenvolvimento, porque as taxas de aplicação tendem a estar bem abaixo do ótimo¹⁶. Em agricultura irrigada, o manejo da água é um ponto importante.

A seção 12.1.1. “Nitrato” desta publicação se refere ao assunto de nitratos na saúde humana.

7.2. Águas de superfície

O super enriquecimento das águas de superfície que conduz a uma multiplicação excessiva de algas e outras espécies de plantas aquáticas, com várias conseqüências indesejáveis, é um fenômeno conhecido como eutroficação. Enquanto o fósforo tende a ser o nutriente limitante em águas interiores, o nitrogênio tende a ser o nutriente limitante em águas litorâneas.

7.2.1. Águas litorâneas

Na Europa, grandes áreas do litoral do Mar do Norte e áreas do Mediterrâneo têm sofrido eutroficação devido a nitrato. Nos E.U.A., nitrato e fosfato têm sido suspeitos de causar *Hypoxia*, ou a “Zona da Morte” no Golfo do México. Existe muita controvérsia sobre a causa, e mesmo se esses nutrientes forem realmente a causa, eles podem se originar de diversas fontes além dos fertilizantes minerais. Água enriquecida de nutrientes, especialmente aquela proveniente do escoamento superficial na agricultura, é também incriminada pelo problema de *Pfiesteria* que matou um número grande de peixes na Baía de Chesapeake, E. U. A., no verão de 1997. É altamente improvável que os fertilizantes minerais

sejam os principais responsáveis por qualquer um desses problemas, mas a indústria de fertilizantes norte-americana está cooperando totalmente nas investigações.

7.2.2. Águas interiores

Em corpos de água doce, sob condições temperadas, o fósforo (P) é normalmente o nutriente limitante e mesmo concentrações muito baixas podem causar problemas de eutroficação. Águas superficiais podem ser enriquecidas com P de fontes pontuais (ex: tratamento de esgotos) ou fontes difusas (ex: áreas sob agricultura). Como a quantidade de P das fontes pontuais diminuiu em anos recentes, a contribuição percentual de fontes difusas aumentou. Embora geralmente tenha sido aceito que a maioria dos solos fixa fortemente o P, mesmo pequenas quantidades de P perdidas do solo podem manter a concentração de P na água de drenagem em níveis prováveis de causar problemas ambientais¹⁷.

O fosfato no solo é bastante imóvel e a perda de fosfato solúvel em água por lixiviação é normalmente muito pequena (menos de 1 kg de P_2O_5 por hectare por ano). Ignorando a remoção pelas culturas, os dois caminhos primários de perda de fósforo do solo são a erosão (vento e água) e o escoamento superficial. Nas condições européias, as excessivas aplicações superficiais de esterco animais podem resultar em perdas significativas de sedimentos pelo escoamento superficial. Áreas sob exploração intensiva de gado de leite podem estar sujeitas à aplicação de quantidades excessivas de fósforo ao solo, normalmente na forma de aplicações pesadas de resíduos animais, i.e. chorume ou esterco de

¹⁶ No Brasil, são raros os trabalhos avaliando os teores de nitrato na água potável e, quando teores elevados são detectados em algumas situações, não há a comprovação de que isto seja decorrente do uso de fertilizantes minerais nitrogenados. Considerando-se a dose média de nitrogênio aplicada anualmente na agricultura brasileira (30,5 kg/ha) e ainda o fato de que muitos solos brasileiros têm a capacidade de reter nitratos nas suas cargas positivas (o que não ocorre na maioria dos solos de regiões temperadas), é pouco provável que isso contribua significativamente para efeitos ambientais negativos ao ecossistema, a não ser sob situações muito específicas decorrentes de doses e métodos de aplicação inadequados.

¹⁷ A peculiaridade de comportamento dos solos brasileiros, no que diz respeito à alta capacidade de fixação de P, pode fazer com que possíveis problemas ambientais dessa natureza ocorram em menor intensidade em solos com altos teores de óxidos de Fe e Al, onde o P, mesmo após ser arrastado por erosão para os corpos d'água, continua adsorvido à partícula, e não em solução.

curral. Sob essas condições, os solos podem ter um conteúdo tão alto de fósforo que as perdas podem aumentar.

Em lagos tropicais, existem evidências de que o nitrogênio pode ser o nutriente limitante. Concentrações de fosfato na água são frequentemente mais altas do que nas regiões temperadas enquanto as contribuições de N dos solos circunvizinhos podem ser baixas¹⁸.

Escorrimento superficial (inclusive erosão) de áreas com culturas anuais, pastagem e florestadas pode contribuir na carga de fosfatos das águas superficiais. Melhores práticas de manejo são altamente eficientes para eliminar essa possibilidade e, ao mesmo tempo, permitir o mais eficiente uso da adubação da cultura.

7.3. Potássio

Diferentemente do nitrogênio e do fósforo, o potássio não tem nenhum efeito danoso conhecido na qualidade de águas naturais (J.K. Syers, 1998).

¹⁸ Embora isso possa ser observado em lagos tropicais, dados recentes de grandes bacias hidrográficas no mundo, incluindo as bacias dos rios Amazonas, Tocantins e Paraná no Brasil, revelaram que os teores de nitrato nessas bacias brasileiras são menores, enquanto que os de fosfato são semelhantes aos observados para grandes bacias hidrográficas localizadas na região temperada (Fonte: WORLD RESOURCES INSTITUTE. World Resources Report 1998-99. Environmental change and human health. Oxford University Press, 384 p. 1998).

8 - AR

O nitrogênio pode ser perdido de sistemas agrícolas por três formas que podem causar poluição; perda de nitrato por lixiviação, volatilização de amônia e perda de óxido nitroso durante os processos de desnitrificação. Perdas de amônia para a atmosfera e sua deposição subsequente contribuem para a eutroficação de “habitats” naturais e águas marinhas e também para a acidificação de solos e lagos, quando o NH_4^+ é convertido a NO_3^- . Perdas através de desnitrificação são inofensivas se o produto final for nitrogênio gasoso, mas se o gás resultante for óxido nitroso há uma contribuição efetiva ao efeito estufa e à depleção de ozônio na estratosfera.

8.1. Amônia

H. Kirchmann (1998) observou que a deposição de amônia da atmosfera pode enriquecer ecossistemas terrestres e aquáticos. Em média, na Europa Ocidental, 92% de toda a amônia se originam da agricultura. Aproximadamente 30% do nitrogênio excretado por animais nas fazendas são liberados para a atmosfera dos estábulos, durante o armazenamento, pastoreio e aplicação dos esterco ao solo. Emissões de amônia de áreas com culturas em crescimento são baixas, mas as emissões podem ser maiores nos restos culturais em decomposição. A produção do composto resulta em grandes perdas de amônia.

Deposição de amônia ocorre mesmo em áreas onde pequenas quantidades teriam sido aplicadas. Essa deposição, juntamente com óxidos de nitrogênio, diminui a biodiversidade, mas pode aumentar o armazenamento de carbono em sedimentos e solos florestais. Perto de grandes fazendas de gado, efeitos tóxicos localizados

podem causar dano à vegetação circunvizinha.

Deposição de amônia contribui para a acidificação do solo à medida que a amônia é nitrificada para nitrato e então o nitrato é perdido por lixiviação. A amônia também pode reagir na atmosfera com óxidos de enxofre para formar sulfato de amônio que chega ao solo com a chuva, causando acidificação.

Embora a maioria das emissões de amônia seja de esterco e fontes naturais, experimentos demonstram que perdas de nitrogênio à atmosfera na forma de amônia que seguem a aplicação de uréia podem chegar a 20% ou mais, sob condições temperadas. Perdas acontecem quando a uréia não é imediatamente incorporada ao solo e essas perdas são particularmente altas em solos calcários. A prática de plantio direto e/ou cultivo mínimo, em expansão, está aumentando a aplicação superficial de uréia e aumentando também as perdas. Perdas ainda maiores, até 40% ou mais sob condições tropicais, têm sido observadas em arroz inundado e em culturas perenes (banana, cana-de-açúcar, dendê e seringueira) nas quais a uréia é aplicada na superfície¹⁹.

8.2. Gases de efeito estufa

Gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) são os três gases mais importantes, causadores do efeito estufa. Eles absorvem a radiação solar ao invés de permitir que o calor irradie para longe da terra. O impacto dos gases de efeito estufa, ou potencial de aquecimento global (GWP), é uma função de dois fatores: sua “força de radiação” e a vida média desses gases no ar. Considerando o GWP do CO_2 como 1, o do CH_4 é 21 e o do N_2O é 310.

¹⁹ Estimativas de perdas de amônia por volatilização na agricultura brasileira têm determinado que esses valores podem chegar a 80%, quando da aplicação superficial de uréia na palhada no sistema plantio direto, e 35%, com a aplicação superficial na agricultura convencional. As perdas por volatilização com a aplicação de nitrato de amônio e sulfato de amônio são negligíveis. Cabe ressaltar que a simples cobertura da uréia com uma camada de 5 cm de terra reduz substancialmente essas perdas (Fonte: CABEZAS, W.A.R.L.; KORNDÖRFER, G.H. & MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. R. Bras. Ci. Solo, 21:481-487, 1997.)

8.2.1. Gás carbônico

A fixação do gás carbônico através da fotossíntese é a fonte de carbono orgânico para as culturas e eventualmente para os solos. Práticas de produção das culturas que aumentam a atividade fotossintética melhoram a retenção de carbono. A decomposição da matéria orgânica libera gás carbônico de volta para a atmosfera. Boas práticas de adubação e preparo do solo melhoram o ganho líquido de carbono no solo.

Estimativas recentes indicam que áreas agrícolas e florestadas do hemisfério norte são agora um dreno para gás carbônico no complexo solo/planta devido ao aumento no crescimento da vegetação. De acordo com E. Solberg (1998), para cada kg de nitrogênio aplicado como fertilizantes, 10 a 12 kg de carbono podem ser sequestrados. O rápido crescimento da área sob plantio direto ou cultivo mínimo está ajudando a reconstruir a matéria orgânica do solo, e, conseqüentemente, aumentando a quantidade de carbono armazenada.

8.2.2. Óxido nitroso

O óxido nitroso apresenta um efeito estufa e é considerado prejudicial à camada de ozônio. De acordo com peritos do Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas (IPCC), o óxido nitroso é responsável por 7,5% do efeito estufa calculado como decorrente da atividade humana. Sua concentração na atmosfera está aumentando a uma taxa de cerca de 0,2% por ano. Solos são a principal fonte global de N_2O , respondendo por cerca de 65% de todas as emissões; elas são resultado de processos microbianos. Fertilizantes nitrogenados podem ser fontes diretas ou indiretas de emissões de N_2O ; o IPCC assume, atualmente, um fator médio de emissão de N_2O do fertilizante nitrogenado de 1,25%, mas com uma amplitude de variação de nove vezes, ou seja, de 0,25 a 2,25%. Em geral, é provável que estratégias de manejo da adubação que aumentem a eficiência de absorção de N pelas culturas reduzam as emissões de N_2O para a atmosfera. Para informações adicionais, consultar O. C. Bockman e H. -W. Olf (1998) e K. A. Smith et al. (1997).

8.2.3. Metano (CH_4)

A produção de metano ocorre, principalmente, da decomposição de partes de plantas em áreas encharcadas, de áreas com cultura do arroz inundado, da fermentação gástrica dos animais ruminantes, dos excrementos animais, dos esgotos domésticos e fontes abióticas, tais como mineração de carvão e gases naturais, etc. O impacto direto de fertilizantes químicos na emissão de metano não está claro.

Nos E. U. A., estima-se que as fontes agrícolas respondam por 29% das emissões de metano. Das emissões agrícolas, animais ruminantes respondem por 62%, excrementos animais por 32% e campos de arroz inundados por 5%. Existem indicações de que práticas de cultivo e adubação nitrogenada diminuem a taxa pela qual o CH_4 é retirado da atmosfera pelos solos, contribuindo, como conseqüência, para os níveis atmosféricos de metano, mas essas quantidades são pequenas em relação ao total das fontes (W. Griffith e T. Bruulsema, 1997). A. Suzuki (1997) relata que campos de arroz inundado no Japão respondem por aproximadamente 10 a 30% das emissões totais de metano de todas as fontes. Nessas áreas, o metano é formado pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica. A adição de matéria orgânica de fácil decomposição aumenta de forma significativa as emissões de metano.

9 - PERDAS DE NUTRIENTES E EFICIÊNCIA

Em função das grandes quantidades envolvidas, a ineficiência no uso de fertilizantes representa uma perda econômica significativa. Por exemplo, considerando que aproximadamente 80 milhões de toneladas de N foram utilizadas na agricultura mundial em 1996, uma perda de 20% com um preço por atacado nos E. U. A. de US\$0,66 por kg de N na forma de uréia, representaria US\$ 10,6 bilhões. Perdas excessivas de nitrogênio e fosfato para águas e de nitrogênio para a atmosfera também apresentam um risco ambiental.

As plantas assimilam a maioria dos nutrientes de que necessitam das reservas do solo ou de fertilizantes minerais ou adubos orgânicos recentemente adicionados. A avaliação se os nutrientes adicionados são utilizados de maneira eficiente é feita, usualmente, pelo método da diferença.

$$\% \text{ de eficiência (recuperação)} = \frac{\left[\begin{array}{c} \text{Au na cultura} \\ \text{na dose Aa} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Au na cultura} \\ \text{sem A} \end{array} \right]}{A} \times 100$$

onde:

A é o nutriente avaliado na quantidade Aa
Au é a quantidade de A crescendo com A e sem A

Calculada dessa forma, a recuperação dos nutrientes adicionados é muito dependente da produtividade da cultura que recebe o nutriente sendo avaliado e da quantidade do nutriente que é fornecida pelo solo. Podem ser usadas diferentes escalas de tempo. Normalmente, só uma colheita ou ano são considerados, mas para solos nos quais podem ser acumuladas reservas de nutrientes disponíveis para as plantas, é apropriado considerar um período de tempo mais longo.

A. Finck (1992) considerou que as proporções médias de nutrientes do fertilizante absorvidas pelas culturas durante a estação de crescimento são: nitrogênio de 50 a 70%; fósforo: 15%; potássio: de 50 a 60%.

Dados da Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, para fósforo, mostram que, de 1843 até os anos 1970's, a extração de P foi um terço do total aplicado. Mas com a produtividade atual de 8,5 t/ha de grãos, a remoção de P nos grãos mais na palha é quase igual à aplicação anual de 35 kg P/ha, embora não necessariamente do P aplicado naquela cultura em particular. De modo semelhante, o aumento no rendimento de trigo de inverno remove, anualmente, em grãos mais palha, a maior parte do K aplicado a cada ano (90 kg K/ha).

9.1. Nitrogênio

Ao se avaliar a eficiência de nitrogênio, é importante levar em conta o fato de que a planta está, na realidade, em competição com a população microbiana do solo. Isto é especialmente verdade em solos nos quais a matéria orgânica está se acumulando.

Pilbeam (1996) colecionou dados de experimentos nos quais os fertilizantes marcados com ^{15}N , contendo N em diferentes formas, eram aplicados em diferentes fases de crescimento de trigo de sequeiro, cultivado em diferentes locais em todo o mundo. As proporções de nitrogênio absorvidas pelas culturas e no solo variavam amplamente em relação às diferenças em índices pluviométricos e evaporação entre os diferentes locais, mas a proporção de ^{15}N marcado que não foi detectada, e presumivelmente se perdeu do sistema cultura/solo, foi largamente independente das variações climáticas. As perdas de N que não puderam ser explicadas variaram de 10 a 30%, com uma média de 20%.

A. E. Johnston (1997) relatou que, em experimentos com ^{15}N na Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, aproximadamente 20% do N aplicado tinham sido incorporados à matéria orgânica do solo entre a aplicação e a colheita.

Esses dois fatores, a inevitável e parcial-

mente inexplicável perda de N, em média 20%, e a média de 20% incorporada ao solo, correspondem aos 50 a 70% de absorção pelas plantas da estimativa dos dados de Finck. O nitrogênio incorporado ao solo como matéria orgânica pode ser subsequente mineralizado e tornar-se disponível para as culturas subsequentes. E como não é fácil prever a quantidade e o prazo nos quais esse nitrogênio orgânico é mineralizado, é difícil de se fazer recomendações precisas para aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Embora 50 a 70% do nitrogênio aplicado possam ser absorvidos pelas plantas sob condições controladas nas estações experimentais, na prática, as perdas podem ser muito maiores.

R. S. Paroda (1997) afirma que, em relação à Índia, “A eficiência de uso de nitrogênio varia de 20 a 25% na cultura do arroz, 21 a 45% no milho, 45 a 50% no trigo. Um aumento de 1% na taxa de recuperação de fertilizante nitrogenado salvaria 98 mil toneladas de N, equivalente a 1 milhão de toneladas de grãos alimentícios. No caso do fósforo, a recuperação varia de 15 a 20%”. Em um trabalho anterior, R. S. Paroda et al. (1994) observaram que em sistemas de rotação arroz-trigo na Ásia, a eficiência de fertilizantes nitrogenados é calculada em torno de 30 a 40%. Para micronutrientes, como zinco, a eficiência raramente excede de 10 a 15%.

O texto seguinte é extraído de um trabalho de Peoples et al. (1995).

“Infelizmente, as fontes fertilizantes não são utilizadas eficazmente em sistemas agrícolas, e a utilização pela planta de N dos fertilizantes, raramente excede 50% do N aplicado. Um dos motivos principais para a baixa eficiência no uso de fertilizantes é que uma proporção do N aplicado (até 89%) é perdida do sistema solo-planta. O nitrogênio do fertilizante pode ser perdido por lixiviação, erosão e escoamento superficial, ou através de emissões gasosas. A importância relativa desses processos pode variar amplamente,

dependendo do sistema agrícola e do ambiente. De modo semelhante, a importância relativa da volatilização de NH_3 e da desnitrificação varia consideravelmente e depende do agroecossistema, forma de fertilizante nitrogenado utilizado, manejo imposto à cultura e das condições ambientais prevalentes. É enigmático que os agricultores em tantos países tolerem as baixas eficiências de uso de fertilizantes. Eles persistem com práticas agrícolas inadequadas enquanto práticas agrícolas simples que poderiam, se implementadas, aumentar a eficiência de utilização do N e diminuir os custos de produção, estão disponíveis. Problemas especiais surgem com culturas como arroz, algodão e cana-de-açúcar que recebem grandes doses de N, mas que também perdem grandes quantidades de N por desnitrificação e volatilização de NH_3 . Quando a situação econômica é boa, os agricultores não se preocupam com aplicações excessivas de N, mas as consequências ambientais dessa prática esbanjadora precisam ser certamente consideradas. ...Muitas técnicas estão agora disponíveis para controlar as perdas de N por volatilização de NH_3 e desnitrificação”.

Em trabalho na China (A. Dobermann, 1998), em 25 experimentos conduzidos em propriedades rurais, a recuperação média de N por plantas de arroz precoce foi, em média, de 29% (amplitude de 10 a 65%), comparado com 41% de recuperação em um trabalho conduzido numa estação experimental. No caso de agricultores tradicionais, foram obtidos 5 kg de grãos por kg de N aplicado, em comparação com 24 kg de grãos por kg de N aplicado na estação experimental. Em uma cultura de arroz tardio, a recuperação média foi de 5%, com a amplitude variando de 0 a 12%. O autor estima que são atingidos somente 60% do rendimento potencial em áreas intensivas de produção de arroz na Ásia, com perdas muito altas de N para o ambiente.

Em experimentos com arroz no Vietnã (A. Dobermann, 1998), houve uma eficiência média de 40% na recuperação do N aplicado, no caso dos agricultores tradicionais, mas com um rendimento de somente 11 kg de grãos por kg de

N aplicado. Com práticas agrícolas melhoradas, em outro local, uma recuperação de 69% foi obtida por agricultores, sendo produzidos 30 kg de grãos por kg de N aplicado.

Muito pode ser alcançado melhorando-se as práticas de manejo. Matson et al. (1998), trabalhando com trigo em uma região de agricultura intensiva no México, observaram que um sistema de manejo melhorado reduziu as perdas gasosas de N de aproximadamente 14 kg N/ha para virtualmente zero.

Uma maior eficiência de absorção pelas plantas também pode ser alcançada com novas variedades. A. Suzuki (1997) relata que uma variedade de alta produtividade de arroz no Japão absorveu aproximadamente 160 kg N por ha enquanto uma variedade comum absorveu 130 kg/ha.

9.2. Fósforo e potássio

Até há alguns anos atrás, acreditava-se que o fosfato (e a potássio) “fixado” pelo solo se tornava não disponível para as plantas, inerte e, conseqüentemente, em formas não utilizáveis. Tem havido, entretanto, uma mudança de percepção em anos recentes. Experimentos mostraram que, em muitos solos, as reservas de P e K disponíveis para as plantas podem se acumular com o passar dos anos. Solos enriquecidos com estas reservas produziram mais do que aqueles sem as reservas. Conseqüentemente, a absorção de apenas 15% do fósforo subestima a eficiência a longo prazo de fertilizantes fosfatados. Fosfato e potássio acumulados nos solos não necessariamente são perdidos - mas isto não é razão para acumular esses resíduos desnecessariamente. Existem valores críticos de fósforo e potássio abaixo dos quais ocorrem diminuições apreciáveis no rendimento, que representam uma perda financeira para o agricultor. Acumular P e K no solo acima desses níveis críticos é um custo desnecessário para o agricultor. Isso pode representar, também, um risco ambiental, visto que o solo perdido pela erosão hídrica ou eólica para os ribeirões, rios e lagos levam junto os nutrientes que estão nele

(A. E. Johnston, 1997). Pesquisas adicionais são necessárias para o estabelecimento desses níveis críticos para diferentes condições. Pesquisas para melhorar a absorção de P e K aplicados são também necessárias.

O fósforo apresenta efeitos diretos e indiretos. O aumento na disponibilidade de fósforo tem um efeito positivo na quantidade e qualidade das produções agrícolas. Através dos efeitos das interações indiretas, o fósforo aumenta as respostas do nitrogênio e do potássio na produção agrícola e tem efeitos positivos na fixação biológica de nitrogênio, na manutenção da matéria orgânica, na capacidade de retenção de umidade, no controle da erosão e em outras propriedades físicas e químicas do solo. Todos esses efeitos positivos resultam em aumento da produção agrícola, produtividade contínua e conservação do solo (C. A. Baanante, 1998).

9.3. Produtos

Como essas altas perdas de nitrogênio podem ser reduzidas? Em realidade, melhorias na eficiência de uso de fertilizantes têm sido observadas na maioria das regiões agrícolas, mas isto pode ser atribuído às melhorias nas práticas de cultivo, técnicas de aplicação de fertilizantes e variedades cultivadas. A não ser em relação a algum desenvolvimento no sentido de revestir os fertilizantes, produzir fertilizantes com liberação lenta e utilizar inibidores da nitrificação, tem havido, por muitos anos ou mesmo décadas, poucas mudanças significativas na natureza fundamental dos principais fertilizantes. Existe pouco incentivo para investir em pesquisa e desenvolvimento de um produto de baixo valor agregado, que oferece poucas perspectivas quanto a diferenciação de produtos.

9.3.1. Fertilizantes de liberação lenta

Fertilizantes nitrogenados de solubilidade controlada apresentam vantagens agronômicas, especialmente em regiões tropicais, e em regiões com solos arenosos, sujeitas a chuvas intensas e sob irrigação, onde perdas de N são particularmente acentuadas. Porém, até hoje o alto

custo desses fertilizantes de liberação lenta tem restringido o seu uso a culturas de alto valor, tais como as hortícolas.

O uso de fertilizantes nitrogenados de liberação controlada para culturas anuais é mais avançado no Japão, na cultura do arroz, cuja produção é pesadamente subsidiada. A quantidade de fertilizante requerida pela cultura do arroz é geralmente dividida em 3 a 4 aplicações. Isso consome muita mão-de-obra e para reduzir o número de aplicações, têm sido estudados fertilizantes recobertos, de liberação lenta. Os resultados experimentais indicaram que uma única aplicação basal desses fertilizantes revestidos e de liberação lenta atingiu produtividades comparáveis às aplicações tradicionais, divididas em 3 a 4 aplicações. Foi observado, também, que a eficiência de uso de nitrogênio poderia ser melhorada de 10 a 20%, devido, principalmente, a um aumento de cerca de 16% na absorção de N pelas plantas.

9.3.2. Inibidores da nitrificação e da urease

Restrições ambientais em certos países desenvolvidos podem encorajar mais agricultores para que usem inibidores da nitrificação e da urease, em associação com fertilizantes nitrogenados, em áreas onde é essencial reduzir perdas por razões ambientais. A aplicação de uréia (ou uma solução de nitrato de amônio/uréia, UAN), acrescida de um inibidor da urease geralmente permitiria uma redução significativa nas perdas de nitrogênio para a atmosfera, e, conseqüentemente, também nas doses de aplicação, sem afetar o crescimento e o rendimento de culturas adubadas.

O futuro, e em particular um uso mais amplo de fertilizantes de liberação lenta ou controlada e de inibidores da nitrificação e da urease, depende, principalmente, do desenvolvimento de novos produtos que sejam eficientes, de baixo preço e não tóxicos. Mesmo se forem desenvolvidos produtos novos e promissores, devido à necessidade de testes prolongados e à coleta de dados para efeito de registro desses produtos, a introdução efetiva no mercado levaria vários anos. Também deve ser

levado em conta que a orientação técnica aos agricultores, sobre como usar corretamente esses produtos, poderá ser muito cara.

O assunto relativo a fertilizantes de liberação lenta, nitrificação e inibidores da urease é tratado em detalhes por M. E. Trenkel (1998).

9.3.3. Melhoradores da absorção de nutrientes

Aumentar a absorção, pelas plantas, de nutrientes aplicados, ao invés da retenção desses pelo solo, é um meio de aumentar a eficiência de uso de fertilizantes. J. L. Anders e L. S. Murphy (1997) apresentaram trabalho com um polímero que melhorou a eficiência de absorção e a eficiência de uso de nutrientes.

9.3.4. Bio-fertilizantes; inoculantes microbianos

Inoculantes de sementes, geralmente, mas erradamente, chamados bio-fertilizantes, podem aumentar a fixação biológica de nitrogênio ou solubilizar fosfatos. Os inoculantes são considerados eficientes em termos de custo, “eco-amigáveis” e renováveis, e geralmente capazes de suplementar os fertilizantes químicos em sistemas agrícolas sustentáveis.

É conhecido há muito tempo que a inoculação com estirpes eficientes do *Rhizobium* simbiótico pode ser benéfica a plantas leguminosas e de sementes oleaginosas. Organismos de vida livre, tais como *Azobacter* e *Azospirillum*, têm sido provados como eficientes na cultura do arroz, dentre outras. O problema com inoculantes é que, o estabelecimento e, por conseqüência a eficiência, dependem das condições naturais e da habilidade do usuário. Em relação ao produto de “per si”, o inoculante é um material vivo e há problemas devido à necessidade de seleção de estirpes mais efetivas, à dificuldade de controle de qualidade, à curta vida própria, à necessidade de se evitarem altas temperaturas durante o armazenamento etc.

Com relação aos fosfatos, são conhecidas várias bactérias solubilizadoras capazes de mobilizar quantidades significativas de fosfato

do solo que, caso contrário, não estaria disponível à planta, mas a efetividade delas é variável e não previsível. Micorrizas vesicular-arbusculares têm efeitos favoráveis na absorção de P, mas muito mais pesquisa e desenvolvimento são necessários, antes que produtos comerciais confiáveis possam ser disponíveis. No momento, essa tecnologia não tem sido utilizada em larga escala.²⁰

O relatório do Centro de Tecnologia Alimentar e de Fertilizantes para a Ásia e região do Pacífico (FFTC, 1997) mostra que, enquanto existe um interesse crescente na Ásia para o uso de bactérias que fixam o N e solubilizam o P, a tecnologia de produção e usos desses avanços ainda está na fase inicial. Enquanto alguns materiais são bastante eficientes, muitos agricultores se acham, freqüentemente, pagando grandes somas por produtos praticamente inúteis. Existe um número muito grande de diferentes microrganismos em produtos microbianos e esses freqüentemente não são identificados, enquanto alguns são específicos para certas culturas. Há uma tendência de super valorização desses produtos e também uma grande necessidade de estabelecimento de padrões e desenvolvimento de métodos simples e precisos para avaliar suas eficiências.

Em geral, inoculantes microbianos têm recebido somente uma aceitação limitada pelos agricultores em países em desenvolvimento. Eles se mostram consideravelmente promissores, mas se faz necessário um maior desenvolvimento. Em geral, parece provável que, no tempo devido, eles

se tornarão suplementos significantes aos fertilizantes minerais, mas eles não podem substituí-los²¹.

Uma quantidade considerável de trabalhos de pesquisa foi desenvolvida com inoculantes microbianos na Índia. Em 1996, havia 62 unidades industriais no país. A Associação de Fertilizantes da Índia publicou uma brochura sobre o assunto (FAI, 1994).

9.4. O uso eficiente de fertilizantes

Uma adubação eficiente é importante sob ambos os aspectos: econômico e ambiental. Isso é o mesmo que minimizar perdas de nutrientes para o ambiente, enquanto se obtêm rendimentos ótimos da cultura. Excesso de nitrogênio não absorvido pelas culturas pode ser perdido para o ambiente. As quantidades e proporções requeridas de diferentes nutrientes, por cada cultura e cada solo em particular, devem ser respeitadas. O desafio é manter a fertilidade dos solos mesmo sob condições de uso intensivo.

Na realidade, a eficiência no uso de fertilizantes tem melhorado nos países desenvolvidos. Nos E. U. A., por exemplo, entre 1985 e 1995, a produção de milho por kg de nitrogênio aplicado aumentou de 18 kg em 1985 para 22 kg em 1995. A situação é mais ou menos a mesma com fósforo e potássio. Houve uma melhoria semelhante na Europa Ocidental, onde a produção agrícola continuou aumentando apesar da diminuição no uso de fertilizantes.

²⁰ Devido a dificuldade para multiplicar os fungos micorrízicos na ausência de raízes vivas, sua aplicação em larga escala na agricultura é ainda muito limitada. A inoculação só é viável em culturas que passam por uma fase de formação de mudas quando fungos eficientes podem ser introduzidos para garantir mudas de melhor qualidade e mais produtivas quando transportadas para o campo. A descoberta de substâncias (p.e. produtos a base de isoflavóides) capazes de estimular a micorrização das plantas abre novas perspectivas para a exploração dessa simbiose (Fonte: LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos: aspectos agrônômicos. Boletim Técnico nº 4, 3ª edição revisada e atualizada, São Paulo, ANDA, 72 p., 2000).

²¹ Um dos exemplos mais espetaculares do resultado do uso eficiente de inoculantes microbianos é o que ocorreu com a utilização do *Rhizobium* na cultura da soja no Brasil. Levando em conta a área plantada de 13 milhões de ha, com uma produtividade média de 2,4 t/ha, uma exportação de N nos grãos de 60,6 kg de N/t de soja e uma eficiência de 60% da adubação nitrogenada, isso equivaleria a aplicação de 3,15 milhões de toneladas de N ou 6,85 milhões de toneladas de uréia, que, aos preços de março de 1999 (US\$149,44/t), representa uma contribuição equivalente a aproximadamente 1 bilhão de dólares em fertilizantes minerais (Fonte: Moreira, F. M. S. & Siqueira, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. Editora UFPA, Lavras, 2001, no prelo).

9.5. Fertirrigação

Uma técnica que permite aos agricultores maximizar o uso dos recursos de água e aumentar a eficiência de uso de fertilizantes é a “fertirrigação”. Esta técnica é particularmente apropriada para culturas de alto valor sob condições de clima árido e semi-árido; e é amplamente utilizada em Israel. Ela envolve a adição de fertilizantes solúveis em sistemas de irrigação, preferivelmente usando um “sistema de gotejo” que permite distribuição uniforme da água e nutrição da cultura. O fertilizante pode ser aplicado à cultura sempre que necessário. O custo do investimento inicial pode ser alto, mas todos os sistemas de irrigação são caros. A instalação do sistema e sua manutenção exigem pessoal qualificado.

9.6. Adubação balanceada

Se qualquer nutriente de planta, seja um macronutriente ou um micronutriente, for deficiente, o crescimento e o desenvolvimento da cultura serão afetados. Uma definição de adubação equilibrada é “a mistura de nutrientes que dá o retorno ótimo econômico”. Isto pode estar a níveis altos na agricultura intensiva, ou a comparativamente baixos níveis em circunstâncias menos favoráveis. Em qualquer caso, uma adubação equilibrada é necessária para se obter uso eficiente.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados tende a ser preferida pelos agricultores, por causa do relativamente baixo custo por unidade de nutriente, por sua ampla disponibilidade, e a resposta rápida e evidente das plantas. Entretanto, os aumentos na produtividade exaurem o solo dos outros nutrientes de plantas que são removidos pelas colheitas, a menos que esses sejam repostos.

Pesquisa do IRRI, na Filipinas, mostrou que, enquanto uma aplicação de uma quantidade adequada de N aumentou o rendimento de arroz inundado em 2,9 vezes, também resultou na remoção de 2,6 vezes mais P, 3,7 vezes mais K e 4,6 vezes mais S do solo, quando comparado com as quantidades removidas de solo não adubado.

No tempo devido, esses nutrientes têm que ser repostos se se quiser manter a produtividade. O mesmo se aplica aos micronutrientes.

Em um documento da FAO em 1995 “*Arroz e o ambiente: impacto da produção, custos econômicos e implicações políticas*”, foi declarado que o uso incorreto de fertilizantes em grande parte da Ásia, desequilibrado em favor de nitrogênio, resulta em acamamento da cultura, maior competição das plantas invasoras e ataques de pestes, com uma perda financeira que varia de 4 a 30 % do preço do arroz.

“O uso de fertilizantes tem aumentado rapidamente no Paquistão durante muitos anos, mas há uma estagnação da produção das culturas. Isto parece ser, em grande parte, devido ao uso incorreto de fertilizantes. Os agricultores têm aplicado grandes quantidades de nitrogênio, mas somente pequenas quantidades de fósforo. Outros fertilizantes, como aqueles contendo potássio e micronutrientes praticamente não são usados. Fontes orgânicas não estão sendo corretamente integradas com fertilizantes minerais. Sob tais condições, o solo é exaurido e é necessário mais nitrogênio cada ano para obter a mesma colheita”. (Recomendações de Fertilizantes no Paquistão, NFDC, 1997, página 1).

9.7. Aplicações de fertilizantes específicas por local

A necessidade para um uso racional e sustentável do solo, especialmente em regiões sujeitas a grandes pressões demográficas, enfatiza a necessidade de planejamento mais efetivo do uso da terra. A classificação de tipos de solos de acordo com sua aptidão agrícola, juntamente com a implementação de práticas de conservação de solo, foi usada com grande sucesso para combater problemas de erosão e desertificação encontrados na agricultura dos E. U. A. nos anos trinta.

As recomendações de fertilizante deveriam levar em conta condições agro-climáticas e ambientais específicas. Recomendações gerais precisam ser ajustadas às condições de uma gleba em particular. Elas dependem de fatores como características do solo, práticas de cultivo,

qualidade e quantidade da água de irrigação, lençol freático, rotações de culturas e da capacidade administrativa do agricultor. O nível de rendimento esperado da cultura é uma consideração importante.

O rápido progresso na informática durante a última década, incluindo Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e mapas computadorizados, oferece a possibilidade de zoneamento agro-ecológico que pode ajudar em uma seleção preliminar de culturas e tecnologias, incluindo uso de fertilizantes apropriados, adequados às condições locais e aos problemas encontrados.

Em sistemas altamente evoluídos, a chamada “agricultura de precisão” pode usar comunicação por satélite e informações detalhadas do campo e da cultura para melhorar as operações na propriedade e a eficiência de nutrientes por meio da aplicação localizada e específica dos fertilizantes necessários. Análise de solo e diagnose de deficiências das culturas, para facilitar o detalhamento das doses de fertilizantes às exigências da cultura atual, são de importância fundamental na agricultura de precisão.

A agricultura de precisão não requer necessariamente máquinas e equipamentos sofisticados e sistemas de posicionamento de satélites. Agricultores em países em desenvolvimento poderiam melhorar bastante a precisão de seus programas de nutrição de plantas fazendo bom uso dos laboratórios de análises de solo e foliar e de boa orientação técnica.

10 - SISTEMAS INTEGRADOS

R. N. PRASAD (1997) afirmou: “*Os objetivos finais de uma agricultura sustentável são desenvolver sistemas agrícolas que sejam produtivos e lucrativos, conservem a base de recursos naturais, protejam o ambiente e aumentem a saúde e a segurança a longo prazo. Sistemas agrícolas tradicionais considerados sustentáveis no passado não têm sido capazes de responder adequadamente ao crescimento atual na demanda por “commodities” necessárias ao crescimento da população humana e animal, bem como ao rápido declínio de terra cultivável de qualidade e de recursos hídricos.*”

Os princípios básicos de manejo do solo em sistemas agrícolas sustentáveis são:

- *Repor os nutrientes removidos*
- *Manter as condições físicas*
- *Evitar o aumento da incidência de plantas invasoras, pragas e doenças*
- *Evitar o aumento da acidez do solo e da concentração de elementos tóxicos*
- *Controlar a erosão de tal modo que essa seja igual ou menor que a taxa de pedogênese (formação do solo).”*

10.1. Agricultura Integrada

“Agricultura Integrada” ou em francês “Agriculture raisonnée” é a combinação de práticas de manejo – incluindo o uso de rotações de culturas, práticas de cultivo, escolha de variedades adequadas, uso eficiente de fertilizantes e produtos protetores de plantas – com medidas para preservar e proteger o ambiente. A melhor combinação deve ser específica para cada propriedade.

O conceito é baseado no modelo alemão (FIP) desenvolvido em 1987. Na Inglaterra, o programa LEAF (Unindo o Ambiente e a Agricultura) tem apoio do governo, grupos de

agricultores, instituições de pesquisa, indústria de fertilizantes, grupos ambientalistas e organizações de consumidores. Na França, o FARRE, “Fórum da Agricultura Integrada e Respeito ao Ambiente” está tendo amplo apoio.

A “Agricultura Integrada” leva em conta, sistemática e simultaneamente, aspectos ambientais, a qualidade do produto e a rentabilidade da propriedade. Seu objetivo é desenvolver uma agricultura que seja sustentável mas que corresponda às necessidades dos agricultores e às expectativas da sociedade. Solo, recursos hídricos e biodiversidade são respeitados. São adotadas adubação e técnicas de proteção de plantas que minimizam os impactos ambientais adversos. Saúde animal e bem-estar, manejo dos efluentes e dos resíduos, otimização do uso dos recursos hídricos e controle da erosão são levados em conta. A “Agricultura Alternativa” tem conotação ideológica enquanto a “Agricultura Integrada” tem por objetivo fazer o melhor uso possível das melhores técnicas conhecidas.

A. Leake (1999), do Grupo de Fazendas CWS na Inglaterra declarou “*A Agricultura Integrada é um desenvolvimento recente, mas já está se mostrando promissora na sua habilidade para alcançar altas produtividades das culturas, eficiente em relação aos custos e com reduzido impacto ambiental. Esse sistema oferece uma alternativa real para a agricultura européia, comparado com sistemas convencionais de altos insumos e com agricultura orgânica de baixa produtividade.*”

10.2. Planejamento de uso da terra

Existem exemplos em certas regiões da União Européia e em outras, particularmente em áreas de bacias de contenção de água, de sucesso na cooperação entre agricultores, autoridades reguladoras do uso da água e dos serviços de extensão agrícola no estabelecimento de metas locais a serem alcançadas. O programa “Landcare”, na Austrália, é um exemplo de sucesso na administração de terra. Existem

programas semelhantes em outros países, tais como Brasil, Índia e África do Sul.²²

10.3. “Ferti-Mieux”

Em 1980, na França, o governo francês estabeleceu o COMIFER, o “Comitê Francês de Estudo e Desenvolvimento da Adubação Integrada”, cujo objetivo é promover uma adubação racional, fazendo uso de todos os meios científicos, técnicos e práticos. Esse comitê é composto de representantes de autoridades públicas e estabelecimentos educacionais, de organizações de agricultores, produtores e distribuidores de fertilizantes.

“Ferti-Mieux” define os passos a serem dados para se obter, em determinada área de uma microbacia, uma mudança progressiva nas práticas agrícolas que minimizaria o risco de poluição da água. A participação é voluntária. Tem como base um consenso, de âmbito nacional, entre o Ministério de Agricultura, as associações dos agricultores, as associações de fabricantes de fertilizantes, outros Ministérios, etc., e em âmbito local, entre agricultores, conselheiros, consumidores, agências de recursos hídricos, etc.

Uma operação de “Ferti-Mieux” aprovada e que respeita as diretrizes é reconhecida por uma identificação que é atribuída durante um ou dois anos, através de três diferentes organizações nacionais. A identificação provê uma garantia, para agricultores, conselheiros, agências financeiras e o público em geral.

10.4. Sistemas integrados de nutrição de plantas, SINP

Em 1996, a IFA publicou um documento preparado por R. Dudal intitulado “Nutrientes

de Plantas e Segurança Alimentar”, chamando a atenção da importância do manejo eficiente de nutrientes de plantas como um componente principal do desenvolvimento agrícola. Uma parte significativa do documento trata *dos sistemas integrados de nutrição de plantas (SINP) e assuntos relacionados*. Ele definiu a Nutrição Integrada de Plantas como: “*uma abordagem que adapta a nutrição de plantas a um sistema específico de agricultura e um objetivo de rendimento em particular, à base de recursos físicos, às fontes disponíveis de nutrientes de plantas e à estrutura sócio-econômica*”.

As fontes de nutrientes de plantas podem ser fertilizantes minerais e, ou, a fixação biológica de nitrogênio e, ou, os materiais orgânicos, dependendo das circunstâncias.

As recomendações do Seminário Internacional Sobre Sistemas Integrados de Nutrição de Plantas para o Desenvolvimento Sustentável, promovido pela: FAO-IFFCO (Cooperativa de Fertilizantes e Agricultores da Índia), e levado a efeito em Nova Deli, Índia, em Novembro de 1997 foram as seguintes:

- O desenvolvimento do SINP requer um serviço melhorado aos agricultores na forma de orientação técnica, insumos, crédito, facilidades de mercado, investimento público em agricultura.

O SINP deve:

- Almejar, tanto o aumento na produtividade como o aumento da renda dos agricultores, com atenção especial à diminuição da pobreza em áreas rurais;

- Integrar a manutenção de recursos naturais e a

²² No Brasil, o trabalho integrado em microbacias hidrográficas, posteriormente transformado em Programa Nacional, foi iniciado no final dos anos 70 em alguns municípios do Rio Grande do Sul e Paraná, fruto de uma ação integrada de instituições governamentais como a EMATER, cooperativas, iniciativa privada, associações de profissionais, prefeituras, entre outros. O objetivo básico desse trabalho foi de, inicialmente, estabelecer sistemas eficientes de controle à erosão, que não se restringissem às propriedades individualmente, mas à microbacia como um todo (Fonte: FREITAS, P. L. DE & KER, J. C. As pesquisas em microbacias hidrográficas: situação atual, entraves e perspectivas no Brasil. In: MUZZILI, O. & CASTRO FILHO, CELSO de (eds.) Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas: anais, Londrina, IAPAR, 1996, p. 43-57.)

reabilitação desses, quando necessário, e promover o aumento da produtividade agrícola;

- Ser orientado para sistemas e, em particular, levar em conta as interações entre o suprimento de nutrientes de plantas e água, entre nutrientes de plantas e o controle de pragas e doenças;
- Melhorar a disponibilidade de energia para a população rural, com a finalidade de economizar madeira e materiais orgânicos utilizados como combustíveis na geração de energia;
- Basear-se em ciências, associando agronomia, ecologia e ciências sociais;
- Usar um “Sistema Agrícola” que não seja, somente, baseado em sistemas de culturas.

10.5. Plantas leguminosas como fonte de N

Plantas leguminosas fornecem uma quantidade significativa de nitrogênio ao ecossistema. Tem sido estimado que a fixação biológica de nitrogênio fornece 30 a 40 milhões de toneladas de nitrogênio aproximadamente, por ano, em comparação com aproximadamente 80 milhões de toneladas partindo de fertilizantes nitrogenados. A contribuição das plantas leguminosas na nutrição das culturas é conhecida e tem sido usada há muito tempo em sistemas tradicionais.

Culturas leguminosas têm uma alta exigência de fósforo e de potássio, os quais têm que ser fornecidos. Os microrganismos, vivendo em simbiose, recebem sua energia das plantas em troca do nitrogênio que eles produzem. Eles não são conversores eficientes e a energia usada no processo de fixação natural se dá às custas do rendimento da cultura, i.e., as produtividades das plantas leguminosas tendem a ser baixas.

A possibilidade de usar leguminosas como fonte de nitrogênio é de interesse particular para pequenos produtores que não podem dispor de recursos para compra de fertilizantes nitrogenados. Entretanto, isso não é gratuito. Se a produção das leguminosas não for econômica,

ela ocupa área de solo que poderia ser posta para um melhor uso. M. E. Summer (1998) chama a atenção de experimentos na África nos quais rotação que incluiu dois ou três anos de pousio com *Sesbania*, seguindo-se a cultura do milho, propiciou um aumento espetacular na produção de milho comparada com a parcela com milho contínuo, sem adubação. Ele mostra, porém, que ainda é necessário aplicar fosfato. Entretanto, a produção de milho era menos da metade da que poderia ser alcançada com uma pequena aplicação de fertilizante nitrogenado.

O nitrogênio fornecido por plantas leguminosas não é mais “amigável” em termos ambientais do que o que é fornecido pelos fertilizantes minerais; na realidade, é provável que ele seja menos “amigável”. A quantidade, a taxa e a época de liberação do nutriente são difíceis de controlar. Em experimentos com pousios de gramínea/trevo na Inglaterra (Johnston et al 1994), após a aração das áreas sob pousio, foi plantado trigo de inverno, seguindo-se amostragem do solo durante o inverno e a primavera. Foi calculado que entre 110 e 250 kg de N por ha foram lixiviados quando o período de pousio aumentou de 1 para 6 anos. Na média, pela drenagem do solo, a quantidade de N aumentou a concentração de nitrato na água de drenagem de cerca de 200 mg/L para 400 mg/L, oito vezes o limite aceito pela União Européia para o teor de nitrato na água potável.

Adubos verdes, particularmente de plantas leguminosas fixadoras de nitrogênio, são fontes importantes de nitrogênio. Entretanto, elas podem não ser atraentes sob o ponto de vista do agricultor, se não produzirem um produto palatável e comestível. Pequenos produtores não podem dar-se ao luxo de usar uma parte da já pequena propriedade de forma não produtiva. *Adubos verdes* exigem muito trabalho. Eles fornecem quantidades significativas de nitrogênio, mas requerem a aplicação de fosfato e outros nutrientes. Eles também não são mais “amigáveis” em termos ambientais do que os fertilizantes minerais; por exemplo, existem evidências de que áreas previamente plantadas com leguminosas emitem óxido nitroso em quantidades semelhantes àsquelas de áreas

adubadas com fertilizante mineral. A liberação do nitrogênio fixado por plantas leguminosas é difícil de ser controlada.

Azolla, uma samambaia aquática flutuante associada com algas azuis-verdes que fixam nitrogênio, é usada como fonte de nitrogênio para arroz inundado (FAI, 1994). Usada como adubo verde, a dose ótima de aplicação chega a várias toneladas por hectare. Essa planta requer uma quantidade considerável de água e de fósforo e não pode resistir a altas temperaturas. Adubos verdes, como a *Sesbania*, têm sido usados por muito tempo na China (veja o relatório de uma excursão de estudo na China, FAO, 1977), mas desde a época dessa excursão o uso de fertilizantes nitrogenados na China aumentou de 8 para 23 milhões de toneladas de N.

11 - BALANÇO DE NUTRIENTES

O uso de comparações entre adição e remoção de nutrientes, nas publicações científicas, como ferramenta mestra para o equilíbrio ambiental em relação às práticas de adubação, começou durante os anos 1980's. Diferentes tipos de equilíbrio nas adubações entraram em uso. O mais comum é uma comparação entre adição e remoção de nutrientes a nível da propriedade (a alternativa "equilíbrio na superfície do solo" é mais complicada). Essa comparação examina a relação entre nutrientes aplicados na cultura e removidos na colheita. Considera todos os nutrientes que podem ter sido aplicados, se de origem mineral ou orgânica. O sistema, idealmente, deveria considerar também mudanças nos níveis de nutrientes no solo, e, em alguns casos, as perdas admissíveis.

O balanço de nutrientes está sendo desenvolvido pela Organização para Cooperação de Desenvolvimento Econômico (OCDE) como um indicador ambiental. Estes são indicadores nacionais (K. Parris e L. Reille, 1999) e exigem uma interpretação cuidadosa. Por exemplo, um país pode ter um excesso a nível nacional quando se observa poluição de nitrato em algumas áreas e depleção de nutrientes em outras. O indicador de equilíbrio de nutrientes precisa ser usado em conjunto com indicadores de manejo de nutrientes na propriedade, qualidade do solo e qualidade da água.

Excrementos animais contêm quantidades significativas de nutrientes de plantas (veja a seção Materiais Orgânicos). É então evidente que todas as fontes de nutrientes deveriam ser levadas em conta na determinação das doses de adubação mineral.

Sistemas de balanço de nutrientes baseados na contribuição de nutrientes aplicados e removidos pela produção das culturas são usados em alguns países da Europa, como uma medida para avaliar o desempenho ambiental de propriedades rurais, particularmente em países com problemas de onde aplicar os esterco animais.

Na Dinamarca, desde 1994, os agricultores têm que preparar um plano de adubação, uma vez que a quantidade de nitrogênio que pode ser aplicada em cada tipo de cultura é regulamentada. Outra exigência é que 65% da área cultivada devem ser cobertos por uma cultura de cobertura no inverno. As multas são pesadas no caso de infração. Na Alemanha, um "Regulamento Federal de Uso de Fertilizantes" entrou em efeito em janeiro de 1996. O modelo deve ser implementado agora nos estados da federação alemã. Na Noruega, planos de fertilizantes são agora compulsórios. Na Holanda, um esquema compulsório de avaliação de nutrientes começou em 1998. Aplicações de nutrientes acima do máximo serão multadas. Ver O. L. H. Möller-Hansen et al. (1999).

O balanço de nutrientes pode indicar um déficit ou um excesso. O exercício poderia ser, então, também útil em países em desenvolvimento onde estão sendo exauridas as reservas de nutrientes dos solos. Uma proporção significativa dos nutrientes que são fornecidos ao gado e são excretados no esterco nas criações intensivas, tem origem de alimentos que foram importados de outras regiões do mundo, e, assim, estão exaurindo os nutrientes dos solos das regiões exportadoras. Mas em muitos países em desenvolvimento, os solos estão também sendo exauridos pelo processo de apenas fornecer subsistência a quem os cultiva.

12 - SAÚDE

12.1. Saúde humana

12.1.1. Nitrato

A água potável normalmente provê de 10 a 30% do nitrato ingerido, sendo o restante proveniente de legumes, frutas e carne. A proporção de nitrato convertida a nitrito também varia amplamente, mas aproximadamente 7% são típicos.

Nitrato na água potável é considerado um problema de saúde pública porque o nitrato é reduzido rapidamente a nitrito no corpo. O nitrito oxida o hemoglobina do sangue que não pode, então, transportar o oxigênio para os tecidos; isto pode se manifestar em bebês de até seis meses de idade, causando a síndrome do bebê-azul. Isso é normalmente causado pela conversão microbiana de nitrato a nitrito dentro das mamadeiras como resultado de higiene inadequada. A ocorrência dessa síndrome é agora um fato raro, embora, por alguma razão, ainda ocorram casos na Hungria e Romênia.

Outra preocupação é que o nitrito pode reagir com compostos no estômago produzindo compostos com N-nitroso, particularmente nitrosaminas, que foram testadas positivamente como carcinogênicos em experimentos com animais. O nitrato ingerido é absorvido rapidamente na porção superior do trato gastrointestinal, sendo a maior parte desse subsequente eliminada na urina. Aproximadamente 25% do nitrato no sangue são secretados pelas glândulas salivares, e a flora microbiana da cavidade oral reduz parte do nitrato a nitrito.

Nunca é possível provar risco zero, mas deve-se levar em conta que as doses de nitrosaminas que foram provadas como carcinogênicas aos animais excedem, em muito, as doses às quais os seres humanos são expostos. Nenhuma ligação com câncer em seres humanos foi demonstrada.

Na realidade, existem evidências atuais de

que algum nitrato é benéfico. Muitos patógenos são suscetíveis a nitrito sob condições ácidas (T. M. Addiscott, 1996; M. Golden e C. Leifert, 1997; C. Leifert et al., 1999).

Fósforo e potássio não têm nenhum efeito adverso conhecido na saúde humana. Ambos são componentes importantes dos organismos vivos. Além de não ter qualquer efeito prejudicial, a ingestão de potassa pode ter um efeito benéfico na saúde humana, reduzindo a hipertensão.

12.1.2. Qualidade do produto

Alguns afirmam que plantas cultivadas com “fertilizantes artificiais” têm menos sabor e são menos saudáveis do que, por exemplo, produtos da agricultura orgânica. Na realidade, a planta não distingue entre a fonte original, mineral ou orgânica, de seus nutrientes - eles são todos absorvidos na mesma forma química.

Porém, de acordo com uma revisão de literatura por K. Woese et al. (1995), plantas hortícolas convencionalmente produzidas ou adubadas podem ter um teor de nitrato mais alto quando comparadas a plantas produzidas “organicamente” ou não adubadas, especialmente aquelas verdes e de raízes exploráveis que são nitrofilicas. Legumes de origem orgânica também tendem a ter um conteúdo mais alto de matéria seca. Em relação a todos os outros parâmetros que determinam valores nutricionais e avaliação sensorial, os autores notaram que as diferenças entre os dois sistemas não eram significativas ou que os resultados eram contraditórios de forma que não puderam ser feitas conclusões.

As adubações em excesso devem ser evidentemente evitadas, mas adubações corretas podem ter um impacto positivo na qualidade de produto agrícola. Por exemplo, o conteúdo de minerais, proteínas e vitaminas das culturas pode ser melhorado se uma adubação adequada corrige um nível inadequado de nutriente disponível, previamente existente. A qualidade para panificação do trigo, a qualidade para fermentação da cevada e a cor, o caráter crocante

e a textura de vários legumes se beneficiam de uma adubação adequada, assim como o tamanho e o sabor das frutas. O potássio melhora a qualidade de tubérculos de batata e o conteúdo de açúcar da cana-de-açúcar. O enxofre aumenta o conteúdo de proteína nos grãos e o teor de óleo de sementes oleaginosas. E assim por diante.

12.2. Saúde das plantas

O uso de fertilizantes em doses excessivas tem efeitos prejudiciais ao crescimento das culturas. Exemplos disso são o acamamento de cereais e o baixo conteúdo de açúcar na beterraba açucareira como resultado de quantidades excessivas de nitrogênio; as desordens nutricionais envolvendo micronutrientes, como a deficiência de zinco induzida por excesso de fertilizante fosfatado ou de calcário; o impedimento na germinação de sementes e dano às mudas por excesso de sais solúveis de fertilizantes adjacentes à linha de plantio; a ação acidificando de fertilizante nitrogenado ao solo, e aumentos na incidência de doenças e pragas com o uso de excesso de fertilizantes nitrogenados. Se a aplicação de nitrogênio conduz à acidificação do solo, isso pode induzir à toxidez de alumínio e manganês, caso o calcário não seja aplicado para reduzir esse efeito.

Em relação a doenças de plantas, o impacto mais importante do nitrogênio é no vigor e crescimento da planta. Esses dois fatores têm um impacto importante na suscetibilidade das plantas a muitas doenças. Plantas vigorosas com crescimento rápido são geralmente mais sensíveis a parasitas obrigatórios e alguns patógenos são especificamente mais agressivos nas plantas vigorosas. Porém, a maioria dos patógenos que causam necrose atacam plantas menos vigorosas com deficiência de nitrogênio. Fertilização equilibrada fornece excelente proteção. A época de aplicação de fertilizantes é importante. Uma época de aplicação errada pode induzir a crescimento exagerado da parte foliar das plantas e manter umidade alta, condições que são

favoráveis ao desenvolvimento de doenças.

A aplicação de fósforo parece favorecer a proteção das plantas contra doenças, seja pela correção de deficiência desse nutriente no solo, conseqüentemente induzindo um melhor crescimento das plantas, ou por acelerar o processo de maturação, não favorecendo alguns patógenos, como míldios, que afetam os tecidos jovens.

O potássio pode aumentar a eficiência de uso de outros nutrientes pelas plantas, particularmente de N. O potássio tem um efeito benéfico na qualidade de uma gama extensiva de culturas, especialmente em termos de melhoria na quantidade e qualidade da proteína. O potássio pode diminuir a incidência de doenças de plantas e reduzir estresses abióticos, particularmente causados pelo frio. O elemento pode ter uma ação direta na penetração do patógeno, tamanho da lesão e na densidade do inóculo. Um efeito indireto do potássio no desenvolvimento de doenças é estimular o processo curativo (interação com os parasitas de cicatrizes), aumentar a resistência ao frio e também atrasar a maturidade e senescência das frutas. Não existe nenhuma poluição conhecida ou periculosidade à saúde pelo uso de fertilizantes potássicos na agricultura. Porém, a aplicação de cloreto de potássio para culturas sensíveis a cloreto deve ser evitada, assim como o uso desse fertilizante em certos solos salinos.

O cálcio pode ter um efeito na parede celular das plantas tornando-as mais resistentes à penetração de patógenos. Uma deficiência em cálcio aumenta a sensibilidade de plantas a muitos fungos²³.

²³ Os interessados na inter-relação entre nutrição mineral de plantas e ataque de pragas e doenças devem consultar o trabalho: ZAMBOLIM, L. & VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral de plantas. Informações Agronômicas, Nº 75, Setembro 1996, POTAFOS, Piracicaba, encarte técnico, 16 p.

13 - BIODIVERSIDADE

Comunidades de plantas e de animais podem ser afetadas diretamente por mudanças nos seus ambientes por variações na qualidade de água, ar, solo e sedimentos e por perturbação por barulho, luz estranha e mudanças na cobertura vegetal. Tais mudanças podem afetar diretamente a biosfera, por exemplo o “habitat”, o suprimento de alimentos e de nutrientes, áreas de criação, rotas de migração, vulnerabilidade aos predadores, ou mudanças nos padrões de pastoreio dos herbívoros, que, por sua vez, podem ter um efeito secundário nos predadores. Perturbação do solo e remoção da vegetação e efeitos secundários como erosão e deposição afetam diretamente as comunidades e também levam a efeitos indiretos transtornando o equilíbrio de nutrientes e a atividade microbiana no solo.

Um efeito comum de longo prazo é a perda do “habitat” que afeta as comunidades da fauna e da flora e induz a mudanças na composição das espécies e ciclos primários de produção. Por exemplo, em alguns países, a pressão da população está levando ao cultivo de terras inadequadas, frágeis. Florestas tropicais, que se desenvolvem em solos que normalmente são altamente intemperizados, estão sendo desmatadas. Uma grande proporção da Floresta Amazônica, por exemplo, se desenvolve em solos pobres que se deterioram rapidamente após o desmatamento. Existe um amplo cenário para melhorar a produtividade agrícola em solos mais adequados no Brasil, evitando a abertura de novas áreas da floresta amazônica e até mesmo permitindo que algumas áreas degradadas revertam a floresta natural.²⁴

Na Indonésia, esquemas de assentamentos agrícolas envolveram a derrubada da floresta tropical, seguindo-se a deterioração rápida do solo. Com adubação adequada e boas práticas de manejo, tem sido demonstrado que estes solos podem ser reabilitados, evitando-se, conseqüentemente, a necessidade de desmatar

áreas adicionais de florestas e, com isso, prevenindo a erosão adicional do solo e a degradação.

O superpastejo é uma das principais causas da erosão do solo e a população de gado está tendendo a aumentar. Um aumento na produção de forragem, com práticas adequadas de adubação, é uma excelente maneira de reduzir a pressão do gado sobre as áreas de pastagens.

Uma redução indiscriminada no uso de fertilizantes exigiria que os agricultores usassem mais hectares cultivados para manter, ou aumentar, os níveis atuais de produção. Isto poderia requerer o uso de solos menos produtivos e frágeis.

A urbanização aumenta as emissões de carbono, ao passo que as plantas absorvem carbono. Mannion (1997) observou, entretanto, que, com esse processo, as áreas agrícolas estão tendendo a diminuir, em muito, nos países desenvolvidos, com correspondentes aumentos, por exemplo, da área florestada. Isto representa um aumento líquido no estoque de carbono. Mas nos países em desenvolvimento, a área agrícola está tendendo a aumentar, as florestas tropicais estão sendo transformadas em terras agrícolas, e as terras agrícolas estão sendo perdidas à urbanização. Esse desenvolvimento, claramente, reduz o estoque vegetativo de carbono, resultando, também, em uma perda da biodiversidade e nos recursos genéticos.

Progressos recentes têm sido obtidos em muitas regiões do mundo pela implementação de práticas de conservação do solo que são “amigáveis” do ponto de vista da diversidade, retirando áreas marginais do processo produtivo, controlando o arrastamento superficial de nutrientes e outros produtos químicos, desenvolvendo novas variedades de plantas cultivadas que são geneticamente resistentes a doenças, pragas e estresses abióticos.

²⁴ Esse é o enfoque dos trabalhos: Preservação ambiental e produção de alimentos. Lopes A. S. & Guilherme, L. R. G. São Paulo, ANDA, 1991. 16p. e Tecnologia, produção de alimentos e preservação ambiental. Lopes A. S. & Guilherme, L. R. G. São Paulo, 2001 (no prelo).

Nos E. U. A., a Lei Agrícola de 1996 criou novos programas como o Programa de Incentivos à Qualidade Ambiental, o Programa de Incentivos ao Habitat da Vida Selvagem e o Programa de Proteção da Propriedade Agrícola. Várias outras opções de políticas que pretendem promover sustentabilidade se encontram em várias fases de adoção. Em 1996, as Medidas de Acompanhamento Agrícolas/Ambientais da União Européia responderam por mais de 2 bilhões de euros, ou cerca de 1,8 bilhão de dólares em investimentos.

Até recentemente, a biologia do que acontece na região da raiz - a rizosfera - era relativamente negligenciada.

M. J. Swift (1998) escreve “*O manejo do solo foi dominado pelo que pode ser chamado de um paradigma de “manejo ambiental”. A produção das culturas é vista como sendo regulada por seu ambiente físico-químico que pode ser alterado e manejado por meios físicos e pela introdução de substâncias químicas inorgânicas para atender as necessidades da cultura. Em anos recentes um conceito alternativo de “manejo biológico” tem emergido e aborda a manipulação de populações biológicas e processos do solo, assim como as suas propriedades físico-químicas. Em nenhum local na superfície da terra foi possível avaliar a completa diversidade biológica da comunidade de organismos do solo.....O sistema convencional de manejo agrícola busca evitar ou até mesmo inibir estes reguladores biológicos e freqüentemente rompe ou destrói a estabilidade e a capacidade de recuperação do ecossistema. Um sistema com enfoque biológico provê um conceito mais amplo e ecológico de manejo de solos que é traduzido, mais prontamente, pelas escalas que vão das parcelas experimentais ao ecossistema e paisagem. Isso não é apenas diferente do paradigma físico-químico da*

*revolução verde mas também daquele da agricultura orgânica uma vez que não evita insumos químicos derivados do petróleo, mas sim enfoca a eficiência do uso desses produtos. A ciência do ecossistema provê uma estrutura que integra os atributos funcionais de populações biológicas com os seus ambientes físicos e químicos”.*²⁵

Sabe-se que o uso de altas doses de fertilizantes nitrogenados inibe a atividade de organismos simbióticos que fixam nitrogênio, como as espécies de *Rhizobium*. Se uma planta leguminosa é bem provida de nitrogênio do solo e, ou, pelo fornecimento de fertilizante mineral, ela se torna menos eficiente na fixação do nitrogênio atmosférico; muitas leguminosas não nodulam na presença de um alto nível de nitrato no solo. Tem também sido muito discutido que o uso de fertilizantes, especialmente nitrogenados, pode inibir os microrganismos que mineralizam a matéria orgânica do solo.

Invertebrados do solo (formigas, cupins, minhocas, centopéias, etc.) executam uma função importante na manutenção de fertilidade do solo. Fertilizantes minerais têm sido apontados como tendo um efeito adverso na população de minhocas. É certamente possível demonstrar os efeitos letais de sais de fertilizantes e amônia anidra quando aplicados em contato com uma minhoca viva. Mas somente uma pequena porção do habitat do solo ocupado pelas minhocas entra em contato direto com os fertilizantes aplicados, e, por conseguinte, a proporção da população total afetada é pequena. Um possível impacto adverso na população de minhocas poderia ser o resultado da acidificação do solo pela aplicação de certos fertilizantes nitrogenados não neutralizados pela aplicação de calcário; as minhocas são inibidas pela acidez do solo. Entretanto, alguns pesquisadores estabeleceram que o maior suprimento de material orgânico

²⁵ Em iniciativa inédita no país e organizada pelo Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, a FertBio'98, realizada em Caxambu, MG, buscou explorar a inter-relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, como maneira cientificamente orientada para atingir a consolidação de um paradigma mais abrangente e equilibrado para a produção agrícola do terceiro milênio. Os interessados sobre essa integração de conhecimentos devem consultar os anais desse encontro: SIQUEIRA, J. O. et al., (eds) Inter-relação fertilidade, biologia e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships., Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. 818p.

fresco, obtido pela adubação, é da maior significância para as minhocas. O tamanho e número de minhocas invariavelmente aumentam à medida que os solos partem de uma fertilidade baixa para uma fertilidade alta através da adubação.

A evidência circunstancial dos experimentos nos quais fertilizantes minerais têm sido aplicados continuamente por um longo período de tempo, em um sistema completamente sustentável, indica, a priori, que o uso de práticas corretas de adubação não prejudica a flora e a fauna do solo essenciais para produção das culturas.

14 - MATERIAIS ORGÂNICOS

Materiais orgânicos influenciam a disponibilidade de nutrientes de plantas por:

- Fornecer nutrientes de plantas; embora o conteúdo de nutrientes seja muito variável e baixo; menos de 2% dos nutrientes totais no esterco de curral, e cerca de 1% no chorume;
- Fornecer uma fonte de carbono e energia para as atividades microbianas;
- Controlar o balanço líquido entre mineralização e imobilização;
- Aumentar a matéria orgânica que pode melhorar a estrutura, o armazenamento de água e capacidade de troca de cátions do solo;
- Possivelmente, aumentar a disponibilidade de P.

Uma aplicação de até 5 t/ha de esterco de curral contém N suficiente para produzir 2 t/ha de milho, mas não pode satisfazer as exigências de P. O rendimento médio de milho nos E. U. A. é de aproximadamente 8 t/ha.

É também necessário distinguir entre material orgânico produzido no local, onde a única adição para o reservatório solo é o nitrogênio fixado por leguminosas, e material orgânico produzido em outro lugar, que traz um ganho líquido de nutrientes.

Fertilizantes minerais não deveriam ser usados como substitutos ao esterco onde esse último for disponível. Se existe um estábulo para o gado na propriedade, o adubo produzido tem que ser colocado em algum lugar e isto pode ser feito melhor pela aplicação nas lavouras. O esterco deve ser suplementado com fertilizantes minerais para se chegar à exigência total de nutrientes da cultura. Porém, em termos globais, a disponibilidade de esterco está longe de ser suficiente para fornecer as quantidades de nutrientes requeridas pelas culturas. Adubos orgânicos e fertilizantes minerais são complementares, não competitivos.

Revisando o tópico de materiais orgânicos,

seria útil diferenciar a situação dos climas frios e temperados, dos climas mediterrâneos, subtropicais e tropicais.

14.1. Regiões de clima frio e temperado

Johnston (1997) relata, com base em experimentos na Inglaterra, conduzidos por muitos anos, a importância da incorporação da matéria orgânica. Os rendimentos das culturas foram os mesmos em áreas que receberam fertilizante NPK e esterco de curral, contanto que a quantidade de N aplicada fosse adequada. Isso foi assim até os anos 1970's, embora a aplicação anual de 35 t/ha de esterco de curral tenha resultado em uma diferença de duas vezes e meia no teor de húmus do solo, no tratamento com esterco de curral, quando comparado com o tratamento com fertilizante mineral. Entretanto, resultados recentes sugerem que o húmus tem um papel importante na produtividade da terra. Para alcançar o alto potencial de rendimento de novos cultivares, todos os fatores que afetam o crescimento, inclusive o ambiente radicular no solo, têm que ser ótimos. Existem também fortes indicações de que, no campo, solos com mais matéria orgânica tiveram uma melhor estrutura e as raízes encontraram suficiente P para crescimento ótimo sob mais baixa concentração de P disponível, do que em solos com pior estrutura. O efeito ficou evidente mais recentemente com o aumento atingido nas produtividades das culturas.

Grandes quantidades de matéria orgânica têm que ser adicionadas para aumentar apreciavelmente a matéria orgânica do solo no curto prazo. Em sistemas tradicionais de agricultura, os efeitos podem ser pequenos. Por exemplo, em Rothamsted, alternando-se três anos de pousio com gramíneas com três anos de cultivo convencional, houve um aumento na matéria orgânica do solo de apenas 10%, depois de 18 anos (A. E. Johnston, 1973).

É tradicional e boa prática agrícola fazer ótimo uso de materiais orgânicos. Infelizmente, uma proporção significativa do nitrogênio é

perdida para o ambiente durante o armazenamento e manuseio. As quantidades que são efetivamente aplicadas devem ser levadas em conta ao se fazer planos de adubação das culturas.

Os esterco ocupam muito espaço e, conseqüentemente, são caros para transportar e consomem muita mão de obra. Eles são freqüentemente desagradáveis de trabalhar, podem conter elementos tóxicos, organismos patogênicos e antibióticos que se originam da alimentação animal. Além disso, é mais difícil de se utilizar efetivamente os nutrientes, especialmente o nitrogênio, contidos no esterco de curral do que aqueles provenientes dos fertilizantes minerais. O conteúdo de nitrogênio dos esterco apresenta uma variação considerável com o passar do tempo, entre espécies de gado e de acordo com o tipo e qualidade da forragem fornecida aos animais. A relação entre os nutrientes, freqüentemente, não atende as exigências das culturas e pastagens. O nitrogênio (N) no esterco animal ocorre em formas inorgânicas e orgânicas. Por último, e talvez mais importante, a mineralização da fração de nitrogênio orgânico depende da temperatura e teor de umidade do solo, práticas de cultivo, e do teor geral de matéria orgânica. Não é possível, então, controlar a liberação de nitrogênio para as culturas. Na Europa, a lixiviação de nitrogênio e a adição desse nos corpos d'água é significativamente maior pelo uso de esterco e chorume do que pela aplicação correta de fertilizantes minerais.

O conteúdo inicial de fósforo e de potássio no esterco e no chorume está quase totalmente presente no material aplicado ao solo, mas ocorrem perdas significativas de nitrogênio. Na Europa, estima-se que 37% do conteúdo de nitrogênio original do esterco ou chorume são perdidos como amônia antes de serem aplicados ao solo. Isto inclui 12% de perdas durante o armazenamento no inverno, 7% no armazenamento de verão e 18% durante a distribuição (EFMA, 1997). É difícil a obtenção de estimativas precisas das perdas durante a

estação de cultivo, mas trabalhos conduzidos em Rothamsted, na Inglaterra, indicam que as perdas são substanciais e muito maiores do que as perdas decorrentes da aplicação de fertilizantes nitrogenados. (A. E. Johnston, comunicação pessoal). Durante o inverno, o N mineral nas parcelas tratadas com esterco de curral, suscetíveis de lixiviação, era muito maior do que nas parcelas tratadas com NPK (D. S. Powlson et al. 1989).

Existem amplas evidências de que, até a dose ótima econômica de aplicação, muito pouco do nitrogênio do fertilizante aplicado é lixiviado durante a estação de crescimento. O nitrogênio aplicado é absorvido pela planta e parte pode ser armazenada no solo. O nitrogênio da parte da planta que não é colhida, removida ou queimada, também vai para a matéria orgânica do solo. Parte desse nitrogênio ficará disponível às culturas subseqüentes, mas com certas práticas agrícolas, tais como deixar o solo sem cultivo durante uma estação, o nitrogênio armazenado na matéria orgânica do solo pode ser liberado pela desnitrificação e também lixiviado.

14.2. Regiões de Clima Tropical e Subtropical

O teor de matéria orgânica do solo é, em geral, relativamente baixo sob condições climáticas mais quentes devido à oxidação, e os benefícios do aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo são mais claros do que sob condições temperadas. Além do conteúdo de nutrientes de plantas e funções na melhoria das propriedades físicas do solo, existem evidências de que o material orgânico ajuda a compensar os efeitos de acidez do solo e toxidez de alumínio, e pode formar locais no solo que retêm fosfato prontamente disponível para a absorção pelas plantas. Deficiências de micronutrientes estão aumentando sob condições intensivas de cultivo e, na ausência de avaliações mais precisas, o material orgânico de fontes externas pode fornecer, incidentalmente, parte das necessidades²⁶.

²⁶ Para as condições da grande maioria dos solos no Brasil, principalmente os Latossolos e os Argissolos (anteriormente denominados Podzólicos) altamente intemperizados do Brasil Central, é extremamente importante que o sistema produtivo leve em conta a importância da manutenção de teores adequados de matéria orgânica, com todos benefícios inerentes.

Em experimentos na Índia, a aplicação de esterco juntamente com fertilizantes minerais tem mostrado uma clara vantagem no rendimento das culturas. Experimentos de longa duração mostraram que, depois de 20 anos de aplicação de sulfato de amônio, o rendimento da cultura caiu a zero. A adubação NPK mais calcário manteve o mais alto rendimento enquanto que o esterco de curral sustentou a produção, porém num menor nível de produtividade. Onde foram aplicadas combinações de NPK e esterco de curral, esse último contribuiu com 20% da produção total.

Em Burkina Faso, foram comparados por mais de 11 anos em um Oxisol (Latossolo), fertilizantes minerais, esterco e uma mistura dos dois. Todos os tratamentos aumentaram os rendimentos do milho durante os primeiros 3 a 4 anos. Após isso, durante o período de 4 a 6 anos, os rendimentos diminuíram em todos os tratamentos. A mistura proporcionou rendimentos mais altos do que quando do uso de apenas fertilizantes minerais durante 11 anos. O fertilizante aumentou a acidez. Quando a acidez do solo e a toxidez de alumínio trocável foram neutralizados pela calagem, o rendimento aumentou. O esterco ajudou a diminuir as conseqüências, mas foi incapaz de neutralizar toda a acidez provocada pelos fertilizantes minerais.

Falando sobre a situação na Índia, N. E. Borlaug (1996) comentou que não havia esterco disponível na Índia para fornecer os nutrientes suficientes para produzir grãos alimentícios necessários para alimentar a população. O suprimento de nutrientes do adubo orgânico era insuficiente para compensar o esgotamento de nutrientes e o suprimento de nutrientes dessa fonte era improvável de ser melhorado, devido à demanda competitiva para usos alternativos do esterco como combustível, forragem e alimento. Comparando a situação da China com a da Índia, ele disse que uma das razões para o maior uso de matéria orgânica na China era o fato de que o governo subsidiava o carvão, com isso reduzindo a necessidade para usar materiais orgânicos como combustível.

Em muitos países da África e da Ásia, dejetos animais e resíduos de culturas têm usos competitivos e o problema é a escassez e não o excesso como na Europa e em outros locais. Os sistemas produzem muito pouca biomassa, e muito do que é produzido, é consumido por animais sob pastejo e então excretados em outro lugar. O retorno da matéria orgânica ao solo é desprezível.

Precauções para evitar a aplicação de substâncias tóxicas com o uso de materiais orgânicos devem ser levadas a efeito, evidentemente. Também a aplicação de esterco sob condições anaeróbicas, por exemplo em arroz inundado, deveria ser evitada para prevenir a liberação de metano. Além disso, é fortemente recomendada a integração da adubação mineral e orgânica.

14.3. Compostos

O FFTC (1997) relata, com relação à Ásia e à região do Pacífico, que “*existe também uma necessidade urgente para reduzir a poluição por resíduos agrícolas. Uma forma de lidar com isso é produzir um composto desses resíduos e usá-lo como fertilizante. São necessários métodos muito eficientes de compostagem para essa finalidade. Gases mal cheirosos emitidos durante o tratamento do esterco de curral ou dos resíduos agro-industriais podem causar séria poluição do ar. Existem meios para controlar tais odores.*”

Existem várias plantas utilizadas na compostagem. Seus produtos são, freqüentemente, de baixa qualidade e também contêm quantidades desconhecidas de fertilizantes químicos, em proporções inadequadas às necessidades das culturas. Há uma necessidade urgente para definir padrões nos fertilizantes orgânicos.

Por causa da dificuldade no controle de qualidade, a maioria dos fertilizantes orgânicos comerciais não está coberta por padrões nacionais de qualidade como os fertilizantes químicos”.

15 - RECURSOS

15.1. Disponibilidade de recursos

15.1.1. Energia

Os fertilizantes, especialmente fertilizantes nitrogenados, exigem energia de combustível fóssil para sua fabricação, e alguns também para o transporte e a aplicação. Estima-se que a agricultura mundial utiliza, aproximadamente, 5% do consumo de energia global. Isso inclui a produção de fertilizantes nitrogenados que respondem por menos de 2% do consumo anual de energia do mundo. Esta estimativa de 5% exclui o transporte e o processamento de produtos agrícolas que são mais consumidores de energia; para cada 1 kg de pão, 20% da energia são consumidos para a produção do trigo, enquanto para moer, assar e distribuir consomem-se os restantes 80%. Graças à fotossíntese, no caso de cereais e plantas, das quais se exploram as raízes, a energia obtida com a colheita é substancialmente maior que aquela para a produção. No caso de horticultura intensiva, o consumo de energia para produção pode ser maior do que aquele obtido com a colheita do produto.

Na França (Comissariado Geral de Planejamento, 1997), em 1995, a fabricação de fertilizantes respondeu por 1% do consumo de energia total. A agricultura, incluindo a aplicação desses fertilizantes, respondeu por 1,6%. A indústria de processamento de alimentos, conservação e preparação foi responsável por mais 8% da energia total.

As exigências de energia para a fabricação de fertilizantes podem ser atendidas por gás natural, óleo, nafta ou carvão, dependendo do custo e disponibilidade na região do mundo onde a amônia é produzida. Em 1995, as reservas conhecidas de carvão chegavam a aproximadamente 450 anos ao nível de produção daquele ano, comparadas com 66 anos para o gás natural e 43 anos para o petróleo. Reservas adicionais

tendem a se tornar disponíveis com o passar dos anos, por causa de novas descobertas e, ou, avanços tecnológicos. Por exemplo, em 1978, nos E. U. A., a relação reservas:produção de gás natural indicava uma provisão de 12 anos; 17 anos depois o E. U. A. ainda tinham uma relação de reservas:produção que indicava, aproximadamente, 9 anos de provisão.

15.1.2. Fosfato e potassa

Depósitos de fosfato estão espalhados no mundo, mas a recuperação econômica desses depende do custo. As rochas mais acessíveis e de melhor qualidade tendem a ser exploradas inicialmente; de acordo com as estatísticas da IFA, a média do conteúdo de P_2O_5 das 125 milhões de toneladas de rocha fosfática exploradas em 1980 era de 32,7%, enquanto as 141 milhões de toneladas em 1996 eram de 29,5%. Na taxa atual de exploração de rocha fosfática e com custos de produção da mesma ordem, as “reservas” atuais são suficientes para pelo menos 80 anos, e, a um custo um pouco mais alto, para 200 anos. Os “recursos” que poderiam ser explorados economicamente, a custo mais alto, são muito maiores. Na maioria dos solos, quase todo o fosfato não absorvido pelas plantas é retido no solo. É possível que técnicas para a recuperação desse fosfato possam ser desenvolvidas no tempo devido. Perdas de fosfato pela erosão do solo podem ser minimizadas seguindo os Códigos de Boas Práticas Agrícolas.

Não há nenhuma preocupação sobre recursos de potassa; as reservas de alta qualidade conhecidas hoje são suficientes, nas taxas atuais de uso, para várias centenas de anos, e recursos adicionais recuperáveis a custos mais altos são suficientes para pelo menos mil anos²⁷. Não obstante, é aconselhável prudência no uso das reservas de fosfato e de potassa, uma vez que não se conhecem substitutos para os mesmas.

²⁷ As reservas brasileiras de rochas fosfáticas são, em sua grande maioria de origem magmática e localizam-se, acentuadamente, no centro do país. As reservas medidas atingem 2.172 milhões de toneladas, com um teor médio de P_2O_5 de 9,21% Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2000, DNPM.

15.1.3. Terra

Existe, evidentemente, um limite de área de terras agrícolas férteis no mundo. Mesmo em 1975, de acordo com uma pesquisa da FAO, 54 países não puderam alimentar as suas populações com métodos tradicionais de produção de alimentos, e esse número tem aumentado significativamente desde aquela data. Além disso, áreas significativas de boas terras agrícolas estão sendo perdidas a cada ano devido à urbanização e deterioração, essa última causada, por exemplo, por salinidade, erosão e desertificação. Calcula-se que, todo ano, a erosão do solo e outras formas de degradação roubam do mundo de 5 a 7 milhões de hectares de terra cultivadas (FAO, 1995).

Além das áreas de terra fértil intencionalmente deixadas em pousio nos E. U. A. e Oeste da Europa, existem algumas reservas de solos que poderiam ser cultivadas, particularmente no Sub-Sahara na África e na América do Sul, mas três quartos destes solos sofrem de limitações em termos de características de solo e do terreno. Muitos estão sob florestas. A quantidade adicional de solos férteis, com umidade adequada, não erodível, não florestada que poderia ser posta em produção agrícola a baixo custo é muito limitada. Um pouco mais de terra poderia ser posta em produção com significativos investimentos em recuperação ou irrigação, mas a taxa de aumento de irrigação está sendo reduzida porque a água é outro recurso que está se tornando mais e mais escasso.

Em todo caso, durante os últimos 50 anos, o aumento em produção agrícola foi alcançado principalmente aumentando-se os rendimentos da colheita - a área agrícola global se expandiu relativamente pouco. Em 1960, a área global arável e com culturas permanentes era de aproximadamente 1,4 bilhão de hectares. Em 1990, ela tinha expandido apenas 3,5%, atingindo 1,48 bilhão de hectares. Mas os agricultores do mundo puderam colher

aproximadamente um bilhão de toneladas de cereais a mais em 1990 do que em 1960. De acordo com FAO, quatro quintos do crescimento agrícola em países em desenvolvimento são prováveis de vir de intensificação da produção (aumento nas produtividades, cultivos múltiplos e períodos de pousio mais curtos)²⁸.

15.1.4. Água

A irrigação agrícola usa acima de 70% do suprimento mundial de água doce e nas regiões de agricultura mais secas a produção é fortemente dependente da prática da irrigação. A agricultura está enfrentando um aumento na competição pela limitada disponibilidade do recurso água. Durante as próximas três décadas, haverá um número crescente de países com déficit de água e também regiões, incluindo não somente a Ásia Oriental e o Norte da África, mas também algumas das principais regiões agrícolas produtoras do mundo, como o Punjab, na Índia, e a planície central, na China. A eficiência de utilização da água de irrigação é frequentemente baixa e ao redor de 50% do aumento previsto na demanda de água poderiam ser satisfeitos, aumentando-se a eficiência da irrigação (D. Seckler et al., 1998). É então extremamente importante melhorar a eficiência de uso da água e tem sido estabelecido que atingindo-se próximo ao ponto de máximo econômico de produção das culturas, assegura-se maior eficiência de uso da água. Esse objetivo só será alcançado com uma planta bem nutrida. Outros experimentos mostraram que o retorno do uso do nitrogênio é muito aumentado pela irrigação (G. Cooke., 1966, páginas 245-246, J. C. Ignazi., 1992 e J. S. P. Yadav et al., 1998). A dependência de eficiência de uso de água no suprimento de nutrientes de plantas foi revista por J. G. Davis 1994. Na realidade, qualquer fator que contribua para aumentar o rendimento econômico vai melhorar a eficiência de uso da água (FAO, 1984)²⁹.

²⁸ O Brasil é um dos poucos países do mundo que tem, além de grande espaço para ganhos em produtividade das principais culturas, no curto prazo, grandes extensões de terra passíveis de incorporação ao processo produtivo. Apenas na região dos "cerrados", com um potencial de área passível de ser explorada de 140 milhões de hectares, com 70 milhões de hectares deixados como áreas de preservação permanente, o potencial de produção é de 354 milhões de toneladas de alimentos (Fonte: MACEDO, J. *Prospectives for the rational use of Brazilian cerrados for food production*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, 1995, 19p.)

²⁹ Embora o Brasil conte com um dos maiores potenciais de recursos hídricos do planeta (22% da água doce), a implementação de estratégias que contribuam para o seu uso mais eficiente deve merecer a mais alta prioridade de todos os segmentos da sociedade brasileira e não apenas do setor agropecuário..

O Relatório da UNDP de 1998

O Relatório Mundial de Desenvolvimento Humano da UNDP em 1998, enfatiza o fato de que o pobre é o mais duramente afetado pela degradação ambiental. Deterioração dos recursos no passado piora a pobreza atual. Isto torna muito difíceis as tarefas importantes de preservação e de restauração de recursos agrícolas, reflorestamento, prevenção de desertificação e a luta contra a erosão e pela reposição de nutrientes do solo. É um círculo vicioso. Indivíduos confrontados com a pobreza são levados à exploração excessiva dos recursos, com riscos de exaurí-los, o que, por sua vez, aumenta a sua pobreza. O pobre será sempre mais forçado a viver em terra frágil; ao final da próxima década é possível que um bilhão de pessoas pobres terão que viver em terra frágil, em comparação com os 500 milhões de hoje.

O problema de degradação do solo é muito sério na África e Ásia, com dois terços dos pobres do mundo. O problema de degradação do solo é pior em áreas áridas. E isto não é específico dos países em desenvolvimento. O continente que tem a maior área de terra árida sujeita a desertificação é a América do Norte (74%), logo à frente da África (73%).

O desmatamento é outro problema. Quase um terço das florestas da terra desapareceu e aproximadamente dois terços dessas permanecem sujeitas a sérias modificações. As florestas retêm e regulam a água e a sua destruição pode conduzir a inundações e seca.

Hoje cerca de um terço da população do mundo depende de recursos renováveis. Ao redor de 2025 uma proporção significativa da população do sub-Sahara na África, e do Sul da Ásia dependerá grandemente desses recursos, assim como um número significativo de pessoas na América Latina e no Caribe. É provável que a área de terra arável por pessoa será a metade do baixo nível atual de 0,27 ha. Ao redor de 2050, mais que dois bilhões

de pessoas viverão em regiões com escassez de terra, devido à desertificação e degradação, em particular no Sul da Ásia e no sub-Sahara, na África.

No mundo como um todo, o uso de água está aumentando rapidamente. Ao redor de 2025 terá aumentado em 40%. Próximo a 2050, o número de pessoas que sofrem de escassez de água aumentará de 132 milhões para algo entre 1 e 2,5 bilhões. Quase dois terços da população do mundo estarão confrontando com uma escassez moderada ou alta de água. Alguns acreditam que a água será uma causa importante de guerras no século 21.

15.2. Reciclagem

Não existe, entretanto, nenhum problema imediato com a disponibilidade das matérias-primas para fabricação de fertilizantes, mas desperdícios devem ser evidentemente evitados, por razões econômicas e ambientais, e, onde possível, os nutrientes deveriam ser reciclados, se isto puder ser feito com segurança.

Dejetos animais e humanos, e particularmente os dejetos animais, contêm quantidades substanciais de nutrientes de plantas. Certos resíduos industriais contêm elementos que são requeridos como micronutrientes, e podem ser usados para fabricar fertilizantes com micronutrientes. De acordo com a UNDP (1998) se as tendências atuais continuarem, a produção de resíduos no mundo aumentará cinco vezes até 2025, aumentando a poluição e os riscos à saúde que são associados à poluição, especialmente em países em desenvolvimento³⁰.

A reciclagem de dejetos humanos e animais na agricultura tem uma longa história. Entre os benefícios da aplicação de rejeitos orgânicos na agricultura, estão a melhoria na fertilidade do solo, o prêmio pago aos legumes orgânicos e a conversão de resíduos em recursos úteis. A pronta disponibilidade de fertilizantes minerais é considerada, por alguns, como um desestímulo ao uso racional de resíduos orgânicos.

³⁰ A conscientização da população brasileira, no sentido de criar uma mentalidade positiva em relação à reciclagem, em todos os sentidos, vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. Existe, entretanto, um amplo espaço para que ações mais concretas nesse sentido possam ser implementadas, gerando benefícios tanto nas áreas agrícolas como nas áreas urbanas, além de reduzir o desperdício e possíveis efeitos residuais negativos ao meio ambiente.

Na Europa Oriental, esterco de bovinos são responsáveis por 30% do nitrogênio, 48% do fósforo e 63% do potássio disponível para aplicação nas culturas, muito disto vindo de unidades intensivas de produção de gado. Entretanto, embora algumas regiões tenham um grande excesso de esterco de gado, outras regiões têm uma baixa produção, e esse material não é fácil nem economicamente transportável de uma região para outra, até mesmo dentro do mesmo país. De acordo com o EFMA (1997), na Europa Oriental, resíduos que não sejam esterco animais fornecem apenas 3% do nitrogênio, 4% do fósforo e 1% do potássio disponível para agricultura. O Parlamento da União Européia recomendou que a produção de energia de pequenas unidades de biogás deveria ser incentivada como uma maneira útil de se dispor de esterco de animais.

Nos E. U. A. calcula-se que, em 1992, do total de nutrientes disponíveis para as plantas, os dejetos animais responderam por 10% do nitrogênio, 24% do fósforo e 22% do potássio. Porém, por causa dos custos de transporte, o uso desses dejetos como fertilizante só é economicamente viável dentro da própria propriedade ou perto das fontes produtoras, e, assim, os dejetos de unidades intensivas de produção de gado são normalmente aplicados em uma área limitada, perto da unidade produtora.

Esterco e chorume têm um baixo teor de nutrientes de plantas em comparação com fertilizantes minerais; eles são caros para transportar e desagradáveis para manipular e distribuir. As perdas para as águas subterrâneas e para a atmosfera são significativas. Eles são muito variáveis em qualidade dependendo das espécies animais, tipo de alimento, condições de armazenamento, etc. Uma grande proporção de nitrogênio contida nos esterco é inicialmente insolúvel e somente liberada para absorção da cultura quando a matéria orgânica for decomposta, o que pode levar de alguns semanas a várias estações. Por conseguinte, é difícil de se avaliar a quantidade de nutrientes nesses materiais que deveria ser incluída nos programas de adubação. A Norsk Hydro, na Noruega, está desenvolvendo um sistema de digestão anaeróbica para esterco com a finalidade de converter a maior parte do nitrogênio em uma forma disponível e fornecer um produto mais eficiente.

Na maioria dos países desenvolvidos, a colocação desses resíduos é cada vez mais controlada através de legislação. Na agricultura orgânica, o destino final do esterco e do chorume é a principal preocupação ambiental, ao invés da reciclagem. Evidentemente, onde se aplica esterco e chorume, é importante levar em conta o seu conteúdo de nutrientes na determinação das doses de fertilização mineral - até o meio dos anos oitenta isso raramente era cogitado.

Rejeitos industriais são usados, em pequena proporção, como fonte de micronutrientes em fertilizantes minerais. A benéfica reutilização e ciclagem de rejeitos industriais, feita com segurança, é normalmente encorajada pelas autoridades, mas deve-se tomar cuidado, evidentemente, para que não sejam introduzidas substâncias tóxicas.

O ímpeto para fazer melhor uso de resíduos é resultante principalmente do fato de que, na maioria dos países industrializados, está ficando cada vez mais difícil e caro de se achar aterros para destinação de resíduos sólidos. Eles representam um perigo para a agricultura. Isto foi realçado por uma coleção de relatórios de treze países europeus para um seminário FAO/ECE, em 1994, sobre poluição de origens urbanas e industriais na agricultura. A maneira mais barata e mais conveniente para colocação destes resíduos está na agricultura. A outra alternativa, que seria a incineração, é mais cara. O principal problema é, na realidade, aplicar o esterco e o lodo de esgoto com segurança. Por causa das possibilidades de poluição do esterco, sob a Norma para Nitrato da União Européia, requer-se que os países membros introduzam limites regionais para capacidade de carga animal por área, limitando a adição de nitrogênio de esterco animal para 170 kg por hectare por ano. Além disso, os períodos do ano nos quais é aceitável aplicar esterco animal estão estritamente definidos.

A aplicação de lodo de esgoto na agricultura, mesmo que este esteja livre de materiais tóxicos e patógenos prejudiciais, freqüentemente apresenta problemas para os agricultores. As indústrias alimentícias e o mercado varejista têm contratos com agricultores, que estipulam que lodo de esgoto não pode ser aplicado na produção das culturas.

16 - SUBSTITUIÇÃO DE TERRA

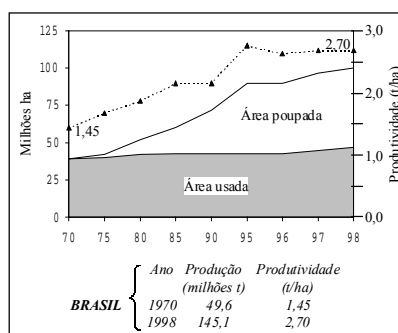
Fertilizantes minerais e terra são substituíveis no sentido de que um aumento no uso de fertilizantes permite uma redução na área de terra cultivada, e vice-versa. O uso de fertilizantes minerais tem custos ambientais, mas em toda atividade agrícola, como a maioria das atividades humanas, existe um impacto ambiental. A evidência preponderante é que fertilizantes minerais são necessários para o bem-estar da humanidade. Existem riscos ambientais, mas eles são secundários em relação aos benefícios.

N. E. Borlaug (1997) declarou:

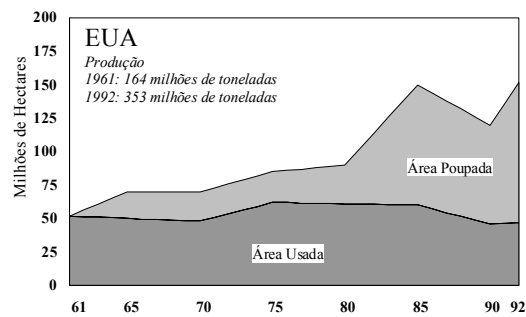
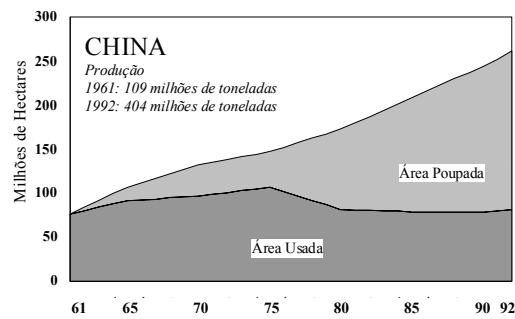
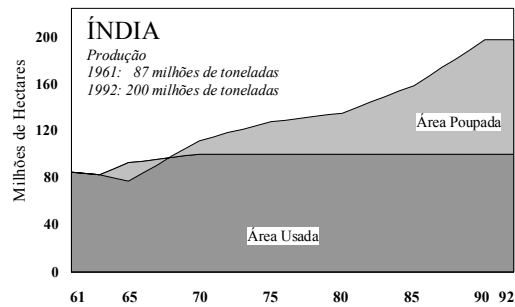
“Consideremos os casos dos Estados Unidos, Índia e China como exemplos. Em 1940, quando relativamente pouco fertilizante inorgânico era usado, a produção das 17 culturas mais importantes na produção de alimentos, forragem e fibras nos E. U. A. atingiu 252 milhões de toneladas em 129 milhões de hectares. Compare estas estatísticas com as de 1990, quando os agricultores americanos colheram aproximadamente 600 milhões de toneladas em somente 119 milhões de hectares, 10 milhões de hectares a menos que 50 anos antes. Se os Estados Unidos tentassem produzir a colheita de 1990 com a tecnologia que prevaleceu em 1940, seria necessário o

cultivo de 188 milhões de hectares adicionais de terra de qualidade semelhante. Isto poderia ter sido alcançado, teoricamente, arando-se 73% das pastagens permanentes e áreas de pecuária extensivas da nação, ou convertendo 61% das florestas em áreas de cultivo. Em realidade, uma vez que muitas destas terras têm um potencial produtivo muito menor do que as terras agora sob cultivo, realmente teria sido necessário converter uma porcentagem muito maior de pastagem e áreas de pecuária extensivas ou florestas e bosques em áreas de cultivo. Se isto fosse feito, imagine a destruição adicional pela erosão eólica e hídrica, o desmatamento e a extinção de espécies de vida selvagem por destruição dos seus “habitats”, e a enorme redução de oportunidades de recreação ao ar livre. Poupanças notáveis no uso de terra também foram observadas na China e Índia pela aplicação de tecnologia moderna para aumentar as produtividades na agricultura. Se os rendimentos de cereais de 1961 tivessem prevalecido em 1992, a China teria precisado aumentar sua área de cereais cultivados em três vezes e a Índia em aproximadamente duas vezes, para igualar as colheitas desses países em 1992. Obviamente, tal excesso de terra agrícola não estava disponível”³¹.

³¹ Esse princípio de terra poupada, ou princípio de substituição da terra, também se aplica no Brasil. Os dados da figura ao lado mostram que o uso de técnicas de manejo sustentáveis, incluindo doses adequadas e manejo mais eficiente dos fertilizantes minerais, propiciou, no período de 1970 até 1998, um aumento da produtividade média de 16 culturas (em base seca), de 1,45 kg/ha para 2,70 kg/ha. Com isso, a área poupada, com todas as implicações positivas em relação à manutenção da biodiversidade, da flora, da fauna, etc., foi equivalente a aproximadamente 54 milhões de hectares. O uso de tecnologias sustentáveis para aumentar a produtividade na agricultura se constitui em um forte instrumento de preservação ambiental. (Fonte: Adaptado dos anuários estatísticos da ANDA, SP.)



Terra que agricultores indianos, chineses e norte-americanos pouparam como resultado de aumentos na produtividade de cereais. Área usada é, em realidade, a área de terra colhida; área poupada é a área de terra adicional que teria sido necessária se os rendimentos de 1961 não tivessem aumentado.



Fonte: Norman E. Borlaug (1997).

17 - PARCEIROS PARA O USO SUSTENTÁVEL DE FERTILIZANTES EM TERMOS AMBIENTAIS

Disputas ideológicas sobre o uso de fertilizantes minerais não deveriam ser permitidas para tirar a atenção do principal problema, qual seja, que o uso ineficiente de fertilizantes minerais representa um desperdício de recursos, uma grande perda econômica e pode contribuir para significantes problemas ambientais. Maior eficiência no uso de fertilizantes pode também reduzir o impacto ambiental.

Nos países desenvolvidos, a eficiência do uso de fertilizantes está aumentando, e deveria continuar aumentando, mas este não é o caso na maioria dos países em desenvolvimento. A meta deve ser otimizar a produção agrícola por unidade de fertilizante aplicado, enquanto se usam as quantidades exigidas de fertilizantes para satisfazer as exigências agrícolas do mundo. Como isto poderia ser alcançado?

Fertilizantes estão agora, sem dúvida, no centro do debate sobre alimentos, ambiente e sociedade. Os agricultores aplicam os fertilizantes nas suas lavouras. Empresas que fabricam fertilizantes também impactam a sociedade e o ambiente pelo processo industrial. Entre estes está a cadeia de suprimento total e distribuição, com um grande número de organizações, institutos e indivíduos. Também existem os segmentos de pesquisa/desenvolvimento e de estudos de mercado. Que contribuição cada um desses segmentos pode dar para um movimento global para a sustentabilidade que a sociedade mundial está tentando agora?

A indústria de fertilizantes consiste em muitas organizações inter-relacionadas, fabricantes, distribuidores, institutos, programas e associações, como também os indivíduos. Cada organização fica limitada, até certo ponto, no que pode fazer, porque parte da cadeia de suprimento está fora de seu controle. Ainda não há nenhuma visão comum de como podem ser criados sinergismos, nem existe um esboço da área de atuação de cada grupo de forma que a contribuição dele se some a um movimento coletivo na direção do desenvolvimento

sustentável.

A coordenação dentro da indústria de fertilizantes é o papel de associações como a IFA (Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes), mas a indústria de fertilizantes não pode ser considerada isoladamente. Fertilizante é um insumo importante, mas não é o único insumo agrícola e o propósito de todos os insumos é aumentar a produção dos produtos agrícolas. O mercado desses últimos está sujeito à demanda de consumidores. Também como a indústria de fertilizantes, os consumidores têm uma responsabilidade para com a sociedade e para com o ambiente.

Pelo menos doze categorias de instituições estão envolvidas no estabelecimento do uso sustentável de fertilizantes em termos ambientais:

1. As associações de agricultores;
2. Os fabricantes de fertilizantes e os distribuidores;
3. As associações de fertilizantes, nacionais e internacional;
4. Os outros fornecedores de insumos e suas associações: sementes, produtos de proteção de plantas, etc;
5. O setor de marketing agrícola, processadores de alimentos, distribuidores e varejistas;
6. Os bancos e instituições de crédito;
7. Os estabelecimentos educacionais;
8. Os Governos Federais, Ministérios da Agricultura e do Ambiente - mas outros Ministérios como do Planejamento, da Saúde e do Trabalho têm um papel na regulamentação;
9. A pesquisa governamental e os serviços de assistência técnica são particularmente

pertinentes ao setor de fertilizantes;

10. As organizações inter-governamentais e as das Nações Unidas, tais como, União Européia, FAO, OECD, UNEP, UNIDO, Banco Mundial;
11. As organizações não-governamentais;
12. As organizações de doadores - bilaterais e multilaterais.

No caso de fertilizantes minerais, existem problemas significativos associados com seu pouco uso, excesso de uso e uso incorreto. Em muitos países, a pesquisa é inadequada, assim como as atividades locais de orientação técnica. Nem o setor privado nem o setor público, sozinhos, podem solucionar esses problemas. É necessária a cooperação e a participação de todos os componentes da cadeia de produção para o desenvolvimento sustentável.

Em alguns campos, está sendo adotada uma visão mais global. Por exemplo, a conferência inter-governamental de 1994, no Cairo, sobre a população mundial, examinou a equação de alimento-população não sobre os simples termos de rico-pobre, norte-sul, faminto-super alimentado, mas como uma série de relações complexas entre (1) desenvolvimento para manter e aumentar os padrões de vida (2) redução no crescimento da população e (3) maior proteção ambiental.

A rede internacional de agri-alimentos

Considerando que o foco das pressões ambientais na indústria de fertilizantes nos anos setenta foi essencialmente localizado, com problemas como associação com a eutroficação de águas de superfície por fosfato e nitrato, e nitrato na água potável, a nova agenda ambiental é mais regional e global, por natureza. Por

exemplo, o impacto de emissões de N_2O , não somente da produção de fertilizantes, mas também de atividades agrícolas em geral, constitui-se em preocupação crescente na análise de gases de efeito estufa e mudanças climáticas. Outros temas e fatores que influenciam o direcionamento para a preocupação com a produção agrícola sustentável incluem a crescente significância dos avanços biotecnológicos na produção das culturas e o uso de resíduos em sistemas modernos de agricultura.

Nenhum destes assuntos é específico da indústria de fertilizantes, nem como fatores causais, nem em soluções potenciais.

À medida que a comunidade internacional, inclusive as Nações Unidas, trata desses problemas globais, através de organizações como a FAO, a Comissão da ONU para o Desenvolvimento Sustentável - UNCSO, as Convenções sobre Biodiversidade e Mudança Climáticas, etc., é de importância crescente para todos os setores do agronegócio coordenar suas atividades para assegurar que seu papel seja objetivamente reconhecido, ao lado daquele de organizações como as ONG's ambientais que enxergam a agricultura orgânica como a única solução para a produção sustentável de alimentos.

Em um esforço para integrar assuntos relacionados aos fertilizantes com aqueles de outros setores industriais, como sementes, protetores de plantas, as organizações de agricultores e cooperativas, pecuária, e distribuição e processamento de alimentos, a IFA teve um papel decisivo na formação da Rede Internacional de Agri-Alimentos, IAFN, um fórum informal de todos os participantes da cadeia alimentícia³².

³² Os interessados em mais detalhes sobre a integração de um número de ações propostas para que a vocação agropastoril brasileira possa ser exercitada em sua plenitude, contribuindo para que esse país se torne realmente uma grande nação com menores desajustes sociais, devem consultar o trabalho "Tecnologia, Produção de Alimentos e Preservação Ambiental" (Lopes, A. S. & Guilherme, L. R. G., 2001, no prelo) e o livro "Reestruturação no Agribusiness Brasileiro – Agronegócios no Terceiro Milênio" (Pinazza, L. A. & Alimandro, R., eds., 1999).

REFERÊNCIAS SELECIONADAS

- ADDISCOTT, T.M. Fertilizers and nitrate leaching. In: HESTER, R.E. and HARRISON R.M. (eds.) *Agricultural chemicals and the environment*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., 1996. p.1-26
- ALEXANDRATOS N. ed. *World agriculture towards 2010, a FAO study*. John Wiley & Sons. Chichester, 1995. p.189-191.
- ARCHER, J.R. & MARKS, M.J. Control of nutrient losses to water from agriculture in Europe. *The Fertiliser Society, Proceedings N° 405, Outubro 1997*.
- BANNANTE, C.A. Economic evaluation of the use of phosphate fertilizers as a capital investment. In: A.E. JOHNSTON & J.K. SYERS (eds.). *Nutrient management for sustainable crop protection in Asia*. CAB International, Wallingford, UK. 1998.
- BOCKMAN, O.C., KAARSTAD, O., LIE, O.H. & RICHARDS, I. *Agriculture and fertilizers*. Norsk Hydro. Oslo. 1990.
- BOCKMAN, O.C. & OLFS, H.-W. *Fertilizers, agronomy and N₂O nutrient cycling in agroecosystems*, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands. 52:165-170, 1998.
- LAEGREID, M., BOCKMAN, O.C. & KAARSTAD, O. *Agriculture, fertilizers and the environment*. CABI Publicado em associação com Norsk Hydro ASA, Oslo. 1999.
- BORLAUG, N.E. Restoration of soil fertility. *Palestra organizada pela Fertilizer Association of India, New Delhi, February. 1996*.
- BORLAUG, N.E. Fertilizers and the green revolution: past contributions and future challenges. *Journal of the Fertilizer Society of South Africa*. 1997.
- BORLAUG, N.E. Our short memories, in agricultural intensification in sub-Saharan Africa. *Anais do Centre for Applied Studies in International Negotiations, Sasakawa Africa Association, and the Global 2000 Program of the Carter Center, CASIN/SAA/Global 2000, Addis-Ababa, August 1997*.
- BUOL, S.W. & STOKES, M.L. Soil profile alteration under long-term, high-input agriculture. In: *Replenishing soil fertility in Africa*, Soil Science Society of America, Special Publication N° 51, p. 97-109, Madison, Wisconsin, USA. 1997.
- COLMAN, D. & YOUNG, T. *Principles of agricultural economics*. Cambridge University Press. 1989.
- COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN. *Energie 2010-2020*, Paris, France. 310 p. 1997.
- CONFERENCE OF PARTIES. Decision III/II: Conservation and sustainable use of agricultural biological diversity. 3° encontro, Buenos Aires. 1996.
- COOKE, G.W. *The control of soil fertility*. Crosby Lockwood & Son Ltd., London. 1996.
- COOK, P.J. & SHEATH, D. World mineral resources and some global environmental issues. *Nature & Resources*. 33.1:26-33. 1997.
- CROWTHER, E.M. *Fertilizers during the war and after*. Panfleto N° 13. Bath and West and Southern Counties Society, Bath. 59 p. 1945.
- DAVIS, J.G. Managing plant nutrients for optimum water use efficiency and water conservation. *Advances in Agronomy S3*: 85-120. 1994.
- DOBERMAN, A. Summary report on 1997 results of a project of the International Rice Research Institute, the Philippines, co-sponsored with IFA, IPI and PPI. 1998.

- DUDAL, R. Plant nutrients for food security. IFA, Paris. 1996.
- ECETOC. Report n° 27, January 1988, Nitrate and drinking water.
- EFMA. "Nutrient Sources", a report prepared by Levington Agriculture Ltd. 1997.
- EFMA. The fertilizer industry of the European Union. The issues of today, the outlook for tomorrow. EFMA. Brussels. 1997.
- EFMA. Code of best agricultural practice. EFMA, Brussels. 1996.
- FAI. Biofertilisers in Indian agriculture. The Fertiliser Association of India, New Delhi. 1994.
- FAO. China: recycling of organic wastes in agriculture. FAO Soils Bulletin No. 40. Rome. 1977.
- FAO. Fertilizer and plant nutrition guide. Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 9, FAO, Rome. 1984.
- FAO. Cherish the Earth. Soil management for sustainable agriculture and environmental protection in the tropics. FAO, Land and Water Division, Rome. 1994.
- FAO. Plant nutrition for sustainable agriculture. The Philippines, Technical Report AG:PHI/94/O1T FAO, Rome. 1996.
- FAO. World Food Summit. Food production and environmental impact. Technical background document volume 2. Document 11. FAO, Rome. 1996.
- FAO. Dimensions of need; an atlas of food and agriculture, FAO, Rome. 1995.
- FFTC. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. *1996 Annual Report*. Taipei. 1997.
- FINCK, A. In: World fertilizer use manual. IFA, Paris. 1992.
- GOLDEN, M. & LEIFERT, C. Protection against oral and gastrointestinal diseases: the importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation. Trabalho apresentado na conferência "Managing Risks of Nitrates to Humans and the Environment". Royal Society of Chemistry, University of Essex, UK, September 1997. (Anais sendo impressos).
- GRANLI, T. & BOCKMAN, O.C. Nitrous oxide emissions from soils in warm climates. *Fertilizer Research* 42. pp.159-163. 1995.
- GRIFFITH, W. & BRUULSEMA, T. Global Greenhouse Gases: Implications for North American Agriculture. Potash & Phosphate Institute. Norcross, USA. 1997.
- HAYNES, R.J. & NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51:123-137. 1998.
- IFPRI. PINSTRUP-ANDERSEN, P., PANDYA-LORCH, R. & ROSEGRANT, M.W. The World Food Situation: Recent Developments, Emerging Issues, and Long-Term Prospects. IFPRI, Washington, December, 1997.
- IFPRI. PINSTRUP, M.W. World food prospects: critical issues for the early twenty-first century. IFPRI, Washington, October, 1999.
- IGNAZI, J.C. Improving nitrogen management in irrigated intensively cultivated areas. The approach in France Expert consultation on the prevention of water pollution by agriculture and related activities. Santiago, Chile, October, 1992.
- JOHNSTON, A.E. (1973). The effects of ley and arable cropping systems on the amounts of soil organic matter in the Rothamsted and Woburn ley-arable experiments. Rothamsted Experimental Station, Report for 1972. Part 2. 131-159. 1973.

JOHNSTON, A.E., MCEWAN, J., LANE, P.W., HEWITT, M.V., POULTON, P.R. & YEOMAN, D.P. The effects of one to six year old rye grass-clover leys on soil nitrogen and on the subsequent yields and fertilizer nitrogen requirements of the arable sequence winter wheat, potatoes, winter wheat, winter beans (*Vicia faba*), grain on a sandy loam soil. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 122:73-86, 1994.

JOHNSTON, A.E. The Efficient Use of Plant Nutrients in Agriculture. IFA, Paris. 1995.

JOHNSTON, A.E. Fertilizers and Agriculture: Fifty Years of Developments and Challenges. Fertilizer Society. Proceedings n° 396. York, 1997.

KINZIG, A.P. & SOCOLOW, R.H. Human Impacts on the Nitrogen Cycle. *Physics Today* 47.11. November, 1994.

KIRCHMANN, H. et al., Ammonia emissions from agriculture. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51:1-3, Kluwer Academic Publishers. 1998.

MACKENZIE, G.H. & TAUREAU, J.C. Recommendations Systems for Nitrogen. The Fertiliser Society, Proceedings N° 403. 1997.

LEAKE, A.R. Agronomy and Services. Presentation of the Focus on Farming Practice Project, 6e Rencontres internationales de l'AFCOME, Angers, France, November, 1999.

LEIFERT, C., FITE, A., HONG, LI, GOLDEN, M., MOWET, A. & FRAZER A. Human health effects of nitrate. IFA Conference on Managing Plant Nutrition, Barcelona, July, 1999.

MANNION, A.M. (1997) Agriculture and Land Transformation. Part 2. Present Trends and Future Prospects *Outlook on Agriculture* 26.3, pp. 151 to 158, CAB International, Wallingford, U.K., (1997).

MATSON, P.A., NAYLOR, R., ORTIZ-MONASTERIO, I. Integration of Environmental, Agronomic, and Economic Aspects of Fertilizer Management. *Science* Vol. 280, 3 April 1998 p.112-114. 1998.

MÖLLER-HANSEN, O.L.H., BREEMBROCK, J.A. & LEWIS K.A. Nutrient record-keeping and reporting for legislation, crop assurance and traceability. The International Fertilizer Society, UK, Proceedings N° 440.

NAMBIAR, K.K.M. Soil fertility and crop productivity under long-term fertilizer use. ICAR, New Delhi. 1994.

OECD. Environmental Indicators for Agriculture. OECD, Paris. 1997.

PARODA, R.S., WOODHEAD, T. & SINGH R.B. (eds.). Sustainability of rice-wheat production systems in Asia. RAPA publication 1994/11. Science Publishers, Lebanon, USA in arrangement with FAO, Bangkok. 1994.

PARRIS, K. & REILLE, L. Measuring the environmental impacts of agriculture: use and management of nutrients. The International Fertiliser Society, UK Proceedings N° 442. 1999.

PEOPLES, M.B., FRENEY, J.R. & MOSIER, A.R. Minimizing Gaseous Losses of Nitrogen. In: BACON, P. E. (ed.) *Nitrogen Fertilization in the Environment*, Marcel Dekker, Inc. New York. 1995.

PILBEAM, C.J. Effect of climate on the recovery in crop and soil of 15N labeled fertilizer applied to wheat. *Fertilizer Research* 45:209-20. 1996.

POWLSON, D.S., POULTON, P.R., ADDISCOTT, T.M. & MCCANN, D. Leaching of nitrate from soils receiving organic or inorganic fertilizers continuously for 135 years. In: HANSEN, J. A. & HENRIKSEN, K. (eds.) *Nitrogen in organic wastes applied to soils*. Academic Press, London, pp. 334-345. 1989.

PRASAD, R.N. Integrated nutrient management: Indian Perspective. FAO-IFFCO International Seminar on IPNS for Sustainable Development, New Delhi, November, 1997.

PRICE, R. A Concise History of France. Cambridge University Press, UK. 1993.

REULER, H. VAN & PRINS, W.H. (eds.) The role of plant nutrients for sustainable food crop production in Sub-Saharan Africa. VKP, Leidschendam, The Netherlands, 231 p. 1993.

SAUNDERS, J.L. & MURPHY, L.S. Amisorb nutrient absorption enhancer in crop production. IFA Agro-Economics Committee Conference, Tours, France, June, 1997.

LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. Environmental Preservation and Food Production ANDA. São Paulo. 1991.

SCHMITZ, P.M. & HARTMANN, M. Agriculture and Chemistry. IFA Annual Conference, Turkey, May, 1994.

SECKLER, D., AMARASINGHE, U., MOLDEN, D., SILVA R. DE & BARKER, R. World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 1998.

SMIL, V. Global Population and the Nitrogen cycle. Scientific American. 277.1. July 1997. pp. 58 to 63. 1997.

SMIL, V. Long-range perspectives in inorganic fertilizers in global agriculture. Travis P. Hignett Memorial Lecture, Florence, Alabama, USA. 1999.

SMITH, K.A., MCTAGGART, I.P. & TSURUTA, H. Emissions of N₂O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture, and the potential for mitigation, Soil Use and Management 13, 296-304. CAB International, Wallingford, U.K. 1997.

SOLBERG, E. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Edmonton, Canada, reported by DEVINE, G. in "Political challenges and opportunities facing the global fertilizer industry in the 21st Century, IFA Annual conference, Toronto, May, 1998.

SUBBA RAO, A. & SANJAY SRIVASTAVA. Role of plant nutrients in increasing crop productivity. Agro-Chemicals News in Brief, April-June 1998. FADINAP, Bangkok.

SUMMER, M.E. Challenges in restoring the food balance in developing countries. Journal of the Fertilizer Society of South Africa, 1998.

SUZUKI, A. Fertilization of rice in Japan. Japan FAO Association. Tokyo. 1997.

SWIFT, M.J. Soil fertility, plant nutrition and soil biology relationships: consolidating a paradigm. Fertbio 98, Federal University of Lavras, Caxambu, Brazil, October 1998.

SYERS, J.K. Soil and plant potassium in agriculture. The Fertiliser Society. Proceedings N° 411, April 1998. York, U.K. 1997.

THEOBALD, O. Recyclage des éléments nutritifs issus de déchets et de sous-produits en agriculture. Perspectives et contraintes. IFA Agro-Economics Committee Conference, June 1997, Tours, France.

TRENKEL, M.E. (1998) Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture, IFA, Paris.

UNDP. World Human Development Report. United Nations Development programme, New York, 1998.

UNEP, Terrestrial Ecosystems Branch Fertilization. Proceedings of the Regional FADINAP Seminar on Fertilization and the Environment. FADINAP. Bangkok. pp. 265-276. 1992.

UNIFA La fertilisation. 7th Edition. Paris, 1997.

VITOUSEK, P.M. , ABER, J., HOWARTH, R.W., LIKENS, G.E., PAMELA, A., SCHINDLER, D.W., SCHLESINGER, W.H. & TILMAN, G.D. Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Causes and Consequences. Ecological Applications Vol. 7, August, 1997.

WOESE, K., LANGE, D., BOESSS, C. & BÖGL, K.W. Ökologisch und konventionell erzeugte Lebensmittel im Vergleich. Eine Literaturstudie. Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, 4/1995.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. World Resources 1994-1995 Oxford University Press, New York, 1994.

YADAV, J.S.P., KUMAR SINGH, A. & KUMAR RATTAN, R. Water and nutrient management in sustainable agriculture. Fertilizer News, December, 1998. FAI, New Delhi.



IFA - Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes

A IFA - Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes inclui 500 companhias associadas em mais de 80 países no mundo. A associação inclui os fabricantes de fertilizantes, fornecedores de matérias-primas, associações regionais e nacionais, institutos de pesquisa, comerciantes e companhias de engenharia.

A IFA coleciona, compila e dissemina informação sobre a produção e consumo de fertilizantes, e atua como um fórum para seus associados e outros obterem informações técnicas, agronômicas, sobre suprimentos e assuntos ambientais.

A IFA mantém um estreita relação com organizações internacionais, tais como o Banco Mundial, FAO, UNEP e outras agências de ONU.

A missão de IFA:

- Promover, ativamente, o uso eficiente e responsável de nutrientes de plantas para manter e aumentar a produção agrícola mundial de uma maneira sustentável;
- Melhorar o ambiente operacional da indústria de fertilizantes no espírito de livre-empresa e comércio honesto;
- Coletar, compilar e disseminar informação, e atuar como um fórum de discussão para seus associados e outros em todos os aspectos da produção, distribuição e consumo de fertilizantes, seus produtos intermediários e matérias primas.

28, rue Marbeuf
75008 Paris, France
Tel: +33 153 930 500
Fac-símile: +33 153 930 545 /546 /547
E-mail: publications@fertilizer.org
Web: <http://www.fertilizer.org>



UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

O centro da Indústria e Meio Ambiente da UNEP, em Paris, foi estabelecido em 1975 colocando juntos indústria, governos e organizações não governamentais para trabalhar para formas de desenvolvimento industrial que sejam equilibrados em termos ambientais. Isto é feito:

- Estimulando a incorporação de critérios ambientais no desenvolvimento industrial;
- Formulando e facilitando a implementação de princípios e procedimentos para proteger o ambiente;
- Promovendo o uso de tecnologias com baixa ou sem produção de resíduos;
- Estimulando o intercâmbio mundial de informações e experiências sobre formas de desenvolvimento industrial que sejam equilibradas em termos ambientais.

Este Centro desenvolveu um programa em Consciência e Preparação para Emergências a Nível Local (APELL) para prevenir e responder a acidentes tecnológicos, e um programa para promover Produção Mais Limpa a nível mundial.

39-43, Quai André Citroën,
75739 Paris Cedex 15, France
Tel: +33 1 4437 1450
Fac-símile: +33 1 44 37 1474
E-mail: unep.tie@unep.fr
<http://www.uneptie.org>



ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos

A ANDA foi fundada em 13 de abril de 1967, tendo, hoje, como associadas cerca de 125 empresas produtoras de fertilizantes e suas matérias-primas.

A Associação atua através de:

- Elaboração de Boletins Técnicos e Estatísticos, Manuais Técnicos e outras publicações;
- Preparação de cursos e palestras dirigidas a engenheiros agrônomos, técnicos agrícolas e outros profissionais envolvidos na assistência técnica ao produtor rural;
- Participação em eventos destinados à divulgação de tecnologias modernas para o desenvolvimento da produção agrícola, entre os quais destacam-se feiras e exposições.

A atuação da ANDA é feita, ainda junto a órgãos governamentais, sempre em estreita relação com outras entidades de classe do Setor de Fertilizantes no Brasil, destacando-se:

- AMA-Brasil - Associação dos Misturadores de Adubos do Brasil
- IBRAFOS - Instituto Brasileiro do Fosfato
- SIACAN - Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas do Nordeste
- SIACESP - Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas, no Estado de São Paulo
- SIARGS - Sindicato da Indústria de Adubos do Rio Grande do Sul
- SINDAC - Sindicato das Indústrias de Adubos e Corretivos Agrícolas do Estado de Minas Gerais
- SINDIADUBOS - Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas no Estado do Paraná
- SINPRIFERT - Sindicato Nacional da Indústria de Matérias Primas para Fertilizantes

Praça Dom José Gaspar, 30 - 9º andar
01047-901 - São Paulo (SP) - Brasil
Tel.: 55-11-255.9277
Fax: 55-11-214.2831
E-mail: info@anda.org.br
Web: <http://www.anda.org.br>