



SCIENTIFIC PANEL
ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Issue Brief 02 – agosto de 2021

COMO OBTER UMA NUTRIÇÃO VEGETAL POSITIVA PARA A NATUREZA: FERTILIZANTES E BIODIVERSIDADE

by the Scientific Panel on Responsible Plant Nutrition



SCIENTIFIC PANEL
ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Conteúdo

- 3 Pontos principais
- 5 Qual é o problema?
- 7 Como a gestão de nutrientes afeta a biodiversidade
- 12 Como é que isto está a afetar os serviços essenciais do ecossistema?
- 16 O que pode ser feito?
- 25 Quem precisa fazer o quê?
- 27 Como seria o sucesso?
- 29 Referências
- 31 Autores, citação e contato



Pontos principais

A nutrição mineral de culturas agrícolas e pastagens afeta fortemente os alimentos e a biodiversidade, ambos essenciais para o bem-estar da humanidade.

A aplicação excessiva de nutrientes, principalmente de azoto e fósforo, tem inúmeros impactos negativos sobre a biodiversidade nos sistemas agrícolas e fora deles. Entretanto, a aplicação de poucos nutrientes também pode afetar negativamente nossos sistemas naturais se degradar os solos ou resultar em pressões para converter ecossistemas naturais em sistemas de produção. A gestão ideal da aplicação de nutrientes para a biodiversidade, alimentação, nutrição e outros resultados deve se basear em metas e soluções específicas do contexto que aumentem a biodiversidade da exploração agrícola na paisagem e em escalas globais.

A biodiversidade fornece serviços ecossistêmicos essenciais e, muitas vezes, insubstituíveis para a agricultura, a sociedade em geral e a natureza. As relações entre alimentos, biodiversidade e nutrientes são complexas, com muitas compensações a serem geridas e sinergias a serem aproveitadas. Os fertilizantes e outras práticas agrícolas afetam a biodiversidade de várias maneiras, desde as bactérias do solo até aos efeitos mais amplos das alterações climáticas induzidas pelo homem no meio ambiente (Figura 1).

A informação disponibilizada até hoje relata efeitos negativos sobre a biodiversidade e outros aspetos do meio ambiente decorrentes da aplicação excessiva ou inadequada de

fertilizantes, incluindo impactos sobre a biodiversidade por meio de alterações no solo, poluição externa e emissões gasosas. Embora existam muitas investigações sobre as consequências negativas do uso de azoto ou fósforo na agricultura, sabe-se menos sobre os impactos positivos na biodiversidade e sobre o papel de outros nutrientes, inclusive o potássio e os micronutrientes. Os nutrientes aumentaram a produtividade agrícola em muitas partes do mundo, reduzindo o incentivo a desmatar ecossistemas naturais para a produção agrícola. Ao limitar a expansão da agricultura, os fertilizantes - se aplicados corretamente - também podem ter grandes impactos positivos sobre a biodiversidade. Considerando a necessidade de aumentar a produção global de alimentos nos terrenos agrícolas existentes, esse caminho de impacto será de particular importância nas próximas décadas.

Embora haja apelos generalizados para a redução dos aportes de nutrientes, o que realmente é necessário são metas e soluções específicas ao contexto para o uso integrado e eficiente de nutrientes na agricultura, que otimizem vários objetivos, inclusive a biodiversidade. Existem excelentes oportunidades para incorporar as respostas da biodiversidade às abordagens de gestão de nutrientes. Aproveitá-las exigirá maior interação e colaboração entre as partes interessadas na agricultura e na biodiversidade.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

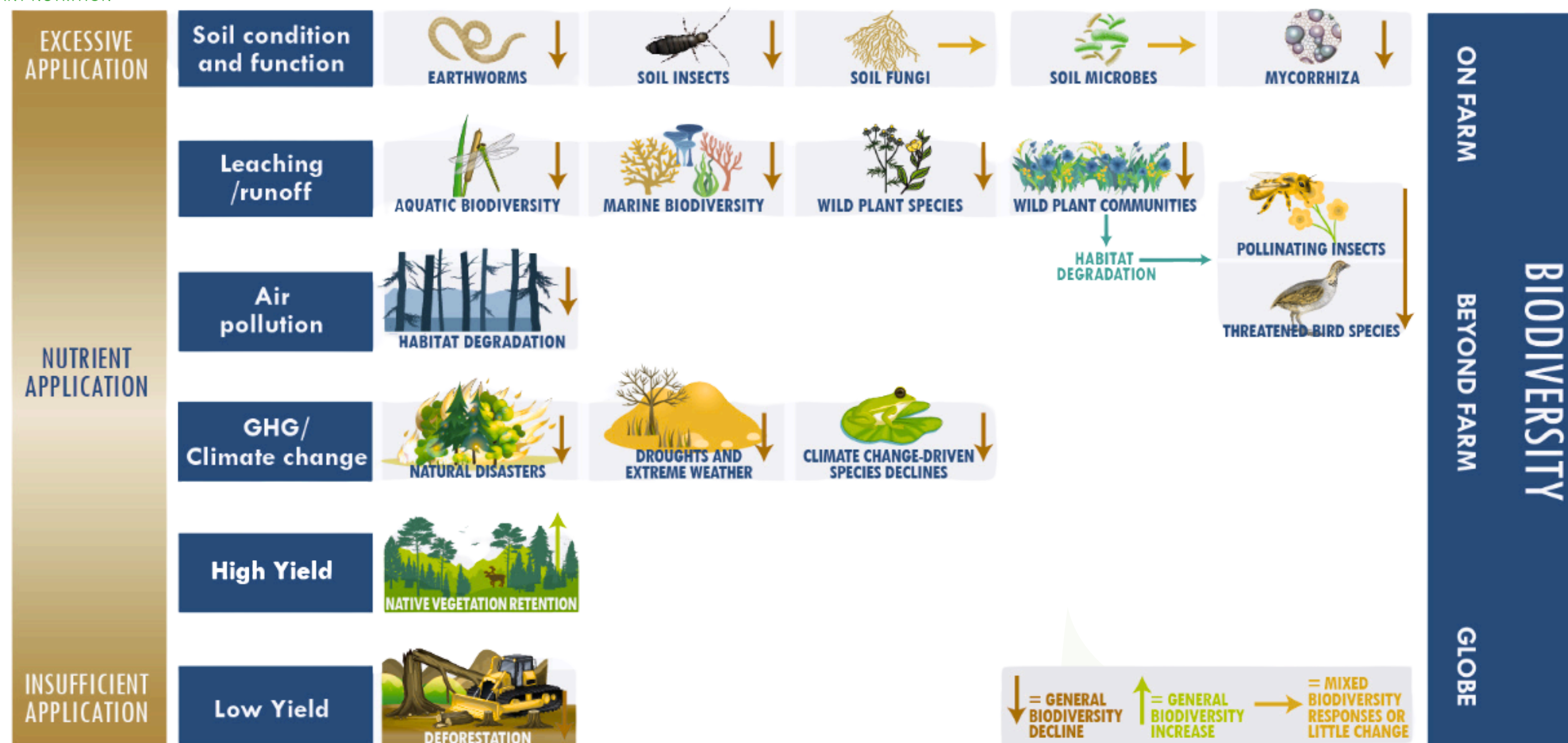


Figura 1. Respostas comuns da biodiversidade às aplicações de nutrientes na agricultura. As escalas de impacto variam do campo ao planeta. As respostas da biodiversidade podem ser diretas (por exemplo, efeitos sobre a diversidade de plantas) ou indiretas (por exemplo, o declínio da diversidade de plantas leva à degradação do habitat e, conseqüentemente, reduz a diversidade de aves e polinizadores). As respostas podem ser positivas para a biodiversidade (setas verdes), negativas para a biodiversidade (setas vermelhas), neutras ou com evidências mistas (setas âmbar).



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Qual é o problema?

Este documento explora como a gestão de nutrientes na agricultura afeta a biodiversidade, reconhecendo que está interligada a várias outras dimensões do desenvolvimento agrícola que afetam a biodiversidade (por exemplo, limpeza da terra, queimadas, lavoura, compactação do solo, erosão, produtos químicos agrícolas, monoculturas).

A rápida perda global da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos é um dos desafios mais urgentes do nosso tempo (1). As taxas e a extensão da perda de biodiversidade são tais que muitos especialistas sugerem que estamos no meio de uma sexta extinção em massa (2). Este cenário é causado por muitas ameaças, incluindo perda de habitat, colheita excessiva, mudanças climáticas, espécies invasoras e poluição do solo, da água e do ar. A agricultura e os sistemas alimentares são a causa mais significativa da perda de biodiversidade (3) e geram muitos outros impactos ambientais (4). A agricultura afeta a biodiversidade de várias maneiras, inclusive a conversão de ecossistemas naturais em sistemas de produção, as consequências da gestão agrícola dentro e fora da exploração, a poluição em larga escala e as contribuições para as alterações climáticas (5). Desde 1985, houve conversões consideráveis de arbustos e florestas naturais para pastagens e terrenos agrícolas (Figura 2), com grande parte da conversão em regiões tropicais de alta biodiversidade (6). Apesar disso, alguns sistemas agrícolas também podem suportar níveis muito altos de biodiversidade e até mesmo fornecer habitat para espécies de interesse de conservação (7). Por exemplo, quando os sistemas agrícolas são diversificados e contêm elementos de habitat consideráveis e conectados, e quando as espécies dependem de práticas agrícolas mais "tradicionais" (8).

A biodiversidade não é apenas "agradável de se ter" - sua perda tem sérias implicações para a humanidade e a natureza. Isso ocorre porque a biodiversidade impulsiona muitos processos ecológicos vitais e sistemas de suporte à vida planetária, dos quais dependemos para nossa própria sobrevivência (9).

Como a necessidade de alimentos cresceu globalmente, houve grandes esforços para aumentar a produtividade agrícola, o que, até agora, foi possível por meio de uma série de tecnologias e intervenções de gestão, muitas vezes classificadas coletivamente como "intensificação agrícola". O ponto central tem sido o aumento do uso de nutrientes na produção, principalmente por meio de fertilizantes minerais, mas também de fertilizantes orgânicos, como estrume, compostos, biossólidos, leguminosas em rotações de culturas ou em culturas de árvores leguminosas. Desde 1985, a produção agrícola global duplicou, impulsionada por um aumento considerável no consumo global de fertilizantes, de cerca de 130 Mt de N+P₂O₅+K₂O em 1985 para 190 Mt atualmente. O consumo anual de azoto, por exemplo, aumentou de 70 Mt para 105 Mt.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

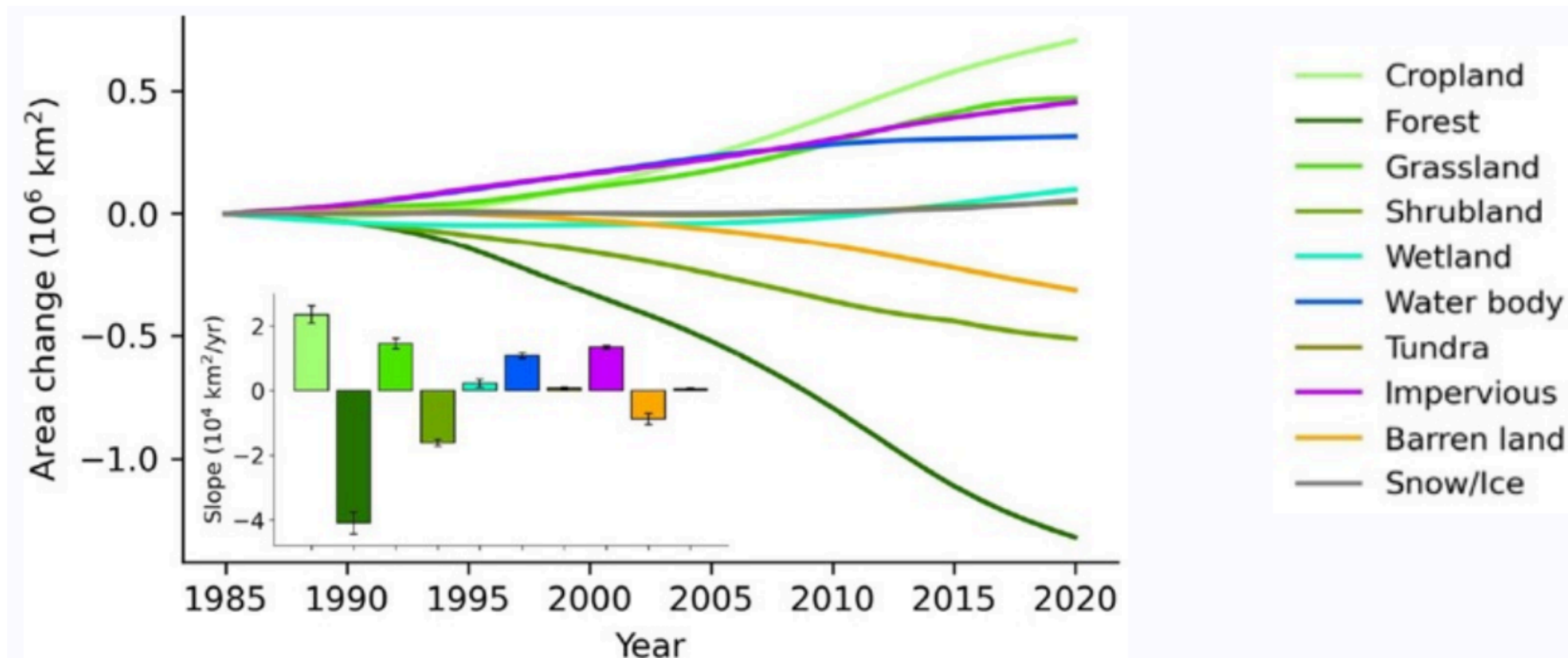


Figura 2. Mudanças globais nas principais categorias de uso do terreno desde 1985 (6). As tendências incluem o aumento do terreno agrícola e de pastagens e a diminuição de florestas e arbustos.

Embora os aumentos na produção de alimentos tenham sido profundos, com o aumento da segurança alimentar para mil milhões de pessoas em todo o mundo, também houve perdas consideráveis de biodiversidade local e global (10, 11), acompanhadas de outros impactos ambientais negativos (12) associados ao uso de fertilizantes na agricultura. Outro problema é que os aumentos na aplicação de nutrientes ainda não foram sentidos de forma igual em todo o mundo. Em algumas regiões, existem desigualdades consideráveis de produtividade, conhecidas como "lacunas de rendimento", ou seja, a diferença entre o rendimento potencial e o rendimento efetivo das culturas. Por exemplo, para alcançar a segurança alimentar na África Subsaariana, pode ser

necessário um aumento de 9 a 15 vezes nos aportes de nutrientes (13) nos próximos 30 anos, o que pode ter consequências potencialmente negativas para a biodiversidade, bem como implicações consideráveis para as emissões de gases de efeito estufa (14).

Embora o foco geralmente esteja nas perdas de biodiversidade devido aos excedentes de nutrientes, o aumento da produtividade, associado ao aumento dos meios de produção de nutrientes e a outras melhorias genéticas ou agronómicas, contribuiu para evitar a conversão de terrenos naturais em terrenos produtivos (15). A gestão responsável de nutrientes também pode trazer benefícios adicionais, como o aumento da matéria orgânica ou da fertilidade do solo. Em escala global, as contribuições precisas dos insumos de fertilizantes agrícolas para a economia de terrenos, ou os impactos positivos e negativos sobre a saúde do solo, não foram totalmente quantificados. Além disso, não podemos confiar apenas na redução das lacunas de produtividade para (i) reduzir a conversão de terrenos e a perda de biodiversidade associada e (ii) libertar terrenos para restauração ecológica e/ou para sequestro de carbono. Qualquer iniciativa global para otimizar os insumos de gestão de nutrientes para a biodiversidade e outros resultados de recursos naturais deve ser associada a um melhor planeamento do uso da terra, à legislação e à fiscalização do desmatamento da vegetação nativa e a incentivos para a manutenção de ecossistemas naturais (16).



SCIENTIFIC PANEL
ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Como a gestão de nutrientes afeta a biodiversidade

As respostas da biodiversidade à gestão de nutrientes variam de acordo com (i) a escala em que ocorrem (por exemplo, campo, paisagem), (ii) os tipos de espécies envolvidas, (iii) o tipo e a composição do fertilizante aplicado (por exemplo, inorgânico, orgânico, composição de nutrientes), (iv) o uso do terreno e o contexto da paisagem (por exemplo, monocultura, mosaico de uso do terreno) e (v) o contexto socioeconómico que influencia os mercados, as políticas e as respostas dos proprietários de terrenos às mudanças de produtividade.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Existem vários caminhos pelos quais a aplicação de fertilizantes pode afetar a biodiversidade, nas proximidades da aplicação, nos ecossistemas a jusante e até mesmo em escalas muito maiores da paisagem e além. Após uma revisão exaustiva da literatura, categorizamos as interações entre a gestão de nutrientes e a biodiversidade em quatro categorias amplas de pressão e resposta (Figura 3).

A. Excesso de nutrientes, impactos no campo e na exploração agrícola. As respostas da biodiversidade nessa escala afetam principalmente as espécies ainda não bem-adaptadas ou tolerantes aos sistemas agrícolas e às suas práticas de gestão específicas. Muitos dos efeitos conhecidos são os dos fertilizantes inorgânicos sobre a biodiversidade do solo, mas observa-se que os diferentes elementos da biodiversidade geralmente respondem de maneiras distintas. O aumento do aporte de nutrientes também pode resultar na redução da diversidade de plantas (17). Ao aumentar os níveis de nutrientes (por exemplo, azoto) em um sistema, podem ocorrer vários impactos, incluindo (i) toxicidade direta nos pontos de aplicação por meio de níveis elevados de compostos de azoto; (ii) acumulação de compostos de azoto ou fósforo que levam a mudanças na composição e na diversidade das espécies, favorecendo espécies tolerantes a N ou P ou prejudicando espécies adaptadas a sistemas pobres em nutrientes; ou (iii) outras mudanças no solo (por exemplo, aumento ou diminuição da matéria orgânica do solo, acidificação ou contaminação).

B. Excesso de nutrientes, efeitos "além da exploração agrícola" e "na paisagem".

Os ecossistemas não agrícolas, dentro ou próximos a paisagens agrícolas, são vulneráveis a ameaças externas, como a deriva e o escoamento de agroquímicos (18). Isso pode ocorrer quando sistemas de produção com alto teor de insumos externos e gerenciados de forma intensiva se confinam a ecossistemas naturais. As respostas

associadas à deriva de fertilizantes em ecossistemas naturais adjacentes incluem o aumento da invasão de plantas exóticas, a redução da diversidade de plantas, a redução da diversidade da fauna altamente dependente de espécies de plantas nativas e a poluição das águas subterrâneas. Um segundo caminho, mais significativo, está relacionado ao enriquecimento de nutrientes dos corpos d'água, o que representa uma grande ameaça aos ecossistemas de água doce e à sua biodiversidade. Isso geralmente ocorre por meio da eutrofização, o que leva ao crescimento excessivo de algas e a efeitos adversos subsequentes sobre peixes, anfíbios e invertebrados (19, 20). A poluição difusa por nutrientes pode afetar distâncias consideráveis em sistemas costeiros e em águas marinhas, como os recifes de coral. Um exemplo de poluição agrícola que afeta uma área de valor ambiental globalmente significativo é a Grande Barreira de Corais (21). Uma série de poluentes industriais e agrícolas afeta o recife, com destaque para os fertilizantes para a cana-de-açúcar (22).

C. O excesso de nutrientes e a poluição causam impactos em escala de paisagem a global.

Uma das ameaças mais prevalentes e crescentes à biodiversidade globalmente é a mudança climática, sendo o sistema alimentar responsável por 34% das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (23). Embora as mudanças no uso do terreno e os metanos provenientes da pecuária constituam a maior parte dessas emissões, as emissões de gases de efeito estufa decorrentes da produção e aplicação de fertilizantes e estrume no campo também desempenham papel significativo. As perdas de formas gasosas de N provenientes de aplicações de fertilizantes (inorgânicos e orgânicos) também contribuem para a poluição do ar (24), para a deposição atmosférica de azoto (25), para o esgotamento da camada de ozônio na estratosfera e para o acúmulo de ozônio troposférico (26), que afetam negativamente a biodiversidade global e local.



D. INSUFFICIENT NUTRIENTS

Multiple scale biodiversity impacts due to agricultural expansion

- Increased conversion of natural ecosystems due to low crop yields
- Massive biodiversity loss at local to global scales due to uncontrolled habitat destruction, simplification, etc.
- Increased land degradation
- Increased erosion and siltation of waterways and marine ecosystems
- Increased human-animal conflict

A. EXCESS NUTRIENTS

Field-to-farm biodiversity impacts

- Changed soil organic matter, lowered pH
- Reduced soil fauna, mixed responses of microbes and soil fungi, reduced arbuscular mycorrhizal fungi
- Reduced agrobiodiversity/local plant diversity
- Negative impacts on other biodiversity through habitat degradation
- Many negative effects on local ecosystem services

EXCESSIVE OR INSUFFICIENT NUTRIENT APPLICATION

C. EXCESS NUTRIENTS

Pollution at local and global scales

- Gaseous nutrient losses from soil, fertilizer, manure (NH_3 , N_2O , NO_x)
- GHG emissions contributing to climate change and ozone depletion (CO_2 , N_2O , CH_4)
- Air pollution (e.g. NH_3 , NO_x , ozone, fine particular matter, acid rain)

B. EXCESS NUTRIENTS

Offsite and landscape biodiversity impacts

- Natural losses due to leaching, runoff, erosion, waste
- Eutrophication of adjacent waterways and groundwater, and enrichment and pollution of marine systems
- Run-off and spray drift into adjacent vegetation leading to biodiversity losses
- Increased OR decreased conversion of natural ecosystems to production systems (socioeconomic context-dependent)

Figura 3. Respostas generalizadas do meio ambiente, da biodiversidade e da conversão de terrenos a entradas excessivas (A-C) e insuficientes (D) de nutrientes agrícolas.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

D. Nutrientes insuficientes, impactos locais e globais. Aplicações insuficientes de nutrientes causam o seu esgotamento no solo e reduzem a oportunidade de maiores rendimentos das culturas, o que, por sua vez, pode incentivar o cultivo de mais terrenos. Devido à necessidade de aumentar a produção de alimentos, a expansão agrícola tem ocorrido com frequência às custas dos ecossistemas naturais, resultando em perdas maciças e, muitas vezes, irreversíveis de biodiversidade e em outras consequências ambientais. Isso levou ao surgimento de um paradigma de conservação popular, ainda controverso, que sustenta que fechar as lacunas de rendimento por meio da intensificação agrícola sustentável pode reduzir a necessidade de conversão de terrenos (27). Uma premissa básica dessa "economia de terrenos" é que, se os rendimentos dos terrenos agrícolas existentes forem aumentados, isso libertará terrenos para a conservação da biodiversidade. Por outro lado, também pode haver um efeito negativo, em que o aumento da produtividade, da eficiência e dos lucros atrai mais produtores para um determinado produto, o que aumenta o risco de conversão de terrenos (28).

Há outros processos que não são plenamente capturados na Figura 3, mas que também podem afetar a biodiversidade de várias maneiras. Por exemplo, grandes quantidades de nutrientes podem ser transferidas localmente (p. ex., movimentação de materiais orgânicos) ou entre regiões (p. ex., comércio de produtos agrícolas), levando a respostas variadas da biodiversidade devido a excedentes ou déficits de nutrientes.

Há uma percepção generalizada de que a aplicação excessiva de fertilizantes tem efeitos negativos sobre a biodiversidade. De modo geral, a ciência apoia essa perspectiva, mas a literatura também é dominada por relatórios que se concentram nos impactos negativos de poucos elementos (por exemplo, azoto, fósforo). Muitos dos impactos diretos e indiretos sobre a biodiversidade decorrentes da gestão de elementos minerais como um todo ainda são pouco compreendidos. Uma visão mais equilibrada é que as respostas da biodiversidade são variáveis, dependendo do nutriente, das taxas de aplicação, do sistema de cultivo, das espécies, da escala em que a biodiversidade ocorre, do clima e de outros fatores dependentes do contexto. Por exemplo:



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Uma análise dos impactos da aplicação de fertilizantes nitrogenados na biodiversidade do solo identificou uma resposta altamente variável entre diferentes grupos de organismos (10). Por exemplo, as bactérias apresentaram um aumento de 3% na diversidade e os fungos, um aumento de 13% na diversidade, em sistemas submetidos a adições de fertilizantes nitrogenados. A diversidade funcional dos micróbios também foi consistentemente maior com a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Enquanto isso, os fungos micorrízicos arbusculares apresentaram uma redução de 10% na diversidade entre os estudos, com declínios maiores em aplicações mais elevadas de fertilizantes inorgânicos. Declínios semelhantes foram observados na fauna do solo (por exemplo, minhocas, besouros, colêmbolos), mas só foram evidentes em fertilizantes inorgânicos e não orgânicos (por exemplo, estrume).

Uma meta-análise recente de 1.679 casos de 207 estudos concluiu que as adições de azoto e fósforo diminuíram a abundância de invertebrados em ecossistemas terrestres e aquáticos, com impactos mais fortes sob adições combinadas de azoto e fósforo, e na abundância de invertebrados tropicais do que temperados (29). Entretanto, os acréscimos de nutrientes tiveram efeitos mais fracos ou inconclusivos sobre a biomassa e a riqueza de invertebrados.

As respostas das plantas ao uso do terreno e à gestão de nutrientes geralmente apontam para uma influência negativa dos fertilizantes na diversidade das plantas (17). Entretanto, isso varia de acordo com o nutriente e também há muitas exceções. A adição de azoto a pastagens ricas em botânica e com baixo teor de nutrientes, por exemplo, a partir de fertilizantes ou deposição atmosférica, tem uma influência negativa substancial na riqueza de espécies, mas esse efeito também pode ser reversível (30). Por outro lado, pastagens gravemente empobrecidas podem apresentar baixa biodiversidade de plantas devido à falta de nutrientes, como o fósforo, que tende a acumular-se em níveis mais ideais à medida que o fósforo do solo se acumula (31).

Em muitas regiões, a intensificação agrícola tem um impacto geral negativo sobre diversas espécies de aves. Os fertilizantes inorgânicos, por si só, não afetam diretamente as espécies de aves especialistas em terrenos agrícolas cultivados (32), mas podem contribuir indiretamente para o declínio devido à degradação do habitat e à redução dos invertebrados dos quais as aves se alimentam (Figura 1).



SCIENTIFIC PANEL
ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Como é que isto está a afetar os serviços essenciais do ecossistema?

A biodiversidade impulsiona uma enorme variedade de funções ecológicas (33), fornecendo serviços ecossistémicos que a humanidade obtém gratuitamente da natureza. A relação entre a biodiversidade e os serviços ecossistémicos pode ser complexa.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Há muitos casos em que uma maior diversidade leva a um aumento na geração e na prestação de serviços ecossistêmicos. Por exemplo, a introdução de faixas de pastagem ou de plantas com flores nos sistemas de cultivo aumenta o número de polinizadores e de pássaros, além de proporcionar benefícios no escoamento da água e na retenção de nutrientes e do solo (34). Por vezes, no entanto, o aumento do número de espécies pode não se traduzir necessariamente em maior função ou serviços. Em algumas comunidades do solo, por exemplo, a composição da comunidade pode ser mais importante para os serviços do que o número de espécies (35).

Os serviços ecossistêmicos impulsionados pela biodiversidade são particularmente predominantes nos sistemas agrícolas, onde os benefícios incluem polinização, controle de pragas e doenças, aeração do solo, controle de inundações e ciclagem de nutrientes. Isso é especialmente pertinente para milhões de agricultores pobres em partes do mundo em desenvolvimento, onde a dependência dos serviços ecossistêmicos costuma ser elevada (36).

Os principais serviços prestados pelos ecossistemas variam em diferentes escalas espaciais. Na escala do campo para a exploração agrícola, o principal serviço é a produção de alimentos, juntamente com outros serviços, como o controle de pragas e a formação do solo. Na escala além da exploração agrícola, os serviços incluem habitat para a biodiversidade selvagem, qualidade do ar e da água e polinização. Na maior das escalas, os serviços incluem a regulação (ou desestabilização) do clima. Quando o declínio da biodiversidade tem conotações negativas para os serviços ecossistêmicos, essenciais ao bem-estar humano, o desenvolvimento e a implementação de políticas e intervenções apropriadas para lidar com isso se tornam fundamentais (37).



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Como é que estas questões estão a ser tratadas atualmente?

A abordagem da gestão de nutrientes e de suas implicações para a biodiversidade precisa ser vista no contexto de um conjunto muito mais amplo de estratégias para lidar com a perda de biodiversidade decorrente do sistema alimentar como um todo. A otimização da gestão de nutrientes é vital, mas constitui apenas parte de um quadro muito mais amplo dos impactos da produção de alimentos sobre a biodiversidade e das opções de mitigação.

Estas questões estão a ser expressas em compromissos globais de altíssimo nível, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (SDGs) da ONU. O nexo entre alimentos e biodiversidade é frequentemente retratado como um conflito entre os ODS 2 ("Fome Zero"), 14 ("Vida na Água") e 15 ("Vida na Terra"). No entanto, a realidade da gestão de nutrientes na agricultura é mais uma interação multidirecional entre várias metas dos ODS, em que alguns ganhos possíveis parecem viáveis (por exemplo, a meta 2.4 dos ODS). Há inúmeras iniciativas globais e institucionais (por exemplo, a Cúpula de Sistemas Alimentares da ONU, o EAT Forum/Lancet, o FOLU ou a Planet-Based Diet do WWF) que buscam informar e envolver os formuladores de políticas, o público consumidor e os produtores sobre como os sistemas alimentares podem se tornar mais sustentáveis, levar a melhores resultados de nutrição e saúde humana e reverter a perda de biodiversidade (38).

Em termos de intervenções de gestão, há apelos de cientistas na interface agricultura-alimentação-ambiente para empregar ações frequentemente descritas como "intensificação sustentável", "agricultura regenerativa" ou "agricultura positiva para a natureza". Embora as definições e as soluções específicas variem muito, elas geralmente têm como objetivo proporcionar produção suficiente de alimentos, em terrenos existentes, com impactos ambientais reduzidos (39). Embora não se restrinja à gestão de nutrientes,

há muitas opções para incluir intervenções de gestão de nutrientes produtivas, eficientes e compatíveis com o meio ambiente sob esse guarda-chuva de intensificação sustentável.

Quais são os obstáculos ao progresso?

No sentido mais amplo, as mudanças em grande escala na gestão agrícola exigem a transformação do sistema alimentar global, o que, por sua vez, exige uma transformação mais ampla dos sistemas econômicos globais e regionais. Isso está muito além do escopo da gestão de nutrientes, mas precisa ser reconhecido.

A conciliação entre a gestão de nutrientes e a conservação da biodiversidade pode ser implementada com frequência em escalas locais, mas há desafios de comunicação e de adoção em escalas que trarão benefícios significativos e duradouros à biodiversidade. Entre eles estão a necessidade de capacitação em muitas abordagens "alternativas" de gestão, os custos iniciais associados a abordagens mais positivas para a natureza, os insumos operacionais e a mão de obra necessários para intervenções agroecológicas, e a falta de incentivos do governo e do setor para adotar uma gestão positiva para a natureza.

Um grande obstáculo está na necessidade de incentivos políticos que abordem os efeitos externos da gestão de nutrientes sobre a biodiversidade e tornem essas soluções comercialmente viáveis e competitivas com os sistemas existentes para todos os participantes da cadeia alimentar e, principalmente, para os agricultores. Esse é um problema comum na busca por sistemas alimentares positivos para a natureza, e não se restringe à gestão de nutrientes. No entanto, um número significativo de agricultores em todo o mundo parece já estar adotando uma série de intervenções de "intensificação sustentável", com estimativas de 163 milhões de explorações agrícolas (29% do total global) e 453 milhões de hectares (9% do terreno agrícola global), realizando alguma forma de intensificação sustentável (40).



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION



Quais são as lacunas de conhecimento mais críticas?

Embora já tenhamos uma grande quantidade de informações relacionadas à gestão sustentável de nutrientes e à melhor forma de conservar a biodiversidade, há também muitas lacunas de conhecimento que, se preenchidas, ajudariam a acelerar mudanças efetivas e a implementar estratégias de gestão inovadoras.

Essas lacunas incluem:

- Que função específica os fertilizantes desempenham na preservação de terrenos em regiões e paisagens específicas?
- Como os diferentes elementos minerais gerenciados nos sistemas agrícolas afetam a biodiversidade, de forma positiva ou negativa?
- Quais são os níveis "certos" de matéria orgânica do solo e de biodiversidade microbiana para o funcionamento ideal de diferentes sistemas agrícolas, e como podem ser alcançados e mantidos por meio de boas práticas de gestão de nutrientes?
- Como podem os objetivos da biodiversidade ser incorporados nas recomendações de fertilizantes e nos esquemas de gestão de nutrientes?
- Quais são as barreiras socioecológicas, económicas e psicológicas para que os agricultores adotem práticas de gestão de nutrientes favoráveis à biodiversidade? Como as evidências, os incentivos e as novas tecnologias podem ajudar a superá-las?
- Quais são as oportunidades específicas para a gestão de nutrientes produtivas e positivas para a natureza nas centenas de milhões de explorações agrícolas de pequenos agricultores em todo o mundo e quais são as implicações da fusão de explorações agrícolas em propriedades maiores para o uso de nutrientes e a biodiversidade?



O que pode ser feito?

A otimização da gestão de nutrientes para minimizar os efeitos negativos sobre a biodiversidade é um componente integral do novo paradigma da nutrição responsável de plantas, que busca atingir um ótimo nível social por meio de uma abordagem de sistemas alimentares e economia circular (41). Muitas das intervenções e abordagens sugeridas para a gestão de nutrientes dependerão, em grande parte, da escala e da velocidade da transformação do sistema alimentar em diferentes regiões do mundo.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Quadro 1. Uma seleção de intervenções, direta e indiretamente relacionadas à gestão de nutrientes, que podem ser usadas para atenuar os impactos negativos e manter ou melhorar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos.

- Melhor planejamento do uso da terra, evitando a agricultura em áreas de valor de biodiversidade especialmente alto e interrompendo qualquer expansão adicional da área de terra usada para agricultura
- Eliminar as lacunas de rendimento em nível global para produzir alimentos suficientes e poupar terrenos
- Restaurar terrenos agrícolas degradados e melhorar a saúde e a função do solo por meio da gestão integrada da fertilidade do solo
- Aumentar a agrobiodiversidade e as abordagens integradas para a gestão de nutrientes (por exemplo, fertilizantes minerais em combinação com fertilizantes orgânicos disponíveis, rotações de culturas, consórcios, sistemas de agropecuária com ciclos fechados de nutrientes, integração de culturas arbóreas e leguminosas)
- Evitar perdas de nutrientes por meio da adoção de abordagens agrícolas de precisão para a gestão de nutrientes em escala, incluindo a correspondência do tipo de fertilizante, das taxas de aplicação, do momento e do local às características do terreno e às necessidades da cultura e do produtor
- Zonas de amortecimento em torno de áreas ambientalmente sensíveis, como cursos d'água
- Metas específicas do contexto para a eficiência do uso de nutrientes e limites para os excedentes de nutrientes, incluindo melhor monitoramento e sistemas de alerta precoce
- Políticas baseadas em evidências, incentivos financeiros e divulgação para permitir que os produtores e as empresas de apoio façam a transição para abordagens agrícolas mais sustentáveis e otimizadas para a biodiversidade, incluindo fertilizantes

A variabilidade dos sistemas agrícolas, das estratégias de gestão de nutrientes e das respostas da biodiversidade é tão grande que não há soluções "milagrosas" para lidar com as perdas de biodiversidade, mas há muitas opções que, quando integradas, podem ter resultados positivos, tanto para a conservação da biodiversidade quanto para a produção de alimentos (Quadro 1).

Incorporação da gestão de nutrientes nas metas globais de biodiversidade e nas metas de ação

As interações complexas entre a produção de alimentos e a biodiversidade são um tópico cada vez mais importante, com forte representação nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU e na próxima Cúpula de Sistemas Alimentares. Elas também estão representadas nas metas globais de biodiversidade da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD) da ONU. As metas globais e os roteiros de desenvolvimento são uma forma de reconhecer a importância de uma questão, resumir o que precisa ser alcançado e consagrá-lo em linguagem e protocolo universalmente aceitos, fornecendo, assim, um mandato claro para políticas e ações de escala mais fina, para cumprir a intenção das metas. É fundamental que, ao desenvolver objetivos, metas e indicadores para a gestão de nutrientes, várias questões e nuances sejam levadas em consideração e bem representadas:

- Desagregar os impactos da aplicação de nutrientes sobre a biodiversidade de outros efeitos da intensificação agrícola e de outras formas de "poluição", como pesticidas e resíduos plásticos, uma vez que eles operam de forma muito diferente



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

- Considerar que a gestão de nutrientes traz enormes benefícios para a segurança alimentar e nutricional e tem o potencial de reduzir a expansão agrícola por meio do aumento da produtividade
- Reconhecer que, embora possa haver necessidade de reduzir o uso de nutrientes em algumas partes do mundo, há uma necessidade urgente de aumentar o uso em outras: a ênfase deve ser na otimização do uso de fertilizantes e na eficiência do uso de nutrientes como um todo
- Definir metas específicas ao contexto, focadas nos resultados, acionáveis, viáveis e mensuráveis, considerando também as possíveis implicações indiretas (por exemplo, impactos na segurança alimentar)

Nas Metas de Biodiversidade de Aichi da CBD 2010, a gestão de nutrientes foi incluída na Meta 8: "Até 2020, a poluição, inclusive por excesso de nutrientes, foi reduzida a níveis que não prejudiquem a função do ecossistema e a biodiversidade". Embora essa seja uma meta focada em resultados, ela carece de muitos dos requisitos mencionados acima e não foi alcançada. De facto, quase 2/3 de todos os países nem sequer informaram sobre essa meta, e apenas alguns afirmaram tê-la atingido.

O Quadro Global de Biodiversidade pós-2020, atualmente em discussão, inclui 21 metas para ações urgentes durante a década de 2030. Os nutrientes são representados principalmente pela Meta 7, proposta como: "Reduzir a poluição de todas as fontes a níveis que não sejam prejudiciais à biodiversidade, às funções do ecossistema e à saúde humana, inclusive reduzindo os nutrientes perdidos para o meio ambiente em pelo menos metade, e os pesticidas em pelo menos dois terços e

Supondo que o progresso possa ser acelerado por meio de melhores políticas, tecnologias e práticas, uma meta mais realista poderia ser um aumento de 20% na NUE dos terrenos agrícolas em 2030 em relação a 2020, com uma redução equivalente no excedente e nas perdas de azoto. Esses aumentos podem ser alcançados em diversas condições agrícolas.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

eliminando o descarte de resíduos plásticos." Entretanto, da forma como está redigida, a proposta atual não aborda adequadamente os nutrientes e seus múltiplos efeitos sobre a biodiversidade. Da mesma forma, reduzir pela metade a quantidade de nutrientes perdidos no meio ambiente até 2030 é uma expectativa muito ambiciosa.

Defendemos uma abordagem mais matizada e equilibrada para o desenvolvimento de objetivos e metas na gestão de nutrientes, com foco em metas que atendam aos quatro requisitos mencionados acima. Essas metas devem ter como objetivo otimizar a eficiência do uso de nutrientes e minimizar as perdas de nutrientes para o meio ambiente nos locais e nas escalas que mais afetam a biodiversidade. Um exemplo disso são as faixas de metas seguras específicas para a agricultura, que podem ser definidas para a eficiência no uso de azoto (NUE), calculada como a razão entre a produção de nutrientes e a entrada de nutrientes. Um exemplo disso é o indicador NUE proposto pelo Painel Europeu de Especialistas em Azoto (42). Ele orienta a gestão de nutrientes na exploração agrícola para reduzir a lixiviação de nitrato, o escoamento, a amônia e as emissões de N₂O e, ao mesmo tempo, atingir altos níveis de produtividade e manter a saúde do solo, abordando, assim, vários impactos importantes sobre a biodiversidade (Figura 3). A Nova Zelândia já adotou essa abordagem como uma colaboração entre o governo e o setor de fertilizantes, na qual a modelagem computadorizada em escala nacional dos fluxos de nutrientes na paisagem é utilizada para apoiar o desenvolvimento de orçamentos de nutrientes agrícolas e de insumos de fertilizantes, em termos de local, taxa e momento certos.

Deve-se enfatizar a necessidade de evitar a conversão do ecossistema e a eutrofização, que talvez sejam os impactos mais importantes dos nutrientes sobre a biodiversidade. A eutrofização de águas interiores e marinhas devido a perdas excessivas de azoto e fósforo representa um desafio particularmente complexo. Ela é causada pelo excesso de cargas de

A Grande Barreira de Corais da Austrália é conhecida por sua importância ecológica, beleza natural e contribuição para o setor de turismo e o PIB do país, mas também está sob crescente ameaça do escoamento do terreno associado a insumos agrícolas passados e em andamento, gestão de bacias hidrográficas, desenvolvimento costeiro, eventos climáticos extremos e impactos da mudança climática, como os recentes e extensos eventos de branqueamento de corais. Em 2017, uma declaração de consenso científico estabeleceu o entendimento comum para o desenvolvimento de um Plano de Melhoria da Qualidade da Água do Recife 2050. As partes interessadas concordaram com metas concretas para 2025, ou seja, ações necessárias em bacias hidrográficas de recifes identificadas, bem como metas para a condição das áreas húmidas e para a saúde marinha costeira. Por meio dessa abordagem, foi possível definir metas específicas para a redução da carga de nutrientes e fazer progressos significativos para atingi-las, por exemplo

- Redução de 60% nas cargas de N inorgânico dissolvido no final da captação até 2025; alcançada até o momento: 25.5%
- 20% de redução nas cargas de N particulado no final da captação até 2025; alcançado até o momento: 13.4%
- Redução de 20% nas cargas de P particulado no final da bacia até 2025; alcançado até o momento: 16.6%



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

nutrientes provenientes de várias fontes nas bacias hidrográficas e nas zonas costeiras. As principais fontes incluem: (i) uso de fertilizantes na agricultura, (ii) emissões da combustão de combustíveis fósseis, (iii) plantação de leguminosas, (iv) criação de animais, (v) águas residuais inadequadamente tratadas e (vi) aquicultura. Os aportes de fontes não pontuais (difusas) (i-iv acima) excedem em muito os aportes de fontes pontuais (v e vi acima) e estão associados principalmente a práticas agrícolas, como sistemas de cultivo, preparo do solo e uso de fertilizantes e estrume (19, 20, 43). A redução das cargas de nutrientes em grandes bacias hidrográficas exige consenso, metas concretas, intervenções de múltiplas partes interessadas e monitoramento eficaz. Já existem bons exemplos em diferentes regiões do mundo, que podem fornecer orientação para a definição de tais metas e intervenções (Quadro 2).

Melhor planeamento do desenvolvimento agrícola

Outra abordagem importante é abordar, de forma mais sistemática, as interações entre nutrientes e biodiversidade em termos de uso da terra, especialmente a coincidência espacial entre a agricultura e as áreas de alta biodiversidade. A identificação das áreas de sobreposição espacial permitirá a concentração dos esforços de administração e de conservação de nutrientes no contexto do desenvolvimento agrícola em larga escala. Há uma preocupação especialmente grande com relação à possível influência da futura expansão e intensificação agrícolas projetadas sobre os pontos críticos de biodiversidade na América Central e do Sul, África Subsaariana, Madagascar, Leste da Austrália, Sudeste Asiático, Índia, Indonésia e Papua Nova Guiné (44). Processos de planeamento fundiário eficazes e bem aplicados são vitais (45) nessas regiões tropicais e subtropicais, onde a conversão de ecossistemas naturais terá um impacto desproporcional sobre a biodiversidade, pois a riqueza de espécies e o endemismo são elevados. Esses hotspots geralmente são áreas com grandes lacunas de rendimento. Há oportunidades claras de empregar a intensificação direcionada para reduzir a expansão do terreno cultivado em áreas críticas de biodiversidade (46) (Figura 4).



SCIENTIFIC PANEL
ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

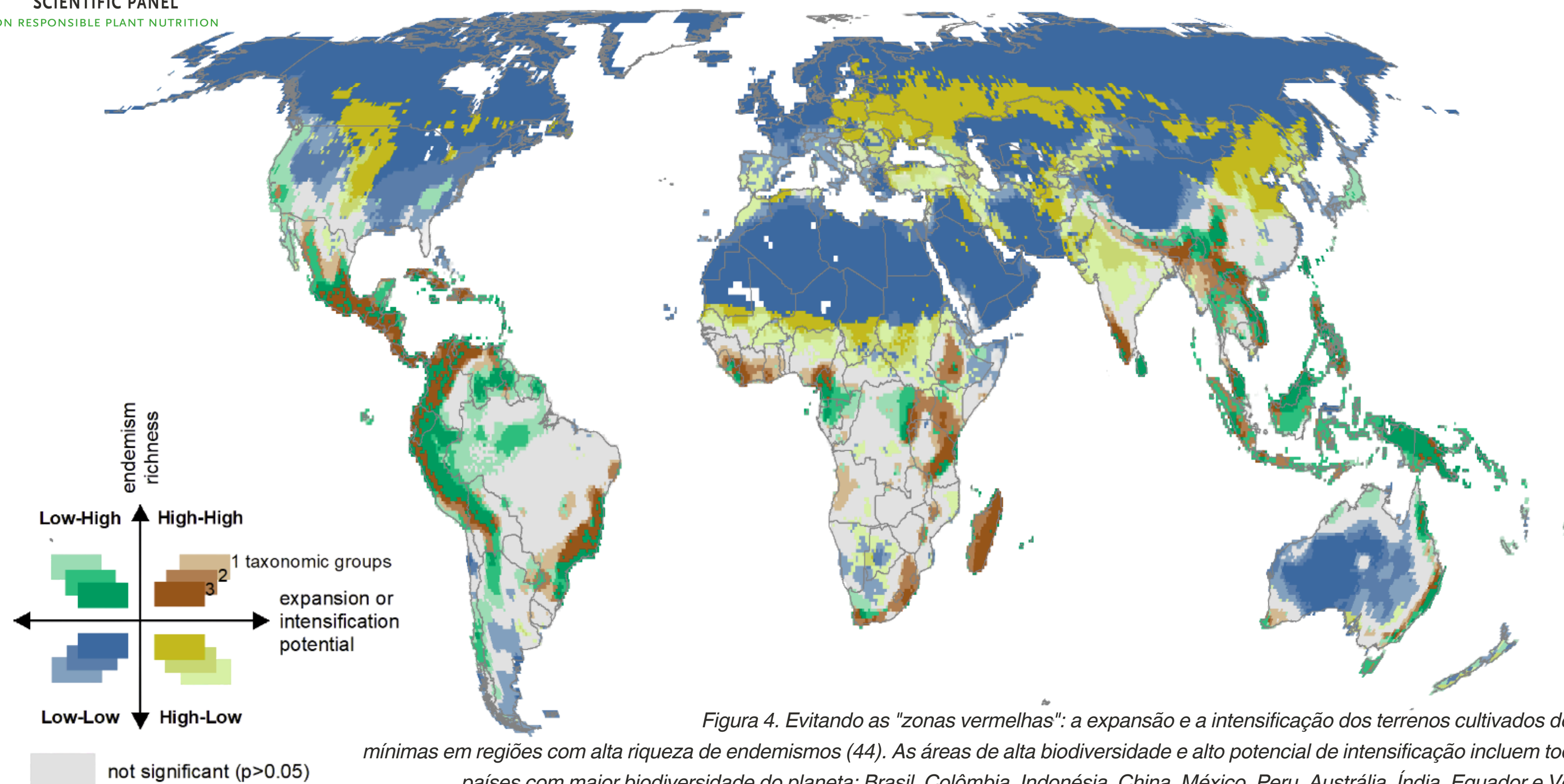


Figura 4. Evitando as "zonas vermelhas": a expansão e a intensificação dos terrenos cultivados devem ser mínimas em regiões com alta riqueza de endemismos (44). As áreas de alta biodiversidade e alto potencial de intensificação incluem todos os 10 países com maior biodiversidade do planeta: Brasil, Colômbia, Indonésia, China, México, Peru, Austrália, Índia, Equador e Venezuela.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Mesmo com um planejamento muito melhor do desenvolvimento agrícola em relação aos hotspots de biodiversidade, a intensificação inevitavelmente ocorrerá com frequência em áreas de alta biodiversidade, exigindo uma legislação ambiental forte e a aplicação de medidas de administração de nutrientes. Outro mecanismo para proteger áreas específicas de ecossistemas e habitats da intensificação localizada inevitável é manter ou instalar zonas de tampão entre os terrenos agrícolas e os ecossistemas naturais. Essa pode ser uma maneira muito eficaz de a) reduzir a deriva de fertilizantes (e outros agroquímicos) de terrenos aráveis, b) interceptar o escoamento de terrenos cultiváveis e pastagens e c) fornecer vários outros serviços ecossistêmicos, como habitat para biodiversidade, recursos polinizadores, habitat para inimigos naturais, conectividade para espécies animais, controle de inundações e sequestro de carbono (47). Devido à complexidade dos fatores que influenciam a eficácia das zonas de tampão em qualquer contexto paisagístico, é improvável que uma abordagem de "chave única" para zonas de tampão seja eficaz; são necessárias diretrizes e adaptações específicas ao contexto, em vez de abordagens genéricas.

Integração da biodiversidade na gestão de nutrientes

O 4R Nutrient Stewardship (48) e abordagens semelhantes foram desenvolvidos e promovidos em diferentes partes do mundo como um conjunto de diretrizes de gestão de nutrientes que buscam ser mais eficientes e específicas para cada local quanto à forma, ao momento, ao local, em que os nutrientes são aplicados. Oferecem uma situação potencialmente vantajosa para todos, com maior produtividade e eficiência agrícolas, combinadas à diminuição das respostas ambientais negativas, por meio de menor percolação em águas subterrâneas, escoamento em corpos d'água, deriva em ecossistemas próximos e assim por diante.

Cada um dos 4Rs (fonte certa, taxa certa, tempo certo e lugar certo) tem implicações para a biodiversidade e pode incorporar elementos de biodiversidade dentro e fora do local. Essa abordagem seria sustentada por duas perspectivas sobre a biodiversidade: (i) os aportes inadequados (e especialmente excessivos) de nutrientes provavelmente terão efeitos negativos sobre a biodiversidade tanto no ponto de aplicação quanto fora do local (Figura 3); (ii) a biodiversidade pode ser aproveitada para proporcionar benefícios que podem funcionar em conjunto com a gestão de nutrientes para aumentar a produtividade e a própria biodiversidade. Exemplos de como as respostas da biodiversidade poderiam ser integradas aos 4Rs existentes incluem:

Fonte correta: Precisamos entender melhor os efeitos de tipos específicos de fertilizantes orgânicos e inorgânicos sobre várias facetas da biodiversidade (por exemplo, riqueza de espécies do solo, distribuição, composição da comunidade) e como isso se relaciona com a prestação de serviços ecossistêmicos. Em particular, uma compreensão clara de quais fontes de nutrientes são menos prejudiciais à biodiversidade e a inclusão disso em estratégias de gestão baseadas em evidências ajudariam a conservar a biodiversidade sem comprometer a produção. Entender melhor as mudanças líquidas na biodiversidade em diferentes escalas também é fundamental, pois é provável que haja compensações entre o campo, a exploração agrícola, a paisagem e escalas maiores que precisam ser levadas em conta.

Dosagens corretas: Atualmente, as recomendações de fertilizantes concentram-se principalmente nas quantidades agronômicas ou econômicas ideais de nutrientes. A biodiversidade parece diminuir mais em níveis mais elevados de aplicação de nutrientes. Portanto, uma nova abordagem poderia ter como objetivo desenvolver o know-how para



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

determinar os níveis de aplicação que atendam às necessidades combinadas de absorção da cultura e respostas da biodiversidade. Isso também seria vital para definir limites e metas sensatos e mutuamente benéficos para a gestão de nutrientes em diversos sistemas agrícolas.

Momento certo: Entender como o momento da aplicação se relaciona com vários aspectos da biodiversidade no tempo e no espaço (por exemplo, ciclos de vida, distribuição, disponibilidade de alimentos, reprodução) ajudará a informar as práticas de mitigação que podem ser adotadas com relação a como as aplicações de nutrientes afetam vários elementos da biodiversidade em escalas de campo e de paisagem.

Lugar certo: Evitar a aplicação excessiva nas proximidades imediatas de características específicas de habitat na exploração agrícola e no campo ajudaria a reduzir os impactos negativos e poderia não afetar a produtividade das culturas. Essas características podem incluir margens de campo botanicamente diversas, cercas vivas, lagoas, valas, rios/córregos, árvores de paddock (espécies nativas), remanescentes de vegetação lenhosa ou pastagens ricas em espécies.

O desenvolvimento de uma lista sistemática de práticas de gestão de nutrientes que beneficiem a biodiversidade ajudaria a elaborar roteiros de gestão de nutrientes que reduzam o excesso de aplicação de fertilizantes, melhorem ou mantenham a produtividade e os rendimentos, e proporcionem diversos benefícios à biodiversidade na exploração agrícola.

Intensificação sustentável dos sistemas agrícolas

A intensificação sustentável da agricultura incorpora a ideia geral de que as melhorias na produtividade total dos fatores permitirão, ao mesmo tempo, aumentar a produção futura de alimentos e a renda dos agricultores, limitando o impacto da agricultura sobre o meio ambiente. Esse nível ideal de intensificação pode ser alcançado por meio de uma medida, como a produtividade total dos fatores verdes — ou produtividade total dos recursos —, que também leva em conta o clima, os solos e a biodiversidade (49).

Além da 4R e de uma gestão mais precisa dos fertilizantes minerais e orgânicos, as ações propostas que poderiam apoiar o crescimento da PTF verde geralmente incluem leguminosas fixadoras de azoto como parte de rotações ou consorciação, integração de gado e seu estrume aos sistemas de cultivo, compostagem com resíduos de culturas e desperdício de alimentos, adubos verdes, diversificação com leguminosas de grãos, agricultura de conservação ou plantio de árvores e leguminosas arbustivas como parte da produção ou dos aspectos de gestão de recursos naturais do sistema agrícola.

Por exemplo, as rotações de leguminosas e o consórcio de culturas podem ter implicações positivas no azoto e na produtividade do solo (50), além de aumentar a matéria orgânica do solo. Estas intervenções também podem trazer benefícios para a biodiversidade, como microorganismos benéficos, polinizadores, como abelhas, e outros invertebrados, como vespas parasitas, que podem ter efeitos positivos sobre a produção por meio do fornecimento de uma série de serviços ecossistêmicos.

A produtividade total dos fatores (TFP) é uma medida de todos os resultados obtidos a partir dos insumos envolvidos no setor agrícola ou em um subsetor dele. O crescimento da TFP reflete o uso mais eficiente dos recursos, influenciado pelo conhecimento e pela gestão.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Já existem excelentes fontes de informações científicas resumidas sobre ações de gestão agrícola sustentável potencialmente eficazes, capazes de beneficiar a biodiversidade (51). Entretanto, dependendo do contexto agrícola, essas ações variam quanto à eficácia, facilidade de implementação e escalabilidade. É provável que muitas sejam mais trabalhosas e dependam do apoio prestado aos agricultores para a implementação. Outros desafios estão relacionados com a infraestrutura e os equipamentos necessários, o treinamento dos agricultores, a competitividade econômica e a forma de monitorizar a eficácia em vários objetivos (por exemplo, rendimentos, eficiência dos insumos, impactos ambientais no local e fora dele) e ajustar a gestão (52).

Claramente, a intensificação sustentável (ou agricultura regenerativa, ou agricultura positiva para a natureza), incluindo a otimização do uso de fertilizantes, pode e deve ocorrer em diferentes escalas:

- A escala do campo e da exploração agrícola - aplicação quando e onde necessário, nas formas, quantidades e frequência exigidas pelas culturas e condições, usando uma abordagem no estilo 4R, incluindo medidas que conservem e aproveitem a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos
- Em escala de paisagem, a produção geralmente deve ser realizada em formas de terra e em tipos de solo mais produtivos. No entanto, isso precisa ser equilibrado com a importância de conservar um conjunto abrangente e representativo de ecossistemas, e não apenas os que não coincidem com áreas adequadas à agricultura ou a outros usos. O planejamento do uso do terreno e a definição de políticas mais eficazes e diferenciadas ajudarão nessa empreitada
- A racionalização regional e global da produção e do uso de fertilizantes (por exemplo, redução em áreas onde as lacunas de produção são inexistentes ou baixas, aumento em regiões com lacunas de alta produção) ajudará a lidar com as respostas da biodiversidade em várias escalas, incluindo a poluição externa e a expansão agrícola sem controle.





Quem precisa fazer o quê?

A gama de partes interessadas influentes no sistema alimentar é vasta e provavelmente variará consideravelmente quanto à esfera de influência e ao que precisa ser feito para avançar rumo a uma gestão de nutrientes otimizada e positiva para a natureza. Os principais grupos de participantes que podem realmente fazer a diferença nessa área e as áreas prioritárias de intervenção incluem:

Decisores políticos:

Devem utilizar a melhor ciência disponível, dialogar e obter a opinião de especialistas de agricultores, do setor de fertilizantes e de profissionais da área de conservação para desenvolver e oferecer políticas aprimoradas nas áreas de: a) planejamento e regulamentação do uso da terra; b) incentivo para garantir que não ocorra mais conversão da terra, especialmente em áreas de alta biodiversidade; e c) metas e limites realistas, aplicáveis e viáveis regionalmente para a gestão de nutrientes que estabeleçam um equilíbrio entre as necessidades duplas de produção e conservação. Além disso, será essencial trabalhar com o setor de fertilizantes e com os distribuidores para garantir que os insumos estejam disponíveis de forma equitativa e sejam adequadamente utilizados em regiões do mundo com grandes lacunas de rendimento.

Setor global de fertilizantes:

Deve trabalhar com cientistas da área de conservação para desenvolver e promover produtos fertilizantes que mantenham suas capacidades de aumento da produtividade, mas sejam mais benignos para as diversas facetas da biodiversidade afetadas negativamente pela aplicação de fertilizantes. O setor também fará esforços significativos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa na produção de fertilizantes. O investimento em abordagens de administração de nutrientes e de agricultura de precisão para uma gestão mais sustentável dos nutrientes, e a incorporação da biodiversidade nas estratégias de sustentabilidade corporativa e nas medidas de sucesso, também são vitais.

Organizações de conservação:

Têm um papel muito importante a desempenhar, trabalhando com outras partes interessadas para a) estabelecer onde os altos níveis de uso de nutrientes podem levar a impactos desproporcionais sobre a biodiversidade, b) informar onde a expansão agrícola orientada por lacunas de rendimento é um risco, c) fornecer informações espacialmente explícitas sobre áreas de alta biodiversidade e alta vulnerabilidade a outras partes interessadas, d) trabalhar com o setor, os agricultores e os órgãos de consultoria agrícola para desenvolver opções de gestão aprimoradas e e) trabalhar com os governos e o setor para desenvolver incentivos e políticas para ajudar os agricultores a implementar um gestão de nutrientes otimizado e mais sustentável.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Agricultores, consultores agrícolas e prestadores de serviços:

Precisam adotar uma função mais focada em ser administradores de recursos naturais (incluindo, entre outros, a biodiversidade) e oferecer uma gama mais ampla de benefícios que vão além da produção agrícola direta. O uso da abordagem 4R, a incorporação de elementos de biodiversidade a ela, a realização de ações de conservação da biodiversidade nas explorações agrícolas (por exemplo, zonas de proteção, com o apoio do governo e do setor) e a adoção ampla de abordagens de intensificação sustentável, sempre que possível, são exemplos importantes dos papéis a desempenhar. Isso exigirá apoio e incentivos consideráveis dos governos, a assistência de vários órgãos do setor e a capacitação de uma rede de extensão local e cientificamente informada.

Consumidores:

Podem ajudar comprando alimentos produzidos por meio de abordagens de gestão mais sustentáveis, quando esses produtos e as informações de rotulagem estiverem disponíveis e forem confiáveis. Isso precisa ser gerado e apoiado pelos governos, por todo o setor da alimentação, pelos produtores e pelas organizações de conservação. As mudanças para um esquema de credenciamento e rotulagem de gestão de nutrientes "positivo para a natureza", semelhante aos usados pela Rainforest Alliance e pelas plataformas em várias culturas de commodities (por exemplo, óleo de palma, arroz), seriam bem-vindas, desde que sejam apresentadas com precisão e que os benefícios sejam tangíveis e mensuráveis.

Investigadores:

Das áreas de biologia da conservação, agronomia, governança, tecnologia agrícola e várias outras podem contribuir significativamente para preencher as numerosas lacunas de conhecimento sobre a gestão de nutrientes e a biodiversidade. Os cientistas sociais são urgentemente necessários para ajudar a compreender as barreiras socioeconômicas e comportamentais à adoção de práticas de gestão de nutrientes favoráveis à biodiversidade. Além disso, é fundamental garantir que o conhecimento científico gerado seja utilizado por aqueles que têm o poder de promover mudanças positivas, como governos, o setor de fertilizantes, organizações de conservação, produtores e extensionistas.

Acima de tudo, é preciso haver uma abordagem equilibrada que leve em conta tanto a necessidade da gestão de fertilizantes e os grandes benefícios que isso traz em termos de segurança alimentar e nutricional (e a possível redução da conversão do ecossistema) quanto os danos ambientais indiscutíveis que o uso inadequado pode causar. É por isso que o uso da palavra "ótimo" não é apenas semântico, mas também precisa de ser operacionalizado em todas as escalas, em todos os aspectos da produção e por todas as partes interessadas. O que é necessário, inicialmente, é uma melhor compreensão e apreciação dos benefícios e dos problemas na aplicação de fertilizantes por todos os interessados, especialmente aqueles nos domínios da produção e da conservação. Se o setor de conservação e o de produção puderem começar a se mover em direção a uma otimização específica ao contexto da gestão de nutrientes, poderá ser criado um ambiente mais propício a mudanças positivas e duradouras.



SCIENTIFIC PANEL
ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Como seria o sucesso?

Como é a mudança positiva e duradoura? No curto prazo, garantir que a gestão de nutrientes seja adequadamente representada nas metas globais, como as novas Metas da CBD, é um bom primeiro passo. Em comparação com o que temos hoje, os resultados prioritários que devem ser alcançados em uma geração humana incluem:



A produção de alimentos atende a vários objetivos; a gestão de nutrientes é otimizado para fechar as lacunas de rendimento e eficiência, fornecer melhor nutrição e atender aos objetivos de biodiversidade em diferentes escalas

Não é necessária nenhuma conversão adicional de ecossistemas naturais; os hotspots de biodiversidade são gerenciados por meio de um melhor planejamento do uso da terra, incluindo legislação proativa e incentivos

Os requisitos de biodiversidade são incluídos nas soluções de gestão de nutrientes que são escalonáveis e adaptáveis a diferentes sistemas agrícolas

Melhorias demonstráveis na biodiversidade dentro e fora da exploração agrícola e nos serviços ecossistêmicos associados ao uso de nutrientes na agricultura (por exemplo, saúde do solo, saúde dos rios, saúde dos oceanos)

A redução das emissões de gases de efeito estufa pré-agrícola e na exploração agrícola associadas à produção e ao uso de fertilizantes contribui para mitigar os impactos da mudança climática global sobre a biodiversidade

Lacunas críticas de conhecimento são preenchidas por meio de pesquisas, e as evidências são incorporadas a ações legislativas que abordam objetivamente os objetivos da agricultura e da biodiversidade

O aumento do diálogo entre os fabricantes de fertilizantes e os cientistas e profissionais da área de conservação revelará pontos em comum e pontos de discórdia que precisam ser resolvidos. É fundamental envolver as comunidades agrícolas, dos pequenos proprietários aos grandes agronegócios, e todos os pontos intermediários, pois são os usuários finais. É preciso melhorar a política e a legislação em muitos aspectos da gestão de nutrientes, bem como oferecer incentivos para estimular as melhores práticas. E, é claro, é preciso haver uma pesquisa direcionada que determine quais são as melhores práticas. O setor de fertilizantes já se comprometeu com uma abordagem comercial voltada à sustentabilidade, que, por sua vez, exigirá maior interação e colaboração com as partes interessadas na área da biodiversidade.



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Referências

1. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Diaz, H. Ngo, Eds., Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, Bonn, Germany, 2019).
2. G. Ceballos *et al.*, Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*. 1, e1400253 (2015).
3. S. L. Maxwell, R. A. Fuller, T. M. Brooks, J. E. M. Watson, Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature*. 536, 143–145 (2016).
4. B. M. Campbell *et al.*, Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*. 22 (2017).
5. WWF, Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss (World Wildlife Fund, Gland, Switzerland, 2020).
6. H. Liu *et al.*, Production of global daily seamless data cubes and quantification of global land cover change from 1985 to 2020 - iMap World 1.0. *Remote Sens. Environ.* 258, 112364 (2021).
7. H. L. Wright, I. R. Lake, P. M. Dolman, Agriculture-a key element for conservation in the developing world. *Conservation Letters*. 5, 11–19 (2012).
8. S. J. Attwood *et al.*, Declining birds in Australian agricultural landscapes may benefit from aspects of the European agri-environment model. *Biological Conservation*. 142, 1981–1991 (2009).
9. B. J. Cardinale *et al.*, Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486, 59–67 (2012).
10. M.-A. de Graaff, N. Hornslein, H. L. Throop, P. Kardol, L. T. van Diepen, Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: A meta-analysis. *Adv. Agronomy*. 155, 1–44.
11. J. Waterhouse, J. Brodie, S. Lewis, A. Mitchell, Quantifying the sources of pollutants in the Great Barrier Reef catchments and the relative risk to reef ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. 65, 394–406 (2012).
12. K. M. Carlson *et al.*, Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nat. Clim. Chang.* 7, 63–68 (2017).
13. H. F. M. ten Berge *et al.*, Maize crop nutrient input requirements for food security in sub-Saharan Africa. *Global Food Security*. 23, 9–21 (2019).
14. M. P. van Loon *et al.*, Impacts of intensifying or expanding cereal cropping in sub-Saharan Africa on greenhouse gas emissions and food security. *Global Change Biol.* 25, 3720–3730 (2019).
15. J. R. Stevenson, N. Villoria, D. Byerlee, T. Kelley, M. Maredia, Green Revolution research saved an estimated 18 to 27 million hectares from being brought into agricultural production. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 8363–8368 (2013).
16. E. F. Lambin *et al.*, Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change*. 28, 129–140 (2014).
17. K. Gerstner, C. F. Dormann, A. Stein, A. M. Manceur, R. Seppelt, Effects of land use on plant diversity - A global meta-analysis. *J Appl Ecol.* 51, 1690–1700 (2014).
18. B. Gove, S. A. Power, G. P. Buckley, J. Ghazoul, Effects of herbicide spray drift and fertilizer overspread on selected species of woodland ground flora: comparison between short-term and long-term impact assessments and field surveys. *J Appl Ecol.* 44, 374–384 (2007).
19. T. C. Malone, A. Newton, The globalization of cultural eutrophication in the coastal ocean: causes and consequences. *Front. Mar. Sci.* 7 (2020).
20. M. Le Moal *et al.*, Eutrophication: A new wine in an old bottle? *Science of The Total Environment*. 651, 1–11 (2019).



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Referências

21. F. J. Kroon, P. Thorburn, B. Schaffelke, S. Whitten, Towards protecting the Great Barrier Reef from land-based pollution. *Global Change Biol.* 22, 1985–2002 (2016).
22. J. E. Brodie *et al.*, Terrestrial pollutant runoff to the Great Barrier Reef: An update of issues, priorities and management responses. *Marine Pollution Bulletin.* 65, 81–100 (2012).
23. M. Crippa *et al.*, Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nat Food.* 2, 198–209 (2021).
24. S. E. Bauer, K. Tsigaridis, R. Miller, Significant atmospheric aerosol pollution caused by world food cultivation. *Geophys. Res. Lett.* 43, 5394–5400 (2016).
25. G. S. Okin *et al.*, Impacts of atmospheric nutrient deposition on marine productivity: Roles of nitrogen, phosphorus, and iron. *Global Biogeochem. Cycles.* 25 (2011).
26. J. Fuhrer *et al.*, Current and future ozone risks to global terrestrial biodiversity and ecosystem processes. *Ecology and Evolution.* 6, 8785–8799 (2016).
27. F. Baudron, K. E. Giller, Agriculture and nature: Trouble and strife? *Biological Conservation.* 170, 232–245 (2014).
28. R. M. Ewers, J. Scharlemann, A. Balmford, R. E. Green, Do increases in agricultural yield spare land for nature? *Global Change Biol.* 15, 1716–1726 (2009).
29. M. P. Nessel, T. Konnovitch, G. Q. Romero, A. L. González, Nitrogen and phosphorus enrichment cause declines in invertebrate populations: a global meta-analysis. *Biological Reviews* (2021).
30. J. Storkey *et al.*, Grassland biodiversity bounces back from long-term nitrogen addition. *Nature.* 528, 401–404 (2015).
31. K. A. Macintosh *et al.*, Transforming soil phosphorus fertility management strategies to support the delivery of multiple ecosystem services from agricultural systems. *Science of The Total Environment.* 649, 90–98 (2019).
32. A. Kovács-Hostyánszki, P. Batáry, W. J. Peach, A. Báldi, Effects of fertilizer application on summer usage of cereal fields by farmland birds in central Hungary. *Bird Study.* 58, 330–337 (2011).
33. S. Díaz *et al.*, Assessing nature's contributions to people. *Science.* 359, 270 (2018).
34. L. A. Schulte *et al.*, Prairie strips improve biodiversity and the delivery of multiple ecosystem services from corn-soybean croplands. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 11247 (2017).
35. D. H. Wall, U. N. Nielsen, Biodiversity and ecosystem services: is it the same below ground? *Nature Education Knowledge.* 3, 8 (2012).
36. W. Yang, T. Dietz, W. Liu, J. Luo, J. Liu, Going beyond the Millennium Ecosystem Assessment: an index system of human dependence on ecosystem services. *PLoS ONE.* 8, e64581 (2013).
37. D. A. Landis, Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology.* 18, 1–12 (2017).
38. D. Leclère *et al.*, Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature.* 585, 551–556 (2020).
39. D. Tilman, C. Balzer, J. Hill, B. L. Befort, Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108, 20260–20264 (2011).
40. J. Pretty *et al.*, Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability.* 1, 441–446 (2018).
41. Scientific Panel on Responsible Plant Nutrition, A new paradigm for plant nutrition. Issue Brief 01 (2020).



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

Referências

42. EU Nitrogen Expert Panel, Nitrogen Use Efficiency (NUE). *Guidance document for assessing NUE at farm level* (Wageningen University, Alterra, Wageningen, NL, 2016).
43. D. J. Conley *et al.*, *Ecology. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. Science*. 323, 1014–1015 (2009).
44. F. Zabel *et al.*, *Global impacts of future cropland expansion and intensification on agricultural markets and biodiversity. Nat Commun*. 10, 2844 (2019).
45. L. Tacconi, R. J. Rodrigues, A. Maryudi, *Law enforcement and deforestation: Lessons for Indonesia from Brazil. Forest Policy and Economics*. 108, 101943 (2019).
46. Y. Zhang, M. Pang, B. L. Dickens, D. P. Edwards, L. R. Carrasco, *Global hotspots of conversion risk from multiple crop expansion. Biological Conservation*. 254, 108963 (2021).
47. L. J. Cole, J. Stockan, R. Helliwell, *Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. Agriculture, Ecosystems & Environment*. 296, 106891 (2020).
48. International Plant Nutrition Institute, *4R plant nutrition manual: A manual for improving the management of plant nutrition*, metric version (IPNI, Norcross, GA, USA, 2016).
49. R. Seppelt, C. Arndt, M. Beckmann, E. A. Martin, T. W. Hertel, *Deciphering the Biodiversity-Production Mutualism in the Global Food Security Debate. Trends in Ecology & Evolution*. 35, 1011–1020 (2020).
50. F. Stagnari, A. Maggio, A. Galieni, M. Pisante, *Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 4, 2 (2017).
51. W. J. Sutherland, L. V. Dicks, S. O. Petrovan, R. K. Smith, *What works in conservation 2020* (Open Book Publishers, Cambridge, UK, 2020).
52. N. Mahon, I. Crute, M. Di Bonito, E. A. Simmons, M. M. Islam, *Towards a broad-based and holistic framework of Sustainable Intensification indicators. Land Use Policy*. 77, 576–597 (2018).

Autores, citação e contato

Coordinating lead author: Simon Attwood (Consultant, Biodiversity Conservation and Management, UK)

Autores: Membros da Scientific Panel on Responsible Plant Nutrition.

Tom Bruulsema (Plant Nutrition Canada), Ismail Cakmak (Sabanci University, Turkey), Achim Dobermann (International Fertilizer Association, France), Bruno Gerard (CIMMYT, Mexico), Kaushik Majumdar (African Plant Nutrition Institute, Morocco), Michael McLaughlin (University of Adelaide, Australia), Pytrik Reidsma (Wageningen University & Research, The Netherlands), Bernard Vanlauwe (International Institute of Tropical Agriculture, Kenya), Lini Wollenberg (CGIAR Climate Change, Agriculture & Food Security Program, USA), Fusuo Zhang (China Agricultural University, China), Xin Zhang (University of Maryland Center for Environmental Science, USA)

Citação: Scientific Panel on Responsible Plant Nutrition. 2021. Achieving nature-positive plant nutrition: fertilizers and biodiversity. Issue Brief 02. Available at <https://sprpn.org>.

Mais informações: Scientific Panel on Responsible Plant Nutrition, info@sprpn.org