

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA
MESTRADO

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E
PRODUÇÃO DE GRANDES CULTURAS COM
ROCHAGEM E BIOFERTILIZANTES.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CRISTHIAN RIBAS SÉKULA

GUARAPUAVA-PR

2011

CRISTHIAN RIBAS SÉKULA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E PRODUÇÃO DE GRANDES
CULTURAS COM ROCHAGEM E BIOFERTILIZANTES.**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia –
Mestrado, área de concentração em Produção
Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Professor Dr. Marcelo Marques Lopes Müller

Orientador

Professora Dra. Aline Marques Genú

Co-orientadora

GUARAPUAVA-PR

2011

CRISTHIAN RIBAS SÉKULA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E PRODUÇÃO DE GRANDES
CULTURAS COM ROCHAGEM E BIOFERTILIZANTES.**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia –
Mestrado, área de concentração em Produção
Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 27 de maio 2011

Professor Dr. Luís César Cassol – UTFPR

Professor Dr. Jackson Kawakami – UNICENTRO

Professor Dr. Marcelo Marques Lopes Müller – UNICENTRO

Dr. Alessandro Jefferson Sato – UNICENTRO

GUARAPUAVA-PR

2011

Aos meus pais, João Alberto e Lucia Helena, que são e sempre serão a
luz da minha vida.

A minha esposa Roseli, meu amor, que com carinho e paciência sempre
me incentivou a continuar na caminhada que resultou neste trabalho tão
sonhado.

DEDICO

Aos meus amados filhos Cristhian (*in memoriam*) e Letícia

OFEREÇO

“O Senhor é a minha força e o meu escudo; nele confio o meu coração, e fui socorrido; pelo que o meu coração salta de prazer, e com o meu canto o louvarei.”

Salmo 28:7

AGRADECIMENTOS

Principalmente a **Deus**, por estar sempre ao meu lado me dando força, confiança, proteção e perseverança para seguir em frente;

À **Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO**, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação Mestrado em Agronomia, Área de Produção Vegetal;

Em especial ao **professor Doutor Marcelo Marques Lopes Müller**, pela paciência, amizade e orientação a mim dedicadas durante o período do mestrado;

Ao meu colega e amigo **Engenheiro Agrônomo Leandro Michalovicz**, que por muitas vezes não poupou esforços e dedicação para me ajudar;

À **Santa Maria Cia. de Papel e Celulose**, pela flexibilidade que possibilitou a continuidade no programa de pós-graduação;

A todos meus colegas e professores, que me acompanharam durante o Curso de Mestrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. JUSTIFICATIVA.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
4.1 A Agricultura Moderna: seus benefícios e seus problemas.....	3
4.2 Fertilizantes.....	5
4.3 Fontes alternativas de nutrientes para agricultura.....	6
4.3.1 Biofertilizantes.....	6
4.3.1.1 Supermagro.....	7
4.3.1.2 Adubo da Independência e uréia líquida.....	8
4.3.2 Rochagem.....	9
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
6 CAPÍTULO I – PÓ DE BASALTO E BIOFERTILIZANTES EM LATOSSOLO BRUNO SOB SISTEMA PRODUTIVO DE GRANDES CULTURAS.....	16
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	17
6.1 Introdução.....	18
6.2 Material e Métodos.....	19
6.3 Resultados e Discussão.....	22
6.4 Conclusões.....	32
6.5 Referências Bibliográficas.....	32
7 CAPÍTULO II – ROCHAGEM E BIOFERTILIZANTES NA PRODUÇÃO DE GRANDES CULTURAS.....	35
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
7.1 Introdução.....	37
7.2 Material e Métodos.....	38
7.3 Resultados e Discussão.....	40
7.4 Conclusões.....	49
7.5 Referências Bibliográficas.....	50
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

RESUMO

SÉKULA, C.R. Rochagem e biofertilizantes como fontes de nutrientes para grandes culturas: efeitos na produtividade e no solo.

O Brasil é o quarto consumidor mundial de fertilizantes e dependente de importações. Com a crise que a alta de preços destes insumos gerou entre 2007-2008, aumentou na agricultura o interesse por fontes alternativas de nutrientes e a rochagem, que é o uso de pós de rochas como fonte de minerais e nutrientes para o solo, tornou-se mais difundida. Os fertilizantes orgânicos também adquiriram *status* diferenciado, e ambos passaram regularmente a fazer parte das pesquisas na área. Este trabalho traz resultados de uma pesquisa de longa duração cujo objetivo é avaliar técnicas alternativas de adubação em uso por produtores orgânicos da região de Guarapuava-PR, com combinações de pó de basalto e biofertilizantes, sobre as características químicas do solo e a produção de grandes culturas. O estudo foi realizado no campo experimental do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, entre 2005-2011, em área de Latossolo. Em delineamento de blocos ao acaso, foram estudados quatro tratamentos de adubação: T1 - dose de NPK recomendada por cultura; T2 - T1 + 2.000 kg ha⁻¹ de pó de basalto (PB); T3 - 4.000 kg ha⁻¹ de PB; T4 - 1.000 kg ha⁻¹ de adubo da independência (AI). As adubações de semeadura T3 e T4 foram combinadas com aplicações foliares dos biofertilizantes uréia líquida e supermagro, respectivamente. Avaliaram-se espécies de verão (milho, girassol, feijão, soja) e inverno (aveia preta, azevém, ervilhaca, cevada), amostrando-se o solo anualmente. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Considerando a fertilidade do solo e as culturas, não houve diferença significativa entre usar NPK e NPK combinado com 2.000 kg ha⁻¹ de PB. O uso de 4.000 kg ha⁻¹ de PB + uréia líquida e de 1.000 kg ha⁻¹ de AI + supermagro resultou em produtividades menores em relação às adubações com NPK, mas acima das médias estaduais para as culturas até o quarto ano de estudo, enquanto o milho foi precedido de nabo e ervilhaca no inverno e a aveia (aveia+azevém) precedeu girassol, feijão e soja. A adubação com PB + uréia líquida resultou em maior disponibilidade de P no solo e, no conjunto das espécies, melhor produtividade que AI + supermagro, que obteve seu melhor resultado para a produtividade do girassol, pela presença do B no supermagro.

Palavras-chave: fontes alternativas, pó de rocha, composto.

ABSTRACT

SÉKULA, C.R. Basalt powder and biofertilizers as nutrient sources for field crops: effects on yield and soil.

Brazil is the fourth world consumer of fertilizers and very dependent on imports. With the crises that the cost rising of these inputs generated between 2007-2008, the interest for alternative nutrient sources raised and the use of rock powders as sources of minerals and nutrients for soils became more widespread. Organic fertilizers also got pronounced status, and both started figuring into research projects on the sector. The present study brings results of a long-term research that aims to evaluate alternative fertilization techniques used by organic farmers from Guarapuava's region, Paraná State, with combinations of basalt rock powder and biofertilizers, on the soil chemical characteristics and production of field crops. The study was realized at the Experimental field of the Agronomy Department, at Midwest State University (Guarapuava), in an Oxisol area between 2005-2011. A random block design was used, with four fertilization treatments: T1 - NPK rate recommended for the crop; T2 - T1+2,000 kg ha⁻¹ of basalt rock powder (PB); T3 - 4,000 kg ha⁻¹ of PB; T4 - 1,000 kg ha⁻¹ of "independence fertilizer" (AI). Fertilizations T3 and T4 were combined with foliar application of biofertilizers "ecological nitrogen" and "supermagro", respectively. Summer (maize, sunflower, bean, soybean) and winter (black oat, ryegrass, vetch, barley) species were evaluated, and their growth and yield were evaluated, as well as the soil chemical characteristics (annually). Results were submitted to analysis of variance and Tukey Test ($\alpha = 0,05$). Considering soil fertility and the crops, there was no significant difference between NPK and NPK combined to basalt powder. The use of 4,000 kg ha⁻¹ of PB + ecological nitrogen and of 1,000 kg ha⁻¹ AI + supermagro resulted on average yields lower than NPK fertilizations, but still greater than the average yields for the evaluated species at Paraná State for until the fourth cropping year, while maize was preceded by turnip and vetch on winter and oat (or oat+ryegrass) preceded sunflower, bean and soybean. PB + ecological nitrogen fertilization resulted on higher P availability on the soil and, on the whole bunch of crops, better yield than AI + supermagro, which got it's best performance on sunflower yield, by the presence of B on supermagro composition.

Keywords: alternative sources, rock powder, compost.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Devido à magnitude de sua produção agrícola, sob demanda crescente nacional e internacional, e às características de baixa fertilidade natural dos solos, o Brasil tornou-se grande consumidor de fertilizantes. Contudo, a contar pela insuficiente produção interna e pelo crescimento inferior da indústria nacional de fertilizantes em relação ao aumento da demanda, o país continuará grande importador de fertilizantes no curto e médio prazos, sofrendo o peso negativo desta dependência em sua balança comercial.

Em 1998, cerca de 15 milhões de toneladas de fertilizantes foram consumidas no país, sendo 50% de origem doméstica. A relação de troca entre produto agrícola e fertilizante era de 26 sacas tonelada⁻¹ (sc t⁻¹) para o milho e 16,9 sc t⁻¹ para a soja. Em 2008, o consumo passou de 22 milhões t, após o auge de 24 milhões t de 2007, sendo que a produção nacional cresceu 19% e chegou a 8,8 milhões t (39% do consumo). As importações aumentaram 84% e atingiram 13,6 milhões t (61% do consumo), com relação de troca 55% maior para a soja (26,3 sc t⁻¹) e 90% maior para o milho (51 sc t⁻¹) (ANDA, 2009).

Sendo os fertilizantes sintéticos, à exceção da fixação biológica de N₂ para a soja, as fontes padrão de nutrientes para as grandes culturas no Brasil, a elevação de seus custos a patamares cada vez maiores pode inviabilizar a agricultura de menor escala, ainda mais se a descapitalização e o despreparo mercadológico do produtor familiar forem mantidos.

Para diminuir tal dependência, que pesa sobre produtores e sobre a balança comercial do país, a pesquisa agrícola nacional está desenvolvendo e incentivando o uso de fontes alternativas de nutrientes. Algumas destas fontes são compostas de materiais orgânicos bem conhecidos, como esterco e restos vegetais, que podem desempenhar papel relevante no fornecimento de nutrientes aos cultivos. Depois de fermentadas e decompostas, tais fontes dão origem a compostos orgânicos e biofertilizantes, apresentando como vantagens a produção local descentralizada, o menor custo e a maior compatibilidade com as atuais necessidades de sustentabilidade e geração de alimentos mais saudáveis.

Também está sendo pesquisado e incentivado o uso de pós de rochas como fontes de nutrientes, técnica denominada de rochagem ou remineralização natural dos solos. Apesar de ser uma prática antiga, o Brasil passou a estudar o assunto de maneira sistemática somente há poucos anos, e parte deste interesse se deu pelo avanço dos

sistemas orgânicos de agricultura. Os primeiros regulamentos sobre agricultura orgânica no país, a Instrução Normativa 07, de 17 de maio de 1999 (Diário Oficial da União, 1999) e a Lei 10.831, de dezembro de 2003 (BRASIL, 1980), relacionam o pó de rocha entre os insumos permitidos. Outro incentivo ao uso de rochas e minerais foi o Plano Nacional de Fertilizantes, nascido da crise causada pela elevação de preços dos fertilizantes em 2007-2008, com o objetivo de aumentar o uso de resíduos passíveis de emprego na agricultura, visando diminuir a dependência externa em relação aos fertilizantes.

Neste cenário, encontram-se em uso pelos agricultores, atualmente, diversas práticas de adubação com pós de rocha e fontes orgânicas, experimentando recursos naturais locais em sistemas produtivos com viés sustentável, mas sem indícios formais que comprovem sua eficácia, sendo necessários estudos que dêem respaldo científico.

2 JUSTIFICATIVA

Este estudo foi idealizado em função da necessidade de informações, por parte dos produtores rurais da Região de Guarapuava-PR, a respeito dos fertilizantes alternativos utilizados por eles nos sistemas orgânicos ou em fase de conversão, tendo sido iniciado durante a execução do projeto multidisciplinar “Processos produtivos agroecológicos para a agricultura familiar em sistema de redes de propriedades de referência”, aprovado no Edital CT-AGRO/MCT/MDA/CNPq, de 2004.

Desde o início, notou-se a falta de indícios científicos da validade de muitas das técnicas alternativas de fertilização dos solos, um assunto cujo conhecimento é predominantemente empírico na região. Não obstante a isso, o fato do Brasil ser um grande consumidor mundial de fertilizantes e muito dependente das importações para atender a essa demanda reitera a necessidade do estudo de fontes alternativas de nutrientes, que além de necessárias aos sistemas orgânicos de produção podem auxiliar a diminuir a dependência brasileira do mercado externo de fertilizantes e propiciar aos produtores nacionais o acesso a técnicas produtivas de baixo custo e menos agressivas ao meio ambiente.

3 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo avaliar a rotação com pó de basalto e os biofertilizantes adubo da independência, supermagro e uréia líquida como fontes alternativas de nutrientes para a agricultura, analisando efeitos sobre os aspectos químicos do solo e sobre a produção de grandes culturas em condições de campo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A Agricultura Moderna: seus benefícios e seus problemas

A agricultura é uma atividade que ocupa grande área e provoca diversas modificações no meio ambiente. Antes do século XIX, os agricultores produziam a maioria dos alimentos do mundo de forma orgânica, usando esterco, com força humana e animal - cavalos nos Estados Unidos e bois na Ásia (White, 1970). Portanto, os cultivos eram executados de maneira mais integrada ao meio ambiente.

Conforme Altieri (1995), os índices produtivos dessa agricultura dependiam da reciclagem de materiais orgânicos, de mecanismos de controle biológico e da precipitação pluviométrica. As produtividades eram modestas, mas estáveis, sendo resguardadas por rotação de culturas e pouco afetadas por grandes frustrações de safra devido a infestações de pragas, doenças ou estresses climáticos. O nitrogênio (N₂) advinha da rotação entre culturas principais e leguminosas.

No entanto, em meados do século XIX a Inglaterra já havia começado a fabricar o fertilizante superfosfato, e aproximadamente no mesmo período o químico alemão Fritz Haber desenvolveu o processo de síntese de amônia, que levou à fabricação de fertilizantes nitrogenados na Europa e nos Estados Unidos, os quais se tornariam necessários em grandes quantidades para se obter o benefício da descoberta de híbridos de milho de alta produtividade (Prasad, 2005; Collings, 1955, citado por Alvarez et al., 1979).

Após a II Guerra Mundial, houve a necessidade de aumentar rapidamente a produção de alimentos, sobretudo nos países mais pobres e populosos, o que provocou uma grande mudança na forma de trabalho dos agricultores. Em 1944, o americano Norman Borlaug, descrito como pai do movimento agrícola chamado “Revolução

Verde”, foi responsável pelo lançamento de variedades de trigo e pelo desenvolvimento e aplicação de técnicas que revolucionaram a produtividade do próprio trigo e de outras culturas no México, na Índia e no Paquistão (Mellado, 2009). Esta modernização da agricultura fez surgir o que se conhece por sistema convencional de cultivo, baseado em monocultivos, com revolvimento do solo, uso intensivo de máquinas, implementos, agroquímicos e fertilizantes sintéticos solúveis de rápida disponibilização dos nutrientes para as plantas (Altieri, 2002).

Para Altieri (2000), o aumento dos monocultivos e décadas de políticas governamentais de incentivo às *commodities* agrícolas resultaram na situação atual de um número menor de propriedades agrícolas, cada vez maiores em área, mais especializadas e dependentes de uso intensivo de capital.

Prasad (2005), citando dados da Organização das Nações Unidas (ONU), demonstra o aumento da população mundial de 2,5 bilhões em 1950 para 6 bilhões de pessoas no ano 2000, discutindo que os avanços conseguidos com a “revolução verde” foram de grande importância para a diminuição da fome no mundo, mas que suas consequências foram a quebra na ligação entre agricultura e ecologia, uma vez que princípios ecológicos passaram a ser ignorados e eliminados do sistema produtivo massificado. Segundo Araújo (2006), diversos problemas começaram a acumular-se após um determinado tempo utilizando as técnicas da agricultura moderna, colocando em risco a segurança alimentar global nos dias atuais.

Entre os impactos ambientais negativos, a eutrofização das águas causada, principalmente, pelo uso inadequado de N e P é um dos problemas mais estudados (Cantarella, 2007). Europa, EUA e Índia reconheceram que o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados causa enriquecimento de nitrato nas águas de subsolo, rios e estuários, além de liberar amônia e óxidos de nitrogênio para a atmosfera, que causam a chuva ácida e a redução da camada de ozônio (Prasad, 2005).

Observou-se, também, que os fertilizantes químicos consomem muita energia no processo de fabricação (Isherwood, 1999), têm efeito passageiro no solo, em função de sua alta solubilidade (Brandenburg, 1999), e podem acidificar os solos, principalmente no caso das fontes nitrogenadas (Luchese et al., 2002).

Segundo Gliessman (2000), o sistema moderno de cultivo causou desequilíbrios nos agroecossistemas, inclusive em alguns casos levou à degradação dos solos, que ao perderem sua fertilidade põem em risco a sustentabilidade da produção. Varela e Santana (2009), em estudo a respeito dos aspectos econômicos da produção, dos riscos

nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola, mostram que os modelos de monocultura predominantes no Brasil a partir do final da década de 70 passaram a apresentar instabilidade de produção, devido a problemas fitossanitários e quebras de safra, e também devido a questões de custos e de preço de mercado, o que desorganizou a produção e desestimulou os agricultores.

4.2 Fertilizantes

Segundo a legislação brasileira, fertilizante é um produto mineral ou orgânico, natural ou sintético, fornecedor de um ou mais nutrientes vegetais, sendo: fertilizantes minerais – constituídos de compostos inorgânicos e, também, aqueles constituídos de compostos orgânicos sintéticos ou artificiais, como a uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$); fertilizantes orgânicos – constituídos de compostos orgânicos de origem natural, vegetal ou animal; e fertilizantes organo-minerais - resultantes da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais, cujo objetivo é enriquecer os materiais orgânicos de nutrientes vegetais (BRASIL, 1980).

O Brasil é o quarto maior consumidor mundial de fertilizantes. Como N, P, K e S são insumos essenciais à sua formulação, e estes por sua vez são derivados do gás natural ou extraídos de minas espalhadas pelo mundo todo, seus custos são vinculados ao preço do petróleo e/ou são cotados no mercado internacional. Como a produção destas matérias-primas tem pequena expressão no mercado nacional, o Brasil sofre os efeitos diretos dos aumentos de preço em sua balança comercial e nos preços internos dos alimentos (SBCS, 2010).

De acordo com Daher (2008), a agricultura brasileira está altamente dependente dos fertilizantes e de seu mercado internacional, oligopolizado em setores como o do cloreto de potássio e comoditizado em situações como a do fosfato diamônico, o que torna o país vulnerável neste aspecto. Conforme Lima e Sampaio (2010), que compilaram dados do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a dependência atual do país em relação a NPK importado é de 69% em média, sendo 90% para o potássio, 73% para o nitrogênio e 49% para o fósforo.

Recentemente a China e a Índia, os dois maiores consumidores de fertilizantes e detentores de quase 50% da população mundial, passaram a incorporar novos fatores à difícil equação de produção de alimentos no mundo. Com a melhoria de renda das

populações desses países, a demanda por alimentos na Ásia aumentou, fato que, juntamente com os programas de substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis no mundo todo, tem elevado o consumo internacional de fertilizantes, resultando em considerável alta dos preços nos últimos anos (FAO, 2011), o que torna cada vez mais difícil a produção agrícola estritamente dependente dos fertilizantes minerais sintéticos.

4.3 Fontes alternativas de nutrientes para a agricultura

4.3.1 Biofertilizantes

Segundo a Lei 6.894 (BRASIL, 1980), biofertilizante é o produto que contém princípios ativos capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre todas as partes das plantas cultivadas, elevando sua produtividade, sem ter em conta seu valor hormonal ou estimulante. Na prática, biofertilizante é normalmente um composto orgânico que tem, além dos nutrientes, organismos vivos, podendo servir de inoculante destes nas plantas.

Biofertilizantes resultam da biodigestão de compostos orgânicos de origem animal e vegetal, e em seu conteúdo são encontradas células vivas ou latentes de microorganismos e quelatos organominerais (Medeiros e Lopes, 2006). De acordo com Araújo (2006), os biofertilizantes resultam em melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, dependendo da forma e quantidade utilizada.

A importância do biofertilizante, como fertilizante, está na diversidade dos nutrientes minerais quelatizados e disponibilizados pela atividade biológica, bem como na função de ativador enzimático do metabolismo vegetal (Lag Reid et al., 1999; Prates e Medeiros, 1999). Apesar do teor de nutrientes dos biofertilizantes, contendo apenas 10 ou 20% dos nutrientes encontrados nos fertilizantes químicos existentes, os adubos orgânicos são de fundamental importância para agricultura, visto que atuam nos mecanismos físicos e biológicos do solo (Yamada, 1995).

Não existe fórmula padrão para produção de biofertilizantes, que podem ser elaborados com qualquer tipo de matéria orgânica fresca (fonte de organismos fermentadores). Embora seja possível usar somente restos vegetais, na maioria das vezes são utilizados esterco, sendo o esterco bovino o que fermenta mais facilmente e vem inoculado com bactérias decompositoras muito eficientes. Outros compostos podem ser adicionados, como cinzas, fosfato natural, farinha de osso, pó de rocha ou

alguns micro elementos que, depois de fermentados juntamente com o esterco, poderão ser utilizados pelas plantas (EMBRAPA, 2006a).

Os biofertilizantes têm sido utilizados por pequenos produtores em função principalmente do seu baixo custo e da facilidade com que estes podem ser produzidos na propriedade e pela sua ação nutricional (Chaboussou, 1987). Segundo Medeiros (2000), o uso de biofertilizantes gera economia de insumos importados, promove melhorias no saneamento ambiental, diminui a degradação do solo, o descarte de resíduos e a emissão de gases do efeito estufa pela propriedade.

Segundo Santos (2008), em decorrência da crescente procura por novas tecnologias de produção, os biofertilizantes se tornaram alternativas viáveis para os pequenos produtores rurais, pois representam redução de custos e são acessíveis às suas condições técnico-econômicas.

4.3.1.1 Supermagro

Segundo Silva e Carvalho (2000) o biofertilizante denominado supermagro foi desenvolvido por Delvino Magro no ano de 1994, no centro de Agricultura Ecológica Ipê, no Rio Grande do Sul. Composto por água, esterco de gado, ácido bórico, cloreto de cálcio, molibdato de sódio, sulfato de cobalto, sulfato de cobre, sulfato ferroso, sulfato de magnésio, sulfato de manganês, sulfato de zinco, açúcar mascavo, calcário calcítico, farinha de osso, fígado moído, fosfato de araxá, leite ou soro de leite e sangue de boi, porco ou galinha, é utilizado para aplicação foliar com sucesso em culturas como maçã, pêssigo, uva, tomate, batata e hortaliças em geral.

Segundo dados da EMBRAPA (2006a), o uso do biofertilizante supermagro tem como objetivo complementar a adubação via solo, pois fornece assim micronutrientes essenciais ao metabolismo, ao crescimento e à produção das plantas. O biofertilizante supermagro também tem atuado como defensivo natural por ser meio de crescimento de bactérias benéficas, geralmente o *Bacillus subtilis*, que inibe o crescimento de fungos e bactérias causadores de doenças nas plantas, e é também responsável por aumentar a resistência das plantas contra insetos e ácaros.

Silva (2000), citado por Mangnabosco (2010), avaliou a resposta do maracujazeiro-amarelo em relação à aplicação de biofertilizante supermagro no solo, e o biofertilizante diluído em água na proporção de 1:1 apresentou efeitos positivos em relação ao diâmetro caulinar e à massa média dos frutos de maracujá.

4.3.1.2 Adubo da Independência e uréia líquida

Segundo Kokuszka (2005), o adubo da independência é assim denominado devido à liberdade que cada agricultor tem de pesquisar e adaptar os ingredientes de acordo com aquilo que existe em sua propriedade, sendo um produto de grande aceitação na agricultura familiar devido ao fato de que, após seu preparo, torna-se um adubo granulado de fácil aplicação em semeadoras à tração animal. Outra vantagem é o seu custo de produção, que no Estado do Paraná pode chegar a aproximadamente 10% do custo da tonelada dos adubos sintéticos.

Ainda segundo Kokuszka (2005), houve aumento na produção deste adubo na região Centro-Sul do Paraná devido a resultados positivos em experiências realizadas por organizações como o Instituto EQUIPE e Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA), em áreas de cultivo de milho, batata, tomate e feijão adubados com o adubo da independência e complemento com caldas agroecológicas.

Segundo Bianchini (2006), a utilização de adubação verde juntamente com adubo da independência na cultura do milho não diferiu estatisticamente dos tratamentos convencionais com NPK. Oliveira et al. (2007), utilizando adubação verde e adubo da independência na cultura do feijão, obtiveram rendimento 20% inferior quando comparado com os resultados da adubação convencional, mas apontam para a vantagem do sistema agroecológico devido ao menor custo, benefício ambiental e menor descapitalização dos agricultores.

Ramos et al. (2009) relataram ganho em produtividade na cultura do sorgo com a utilização do adubo da independência. Almeida et al. (2007) relatam que houve aporte de nutrientes significativo para as culturas subsequentes às do milho e feijão, nas quais foi utilizado o adubo da independência e a adubação verde.

A uréia líquida, segundo Chaboussou (1995), é uma mistura de esterco e urina bovina, diluídos e fermentados, sendo este biofertilizante utilizado para adubação foliar. Conhecido alternativamente como nitrogênio ecológico, pode também ser formulado misturando-se esterco bovino (base) com esterco de galinha poedeira e açúcar mascavo, o qual serve para melhor desenvolvimento da flora bacteriana, enquanto o esterco de galinha serve para aumentar o teor de nitrogênio no biofertilizante (EMBRAPA, 2006).

4.3.2. Rochagem

Rochagem é o termo utilizado para definir as práticas de aplicação no solo dos pós de rochas ricos em minerais, como o pó de basalto, o qual contém, em seus minerais, cálcio, magnésio, potássio e fósforo, além de todos os micronutrientes essenciais, motivo pelo qual pode levar à remineralização de solos muito intemperizados (Leonardos et al., 2000).

A técnica de rochagem pode ser entendida como fertilização inteligente, uma vez que parte do pressuposto que a dissolução mais lenta dos nutrientes assegura níveis de produtividade e de fertilidade dos solos por períodos mais longos. Desta forma, o uso de subprodutos gerados pelo setor mineral estaria tendo um uso mais nobre (Theodoro et al., 2010).

De fato, defende-se que as rochas e materiais derivados das mesmas, desde as basálticas e andesíticas até as fosfatadas e seus resíduos, deveriam ser utilizadas para remineralizar os solos (Fyfe et al., 2006). Porém, pós de rochas são tratados como descarte em várias regiões do Brasil, e poderiam constituir-se numa boa opção de reposição gradual e de longo prazo dos nutrientes dos solos.

Para Melamed et al. (2007), a utilização de pó de rocha promove, entre outros benefícios, o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos, devido à formação de novos minerais de argila durante seu processo de alteração.

Segundo Melamed e Gaspar (2005), o emprego do modelo de remineralização do solo, com o uso de pó de rocha, constitui-se numa alternativa viável em termos econômicos e ecológicos, devido ao baixo custo do processo de beneficiamento, que envolve apenas moagem das rochas usadas na composição do produto. Além disso, a elevada demanda da agricultura brasileira por fertilizantes, a qual não consegue ser atendida pela indústria nacional, poderá ser atendida pelo uso de produto obtido a partir do beneficiamento simples de matérias primas de ampla distribuição geográfica, diminuindo-se os gastos com importação, os desequilíbrios da balança comercial brasileira e ampliando as alternativas para o mercado consumidor.

Segundo Van Straaten (2006), existem diversas vantagens com a aplicação de pó de rocha como proporcionar macro e micronutrientes não disponíveis em fertilizantes químicos solúveis fornecedores de NPK, propriedades químicas favoráveis para elevar o pH dos solos, são adubos de liberação lenta nos solos ácidos empobrecidos de nutrientes, sua aplicação tem baixo impacto ambiental, muitas vezes são localmente disponíveis, alguns deles como resíduo de pedreiras, minas ou de outras operações

industrias de mineração, possuem custo baixo para utilização e podem aumentar a fertilidade do solo em longo prazo.

Ainda segundo Van Straaten (2006), como desvantagem da rochagem pode-se citar o fato de alguns materiais possuírem baixas concentrações de nutrientes e baixa solubilidade, características que podem afetar negativamente a eficácia agrônômica das culturas no curto prazo, especialmente em condições de clima temperado. Também os adubos de rocha ricos em silicatos contêm grandes quantidades de elementos não essenciais e minerais, como por exemplo o quartzo. Para ser agronomicamente eficaz, a taxa de aplicação é comumente no intervalo de várias toneladas por hectare, tornando onerosa a aplicação. Além disso, a produção de adubos de rocha requer entradas de alta energia no sistema para esmagar e triturar. Ainda seu valor está atrelado à disposição de minas ou pedreiras na região de aplicação para não ter os valores do frete como limitante (Van Straaten, 2002).

Solos tropicais têm, inerentemente, baixa fertilidade natural, pois foram expostos a longos períodos de intemperismo, o que resulta em solos altamente empobrecidos em nutrientes, com pouca matéria orgânica, baixa capacidade de troca catiônica e baixa fertilidade. Este tipo de situação é comum nos solos brasileiros e contribui para a baixa sustentabilidade das práticas agrícolas no Brasil (Theodoro e Leonardos, 2006).

De acordo com Campanhola (1995) a perda de nutrientes no Brasil tem custo médio direto de US\$ 242 milhões por ano, e que o custo anual indireto relacionado com o uso de agroquímicos tóxicos é maior que US\$ 12 bilhões, incluindo danos de saúde pública, água e contaminação dos solos, resistência de pragas etc. Esse tipo de dado bem ilustra a busca de alternativa de agricultura, em especial para os agricultores familiares, cuja estratégia de produção baseia-se em recursos de terras em vez de ofertas de mercado.

Para reverter tais cenários que ameaçam o meio ambiente e o sistema social em que a agricultura está implantada, conseguir um rumo com a adoção de tecnologias baseadas em princípios sustentáveis agro-ecológicos é imperativo. Melhoria da produtividade, realização da fertilidade do solo de longo prazo e ganhos socio-culturais ajudariam hipoteticamente a divulgar a prática entre agricultores familiares (Leonardos et al., 1976).

Fertilização com rochas podem também tornar-se uma solução econômica e ambiental vantajosa para a fertilização de solos do Brasil. Não exige ataques químicos e

processos de concentração; em muitas vezes estão pronto para o uso e os custos de produção são mínimos (extração e custos de esmagamento quando necessário, não excedem US\$ 10 por tonelada). Quando considerado um resíduo disponível em minas extrativas locais ou de rejeitos das atividades de mineração, ele pode ser até mesmo gratuito (Leonardos et al., 2000).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.A.; GUIDOLIN, J.C.; LOPES A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. – 3. Ed. – São Paulo; ANDA, 1998.

ALMEIDA, F.S. de; LIMA, P.H.C.L.; WISNIEWSKI, C. Avaliação da produtividade do feijão na agricultura familiar em sistema convencional e agroecológico na região centro sul do Paraná. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

ALTIERI, M.A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

ALTIERI, M.A. **Modern Agriculture**: Ecological impacts and the possibilities for truly sustainable farming, 2000. Disponível em: <http://www.cnr.berkeley.edu/~agroeco3/modern_agriculture.html>. Acesso em: 25 set. 2009.

ALTIERI, M.A. Traditional agriculture. In: ALTIERI, M.A. (ed.). **Agroecology: the science of sustainable agriculture**. 2nd ed. Boulder Cole: Wesview Press, p.107-144, 1995.

ALVAREZ R.; WUTKE, A.C.P.; ARRUDA, H.V. de; GODOY JUNIOR, G. Adubação da cana-de-açúcar, XV — Experimentos com micronutrientes nas regiões canavieiras do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 38, n. 3, p. 19-25, 1979.

ARAUJO, F.F. de. **Horta orgânica, implantação e manejo**. Presidente Prudente: UNOESTE, 2006. 84p.

BIANCHINI, F.; CARRARO, C.; SOUZA, R.M. de; WISNIEWSKI, C. Avaliação da análise química do solo comparando os sistemas convencional e agroecológico de produção tradicional, como um indicador da sustentabilidade na agricultura familiar, no Centro Sul do Paraná. **Rev. Bras. de Agroecologia**. v.1, n.1, p. 1129, 2006.

BRANDENBURG, A. **Agricultura familiar: ONGs e desenvolvimento sustentável**. Curitiba: Editora da UFPR, 1999. 326p.

BRASIL. Lei número. 6.894 de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados a agricultura. **D.O.U. (Diário Oficial da União)**, Brasília, DF, 17 dez 1980.

CAMPANHOLA, C. Gestão Ambiental e crescimento econômico. In: Contribuição para um novo modelo de desenvolvimento. Centro de Estudos Regionais. CER/UFG. GO, p.37 - 57, 1995.

CANTARELA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 395-470.

CHABOUSSOU, F. **A teoria da trofobiose, novos caminhos para uma agricultura sadia**. 2.ed. Porto Alegre: Fundação Gaia, 1995. 28p.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da Trofobiose**. 2 ed. Porto Alegre: L e PM, p.256, 1987.

DAHER. Informativo da Insol Intertrading do Brasil número 18, 2008 Disponível em: <<http://www.insoja.com.br/novo/informativo18/entrevista.php>> Acesso em: 29 jan. 2011.

D.O.U. (Diário Oficial da União), n. 94. Seção do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, de 17 de maio de 1999, **Instrução Normativa n. 7**, Brasília.

EMBRAPA. Centro Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. **Práticas agroecológicas, caldas e biofertilizantes**. Pelotas, 2006 22p. (cartilha). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/16340369/Cartilha-Caldas-e-Biofertilizantes>>. Acesso em: 28 dez. de 2010.

FAO, 2011. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação **Current world fertilizer trends and outlook to 2011/2012** FAO. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/cwfto11.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

FYFE, W.S.; LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, 2006.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2000.

ISHERWOOD, K.F. World plant nutrient resources: directions for the next century. In: SIQUEIRA, J.O. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de**

plantas. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.123-142.

KOKUSZKA, R. Avaliação do teor nutricional de feijão e milho cultivados em sistemas de produção convencional e agroecológico na região Centro Sul do Paraná, 2005 (**Dissertação de Mestrado**), Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2005.

LAGREID, M.; BOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. **Agriculture, fertilizers and the environment**. Cambridge: CABI, 1999, p.294.

LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. **Anais 29 Congr. Brasil. Geol.**, Belo Horizonte, pg.: 137 - 145, 1976.

LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.C.H.; ASSAD, M. L. Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutrient Cycling in Agroecosystems - Formerly Fertilizer Research**. Nº 56 pp.: 3 - 9, 2000.

LIMA, J.L.U.; SAMPAIO, T.Q. Atualidades e perspectivas das reservas de agrominerais no Brasil. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.12-17, 2010.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182p.

MANGNABOSCO, M.C. Avaliação da eficiência da calda bordalesa, da calda sulfocálcica e do biofertilizante Supermagro no cultivo orgânico de morangueiro. 91 pg. Pato Branco 2010 **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2010.

MEDEIROS, M.B. Ação de biofertilizantes líquidos sobre a biologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis*. **Tese (Doutorado em Ciências - Entomologia)**. Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, p.110, 2000.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C. **Eficiência de pó de rocha na bio-disponibilidade de potássio em sistemas de produção agrícola sustentáveis**, XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa – CETEM/COAM, 2005.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N.; **Pó de rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. Série estudos e documentos**. Brasília: CETEM/MCT, 2007.

MELLADO, Z.M. Homage to Dr. Norman E. Borlaug. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 69, n. 3, 2009.

NEVES, M.C.P. **Agricultura orgânica: instrumento para sustentabilidade dos sistemas de produção e valorização de produtos agropecuários**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 22p, 2000. (Embrapa agrobiologia. Documentos, 122).

OLIVEIRA, L.S de; NAVARRO, J.R.; WISNIEWSKI, C. Avaliação da produtividade do feijão na agricultura familiar em sistema convencional e agroecológico na região centro sul do Paraná. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Rev. Bras. Agroecologia**, v. 2, n. 1, 2007.

PRASAD, R. Organic farming vis-à-vis modern agriculture. **Current Science**, v. 89, n. 2, p. 252-54, 2005.

PRATES, H.S.; MEDEIROS, M.B. de. “**MB – 4**”. **Entomopatógenos e biofertilizantes na citricultura orgânica**. Coordenadoria de defesa Agropecuária, Folder, Campinas São Paulo 1999.

RAMOS, A.P.S.; SANTOS, K.S.R.; SAMPAIO, E.V.SB. Relação à Incorporação do Adubo da independência em sua Formulação Completa e Fracionada. Resumos do VI CBA e II CLAA, **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2009 v. 4 n. 2.

SANTOS R. H.S.; MENDONÇA E.S. Agricultura natural, orgânica, biodinâmica agroecologia. **Informe Agropecuário** n. 22: p. 5-8, 2001.

SANTOS, J.F. Fertilização orgânica de batata-doce com esterco bovino e biofertilizante–: 109f Paraíba **Tese (Doutorado em Agronomia)** Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia. -PB 2008.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. O agronegócio e os fertilizantes. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.10-11, 2010.

SEIXAS, J.; FOLLE, S., MACHETTI, D. **Construção e funcionamento de biodigestores**. Brasília: Embrapa-DID. 1980. 60p. (Embrapa – CPAC. Circular Técnica, 4).

SILVA B.M.; CARVALHO A.F. **Novo Supermagro: o biofertilizante**. Viçosa: TA/ZM, 2000. 16p.

THEODORO S.C.H.; LEONARDOS, O.H.; FONSECA, R. **Rochagem: uma construção do link entre a mineração e a agricultura**. Congresso Brasileiro de Geologia, Pará, 2010.

THEODORO, S.C.H.; LEONARDOS, O.H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro/RJ. V.78 n. 4 p.: 715 – 720, 2006.

VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, 2006.

VARELA, L.B.; SANTANA, A.C. Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em Tomé-Açu, Pará – 2001 a 2003. **Revista Árvore**, v.33, n.1, p.151-160, 2009.

WHITE, K.D. Fallowing, Crop Rotation, and Crop Yields in Roman Times. **Agricultural History**, v. 44, n.3, p. 281– 290, 1970.

YAMADA, T. **A nutrição mineral e a resistência de plantas às doenças**. Piracicaba: POTAFOS. Informações Agronômicas, n.72, 1995.

6 CAPÍTULO I - PÓ DE BASALTO E BIOFERTILIZANTES EM LATOSSOLO BRUNO SOB SISTEMA PRODUTIVO DE GRANDES CULTURAS

RESUMO – O desafio da agricultura atual é produzir em sistemas ambientalmente sustentáveis, produtivos e economicamente viáveis, para pequena e grande escala, que permitam enfrentar as variações dos preços dos produtos e dos custos da produção, muito influenciados pelos fertilizantes. Pós de rochas e biofertilizantes são fontes de nutrientes muito conhecidas, mas só recentemente utilizadas em maior escala no Brasil, devido ao avanço da agricultura orgânica e a crise agrícola causada pela elevação dos preços dos fertilizantes em 2007-2008. Este estudo teve como objetivo avaliar técnicas alternativas de adubação, com pó de basalto e biofertilizantes, praticadas por produtores orgânicos da região de Guarapuava, sobre as características químicas do solo. O experimento foi conduzido de 2005 a 2010 no Campo Experimental do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, em Guarapuava-PR, em área de Latossolo Bruno. O delineamento foi de blocos ao acaso, foram avaliados quatro tratamentos de adubação: T1 - dose de NPK recomendada por cultura; T2 - T1 + 2.000 kg ha⁻¹ de pó de basalto (PB); T3 - 4.000 kg ha⁻¹ de PB; T4 - 1.000 kg ha⁻¹ de adubo da independência (AI). As adubações T3 e T4 foram combinadas aos biofertilizantes foliares uréia líquida e supermagro, respectivamente, conforme práticas dos produtores orgânicos da região. Foram cultivadas diversas espécies e, após os cultivos de verão, o solo foi amostrado nas camadas de 0-10 e 10-20 cm para análise química. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). As diferenças entre os tratamentos foram mais significativas na camada 0-10 cm, e durante o período de manejo do solo em plantio direto (2005-2009), a adubação com PB, combinada ou não ao NPK, mostrou potencial em aumentar a disponibilidade de P do solo, mas não foi boa fonte de K, permitindo a queda dos teores iniciais do nutriente com o tempo de cultivo. O uso de AI, mesmo com a duplicação da dose de 500 para 1.000 kg ha⁻¹ a partir da segunda adubação, foi inferior na disponibilização de P em relação ao PB e também permitiu a queda dos teores de K. Os resultados para Ca e Mg foram inconclusivos. A adubação com PB + uréia líquida mostrou potencial como fonte de Cu. Já o uso de AI + supermagro mostrou potencial como fonte de B e Zn, sendo importante a participação do biofertilizante supermagro, utilizado via foliar, na adição desses nutrientes.

Palavras-chave: fontes alternativas, rochagem, composto.

BASALT POWDER AND BIOFERTILIZERS IN OXISOL UNDER FIELD CROP PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT

The challenge for today's agriculture is to have production systems that are environmentally sustainable, productive and economically viable for large and small scales, which permits to face variations on the price of the products and the production costs. Rock powders and biofertilizers are very known nutrient sources, but only recently used on major scale in Brazil, due to the progress of organic agriculture and the crisis on national agriculture caused by the elevations of the fertilizer costs in 2007-2008. This study aimed to evaluate the alternative techniques of fertilization, with basalt powder and biofertilizers, practiced by organic farmers of Guarapuava's region (Paraná State), on soil chemical characteristics. The experiment was conducted at the Experimental field of the Agronomy Department, at Midwest State University (Guarapuava), in an Oxisol area between 2005-2011. A random block design was used, with 5 replications and four fertilization treatments: T1 - NPK rate recommended for the crop; T2 - T1+2,000 kg ha⁻¹ of basalt rock powder (PB); T3 - 4,000 kg ha⁻¹ of PB; T4 - 1,000 kg ha⁻¹ of "independence fertilizer" (AI). Fertilizations T3 and T4 were combined with foliar application of biofertilizers "ecological nitrogen" and "supermagro", respectively, according to the practices of organic farmers of the region. Several species were cultivated and the soil was sampled for the 0-10 and 10-20 cm layers after each summer crop. Results were submitted to analysis of variance and Tukey Test ($\alpha = 0,05$). Differences among treatments were more significant on the 0-10 cm layer, and during the period of soil management under no till (2005-2009), fertilization with PB, combined or not with NPK, showed potential to enhance the availability of P on the soil, but was not a good source of K, permitting initial nutrient levels to decrease with time. The use of AI, even doubling the rate from 500 to 1.000 kg ha⁻¹, from the second fertilization on, was inferior in relation to PB in P availability. Results for Ca and Mg were inconclusive. The fertilization with PB + ecological nitrogen showed potential as Cu source, while the use of AI + supermagro showed potential as B and Zn source to the soil, being important, in this case, the participation of biofertilizer supermagro, used in leaf sprays, on the addition of these nutrients.

Key words: alternative sources, rock powder, compost.

6.1 INTRODUÇÃO

Cerca de 90% das propriedades rurais do Brasil têm menos de 100 ha. Destas, 50% tem até 10 ha e 60% não utilizam fertilizantes (IBGE, 2006). Assim, técnicas de calagem e adubação, que permitem incluir os solos ácidos que compõe a maior parte do país no processo produtivo (Malavolta e Moraes, 2009), não são usadas por muitos produtores, implicando em baixas produtividades e até insustentabilidade econômica.

Parte desta realidade ocorre em função dos custos, pois muitos indicadores mostram que os custos da agricultura moderna podem ser maiores que os benefícios (Fife et al., 2006). De fato, essa agricultura, defendida por salvar bilhões de pessoas da fome (Borlaug, 1996), é também criticável, pois buscando manter produtividade e lucro máximos por área durante certo tempo, implica em processos produtivos intensivos e caros, não raramente com consequências ecológicas negativas (Leonardos et al., 2000).

A Agenda 21 (Rio-92) recomenda que a agricultura se desenvolva em redes de trocas de experiências, sobre sistemas que conservem o solo, a água e os recursos florestais, minimizem o uso de agroquímicos e reduzam ou reutilizem resíduos (Leonardos et al., 2000). Quase duas décadas depois, o desafio ainda é desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis, que produzam alimentos e fibras em quantidade e qualidade suficientes, sem afetar ambiente e solo (Tesseroli Neto, 2006).

No Brasil, esta tarefa tem sido particularmente desempenhada pela agricultura orgânica, que independentemente da matriz brasileira de fornecimento de nutrientes para a agricultura, baseada em importações, desenvolve e incentiva o uso de fontes alternativas nacionais. O respaldo necessário para estas fontes veio com os primeiros regulamentos sobre agricultura orgânica, a Instrução Normativa 07, de 17 de maio de 1999 (MAPA, 1999), e a Lei 10.831, de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003), que relacionam pós de rochas e fertilizantes orgânicos entre os insumos permitidos.

Os pós de rochas, normalmente descartados no ambiente de mineração, são fontes de macro e micronutrientes, podendo levar, principalmente no caso do basalto, à remineralização de solos intemperizados (Leonardos et al., 1976). Embora pouco difundido no Brasil, o uso de rochas silicatadas como fontes de nutrientes não é novidade. Na década de 30, pesquisadores europeus utilizavam resíduos de pedreiras de basalto com bons resultados no tratamento de áreas degradadas e no crescimento de florestas (Gillman et al., 2002).

Entretanto, o uso de fertilizantes de rochas silicatadas é limitado, devido à liberação normalmente lenta dos nutrientes (Priyono e Gilkes, 2004), em descompasso com sistemas intensivos. Assim, doses altas são necessárias, tornando-se, por vezes impraticáveis (Hinsinger e Gilkes, 1995). Gillman et al. (2002), incubando até 50 t ha⁻¹ de pó de basalto com solos intemperizados da Austrália, observou redução da acidez e aumento da capacidade de troca de cátions e dos teores de silício e bases.

Fertilizantes orgânicos, mais conhecidos no país do que as fontes minerais alternativas, também são importantes no fornecimento de nutrientes para a agricultura, e seu uso vem aumentando. Embora sejam vendidos como produtos comerciais, diferentemente dos fertilizantes sintéticos, muitos biofertilizantes podem ser produzidos pelo agricultor, o que permite gerar economia de insumos externos e melhorias no saneamento ambiental da propriedade (Deleito et al., 2000; Meinerz et al., 2009).

Esterco bovino e cama de aviário são os fertilizantes orgânicos mais utilizados e por isso, talvez, seu preço tenha se elevado recentemente (Silva, 2009). Uma alternativa para diluir este aumento de custo é incorporar outras fontes orgânicas ou minerais aos esterco, gerando biofertilizantes como o adubo da independência, que resulta da compostagem de solo, esterco, restos orgânicos e pós de rochas (Chaboussou, 1995; EMBRAPA, 2006; Santos e Mendonça, 2001; Silva e Carvalho, 2000). Embora muito utilizados, no entanto, praticamente não há resultados científicos sobre seus efeitos nas características químicas dos solos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as características químicas de um Latossolo Bruno de Guarapuava-PR, após seis anos de cultivo aplicando pó de basalto e biofertilizante adubo da independência.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no Campo Experimental do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, em Guarapuava-PR, em 2005. A área está a 800 m da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada a 25° 23' S; 51° 30' W; 1026 m altitude. O clima é subtropical úmido - Cfb (Köppen), com verão ameno, geada no inverno e precipitação anual de 1.800-2.000 mm (IAPAR, 2000). O solo foi classificado como Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2006b), e os resultados da análise química e granulométrica antes do início do estudo são apresentados na tabela 1.

Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, com 5 repetições e

parcelas de 41 m². Os tratamentos foram quatro adubações: T1 - dose de NPK recomendada por cultura; T2 - T1+2.000 kg ha⁻¹ de pó de basalto (PB); T3 - 4.000 kg ha⁻¹ de PB; T4 - 500 kg ha⁻¹ de adubo da independência (AI). Devido ao desenvolvimento restrito das plantas no primeiro cultivo, neste tratamento os demais cultivos passaram a receber 1.000 kg ha⁻¹ de AI. Adubou-se T1 e T2 em cobertura com uréia (45% N) conforme recomendação da cultura, e as adubações T3 e T4 foram combinadas com os biofertilizantes foliares uréia líquida e supermagro, respectivamente, devido ao fato destes tratamentos terem se originado de práticas alternativas de produtores orgânicos da região, com demanda por informações. As aplicações foliares foram equivalentes a 250 L ha⁻¹, com 5 a 15% de concentração, 3 vezes por cultivo a cada 7-10 dias a partir dos 20 dias após a emergência (DAE).

Tabela 1. Composição química e granulométrica do solo antes do início do estudo¹.

prof.	P	C	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	CTC	V	ARG ²	SIL	ARE
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----cmolc dm ⁻³ -----						%	-----g kg ⁻¹ -----		
0-10	6,30	36,1	6,0	0,0	4,27	6,60	4,03	0,35	15,2	72	680	190	130
10-20	1,30	28,7	5,0	0,0	7,20	3,87	3,12	0,12	14,3	50			

¹Análise química segundo Pavan et al. (1992): P - Mehlich I; Ca, Mg e Al - KCl 1N.

²ARG = argila, SIL = silte, ARE = areia, método do densímetro (EMBRAPA, 1997)

Partindo da premissa de aproveitar os recursos naturais e as práticas agrícolas da região, coletou-se pó de basalto como poeira dos moinhos de uma pedreira, acumulada junto às pilhas de brita e areia industrial. O material foi seco ao ar e tamisado em peneira com abertura de um milímetro antes de ser aplicado ao solo, sendo uma amostra do material utilizada para caracterização química e granulométrica (tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química e granulométrica do pó de basalto utilizado¹.

Extrator	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	----- % -----				----- mg kg ⁻¹ -----			
CNA ²	0,12	0,05	0,34	0,15	296	48	52	12
Água	0,10	0,03	0,04	0,01	132	00	00	4
CNA+água	0,22	0,08	0,38	0,16	428	48	52	16
Peneiras	20 (>850 µm)	50 (850 - 300 µm)	120 (300 - 125 µm)	fundo (<125 µm)				
ABNT	25,4%	43,3%		25,9%			5,4%	

¹Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da FCA-UNESP, Botucatu-SP. ²Citrato Neutro de Amônio.

O adubo da independência, o supermagro e a uréia líquida foram doados pelos

produtores orgânicos em condições de uso, sendo uma amostra do AI também analisada para caracterização química (tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química do biofertilizante adubo da independência utilizado¹.

pH	C ²	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Zn	Mn	Mo	Cu
H ₂ O	-----g kg ⁻¹ -----							-----mg kg ⁻¹ -----					
7,5	88,5	4,3	64,9	33,8	42,5	3,9	0,4	2,8	28	44	206	55	87

¹Análise como fertilizante orgânico, laboratório de Fertilizantes e Corretivos da FCA-UNESP, Botucatu-SP. ²C_{org} por Walkley e Black, N_{total} por Kjeldahl e demais nutrientes por digestão total (via úmida).

A sequência de cultivos entre 2005-2011, bem como a variação de adubação das culturas em T1 e T2 encontram-se na tabela 4. Optou-se por materiais exigentes em fertilidade, a fim de diluir o efeito da condição inicial do solo, bem como culturas importantes para os produtores, como milho e feijão (subsistência), sendo dada preferência ao cultivo de adubos verdes no inverno.

Tabela 4. Espécies cultivadas e suas adubações nos tratamentos T1 e T2.

Culturas	Safrano agrícola	Adubação	
		semeadura	Cobertura
Nabo forrageiro	2005	--	--
Milho (Pionner 30P34)	2005-2006	300 kg ha ⁻¹ 05-25-25	50 kg ha ⁻¹ de N
Aveia preta (crioula)	2006	--	20 kg ha ⁻¹ de N
Girassol (Helio 251)	2006-2007	350 kg ha ⁻¹ 04-20-20	30 kg ha ⁻¹ de N
Feijão (IPR 88)	2007	250 kg ha ⁻¹ 04-20-20	40 kg ha ⁻¹ de N
Ervilhaca comum (crioula)	2007	--	--
Milho (Syngenta Maximus)	2007-2008	300kg ha ⁻¹ 08-30-20	50 kg ha ⁻¹ de N
Aveia preta+azevém (crioulos)	2008	--	--
Soja (CD 206)	2008-2009	250 kg ha ⁻¹ 00-20-20	--
Camomila (crioula)	2009	--	--
Milho (Syngenta Premium Flex)	2009-2010	300 kg ha ⁻¹ 08-30-20	50 kg ha ⁻¹ de N
Cevada (BRS Cauê)	2010	210 kg ha ⁻¹ 08-20-20	40 kg ha ⁻¹ de N + 40 kg ha ⁻¹ de K ₂ O
Feijão (IPR Tiziu)	2010-2011	250 kg ha ⁻¹ 04-20-20	30 kg ha ⁻¹ de N + 30 kg ha ⁻¹ de N

Após as culturas de verão, o solo foi amostrado nas camadas de 0-10 e 10-20

cm, com 12 subamostras por parcelas. As amostras de 2006 foram analisadas segundo metodologias oficiais para o Estado do Paraná (Pavan et al., 1992), com P e K extraídos por Mehlich I e Al, Ca e Mg extraídos por KCl 1 mol/L. Nas amostras de 2007 a 2010, adotou-se extração de P, K, Ca e Mg por resina trocadora (Raij et al., 2001), devido à possibilidade de superestimação dos teores de P e K por Mehlich I, citada por Escosteguy e Klamt (1998).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância ($\alpha = 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% e 1% de probabilidade.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a primeira coleta de solo, após o verão 2005-2006, houve efeito significativo dos tratamentos sobre os níveis de potássio (K) do solo na camada de 0-10 cm (tabela 5). As adubações T1 e T2 mostraram teores equivalentes de K, os quais foram superiores aos de T3 e T4, também equivalentes entre si. Os teores de K em T1 e T2 ficaram próximos ao valor determinado nesta camada antes do experimento, que foi de $0,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (tabela 1), demonstrando que a adição de K pelo NPK utilizado nestes tratamentos foi capaz de manter teores próximos aos originais, sendo, portanto, adequada a adubação de manutenção utilizada.

O teor de K de $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em T3 e T4 (tabela 5) indicou baixa disponibilidade de K tanto pelo PB quanto pelo AI, sendo insuficiente para repor a quantidade de K extraída pela cultura, que consumiu as reservas do solo. Os dados de análise química do PB (tabela 2) possibilitam estimar em $1,2 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (CNA+água) a adição de K em T4, valor pequeno frente ao potencial de extração do milho. Em seu trabalho, Feiden (1991) apenas encontrou alterações significativas nos níveis de K do solo pela adição de pó de basalto em doses superiores a 50 t ha^{-1} , sendo justificada, portanto, a diminuição nos teores de K do solo, já que a dose de 4.000 kg ha^{-1} utilizada no presente estudo é muito menor.

Em T4, que também apresentou diminuição no teor de K em relação ao teor inicial, caso o teor total de K apresentado na tabela 3 fosse todo disponível no curto prazo, os 500 kg ha^{-1} utilizados neste primeiro cultivo de milho resultariam em cerca de $20 \text{ kg de K}_2\text{O}$, também insuficientes para as necessidades da cultura, justificando consumos das reservas do solo.

Ainda na camada de 0-10 cm, houve efeito das adubações sobre os teores de

cálcio (Ca), magnésio (Mg) e soma de bases (SB) do solo. De maneira geral, T4 apresentou resultados inferiores para esses atributos em comparação aos demais tratamentos, equivalentes entre si. Isto mostra que o AI também não foi capaz de manter os níveis Ca e Mg no solo, afetando a SB. Portanto, o teor de Ca de 42,5 g ha⁻¹ encontrado para este biofertilizante (tabela 3), que resultaria na adição de 21 kg ha⁻¹ de Ca no 1º ano, não é prontamente disponível, condizente com o uso de fosfato natural (parcialmente solúvel em água) em sua composição (Chaboussou, 1995). No caso do Mg, o teor no biofertilizante permite estimar a adição de cerca de 2 kg ha⁻¹ do elemento na semeadura do milho, também condizente com o consumo das reservas do solo.

Quanto aos micronutrientes, houve efeito significativo dos tratamentos, também na camada de 0-10 cm, para Cu e Zn. Os tratamentos T1 e T2 mostraram teores menores de Cu, com diferença significativa na comparação com T3. Uma explicação para este fato é a baixa participação do elemento nas matérias primas utilizadas na fabricação do NPK, em comparação aos teores nas fontes alternativas (tabelas 2 e 3), que resultam em adições de 208 g ha⁻¹ com o PB e 43,5 g ha⁻¹ com o AI. No caso do Zinco, não foram encontrados indícios para explicar teores inferiores do elemento em T3, a não ser uma maior extração pelas plantas, que não teria sido compensada pelo fornecimento.

Para a segunda coleta, após o verão 2006-2007, houve efeito dos tratamentos sobre os níveis de fósforo (P) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo (tabela 6), sendo os teores maiores em T3 que nos demais tratamentos na camada de 0-10 cm. Cabe ressaltar que de 2006 para 2007, o extrator de P foi alterado de Mehlich I para Resina Trocadora a fim de evitar uma superestimação dos valores de P, pois conforme Escosteguy e Klamt (1998), com o acúmulo do basalto no solo, Mehlich poderia extrair P não lábil ligado a Ca (apatita). Contudo, os resultados obtidos com resina acompanharam aqueles observados na primeira coleta.

Como o basalto é uma fonte de liberação lenta, os efeitos sobre os teores de P parecem ter se intensificado neste segundo ano. Segundo Gillman et al. (2002), isto pode ser devido à liberação de silicato do basalto, que diminui a adsorção do fosfato, e também à liberação de pequenas quantidades de P presentes na rocha, o que se comprova nos dados da tabela 2. Na camada de 10-20 cm, contudo, os teores de P foram menores em T3, com diferença significativa em comparação a T1. Como o basalto é pouco solúvel e o P é praticamente imóvel no solo, o efeito não se repetiu na camada subsuperficial, sendo o menor teor no solo possivelmente associado ao crescimento e extração pelas plantas em intensidade maior que a reposição pela adubação.

Tabela 5. Características químicas do Latossolo Bruno após o milho de 2005-2006, cultivado com as diferentes adubações estudadas.

TRAT	pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	Al	V	Cu	Fe	Mn	Zn						
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c . dm ⁻³ -----											%	-----mg.dm ⁻³ -----					
-----0-10 cm-----																					
T1	5,2	45,8	7,01	6,09	0,41	a	5,25	ab	3,26	ab	8,92	ab	15,0	0,01	59,2	2,13	b	40,5	5,88	1,22	ab
T2	5,3	47,1	6,29	5,61	0,36	a	5,45	a	3,44	a	9,26	a	14,9	0,00	62,2	1,56	b	41,2	5,64	1,44	a
T3	5,1	51,2	8,50	6,29	0,16	b	5,35	a	2,89	ab	8,37	ab	14,7	0,00	57,0	3,26	a	37,5	5,08	1,02	b
T4	5,1	49,1	5,53	6,38	0,15	b	4,16	b	2,25	b	7,57	b	14,0	0,01	53,9	2,36	ab	35,7	4,71	1,32	a
DMS	0,3	8,7	4,00	1,42	0,13		1,17		1,10		1,61		1,33	0,03	9,6	1,06		2,42	1,17	0,29	
CV (%)	3,6	9,7	31,4	12,5	25,9		12,4		19,8		10,1		4,9	201,5	8,81	24,5		14	1,17	12,6	
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**		*		*		*		n.s.	n.s.	n.s.	**		n.s.	n.s.	*	
-----10-20 cm-----																					
T1	5,2	39,9	2,90	5,93	0,08		4,07		3,32		7,46		13,4	0,02	55,1	2,5		33,8	3,80	1,37	
T2	5,2	40,7	2,97	6,22	0,08		4,02		2,81		6,92		13,1	0,03	52,4	2,18		41,9	4,31	1,11	
T3	4,7	42,6	4,31	7,29	0,06		3,33		2,12		5,4		12,7	0,08	41,8	3,78		35,4	3,63	0,68	
T4	5,0	44,5	3,03	6,94	0,10		3,83		2,66		6,61		13,6	0,06	47,7	2,52		37,2	3,75	1,51	
DMS	0,8	9,7	2,30	2,38	0,08		2,29		1,41		2,90		1,41	0,12	10,1	1,73		17,7	1,73	0,91	
CV (%)	8,3	12,4	38,0	19,3	15,8		32,0		28,0		23,5		5,7	138,3	21,8	33,7		25,4	23,8	41,6	
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	

¹Análise química segundo Pavan et al. (1992): P por Mehlich I; C por Walkley-Black. ²T1 = 300 kg ha⁻¹ 05-25-25; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ³Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade

Tabela 6. Características químicas do Latossolo Bruno após o feijão safrinha de 2007, cultivado com as diferentes adubações estudadas.

TRAT	pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn			
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c . dm ⁻³ -----				-----		%	-----mg.dm ⁻³ -----							
-----0-10 cm-----																		
T1	5,5	51,5	39,4	b	4,56	0,35	a	5,61	2,90	8,87	13,44	65,0	0,25	2,28	41,5	5,40	a	1,02
T2	5,5	51,5	34,7	b	4,46	0,38	a	5,08	2,74	8,24	12,70	63,7	0,21	2,50	39,4	5,20	a	0,92
T3	5,4	47,4	63,8	a	4,42	0,15	b	5,30	2,34	7,80	12,22	63,6	0,19	2,50	40,0	3,92	b	0,72
T4	5,5	47,4	35,7	b	4,35	0,16	b	5,05	2,68	7,89	12,26	64,3	0,23	2,30	39,3	4,04	b	1,10
DMS	0,7	7,2	21,4		1,70	0,09		1,87	1,19	2,53	2,10	13,9	0,09	0,38	10,1	1,06		0,46
CV (%)	5,7	7,6	26,2		21,2	19,8		19,0	23,9	16,4	8,8	11,6	19,0	8,6	13,4	12,3		26,3
	n.s.	n.s.	**		n.s.	**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**		n.s.
-----10-20 cm-----																		
T1	5,5	41,8	16,8	a	4,14	0,08		4,28	2,53	6,90	11,07	61,3	0,35	2,23	37,1	4,72		0,53
T2	5,5	41,6	12,2	ab	4,28	0,08		4,02	2,41	6,52	10,81	59,4	0,30	2,35	37,6	4,83		0,28
T3	5,0	42,6	10,3	b	5,69	0,06		3,28	1,73	5,11	10,81	45,8	0,37	2,41	38,2	4,94		0,44
T4	5,3	44,2	14,8	ab	4,94	0,10		3,61	2,17	5,88	10,83	52,6	0,46	2,28	42,0	4,75		0,35
DMS	0,9	6,0	5,1		2,24	0,07		2,33	1,46	3,39	2,21	27,4	0,17	0,30	8,70	0,30		0,47
CV (%)	8,9	7,5	20,2		25,1	15,8		32,7	35,3	29,5	10,8	26,7	27,1	7,0	12,1	3,4		66,3
	n.s.	n.s.	**		n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.

¹Análise química segundo Raij et al. (1992): P por resina trocadora; C por Walkley-Black. ²T1 = 300 kg ha⁻¹ 05-25-25; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ³Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Houve, também, efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de K no solo (tabela 6). Na camada de 0-10 cm, os teores em T1 e T2 foram estatisticamente superiores aos de T3 e T4, semelhante aos resultados observados em 2006, o que se deve ao pronto fornecimento de K pelo NPK e aos teores inferiores nas fontes alternativas (tabelas 2 e 3). Para Escosteguy e Klamt (1998), que estudaram o PB em incubação com o solo, o aumento no teor de K com o PB está diretamente ligado ao aumento da dose, com alterações significativas somente acima de 50 a 100 t ha⁻¹. Quanto aos micronutrientes, houve efeito sobre os níveis de manganês (Mn) na camada de 0-10 cm, sendo os teores em T1 e T2 significativamente maiores que os de T3 e T4.

Para a terceira coleta de solo, após o verão 2007-2008, mantiveram-se os efeitos sobre os níveis de P e K na camada de 0-10 cm (tabela 7). Os teores de P foram maiores em T2 e T3 que nos demais tratamentos, com significância em comparação a T4, confirmando a tendência de disponibilização de P pelo PB, inclusive em T2 agora, que combinou NPK com uma dose de PB menor que a de T4. Estes resultados estão em concordância com os de Gillman et al. (2002), de liberação lenta de nutrientes pelo PB. A tendência de menor disponibilidade de P com T4 também se confirmou neste ano.

O comportamento dos níveis de K se manteve. Independentemente do extrator utilizado nas amostras da 1ª coleta ter sido Mehlich I, os dados da 2ª e da 3ª coleta, com extração por resina trocadora, foram parecidos. Os teores em T1 e T2 continuaram superiores aos de T3 e T4 no terceiro ano de estudo, justificando-se pelos baixos teores do nutriente nas fontes alternativas (tabelas 2 e 3) em relação às adubações NPK (tabela 4). Contudo, foi possível notar queda dos teores de K do solo em T1 e T2 em relação aos teores iniciais do experimento, indicando que a adubação de manutenção recomendada foi insuficiente.

Quanto aos micronutrientes, houve efeito positivo sobre os níveis de boro (B) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, o que se deve não só aos teores de B no adubo da independência (tabela 3), mas também ao B presente na adubação foliar deste tratamento, embora não sejam esperadas contribuições significativas das adubações foliares para os teores de nutrientes no solo. Como se utiliza ácido bórico ou bórax na composição do supermagro (BETTIOL et al., 1998; EMBRAPA, 2006a), o efeito observado deve ter contribuição também desta fonte.

Tabela 7. Características químicas do Latossolo Bruno após o milho de 2007/2008, cultivado com as diferentes adubações estudadas.

TRAT	pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c . dm ⁻³				%			mg.dm ⁻³				
-----0-10 cm-----															
T1	5,4	48,7	38,8 ab	4,11	0,28a	4,3	2,23	6,81	10,93	61,4	0,37 b	2,69	49,7	5,59ab	1,08b
T2	5,5	48,5	42,2 a	4,14	0,30a	4,62	2,56	7,49	11,64	62,7	0,36 b	2,93	48,8	5,87a	0,98b
T3	5,5	48,2	47,3 a	4,07	0,13b	4,65	1,81	6,59	10,67	61,5	0,35 b	3,18	50,8	4,12c	1,12b
T4	5,5	48,9	26,7 b	3,88	0,16b	4,88	2,36	7,42	11,30	65,1	0,53 a	2,91	54,6	4,60bc	1,74a
DMS	0,6	3,3	13,9	1,30	0,05	2,31	1,34	3,20	1,60	17,0	0,09	0,71	12,77	1,22	0,33
CV (%)	5,7	3,6	19,1	17,1	36,1	26,7	31,8	24,1	7,7	14,5	11,9	13,0	13,3	12,9	14,6
	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	**
-----10-20 cm-----															
T1	5,5	41,3	12,5	3,94	0,07	3,84	2,18	6,10	10,02	60,2	0,28 b	2,76	47,1	2,19	0,58
T2	5,6	41,9	10,5	3,77	0,11	3,85	2,53	6,59	10,37	61,0	0,25 b	2,70	47,5	2,25	0,48
T3	5,2	42,2	10,9	4,69	0,09	2,97	1,62	4,70	9,40	49,5	0,29 b	2,86	52,8	1,86	0,34
T4	5,2	41,5	10,4	4,57	0,07	3,13	1,88	5,07	9,64	52,1	0,39 a	2,81	53,6	1,80	0,50
DMS	0,7	3,3	3,9	1,81	0,05	1,62	1,21	2,45	1,77	19,3	0,08	0,30	10,2	0,92	0,42
CV (%)	7,2	4,2	18,7	22,8	30,5	25,1	31,5	23,2	9,6	18,5	14,4	5,9	10,9	24,3	47,1
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹Análise química segundo Raij et al. (1992): P por resina trocadora; C por Walkley-Black. ²T1 = 300 kg ha⁻¹ 05-25-25; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ³Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Novamente, os teores de Mn na camada de 0-10 cm foram maiores em T1 e T2 que em T3 e T4, com significância na comparação de T2 com T3 e T4 e de T1 com T3. Quanto ao zinco (Zn), na camada de 0-10 cm os teores se tornaram significativamente maiores em T4 em relação aos demais tratamentos, tendência observada nas coletas anteriores, possivelmente devido aos efeitos cumulativos da adubação foliar com supermagro, que tem sulfato de zinco na composição (BETTIOL et al., 1998; EMBRAPA, 2006a).

Na quarta coleta de solo, após o verão 2008-2009, mantiveram-se os efeitos sobre os níveis de P e K na camada de 0-10 cm (tabela 8). Os teores de P se mantiveram significativamente maiores em T3 que nos demais tratamentos, na camada de 0-10 cm, demonstrando que a disponibilização de P é um efeito constante do pó de basalto ao longo dos anos (fonte de disponibilização lenta).

Quanto ao comportamento do K, os teores se mantiveram maiores em T1 e T2 em relação a T3 e T4 nas duas camadas amostradas. Também se confirmou a queda dos teores de K do solo, não só em T1 e T2, como observado nas três primeiras coletas, mas também em relação a T3 e T4 nesta 4ª coleta, inclusive na camada de subsolo para T3 e T4. Uma possível explicação para isto se deve ao cultivo da soja antecedendo esta coleta, uma vez que a soja tem grande poder de extração para o potássio, mesmo que os teores no solo sejam baixos (Mascarenhas et al., 1981).

Também após este cultivo de soja, houve efeito significativo dos tratamentos para os teores de Ca na camada de 0-10 cm, sendo os teores maiores em T3 e T4, com significância na comparação de T3 e T4 com T2. Talvez isto se deva à grande demanda de cálcio pela leguminosa (Marschner, 1995), que demonstra haver melhores condições de extração do elemento a partir do solo em T1 e T2, o que está em acordo com o maior crescimento e produtividade da cultura nestes dois tratamentos (Sékula, 2011). Como os teores de Ca afetam SB e CTC, houve, também, efeito significativo sobre a CTC do solo na camada de 0-10 cm, seguindo o comportamento do Ca. A CTC foi significativamente maior em T4 que em T2.

Para os micronutrientes, repetiu-se o efeito dos tratamentos quanto ao B em ambas as camadas, com T4 superando os demais. T3 novamente apresentou teor superior de Cu, com significância na comparação de T3 com T1 e T4, possivelmente devido ao teor de Cu no pó de basalto (tabela 2) e sua dosagem de 4.000 kg ha⁻¹ em T3. No caso do Zn, a tendência observada em anos anteriores de teor mais elevado em T4 também se repetiu, com maior presença do nutriente neste tratamento que nos demais.

Tabela 8. Características químicas do Latossolo Bruno após a soja de 2008/2009, cultivado com as diferentes adubações estudadas.

TRAT	pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c . dm ⁻³ -----				-----			-----mg.dm ⁻³ -----				
-----0-10 cm-----															
T1	5,5	51,9	37,2 b	4,66	0,18a	3,91ab	2,15	6,22	10,83 ab	58,0	0,29 b	3,13b	77,3	5,67	1,37b
T2	5,4	56,7	39,7 b	4,24	0,22a	3,52b	2,00	5,75	10,00 b	57,9	0,37 b	3,52ab	77,1	6,85	1,46b
T3	5,4	54,4	54,9 a	4,24	0,09b	4,73a	1,96	6,78	11,03 ab	61,2	0,32 b	4,31a	80,0	5,37	1,31b
T4	5,6	56,8	44,3 b	4,02	0,09b	4,59a	2,41	7,11	11,13 a	63,7	0,79 a	2,95b	71,1	5,30	3,20a
DMS	0,6	5,2	10,0	1,60	0,07	0,91	0,84	1,35	1,12	13,1	0,19	0,79	26,4	2,06	1,11
CV (%)	5,5	5,1	25,2	19,9	24,8	11,6	21,0	11,1	5,6	11,6	22,8	12,2	18,4	19,0	32,4
	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	**
-----10-20 cm-----															
T1	5,4	48,6	25,9	4,60	0,10a	3,78	2,05	5,96	10,56	58,41	0,23 b	3,41	82,5	3,59	0,86
T2	5,4	47,1	22,4	4,30	0,09a	3,56	1,99	5,65	9,95	55,57	0,24 b	3,58	80,1	3,20	0,61
T3	5,3	46,9	22,8	4,21	0,03b	3,60	1,74	5,38	9,60	55,75	0,27 b	3,69	82,6	2,87	0,73
T4	5,6	44,2	28,4	3,80	0,04b	3,85	2,19	6,08	9,88	61,14	0,52 a	3,38	72,9	2,65	0,80
DMS	0,6	5,4	8,9	1,48	0,03	1,62	0,99	2,38	1,62	20,08	0,19	0,45	17,2	1,13	0,34
CV (%)	5,56	6,1	19,1	18,7	25,9	23,3	26,5	22,0	8,6	18,5	32,2	6,9	11,5	19,6	24,2
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹Análise química segundo Raij et al. (1992): P por resina trocadora; C por Walkley-Black. ²T1 = 300 kg ha⁻¹ 05-25-25; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ³Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Na quinta e última coleta de solo, após o verão 2009-2010, mantiveram-se os efeitos sobre os níveis de P e K nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm (tabela 9). Os teores de P, que haviam se mantido significativamente maiores em T3 em relação aos demais tratamentos, diminuíram e se equivaleram aos teores encontrados em T4, sendo estes dois tratamentos superados por T2 e este por T1.

Possivelmente, o preparo do solo até a profundidade de 10-13 cm para a semeadura da camomila, no inverno de 2009, gerou condições para maior decomposição da palha, principalmente nos tratamentos com NPK, que com maior disponibilização de N geram relação carbono/nitrogênio (C/N) mais favorável à mineralização e liberação de P. Este efeito foi significativo também para a camada de 10-20 cm, na qual o teor de P em T1 foi superior aos demais. Outra hipótese é que o preparo do solo tenha aumentado o contato do solo com o P e incrementado a adsorção do elemento ao solo, sendo este efeito mais prejudicial nas fontes alternativas, cujas doses/volumes são muito superiores às do NPK em T1 e T2.

Quanto ao K, os teores se mantiveram maiores em T1 e T2 em relação a T3 e T4 nas duas camadas, porém, de 0-10 cm houve diferença entre as adubações alternativas, com T3 apresentando mais K trocável no solo que T4. Observou-se, ainda, reversão da tendência de queda dos teores de K do solo, não só em T1 e T2 mas em T3 também, possivelmente devido ao menor acúmulo de fitomassa vegetal no inverno, com a falha de estabelecimento da camomila e com o menor crescimento e produtividade do milho em comparação aos cultivos anteriores, principalmente nos tratamentos T3 e T4, cuja queda de produtividade foi acentuada, diminuindo-se a exportação de K nos grãos e, conseqüentemente, a extração do nutriente a partir do solo.

Os teores de B se mantiveram mais elevados em T4, com significância na comparação entre T4 com T1 e T3. Novamente o Zn se manteve mais elevado em T4, com significância na comparação com T1 e T2.

Tabela 9. Características químicas do Latossolo Bruno após o milho de 2009/2010, cultivado com as diferentes adubações estudadas.

TRAT	pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c . dm ⁻³ -----						%	-----mg.dm ⁻³ -----				
-----0-10 cm-----															
T1	5,1	57,3	53,7 a	5,66	0,49a	5,13	1,92	7,36	13,02	56,3	0,42 b	3,57b	62,7	4,20	1,34b
T2	5,1	56,9	45,5 b	6,07	0,46a	5,13	1,90	7,37	13,44	55,0	0,50 ab	3,84ab	63,2	4,50	1,15b
T3	5,3	57,3	38,0 c	5,23	0,24b	5,65	2,02	7,92	13,14	60,3	0,43 b	4,29a	59,5	4,21	1,55ab
T4	5,2	55,9	37,6 c	4,91	0,13c	5,47	2,06	7,67	12,58	61,1	0,58 a	3,53b	59,4	4,10	2,38a
DMS	0,4	7,4	5,7	1,98	0,09	1,26	0,49	1,84	1,06	13,69	0,14	0,71	14,35	1,94	0,88
CV (%)	4,4	6,9	6,9	19,3	15,1	12,5	13,3	12,9	4,4	12,5	16,1	10,0	12,5	24,3	29,3
	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	n.s.	**
-----10-20 cm-----															
T1	5,1	52,4	30,7 a	6,24	0,35a	4,65	1,62	6,52	12,76	51,2	0,43	3,76	61,1	3,03	0,97
T2	5,2	52,9	23,3 b	5,69	0,34a	4,74	1,72	6,70	12,39	53,9	0,42	3,64	57,8	2,97	0,89
T3	5,0	51,4	24,9 b	6,48	0,15b	4,08	1,49	5,73	12,21	46,8	0,42	4,00	63,7	2,51	0,70
T4	5,2	53,8	22,3 b	6,17	0,13b	5,19	1,62	6,95	13,12	52,3	0,45	3,55	58,7	2,71	0,93
DMS	0,4	7,2	5,5	2,10	0,09	1,16	0,61	3,37	2,55	18,77	0,17	0,87	8,32	1,86	0,44
CV (%)	3,8	7,3	11,6	18,2	20,9	13,3	20,2	27,7	10,8	19,6	22,2	12,5	7,3	35,4	26,8
	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹Análise química segundo Raij et al. (1992): P por resina trocadora; C por Walkley-Black. ²T1 = 300 kg ha⁻¹ 05-25-25; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ³Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

6.4. CONCLUSÕES

Durante o período de manejo do solo em plantio direto, o PB presente em T2 e T3 mostrou potencial para aumentar a disponibilidade de P do solo, mas não foi uma boa fonte de K. O AI, mesmo com a duplicação da dose inicial de 500 kg ha⁻¹ para 1.000 kg ha⁻¹, foi inferior em termos de disponibilização de P e K em relação ao PB.

Quanto aos micronutrientes, enquanto a combinação PB e uréia líquida mostrou potencial como fonte de Cu, a combinação AI e supermagro mostrou-se como potencial fonte de B e Zn para o solo, sendo importante, neste caso, a participação do biofertilizante enriquecido supermagro, mesmo aplicado em doses de adubação foliar.

6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BETTIOL, W. et al. **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes**. Jaguariúna: EMBRAPA, 1998.

CHABOUSSOU, F. **A teoria da trofobiose: novos caminhos para uma agricultura sadia**. Fundação Gaia: Porto Alegre, 1995. 28p.

DELEITO, C.S.R. et al. Sucessão microbiana durante o processo de fabricação do biofertilizante Agrobio. In: FERTBIO, 2000, Santa Maria. **Anais Santa Maria: Soc. Bras. de Ciências do Solo e da Soc. Bras. de Microbiologia**, 2000. CD-ROM.

EMBRAPA. Centro Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. **Práticas agroecológicas, caldas e biofertilizantes**. 1. Editora Pelotas: 2006a. 22p. (cartilha)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2º. Ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006b. 306 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de Produção 1, Versão Eletrônica. EMBRAPA Milho e Sorgo. Setembro/2010. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=64&cod_pai=155> Acesso em 05 de junho de 2011.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; KLAMT, E.; Basalto moído como fonte de nutrientes. Seção

II - Química e mineralogia do solo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.11-20, 1998.

FEIDEN, A. Efeito de doses crescentes de pó de rocha basáltica sobre a absorção de macro e micro nutrientes pela cultura do trigo. Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), 1991. 169 p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**.

FYFE, W.S.; LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.C.H. **Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, Dec. 2006 Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 19 fev. 2011.

GILLMAN, G.P.; BURKETT, D.C.; COVENTRY, R.J. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. **Applied Geochemistry**, v.17, p.987–1001, 2002.

HINSINGER, P.; GILKES, R.J. Root-induced dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of lupins grown in alkaline soil. **Australian Journal of Soil Research**, v.33, p.477-489, 1995.

IAPAR . Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. (formato digital) 1 CD.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Censo agropecuário 2006**, Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.

LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. **Anais 29 Congresso Brasileiro de Geologia**, Belo Horizonte, pp.: 137 - 145, 1976.

LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.C.H.; ASSAD, M.L. Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p.3–9, 2000.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M.F. Abertura. In: LAPIDO-LOUREIRO, F.E.V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. **Fertilizantes, agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009, p.21-30.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.S.; ROTTA, C.L. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio nas folhas e na disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo distrófico de Cerrado. **Bragantia**, v.40, p.125-134, 1981.

MEINERZ, C.C.; MÜLLER, S.F.; SCHIMDT, M.A.H.; ECHER, M.M. Qualidade de

Mudas de Couve-chinesa em Função de Substratos e de Adubações. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia e Congresso Latinoamericano de Agroecologia, 2, 2009, Curitiba. **Resumos do IV CBA e II CLAA**. Porto Alegre: Revista Brasileira de Agroecologia, v. 4, p.3427-3431, 2009.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76).

PRIYONO, J.; GILKES, R.J. Dissolution of milled-silicate rock fertilizers in the soil. **Australian Journal of Soil Research**, v.42, p.441-448, 2004.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 2001. 285p.

SANTOS, R.H.S; MENDONÇA E.S. Agricultura natural, orgânica, biodinâmica agroecologia. **Informe Agropecuário** v. 22 p. 5-8, 2001.

SILVA, B.M.; CARVALHO, A.F. **Novo Supermagro: o biofertilizante**. Viçosa: TA/ZM. 16p. 2000.

SILVA, A.C. Avaliação da tolerância ao alumínio em plântulas de maracujazeiro e mamoeiro. 2009. 105p **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)**. Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

TESSEROLI NETO, E.A. BIOFERTILIZANTES: Caracterização Química, Qualidade Sanitária e Eficiência em Diferentes Concentrações na Cultura da Alface. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Dezembro, 2006.

7 CAPÍTULO II – ROCHAGEM E BIOFERTILIZANTES NA PRODUÇÃO DE GRANDES CULTURAS

RESUMO – A modernização da agricultura, ocorrida no século XX, levou à criação do sistema convencional de cultivo, padronizando os fertilizantes sintéticos como fontes de nutrientes para as lavouras. Apesar dos benefícios à produtividade, esse sistema resultou em grande dependência em relação às variações de preço do petróleo. Atualmente, a criação de sistemas mais sustentáveis se tornou uma imposição ambiental e econômica, sendo destacável a premissa de desenvolver e utilizar fontes alternativas de nutrientes para as culturas, como os biofertilizantes e as fontes minerais naturais. Este estudo teve como objetivo avaliar técnicas alternativas de adubação, com pó de basalto e biofertilizantes utilizados por produtores orgânicos da região de Guarapuava, sobre a produtividade de grandes culturas. O experimento foi conduzido entre 2005-2011 no Campo Experimental do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, em Guarapuava-PR. O delineamento foi de blocos ao acaso, com cinco repetições, avaliando quatro tratamentos de adubação: T1 - dose de NPK recomendada por cultura; T2 - T1 + 2.000 kg ha⁻¹ de pó de basalto (PB); T3 - 4.000 kg ha⁻¹ de PB; T4 - 1.000 kg ha⁻¹ de adubo da independência (AI). As adubações T3 e T4 foram combinadas aos biofertilizantes foliares uréia líquida e supermagro, respectivamente, conforme práticas dos produtores orgânicos da região. Foram cultivadas diversas espécies de verão (milho, girassol, feijão, soja) e inverno (aveia preta, aveia, ervilhaca, cevada), avaliando-se o crescimento e a produtividade. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) para comparação de médias. Considerando o conjunto de espécies, não houve diferença significativa entre T1 e T2, não se obtendo, portanto, vantagem da adição de 2.000 kg ha⁻¹ de PB ao NPK. Os tratamentos T3 e T4 mantiveram produtividades abaixo de T1, mas acima da média para o Paraná em cada uma das culturas até o quarto ano de cultivo, período sob manejo de plantio direto. No geral, a adubação com 1.000 kg ha⁻¹ de AI obteve desempenho produtivo pior que 4.000 kg ha⁻¹ de PB, o qual, por vezes, não diferiu significativamente em desempenho das adubações com NPK ou obteve produtividade intermediária entre NPK e AI, revelando potencial para continuidade do estudo.

Palavras Chave: fontes alternativas, farinha de rocha, fertilizante orgânico.

ROCK POWDER AND BIOFERTILIZERS ON FIELD CROPS PRODUCTION

ABSTRACT

The modernization of agriculture, in the 20th century, brought the creation of the conventional cropping system, standardizing synthetic fertilizers as nutrient sources for the crops. Despite its benefits to yield rates, this system resulted in strong dependence in relation to the variation of petroleum prices. At present, the creation of more sustainable systems became an environmental and economical imposition, being highlighted the premise to develop and use alternative nutrient sources for plants, as biofertilizers and natural mineral sources. This study aimed to evaluate the alternative techniques of fertilization, with basalt powder and biofertilizers used by organic farmers of Guarapuava's region, Paraná State, on the yield of field crops. The experiment was conducted between 2005-2011 on the Experimental field of the Agronomy Department, at Midwest State University (Guarapuava). A random block design was used, with 5 replications. Treatments were four fertilization techniques: T1 - NPK rate recommended for the crop (positive control); T2 - T1+2,000 kg ha⁻¹ of basalt rock powder (PB); T3 – 4,000 kg ha⁻¹ of PB; T4 – 1,000 kg ha⁻¹ of “independence fertilizer” (AI). Fertilizations T3 and T4 were combined with foliar application of biofertilizers “ecological nitrogen” and “supermagro”, respectively, according to the practices of organic farmers of the region. Several species were cultivated on Summer (maize, sunflower, bean, soybean) and winter (black oat, ryegrass, vetch, barley), and their growth and yield were evaluated. Results were submitted to analysis of variance and Tukey Test ($\alpha = 0,05$). Considering the whole bunch of species, there was no significant difference between T1 and T2, meaning that adding 2.000 kg ha⁻¹ of PB to the NPK brought no benefits. Treatments T3 and T4 kept yield rates lower than those obtained with T1 (positive control), but greater than the average yields for the State of Paraná for the crops until the fourth cropping year, during the period of no till soil management. On general, the fertilization with 1.000 kg ha⁻¹ of AI had yielding performance worse than fertilization with 4.000 kg ha⁻¹ of PB, which at times did not differ statistically from NPK fertilizations or was intermediary between NPK and AI, revealing potential for the continuity of the study.

Keywords: alternative sources, stone meal, organic fertilizer.

7.1 INTRODUÇÃO

Após a II Guerra Mundial, a agricultura passou por intensas transformações que levaram à criação do sistema convencional (SC) de cultivo, baseado no emprego de maquinaria, monocultivo e uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes (Altieri, 2002). Como parte do processo, criou-se a expressão revolução verde e o uso de sementes melhoradas e agroquímicos tornou-se paradigma na agricultura, e os fertilizantes solúveis firmaram-se como fonte padrão de nutrientes para as culturas.

Entretanto, sabe-se que tais fertilizantes, principalmente os nitrogenados, acidificam o solo (Luchese et al., 2002) e, em função de sua alta solubilidade, têm efeitos, por vezes, efêmeros no solo (Brandenburg, 1999) e acompanhados de potencial dano ambiental, podendo poluir as águas e a atmosfera (Isherwood, 1999). Outro problema destes insumos é a variação dos preços, com flutuação atrelada ao petróleo.

Segundo Gliessman (2000), o uso do SC também resultou em desequilíbrios e degradação dos solos, que ao perderem a fertilidade colocam em risco a sustentabilidade da produção e a segurança alimentar. De fato, a queda na qualidade e quantidade dos recursos básicos, particularmente os solos, é uma falha reconhecida no esforço de ampliar a produção *per capita* de alimentos, sendo que os solos, em algumas regiões do globo, são explorados acima de suas capacidades (Sanchez et al., 1997; Sanchez, 2002).

Portanto, a necessidade do presente é desenvolver sistemas produtivos menos impactantes ao solo e ao ambiente, além de economicamente mais estáveis. No Brasil, também é preciso diminuir a dependência do mercado externo quanto aos fertilizantes, 69% em média para NPK. Reflexo disso é que o Governo Federal elaborou em 2008 o Plano Nacional de Fertilizantes, para incrementar a produção nacional e aumentar a adoção de resíduos passíveis de emprego na agricultura (Lima e Sampaio, 2010).

Conforme Pinheiro e Barreto (2005), o uso de fontes minerais naturais de nutrientes e biofertilizantes pode significar uma alternativa de menor custo e ecologicamente sustentável para produzir alimentos. Villiers (1961), em experimentos de campo com cana de açúcar (ilhas Maurício) utilizando doses de até 180 t ha⁻¹ de pó de basalto, obteve aumento de até 20% na produtividade ao longo de cinco cortes.

Apesar de ser uma prática antiga, só recentemente o agricultor brasileiro se interessou pelo uso de pó de rocha na remineralização e manutenção da fertilidade do solo, sendo que os Estados do Paraná e São Paulo já comercializam esta fonte

alternativa no país (Lapido-Loureiro e Ribeiro, 2009).

Os fertilizantes orgânicos, mais conhecidos e utilizados no Brasil, são importantes para o fornecimento de nutrientes para as plantas, sendo fontes de menor custo e menor impacto ambiental em dosagens corretas, apresentando-se mais sustentáveis. Dentre estes, pode-se destacar o adubo da independência (Kokuszka, 2005), o supermagro (Silva e Carvalho, 2000) e a uréia líquida ou nitrogênio ecológico (EMBRAPA, 2006a) como muito difundidos entre os agricultores, sobretudo os de base tecnológica orgânica.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de grandes culturas utilizando pó de basalto e biofertilizantes como fontes alternativas de nutrientes para grandes culturas.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, em Guarapuava-PR, em área distante 800 m de uma estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), que registra as seguintes coordenadas: 25° 23' S; 51° 30' W; 1026 m altitude. O clima é subtropical úmido - Cfb (Köppen), com verão ameno, geada no inverno e precipitação anual de 1.800-2.000 mm (IAPAR, 2000). O solo foi classificado como Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2006b), sendo a caracterização granulométrica e química antes do início do estudo apresentada na tabela 1 (capítulo I).

O delineamento adotado foi de blocos ao acaso com cinco repetições e parcelas de 41 m², estudando-se quatro adubações: T1 - dose de NPK recomendada por cultura (controle positivo); T2 - T1+2.000 kg ha⁻¹ de pó de basalto (PB); T3 - 4.000 kg ha⁻¹ de PB; T4 - 500 kg ha⁻¹ de adubo da independência (AI). Com o desenvolvimento restrito das plantas no primeiro cultivo neste tratamento, os demais cultivos passaram a receber 1.000 kg ha⁻¹ de AI. A adubação nitrogenada de cobertura em T1 e T2, conforme recomendação da cultura, foi feita com uréia (45% N). As adubações T3 e T4, por sua vez, foram combinadas a aplicações foliares dos biofertilizantes uréia líquida e supermagro, respectivamente, a partir dos 20 dias após a emergência (DAE), sendo tais tratamentos originados de práticas de produtores orgânicos da região. As aplicações equivaleram a 250 L ha⁻¹ a 5-15% de concentração, 3 vezes por cultivo a cada 7-10 dias.

Como não há, no presente, pedreiras da região de Guarapuava produzindo

farinha ou pó de rocha, o pó de basalto foi coletado como poeira dos moinhos nas pilhas de brita, onde se acumula naturalmente. O material foi seco ao ar e tamisado em peneira com abertura de um milímetro antes de ser utilizado. O adubo da independência, o supermagro e a uréia líquida foram doados pelos produtores da região prontos para uso.

No inverno de 2005, foi semeado nabo forrageiro (IPR 116) como indicador biológico de uniformidade da área, constatada pelo crescimento uniforme das plantas, utilizadas como cobertura morta para o plantio direto (PD) do primeiro cultivo com os tratamentos, o milho do verão 2005-2006. Tal manejo durou até o preparo do solo (enxada rotativa, ± 10 cm de profundidade) no inverno de 2009, para implantação da camomila. O PD foi retomado com o milho do verão 2009-2010. A sequência completa de espécies e adubações até 2011 consta da tabela 4 (Capítulo 1).

Para milho e girassol, utilizou-se 0,80 e 0,90m entre linhas, respectivamente, com 6,0 e 3,5 plantas por metro. Para feijão, soja e ervilhaca, utilizou-se 0,40 a 0,50m entre linhas, com 14, 16 e 50 plantas metro⁻¹, inoculando-se as sementes com rizóbio. Nos cereais de inverno, utilizou-se 0,17 a 0,20 m entre linhas e 80 kg ha⁻¹ de sementes. As avaliações fitotécnicas e de produtividade se deram na área central das parcelas, desprezando-se plantas na faixa de um metro a partir de cada extremidade (bordadura).

Para o milho, seis plantas parcela⁻¹ foram utilizadas para medir o diâmetro do caule (DC), a altura de planta (AP) e a altura de inserção de espiga (AIE) entre 120-130 DAE. Aos 145-157 DAE, foram colhidas as espigas de quatro linhas de três metros parcela⁻¹ para avaliar a produtividade, determinando-se, também, o peso de mil sementes (PMS). Para aveia preta e aveia preta + azevém, aos 65 e 100 DAE colheu-se a parte aérea das plantas em quatro pontos por parcelas, cada um com três linhas de um metro. No caso da ervilhaca, esta coleta foi aos 150 DAE, com duas linhas de um metro em cada ponto. Todo o material colhido foi seco em estufa a 65°C por 72 horas e pesado, estimando-se a produtividade de matéria seca de parte aérea (MSPA) hectare⁻¹.

Para o girassol, aos 120 DAE foram medidos DC, AP, diâmetro do capítulo (DCA) e altura de capítulo (ACA) até o solo em 20 plantas parcela⁻¹. Destas plantas, 10 tiveram os capítulos ensacados até a colheita aos 130 DAE, a fim de avaliar o PMS e a produtividade de grãos planta⁻¹, utilizada para estimar a produtividade por hectare para uma população de 40.000 plantas. Esta estratégia foi necessária devido ao ataque de pássaros. Para o feijão e a soja, aos 90 e 129 DAE foram colhidas plantas de quatro linhas de três metros parcela⁻¹, para avaliar a produtividade. Destas, 10 foram selecionadas ao acaso para medir AP, número de vagens por planta (NV/P) e número de

grãos por vagem (NG/V). Para o feijão de 2010-2011, a coleta de plantas para avaliação se deu nos mesmos moldes, mas aos 88 DAE e medindo-se apenas o DC das plantas.

A camomila, cuja emergência e estabelecimento de estande foram muito ruins, provavelmente pela má qualidade das sementes adquiridas de produtores da região, não pode ser avaliada. Quanto à cevada, aos 121 DAE foram colhidas plantas em três pontos parcela⁻¹, cada um com cinco linhas de um metro. Os grãos foram separados manualmente e pesados para estimar a produtividade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância ($\alpha = 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% e 1% de probabilidade.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

À exceção dos parâmetros PMS do feijão cultivado em 2007, NVP e NGV da soja cultivada em 2008/2009 e AP do feijão cultivado em 2010/2011, houve efeito significativo dos tratamentos sobre todos os demais parâmetros fitotécnicos e sobre a produtividade, em todas as espécies cultivadas ao longo dos seis anos de avaliação.

Culturas anuais graníferas

Para o milho cultivado em 2005-2006, T1 e T2 foram equivalentes para todos os parâmetros fitotécnicos e para a produtividade (tabela 10), não havendo benefício em se utilizar NPK + PB em comparação a NPK somente. As plantas apresentaram AP e AIE estatisticamente maiores em T1 e T2 em relação a T3, mas estes três tratamentos foram equivalentes em DC, PMS e produtividade, ou seja, não houve diferença significativa entre utilizar NPK + PB + cobertura nitrogenada ou PB em dose dobrada com adubação foliar de uréia líquida. O desempenho em T4 foi o pior, sendo significativamente superado por T1 e T2 em todos os parâmetros, à exceção do PMS na comparação com T1.

As produtividades do milho foram elevadas, mas normais para Guarapuava, que apresenta boas condições climáticas e alta produtividade para a cultura, com rendimentos médios de 9-10 t ha⁻¹ (Fontoura, 2005). A equivalência de PB + uréia líquida foliar em relação a NPK + cobertura nitrogenada, com ou sem PB, certamente se

deve à fertilidade inicial do solo, com $V = 72\%$ e $P = 6,3 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada de 0-10 cm (tabela 1, Capítulo I), bem como à adubação verde anterior com nabo forrageiro, que se destaca na produção de fitomassa (Giacomini et al., 2003) e potencial no fornecimento de N ao milho (Aita et al., 2001), considerando que o N é ausente no PB (Escosteguy e Klamt, 1998) e a adubação foliar com a uréia líquida (com 1,4% de N) adicionou apenas alguns gramas ha^{-1} de N.

Tabela 10. Altura de planta (AP) e de inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de milho em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safra 2005-2006).

Adubações	AP	AIE	DC	PMS	Produtividade ³
	----- cm -----			g	kg ha^{-1}
T1 ¹	232,8 a ²	137,4a	2,3a	367,2ab	12.697a
T2	233,8 a	136,2a	2,4a	380,7a	12.478a
T3	214,4 b	124,0b	2,2ab	364,8ab	10.848ab
T4	209,9 b	118,9b	2,1b	349,2b	9.671b
DMS	17,4	9,6	0,2	7,1	2.612
CV (%)	4,2	4,0	5,3	3,1	12,2

¹T1 = 300 kg ha^{-1} 05-25-25; T2 = T1 + 2.000 kg ha^{-1} pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha^{-1} pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha^{-1} adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em umidade de 130 g kg^{-1} .

Mesmo com a adubação foliar de supermagro, cujo teor de N (1,83%) foi maior que o da uréia líquida, T4 resultou na menor produtividade do milho, 24% menor que a produtividade em T1 (controle positivo), enquanto que o PB resultou em produtividade apenas 15% menor que em T1. Em função disso, a dose inicial de 500 kg ha^{-1} de AI foi alterada para 1.000 kg ha^{-1} nos demais cultivos.

O girassol (2006-2007) teve resultados similares ao do milho de 2005-2006, com T1 e T2 tendo melhor desempenho e equivalendo-se nos parâmetros fitotécnicos (tabela 11). Entretanto, o desempenho de T3 foi sempre estatisticamente inferior ao de T1 e T2 nesta cultura, equivalendo-se a T4 em todos os parâmetros à exceção do PMS, no qual T3 foi inferior também a T4. A produtividade foi maior em T1 e T2 que em T4, que por sua vez superou o resultado observado em T3. As produtividades também foram elevadas se considerados índices obtidos no campo (EMPRAPA, 2011). Em áreas experimentais, entretanto, evitando-se perdas na cultura, principalmente as relativas ao ataque de pássaros, registram-se rendimentos superiores a 3.000 kg ha^{-1} (Lasca, 2011).

Tabela 11. Altura de planta (AP) e do capítulo (ACA), diâmetro do caule (DC) e do capítulo (DCA), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de girassol em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safra 2006-2007).

Adubações	AP	ACA	DC	DCA	PMS	Produtividade ³
	----- cm -----				g	kg ha ⁻¹
T1 ¹	178,6 a ²	148,7ab	3,1a	20,9a	47,4a	3.238a
T2	177,5 a	152,8a	3,1a	20,9a	47,3a	3.171a
T3	153,5 b	135,7b	2,5b	18,3b	40,4b	2.238c
T4	159,2 b	134,2b	2,6b	19,4b	45,3a	2.628b
DMS	11,2	14,9	0,4	1,3	4,5	374,4
CV (%)	3,6	5,5	6,8	3,5	5,3	7,1

¹T1 = 350 kg ha⁻¹ 04-20-20; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em umidade de 110 g kg⁻¹.

Com um ano de cultivo, as adubações alternativas mantiveram rendimentos inferiores aos das adubações com NPK, e também não houve benefício em combinar o PB com o NPK. A adubação T4 passou a ter desempenho melhorado em relação a T3, cujo resultado para o girassol foi o pior. Isto pode estar ligado ao cultivo anterior ao girassol, de aveia preta, que gera disponibilidade menor de N pela elevada relação C/N da palha (Aita et al., 2001). Combinando-se isso ao fato do teor de N ser maior no supermagro (T4) que na uréia líquida (T3) e que a dose de AI aumentou para 1.000 kg ha⁻¹ em T4, pode ter havido restrição de N maior em T3, restringindo mais a produção. Outro ponto importante neste resultado é que o supermagro (T4) é enriquecido com micronutrientes, inclusive boro (B), e o girassol é uma planta bastante exigente neste elemento, respondendo em produtividade à sua aplicação (Marschner, 1995).

Para o feijão de 2007, na safrinha após girassol (tabela 12), não houve efeito dos tratamentos para PMS, mas T1 e T2 superaram as adubações alternativas em produtividade e equivaleram-se (tabela 12). Contudo, diferente do observado no girassol, T3 voltou a gerar desempenho melhor que T4, como no milho, pois embora T3 e T4 tenham sido equivalentes nos parâmetros fitotécnicos e na produtividade, T3 alcançou médias de AP e NV/P equivalentes às de T1 e T2, enquanto em T4 estes parâmetros tiveram médias inferiores, com significância na comparação com T2.

Tabela 12. Altura de planta (AP), número de vagens por planta (NV/P), número de grãos por vagem (NG/V), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de feijão em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safrinha 2007).

Adubações	AP	NV/P	NG/V	PMS	Produtividade ³
	----- cm -----			g	kg ha ⁻¹
T1 ¹	56,1 ab ²	7,1ab	6,00a	186,5a	2.337a
T2	60,7 a	7,7a	6,22a	188,8a	2.359a
T3	46,2 ab	6,5ab	5,39b	179,0a	1.657b
T4	42,1 b	5,8b	5,22b	172,8a	1.378b
DMS	16,1	0,5	1,4	17,7	280,6
CV (%)	16,8	11,0	4,6	5,2	7,7

¹T1 = 250 kg ha⁻¹ 04-20-20; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em umidade de 130 g kg⁻¹.

Embora o NV/P tenha sido equivalente em T1, T2 e T3, a produtividade foi significativamente superior em T1 e T2 em relação a T3, que corresponde ao comportamento do NG/V, indicando que a diferença de produtividade nos tratamentos foi mais influenciada pelo NG/V, portanto ligada aos estádios finais da fase reprodutiva do feijão, de formação e enchimento de grãos.

Para o milho de 2007-2008, também não houve benefício em utilizar NPK + PB em comparação a NPK isolado, com T1 equivalendo-se a T2 em todos os parâmetros (tabela 13). Comparando-se T2 e T3, mesmo que a produtividade tenha sido superior em T2, as plantas apresentaram DC e PMS estatisticamente similares, enquanto que no caso de T4 o desempenho foi sempre significativamente inferior a T1 e T2, à exceção do PMS na comparação com T2. Entre T3 e T4, o desempenho se manteve similar, embora T3 tenha resultado em plantas significativamente mais altas.

A produtividade do milho se manteve elevada, confirmando as condições favoráveis da região para a cultura (Fontoura, 2005), e mesmo com índices produtivos inferiores em relação à adubação com NPK, as adubações alternativas alcançaram resultados expressivos, com produtividades acima da média do Estado do Paraná para o milho, estimada em cerca de 6.060 kg ha⁻¹ na safra 2007/2008 (CONAB, 2008). T3 e T4 alcançaram 82 e 75%, respectivamente, da maior produtividade, obtida com T1 (controle positivo), sendo possível considerar T3 e T4 com bom potencial agrônomo para culturas anuais de grãos na região, sob as condições testadas até este momento.

Tabela 13. Altura de planta (AP) e de inserção de espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de milho em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safra 2007-2008).

Adubações	AP	AIE	DC	PMS	Produtividade ³
	----- cm -----			g	kg ha ⁻¹
T1 ¹	236,6 a ²	132,6a	2,6a	343,8a	12.776a
T2	238,6 a	131,4a	2,5a	331,3ab	12.745a
T3	215,8 b	110,1b	2,3ab	313,8ab	10.447b
T4	205,2 c	105,7b	2,2b	301,0b	9.565b
DMS	5,9	10,2	0,3	32,9	1.209,6
CV (%)	1,4	4,5	6,0	5,4	5,7

¹T1 = 300 kg ha⁻¹ 08-30-20; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em umidade de 130 g kg⁻¹.

Este bom desempenho das fontes alternativas até este cultivo possivelmente se deu pelo cultivo de adubos verdes com baixa relação C/N antes dos cultivos de milho, com nabo forrageiro em 2005 e ervilhaca em 2007, a qual foi inoculada com semia recomendada de rizóbio, garantindo-lhe boa capacidade de fixar o N₂ atmosférico e produzir fitomassa com grande potencial de fornecimento de N ao milho, conforme Da Ros (1993) e Basso (1999).

Um pouco diferente das culturas anteriores, a soja (2008-2009) apresentou, no geral, menor diferença entre os tratamentos (tabela 14), com equivalência entre todos para NV/P e NG/V. T4 foi significativamente inferior a T1 para AP e foi inferior a todos os tratamentos em PMS. Quanto à produtividade, T4 foi inferior a T1 e T2, obtendo 84% da produção relativa máxima (T2), enquanto T3 foi equivalente a estes tratamentos e propiciou 91% da produção relativa máxima, mantendo-se em posição intermediária em termos de desempenho. Os índices de produtividade da cultura foram equivalentes aos de outro estudo na região (Secco et al., 2009).

Este resultado possivelmente se deve ao consórcio aveia + azevém cultivado antes da soja, pois a aveia é tida como excelente opção para produção de fitomassa, seja em cultivo isolado (Derpsch et al., 1985) ou em consórcio com azevém (Roso e Restle, 2000) e gera grande reciclagem de nutrientes. A inclusão da aveia em sistemas de rotação de culturas tem gerado ótimos resultados sobre a produtividade da soja (Derpsch

e Calegari, 1985), que devido à fixação biológica do N₂, não sofre com a imobilização de N causada pela alta relação C/N da palhada (Aita et al., 2001).

Tabela 14. Altura de planta (AP), número de vagens por planta (NV/P), número de grãos por vagem (NG/V), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de soja em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safra 2008-2009).

Adubações	AP	NV/P	NG/V	PMS	Produtividade ³
	----- cm -----			g	kg ha ⁻¹
T1 ¹	95,1 a ²	36,6a	2,4a	159,9a	3.076a
T2	93,1 ab	35,0a	2,3a	159,5a	3.094a
T3	91,2 ab	31,9a	2,3a	159,6a	2.812ab
T4	87,2 b	29,5a	2,3a	142,6b	2.611b
DMS	6,96	7,09	0,2	14,6	430
CV (%)	4,0	11,5	4,6	5,0	7,9

¹T1 = 250 kg ha⁻¹ 00-20-20; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em umidade de 130 g kg⁻¹.

O milho cultivado em 2009-2010 (tabela 15) teve comportamento distinto em relação aos cultivos anteriores de milho. Embora T1 e T2 tenham se mantido equivalentes em todas as avaliações, como antes, T3 e T4 agora foram estatisticamente iguais em todos os parâmetros fitotécnicos e na produtividade e, pela primeira vez, ambos foram superados em muito por T1 e T2, alcançando menos de 50% da produção relativa máxima. Também pela primeira vez, as adubações alternativas geraram produtividades abaixo da média do Estado do Paraná, que foi de 7.680 kg ha⁻¹ nesta safra 2009-2010 (CONAB, 2010).

Tal resultado pode ser explicado pelo fato dos cultivos anteriores de milho terem sido antecedidos por culturas com resíduos de baixa relação C/N, nabo forrageiro antes do milho 2005-2006 e feijão e ervilhaca antes milho 2007-2008. O milho 2009-2010 foi antecedido por camomila que, com problemas de estande e pequena cobertura do solo, permitiu a vegetação espontânea de aveia+azevém no final do ciclo, gerou resíduos de alta relação C/N, com potencial de imobilizar N durante a decomposição e comprometer a disponibilidade de N para o milho (Da Ros, 1993; Aita et al., 2001), restringindo muito a produtividade.

Tabela 15. Altura de planta (AP) e de inserção de espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de milho em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safra 2009-2010).

Adubações	AP	AIE	DC	Produtividade ³
	----- cm -----			kg ha ⁻¹
T1 ¹	247,5 a ²	154,6a	2,7a	11.043a
T2	246,3 a	154,2a	2,9a	11.653a
T3	206,2 b	122,4b	2,3b	5.145b
T4	201,9 b	119,2b	2,2b	5.748b
DMS	20,58	14,47	0,25	698,26
CV (%)	4,8	5,6	5,3	4,4

¹T1 = 300 kg ha⁻¹ 08-30-20; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em unidade de 130 g kg⁻¹.

De forma semelhante ao milho 2009-2010, houve na cevada do inverno de 2010 uma grande diferença de produtividade entre as adubações alternativas e as com NPK (tabela 16). A produtividade foi significativamente menor em T3 e T4 em comparação a T1 e T2. Enquanto no milho houve redução de 56% e 51% em T3 e T4 em comparação à maior produtividade, na cevada esta redução foi de 66% e 65% respectivamente, as maiores registradas no experimento.

O motivo para esta piora no desempenho das adubações alternativas deve ter sido o mesmo ocorrido no milho antecedente, a sequência prévia de culturas com alta relação C/N. Índícios para tal explicação é que os índices de produtividade da cevada adubada normalmente com NPK, em T1 e T2, ficaram abaixo dos valores encontrados por Antoniazzi (2005) em Guarapuava. Comparando o desempenho das adubações alternativas nestas últimas culturas com aquele apresentado nos cultivos iniciais, nota-se que o potencial das fontes alternativas pode ser muito afetado pela disponibilidade de N no sistema produtivo e pela sequência de espécies na rotação de culturas.

No caso do feijão 2010/2011 cultivado após a cevada, embora não se tenha observado diferença significativa dos tratamentos quanto à AP, T4 gerou DC menor que T1, sendo que T3 foi estatisticamente equivalente a T1 e T2 e T4 nesta avaliação (tabela 17). Tal diferença entre as adubações alternativas resultou em rendimento de grãos maior em T3 em comparação a T4, com T1 e T2 mantendo produtividades superiores a ambos.

Tabela 16. Produtividade de cevada (BRS Cauê) em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safra 2010).

Adubações	Produtividade ³
	kg ha ⁻¹
T1 ¹	4.104a ²
T2	3.853a
T3	1.398b
T4	1.450b
DMS	426,4
CV (%)	8,4

¹T1 = 210 kg ha⁻¹ 08-20-20; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

³Produtividade expressa em unidade de 130 g kg⁻¹.

Tabela 17. Altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e produtividade de feijão em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR, safra 2010-1011).

Adubações	AP	DC	Produtividade ³
	----- cm -----		kg ha ⁻¹
T1 ¹	93,4 a ²	0,97a	2.116a
T2	85,8 a	0,81ab	2.052a
T3	82,8 a	0,88ab	1.402b
T4	78,8 a	0,72b	1.145c
DMS	15,8	2,2	238,9
CV (%)	9,9	13,7	7,6

¹T1 = 250 kg ha⁻¹ 04-20-20; T2 = T1 + 2.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T3 = 4.000 kg ha⁻¹ pó de basalto; T4 = 1.000 kg ha⁻¹ adubo da independência. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em unidade de 130 g kg⁻¹.

Os níveis de produtividade deste cultivo continuaram baixos em relação aos comumente encontrados nesta região (Andreolla, 2010), mas diferentemente dos dois cultivos anteriores de poáceas (cevada e milho), o feijão, uma fabácea, apresentou diferenças de rendimento menores entre as adubações NPK e as adubações alternativas, com redução de 34% e 46% em T3 e T4 respectivamente em comparação ao maior

rendimento (T1). Como as fabáceas apresentam fixação biológica de N₂, não dependendo exclusivamente do N da adubação, há mais indícios de que a discussão anterior sobre a sequência de culturas afetar o desempenho das fontes alternativas é procedente, sendo importante a presença das fabáceas e também de crucíferas, como o nabo forrageiro para adubação verde, a fim de que se aproveitar o potencial agrônômico das fontes alternativas estudadas.

Culturas de cobertura

As espécies cultivadas como adubos verdes de inverno ao longo dos seis anos de estudo apresentaram o mesmo comportamento das culturas cultivadas para a produção de grãos (tabela 18). Na aveia de 2006, a produtividade de MSPA foi significativamente inferior em T4 em comparação a T1 e T2. Na ervilhaca cultivada em 2007, T4 foi inferior na comparação com T1, mas tanto na aveia quanto na ervilhaca, T3 não se distinguiu estatisticamente de T1 e T2. Este comportamento distinto de T3 e T4 se tornou significativo no consórcio aveia+azevém de 2008, quando T1 e T2 superaram T3 e este, por sua vez, apresentou MSPA maior que T4, o que denota desempenho superior da adubação com PB + uréia líquida em relação a AI + supermagro, nas doses testadas. Cabe ressaltar que nestes cultivos não houve adubação, sendo os efeitos dos tratamentos sobre as espécies resultantes de efeito residual no solo.

Tabela 18. Produtividade de matéria seca de parte aérea (MSPA) de aveia, ervilhaca, aveia+azevém em função das diferentes adubações (Guarapuava-PR).

Adubações	Aveia 2006	Ervilhaca 2007	Aveia+azevém 2008
	-----kg ha ⁻¹ -----		
T1 ¹	3.182 a ²	5.795a	9.164a
T2	3.207 a	5.531ab	9.311a
T3	2.677 ab	4.819ab	7.523b
T4	2.104 b	4.603b	6.376c
DMS	625,2	1.135,1	911,7
CV (%)	11,9	11,7	6,0

¹T1 = residual do tratamento da cultura anterior; T2 = residual do tratamento da cultura anterior; T3 = residual do tratamento da cultura anterior; T4 = residual do tratamento da cultura anterior. ²Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ³Produtividade expressa em unidade de 130 g kg⁻¹.

As reduções nos rendimentos com T3 e T4 em relação à maior produtividade, de 16% e 34% na aveia, 17% e 21% na ervilhaca e 19% e 31% para aveia+azevém foram, normalmente, menores que as reduções observadas nas culturas graníferas. Isto se deve ao fato de que estas culturas não receberam, à exceção dos 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura na aveia 2006, adubações de semeadura e de cobertura, sendo os resultados mais dependentes da reciclagem de nutrientes.

7.4 CONCLUSÕES

Não houve benefício significativo, para o crescimento e a produtividade das culturas, da adição anual de 2.000 kg ha⁻¹ de PB ao NPK, e considerando adubações na semeadura das culturas de verão, o uso 4.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de o PB + uréia líquida foliar obteve desempenho melhor que AI na dose de 1.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ + supermagro foliar.

Adubações PB + uréia líquida foliar e AI + supermagro foliar durante seis anos agrícolas mantiveram produtividades de grãos inferiores àquelas obtidas com as adubações à base de NPK, mas acima da média estadual para as culturas no Paraná até o quarto ano consecutivo de cultivo, enquanto as culturas poáceas de verão foram precedidas por crucífera ou leguminosa de adubação verde de inverno, sendo esta uma componente importante para o desempenho destas adubações alternativas.

7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O.C. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 25, p. 157-1165, 2001.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agroecologia. 2002. 592 p.
- ANDREOLLA, V.R.M. Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho. 139p, Curitiba, **Tese (Doutorado em Agronomia)** Universidade Federal do Paraná, 2010.
- ANTONIAZZI, N. Desenvolvimento de cevada em resposta ao uso de elicitores para o controle de *Bipolaris sorokiniana*. 74p, Curitiba. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** UFPR - Universidade Federal do Paraná, 2005.

BASSO, C.J. Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. 91p. Santa Maria – RS Dissertação (**Mestrado em Agronomia**) Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

BRANDENBURG, A. **Agricultura familiar: ONGs e desenvolvimento sustentável**. Curitiba: Editora da UFPR, 1999. 326p.

CHABOUSSOU, F. **A teoria da trofobiose: novos caminhos para uma agricultura sadia**. Fundação Gaia: Porto Alegre, 1995. 28p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Análise do sexto levantamento de previsão da safra paranaense 2007/08. CONAB, Brasília, fev. 2008. Seção Central de Informações Agropecuárias, Conjuntura da Agropecuária. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/PR/Conjuntura%20da%20Safra%2007%2008.pdf>> Acesso em: 13 jun. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Análise do terceiro levantamento de previsão da safra Brasileira 2009/2010. CONAB, Brasília, dezembro 2010. Seção Central de Informações Agropecuárias, Conjuntura da Agropecuária. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/10_12_09_16_39_39_boletim_portugues_-dez_de_2010..pdf>. Acesso em: 12 jan. 2011.

DA ROS, C.O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto, 85p Santa Maria - RS, **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** Universidade Federal de Santa Maria, 1993.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina; Instituto Agronômico do Paraná, 1985. 96p. (Documentos IAPAR, 9).

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 761-773, 1985.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. **Práticas agroecológicas, caldas e biofertilizantes**. Pelotas, 2006a. 22p. (cartilha).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Soja, trigo e girassol em números. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=64&cod_pai=155> Acesso em 28 abr. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006b. 306 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro; Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.22, p.11-20, 1998.

FONTOURA, S.M.V. **Adubação nitrogenada na cultura do milho em Entre Rios, Guarapuava, Paraná**. Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária: Guarapuava, 2005. 94p.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R.R. Matéria seca, relação c/n e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, p.325-334, 2003.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2000.

IAPAR. Cartas climáticas do Paraná, Londrina, 2000. Disponível em <<http://www.iapar.br/search.php?query=cartas&action=results>>. Acesso em: 21 abr. 2010.

ISHERWOOD, K.F. World plant nutrient resources: directions for the next century. In: SIQUEIRA, J.O. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.123-142.

KOKUSZKA, R. Avaliação do teor nutricional de feijão e milho cultivados em sistemas de produção convencional e agroecológico na região Centro Sul do Paraná, 2005 (**Dissertação de Mestrado**), Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2005.

LAPIDO-LOUREIRO, F.E.V.; RIBEIRO, R.C.C. Fertilização natural: rochagem, agricultura orgânica e plantio direto – breve síntese conceitual. In: LAPIDO-LOUREIRO, F.E.V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. **Fertilizantes, agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009, p.149-172.

LASCA, D.H. de C. Girassol (*Helianthus annuus* L.). Disponível em: <<http://www.agrobyte.com.br/girassol.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2011.

LIMA, J.L.U.; SAMPAIO, T.Q. Atualidades e perspectivas das reservas de agrominerais no Brasil. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.12-17, 2010.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. Rio de Janeiro: Freitas bastos, 2002. 182p.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 1995. 887p.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76)
- PINHEIRO, S.; BARRETO, S.B. **MB-4, agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes**. Canoas: Salles Editora, 2005. 273p.
- ROSO, C.; RESTLE, J. Aveia Preta, Triticale e Centeio em Mistura com Azevém: Produtividade Animal e Retorno Econômico. **Revista brasileira de zootecnia**, v.29, p.85-93, 2000.
- SANTOS, R.H.S; MENDONÇA, E.S. Agricultura natural, orgânica, biodinâmica agroecologia. **Informe Agropecuário** v. 22, p. 5-8, 2001.
- SANCHEZ, P.A. Soil fertility and hunger in Africa. *Science*. V. 29, p. 2019–2020, 2002.
- SANCHEZ, P.A.; SHEPHERD, K.D.; SOULE, M.J.; PLACE, F.M.; BURESH, R.J.; IZAC, A.N.; SECCO, S.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. da. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.39, n.1, 2009.
- SILVA, B.M.; CARVALHO AF. 2000. **Novo Supermagro: o biofertilizante**. Viçosa: TA/ZM. 16p.
- VILLIERS, O.D. Soil rejuvenation with crushed basalt in Mauritius. **Sugar Journal**, v.63, p.363–364, 1961.