

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CINTHIA RÖDER

EFEITO DA APLICAÇÃO DE UM FERMENTADO BACTERIANO CONTENDO
ÁCIDO L-GLUTÂMICO, NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ALTERAÇÕES
BIOQUÍMICAS EM BATATA CULTIVADA NO SISTEMA ORGÂNICO

CURITIBA

2014

CINTHIA RÖDER

EFEITO DA APLICAÇÃO DE UM FERMENTADO BACTERIANO CONTENDO
ÁCIDO L-GLUTÂMICO, NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ALTERAÇÕES
BIOQUÍMICAS EM BATATA CULTIVADA NO SISTEMA ORGÂNICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr.Átila Francisco Mógor

Co-orientador: Henrique Soares Koehler

CURITIBA

2014

R688 Röder, Cinthia.

Efeito da aplicação de um fermentado bacteriano contendo ácido L-glutâmico, no crescimento, produtividade e alterações bioquímicas em batata cultivada no sistema orgânico. / Cinthia Röder. Curitiba : 2014.

108 f. il.

Orientador: Átila Francisco Mógor.

Coorientador: Henrique Soares Koehler.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal.

1. Batata – Cultivo. 2. Biofertilizantes. 3. Agricultura orgânica.
I. Mógor, Átila F. II. Koehler, Henrique S. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal. IV. Título.

CDU 633.491



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL

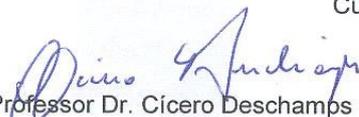


PARECER

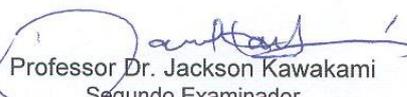
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pela candidata **CINTHIA RÖDER**, sob o título **“EFEITO DA APLICAÇÃO DE UM FERMENTADO BACTERIANO CONTENDO ÁCIDO L-GLUTÂMICO, NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM BATATA CULTIVADA NO SISTEMA ORGÂNICO”**, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

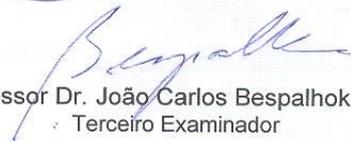
Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

Curitiba, 16 de Setembro de 2014.


Professor Dr. Cícero Deschamps
Coordenador do Programa


Dr. Giovani Olegário da Silva
Primeiro Examinador


Professor Dr. Jackson Kawakami
Segundo Examinador


Professor Dr. João Carlos Bespalhok Filho
Terceiro Examinador


Professor Dr. Henrique Soares Koehler
Quarto Examinador


Professor Dr. Atila Francisco Mógor
Presidente da Banca e Orientador

Aos meus pais, Luiz Carlos e Jaci, pela excelente educação, dedicação, amor e acima de tudo por terem me ensinado que a felicidade está na simplicidade da vida.
Aos meus irmãos, William Röder e Eduardo Röder, ao meu filho, Igor Röder da Silva e ao meu namorado,
Adônis Raphael Bunn.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me ilumina, me protege e me acompanha em todos os momentos.

A Universidade Federal do Paraná, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de obtenção deste título.

Aos meus pais Luiz Carlos Röder e Jaci Glaeser Röder, pelo amor e por tudo que fizeram, por se doarem em silêncio e aceitarem viver comigo o meu sonho, presenteando-me com a riqueza do estudo e fazendo de mim não apenas profissional, mas sobre tudo ser humano. Fizeram-me vida ensinando a vivê-la com dignidade, compartilhando comigo alegrias e tristezas, doando muito amor e compreensão. Hoje ofereço o sorriso que trago na face, fruto da esperança e, da luta que vocês fizeram brotar em mim a partir de cada gesto de carinho e apoio, tendo a certeza que essa vitória cabe a vocês também.

Ao meu filho Igor, pela alegria, carinho e muito amor, sentimentos esses que o tornam uma pessoa única em minha vida. Mas principalmente pela sua compreensão e paciência.

Aos meus irmãos William e Eduardo, presenças constantes em minha vida.

Ao meu namorado Adônis, que trouxe alegria, companheirismo, carinho e amor para minha vida, pelo estímulo permanente que me deu força nos momentos mais difíceis desta etapa.

Ao meu orientador Átila Francisco Mógor, pela dedicação, respeito, confiança, pelo auxílio na orientação e desenvolvimento deste trabalho, e principalmente pela amizade construída ao longo dos 4 anos de convívio. Não me esquecerei dos conhecimentos técnicos aprendidos e dos exemplos de vida, trabalhando com ética, honestidade, responsabilidade e perseverança, exemplo profissional que pretendo seguir por toda vida. Receba, pois, minha gratidão, reconhecimento e a lembrança de que nos méritos desta conquista a muito de sua presença. Muito obrigada, mestre! Igualmente a sua esposa, Gilda Mógor.

Ao professor Henrique Soares Koehler, por todo o auxílio na parte estatística e co-orientação deste trabalho.

A todos os meus familiares, em especial as minhas tias Sônia, Rosane e Lili, que de alguma forma, seja com um gesto nobre, ou uma palavra amiga, ou com

orações, me ajudaram durante toda minha trajetória no doutorado, e nos momentos difíceis que passei.

A grande amiga Vanice que me incentivou a seguir em frente e iniciar o doutorado.

Aos professores do programa, pelos ensinamentos que auxiliaram no aperfeiçoamento da minha formação profissional.

A todos os funcionários pela ótima convivência, auxílio e amizade. Em especial ao Marcos, Abílio, Marcos e Maria Emília.

Aos colegas e estagiários que auxiliaram na execução deste e outros trabalhos realizados ao longo destes 4 anos.

A todos os colegas que compartilharam comigo os anos de estudo e expectativas no cotidiano da vida profissional, sabendo cultivar uma amizade que o tempo amadureceu, e que, mesmo agora, quando cada um de nós partirmos em busca do seu caminho, não se apaguem os brilhos do companheirismo e do respeito mútuo. Em especial aos colegas Vivian, Eliseu, Luiz Gabriel e Guilherme, pela amizade sincera, mas acima de tudo pelos momentos de descontração, carinho e apoio que sempre me deram suporte e força para seguir em frente.

À Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), pela concessão da bolsa de estudos e auxílio financeiro.

A Microquímica Indústrias Químicas Ltda e EMBRAPA, pelo auxílio na execução deste trabalho.

Muito Obrigada.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

BIOGRAFIA

Cinthia Röder, nascida em 12 de junho de 1977, no município de Marechal Cândido Rondon – PR, filha de Luiz Carlos Röder e Jaci Glaeser Röder.

Cursou o primeiro e segundo grau no Colégio Estadual Eron Domingues, no município de Marechal Cândido Rondon – PR.

Em março de 1998, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon – PR.

Obtendo o título de Engenheiro Agrônomo no dia 12 de fevereiro de 2004.

No mesmo ano, ingressou no Mestrado em Agronomia na mesma instituição, se tornando Mestre em 15 de setembro de 2006.

De 2006 a 2009 trabalhou no projeto de agricultura orgânica da Itaipu Binacional.

Em julho de 2010 ingressou no Curso de Doutorado na Universidade Federal do Paraná, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo.

RESUMO

A batata é um alimento cada vez mais importante, ocupando o quarto lugar entre os mais consumidos no mundo, com destaque no agronegócio brasileiro ao ser a olerícola de maior importância econômica. Entretanto, no seu cultivo as doses de fertilizantes normalmente são elevadas, aumentando o custo de produção e os riscos ambientais. Assim, entre os desafios para a sua produção, está o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis, evidenciando o sistema orgânico como importante alternativa. Neste contexto, se faz necessário a utilização de produtos que estejam em conformidade com a legislação da produção orgânica, proporcionando aumentos de produtividade e qualidade, com baixo custo de produção e sem agredir o meio ambiente. A utilização de produtos de origem biológica, como fermentados bacterianos contendo aminoácidos, pode ser alternativa sustentável para o aumento da produção de batatas. Assim, neste trabalho buscou-se avaliar o efeito da utilização de um fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L- glutâmico na produtividade de batata 'Cristal' em sistema orgânico, por dois anos consecutivos, bem como, em variáveis bioquímicas das folhas das plantas de batata. Os tratamentos foram compostos de aplicações foliares de soluções com diferentes doses do fermentado (0,00; 0,03; 0,06; 0,11 e 0,22 L ha⁻¹). O aumento na produtividade total e comercial nos dois anos de cultivo, alterações no acúmulo de massa seca, na taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida, bem como, alterações nas concentrações de clorofila a, b e total, na atividade da enzima nitrato redutase (EC 1.6.6.1) e no teor de proteínas totais solúveis das folhas, indicaram que o fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico atuou no acúmulo de biomassa da parte aérea e na translocação de fotoassimilados aos tubérculos, em função da sua absorção foliar e atuação no metabolismo das plantas, com destaque para a dose de 0,06 L ha⁻¹. Os resultados obtidos indicam que o fermentado bacteriano pode ser considerado um biofertilizante, ao conter componente ativo capaz de atuar, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, aumentando a produção.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L, biofertilizante, aminoácidos, nitrato redutase

ABSTRACT

The potato is an increasingly important food, the fourth among the most consumed in the world, with great importance on Brazilian agribusiness being the most economically important vegetable crop. However, the fertilizers doses in the cultivation are normally high, increasing the production cost and environmental risks. Thus, among the challenges for its production, is the establishment of sustainable agricultural systems, highlighting the organic system as an important alternative. In this context, the use of products that comply with the rules of organic production, providing increased productivity and quality, with low production cost and without harming the environment is necessary. The use of products of biological origin, containing amino acids as bacterial fermentations, can be a sustainable alternative for increasing the production of potatoes. Thus, this study sought to evaluate the effect of using a bacterial fermented containing 30% of the amino acid L-glutamic acid on the productivity of potato 'Crystal' in an organic system for two consecutive years, as well as, on biochemical variables of potato plants leaves. The treatments consisted of foliar application of solutions with different doses of fermented (0.00; 0.03; 0.06; 0.11 and 0.22 L ha⁻¹). The increase in total and marketable yield in both years of cultivation, the changes in dry matter accumulation, in the relative growth rate and net assimilation rate, as well as, changes in the concentrations of chlorophyll a, b and total, in the activity of the enzyme nitrate reductase (EC 1.6.6.1) and in total soluble protein of leaves, indicate that bacterial fermentation containing 30% of the amino acid L-glutamic operates in the accumulation of biomass and translocation of assimilates to the tubers, related their foliar absorption and activity on plant metabolism, especially at the dose of 0.06 L ha⁻¹. The results indicate that the bacterial fermented can be regarded as a biofertilizer, containing an active component able to act on all or on part of the cultivated plants, thus increasing production.

Key words: *Solanum tuberosum* L, biofertilizer, amino acid, nitrate reductase

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 - Detalhe do sistema radicular, estolões e início da formação dos tubérculos (O autor).24
- Figura 2.2 - Diagrama mostrado os modelos gerais de área foliar e órgãos de armazenamento (adaptado de Milthorpe; Moorby, 1979).....26
- Figura 2.3 - Estádios do ciclo fenológico da cultura de batata segundo Tavares (2002).....27
- Figura 2.4 - Assimilação de NH_3 , formação de glutamato e glutamina, e biossíntese de aminoácidos.38
- Figura 2.5 - Biossíntese de aminoácidos utilizando glicose como fonte principal de carbono (Sato, 2001).....39
- Figura 2.6 - Biossíntese de glutamina, prolina e arginina, tendo como precursor o glutamato derivado do α -cetoglutarato (Lehninger, 2006).....40
- Figura 2.7 - Biossíntese de lisina, treonina, isoleucina e metionina (Sodek, 2008)...40
- Figura 2.8 - Possíveis rotas de assimilação do N nas raízes e folhas de plantas. NO_3^- : nitrato; NO_2^- nitrito; NH_4^+ : amônio; GLN: glutamina; GLU: glutamato; NR: nitrato redutase; NiR: nitrito redutase; GS: glutamina sintetase; GOGAT: glutamato sintetase; T: transportador (Bredemeie; Mundstock 2000).45
- Figura 2.9 - Resumo dos processos envolvidos na assimilação do nitrogênio mineral na folha (Taiz; Zeiger, 2009).46
- Figura 2.10 - Desenho esquemático da organização geral das membranas no cloroplasto (Taiz; Zeiger, 2009).....49
- Figura 2.11 - Estrutura molecular de alguns pigmentos fotossintéticos (Taiz; Zeiger, 2009).50
- Figura 3. 1 - Linhas de tendência das alterações da massa seca total (MS) da parte aérea de plantas de batata 'Cristal' em função dos períodos de coleta e de aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....76
- Figura 3. 2 - Linhas de tendência das taxas de crescimento relativo (TCR) da parte aérea de plantas de batata 'Cristal' em função dos períodos de coleta e aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....77

Figura 3. 3 - Linhas de tendência da taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de batata 'Cristal' em função das aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses do fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....	79
Figura 4. 1 - Teores de clorofila "a" em folhas de plantas de batata 'Cristal' em função da aplicação foliar de solução aquosa com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....	90
Figura 4. 2 - Teores de clorofila "b" em folhas de plantas de batata 'Cristal' em função da aplicação foliar de solução aquosa com diferentes doses de biofertilizante contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....	91
Figura 4. 3 - Teores de clorofila total em folhas de plantas de batata produzidas em função da aplicação foliar de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....	92
Figura 4. 4 - Atividade da redutase do nitrato em folhas de plantas de batata 'Cristal' em função de aplicações foliares de soluções aquosas em diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....	93
Figura 4. 5 - Teor de proteínas totais em folhas de plantas de batata 'Cristal' em função de aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014.....	94

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1 - Resultados do teste de comparação de médias para produtividade média estimada (PME), produtividade média comercial (PMC) e número médio de tubérculos (NT) de plantas de batata 'Cristal' produzidas em sistema orgânico, em função de aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014..75
- Tabela 4.1 - Resultados da análise de variância para clorofila a (Chl a) (mg g^{-1}), clorofila b (Chl b) (mg g^{-1}), clorofila total (Chl total) (mg g^{-1}), proteínas livres totais (mg g^{-1}) e atividade da nitrato redutase ($\mu\text{mol de NO}_2^-$ formado/g de tecido/hora) em folhas de plantas de batata 'Cristal', em função da aplicação foliar de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico, determinados em três épocas de coleta. UFPR, 2014.....89

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Precipitação e temperatura média mensal durante período de realização do experimento (SIMEPAR, 2012).....	100
Anexo 2 - Umidade relativa média mensal e radiação média mensal durante período de realização do experimento (SIMEPAR, 2012).....	100
Anexo 3 - Tubérculos semente usados no plantio.....	101
Anexo 4 - Plantio 02 de setembro de 2011.	101
Anexo 5 - 16 setembro de 2011.	102
Anexo 6 - 1ª Amontoa 23 de setembro de 2011.....	102
Anexo 7 - 2ª Amontoa 30 de setembro de 2011.....	103
Anexo 8 - 10 de outubro de 2011.	103
Anexo 9 - 14 de outubro de 2011.	104
Anexo 10 - Pleno florescimento (24 de outubro de 2011).	104
Anexo 11 - Vista geral da área experimental.....	105
Anexo 12 - 21 DAP – momento da 1ª amontoa.....	105
Anexo 13 - 1ª colheita – 30 DAP (03 de outubro de 2011).....	106
Anexo 14 - 2ª colheita – 40 DAP (13 de outubro de 2011).....	106
Anexo 15 - 3ª colheita – 50 DAP (21 de outubro de 2011).....	107
Anexo 16 - 4ª colheita – 60 DAP (01 de novembro de 2011).....	107
Anexo 17 - 5ª colheita – 70 DAP (11 de novembro de 2011).....	108

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	17
REFERÊNCIAS	20
2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 ORIGEM, HISTÓRIA E BOTÂNICA DA BATATA	22
2.2 FISIOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA BATATEIRA.....	24
2.3 BATATA NO BRASIL E NO MUNDO	30
2.4 PRODUÇÃO ORGÂNICA.....	32
2.5 BIOFERTILIZANTES.....	35
2.6 INDICADORES BIOQUÍMICOS DO EFEITO BIOFERTILIZANTE DO ÁCIDO L- GLUTÂMICO	36
2.6.1 Aminoácidos, proteínas e ácido L-glutâmico	37
2.6.2 Enzima nitrato redutase (E.C. 1.6.6.1).....	44
2.6.3 Clorofilas e carotenoides.....	48
2.7 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE PLANTAS	51
2.8 CULTIVAR CRISTAL	54
REFERÊNCIAS	54
3. CAPÍTULO 1 – PRODUTIVIDADE E ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE BATATA CV. CRISTAL EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE UM FERMENTADO BACTERIANO	68
3.1 INTRODUÇÃO	69
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	70
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
3.4 CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS	79
4. CAPÍTULO 2 - ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM FOLHAS DE BATATA CV. CRISTAL COM APLICAÇÃO DE FERMENTADO BACTERIANO	84
4.1 INTRODUÇÃO	85
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	86
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	88
4.4 CONCLUSÃO.....	95
REFERÊNCIAS	95

5. CONCLUSÕES GERAIS	98
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
ANEXOS	100

1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) desempenha importante papel como fonte de alimento para populações de várias regiões do mundo, em especial daquelas em desenvolvimento, sendo um dos quatro alimentos básicos da humanidade, superada apenas pelo trigo, arroz e milho (FAO, 2013).

É um dos alimentos mais consumidos no mundo como fonte de energia, devido à composição, versatilidade gastronômica e relativo baixo custo de comercialização dos tubérculos (COELHO *et al.*, 1999), sendo a olerícola de maior importância econômica no Brasil (BISOGNIN, 2006).

Com a globalização dos mercados, a batata ganhou importância no agronegócio brasileiro, promovendo alterações no perfil dos produtores que adotaram inúmeras mudanças, como melhor gerenciamento das propriedades, utilização de batata-semente de qualidade, introdução de novas cultivares (PEREIRA, 2011), novas tecnologias de cultivo e a expansão da atividade em novas fronteiras de produção (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2008).

A eficiência produtiva da cultura da batata deve garantir o adequado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos, característica importante num cenário mundial de constante crescimento populacional (PULZ *et al.*, 2008).

Em função desse crescimento, torna-se necessária a utilização de elevada quantidade de insumos para obter aumento de produção, ocasionando assim um decréscimo na sustentabilidade dos cultivos (SILVA *et al.*, 2012). Com isso, tem sido consenso entre pesquisadores e produtores a necessidade de se promover o desenvolvimento de sistemas sustentáveis na produção de batata, explorando o pleno potencial do cultivo e contribuindo com o aumento do bem-estar dos produtores e dos consumidores. Neste contexto, a produção orgânica ganha importância.

A prática da agricultura sustentável, como a orgânica, além de proporcionar maior conservação ambiental, produz alimentos sem contaminação por metais pesados e com maior valor biológico. Além disso, há maior emprego de mão-de-

obra, mantendo o homem fixado a terra e com rendimentos econômicos mais satisfatórios (KHATOUNIAN, 2001; SOUZA; RESENDE, 2006).

A agricultura orgânica gera inúmeros benefícios em todo o sistema agropecuário. A produção de batata orgânica é uma oportunidade de negócio e um grande desafio aos produtores, que pouco dispõem de informações relativas a cultivares adaptadas ao sistema de cultivo orgânico, bem como de técnicas de manejo cultural. Segundo Nazareno (2005), o grande desafio para a pesquisa está em desenvolver e/ou adaptar tecnologias à produção da batata fazendo com que o produtor possa ter retorno econômico.

Apesar da crescente expansão da agricultura orgânica, a competitividade e a sustentabilidade das unidades de produção ainda dependem grandemente da geração de conhecimento e tecnologia em bases científicas. O desenvolvimento de tecnologias que sejam ecologicamente mais seguras é uma tendência mundial e urgente para o cultivo de hortaliças, em que o controle químico normalmente é utilizado de forma indiscriminada. Dentre estas tecnologias está a utilização de resíduos orgânicos vegetais, animais, minerais e produtos oriundos de processos fermentativos, como os biofertilizantes.

A crescente produção de resíduos orgânicos tem levado ao seu uso como uma fonte alternativa de matéria orgânica e nutriente para as plantas. A produção constante e inesgotável desses materiais, aliada ao seu baixo custo de obtenção, torna-os atrativos para o uso na agricultura, florestas e recuperação de áreas degradadas. Além disso, considerando que a geração de resíduos é por si só um problema, o reaproveitamento deles contribui para aliviar a pressão sobre o meio ambiente (PASCUAL *et al.*, 1999).

Na produção orgânica, a utilização de biofertilizantes é uma técnica difundida entre os agricultores (PICOLLI *et al.*, 2009) e regulamentada na Instrução Normativa 46 do MAPA, na qual, os biofertilizantes são definidos como sendo produtos que contém componentes ativos ou agentes biológicos, capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e, que sejam isentos de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos (MAPA, 2012). Da mesma maneira, os biofertilizantes são contemplados na legislação de fertilizantes (Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004), sendo o biofertilizante considerado produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de

atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante (MAPA, 2012).

Nesse contexto, pode-se inferir que os aminoácidos oriundos de processos fermentativos sejam potenciais componentes ativos de biofertilizantes, uma vez que são considerados ativadores metabólicos (BEZERRA *et al.*, 2007); desde que atuem como estimuladores do crescimento vegetal (ALBUQUERQUE NETO; ALBUQUERQUE, 2008).

Mesmo todas as plantas produzindo seus próprios aminoácidos (LEHNINGER, 2006), trabalhos têm demonstrado que o fornecimento exógeno de aminoácidos, pode trazer efeitos benéficos, como ganhos significativos em vários processos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais. A hipótese que tem sido confirmada é que, fornecendo à planta uma solução contendo aminoácidos na configuração levogira (L), os mesmos serão absorvidos e incorporados ao metabolismo vegetal.

Dentre os produtos com potencial efeito biofertilizante, estão os obtidos de processo fermentativos a partir dos subprodutos das indústrias de processamento de vegetais, ou da cadeia produtiva de biocombustíveis. Assim, o aminoácido ácido L-glutâmico, obtido através da fermentação do melaço da cana de açúcar pela bactéria *Corynebacterium glutamicum* (DREYER *et al.*, 2000), se enquadra nessa classe. No metabolismo vegetal, o ácido L-glutâmico participa no processo de assimilação do nitrogênio, na fotossíntese, e na síntese e ativação da clorofila (TAIZ; ZEIGER 2009). Beale *et al.* (1975), em seu trabalho utilizando carbono marcado, comprovaram a absorção foliar do ácido L-glutâmico e sua atuação no metabolismo das plantas, ao ser incorporado ao ácido aminolevulinico (ALA), na biossíntese de clorofila.

Diante disso, essa pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito biofertilizante de aplicações foliares de um fermentado bacteriano, contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico, determinando alterações bioquímicas em folhas, analisando o crescimento e, quantificando a produção de batata em cultivo orgânico.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE NETO, N.A.A.R.de; ALBUQUERQUE, T.C.S. de. **Cultivo da couve em substrato fertirrigado com aplicações de organominerais**. In: FERTBIO: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Londrina, PR, 28, 2008.

BEALE, S.; GOUGH, S.P.; GRANICK, S. Biosynthesis of delta-aminolevulinic acid from the intact carbon skeleton of glutamic acid in Greening Barley. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 72(7): 2719-2723, 1975.

BEZERRA, P.S.G.; GRANGEIRO, L.G.; NEGREIROS, M.Z. de, MEDEIROS, J.F. de. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. **Científica**, Jaboticabal, SP, v.35, n.1, p.46-50, 2007.

BISOGNIN, D. A. (Ed.) **Simpósio de melhoramento genético e previsão de epifitias em batata**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 101p, 2006.

CAMARGO FILHO, W.P.; CAMARGO, F.P. Produção de batata no Brasil, 1990-2007: evolução, distribuição regional e safras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.26, n.2, p.S1024-S1026, jul/ago 2008.

COELHO, A. H. R.; VILELA E. R.; CHAGAS, S. J. de. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 23, n. 4, p.899-910, nov 1999.

DREYER, A.; COELLO, N.; MONDIEL, E. Utilización de la metodología de superficie de respuesta de la optimización de um medio de cultivo para la producción de L-lisin por *Corynebacterium glutamicum*. **Agronomía Tropical**, v. 50, n. 2, p. 167-88, 2000.

FAO. **FAOSTAT: production: crops**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 25 maio 2013.

KHATOUNIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu, SP: Agroecologia, 2001.

LEHNINGER, A.L. **Lehninger Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006.

MAPA 2012. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2012. Acesso em 27 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.sistemaweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>

NAZARENO, N.R.X. Desafios da produção de batata orgânica no Paraná. **Batata Show**, v. 5, n. 11, p. 30-31, 2005.

PASCUAL J. A.; GARCIA, C.; HERNANES, T. Lasting microbiological and bioquimical effects of the municipal waste to an arud soil. **Biological fertilidad soil**, 30, p.1-6. 1999.

PEREIRA, A.S. A evolução da batata no Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Viçosa, MG: ABH, p.5701-5710, 2011.

PICOLLI, E. S.; MARCHIORO, V. S.; BELLAVER, A.; BELLAVER, A. Aplicação de produtos a base de aminoácido na cultura do trigo. **Cultivando o Saber**, v. 2, n. 4, p. 141-148, 2009.

PULZ, A.L.; CRUSCIOL, C.A.C.; LEMOS, L.B; SORATTO, R.P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1651-1659, 2008.

SILVA, G.; CASTRO, C.M.; TERRES, L.R.; ROHR, A.; SUINAGA, F.A.; PEREIRA, A.S. Desempenho agrônômico de clones elite de batata. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.557-560, 2012.

SOUZA, J. L de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed, 2004.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ORIGEM, HISTÓRIA E BOTÂNICA DA BATATA

A história da batata (*Solanum tuberosum* L.) começa há 8.000 anos e teve início às margens do lago Titicaca, no altiplano andino há 3.800 metros do nível do mar, próximos à fronteira entre Bolívia e Peru. As plantas foram domesticadas por caçadores e agricultores que promoveram seleção e aumento de tamanho dos tubérculos, iniciando um processo que favoreceu o surgimento de ampla variedade de batatas conhecidas atualmente (LA POMME DE TERRE, 2004).

Existe um centro secundário de diversidade de *S. tuberosum* no sul da América do Sul, no Chile (RIOS *et al.*, 2007). E foi na pequena ilha de Chiloe, localizada perto do litoral sul do Chile, que os europeus obtiveram, dos índios, a chamada “batata inglesa” (MELLO *et al.*, 2008).

A primeira evidência acerca da introdução da batata na Europa remonta a 1567, nas Ilhas Canárias, Espanha. No entanto, é importante ressaltar que o valor alimentar da batata só foi reconhecido na Europa mais de um século depois de sua introdução na Espanha continental.

A demora da difusão da batata como cultura alimentar para os europeus é atribuída à sua adaptação a condições climáticas distintas das existentes no continente europeu. Além disso, apenas uma amostra muito restrita de pool gênico da espécie cultivada há milênios nos Andes foi introduzida na Espanha. Por conseguinte, foram necessários 150 anos para que fossem selecionadas as primeiras cultivares com capacidade de tuberização sob condições de dias longos do verão europeu (RIOS *et al.*, 2007; MELLO *et al.*, 2008; MOREIRA *et al.*, 2011).

Portanto, desde então a batata passou por importante mudança adaptativa em relação à sua região de origem e domesticação, e é hoje um dos produtos alimentar mais difundido em todo o mundo. Disseminada pela maioria das regiões tropicais e subtropicais do planeta, converteu-se, na atualidade, na base da alimentação de muitos povos (MELLO *et al.*, 2008).

Em finais do século XVIII, a batata tornou-se uma cultura bastante importante, particularmente na Alemanha, Holanda e Inglaterra, sendo a Irlanda considerada como o principal centro difusor do cultivo para outros continentes

(BARKER, 2002). No Brasil, a batata foi introduzida por imigrantes europeus no final do século XIX (MOREIRA *et al.*, 2011).

Conforme Motta (1993) no Estado do Paraná o cultivo iniciou-se pela imigração polonesa em 1876 e a primeira importação de batata-semente da Europa e da Argentina foi efetuada em 1902 pelo Engenheiro Agrônomo Zdenko Gayer. Em Guarapuava, Paraná, foi introduzida por imigrantes japoneses na década de 60, juntamente com a Cooperativa Agrícola de Cotia. Devido às condições bastante propícias de clima ameno e solos férteis a atividade se expandiu rapidamente, chegando a ter mais de 150 produtores que plantavam mais de 7.000 ha.

A batata foi considerada uma reserva alimentar importante durante guerras. Nesta época a planta era vulnerável a pragas e enfermidades. Um exemplo notável foi entre os anos de 1844 e 1848 na Europa, quando uma praga arrasou o cultivo de batatas. Com isso, na Irlanda, em que 80% do alimento da população advinha deste tubérculo, provocou a morte de um milhão de pessoas. Este fato histórico motivou a busca por variedades mais produtivas e mais resistentes a enfermidades (FAO, 2008). Atualmente, são inúmeras as variedades de *Solanum tuberosum* conhecidas mundialmente, e centros de pesquisas em todos os continentes tem se dedicado ao estudo genético e de enfermidades dessas plantas.

Feltran e Lemos (2005) caracterizam a batateira como uma solanácea perene, mas comercialmente utilizada como anual. Apresenta caules aéreos, herbáceos, e suas raízes originam-se na base desses caules ou hastes. O sistema radicular é delicado e superficial, com raízes concentrando-se até 30 cm de profundidade. Suas folhas são compostas por folíolos arredondados e as flores hermafroditas apresentam-se reunidas em inflorescências no topo da planta (FILGUEIRA, 2000). As folhas que se originam do caule subterrâneo são pequenas, em forma de escamas, e de suas gemas axilares emergem os estolões, e na extremidade dos mesmos se formam os tubérculos (Figura 2.1). Tanto os tubérculos como os estolões são ramos laterais modificados (MELLO *et al.*, 2008). A parte aérea é herbácea, com altura variável entre 50 e 70 cm, podendo, entretanto, alcançar até 1,5 m na fase adulta. O ciclo vegetativo da cultura pode ser precoce (< 90 dias), médio (90 – 110 dias) ou longo (> 110 dias), dependendo da cultivar (FONTES; PEREIRA, 2003).

O cultivo da batata se desenvolve sob uma diversidade de altitudes, latitudes e condições climáticas, desde o nível do mar até 4000 metros de elevação. De

acordo com Miranda Filho *et al.* (2003), as condições climáticas brasileiras permitem plantar e colher batata todos os meses do ano, numa escala sucessiva de safras. Dependendo do clima de cada região de cultivo podem ser realizadas em três safras distintas: safra das águas (plantio de agosto a novembro); da seca (plantio de janeiro a março) e safra de inverno (plantio de maio a julho).

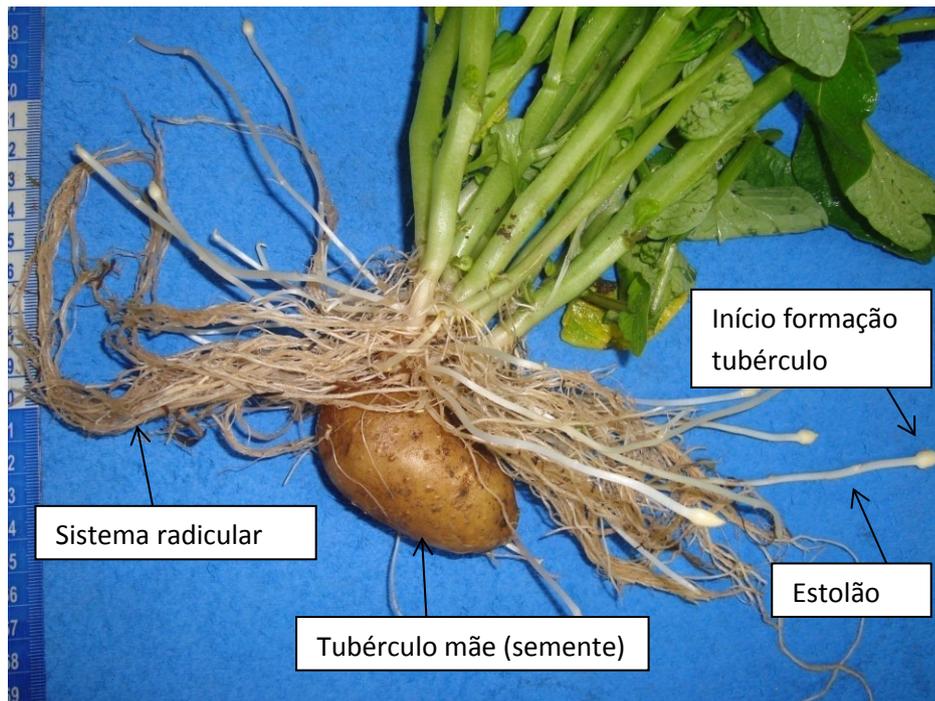


FIGURA 2.1 - Detalhe do sistema radicular, estolões e início da formação dos tubérculos (O autor, 2012)

Em relação ao custo de produção da cultura os principais componentes são: sementes (30,7%), fertilizantes (24,1%), defensivos (16,7%), serviços (20,7%) e mão-de-obra (3,9%). Dentre estes, os fertilizantes apresentam especial importância, pois, além de influenciar na qualidade e custo de produção para mercado e indústria, também influenciam na qualidade e custo da semente produzida (DAROLT *et al.*, 2003).

2.2 FISIOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA BATATEIRA

A forma propagativa da planta de batata é o tubérculo, onde após a quebra da dormência, as gemas começam a crescer e são fortemente influenciadas pela temperatura. A gema apical é a primeira a iniciar o crescimento, e as outras seguem

na sucessão basípeta. A emergência das brotações é favorecida pelo escuro, calor e condições de umidade. O amido, presente nos segmentos da batata-semente, fornece a energia para o crescimento da brotação e seu desenvolvimento inicial. O crescimento das brotações produz um estímulo que leva à hidrólise do amido e das proteínas no tubérculo de batata. Sendo que, aproximadamente, metade do amido é esgotada, até quando a planta inicia a produção de energia suficiente para suportar o crescimento e desenvolvimento, e acumular reservas para a produção de tubérculos de batata (MELLO *et al.*, 2008).

As raízes originadas a partir dos tubérculos de batata são de natureza adventícia. Os caules são divididos em três tipos: aéreos, estolões (ramificações subterrâneas do caule aéreo) e os tubérculos (originam nas extremidades dos estolões) (LOPES, 2002).

Os tubérculos de batata formam-se nas extremidades dos estolões, onde seu desenvolvimento é acelerado por condições de dias curtos, baixa temperatura, alta radiação diária e baixo fornecimento de nutrientes. A iniciação do tubérculo na extremidade do estolão está correlacionada com uma mudança na orientação do plano de divisão celular e um rápido aumento na formação do amido (MELLO *et al.* 2008).

Dois processos distintos estão correlacionados com a formação dos tubérculos de batata. O primeiro, de ordem morfológica, envolve o desenvolvimento dos estolões, os quais crescem horizontalmente e apresentam nós e entrenós. Sendo na sequência induzidos a formação dos tubérculos, caracterizada pela divisão celular e expansão radial das células, com interrupção do crescimento do ápice do estolão, resultando no entumescimento do estolão. O segundo, no nível bioquímico, inclui mudanças no metabolismo dos carboidratos que resultam no acúmulo de amido, redução dos níveis de glicose e frutose e aumento na síntese de proteínas de armazenamento, uma glicoproteína específica chamada patatina (SRIVASTAVA, 2001).

A batateira é uma planta C3, onde as folhas além de sítios de percepção de estímulos ambientais são também fornecedoras de nutrientes para o crescimento do caule e dos tubérculos. As folhas se desenvolvem a partir das hastes que emergem do solo e, logo após a sua formação, a planta é capaz de produzir toda a energia necessária para o posterior crescimento e desenvolvimento (MELLO *et al.*, 2008).

O desenvolvimento da superfície foliar depende principalmente da expansão das folhas já existentes e da produção de ramos axilares. A medida que esses começam a crescer, logo após a emergência, a expansão da superfície foliar é relativamente mais rápida do que de muitas outras espécies. Após a iniciação e ao crescimento dos tubérculos, as folhas novas paralisam a sua expansão e as folhas existentes senescem rapidamente. O crescimento do tubérculo diminui quando o índice de área foliar (IAF) cai abaixo de 1 (MELLO *et al.*, 2008) (Figura 2.2).

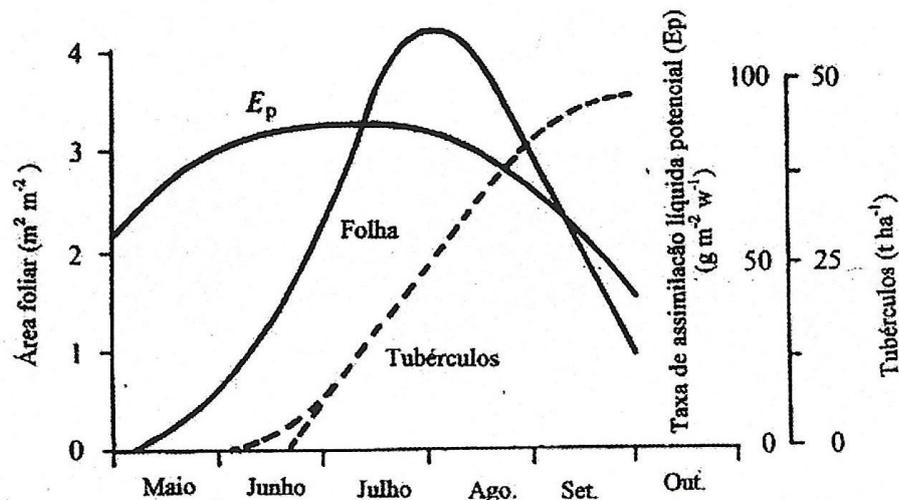


FIGURA 2.2 - Diagrama mostrado os modelos gerais de área foliar e órgãos de armazenamento (adaptado de MILTHORPE; MOORBY, 1979)

Além do processo morfológico e bioquímico, ocorre também o processo fisiológico, com destaque para a fotossíntese e respiração. Os açúcares produzidos pela fotossíntese são convertidos em amido e armazenados em células que se expandem para formar os tubérculos. Esse período é relativamente curto, geralmente de 10 a 15 dias, cujo término coincide com o início do florescimento (MOREIRA *et al.*, 2011).

O ciclo da batateira é dividido em cinco estádios, segundo TAVARES *et al.* (2002) (Figura 2.3):

- Primeiro estágio: relativamente curto, do plantio até emergência. A plântula se desenvolve com as reservas do tubérculo-mãe. Ao final deste estágio, efetua-se a adubação de cobertura e amontoa;
- Segundo estágio: fase de desenvolvimento vegetativo e compreende o intervalo entre a completa emergência até o início da tuberização;

- Terceiro estágio: desenvolvimento acelerado da parte aérea e acumulação de fotoassimilados nos tubérculos. O processo de tuberização inicia-se por volta dos 35-40 dias após o plantio.
- Quarto estágio: a planta atinge o desenvolvimento máximo vegetativo, com incremento substancial do peso dos tubérculos (aumenta cerca de uma tonelada/dia/ha). A maturação dos tubérculos se estende dos 80 até os 110 dias, variando conforme o cultivar. Da décima segunda semana até o final da décima quinta semana após o plantio, que se estende da época em que ocorre o máximo desenvolvimento vegetativo até a completa senescência da planta, com a planta totalmente seca e os tubérculos maduros. Ao final desse estágio, os tubérculos atingem o tamanho e pesos máximos.
- Quinto estágio: completa senescência e seca da parte aérea, e os tubérculos maduros.

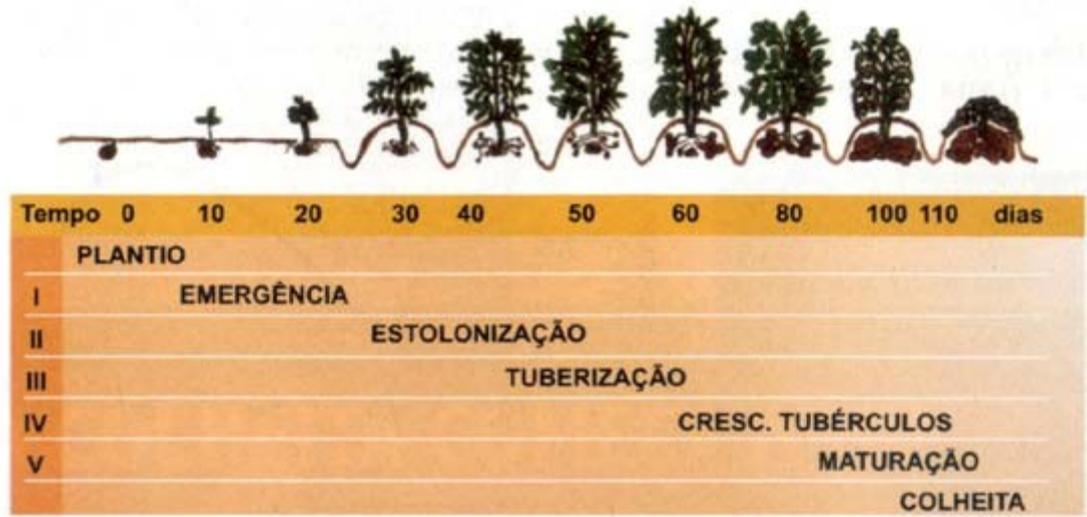


FIGURA 2.3 - Estádios do ciclo fenológico da cultura de batata (TAVARES et al., 2002)

Alguns fatores podem afetar a tuberização, entre eles estão o fotoperíodo, temperatura, umidade e nitrogênio. A batata é uma planta de dias curtos para tuberização, fotoperíodo longo atrasa ou reduz a tuberização promovendo maior crescimento da parte aérea. No entanto, atualmente a batata tem sido adaptada através da seleção para tuberizar em dias longos (MOREIRA *et al.*, 2011).

A temperatura média ideal para o bom desenvolvimento e produção da batata está entre 10 e 25°C (TAVARES *et al.*, 2002). Entretanto, a maior parte das cultivares plantadas atualmente no país, foram desenvolvidas especificamente para

regiões temperadas e, quando submetidas ao clima tropical, apresentam produtividade muito aquém do seu potencial (MIRANDA *et al.*, 2003).

A temperatura pode afetar diretamente a planta de batata ou pode interagir com outros fatores ambientais para modificar o seu comportamento. Regiões que apresentam temperaturas máximas entre 20° e 30°C a mínimas entre 8° e 15°C são mais favoráveis ao cultivo do que regiões com pouca amplitude térmica, sendo que a temperatura ótima para a fotossíntese está em torno de 20°C (MELLO *et al.*, 2008). Temperaturas elevadas estimulam a planta a um maior desenvolvimento vegetativo diminuindo a produção. Além disso, variações bruscas na temperatura também ocasionam vários distúrbios fisiológicos nos tubérculos destacando-se o crescimento secundário ou embonecamento, chocolate e rachaduras (TAVARES *et al.*, 2002).

O estresse térmico pode diminuir os fotoassimilados disponíveis ao desenvolvimento da planta, e também sua partição aos tubérculos. As altas temperaturas, características de regiões tropicais e subtropicais, causam severo decréscimo na produção de tubérculos e são considerados os maiores impedimentos ambientais para a produção e disseminação de batata nessas regiões (BURTON, 1981).

A temperatura tem influência marcante no crescimento da planta de batata. Temperaturas altas estimulam a produção de folhas, enquanto as temperaturas mais baixas favorecem o crescimento dos tubérculos. Por conseguinte, a temperatura, de alguma forma, incide sobre a distribuição da matéria seca formada (MOREIRA *et al.*, 2011). Temperaturas (noturnas e diurnas) e luminosidade são fatores climáticos essenciais à produção de batata. Assim, temperaturas superiores a 25° - 30°C reduzem o potencial produtivo da maioria das cultivares (MIRANDA FILHO *et al.*, 2003).

Na presença de alta luminosidade, a assimilação é mais elevada do que no caso de uma intensidade luminosa reduzida. Quando a intensidade da luz aumenta, a temperatura ótima para a assimilação também se torna ligeiramente mais alta. Portanto, as zonas muito ensolaradas são mais favoráveis do que as regiões frequentemente nubladas. A presença de muita luz modifica a relação folhagem/crescimento do tubérculo em favor do crescimento do tubérculo. Isso explica a razão porque é possível obter rendimentos muito altos em cultivos situados a grandes altitudes em regiões tropicais e subtropicais, onde a intensidade da luz é

elevada, mesmo com as temperaturas diurnas bastante altas, e com temperaturas baixas durante o período noturno (ZAAG, 1993).

No Brasil, temperaturas acima das ideais são frequentemente observadas durante o cultivo da batata nas safras das águas e da seca. Também é relativamente comum à ocorrência de temperaturas noturnas mais elevadas, o que aumenta a respiração com conseqüente redução na produção (PINTO, 1999).

As exigências climáticas da cultura são peculiares e precisas, ressaltando-se que o fator limitante é a temperatura elevada, especialmente a temperatura noturna, pois quando ela se mantém acima de 20°C durante 60 noites ou mais, não ocorre a tuberização (EWING, 1997). O plantio deve ser realizado preferencialmente no período de inverno e ou em regiões que apresentem alta altitude para compensar os efeitos causados por altas temperaturas.

O suprimento hídrico é um fator ambiental crítico para o crescimento e desenvolvimento da planta de batata, importante para o estabelecimento da cultura (MANTOVANI; SOUZA, 2011). O estresse hídrico promove o fechamento estomático, reduzindo a fotossíntese, e resultando na interrupção do fluxo de carboidratos que mantêm o crescimento dos tubérculos (MELLO *et al.*, 2008).

A batata produz bem na faixa de pH, em água entre 5,5 e 6,0, acima de disso, favorece a suscetibilidade da planta a certos patógenos do solo (TAVARES *et al.*, 2002).

O nitrogênio favorece o desenvolvimento geral e a formação de clorofilas. Teores elevados nos tecido radiculares resultam em alta relação ácido giberélico/ácido abscísico, que inibe ou retarda a iniciação dos tubérculos, favorecendo o desenvolvimento da parte aérea. Por sua vez, a interrupção do fornecimento de N produz um aumento no nível de ácido abscísico e diminuição no ácido giberélico, o que promove a distribuição para os tubérculos (MELLO *et al.*, 2008).

Níveis adequados de fósforo estimulam a tuberização, aceleram a maturação, aumentam a produção de tubérculos graúdos e regulam a produção (PREZOTTI *et al.*, 1986; MELLO *et al.*, 2008). O potássio é essencial à formação da fécula, melhorando a qualidade e conservação do tubérculo (MESQUITA *et al.*, 2011).

No processo de maturação, o conteúdo de massa seca dos tubérculos alcança o seu valor máximo, devido ao movimento dos carboidratos da parte aérea

para os tubérculos, e a planta entra então em processo de senescência. Neste momento, a fotossíntese diminui e as folhas amarelecem e caem (MELLO *et al.*, 2008).

2.3 BATATA NO BRASIL E NO MUNDO

De acordo com FAO (2013) a produção mundial de batatas em 2011 foi de 374,4 milhões de toneladas em uma área de aproximadamente 19,2 milhões de hectares, sendo que cinco países (China, Rússia, Índia, EUA e Ucrânia) concentram mais de 50% da produção global. O Brasil ocupa a décima nona colocação e responde por pouco mais de 1% da produção mundial, com 3,91 milhões de toneladas.

É um dos alimentos básicos da humanidade, pois 125 países cultivam e mais de um bilhão de pessoas consomem batata em todo o mundo. A maior parte da produção industrial é consumida nos países produtores, sendo o principal mercado voltado para batatas fritas congeladas. Os maiores exportadores são Holanda, Canadá e EUA (REVISTA CAMPO E NEGÓCIOS, 2010).

No panorama da olericultura nacional, a cultura da batata se destaca por sua importância socioeconômica, sendo praticada por um expressivo contingente de pequenos produtores. No quinquênio 2007-2011, enquanto a produção e a produtividade de batata aumentaram 11% e 12%, respectivamente, a área teve acréscimo de apenas 1%. A produção da batata no Brasil, em 2010, alcançou 3,6 milhões de toneladas em 137 mil hectares, com produtividade média de 25,9 t ha⁻¹, segundo IBGE (2011). Na safra 2012, a produção brasileira alcançou 3,5 milhões de toneladas, a área colhida foi de 130,4 mil ha e a produtividade 26,81 t ha⁻¹. A batata no Brasil é cultivada em aproximadamente 149 mil ha, sendo distribuída principalmente nos seguintes estados: Minas Gerais (28%), Paraná (21%), São Paulo (19%), Rio Grande do Sul (15%), Bahia (6%) e Goiás (5%) (IBGE, 2013).

No contexto da agricultura paranaense, a cultura da batata ocupa posição de destaque. As regiões mais importantes de cultivo estão localizadas na região de Curitiba, com destaque para os municípios de Araucária, Contenda, Lapa e São Mateus do Sul. Em seguida, destaca-se a região de Ponta Grossa com a característica de produzir batata para indústria, mediante contrato, sendo a variedade mais cultivada a Atlantic (QUEIROZ *et al.*, 2013).

O Paraná já foi considerado o maior produtor da batata do Brasil, particularmente nas regiões de Guarapuava, Região metropolitana de Curitiba e Castro. Porém, as mudanças mercadológicas e tecnológicas, atreladas à conjuntura econômica nacional, fizeram com que muitos produtores saíssem dessa atividade para outras de menor investimento. A região metropolitana de Curitiba era a responsável por grande parte da produção da chamada “batata comum”, de menor investimento, que estava na mão de agricultores familiares. Nessa região, a produtividade média está em torno de 22 t ha⁻¹ (MOREIRA, 2011).

Os fatores responsáveis por essas transformações recentes ocorridas na cadeia produtiva da batata estão relacionados à introdução de cultivares de alto potencial produtivo e com ciclo de maturidade precoce, novas tecnologias, melhoria na gestão das propriedades e à expansão da atividade em novas fronteiras de produção, notadamente na Chapada Diamantina, BA, e na região do Cerrado (GO e MG), no Brasil Central (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2008). Convém considerar também que a globalização da economia tem criado uma homogeneização do consumo de alguns produtos, que entre suas características combinem praticidade, qualidade e rapidez, sendo a batata um dos produtos mais aptos para esse fim (ANDREU, 2003).

O consumo per capita na França em 2007 foi de 30 kg de tubérculos adquiridos de forma in natura, além de 25 kg de produtos industrializados a base de batata (FAO, 2008), já no Brasil, segundo Bandinelli (2009), o consumo per capita varia de 10 a 15 kg por ano. No Brasil, existem dois mercados que absorvem a produção de batata. O primeiro representa a maior parte, sendo o de tubérculos destinados para o mercado fresco, conhecido como “batata de mesa”, que consome cerca de 90% do volume produzido. O segundo mercado é representado pela batata utilizada pela indústria, que é processada em diversos segmentos, como chips, batata palito, amido e fécula (REIS, 2008; PIMENTA *et al.*, 2011). No Brasil, a batata é comercializada principalmente in natura, e a quantidade destinada para processamento industrial é menor do que 10% (POPP, 2005).

O Brasil ainda depende de importação de parte da batata-semente, principalmente da Holanda, para atender aos mercados de tubérculos in natura; e dos EUA e Canadá, para atender a produção de tubérculos para a indústria de processamento (KOBELITZ, 2011). As principais cultivares de batatas utilizadas no

Brasil são a Asterix, Monalisa, Ágata, Atlantic, Cupido entre outras (SILVA *et al.*, 2009).

A maioria das cultivares de batatas plantadas no Brasil e do germoplasma disponível para melhoramento foi desenvolvida em regiões de clima temperado. Por isso, as condições de clima temperado de altitude do Sul do Brasil, com um cultivo anual no verão, são mais favoráveis e, portanto, possibilitam maior produção e qualidade dos tubérculos (EPAGRI, 2002).

2.4 PRODUÇÃO ORGÂNICA

A importância que a sustentabilidade vem tomando no desenvolvimento das diversas linhas de produção agrícola propõem alternativas de manejo ao modelo convencional, em busca de uma tecnologia que seja menos agressiva ao ambiente e ao homem. Os padrões tecnológicos, orgânico, natural, biológico e biodinâmico, entre outros, podem ser consideradas alternativas ao atual modelo de produção denominado convencional, e são partes essenciais de uma nova agricultura que busca a sustentabilidade (KHATOUNIAN, 2001).

Em função dessa situação, os agricultores necessitam converter suas áreas para sistemas alternativos de produção, com a eliminação gradativa de insumos químicos e agrotóxicos (DAROLT, 2002). Segundo Khatounian (1997), uma aproximação a esse ideal é a chamada produção orgânica.

A agricultura orgânica dispensa o uso de agrotóxicos e de alguns fertilizantes sintéticos, tendo, portanto, impacto benéfico sobre a saúde humana (PENTEADO, 2000). Além disso, pode contribuir para a melhoria da renda e propicia a criação de novos empregos.

De acordo com a Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Orgânica (IFOAM), citado por Willer (2010)¹, atualmente no mundo pouco mais de 35 milhões de hectares são manejados organicamente num total de 1,4 milhão de propriedades, o que representa cerca de 1% do total das terras agrícolas do mundo. A área de produção de orgânicos no mundo representa 0,81% das áreas com agricultura, mas na Europa e na América Latina esse percentual atinge 1,72% e

¹ Willer, Helga and Kilcher, Lukas, (Eds.) (2010) *The World of Organic Agriculture - Statistics and Emerging Trends 2010*. IFOAM, Bonn, and FiBL, Frick.

1,30%, respectivamente (MELÃO, 2010). Os países com a maior área em produção orgânica são, respectivamente, Austrália, Argentina, China, Estados Unidos e Brasil.

O continente que possui a maior área com orgânicos é a Oceania (35%), seguido da Europa (23%), América Latina (23%), Ásia (9%), América do Norte (7%) e África (3%). Alguns países da Europa como: Áustria (15,9%), Suíça (11,1%) e Suécia (10,8%), apresentam a maior área percentual de orgânicos em relação ao total da agropecuária. Os países com o maior número de produtores são: a Índia (340 mil), Uganda (180 mil) e México (130 mil), majoritariamente voltados à agricultura familiar (SALVADOR, 2011).

Em 2010 o país possuía 19 mil propriedades certificadas, localizadas principalmente nas regiões Sudeste e Sul, das quais 70 a 80% são baseadas na agricultura familiar e representaram 1% do PIB brasileiro em 2006 (MELÃO, 2010). Dedicavam-se, principalmente, à pecuária e criação de outros animais (41,7%), às lavouras temporárias (33,5%), à lavoura permanente (10,4%), à horticultura/floricultura (9,9%) e à produção florestal (3,8%). De acordo com o IBGE, os quatro principais Estados em número de estabelecimentos que fazem uso da agricultura orgânica no Brasil são respectivamente: Bahia (15.194), Minas Gerais (12.910), Rio Grande do Sul (8.532) e Paraná (7.527).

De acordo com o último levantamento de campo realizado por profissionais da SEAB/DERAL e EMATER, na safra (2008/2009), o Paraná produziu cerca de 138 mil toneladas de produtos orgânicos (SALVADOR, 2011). Deste total, aproximadamente 20% são de oleráceas (ASSIS *et al.*, 2007).

No Brasil, a Lei nº 10.831, de dezembro de 2003, regulamentada pelo decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007, dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências, estabelece a seguinte conceituação e definição oficial:

“Considera-se sistema orgânico agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso de recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo

de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2009)”.

A produção orgânica é uma excelente oportunidade de negócio e um grande desafio aos produtores, que pouco dispõem de informações relativas a cultivares e de controle de pragas e doenças (KHATOUNIAN, 2001). Segundo Nazareno (2005), o grande desafio para a pesquisa está em desenvolver e/ou adaptar tecnologias à produção da batata fazendo com que o produtor possa ter maior retorno econômico.

A participação das hortaliças no mercado brasileiro de orgânicos é ainda incipiente. A cultura da batata apresenta elevado potencial de impacto ao ambiente, em função do uso elevado de agroquímicos e do potencial erosivo marcante pela intensa movimentação de solo no plantio e na colheita. Agregando-se o fato de que é uma lavoura de elevado risco quanto à viabilidade econômica, pode-se concluir que o modo convencional de produção de batata tem apresentado um baixo grau de sustentabilidade (DAROLT *et al.*, 2008).

Convém destacar, também, que a produção de batatas-semente de origem orgânica ainda não existe no Brasil em escala comercial. Os genótipos utilizados ou são provenientes do sistema convencional ou são produzidos pelo próprio produtor rural, o que pode ser um entrave técnico para o futuro da bataticultura orgânica. Portanto, a produção de batata-semente orgânica pode ser considerada como uma boa oportunidade de mercado para a cadeia produtiva orgânica (DAROLT *et al.*, 2003).

Segundo Darolt *et al.* (2008), as áreas cultivadas com batata orgânica raramente ultrapassam dois hectares. Atualmente são poucas as informações relativas ao cultivo orgânico de batatas, como técnicas de manejo cultural e de controle de pragas e doenças. Diante disso, torna-se estratégica a introdução de tecnologias que promovam o aumento da produtividade, com foco na sustentabilidade dos sistemas agrícolas e coerentes com as questões ambientais e com a legislação brasileira de orgânicos. Rossi (2009) avaliou em sistema orgânico, cultivares nacionais e estrangeiras, desenvolvidas para o sistema convencional, quanto ao seu potencial produtivo e qualidade, e obteve alto potencial produtivo e aptidão para sistemas orgânicos de cultivo. Com destaque para Apuã, Monte Alegre 172, Itararé, e os clones avançados APTA 16.5, APTA 21.54 e Ibituaçú.

Diante disso, torna-se estratégica a introdução de tecnologias que promovam o aumento da produtividade, com foco na sustentabilidade dos sistemas agrícolas e coerentes com as questões ambientais.

2.5 BIOFERTILIZANTES

Na produção orgânica, a utilização de biofertilizantes é uma técnica difundida entre os agricultores (PICOLLI *et al.*, 2009) e regulamentada na Instrução Normativa 46, de 6 de outubro de 2011, na qual os biofertilizantes são definidos como sendo produtos que contém componentes ativos ou agentes biológicos, capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e, que sejam isentos de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos (MAPA, 2012). Da mesma maneira, os biofertilizantes são contemplados na legislação de fertilizantes (Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004), sendo o biofertilizante considerado produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante (MAPA, 2012).

Nos últimos anos, o sistema de cultivo orgânico teve um crescimento acelerado no Brasil. À razão do marcante crescimento foi condicionada à exigência da população por alimentos saudáveis, isto é, cada vez mais produzidos sem a utilização de fertilizantes minerais e tratados sem agrotóxicos (KISS, 2004).

Neste contexto, e na agricultura em geral, há a necessidade da utilização de produtos alternativos que estejam em conformidade com a legislação, como os biofertilizantes, os quais, de acordo com Bezerra *et al.* (2007) estimulam o crescimento das raízes e o desenvolvimento das plantas, uma vez que são considerados ativadores metabólicos. Segundo Santos e Akiba (1996), esses ativadores metabólicos são compostos de proteínas, enzimas, vitaminas, aminoácidos, fenóis, ésteres, inclusive de ação fito-hormonal, produzidos e liberados pelos microrganismos durante os processos fermentativos, atuando como estimuladores do crescimento vegetal (ALBUQUERQUE NETO; ALBUQUERQUE, 2008).

Segundo Magro (1994) biofertilizantes possuem compostos bioativos, resíduo final da fermentação de compostos orgânicos, contendo conteúdos celulares de microorganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e seus metabólitos.

Dentre os produtos com potencial efeito biofertilizante, estão também os obtidos de processos fermentativos a partir dos subprodutos das indústrias de processamento de vegetais, ou da cadeia produtiva de biocombustíveis. O aminoácido ácido L-glutâmico, obtido da fermentação do melado da cana de açúcar pela bactéria *Corynebacterium glutamicum* (DREYER *et al.*, 2000), se enquadra nessa classe. No metabolismo vegetal, o ácido L-glutâmico participa no processo de assimilação do nitrogênio, na fotossíntese, e na síntese e ativação da clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009).

De acordo com Grisa (2008), a composição bioquímica, relativa aos níveis de proteínas, prolina e açúcares solúveis em folhas de tomateiro foi alterada, aumentando em função do aumento das doses de biofertilizante aplicado ao longo do ciclo do tomateiro, cv. Saladete.

A produtividade de batata cv. Ana em função da aplicação foliar de diferentes doses do ácido L-glutâmico, foi observado por Röder *et al.*, 2011a, onde as soluções contendo 0,1 e 0,2 mL L⁻¹ apresentaram as maiores produtividades, com 21,44 e 19,66 t ha⁻¹, respectivamente.

Apesar de relatos dos benefícios do uso dos biofertilizantes na agricultura, especialmente no sistema orgânico, seu potencial merece ser melhor investigado.

2.6 INDICADORES BIOQUÍMICOS DO EFEITO BIOFERTILIZANTE DE FERMENTADO BACTERIANO CONTENDO ÁCIDO L- GLUTÂMICO

De acordo com a legislação, um biofertilizante é definido como sendo produto que contém um ou mais componentes ativos, capazes de atuar direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas (MAPA, 2012). Alterações bioquímicas nas plantas, em resposta a princípios ativos contidos em biofertilizantes, poderiam servir como indicadores da atuação desses compostos. O ácido L- glutâmico, ao ser absorvido pelas folhas e incorporado a rotas metabólicas, especialmente às relacionadas ao metabolismo do N, poderia promover alterações

da atividade da enzima nitrato redutase (EC 1.6.6.1), alterações dos teores dos aminoácidos, proteínas e de clorofila do tecido vegetal.

2.6.1 Aminoácidos, proteínas e ácido L-glutâmico

Os aminoácidos são as unidades estruturais básicas que compõem os peptídeos, proteínas, sendo também precursores de inúmeras substâncias reguladoras do metabolismo vegetal, como: hormônios, coenzimas, nucleotídeos, polímeros de parede celular, etc (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Eles são estruturalmente formados por um grupo carboxil e um grupo amino ligados a um átomo de carbono (carbono α). Eles diferem uns dos outros em suas cadeias laterais (grupos R), as quais variam em estrutura, tamanho e carga elétrica, influenciando a solubilidade do aminoácido em água. O carbono α liga-se, além dos grupos amino (NH_2), carboxil (COOH) e grupos R, a um átomo de hidrogênio, sendo assim considerado um centro quiral. Os aminoácidos em moléculas de proteínas são exclusivamente *L* isômeros (LEHNINGER, 2006).

Os aminoácidos figuram entre os componentes mais importantes do metabolismo dos organismos vivos, sendo sintetizados a partir de moléculas de glicose produzidas pelas plantas através da fotossíntese. Os vegetais são capazes de sintetizar todos os aminoácidos, tanto os protéicos quanto os não protéicos, utilizando como fonte o nitrogênio (função estrutural) na forma de amônio. O nome dos aminoácidos muitas vezes deriva das fontes da qual foram isolados primeiramente, nesse caso, o glutamato foi inicialmente encontrado no glúten do trigo (LEHNINGER, 2006).

A importância dos aminoácidos para as plantas está ligada aos metabolismos primário e secundário. O aminoácido ácido glutâmico desempenha papel fundamental na eficiência do metabolismo do nitrogênio, pois é o primeiro composto formado na assimilação desse elemento, formando as amidas glutamina e asparagina, e a partir dessas, o transporte para os diferentes órgãos da planta, e a síntese de clorofila e outros aminoácidos (Figura 2.4) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Todos os aminoácidos são derivados de intermediários da glicólise, do ciclo do ácido cítrico ou da via das pentoses fosfato (Figura 2.5). O nitrogênio entra nessas vias através do glutamato e da glutamina (LEHNINGER, 2006).

O nitrogênio reduzido é incorporado primeiro nos aminoácidos, e depois em uma variedade de outras biomoléculas, incluindo os nucleotídeos. O ponto chave de entrada é o glutamato. O glutamato e a glutamina são os doadores de nitrogênio em uma larga variedade de reações biossintéticas. Após assimilação em glutamina e glutamato, o nitrogênio é incorporado a outros aminoácidos por meio de reações de transaminação. Essas enzimas que catalisam tais reações são conhecidas como aminotransferases. As aminotransferases localizadas nos cloroplastos desempenham um importante papel na biossíntese dos aminoácidos. O esqueleto de carbono dos aminoácidos é derivado do 3-fosfoglicerato, do fosfoenolpiruvato ou do piruvato gerados durante a glicólise, ou ainda do α -cetoglutarato ou do oxaloacetato formados no ciclo do ácido cítrico (TAIZ; ZEIGER, 2009).

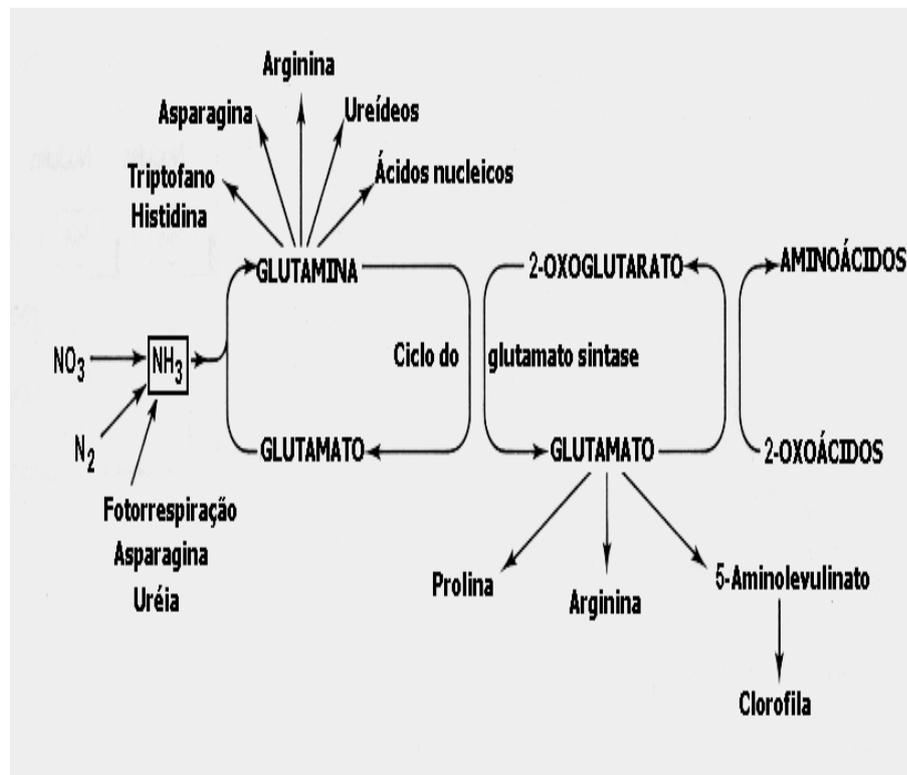


FIGURA 2.4 - Assimilação de NH_3 , formação de glutamato e glutamina, e biossíntese de aminoácidos (TAIZ e ZEIGER, 2009)

A glutamina sintetase, que catalisa a formação da glutamina a partir do glutamato, é uma importante enzima reguladora do metabolismo do nitrogênio. O glutamato é formado por aminação reductiva do α -cetoglutarato e serve como precursor da glutamina, prolina e arginina (Figura 2.6) (LEHNINGER, 2006).

A prolina é um derivado cíclico do glutamato. No citoplasma, a prolina (Pro) é formada através da reação entre a carboxila gama do glutamato e o ATP resultando num composto denominado glutamato-5-fosfato, que é reduzido por NADPH a glutamato-5-semialdeído (semialdeído glutâmico) que se torna cíclico espontaneamente formando o pirrolino- 5-carboxilato, este sofre uma redução final que resulta na formação da Pro (CÂMARA *et al.*, 2000).

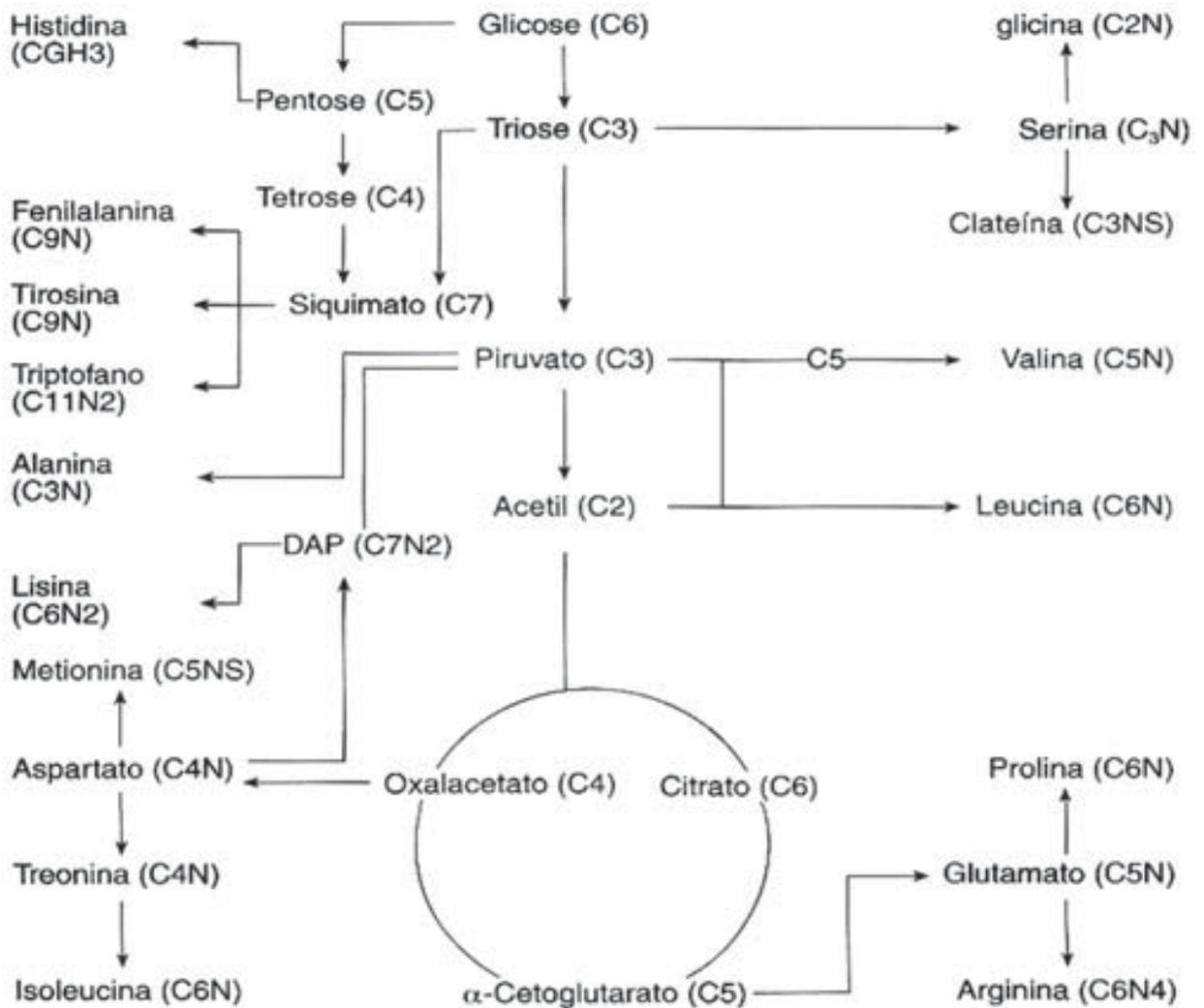


FIGURA 2.5 - Biossíntese de aminoácidos utilizando glicose como fonte principal de carbono (SATO, 2001)

A alanina e o aspartato são sintetizados do piruvato e do oxaloacetato, respectivamente, por transaminação desses ácidos com o glutamato. O aspartato por sua vez, dá origem a metionina, treonina e lisina (Figura 2.7) (LEHNINGER, 2006). A metionina é precursora do hormônio etileno, responsável pela maturação

dos frutos. De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o triptofânio, fornecido em pequenas quantidades, é precursor do hormônio de crescimento das plantas, a auxina ácido-indol-acético.

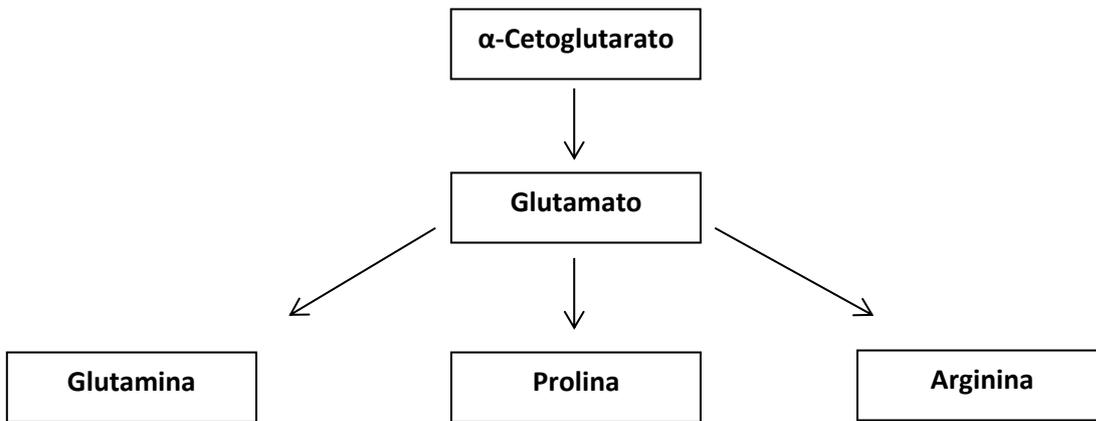


FIGURA 2.6 - Biossíntese de glutamina, prolina e arginina, tendo como precursor o glutamato derivado do α -cetoglutarato (LEHNINGER, 2006)

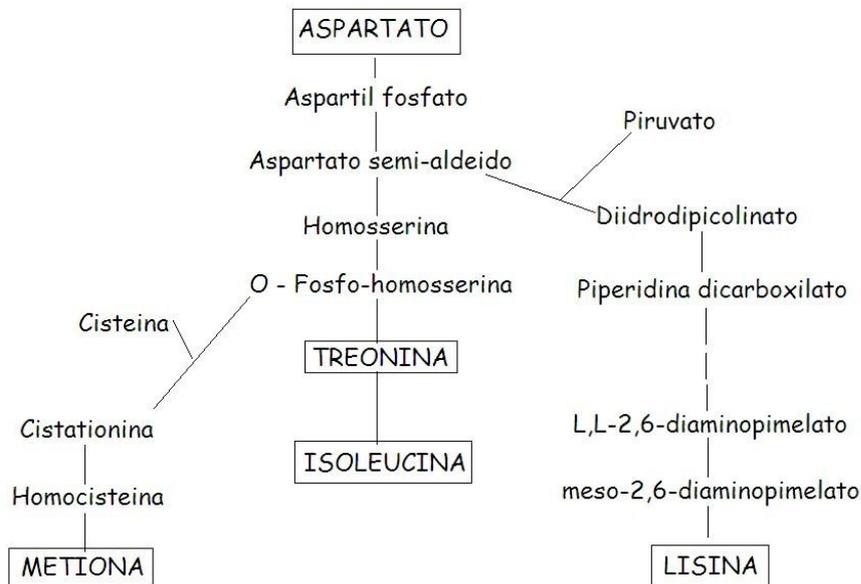


FIGURA 2.7 - Biossíntese de lisina, treonina, isoleucina e metionina (SODEK, 2008)

O aminoácido metionina, que é o precursor biológico do etileno em todas as plantas superiores, é convertido em etileno pela via de biossíntese que compreende dois passos com reações enzimáticas. Na primeira reação, o S-adenosil-metionina (SAM) é convertido em ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) pela ação da

enzima ACC sintetase (ACCS). O ACC é então metabolizado pela enzima ACCoxidase (ACCO), por uma reação de oxidação que necessita de O₂ e ferro, e que é ativada pelo CO₂ para produzir etileno. Outra importante reação é o chamado ciclo de Yang, que recupera o enxofre e ressintetiza o SAM. Em alguns casos, o etileno regula sua própria produção, induzindo a uma nova síntese de ACCS e ACCO. O ACC, precursor imediato do etileno, pode ser convertido ainda em malonil-ACC sob a ação da enzima Nmaloniltransferase (NMT) e então transportado nessa forma para os vacúolos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A produção de etileno aumenta durante a abscisão foliar, a senescência de flores e o amadurecimento de frutos climatéricos. Além disso, escuro, injúria mecânica, doenças e estresses fisiológicos (congelamento, alagamento, alta temperatura e estresse hídrico) induzem a síntese de etileno (SODEK, 2008).

O triptofano é precursor do hormônio de crescimento vegetal indol 3-acetato, ou auxina, substância que tem sido implicada na regulação de um número amplo de processos biológicos nas plantas. Das 4 rotas que ocorrem para biossíntese de AIA, a TAM (rota da triptamina) e a AIP (rota do ácido indol 3-pirúvico) são as mais comuns em plantas. A rota TAM inicia com a descarboxilação do triptofano para formar TAM (triptamina), e a sequência de reações enzimáticas converte TAM em indol-3-acetoaldeído (IAAal), o qual é oxidado a AIA por uma desidrogenase específica. A rota AIP, o triptofano é primeiro desaminado para formar AIP, o qual é descarboxilado para formar IAAal (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A ornitina não é encontrada nas proteínas, são intermediárias na biossíntese da arginina. A arginina é sintetizada do glutamato via ornitina. A ornitina também pode ser sintetizada a partir do glutamato γ -semi-aldeído por transaminação, mas a ciclização espontânea do semi-aldeído que ocorre na via da prolina impede um suprimento suficiente desse intermediário para a síntese de ornitina (LEHNINGER, 2006).

Diante do exposto, pode-se inferir que a aplicação e metabolização do ácido L- glutâmico pode favorecer o desenvolvimento da planta, influenciando diretamente as vias do metabolismo primário e secundário, como a fotossíntese e a respiração. No entanto, as respostas fisiológicas à aplicação do ácido L- glutâmico nas plantas são pouco discutidas na literatura.

Os L-aminoácidos apresentam um largo espectro de uso comercial como aditivos, suplementos alimentares, agentes terapêuticos e precursores para a síntese de peptídeos e agro-químicos (SHAM *et al.*, 1995).

O ácido L-glutâmico (AG) é fabricado industrialmente por processos fermentativos conduzidos nos modos batelada, batelada alimentada, batelada alimentada repetida ou contínua, utilizando diversos glicídeos ou matérias-primas ricas em glicose, frutose e sacarose (SATO, 2001). Resíduos e matérias-primas agroindustriais que contêm alto teor de carboidratos podem ser utilizados na obtenção de AG, como é o caso do melaço de cana-de-açúcar. O desenvolvimento de processos para a síntese de aminoácidos em escala industrial permite que sejam utilizados na agricultura.

Dentre os microrganismos empregados na produção de aminoácidos, têm sido mencionados como bons produtores espécies do gênero *Corynebacterium* (WADA *et al.*, 2002, HERMANN, 2003). No final de década de 1950, no Japão, foi selecionada uma bactéria que excretava grandes quantidades de ácido L-glutâmico no meio de cultura. Esta bactéria, *Corynebacterium glutamicum* é um pequeno bastonete gram-positivo, não esporulante, imóvel, capaz de crescer em meio simples. Sob condições ótimas, este organismo converte cerca de 100 g L⁻¹ de glicose em 50 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico em poucos dias (2-4 dias) (SAHM *et al.*, 1995).

Os aminoácidos são considerados aditivos pelo MAPA e têm seu uso aprovado em fertilizantes, em geral como estabilizantes da formulação, ou agentes quelantes/ complexantes, regulamentado pelo Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, e definida no Anexo III, Capítulo VI, da Instrução Normativa nº 10, de 28 de outubro de 2004 (BRASIL, 2004).

Segundo Castro *et al.* (2008), a utilização de aminoácidos na agricultura tem sido praticada por várias décadas, no Brasil e no mundo, em diversas culturas. O número de empresas ofertando no comércio uma ampla gama de produtos à base de aminoácidos vem aumentando consideravelmente.

Embora seja fato que todas as plantas produzem seus próprios aminoácidos (LEHNINGER, 2006), alguns trabalhos têm demonstrado que o fornecimento exógeno de aminoácidos, pode trazer efeitos benéficos, como ganhos significativos em vários processos do desenvolvimento dos vegetais. O uso destes produtos em pulverizações foliares está se tornando cada vez mais frequente, embora haja

controvérsias quanto à absorção pelas plantas, pois os resultados apresentados na literatura científica existente não são consistentes, talvez em função do reduzido número de trabalhos publicados. Taiz e Zeiger (2009) relatam que os aminoácidos podem ser transportado através da membrana plasmática da célula por meio de transportadores tipo simporte, penetrando na célula paralelamente à entrada de H^+ .

Para Brandão (2007), a utilização de aminoácidos vem aumentando na agricultura brasileira e em outros países devido aos benefícios proporcionados às plantas. A sua aplicação nas diversas culturas não tem o objetivo de suprir a necessidade de aminoácidos para a realização de síntese protéica, mas sim ativar o metabolismo fisiológico das plantas (FLOSS; FLOSS, 2007). O aminoácido ácido L-glutâmico, por exemplo, desempenha papel fundamental na eficiência do metabolismo do nitrogênio, pois é o primeiro composto formado na assimilação desse elemento, formando as amidas glutamina e asparagina, e a partir desses, o transporte para os diferentes órgãos da planta e a síntese de clorofila e outros aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Mógor *et al.* (2008), trabalhando com soluções contendo extrato de alga e ácido L-glutâmico observaram maior crescimento inicial das plantas de feijão, e que a solução contendo 30 g L^{-1} de extrato de alga e 100 g L^{-1} de Ca^{+2} na forma de $CaCl_2$, e a solução contendo 15 g L^{-1} de ácido L-glutâmico associado a 15 g L^{-1} de extrato de alga e 100 g L^{-1} de Ca^{+2} na forma de $CaCl_2$, apresentaram efeito bioestimulante e promoveram a maior produção de grãos.

Kikuti e Tanaka (2005) avaliaram a aplicação de aminoácidos em sementes de feijão e concluíram que na aplicação de aminoácidos não ocorreu efeito positivo no vigor de sementes, porém ocasionou melhor qualidade das sementes avaliadas em teste de germinação, proporcionando aumento do poder germinativo das sementes em torno de 11,7%.

Os resultados obtidos por Albuquerque e Dantas (2002), com aplicação de aminoácidos sobre uvas na cultivar Benitaka, promoveu coloração mais intensa, além de ter diminuído o teor de ácidos, conseqüentemente resultou em uvas de melhor sabor, mais adocicadas com relação de sólidos solúveis e acidez mais equilibrada.

Moco e Lima Filho (2004), em estudos com utilização de aminoácidos em manga constataram que a aplicação de aminoácidos promoveu alongamento das panículas, e maior tendência do número de frutos fixados pela planta quando

aplicado 30 dias antes da colheita em relação à testemunha, pois não apresentou diferença significativa.

Na cultura da batata cv. Ana a aplicação do ácido L- glutâmico promoveu incremento na produção total em relação à testemunha, sendo a dose de 0,1 mL L⁻¹ a que expressou maior produtividade (RÖDER *et al.*, 2011a). Para a cultura do tomate Röder *et al.* (2011b) verificaram que a produtividade também foi alterada com aplicação de fermentado bacteriano contendo 30% ácido L-glutâmico, sendo a dose de 0,2mL L⁻¹ a que mais contribuiu para a aumentar a produtividade. Olinick *et al.* (2011) constatou maior desenvolvimento de mudas de repolho como efeito da aplicação do mesmo fermentado contendo 30% ácido L-glutâmico.

Alterações nos teores de aminoácidos e proteínas no tecido vegetal em função da aplicação do ácido L - glutâmico, poderiam ser indicadores da bioatividade deste aminoácido.

2.6.2 Enzima nitrato redutase (E.C. 1.6.6.1)

Durante o estágio de crescimento vegetativo, as plantas apresentam alta demanda por nitrogênio (N), e cerca de 50 a 70% do nitrogênio total das folhas é integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos. Sendo este nutriente usado para síntese de clorofilas, aminoácidos, proteínas, vitaminas, enzimas, fitocromos, ácidos nucleicos e hormônios. Argenta *et al.* (2001) e Andreeva *et al.* (1998) afirmam que o desenvolvimento e o funcionamento do sistema fotossintético das plantas é dependente da assimilação de nitrogênio, o que é feito à custa de um consumo energético, comparável ao gasto na redução do carbono.

Na assimilação do nitrato (NO₃⁻), o nitrogênio do NO₃⁻ é convertido em uma forma mais energética, o nitrito (NO₂⁻), reação catalisada pela enzima nitrato redutase (NO₃⁻ + NAD(P)H + H⁺ + 2e⁻ → NO₂⁻ + NAD(P)⁺ + H₂O) e então, em uma forma ainda mais energética, o amônio (NH₄⁺), pela enzima nitrito redutase (NO₂⁻ + 6Fd(Fe⁺²) + 8H⁺ → NH₄⁺ + 6 FD (Fe⁺³) + 2H₂O). Este é rapidamente assimilado na forma orgânica pela enzima sintetase da glutamina (GS), que catalisa a reação do NH₄⁺ com o aminoácido ácido L-glutâmico, para formar a amida glutamina (Figura 2.8). Esse processo consome o equivalente a 12 ATPs para cada nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2009).

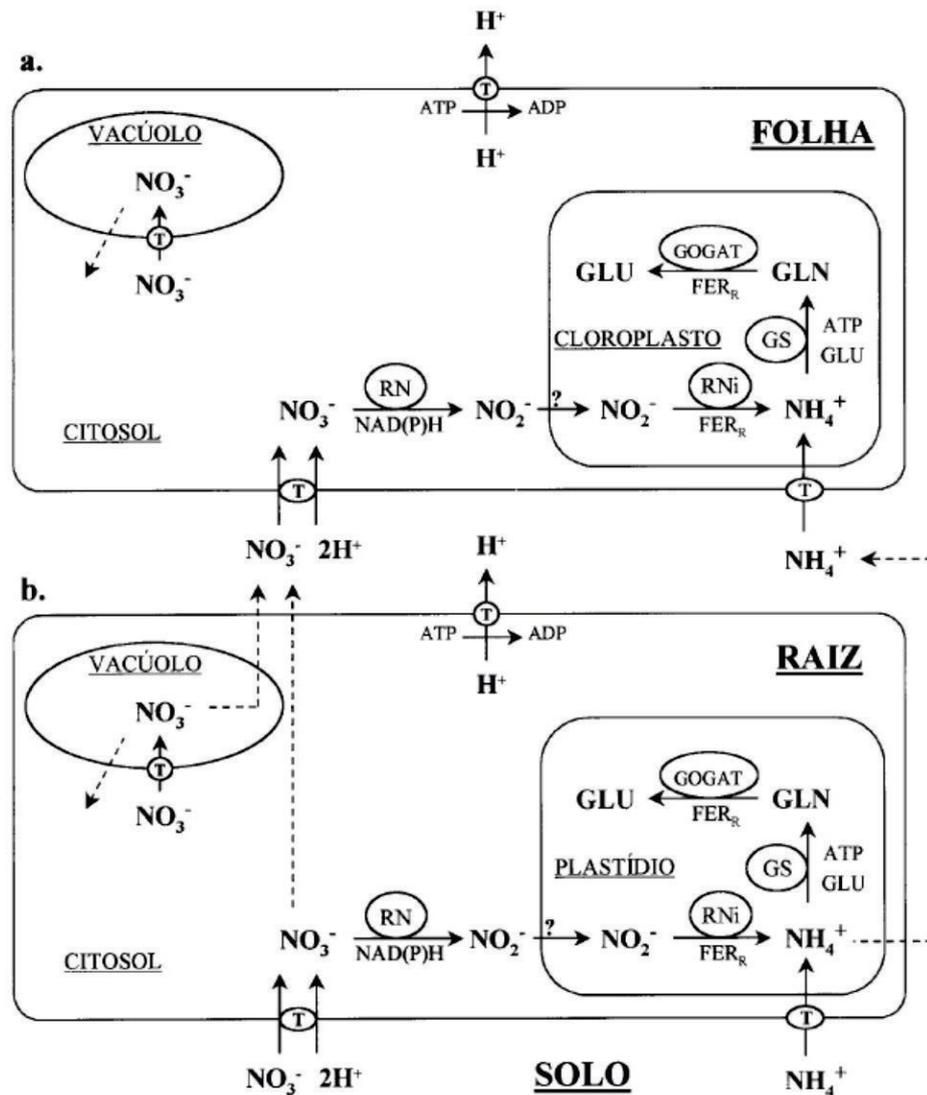


FIGURA 2.8 - Possíveis rotas de assimilação do N nas raízes e folhas de plantas. NO_3^- : nitrato; NO_2^- : nitrito; NH_4^+ : amônio; GLN: glutamina; GLU: glutamato; NR: nitrato redutase; NiR: nitrito redutase; GS: glutamina sintetase; GOGAT: glutamato sintetase; T: transportador (BREDEMEIE; MUNDSTOCK, 2000)

A atividade da nitrato redutase (RN) está localizada no citoplasma, enquanto a redutase do nitrito (RNi) localiza-se no cloroplasto (tecidos verdes) ou plastídeos (tecidos não-verdes). No caso do cloroplasto, o transporte de elétrons fotossintéticos, dirigido pela luz, fornece os elétrons necessários para a redução do NO_2^- por meio da ferredoxina reduzida (Figura 2.8). Já no caso dos plastídeos das raízes, a ferredoxina reduzida deriva do NADPH gerado pela via da oxidação da pentose fosfato nos tecidos não-clorofilados (TAIZ; ZEIGER, 2009). A estrutura molecular da RN é bastante complexa, sendo a enzima constituída de duas

subunidades idênticas de 110 a 115 kDa de massa molecular, onde cada subunidade é composta de regiões distintas, envolvidas na transferência do NADH até o NO_3^- . Já a RNi é formada de uma sub-unidade de 60-64 kDa de massa molecular (SODEK, 2008).

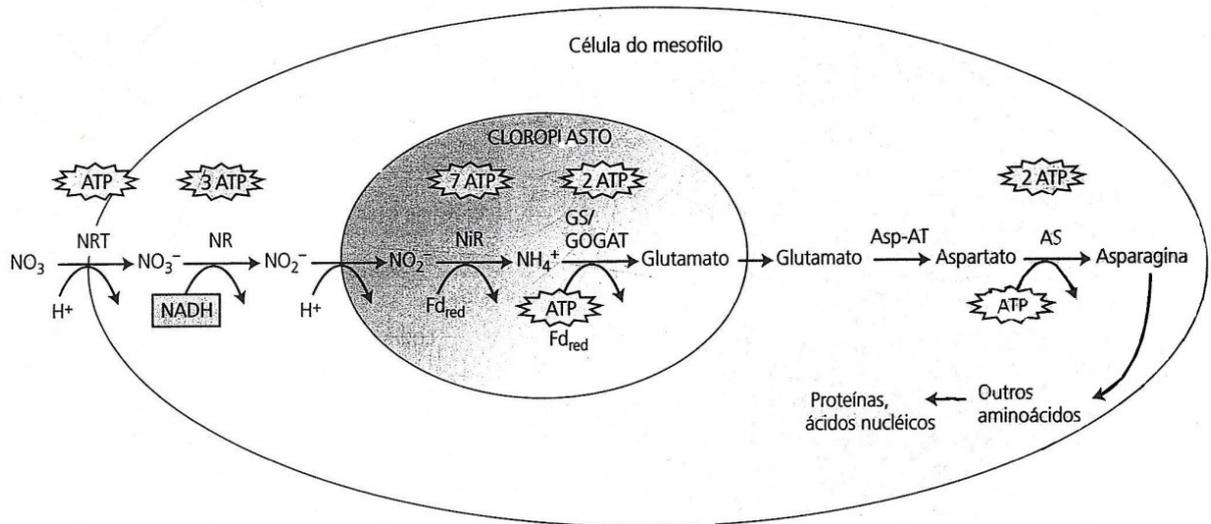


FIGURA 2.9 - Resumo dos processos envolvidos na assimilação do nitrogênio mineral na folha (TAIZ; ZEIGER, 2009)

NR é considerada uma enzima adaptável devido ao fato de sua atividade ser induzível por NO_3^- em plantas, isto significa que a presença de NO_3^- no sistema causa a produção de mais enzima (SANTOS, 2007), e, também, por molibdênio (Mo) em tecido de plantas deficientes desse nutriente. Mo está envolvido no processo de indução de NR e não se limita a ativar uma enzima pré-existente (YU *et al.*, 1999). A Figura 2.9 esquematiza o processo de absorção e assimilação de N pelas plantas superiores.

De acordo com Tischner (2000), a RN é encontrada normalmente no citosol, porém há evidências de que também esteja presente na superfície externa da membrana plasmática. Segundo esse mesmo autor, sua atividade é regulada por vários sinais internos e externos, como luz, ATP e NADPH, sendo estes dois últimos produzidos durante o processo fotossintético, teor de nitrato, metabólitos de C e N (sacarose e Gln, respectivamente) (SIVASANKAR; OAKS, 1996). Para demonstrar a relação entre a luz e o metabolismo de C e do N, Kaiser e Huber (2001) mostraram que a fotossíntese foi requerida para a atividade da NR, uma vez que mesmo sob alta intensidade luminosa, NR tornou-se inativa quando o CO_2 estava ausente.

Segundo Carelli *et al.* (1996), a capacidade fotossintética das plantas é dependente do suprimento de nitrogênio. Uma considerável fração desse elemento encontra-se nas folhas, alocado nas proteínas envolvidas no processo fotossintético. Em adição, a fotossíntese depende de vários compostos nitrogenados, como enzimas e pigmentos fotossintéticos, para a produção dos compostos de carbono que compõem a parte aérea. Por essa razão, a capacidade fotossintética das plantas e o metabolismo do nitrogênio estão diretamente interligados.

Segundo Redinbaugh & Campbell (1991), a RN é uma enzima induzida, caracteristicamente, pelo seu substrato. Portanto, sua atividade reflete a concentração de nitrato (NO_3^-) e de nitrito (NO_2^-) no solo e nos tecidos vegetais, respectivamente.

Segundo Carelli *et al.* (1996) o metabolismo do nitrogênio e do carbono é interdependente, pois a energia necessária para a assimilação do nitrogênio deriva direta ou indiretamente da fotossíntese, ao passo que esta depende do suprimento de nitrogênio.

A amônia presente na planta pode ser oriunda de vários processos: absorção de NH_4^+ pelas raízes; redução de NO_3^- ; processo fotorrespiratório; metabolismo de proteínas e subsequente desaminação (LEA; BLACKWELL, 1993). As células vegetais evitam a toxicidade do amônio pela rápida conversão do amônio, gerado pela assimilação do nitrato ou da fotorrespiração, em aminoácidos. A principal rota para essa conversão envolve as ações sequenciais da glutamina sintetase (GS) e da glutamato sintetase (GOGAT) (TAIZ; ZEIGER, 2009). Primeiramente, a GS combina o amônio com o glutamato para formar glutamina. Essa reação consome 1 ATP e envolve um cátio bivalente, como o Mg^{2+} , Mn^{2+} ou o Co^{2+} como um co-fator. O glutamato é produzido pela ação da enzima GOGAT. Essa enzima catalisa a aminação redutiva do α -cetoglutarato, um intermediário do ciclo do ácido cítrico, empregando glutamina como doadora de nitrogênio. O glutamato também pode ser formado por outra via, embora menor, onde a reação entre o α -cetoglutarato e NH_4^+ para formar glutamato em uma única etapa pela ação da L-glutamato desidrogenase (LEHNINGER, 2006).

O ácido L-glutâmico produzido na reação é prontamente utilizado na formação de todos os outros aminoácidos, ou pode retornar para assegurar a continuação da atividade da GS (MARSCHNER, 1995; LEA; BLACKWELL, 1993; SODEK, 2008). A síntese de muitos aminoácidos se completa no cloroplasto,

embora possa ocorrer fora dessa organela. O sistema GS/GOGAT tem duas finalidades principais nos tecidos de assimilação primária: fornecer o N para a formação de todos os aminoácidos necessários para a síntese de proteínas no próprio tecido, suprindo assim a demanda local, e a produção de glutamato e aspartato para a formação das amidas necessárias para o transporte de N até outros tecidos (drenos) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O uso de fertilização direta nas plantas, com aminoácidos livres, evita a transformação química do nitrogênio nítrico e amoniacal, em aminoácidos, havendo rápida incorporação ao metabolismo como se fossem sintetizados pela planta, contribuindo para o processo de desenvolvimento e crescimento (RAVEN *et al.*, 2001), com uma redução no gasto energético pela planta.

A nitrato redutase é determinada segundo JAWORSKI (1971). Alteração da atividade dessa enzima, em função da aplicação de um fermentado bacteriano contendo ácido L-glutâmico, poderia ser indicador da bioatividade deste composto.

2.6.3 Clorofilas

Os cloroplastos pertencem a um grupo de organelas envolvido por dupla membrana, denominadas plastídios. As membranas dos cloroplastos são ricas em glicosilglicerídeos, contêm os pigmentos fotossintéticos e constituem o sítio da fotossíntese. Os cloroplastos são envoltos por duas membranas, uma externa e outra interna. Internamente são ocupados por uma substância amorfa, o estroma, no qual pode-se encontrar grãos de amido. Contém, também, DNA e RNA e são capazes de sintetizar proteínas. Além disso, verifica-se a presença de um complexo sistema de membranas que constituem sacos achatados e unidos entre si, os tilacóides, e no seu interior é que se encontram as clorofilas (Figura 2.10) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os pigmentos encontrados em plantas são a clorofila *a*, clorofila *b* e os carotenóides. A clorofila *a* é a principal responsável pela coloração verde das plantas e pela realização da fotossíntese, onde os elétrons oriundos da separação dos átomos da água são transferidos para a cadeia transportadora de elétrons da fotossíntese, que será utilizada no metabolismo. Esse processo ocorre no estroma dos cloroplastos, região aquosa que circunda os tilacóides (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e,

consequentemente com seu crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes (ENGEL; POGGIANI, 1991).

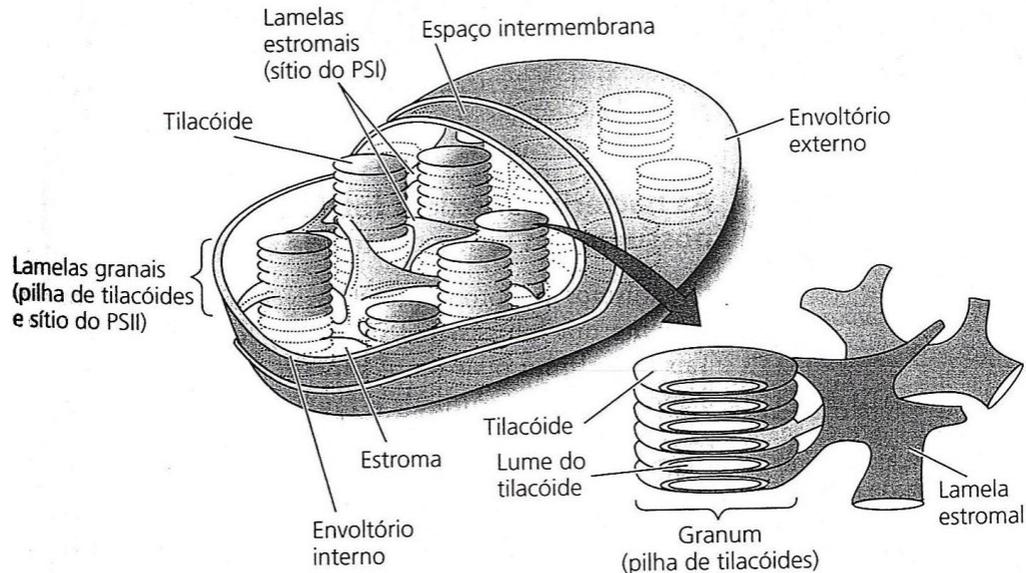


FIGURA 2.10 - Desenho esquemático da organização geral das membranas no cloroplasto (TAIZ; ZEIGER, 2009)

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes nas plantas, comuns em todas as células fotossintéticas (STREIT *et al.*, 2005), a Chl a, a mais abundante e a mais importante dessa família corresponde a aproximadamente 75% dos pigmentos verdes encontrados nos vegetais (GROSS, 1991).

Além da clorofila a, os carotenoides e as clorofilas b são pigmentos acessórios que absorvem luz em comprimentos de onda diferentes da clorofila a (KLUGE, 2004), os carotenoides também ajudam a proteger o organismo de danos causados pela luz. Os plastídios que contêm maiores concentrações de pigmentos carotenoides que de clorofila denomina-se cromoplastos, responsáveis pelas cores amarela, laranja ou vermelha. Os plastídios sem pigmentos são os leucoplastos, e o tipo mais importante é o amiloplasto, um plastídio de reserva de amido. Os amiloplastos podem ser convertidos em cloroplastos, o que explica a coloração verde das raízes expostas à luz.

A síntese de muitos aminoácidos se completa no cloroplasto, embora a interconversão e síntese de aminoácidos também ocorra fora dessa organela

(SODEK, 2008). A ligação do aminoácido ao tRNA realiza-se no citosol, já a síntese de proteínas ocorre no ribossomo (LEHNINGUER, 2006).

As clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, tendo como átomo central o magnésio (Figura 2.11). Esse composto é uma estrutura macrocíclica assimétrica totalmente insaturada constituída por quatro anéis de pirrol (TAIZ; ZEIGER, 2009).

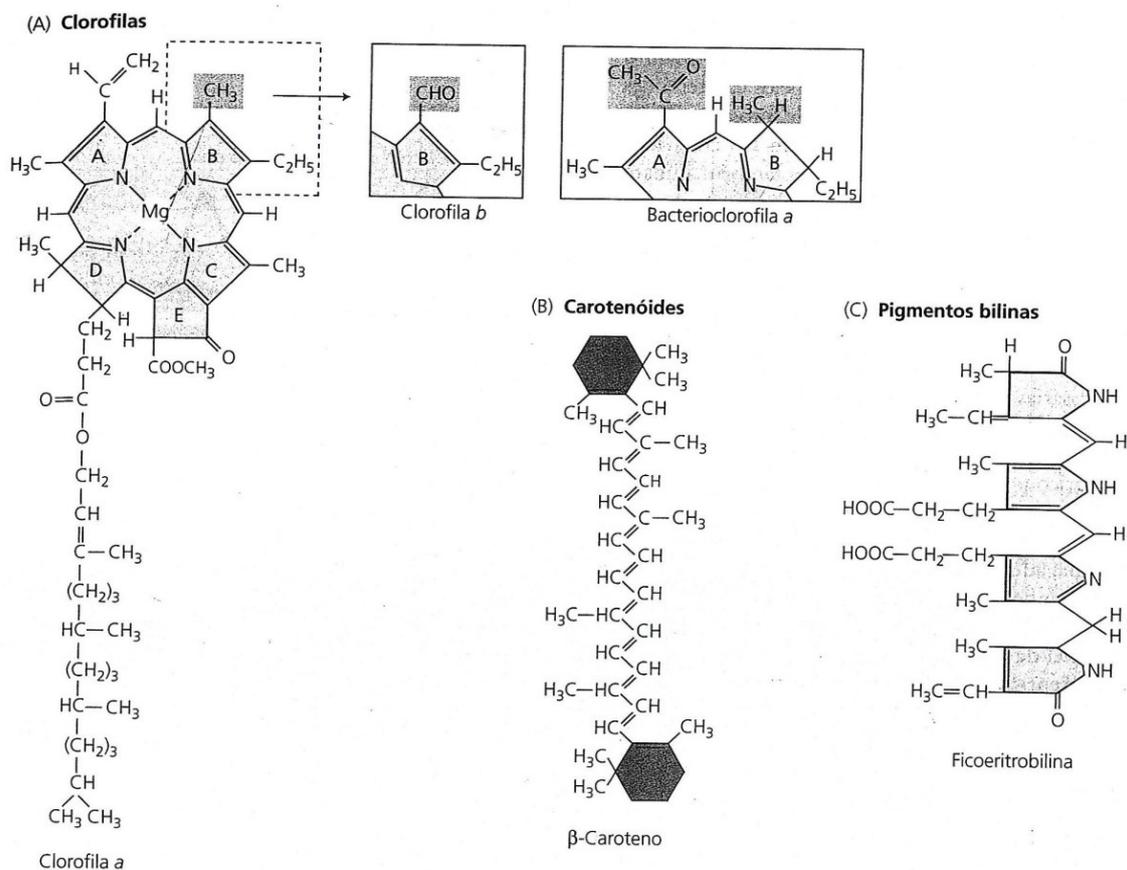


FIGURA 2.11 - Estrutura molecular de alguns pigmentos fotossintéticos (TAIZ; ZEIGER, 2009)

As ligações entre as moléculas de clorofilas são muito frágeis e rompe-se com facilidade ao macerar o tecido em solventes orgânicos. Com isso, os solventes polares como a acetona, o metanol, o etanol, o acetato de etila, a piridina e a dimetilformamida são os mais eficazes para a extração completa das clorofilas (STREIT *et al*, 2005).

A determinação da concentração de clorofila é utilizada para prever o nível nutricional de nitrogênio (N) em plantas, devido ao fato de a quantidade desse

pigmento correlacionar-se positivamente com teor de N na planta (BOOIJ *et al.*, 2000; GUIMARÃES *et al.*, 1999; GIANQUINTO *et al.*, 2003; GIL *et al.*, 2002), pois 50 a 70% do nitrogênio total das folhas é integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (ARGENTA *et al.*, 2001), o que auxilia na identificação da capacidade competitiva das plantas (FLECK *et al.*, 2003).

No metabolismo vegetal, o ácido L-glutâmico endógeno é precursor da síntese de clorofila nas folhas em desenvolvimento (YARONSKAYA *et al.*, 2006). Beale *et al.* (1975), em seu trabalho utilizando carbono marcado, comprovaram a absorção foliar do ácido L-glutâmico e sua atuação no metabolismo das plantas, ao ser incorporado ao ácido aminolevulinico (ALA), na biossíntese de clorofila.

O trabalho de Röder *et al.* (2011c), também comprova a absorção do ácido L-glutâmico, ao trabalharem com aplicação foliar de solução contendo 30% ácido L-glutâmico em plantas de beterraba, obtiveram teores mais elevados de clorofila nas concentrações de 0,2 e 0,4 mL L⁻¹.

2.7 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

A produtividade de uma cultura depende de uma série de interações complexas entre plantas individuais, comunidades de plantas e o meio ambiente (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004). Essas relações, somadas ao potencial genético, manifestam-se por meio de processos fisiológicos (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004, 2005). De acordo com Lima *et al.* (2007), para se compreender alguns aspectos da natureza dos controles intrínsecos de cada material, é necessário o estabelecimento de índices mais detalhados encontrados por meio da análise quantitativa do crescimento.

A análise de crescimento de plantas baseia-se no fato de que cerca de 90% em média da massa seca acumulada pelas plantas ao longo do seu desenvolvimento, resulta da atividade fotossintética e o restante, da absorção de nutrientes minerais (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Do ponto de vista agrônomo, a análise de crescimento pode ser útil no estudo do desempenho vegetal sob diferentes condições ambientais, de forma a selecionar material genético que apresentem características desejáveis e assim avaliar respostas dos mesmos ao ambiente de cultivo. Dessa forma, é possível avaliar o crescimento final da planta como um todo

e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total (FELTRIM *et al.*, 2008; BENINCASA, 2003; BARCELOS *et al.*, 2007).

Segundo Fontes *et al.* (2005), a medida sequencial do acúmulo de massa seca, considerando-se o peso das partes secas da planta (folhas, caules, flores, frutos e outros), é o fundamento da análise de crescimento.

Em geral, dentro da tendência de crescimento das plantas, ocorre primeiro o crescimento vegetativo, a partir do qual se forma o aparato fotossintético, em seguida, ocorre à fase reprodutiva, seguida da senescência. Dependendo do estágio de desenvolvimento, a massa seca acumulada é distribuída de forma diferente em cada um dos órgãos da planta (CHIRINOS-TORRES *et al.*, 1999).

O acúmulo de massa seca e sua distribuição na planta são processos importantes na definição da produtividade de uma cultura (TEKALIGN; HAMMES, 2005; SILVA *et al.*, 2009). Além disso, na ausência de uma curva de absorção de nutrientes, a produção de MS também pode indicar uma boa aproximação do acúmulo de nutrientes. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes e minerais na massa seca, havendo diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas dependem da produtividade (SOUZA; COELHO, 2001).

Portanto, a análise de crescimento e o estudo da partição da massa seca entre os órgãos da planta geram conhecimentos que podem facilitar a tomada de decisões relativas ao manejo da cultura (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; TEKALIGN; HAMMES, 2005; POHL *et al.*, 2009).

Por sua vez, esse acúmulo de matéria seca pode ser estudado, segundo Benincasa (2003) por medidas lineares (altura de planta, comprimento e diâmetro do caule, comprimento e largura de folha, comprimento de raiz); medidas de superfície (principalmente pela medição da superfície da lâmina foliar) e não lineares (taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) taxa de crescimento da cultura (TCC), e a razão de área foliar (RAF), razão de peso de folha (RPF), área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF). Para tanto, são utilizadas as seguintes relações:

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)

Calcula-se a relação da área foliar total da planta (m^2), por unidade de terreno (m^2) disponível para a planta:

$IAF = AF/S$. Em que: AF = área foliar total e S = superfície do solo

TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO (TCR)

A TCR ($\text{g g}^{-1} \text{t}^{-1}$) expressa o incremento na massa seca, por unidade de massa inicial, em um intervalo de tempo. Para valores médios, usa-se:

$$\text{TCR} = (\text{Ln } W_2 - \text{Ln } W_1) / (t_2 - t_1). \text{ Em que: Ln} = \text{logaritmo neperiano}$$

TAXA ASSIMILATÓRIA LÍQUIDA (TAL)

A TAL ($\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$) representa a taxa de incremento da matéria seca por unidade de área foliar existente na planta, assumindo que tanto AF como W, aumentam exponencialmente. Para valores médios, usa-se:

$$\text{TAL} = [(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)] \times [(\text{Ln } AF_2 - \text{Ln } AF_1) / (AF_2 - AF_1)]$$

No entanto, devido ao fato deste procedimento ser destrutivo, as plantas tomadas como amostra, a cada período de tempo, devem representar a população em estudo, a fim de que as técnicas estatísticas apropriadas possam ser utilizadas (BENINCASA, 2003).

A batata é uma planta de crescimento rápido, com grande exigência de nutrientes num curto período de ciclo vegetativo, e altamente responsiva às alterações ambientais especialmente relativos à fertilidade (BREGAGNOLI *et al.*, 2004). E o nitrogênio destaca-se dentre os nutrientes necessário ao crescimento e ao desenvolvimento, por afetar positivamente seu crescimento vegetativo (COELHO *et al.*, 2012). A batateira extrai grande quantidade de N do solo, variando de 64 a 112 kg ha^{-1} (BRAUN *et al.*, 2011), e os aminoácidos representam cerca de 2% do conteúdo de N total em folhas de batata (KOCH *et al.*, 2003).

O nitrogênio (N) é um dos componentes dos aminoácidos, proteínas, moléculas de clorofila e ácidos nucléicos que constituem os cromossomos. Assim, o conteúdo de proteína das plantas está diretamente relacionado com a concentração de N nos tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2009) que influencia o desenvolvimento e o crescimento das plantas. No caso da batata, para se maximizar a produtividade de tubérculos deve se induzir a planta a acumular amido na parte aérea e em seguida transferi-lo aos tubérculos.

A análise de crescimento da batateira tem sido utilizada por diversos autores (FERNANDES *et al.*, 2010; AGUIAR NETO *et al.*, 2000; FAVORETTO, 2005; BARCELOS *et al.*, 2007). No entanto, não foram encontrado relatos do crescimento da batata em função da aplicação de aminoácidos.

2.8 CULTIVAR CRISTAL

“Cristal” foi desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, e lançada oficialmente em 1996. Foi selecionada com base no rendimento, resistência a requeima (*Phytophthora infestans*) e pinta preta (*Alternaria solani*), e qualidade de fritura. A cultivar Cristal apresenta bom nível de resistência ao vírus do enrolamento da folha da batata (PLRV), tolerância moderada à seca e resistência a distúrbios fisiológicos, e moderadamente suscetíveis ao esverdeamento (PEREIRA *et al.*, 2005).

Possuem crescimento vigoroso e hábito de crescimento ereto; folhagem fechada; hastes com pigmentação débil e asas retas; folhas com inserção obtusa; folíolos de tamanho e largura médios, com fraca ondulação das bordas e média frequência de folíolos secundários. Inflorescência com pedúnculos de comprimento médio a longo; corola de coloração branca na parte interna e sem pigmentação na parte externa. Tubérculos com formato oval-alongado; película amarela, um pouco áspera; olhos rasos; polpa amarela intensa; broto cilíndrico largo com ápice medianamente fechado, base com pouca pubescência e coloração vermelho púrpura com intensidade de médio a forte; primórdios radiculares com intensidade baixa a média e brotação lateral curta; dormência média, com dominância apical (EMBRAPA, 2008).

Possui boa produtividade, com níveis moderados de adubação. Destina-se ao consumo de mesa, com conteúdo médio de massa seca e relativamente baixo de açúcares redutores, tendo aptidão à fritura na forma de palito e ao cozimento para elaboração de salada e outros pratos. Apresenta ciclo de 100 – 110 dias (PEREIRA *et al.*, 2005).

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes laminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 901-907, 2000.

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; DANTAS, B. F. Efeito da aplicação foliar de aminoácidos na qualidade das uvas Benitaka. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA

SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro: **SBCS e SBM**, 98p.

ALBUQUERQUE NETO, N.A.A.R.de; ALBUQUERQUE, T.C.S. de. Cultivo da couve em substrato fertirrigado com aplicações de organominerais. In: **FERTBIO: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, Londrina, PR, 28, 2008.

ANDREU, M.A. Industrialização e melhoramento genético da batata. Desafios para um futuro próximo. **Batata Show**, n.8, p.22, 2003.

ANDREEVA, T.F.; MAEVSKAYA, S.N.; VOEWDSKAYA, S.Y.U. The relationship between photosynthesis and nitrogen assimilation in mustard plants exposed to elevated nitrate rates in nutrientsolution. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.45, p.702-705, 1998.

ARGENTA, G.;SOLVA, P.R.F.; BORTOLINE, C.G. Teor de Clorofila na folha como indicador de nível N em cereais. **Ciência Rural**, v31, p.1715-722, 2001.

ASSIS, O.; CIDADE JUNIOR, H.A.; HAMERSCHMIDT, I.; POPIA, A.F.; TOLEDO, M.V. **Manual de Olericultura Orgânica**. Curitiba. EMATER SEAB. 2007.128p.

BARCELOS, D. M.; GARCIA, A.; MACIEL JUNIOR, V. A. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um Latossolo vermelho amarelo. **Ciência & Agrotecnologia**, v.31, p. 21-27, 2007.

BANDINELLI, M.G. **Micropropagação e miniestaquia na propagação de batata**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Santa Maria: UFSM, 2009. 59p.

BARKER, A. **Manual prático da batata**. Lisboa: Ed. Estampa, 2002, 256p.

BEALE, S.; GOUGH, S.P.; GRANICK, S. Biosynthesis of delta-aminolevulinic acid from the intact carbon skeleton of glutamic acid in Greening Barley. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.72, p.2719-2723, 1975.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BEZERRA, P.S.G.; GRANGEIRO, L.G.; NEGREIROS, M.Z. DE, MEDEIROS, J.F. de. 2007. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. **Científica**, v.35, p.46 – 50.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J.L. e AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (Eds.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands, 2000. p.72-82.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRANDÃO, R.P. Importância dos Aminoácidos na agricultura sustentável. **Informativo BioSoja**, São Joaquim da Barra, inf.5, p.6-8, 2007.

BRASIL. Decreto nº. 4.954, de 14 de Janeiro de 2004. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de jan. 2004. Seção 1, p. 2. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do>> Acesso em: 15 fev 2006.

BRASIL. **Legislação para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, v. 70, p. 50-57, 2011.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v.30, p.365-372, 2000.

BREGAGNOLI, M.; MINAMI, K.; BREGAGNOLI, F.C.R.; SANTOS, M.A.; CARVALHO, C.A.M. Acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. Atlantic sob 4 níveis de adubação. **Horticultura Brasileira**, v.22, supl.jul.2004.

BURTON, W.G. Challenges for stress physiology in potato. **American Potato Journal**. v.58, p.3-4, 1981.

CAMARGO FILHO, W.P.; CAMARGO, F.P. Produção de batata no Brasil, 1990-2007: evolução, distribuição regional e safras. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.S1024-S1026, 2008.

CÂMARA, T. R.; et al. Efeito do stress salino e da prolina exógena em calos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.146-155, 2000.

CARELLI, M. L. C.; UNGARO, M. R. G.; FAHL, J. I. e NOVO, M. do C. S. S. Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.8, p.123-130, 1996.

CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M. **Utilização de fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, DIBD, 2008, 71p. (Série Produtor Rural, 38).

CHIRINOS-TORRES, D.; CHIRINOS-TORRES, L.; MARÍN, M.; ROMÁNURBINA, Z.; VIELMA-BAPTISTA, J.; CASTRO, C. Dinámica de acumulación de materia seca em la planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), cv. Río Grande, em la zona noroccidental del estado Zulia, Venezuela. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 16, p. 141-151, 1999.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 584-592, 2012.

CONCEIÇÃO, M.K. da; LOPES, N.F.; FORTES, G.R. de L. Partição de matéria seca entre órgãos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) LAM), cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, p.313-316, 2004.

CONCEIÇÃO, M.K. da; LOPES, N.F.; FORTES, G.R. de L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) LAM), cultivares Abóbora e Da Costa. **Revista Brasileira Agrociência**, v.11, p.273-278, 2005.

DAROLT, M. R. **Agricultura orgânica: inventando o futuro**. Londrina: IAPAR, 2002. 250 p.

DAROLT MR; RODRIGUES A; NAZARENO N; BRISOLLA A; RÜPPEL O. 2008. **Análise comparativa entre o sistema orgânico e convencional de batata comum**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com/Daroltbatata.htm>>. Acesso em: 04 dez 2011.

DAROLT, M. R.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A.; RÜPPEL, O. **Análise comparativa entre o sistema orgânico e convencional de batata comum**. 2003. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/Daroltbatata.htm>>. Acesso em: 25 jan 2011.

DREYER, A.; COELLO, N.; MONDIEL, E. Utilización de la metodología de superficie de respuesta de la optimización de um medio de cultivo para la producción de L-lisin por *Corynebacterium glutamicum*. **Agronomía Tropical**, v. 50, p. 167-88, 2000.

EMBRAPA. **Cristal – Cultivar de batata para consumo de mesa, com resistência a requeima e à pinta preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. (Folder).

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia**, v.3, p.39-45, 1991.

EPAGRI. **Sistemas de produção para batata-consumo e batata-semente em SantaCatarina**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: EPAGRI, 2002. 123 p. (Epagri, Sistema de Produção, 2).

EWING, E.E. Potato. IN: WIEN, H.C. **The physiology of vegetable crops**. Wallingford: CABI, 1997. p.295-344.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Preliminary 2011 data now available for selected countries and products**. Disponível em: <[http:// faostat.fao.org](http://faostat.fao.org)>. Acesso em: 26 jan 2013.

FAO. **FAOSTAT: production: crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 25 mai 2013.

FAO. **Perspectives: What is a potato?** Disponível em: <<http://www.potato2008.org/en/perspectives/index.html>>. Acesso em: 26 jan 2013.

FAO. **Andean heritage**. Disponível em: <<http://www.potato2008.org/en/potato/origins.html>>. Acesso em: 26 jan 2013.

FAO. **Las papas, la nutrición y la alimentación**. Disponível em: <<http://www.potato2008.org/es/lapapa/hojas.html>>. Acesso em: 26 jan 2013.

FAVORETTO, P. **Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de mini-tubérculos de batata cv. Atlantic**. 2005. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2005.

FELTRAN , J.C.; LEMOS, L.B. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, v.33, p.106-113, 2005.

FELTRIM, A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 50-55. 2008.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; SCHLICK, G. D. S. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 826-835, 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. 2000. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 401p.

FLECK, N.G.; BALBINOT JR., A.A.; AGOSTINETTO, D.; VIDAL, R.A. Características de plantas de cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, v.21, p.97-104, 2003.

FLOSS, E.L.; FLOSS, L.G. Fertilizantes organominerais de última geração: funções fisiológicas e uso na agricultura. **Revista Plantio Direto**, v.100, jul/ago 2007. Aldeia Norte Editora: Passo Fundo, RS. Disponível: <http://www.plantiodireto.com.br>. Acesso em: 22 mai 2012.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 94-99, 2005.

FONTES, G.R.L.; PEREIRA, J.E.S. Batata-semente Pré-básica: Cultura de tecidos. IN: PEREIRA, A.da S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.421-433.

GIANQUINTO, G.; SAMBO, P.; BONA, S. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the nitrogen supply in potato crop: A methodological Approach. **Acta Horticulturae**, v.607, p. 197-204, 2003.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índices SPAD para diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 611-615, 2002.

GRISA, S. **Cultura do tomateiro: relação entre o uso de biofertilizante e os danos causados pela traça do tomateiro**. Marechal Cândido Rondon, 2008. Dissertação Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

GROSS, J. **Pigments in vegetables, chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.351p.

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H.; MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, v. 58, p. 209-216, 1999.

GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; MINAMI, K. Métodos de produção de mudas e distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.505-509, 2002.

HERMANN, T. Industrial production of amino acids by coryneform bacteria. **Journal of Biotechnology**, v. 104, p. 155-172, 2003.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Banco de dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 jan 2013.

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 dez 2011.

JAWORSKI, E. K. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 43, p. 1274-1279, 1971.

KAISER, W.M.; HUBER, S.C. Post-translational regulation of nitrate reductase: mechanism, physiology relevance and environmental triggers. **Journal of Experimental Botany**, v.52, p.1981-1989, 2001.

KHATOUNIAN, C.A.A. sustentabilidade e o cultivo de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.15, p. 199-205, 1997.

KHATOUNIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecologia, 2001. 348p.

KIKUTI, H.; TANAKA, R.T. Produtividade e qualidade de sementes de feijão em função da aplicação de aminoácidos e nutrientes. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DEFEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, v.2. p.1062-1065.

KISS, J. Terra em transe. **Globo Rural**, n.223, p.34-42, 2004.

KLUGE, R.A. LCB - 311, **Fisiologia vegetal: apontamentos de aulas teóricas de fotossíntese**. ESALQ/USP. Capturado em 22 mar. 2004. Online. Disponível em: <http://orion.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/gradOI/06_fotoquimica_da_fotossintese/fotossinteseKluge>.

KOBLITZ, M.G.B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Ed. Guanabara Koogan, 2011.

KOCH, W.; KWART, M.; LAUBNER, M.; HEINEKE, D.; STRANSKY, H.; FROMMER, W. B.; TEGEDER, M. Reduced amino acid content in transgenic potato tubers due to antisense inhibition of the leaf H⁺/amino acid symporter StAAP1. **Plant Journal**, v. 33, p. 211-220, 2003.

LA POMME DE TERRE. **Conseils Pratiques**. Manise: Gêneve, 2004, 256p.

LEA, P.J.; BLACKWELL. R.D. Amonia assimilation, photorespiration and aminoacid biosynthesis. IN: HALL, D.O.; SCURLOCK, J.M.O.; BOLHAR-NORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P. (Ed.). **Photosynthesis and production in a changing enriroment: a field and laboratory manual**. London: Chapman & Hall, 1993. cap.20, p.313-336.

LEHNINGER, A. L. (cord.) **Princípios de bioquímica**. 4º ed. São Paulo: Sarvier, 2006.

LIMA, J. D.; MORAES, W. S.; SILVA, M. G.; IBRAHIM, F. N.; SILVA, A. C. Transporte, acúmulo de compostos nitrogenados e atividade da redutase do nitrato em alface produzida em diferentes sistemas de cultivo. **Journal of Plant Physiology**, v. 19, Gramado, 2007.

LOPES, C.A. **Botânica da batata**. IN: Batata.net. Disponível em: <<http://www.batatas.com.br/cultivo/botanica.asp>>. 2002. Acesso em: 16 mar 2014.

MAGRO, D. Supermagro: a receita completa. **Boletim da Associação de Agricultura Orgânica**, n. 16, p. 3-4, 1994.

MANTOVANI, E.C., SOUZA, J.A.R. de. Capítulo 7 – Manejo da irrigação da batata. IN: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada da batata**. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia, 2011. p. 163-192.

MAPA 2012. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2012. Acesso em 27 abr 2012. Disponível em: <<http://www.sistemaweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MELÃO, I.B. Desenvolvimento rural sustentável a partir da agroecologia e da agricultura orgânica: O caso do Paraná. **Nota Técnica IPARDES**, Curitiba, n.8, out. 2010.

MELLO, S.C.; SAKAMOTO, Y.; MELLO, V.D.C. Batata. IN: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A., SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. p.48-57.

MESQUITA, H.A.; PAULA, M.B.; VENTURIN, R.P.; PÁDUA, J.G.; YURI, J.E. Capítulo 9 - Fertilização da cultura da batata. IN: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção Integrada da batata**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p.351-380.

MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. **Na Introduction to Crop Physiology**. 2 ed. Cambridge University Press, 1979.

MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; ALVES, L. P. Produtividade e qualidade de frutos de melão em resposta à cobertura do solo com plástico preto e ao preparo do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 490-493, 2003.

MIRANDA FILHO, H.S.; GRANJA, N.P.; MELO, P.C.T. **Cultura da batata**. Piracicaba: Divisão de Biblioteca e Documentação. 2003. 68p.

MÓGOR, A.F.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido L-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, v.9, p.431-437, 2008.

MOREIRA, M.A., MAPELI, A.M., FINGER, F.L., FONTES, P.C.R. Capítulo 8 – Fisiologia da batata. IN: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada da batata**. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia, 2011. p. 193-213.

MOCO, M. A. C.; LIMA FILHO, J. M. P. Efeito da aplicação de aminoácidos na mangueira (*Mangifera indica* L.) na região semi-árida brasileira. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 7, 2004. Petrolina. **Anais**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido.

MOTTA, W. R. da. Situação técnico-econômico da bataticultura no Paraná. In: **7º Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Batata**. Araucária - PR: Sociedade de Olericultura do Brasil, 1993. 78 p.

NAZARENO, N.R.X. Desafios da produção de batata orgânica no Paraná. **Batata Show**, v. 5, p. 30-31, 2005.

OLINIK, J.R.; MÓGOR, A.F.; RÖDER, C.; FABBRIN, E.G.S.; BETTONI, M.M.; POLETO, M.R. Desenvolvimento de mudas de repolho em função da aplicação foliar de ácido L-glutâmico a 30%. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.S4256-S4260, 2011.

OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C.; FREITAS, R. B. **Análise de crescimento de plantas**. UFLA: Lavras, 2002. 9p.

OLIVEIRA, M. K. T. **Viabilidade agroeconômica da cenoura adubada com jitrana**. Mossoró: UFERSA, 2009. 88p. Dissertação Mestrado.

PENTEADO, S.R. **Introdução à agricultura orgânica - Normas e técnicas de cultivo**. Campinas: Grafimagem, 2000.

PEREIRA, A.da S.; CHOER, E.; BERTONCINI, O.; HIRANO, E.; DANIELS, J.; CASTRO, C.M. **Batata Cristal**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Comunicado Técnico, 117).

PICOLLI, E. S.; MARCHIORO, V. S.; BELLAVER, A.; BELLAVER, A. Aplicação de produtos a base de aminoácido na cultura do trigo. **Cultivando o Saber**, v. 2, p. 141-148, 2009.

PIMENTA, T.V., ALMEIDA, G.C. de, SILVA, A. de C. Capítulo 16 – Avaliação do mercado e caracterização qualitativa de batatas. IN: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada da batata**. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia, 2011. p. 391-414.

PINTO, P.C.A.B. Melhoramento genético da batata. **Informe Agropecuário**, v.20, p.120-128, mar/abr 1999.

POHL, S.; LOPES, N.F.; BRAGA, E.J.B.; SILVA, C.P. da; SILVA, F.S.P. da; PETERS, J.A. Características de crescimento de plantas de batata, cv. Baronesa, e seu genótipo transformado geneticamente para resistência ao PVY. **Revista Ceres**, v.56, p.736-743, 2009.

POPP, P. Batata para processamento: aptidão da matéria prima para processamento. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS, 2005, Pouso Alegre, **Anais...** Pouso Alegre: [s.n.], 2005. 1 CD-ROMa.

PREZOTTI, L.C.; CARMO, C.A.S.; ANDRADE NETO, A.P.M. **Nutrição mineral da batata**. Vitória: Emcapa, 1986, 44 p.

QUEIRÓZ, L. R. de M. et al. Adubação NPK e tamanho da batata-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade de plantas de batata. **Horticultura Brasileira**, v.31, p. 119-127, 2013.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 6 Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro. 905p, 2001.

REDINBAUGH, M. G.; CAMPBELL, W. H. Higher plant responses to environmental nitrate. **Physiologia Plantarum**, v.28, p.640–650, 1991.

REIS, J.C.S. **Cultivo de batata cv. Ágata sob diferentes doses fontes e concentrações de adubação potássica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Vitória da Conquista: UESB, 2008. 61p.

REVISTA CAMPO E NEGÓCIO, 2010. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocio.com.br/anteriores/2010-10/index.php?referencia=capacnhf>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

RÍOS, D.; GHISLAIN, M.; RODRIGUEZ, F.; SPOONER, D.M. What the origin of the European potato? Evidence from Canary Island Landraces. **Crop Science**, v. 47, p.1271-1280, 2007.

RÖDER C.; MÓGOR, A.F.; BETTONI, M.M.; OLINIK, J.R.; SASS, M.; AMARAL, S.S.F. do. Produtividade total de batata cv. Ana em função da aplicação foliar de diferentes doses de AG 30®, em sistema orgânico de produção. **Horticultura Brasileira**, v.29, 2011a.

RÖDER C.; MÓGOR, A.F.; BETTONI, M.M.; OLINIK, J.R.; KOYAMA, R.; GUEDES, I. Produtividade total de tomate em função da aplicação foliar de diferentes doses de AG 30®, em sistema orgânico de produção. **Horticultura Brasileira**, v.29, 2011b.

RÖDER C.; MÓGOR, A. F.; BETTONI, M. M.; OLINIK, J. R.; KOYAMA, R; AMARAL, S. S. F. do. Teor relativo de clorofila em beterraba submetido à aplicação foliar de AG 30®, em sistema orgânico de produção. **Horticultura Brasileira** v.29, p.4130-4134, 2011c.

ROSSI F; AZEVEDO FILHO JA; MELO PCT; GUIRADO N; AMBROSANO EJ; SCHAMMASS EA; CAMARGO LF. 2009. Produtividade de genótipos de batata em sistema de cultivo orgânico. **Caderno de Agroecologia**, v.4, p.191-194.

SAHM, H.; EGGELING, L.; EIKMANN, B.; KRÄMER, R. Metabolic design in amino acid producing bacterium *Corynebacterium glutamicum*. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 16, p.243-252, 1995.

SALVADOR, C.A. **Agricultura Orgânica: Análise da conjuntura agropecuária nas safras 2011/2012.** SEAB/DERAL. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/olericultura_2013_14.pdf>.

SANTOS, A. C. & AKIBA, F. **Biofertilizantes líquidos: uso correto na agricultura alternativa.** Seropédica: UFRRJ, Impr. Univer. 1996. 35p.

SANTOS, A. M. dos. **Absorção, assimilação e remobilização de nitrogênio em arroz, sob nutrição hídrica:** avaliação da expressão gênica diferencial. 2007. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SATO, S. Produção de aminoácidos. In: LIMA U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL. **Biotecnologia industrial. Processos Fermentativos e enzimáticos**, São Paulo: Edgard Blucher, v.3, 2001.

SILVA, F. L.; PINTO, C. A. B. P; ALVES, J. D.; BENITES, F. R. G.; ANDRADE, C. M.; RODRIGUES, G. B.; LEPRE, A. L.; BHERING, L. P. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, v. 68, p. 295-302, 2009.

SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; MIRANDA, G. V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 17-22, 2009.

SILVA, M.L. da; BEZERRA NETO, F.; LINHARES, P.C.F.; SÁ, J.R. de; LIMA J.S.S. de; BARROS JÚNIOR, A.P.B. Produção de beterraba fertilizada com jirirana em diferentes doses e tempos de incorporação ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.801-809, 2011.

SIVASANKAR, S.; OAKS, A. Nitrate assimilation in higher plants: the effect of metabolites and light. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 34, p. 609-620, 1996.

SODEK, L. Capítulo 4 - Metabolismo do Nitrogênio. IN: KERBAUY, G. **Fisiologia Vegetal**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.65-81, 2008.

SOUZA, V.F. de, COELHO, E.F. Manejo de fertirrigação em fruteiras. IN: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Capítulo 9 - Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, v.2, p.289-317, 2001.

SRIVASTAVA, L.M. **Plant growth development – Hormones and environment**. Burnaby: Simon Fraser University, 2001. 772p.

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed, 2009. 719p.

TAVARES, S. **Tuberização**. 2002. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista05_015.htm>. Acesso em: 02 dez 2010.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; MELO, P.C.T de. **Cultura da batata**. Piracicaba: ESALQ, 2002. (Série Produtor Rural, 18).

TEKALIGN, T.; HAMMES, P.S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 29-44, 2005.

TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant Cell and Environment**, v.23, p.1005–1024, 2000. <http://www.fao.org> >. Acesso em: 08 abr 2006.

WADA, M.; AWANO, N.; HAISA, K.; TAKAGI, H.; NAKAMORI, S. Purification, characterization and identification of cysteine desulfhydrase of *Corynebacterium glutamicum*, and its relationship to cysteine production. **FEMS Microbiology Letters**, v. 217, p.103-107, 2002.

YARONSKAYA, E.; VERSHILOVSKAYA, I.; POERS, Y.; ALAWADY, A.E.; AVERINA, N.; GRIMM, B. Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings. **Planta**, v.224; p.700–709, 2006.

YU, M.; HU, C. X.; WANG, Y. H. Influences of seed molybdenum and molybdenum application on nitrate reductase activity, shoot dry matter, and grain yields of winter wheat cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, p. 1433-1441, 1999.

ZAAG, DE VAN DER. 1993. **A batata e o seu cultivo nos países baixos**. Haia: NIVAA. 76p.

3. CAPÍTULO 1 – PRODUTIVIDADE DE BATATA EM SISTEMA ORGÂNICO UTILIZANDO FERMENTADO BACTERIANO CONTENDO ÁCIDO L-GLUTÂMICO

RESUMO

Na busca de alternativas sustentáveis para o cultivo da batata (*Solanum tuberosum*), neste trabalho avaliou-se o efeito de pulverizações foliares de um fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L- glutâmico na produtividade de batata 'Cristal' em sistema orgânico, por dois anos consecutivos, bem como, o efeito do fermentado no acúmulo de massa seca, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida, determinadas ao longo do ciclo das plantas submetidas às doses de 0,00; 0,03; 0,06; 0,11 e 0,22 L ha⁻¹ do fermentado. Concluiu-se que o fermentado bacteriano promoveu incrementos na produtividade nos dois anos, atuando no acúmulo de biomassa da parte aérea e na translocação de fotoassimilados aos tubérculos, com destaque para a dose de 0,06 L ha⁻¹.

Palavras chave: aminoácidos, biofertilizantes, crescimento.

POTATO YIELD IN ORGANIC SYSTEM, WITH USE OF BACTERIAL FERMENTED BROTH CONTAINING L-GLUTAMIC ACID

ABSTRACT

In the search for sustainable alternatives to the potato production (*Solanum tuberosum*), this study evaluated the effect of foliar application of a bacterial fermented broth containing 30% of the amino acid L-glutamic acid on the yield of 'Cristal' potato in organic system, by two consecutive years, as well as, evaluated the effect of the fermented broth in dry matter accumulation, relative growth rate and net assimilation rate, determined over the plants growth subjected to doses of 0.00; 0.03; 0.06; 0.11 and 0.22 L h⁻¹ of the fermented broth. It was concluded that the bacterial fermented broth promoted increases in yield in both years, acting in the accumulation of biomass and translocation of assimilates to the tubers, especially on the dose of 0.06 L ha⁻¹.

Keywords: amino acid, biofertilizers, growth.

3.1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) desempenha importante papel como fonte de alimento para populações de várias regiões do mundo, em especial daquelas em desenvolvimento, sendo um dos quatro alimentos básicos da humanidade, superada apenas pelo trigo, arroz e milho (FAO, 2013).

Entretanto, seu cultivo no Brasil tem sido praticado de forma extensiva com uso intenso de fertilizantes minerais e agrotóxicos (AMARAL *et al.*, 2012). O uso intensivo desses produtos causa impacto ao meio ambiente, além de tornar o sistema de produção mais oneroso (OLIVEIRA, 2009). A importância que a sustentabilidade vem tomando no desenvolvimento da produção agrícola propõe alternativas ao modelo convencional, assim, o sistema orgânico tem se difundido (SILVA *et al.*, 2011) visando o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis em conformidade com a legislação específica.

Nesse contexto, o uso de biofertilizantes tem sido testado com algum sucesso, proporcionando aumentos na produtividade (MEDEIROS; LOPES, 2006). De acordo com Bezerra *et al.* (2007) os biofertilizantes estimulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, uma vez que são considerados ativadores metabólicos. No regulamento técnico para o sistema orgânico de produção (IN 46 de 06 de 10 de 2011), os biofertilizantes são considerados como sendo produtos que contém componentes ativos capazes de atuar sobre as plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção (MAPA, 2012). Da mesma maneira, os biofertilizantes são contemplados na legislação de fertilizantes (Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004), sendo considerado biofertilizante o produto que contém princípio ativo capaz de atuar sobre as plantas cultivadas, elevando a sua produtividade (MAPA, 2012).

Dentre os produtos com possível efeito biofertilizante estão os fermentados bacterianos, como o da obtenção do aminoácido ácido L-glutâmico, com a fermentação do melaço da cana de açúcar pela bactéria *Corynebacterium glutamicum* (DREYER *et al.*, 2000). No metabolismo vegetal, o ácido L-glutâmico participa no processo de assimilação do nitrogênio, na fotossíntese, e na síntese e ativação da clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O acúmulo de massa seca e sua distribuição na planta são processos importantes na definição da produtividade (TEKALIGN; HAMMES, 2005; SILVA *et*

al., 2009), uma vez que cerca de 90% da massa seca acumulada ao longo do desenvolvimento vegetal resulta da atividade fotossintética, e o restante, da absorção de nutrientes minerais.

Determinando o acúmulo de massa seca, pode-se avaliar a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total das plantas (BENINCASA, 2003; BARCELOS *et al.*, 2007) em resposta a aplicação de biofertilizantes.

Na batata, a produção de massa seca nos tubérculos atinge de 68% a 84% da biomassa total produzida pela planta (SHARIFI *et al.*, 2005), e possui relação direta com a área foliar (NUNES *et al.*, 2006).

As determinações de acúmulo de biomassa das plantas de batata, representadas pela Taxa de Crescimento Relativo (TCR), que expressa o incremento na massa seca por unidade de massa inicial em um intervalo de tempo, e a Taxa Assimilatória Líquida (TAL), que representa a taxa de incremento da matéria seca por unidade de área foliar existente na planta, podem indicar o efeito de aplicações de biofertilizantes.

Diante disso, neste trabalho identificou-se o efeito de diferentes doses de aplicações foliares de um fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico, no crescimento e produtividade de batata 'Cristal', cultivada em sistema orgânico, em dois anos consecutivos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos anos de 2010 e 2011, na Área Experimental de Olericultura Orgânica da Universidade Federal do Paraná, sob as coordenadas geográficas 25° 25' de latitude sul e 49° 06' de longitude oeste, com altitude de 920 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen é temperado do tipo Cfb. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (EMBRAPA, 2006), com relevo suave ondulado.

A análise química do solo em 2010, na camada de 0 a 15 cm, indicou os seguintes valores médios: pH (CaCl₂)= 5,40; pH SMP= 6,0; Al⁺³= 0; H⁺+Al⁺³= 5,0 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺= 6,30 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺= 3,7 cmol_c dm⁻³; K⁺= 0,87 cmol_c dm⁻³; P= 43,7 mg dm⁻³; C= 38,6 g dm⁻³; V%=68,49 e CTC= 15,87 cmol_c dm⁻³.

Em 2011, a análise química indicou: pH (CaCl₂)= 5,55; pH SMP= 6,0; Al⁺³= 0; H⁺+Al⁺³= 5,50 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺= 9,85 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺= 9,8 cmol_c dm⁻³; K⁺= 0,54 cmol_c dm⁻³; P= 42,6 mg dm⁻³; C= 32,5 g dm⁻³; V%=78,59 e CTC= 25,69 cmol_c dm⁻³.

Nos dois anos, o preparo do solo das áreas foi realizado 15 dias antes do plantio dos tubérculos com a fertilização em área total constando de 200 kg ha⁻¹ de termofosfato magnésiano (YOORIN MASTER 1, com 17% de P₂O₅) e 4 t ha⁻¹ de composto orgânico com os seguintes valores médios em 2010: N= 14,4 g kg⁻¹; P= 10,6 g kg⁻¹; K= 11,3 g kg⁻¹; Ca= 31,7 g kg⁻¹; Mg= 6,8 g kg⁻¹. Em 2011, os valores foram: N= 30,3 g kg⁻¹; P= 8,5 g kg⁻¹; K= 6,6 g kg⁻¹; Ca= 8,1 g kg⁻¹; Mg= 4,1 g kg⁻¹.

Nos dois anos, a incorporação se deu por meio de enxada rotativa tratorizada e a abertura dos sulcos de plantio com sulcador acoplado a microtrator.

Utilizou-se tubérculos da cultivar Cristal (EMBRAPA) do Tipo III (80g) com brotação satisfatória nos dois experimentos. Essa cultivar possui crescimento vigoroso, tubérculos com formato oval-alongado e película amarela. Possui boa produtividade com níveis moderados de adubação. Destina-se ao consumo de mesa, com conteúdo médio de matéria seca e relativamente baixo de açúcares redutores, tendo aptidão à fritura na forma de palito e ao cozimento para elaboração de salada e outros pratos. Apresenta ciclo de 90 – 110 dias (PEREIRA *et al.*, 2005).

No primeiro ano (2010) o experimento foi conduzido de 08 de outubro (plantio) a 06 de janeiro (colheita) em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas compostas por dez plantas dispostas em espaçamento de 0,40 m nas linhas e 0,80 m entre as linhas. Os tratamentos consistiram de aplicações foliares de uma solução com quatro doses (0,03; 0,06; 0,11 e 0,22 L ha⁻¹) de um fermentado do melaço da cana de açúcar pela bactéria *Corynebacterium glutamicum*, contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico em volume (AG 30, Microquímica Indústrias Químicas Ltda), bem como uma testemunha com aplicação de água. As aplicações foram realizadas utilizando pulverizador pressurizado por CO₂ com pressão constante (45 lib pol⁻¹) e volume de calda de 280 litros por hectare, com início 35 dias após o plantio (DAP) em intervalos de 14 dias, totalizando quatro pulverizações.

A avaliação da produção ocorreu aos 90 DAP, com a parte aérea apresentando senescência, coletando-se as seis plantas centrais das parcelas.

Em 2011, o experimento foi conduzido de 02 de setembro (plantio) a 06 de dezembro (colheita) e início das pulverizações aos 20 DAP, com o mesmo

equipamento e volume utilizados no ano anterior. Foram realizadas quatro aplicações com intervalos de dez dias. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado e esquema de parcela subdividida 5x5, compostos por cinco épocas de coleta de plantas (30, 40, 50, 60 e 70 DAP, subparcela), e cinco doses do fermentado bacteriano (0,0; 0,03; 0,06; 0,11 e 0,22 L ha⁻¹, parcela), com quatro repetições.

As parcelas foram compostas por linhas únicas de plantas no espaçamento de 0,80 m entre linhas por 12,0 m de comprimento e área total de 9,6 m², com 30 tubérculos dispostos linearmente com espaçamento de 0,40 m entre eles. Em cada coleta foram utilizadas duas plantas, descartando sempre as adjacentes às coletas anteriores. Para avaliação da produção, os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com parcelas compostas por cinco plantas, com tubérculos semente dispostos linearmente espaçados de 0,40 m e 0,80 m entre linhas de 2,00 m de comprimento, com área total de 1,6 m². As três plantas centrais das parcelas foram consideradas plantas úteis na avaliação de produção.

O processo de amontoa foi realizado aos 25 e 20 DAP, respectivamente em 2010 e 2011.

A colheita foi realizada aos 97 DAP, dez dias após a senescência completa da parte aérea, destacando que diferentemente do ano anterior, em 2011 verificou-se à partir de 60 DAP, maior incidência e severidade da doença requeima, causada por *Phytophthora infestans*.

Nos dois anos a produtividade foi obtida pela pesagem dos tubérculos das plantas da área útil de cada parcela, com valores extrapolados para uma população de 30.000 plantas ha⁻¹, relativa ao espaçamento adotado nesta pesquisa. A produtividade comercial foi calculada considerando os tubérculos com diâmetro transversal superior a 40 mm.

Para a obtenção das medidas de acúmulo de biomassa das plantas de batata, representadas pela Taxa de Crescimento Relativo (TCR), que expressa o incremento na massa seca por unidade de massa inicial em um intervalo de tempo, e a Taxa Assimilatória Líquida (TAL), que representa a taxa de incremento da matéria seca por unidade de área foliar existente na planta, foram determinadas a massa seca de hastes, folhas, tubérculos e a área foliar nas cinco coletas de plantas, que ocorreram entre as 9 e 10 horas. As medições de área foliar (m² planta⁻¹) foram obtidas por meio do programa computacional WinRhizo®, acoplado a um

Scanner LA1600 (RÉGENT INSTRUMENTS Inc. 1999). O material vegetal foi pesado e levado à estufa a 65 °C, com circulação de ar, onde foi mantido por 72 horas para determinação da massa seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e sua homogeneidade testada pelo teste de Bartlett. As médias de produtividade dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram processadas pelo programa ASSISTAT, versão 7.6 Beta (SILVA, 2008) e o ajuste das equações pelo programa Excel.

A obtenção das medidas de TCR e TAL foram realizadas mediante o uso do programa Excel, com base na “Tool for Classical Plant Growth Analysis” (HUNT *et al.*, 2002).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se comparar a produtividade média estimada, que expressa o peso médio total de todos os tubérculos colhidos aos 90 DAP e extrapolados para uma população de 30.000 plantas ha⁻¹, da batata ‘Cristal’ obtida em sistema orgânico no experimento conduzido em 2010, verifica-se que as doses de 0,03 e 0,06 L ha⁻¹ do AG30 aumentaram a produtividade em 7,6 e 14%, respectivamente, quando comparado à testemunha (Tabela 1). Já, ao se comparar a produtividade média comercial, que expressa o peso total dos tubérculos com diâmetro transversal superior a 40 mm, as doses de 0,06 e 0,11 L ha⁻¹ apresentaram produtividade 16 e 11%, respectivamente, superiores ao das plantas testemunha, indicando que essas doses foram mais eficientes em promover o crescimento dos tubérculos, processo relacionado à translocação de fotoassimilados a partir das folhas (MELLO *et al.*, 2008). Esta produtividade é superior respectivamente à média estadual e nacional obtidas em sistema convencional no mesmo ano, com 24,05 e 25,30 t ha⁻¹ (IBGE, 2012), refletindo a capacidade produtiva da cultivar Cristal nas condições do experimento. A maior dose testada (0,22 L ha⁻¹) reduziu a produtividade média estimada e comercial a valores inferiores ao das plantas testemunha, indicando possível toxidez, apesar de nenhum sintoma visual ter sido observado (Tabela 3.1).

Em 2011 os valores da produtividade média estimada e comercial expressaram novamente o efeito das aplicações de AG30, que na dose de 0,06 L

ha⁻¹ promoveu produção superior a dos demais tratamentos ($p > 0,05\%$), com 28,51 e 21,96 t ha⁻¹ de produtividade média estimada e comercial, respectivamente (Tabela 1). Diferentemente do ano anterior, o resultado em produtividade média comercial foi inferior à média do Estado do Paraná, de 25,24 t ha⁻¹, em sistema convencional (IBGE, 2012), porém superior à média obtida por Rossi et al. (2011), que avaliaram 18 cultivares de batata em sistema orgânico.

A produção de tubérculos possui relação direta com a área foliar (NUNES *et al.*, 2006) e atividade fotossintética das folhas, relacionada principalmente a translocação de fotoassimilados da parte aérea para os tubérculos (BIEMOND; VOS, 1992). Em parte, a redução da produtividade observada em 2011 reflete a maior incidência e severidade de requeima ao final do ciclo, doença causada por *Phytophthora infestans*. Entretanto, nesse período o número de tubérculos (NT) também foi inferior a do ano anterior, característica inerente às reservas do tubérculo semente, número de hastes das plantas, emissão de estolões (MELLO *et al.*, 2008), além de fatores ambientais (MOREIRA *et al.*, 2011).

De maneira geral, o efeito dos tratamentos em alterar o número de tubérculos não fica bem evidenciado. Em contra partida, fica claro o aumento de produtividade nos dois anos em função a aplicação de AG30, com destaque para a dose de 0,06 L ha⁻¹, ao promover aumento da produtividade média comercial superior à testemunha e com maior valor absoluto em 2010, e maior valor entre os tratamentos em 2011 (Tabela 3.1).

Esse incremento na produtividade média comercial em função da aplicação foliar do fermentado bacteriano contendo 30% de ácido L-glutâmico, provavelmente relaciona-se à utilização do aminoácido pelas plantas, levando em conta que Beale *et al.* (1975) em seu trabalho utilizando carbono marcado, comprovaram a absorção foliar do ácido L-glutâmico e sua atuação no metabolismo vegetal, permitindo inferir que a absorção e metabolização do aminoácido justifique os efeitos observados.

O papel do ácido L-glutâmico endógeno, ao ser convertido a glutamato (TAIZ; ZEIGER 2009), participando da assimilação do nitrogênio e dos mecanismos de crescimento relacionados ao metabolismo do nitrogênio (Yu et al., 2010), bem como, relacionado ao maior acúmulo de fotoassimilados (KERBAUY 2008) e à participação na síntese de outros aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2009), pode justificar o observado na Figura 3.1, que representa a variação da massa seca total da parte aérea (folhas e hastes) em função dos tratamentos e do período de coleta.

TABELA 3. 1 – Produtividade média estimada (PME), produtividade média comercial (PMC) e número médio de tubérculos (NT) de plantas de batata ‘Cristal’ produzidas em sistema orgânico, em função de aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014

Ano	2010			2011		
avaliação						
Tratamentos	PME	PMC	NT	PME	PMC	NT
(L ha ⁻¹)	t ha ⁻¹		planta ⁻¹	t ha ⁻¹		planta ⁻¹
0,00	36,95 c	33,66 b	18 a	16,61 c	12,38 c	14 ab
0,03	39,76 b	36,50 ab	18 a	24,69 b	17,92 b	13 b
0,06	42,36 a	39,20 a	19 a	28,51 a	21,96 a	16 a
0,11	39,03 bc	37,49 a	16 b	22,50 b	15,71 b	13 b
0,22	32,88 d	30,11 c	17 ab	22,14 b	15,56 b	13 b
CV%	2,82	3,96	5,00	5,76	7,88	6,96

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A variação temporal da biomassa da parte aérea, em geral aumenta até um máximo que ocorre em torno de 60 a 70 DAP (ROBLES, 2003), variável em função da cultivar e época do ano, decrescendo em seguida devido à senescência das folhas. O máximo acúmulo de massa seca da parte aérea observado para as plantas de batata ‘Cristal’ no cultivo de 2011, conforme ajustes das regressões quadráticas, ocorreu entre de 50 e 60 DAP. Entretanto, a partir dos 40 DAP, as linhas de tendência indicam diferenças no acúmulo de MS em função das doses, com menores acúmulos para a dose de 0,22 L ha⁻¹, justificando a redução de produtividade média estimada e produtividade média comercial (Figura 3.1) como possível efeito de toxidez. Já aos 60 DAP, os valores médios de massa seca em torno de 32, 30 g planta⁻¹, respectivamente dos tratamentos 0,06, 0,03 L ha⁻¹, indicam o efeito do AG30 em promover maior acúmulo de massa seca nas referidas doses, como expresso nas linhas de tendência (R²=0,84 e R²=0,89, respectivamente) (Figura 3.1).

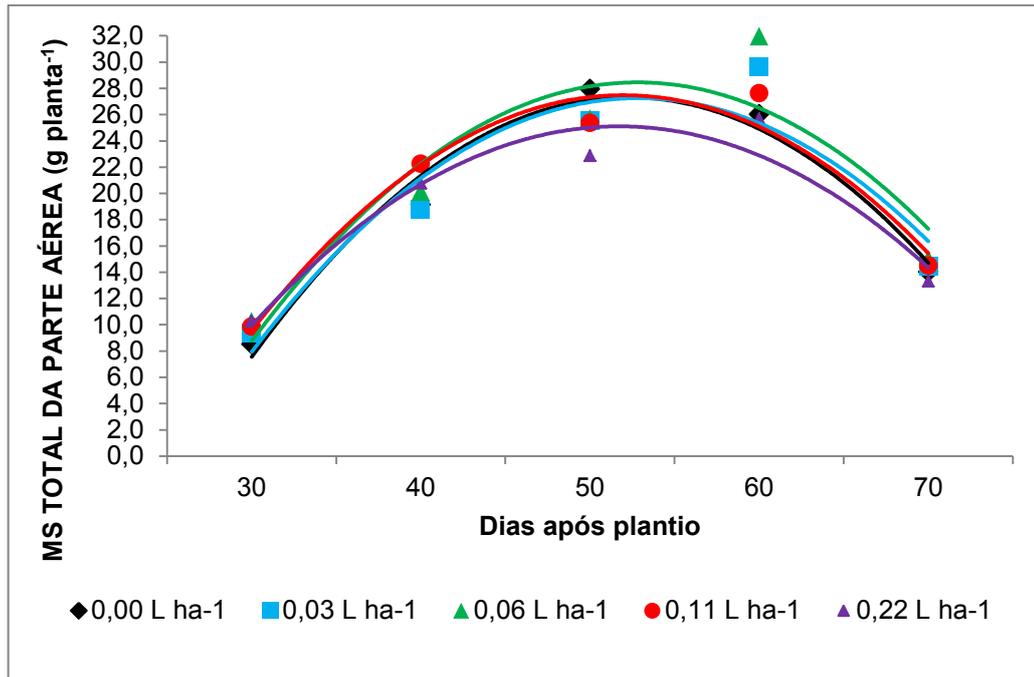


FIGURA 3.1 – Linhas de tendência das alterações da massa seca total (MS) da parte aérea de plantas de batata ‘Cristal’ em função dos períodos de coleta e de aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014. $(y(0,0) = -14,236 + 25,785x - 3,9993x^2 \ R^2=0,97)$; $(y(0,03) = -12,682 + 24,321x - 3,7029x^2 \ R^2=0,89)$; $(y(0,06) = -12,27 + 24,817x - 3,7807x^2 \ R^2=0,84)$; $(y(0,11) = -10,418 + 23,704x - 3,7064x^2 \ R^2=0,95)$; $(y(0,22) = -7,238 + 20,4x - 3,2164x^2 \ R^2=0,92)$

Normalmente a massa seca aumenta progressivamente após o início da tuberização até o início da senescência, indicando que a maior parte dos fotoassimilados disponíveis são, ao final do ciclo, alocados para o crescimento dos tubérculos (OLIVEIRA, 2000; SILVA; PINTO, 2005; TEKALIGN; HAMMES, 2005; SILVA *et al.*, 2009).

Os aminoácidos como o ácido L- glutâmico, a glutamina e o glutamato tem papel no transporte do nitrogênio orgânico das fontes para os drenos (FERREIRA *et al.*, 2002). Assim, os maiores valores de massa seca das plantas submetidas à dose de 0,06 L ha⁻¹ de AG30, entre 50 e 70 DAP expressos pela linha de tendência ($R^2=0,84$), justificam em parte a maior produtividade média comercial observada para esse tratamento em 2011 (Tabela 3.1).

As linhas de tendências das taxas de crescimento relativo (TCR) em razão dos DAP e das doses do AG30 são apresentadas na Figura 3.2. Sendo a TCR conceituada como um índice de eficiência que expressa o incremento na massa

seca por unidade de massa inicial, em um intervalo de tempo ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$), observam-se respostas diferentes às doses do AG30 ao longo do desenvolvimento das plantas. Essas diferenças, além das doses, estão relacionadas às alterações nas demandas das plantas em relação às fases fenológicas em que se encontram.

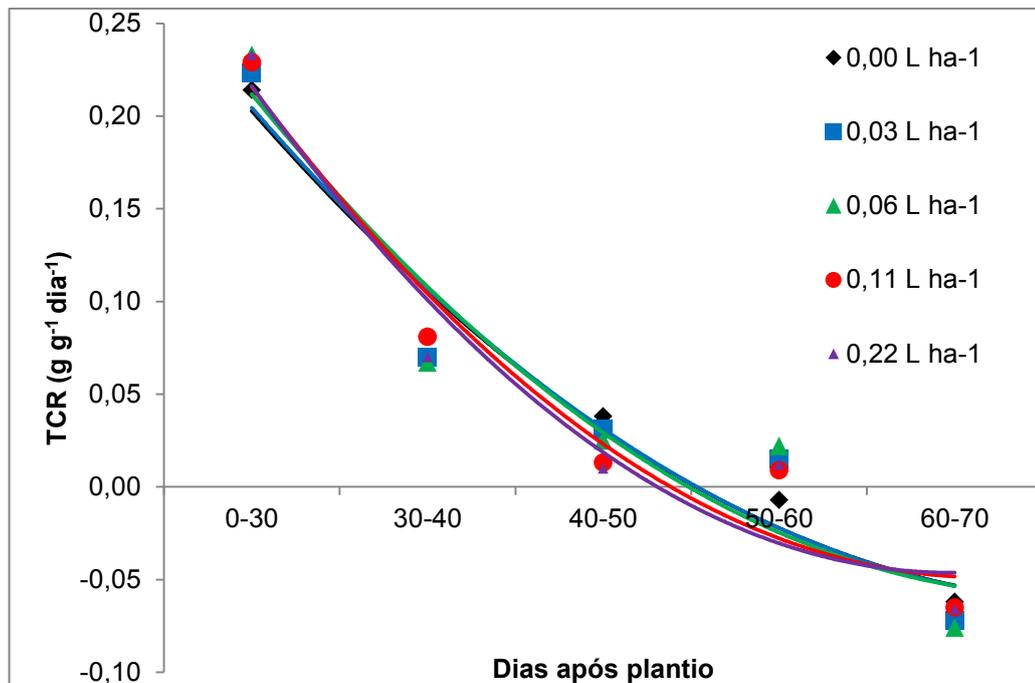


FIGURA 3.2 – Linhas de tendência das taxas de crescimento relativo (TCR) da parte aérea de plantas de batata ‘Cristal’ em função dos períodos de coleta e aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014. ($y(0,0) = 0,3218 - 0,13x + 0,011x^2$ $R^2=0,98$); ($y(0,03) = 0,3244 - 0,1309x + 0,0111x^2$ $R^2=0,93$); ($y(0,06) = 0,3406 - 0,1413x + 0,0125x^2$ $R^2=0,91$); ($y(0,11) = 0,3574 - 0,1569x + 0,0151x^2$ $R^2=0,95$); ($y(0,22) = 0,3646 - 0,165x + 0,0166x^2$ $R^2=0,94$)

A tendência geral de TCR é a redução com o desenvolvimento e crescimento das plantas de batata. Assim, percebe-se uma fase inicial de rápido acúmulo proporcional de biomassa, seguida de menor incremento, com um posterior período de valores abaixo de zero. Esse comportamento de TCR, amplamente reportado na literatura, como em Benincasa (2003), Rodrigues (1990) e Aguiar Neto *et al.* (2000), pode ser explicado pelo aumento da competição intraespecífica ao longo do ciclo (GAVA *et al.*, 2001). O declínio dessa taxa de crescimento é esperado quando a planta atinge a maturidade, diminuindo da primeira para a última avaliação

devido ao acúmulo contínuo de massa seca no decorrer do ciclo, e pela diminuição da capacidade relativa da planta em produzir material novo.

A produtividade da cultura da batata relaciona-se diretamente com a rapidez com que as plantas atingem o máximo do crescimento da parte aérea, como observado na Figura 3.1 para a dose de 0,06 L ha⁻¹, aliada a longevidade da atividade foliar (PEREIRA; MACHADO, 1987), como indica a linha de tendência da mesma dose (Figura 3.2), com menor redução do TCR entre 50 e 60 DAP, ou seja, nesse período as plantas tratadas com 0,06 L ha⁻¹ do AG30 acumularam mais fotoassimilados. Soma-se a isso a maior redução da TCR entre 60-70 DAP nas doses 0,03 e 0,06 L ha⁻¹ (Figura 3.2), sugerindo maior transferência de fotoassimilados das folhas para os tubérculos, comportamento justificado por Mazliak (1976), ao afirmar que antes de entrar em senescência, a folha exporta seus últimos produtos fotossintetizados e parte de suas próprias reservas, no caso aminoácidos provenientes da hidrólise de suas proteínas.

A TAL representa a taxa de incremento da massa seca por unidade de área foliar existente na planta, e foi determinada a partir dos valores de massa seca de hastes, folhas, tubérculos e a área foliar, refletindo a eficiência fotossintética e distribuição de fotoassimilados das plantas. Com isso, as linhas de tendência da TAL apresentam valores mais elevados na primeira avaliação, aos 30 DAT, devido à menor área foliar existente e à elevada capacidade fotossintética dessas folhas (Figura 3.3). Sendo a TAL expressa em g dm⁻² dia⁻¹, representando a taxa de incremento da matéria seca por unidade de área foliar, as curvas de tendência indicam a maior eficiência fotossintética, maior acúmulo de biomassa e maior translocação de fotoassimilados da parte aérea para os tubérculos na dose de 0,06 L ha⁻¹ (R²=0,88) do AG30 (Figura 3.3).

Os resultados indicam que a aplicação foliar do AG30, especialmente na dose de 0,06 L ha⁻¹ foi eficiente em promover o acúmulo de biomassa da parte aérea refletindo no aumento da produtividade das plantas de batata 'Cristal' conduzidas em sistema orgânico. Ficou evidenciada a absorção e metabolização do ácido L-glutâmico contido no fermentado, ressaltando que além do aminoácido, AG30 contém 6 % de carbono orgânico e possivelmente outros compostos minoritários não identificados resultantes da fermentação bacteriana. Ficou evidenciado também, que AG30 pode ser considerado um biofertilizante, ao conter componente ativo

capaz de atuar sobre as plantas cultivadas, elevando a sua produtividade (MAPA, 2012).

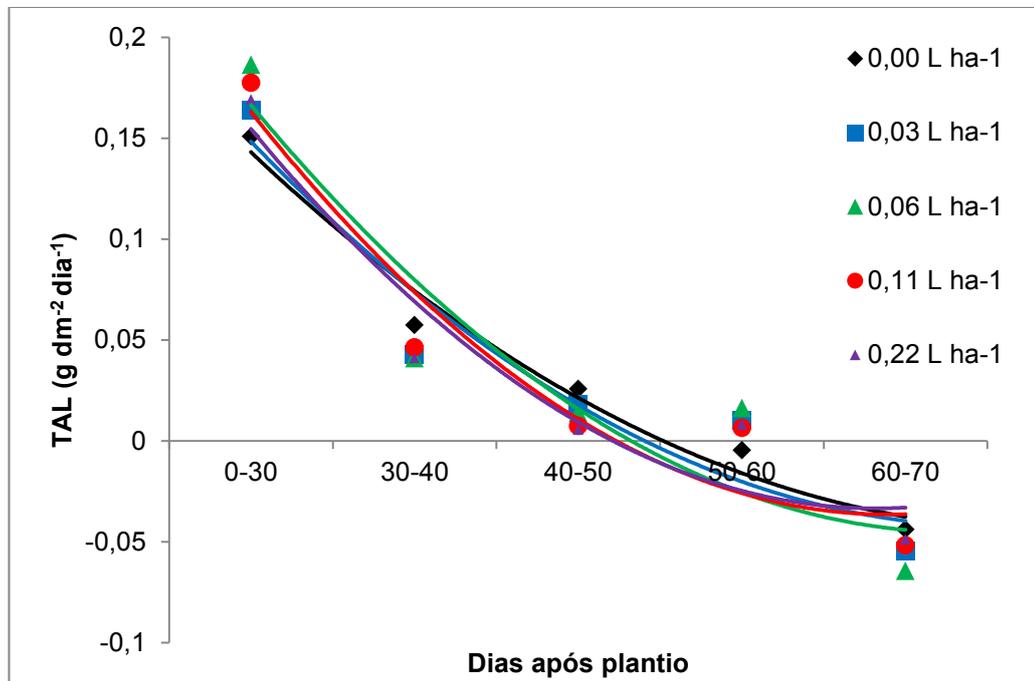


FIGURA 3.3 – Linhas de tendência da taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de batata ‘Cristal’ em função das aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses do fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014. ($y(0,0) = 0,2275 - 0,0923x + 0,0079x^2$ $R^2=0,98$); ($y(0,03) = 0,2414 - 0,1022x + 0,0092x^2$ $R^2=0,91$); ($y(0,06) = 0,2759 - 0,1207x + 0,0114x^2$ $R^2=0,88$); ($y(0,11) = 0,2786 - 0,1286x + 0,0131x^2$ $R^2=0,93$); ($y(0,22) = 0,2658 - 0,1241x + 0,0129x^2$ $R^2=0,92$)

3.4 CONCLUSÃO

A utilização do fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico, em aplicações foliares, promoveu incrementos na produtividade de batata cultivar Cristal em dois anos consecutivos, como consequência do maior acúmulo de biomassa da parte aérea e translocação de fotoassimilados aos tubérculos, com destaque para a dose de $0,06 \text{ L ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes laminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 901-907, 2000.

AMARAL, A.O.; GUTH, S.C.; CAMARGO, M.E.; MENGOTTO, M.L.A.; PACHECO, M.T.M.A viabilidade econômica da cultura da batata. **Custos e Agronegócio**, v. 8, p. 15-43, 2012.

BARCELOS, D. M.; GARCIA, A.; MACIEL JUNIOR, V. A. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um Latossolo vermelho amarelo. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.31, p. 21-27, 2007.

BEALE, S.; GOUGH, S.P.; GRANICK, S. Biosynthesis of delta-aminolevulinic acid from the intact carbon skeleton of glutamic acid in Greening Barley. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.72, p.2719-272, 1975.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BEZERRA, P.S.G.; GRANGEIRO, L.G.; NEGREIROS, M.Z. de, MEDEIROS, J.F. de. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. **Científica**, v.35, p.46-50, 2007.

BIEMOND, H.; VOS, J. Effects of nitrogen on the development and growth of potato plant. 2. The partitioning of dry matter, nitrogen and nitrate. **Annals of Botany**, v.70, p.37-45, 1992.

DREYER, A.; COELLO, N.; MONDIEL, E. Utilización de la metodología de superficie de respuesta de la optimización de um medio de cultivo para la producción de L-lisin por *Corynebacterium glutamicum*. **Agronomía Tropical**, v. 50, p. 167-88, 2000.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

FAO. FAOSTAT: production: crops. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 25 mai 2013.

FERREIRA, V.M.; MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, L.E.M.; PURCINO, A.A.C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, v.32, p.13-17, 2002.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto ou não com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1347-1354, 2001.

HUNT, R.; CAUSTON, D.R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, P. A modern tool for classical plant growth analysis. **Annals of Botany**, v.90, p.485-488, 2002.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201111_6.shtm>. Acesso em: 02 dez. 2012.

KERBAUY, G. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.65-81.

MAZLIAK, P. **Fisiologia vegetal: nutrición y metabolismo**. Barcelona, Ediciones Omega. 1976.

MAPA 2012. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012. Acesso em 27 abr 2012. Disponível em: <<http://www.sistemaweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>.

MEDEIROS, M.B. DE; LOPES, J. DA S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**, v.7, p.24-26, 2006.

MELLO, S.C.; SAKAMOTO, Y.; MELLO, V.D.C. Batata. IN: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A., SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. p.48-57.

MOREIRA, M.A.; MAPELI, A.M.; FINGER, F.L.; FONTES, P.C.R. Capítulo 8 – Fisiologia da batata. IN: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada da batata**. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia, 2011. p.193-213.

NUNES, J.C.S.; FONTES, P.C.R.; ARAÚJO, E.F.; SEDIYAMA, C. Potato plant growth and macronutrients uptake as affected by soil tillage and irrigation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1787-1792, 2006.

OLIVEIRA, C.A.S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.939-950, 2000.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33p. (IAC. Boletim técnico, 114).

PEREIRA, A. da S.; CHOER, E.; BERTONCINI, O.; HIRANO, E.; DANIELS, J.; CASTRO, C.M. **Batata Cristal**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Comunicado Técnico, 117).

RÉGENT INSTRUMENTS. Win/MacRHIZO. V4.1c Reference. **Règent Instruments Inc.**, Québec, Canada, 1999. 51p.

ROBLES, W. G. R. **Dióxido de carbono via irrigação em batateira (*Solanum tuberosum* L.) sob condições de campo**. 2003. 160 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

RODRIGUES, J.D. **Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas de estilosantes (*Stylosanthes guyanensis* (Aubl.) Sw. cv. Cook), em cultivo hidropônico**. Botucatu: UNESP-FCA, 1990. 180p. Tese de Livre Docência.

ROSSI, F.; MELO, P.C.T.; AZEVEDO FILHO, J.A.; AMBROSANO, E.J.; GUIRADO, N.; SCHAMMASS, E.A.; CAMARGO, L.F. Cultivares de batata para sistema orgânico de produção. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 372-376, 2011.

SHARIFI, M.; ZEBARTH, B.J.; HAJABBASI, M.A.; KALBASI, M. Dry matter and nitrogen accumulation and root morphological characteristics of two clonal selections of 'Russet Norkotah' potato as affected by nitrogen fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v.28, p.2243-2253, 2005.

SILVA, F.A.S. **Sistema de Assistência Estatística – ASSISTAT versão 7.6 beta (em linha)**. Departamento de Engenharia Agrícola [DEAG], CTRN, Universidade Federal de Campina Grande [UFCG], Paraíba, Brasil, Campina Grande, 2008. Disponível em: <<http://www.assistat.com>> Acessado em: 09 mar 2014.

SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; MIRANDA, G. V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 17-22, 2009.

SILVA, L. A. S.; PINTO, C. A. B. P. Duration of the growth cycle and the yield potential of potato genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p.20-28, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed, 2009. 719p.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P.S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 29-44, 2005.

YU, C. et al. Changes in photosynthesis, fluorescence, and nitrogen metabolism of hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) in response to exogenous glutamic acid. **Photosynthetica**, v. 3, p. 339-347, 2010.

4. CAPÍTULO 2 - ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM FOLHAS DE BATATA COM USO DE FERMENTADO BACTERIANO CONTENDO ÁCIDO L- GLUTÂMICO

RESUMO

Buscando identificar substâncias bioativas com efeito biofertilizante, neste trabalho avaliou-se o efeito da aplicação foliar de um fermentado bacteriano do melaço da cana, contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico, em variáveis bioquímicas de folhas de plantas de batata 'Cristal' cultivadas em sistema orgânico. Os tratamentos foram compostos de quatro aplicações foliares com intervalos de dez dias, iniciados aos 20 dias após a emergência, utilizando soluções com diferentes doses do fermentado (0,00; 0,03; 0,06; 0,11 e 0,22 L ha⁻¹). Aos 40, 50 e 60 dias após o plantio, foram coletadas folhas para a determinação das concentrações de clorofila a, b e total, atividade da enzima nitrato redutase (EC 1.6.6.1) e proteínas totais solúveis. O fermentado bacteriano promoveu incrementos nos valores das variáveis bioquímicas, dependentes das doses e dos períodos, com destaque para a dose de 0,06 L ha⁻¹, nos períodos de 50 e 60 dias após o plantio.

Palavras-chave: biofertilizante, aminoácidos, nitrato redutase, produção orgânica

BIOCHEMICAL CHANGES IN POTATO LEAVES WITH USE OF BACTÉRIAL FERMENTED BROTH CONTAINING L-GLUTAMIC ACID

ABSTRACT

Seeking to identify bioactive substances with biofertilizer effect, this study evaluated the effect of foliar application of a bacterial fermented from sugarcane molasses containing 30% of the L-glutamic acid in biochemical variables on leaves of potato plants 'Cristal' grown in organic system. The treatments were four foliar applications at intervals of ten days, started at 20 days after planting, using solutions with different doses of fermented (0.00, 0.03, 0.06, 0.11 and 0.22 L ha⁻¹). At 40, 50 and 60 days after planting, leaves were collected to determine the concentration of chlorophyll a, b and total, activity of the enzyme nitrate reductase (EC 1.6.6.1) and total soluble proteins. The bacterial fermented promoted increases in the values of biochemical variables regarding to the dosis and periods, highlighting the dose of 0.06 L ha⁻¹, at 50 and 60 days after planting.

Keywords: biofertilizer, amino acids, nitrate reductase, organic production.

4.1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) ocupa o quarto lugar entre os alimentos mais consumidos no mundo (FAO, 2013). No Brasil, em seu cultivo as doses de fertilizantes utilizadas são em geral elevadas (SOUZA *et al.*, 1999), promovendo impacto no custo de produção e riscos ambientais (GONÇALVES *et al.*, 2009).

Um dos maiores desafios para a agricultura atual é o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis, evidenciando o sistema orgânico como alternativa, no qual, se faz necessário a utilização de produtos que estejam em conformidade com a legislação da produção orgânica, e que proporcionem aumentos de produtividade com baixo custo de produção, sem prejuízos ao meio ambiente.

Nesse contexto, a competitividade e a sustentabilidade das unidades de produção orgânica ainda dependem grandemente da geração de conhecimento e tecnologia em bases científicas. Dentre estas tecnologias está a utilização de resíduos orgânicos vegetais, animais e minerais, dos quais se podem obter biofertilizantes, que de acordo com Bezerra *et al.* (2007) podem estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas.

No regulamento técnico para o sistema orgânico de produção (IN 46 de 06 de 10 de 2011), os biofertilizantes são considerados como sendo produtos que contém componentes ativos ou agentes biológicos, capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e, que sejam isentos de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos (MAPA, 2012). Da mesma maneira, os biofertilizantes são contemplados na legislação de fertilizantes (Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004), sendo considerado biofertilizante o produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante (MAPA, 2012). Desta forma, segundo a legislação, o biofertilizante deve apresentar um, ou um conjunto de componentes bioativos que promovam alterações no metabolismo vegetal.

Dentre os produtos com potencial efeito biofertilizante, estão os obtidos de processos fermentativos a partir de subprodutos da agroindústria. O caldo fermentado do melaço da cana de açúcar pela bactéria *Corynebacterium*

glutamicum, produtora do aminoácido ácido L-glutâmico (DREYER *et al.*, 2000), poderia se enquadrar nessa classe, já que Beale *et al.* (1975), em seu trabalho utilizando carbono marcado, comprovaram a absorção foliar do ácido L-glutâmico e sua atuação no metabolismo das plantas, ao ser incorporado ao ácido aminolevulinico (ALA), relacionado a biossíntese de clorofila. No metabolismo vegetal, o ácido L-glutâmico participa de inúmeros processos metabólicos, como o de assimilação do nitrogênio, na fotossíntese, e na síntese e outros aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Apesar de alguns trabalhos demonstrarem os benefícios da aplicação de fermentados contendo aminoácidos (DELEITO *et al.*, 2005; MÓGOR *et al.*, 2008; OLINICK *et al.*, 2011), ainda são escassas as informações do efeito desses compostos no metabolismo das plantas.

Alterações nos teores de clorofilas, proteínas e a atividade de enzimas no tecido vegetal, poderiam ser indicadores da bioatividade de compostos com efeito biofertilizante. Assim, neste trabalho buscou-se avaliar o efeito fisiológico de diferentes doses em aplicações foliares, de um fermentado bacteriano contendo 30% em volume do aminoácido ácido L-glutâmico, com a identificação de alterações bioquímicas em folhas de plantas de batata 'Cristal', em sistema orgânico de produção.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo da batata foi conduzido no segundo semestre de 2011, com plantio em 02 de setembro, na área experimental de olericultura orgânica da Universidade Federal do Paraná, sob as coordenadas geográficas 25° 25' de latitude sul e 49° 06' de longitude oeste, com altitude de 920 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é temperado do tipo Cfb. O solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura média (EMBRAPA, 2006), com relevo suave ondulado.

Análise química do solo na camada de 0 a 15 cm, indicou os seguintes valores médios: pH (CaCl₂)= 5,55; pH SMP= 6,0; Al⁺³= 0; H⁺+Al⁺³= 5,50 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺= 9,85 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺= 9,8 cmol_c dm⁻³; K⁺= 0,54 cmol_c dm⁻³; P= 42,6 mg dm⁻³; C= 32,5 g dm⁻³; V%=72 e CTC= 15,54 cmol_c dm⁻³.

O preparo do solo foi realizado 15 dias antes do plantio dos tubérculos, com fertilização constando de 200 kg ha⁻¹ de termofosfato magnesiano (YOORIN

MASTER 1, com 17% de P_2O_5) e 4 t ha^{-1} de composto orgânico, o qual indicou os seguintes valores médios: $N= 30,3 \text{ g kg}^{-1}$; $P= 8,5 \text{ g kg}^{-1}$; $K= 6,6 \text{ g kg}^{-1}$; $Ca= 8,1 \text{ g kg}^{-1}$; $Mg= 4,1 \text{ g kg}^{-1}$.

No plantio utilizaram-se tubérculos da cv. Cristal (EMBRAPA), do Tipo III com brotação satisfatória. Essa cultivar possui crescimento vigoroso, tubérculos com formato oval-alongado e película amarela. Possui boa produtividade, com níveis moderados de adubação. Apresenta ciclo de 100 – 110 dias (PEREIRA *et al.*, 2005).

O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado, consistindo de aplicações foliares de uma solução com quatro doses (0,03; 0,06; 0,11 e $0,22 \text{ L ha}^{-1}$) de um fermentado de melaço de cana pela bactéria *Corynebacterium glutamicum*, contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico em volume e 6 % de carbono orgânico (Microquímica Indústrias Químicas Ltda), bem como uma testemunha com aplicação de água. As aplicações foram realizadas utilizando pulverizador pressurizado com CO_2 com pressão constante (45 lib pol^{-1}) e volume de calda de 280 litros por hectare.

As parcelas foram formadas por uma única linha de plantas no espaçamento de 0,80 m entre linhas por 4,0 m de comprimento, com área total de $3,2 \text{ m}^2$, com 10 tubérculos semente dispostos linearmente com espaçamento de 0,40 m entre eles.

Foram realizadas quatro aplicações com intervalo de dez dias, iniciando-se aos 20 dias após o plantio (DAP). Ao longo do desenvolvimento vegetativo foram realizadas as coletas de tecido vegetal para as avaliações bioquímicas aos 40 DAP, correspondendo ao décimo dia após a segunda aplicação, aos 50 DAP, correspondendo ao décimo dia após a terceira aplicação, e aos 60 DAP, correspondendo ao décimo dia após a quarta aplicação.

Em cada coleta utilizaram-se duas plantas de cada repetição, retirando – se duas folhas completas do terço médio de cada planta, que imediatamente foram congeladas. As coletas ocorreram entre as 9:00 e 10:00 h. Foram analisadas as seguintes variáveis bioquímicas: teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total, proteínas solúveis totais e a atividade da enzima nitrato redutase (EC 1.6.6.1).

As clorofilas a, b, total foram extraídas pelo método descrito por Arnon (1945), sendo 0,5 g de massa fresca de folha maceradas em almofariz com 10 mL de acetona 80%. Em seguida a amostra foi filtrada e transferida para cubeta,

realizando-se a leitura em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 645 e 663 nm (LICHTENTHALER, 1987).

A determinação de proteínas solúveis totais seguiu a metodologia de Bradford (1976), sendo 0,5 g de tecido vegetal fresco macerado em 2 mL de tampão fosfato 0,2M pH 6,7. Em seguida, em uma alíquota de 0,1 mL da amostra adicionou-se 5 mL do reagente Bradford, sendo após 10 minutos realizada a leitura em espectrofotômetro a 595 nm, e comparadas com uma curva padrão de proteína, partindo de uma solução de caseína.

A atividade da enzima nitrato redutase (EC 1.6.6.1) foi determinada segundo Jaworski (1971), sendo 1,0 g de tecido vegetal fresco macerado em 8 mL de tampão fosfato de K pH 7,5. Na sequência a amostra foi incubada em banho-maria por 1 hora a 37°C, com agitação e no escuro. Após incubação, foi adicionado 1 mL de sulfanilamida e 1 mL de α -naftil, deixando em repouso por 5 minutos, filtrado, e realizada a leitura em espectrofotômetro a 540 nm, e comparadas com uma curva padrão.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos, foram submetidos a análises de regressão, processadas pelo programa ASSISTAT, versão 7.6 Beta (SILVA, 2008).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas entre as variáveis testadas em função das doses do fermentado bacteriano contendo 30% aminoácido ácido L-glutâmico (AG30), indicando que a aplicação foliar do AG30 promoveu alterações bioquímicas nas folhas das plantas de batata 'Cristal', e que estas apresentaram comportamento variável em função da concentração e dos períodos de avaliação (Tabela 4.1).

As alterações nos teores de Chl a, Chl b e Chl total (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3), indicam a absorção e metabolização do AG30, corroborando o resultado de Beale *et al.* (1975), que comprovaram a absorção foliar do ácido L-glutâmico e sua atuação na biossíntese de clorofila.

As alterações dos teores de Chl em função das doses apresentaram comportamentos diferentes em cada época de coleta (40, 50 e 60 DAP), indicando

que além da dose, a fase fenológica e o número de aplicações podem interferir no efeito do AG30 relacionado aos teores de clorofila.

TABELA 4.1 – Resultados da análise de variância para clorofila a (Chl a) (mg g^{-1}), clorofila b (Chl b) (mg g^{-1}), clorofila total (Chl total) (mg g^{-1}), proteínas livres totais (mg g^{-1}) e atividade da nitrato redutase ($\mu\text{mol de NO}_2^-$ formado/g de tecido/hora) em folhas de plantas de batata ‘Cristal’, em função da aplicação foliar de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico, determinados em três épocas de coleta. UFPR, 2014

Quadrado Médio						
Fonte	GL	Chl a	Chl b	Chl total	Proteína	Nitrato redutase
Concentração	4	0,008**	0,004**	0,023**	0,49 ^{ns}	462,26**
Erro (a)	15	0,002	0,0002	0,003	0,37	4,82
Tempo	2	0,122**	0,029**	0,274**	23,75**	8410,32**
Concentração x Tempo	8	0,036**	0,007**	0,057**	1,14**	249,90**
Erro (b)	30	0,001	0,0002	0,004	0,48	5,70
CV %		4,42	4,36	5,46	9,75	6,96

ns não significativo $p \geq 0,05$, ** *Significativo $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, CV% = coeficiente de variação

Aos 40 DAP, após duas aplicações do AG30, os teores de Chl a, b e total (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3), apresentaram decréscimo em função do aumento da dose, sugerindo a utilização do ácido L- glutâmico em outras rotas, que não a da síntese de clorofila, possivelmente em função da menor área foliar nesse período e ao estímulo à emissão de estolões e tubérculos relacionados ao respectivo estágio fenológico das plantas de batata (TAVARES *et al.*, 2002).

As alterações nos teores de Chl a,b e total aos 50 DAP, apresentam aumento até a dose de 0,05 e decréscimo à partir de 0,10 L ha^{-1} , valores ajustados pela equação de regressão (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3).

Acréscimos nos teores de clorofila são justificados, uma vez que no metabolismo vegetal, o ácido L-glutâmico endógeno é precursor da síntese de clorofila nas folhas em desenvolvimento (YARONSKAYA *et al.*, 2006) e quando

aplicado via foliar, também exerce esse papel (BEALE *et al.*, 1975). Entretanto, verifica-se que no estágio de máxima expansão foliar e crescimento das plantas de batata, por volta dos 50 DAP (TAVARES *et al.*, 2002), após três aplicações de AG30, doses superiores a 0,10 L ha⁻¹ podem interferir negativamente na síntese destes pigmentos.

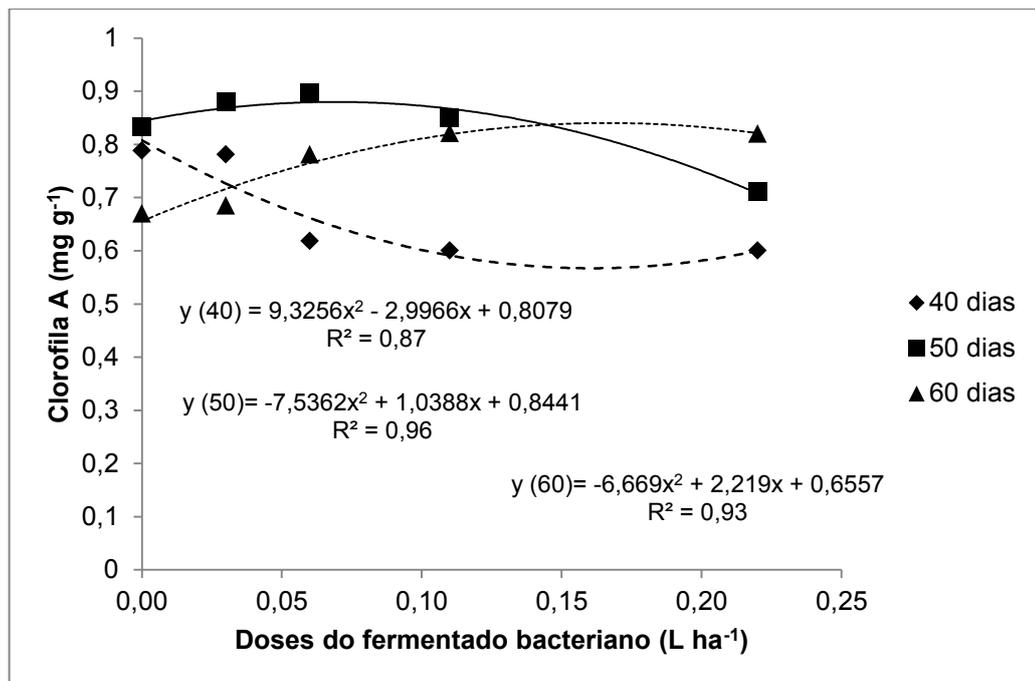


FIGURA 4. 1 - Teores de clorofila "a" em folhas de plantas de batata 'Cristal' em função da aplicação foliar de solução aquosa com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014

Aos 60 DAP, os teores de clorofila das plantas não tratadas foram inferiores os encontrados nas coletas anteriores, indicando o início da senescência das folhas, caracterizada por alterações bioquímicas que envolvem a degradação das clorofilas (STREIT *et al.*, 2005). Nesse período, após quatro aplicações, o efeito do AG30 em retardar a degradação dos pigmentos ficou bem caracterizado pelo aumento dos teores de Chl a e total até a dose de 0,10 L ha⁻¹, e de Chl b com aumento até a maior dose testada (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3). Esse resultado indica que o AG30 retardou a senescência das folhas da batata 'Cristal' nas condições do experimento.

Argenta *et al.* (2001) e Andreeva *et al.* (1998) afirmam que o desenvolvimento e o funcionamento do sistema fotossintético das plantas é dependente da assimilação de nitrogênio. Na assimilação do nitrato (NO₃⁻), o

nitrogênio do NO_3^- é convertido em uma forma mais energética, o nitrito (NO_2^-), reação catalisada pela enzima redutase do nitrato (EC 1.6.6.1) (RN). A partir da RN, ao final da rota metabólica tem-se o glutamato como resultado (TAIZ; ZEIGER, 2009). A RN é encontrada normalmente no citosol (TISCHNE, 2000), sendo sua atividade regulada por vários sinais internos e externos, como luz, ATP e NADPH, estes dois últimos produzidos durante o processo fotossintético, teor de nitrato, metabólitos de C e N (sacarose e glutamina, respectivamente) (SIVASANKAR; OAKS, 1996), relacionando assim, a atividade da RN à fotossíntese, por consequência à clorofila, e a fase fenológica, em função da demanda de N pelas plantas.

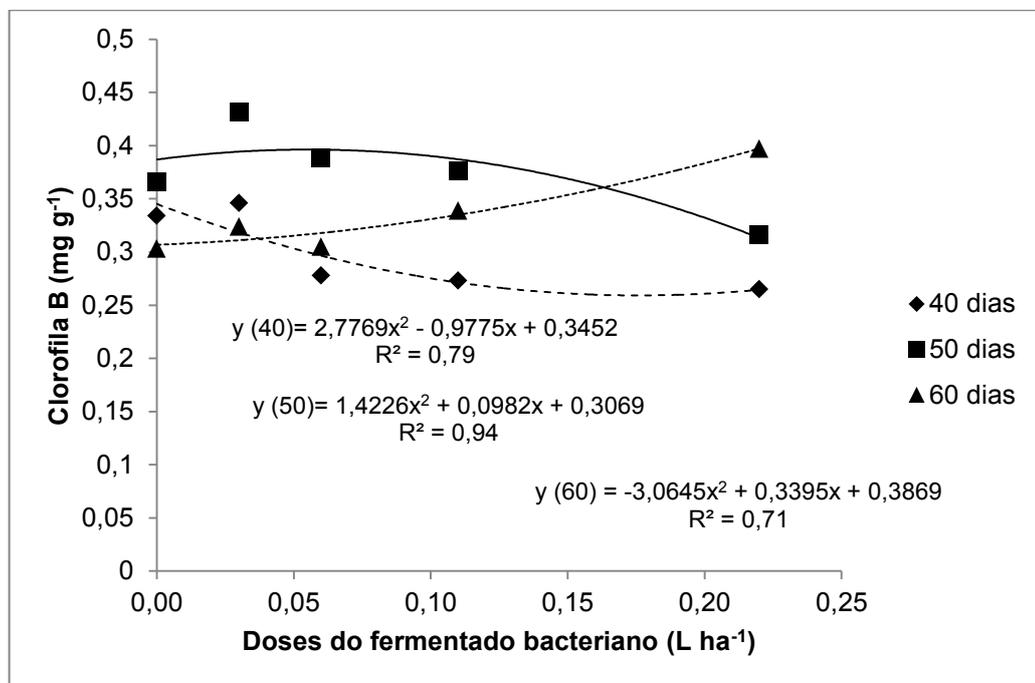


FIGURA 4. 2 - Teores de clorofila "b" em folhas de plantas de batata 'Cristal' em função da aplicação foliar de solução aquosa com diferentes doses de biofertilizante contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014

O comportamento da atividade da RN em função das aplicações de AG30, pode ser representado por uma equação polinomial de 2º grau, que explica 86, 88 e 99% das relações, respectivamente para os três períodos avaliados (40, 50 e 60 DAP) (Figura 4.6).

Aos 40 DAP não se verificaram alterações na atividade da RN, refletindo o estágio fenológico, como discutido quanto às clorofilas. Com o desenvolvimento e

crescimento das plantas, aos 50 e 60 DAP, e consequente aumento da demanda por N, verificam-se alterações na atividade da enzima em função das doses de AG30.

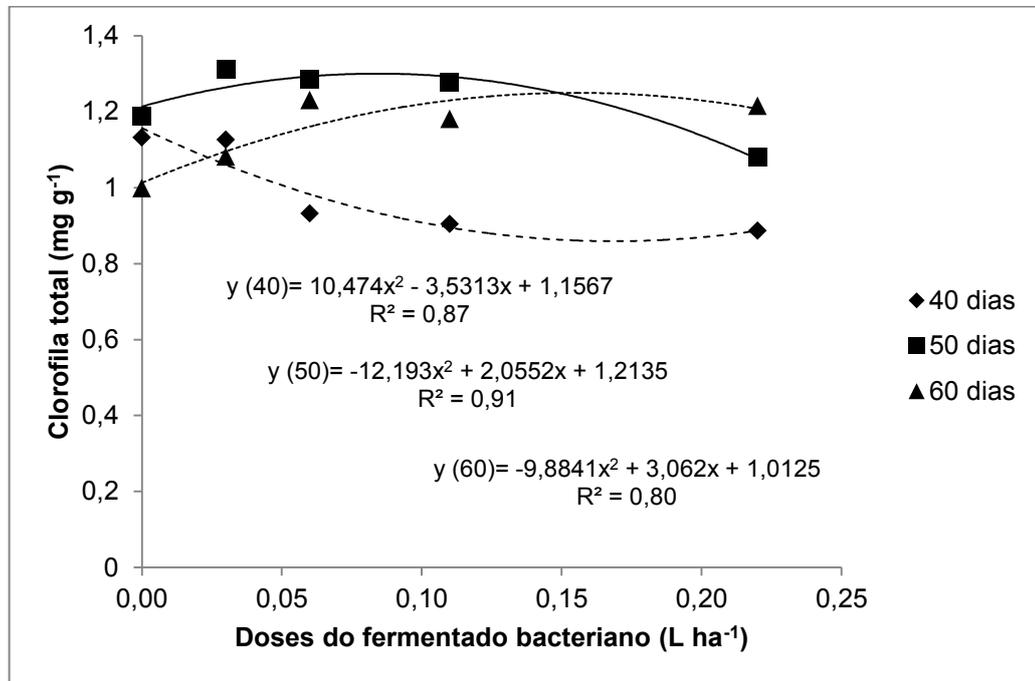


FIGURA 4. 3 - Teores de clorofila total em folhas de plantas de batata produzidas em função da aplicação foliar de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014

Sodek (2004) afirma que a luz influi diretamente na atividade da RN na folha, provocando mudanças em uma série de íons e metabólitos envolvidos nesse mecanismo de regulação. Com a fotossíntese, ocorre aumento no teor de açúcares fosforilados proporcionando condições favoráveis para a ativação da enzima. Outros fatores como a presença de metabólitos nitrogenados também estão envolvidos no aumento da atividade da RN (TAIZ; ZEIGER, 2009), explicando desta forma o aumento da atividade da enzima em função dos períodos de coleta, relacionado ao maior desenvolvimento vegetativo, maior taxa fotossintética nas plantas, produzindo os substratos necessários para a síntese da enzima.

Aos 50 DAT, doses entre 0,05 e 0,10 L ha⁻¹, valores ajustados pela equação de regressão, promoveram o maior aumento da atividade da RN, embora todas as doses tenham apresentado valores superiores aos das plantas não tratadas. Aos 60 DAT, as plantas não tratadas apresentaram valores de μmol de NO^{-2} formados por grama de tecido por hora, superior aos observados nos períodos anteriores,

indicando ser este o estágio de maior atividade da enzima dentre os períodos avaliados. Doses próximas a $0,05 \text{ L ha}^{-1}$ promoveram maior incremento na atividade da RN, enquanto doses superiores a $0,10 \text{ L ha}^{-1}$ reduziram a atividade da enzima aos 60 DAT (Figura 4.4).

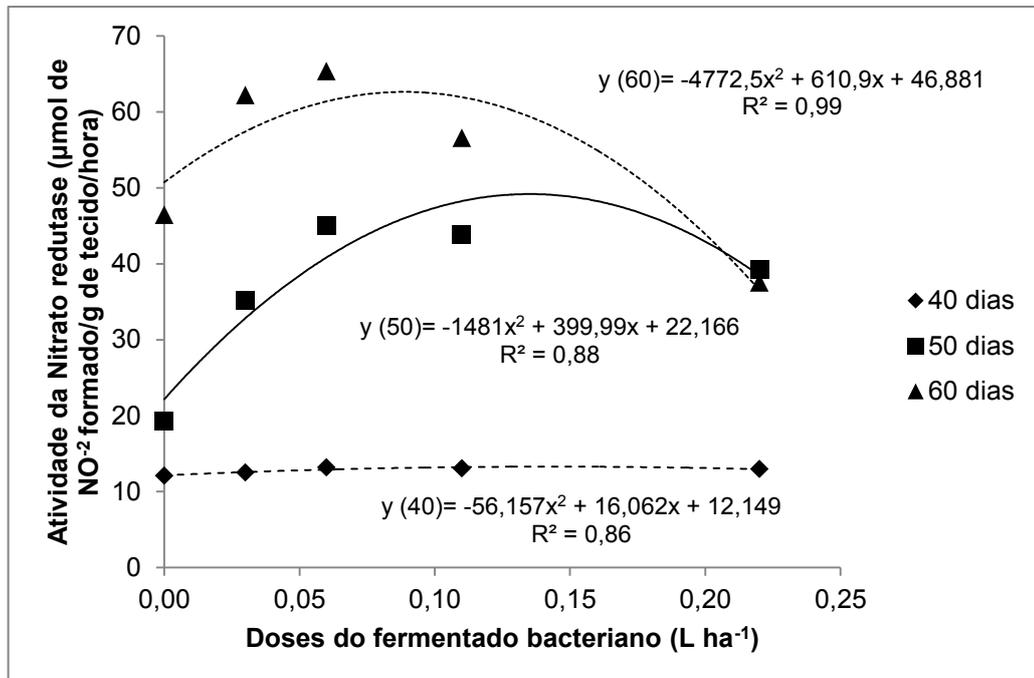


FIGURA 4. 4 – Atividade da redutase do nitrato em folhas de plantas de batata ‘Cristal’ em função de aplicações foliares de soluções aquosas em diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014

Da mesma forma que as alterações nos teores de clorofila observados neste trabalho, e já descritos na literatura (BEALE *et al.*, 1975; MÓGOR *et al.*, 2008), as alterações na atividade da RN em função das doses de AG30 aos 50 e 60 DAP indicam a absorção e metabolização do fermentado bacteriano e do ácido L-glutâmico nele contido.

Segundo Taiz e Zeiger (2009), o aminoácido ácido L-glutâmico desempenha papel fundamental na eficiência do metabolismo do nitrogênio, pois é o primeiro composto produzido na assimilação desse elemento, formando as amidas glutamina e asparagina, e a partir desses, o transporte do N para os diferentes órgãos da planta e a síntese de clorofila e outros aminoácidos. O nitrogênio na forma amoniacal é componente essencial dos aminoácidos que por sua vez formam as

proteínas (LEHNINGER, 2006). Assim, o aumento do teor de proteínas nas folhas da batata 'Cristal' como consequência do aumento da atividade da RN em função da aplicação de AG30 é esperado, e se confirma, especialmente aos 60 DAT (Figura 4.6) na dose em torno de $0,06 \text{ L ha}^{-1}$. Esse resultado indica que a aplicação do AG30 promoveu o aumento do teor de proteínas como consequência do aumento da atividade da RN.

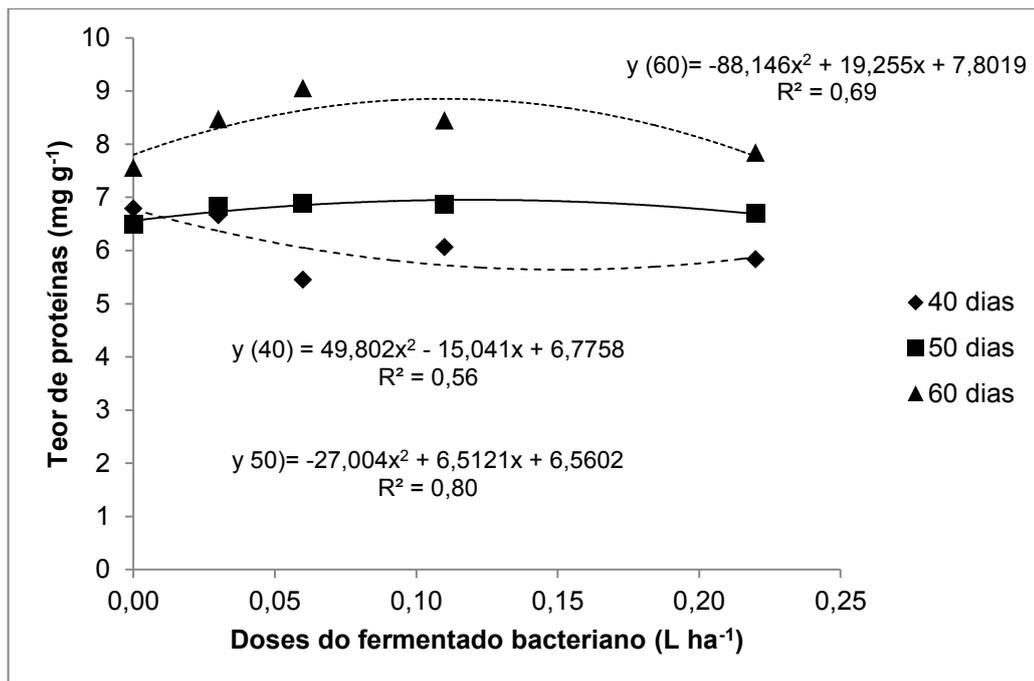


FIGURA 4. 5 - Teor de proteínas totais em folhas de plantas de batata 'Cristal' em função de aplicações foliares de soluções aquosas com diferentes doses de fermentado bacteriano contendo 30% de aminoácido ácido L-glutâmico. UFPR, 2014

A absorção e metabolização do AG30 ficou evidenciado pelas alterações nas variáveis bioquímicas analisadas, permitindo considerar a concentração de 30% em volume de ácido L-glutâmico contido no fermentado bacteriano como componente ativo de acordo com a Instrução Normativa 46, de 6 de outubro de 2011 do MAPA, relativa a produção orgânica, e como princípio ativo ou agente orgânico, de acordo com o Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, da legislação de fertilizantes. Além do aminoácido, o AG30 contém 6% de carbono orgânico e possivelmente outros compostos minoritários não identificados resultantes da fermentação bacteriana. Ficou evidenciado também, que AG30 pode ser considerado um

biofertilizante, ao conter componente ativo capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas.

4.4 CONCLUSÃO

Alterações nos teores de clorofila, atividade da enzima redutase do nitrato e teor de proteínas nas folhas de batata 'Cristal' indicam a absorção foliar e metabolização do fermentado bacteriano contendo 30% do aminoácido ácido L-glutâmico, que promoveu incrementos nos valores das variáveis bioquímicas testadas, com destaque para a dose de 0,06 L ha⁻¹, nos períodos de 50 e 60 dias após o plantio.

REFERÊNCIAS

ANDREEVA, T.F.; MAEVSKAYA, S.N.; VOEWDSKAYA, S.Y.U. The relationship between photosynthesis and nitrogen assimilation in mustard plants exposed to elevated nitrate rates in nutrient solution. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.45, p.702-705, 1998.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G. Clorofila na folha como indicador de nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v.31, p.715-722, 2001.

BEALE, S.; GOUGH, S.P.; GRANICK, S. Biosynthesis of delta-aminolevulinic acid from the intact carbon skeleton of glutamic acid in Greening Barley. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.72, p.2719-272, 1975.

BEZERRA, P.S.G., GRANGEIRO, L.G., NEGREIROS, M.Z. de; MEDEIROS, J.F. de. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. **Científica**, v.35, p.46-50, 2007.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p.248-254, 1976.

DELEITO, C.S.R.; CARMO, M.G.F.; FERNANDES, M.C.A.; ABBOUD, A.C.S. Ação do biofertilizante Agrobio sobre a mancha-bacteriana e desenvolvimento de mudas de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.117-122, 2005.

DREYER, A.; COELLO, N.; MONDIEL, E. Utilización de la metodología de superficie de respuesta de la optimización de um medio de cultivo para la producción de L-lisin por *Corynebacterium glutamicum*. **Agronomía Tropical**, v.50, p.167-88, 2000.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

FAO. **FAOSTAT: production crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 25 mai 2013.

GONÇALVES, M.de M.; MEDEIROS, C.A.B.; NAZARENO, N.R.X. de. Características do sistema de produção orgânica de batata. IN: NAZARENO, N.R.X. de. **Produção orgânica de batata – potencialidades e desafios**. Londrina: IAPAR, 2009. p.15-36.

JAWORSKI, E. K. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 43, p. 1274-1279, 1971.

LAMBAIS, G.R. **Aminoácidos como coadjuvantes da adubação foliar e do uso do glifosato na cultura de soja**. Dissertação. Piracicaba, 2001. 97p.

LEHNINGER, A. L. (cord.) **Princípios de bioquímica**. 4º ed. São Paulo: Sarvier, 2006.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Academic Press**, v.148, p.350-381, 1987.

MAPA – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2012)**. Disponível em: <<http://www.sistemaweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>> Acessado em: 27 abr 2012.

MÓGOR, A.F.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido L-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, v.9, p.431-437, 2008.

OLINIK, J.R.; MÓGOR, A.F.; RÖDER, C.; FABBRIN, E.G.S.; BETTONI, M.M.; POLETTO, M.R. Desenvolvimento de mudas de repolho em função da aplicação foliar de ácido L-glutâmico a 30%. **Horticultura Brasileira** v.29, p.S4256-S4260, 2011.

PEREIRA, A. da S.; CHOER, E.; BERTONCINI, O.; HIRANO, E.; DANIELS, J.; CASTRO, C.M. **Batata Cristal**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Comunicado Técnico, 117).

SILVA, F.A.S. **Sistema de Assistência Estatística – ASSISTAT versão 7.6 beta (em linha)**. Departamento de Engenharia Agrícola [DEAG], CTRN, Universidade Federal de Campina Grande [UFCG], Paraíba, Brasil, Campina Grande. Disponível em: <<http://www.assistat.com>> Acessado em: 09 mar 2014, 2008.

SIVASANKAR, S.; OAKS, A. Nitrate assimilation in higher plants: the effect os metabolites and light. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.34, p.609-620, 1996.

SODEK, L. Capítulo 4 - Metabolismo do Nitrogênio. IN: KERBAUY, G. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.65-81, 2004.

SOUZA, Z.S.; SILVA, A.C.F. da; BEPLER NETO, R. **Cadeias produtivas do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1999. 84p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 104).

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed, 719p, 2009.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; MELO, P.C.T. de. Cultura da batata. Piracicaba: ESALQ, 2002. (Série Produtor Rural, 18).

TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant Cell and Environment**, v.23, p.1005-1024, 2000.

YARONSKAYA, E.; VERSHILOVSKAYA, I.; POERS, Y.; ALAWADY, A.E.; AVERINA, N.; GRIMM, B. Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings. **Planta**, v.224, p.700–709, 2006.

5. CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que as aplicações foliares de AG30 foram eficientes em promover o desenvolvimento de plantas de batata conduzidas em sistema orgânico, e conseqüentemente, alterar a produtividade nos dois anos de experimento, dependendo da dose aplicada.

Ficou evidenciado também a absorção e metabolização do ácido L-glutâmico contido no fermentado, ao promover alterações bioquímicas nos teores de clorofila, redutase do nitrato e proteínas, bem como, alterações na MS, TCR e TAL, justificando desta forma os incrementos em produtividade.

Os resultados neste trabalho comprovam também que AG30 pode ser considerado um biofertilizante, ao conter componente ativo capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção.

Em função dos resultados obtidos, destaca-se a dose $0,06 \text{ L ha}^{-1}$ como a que promoveu maiores incrementos em produtividade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

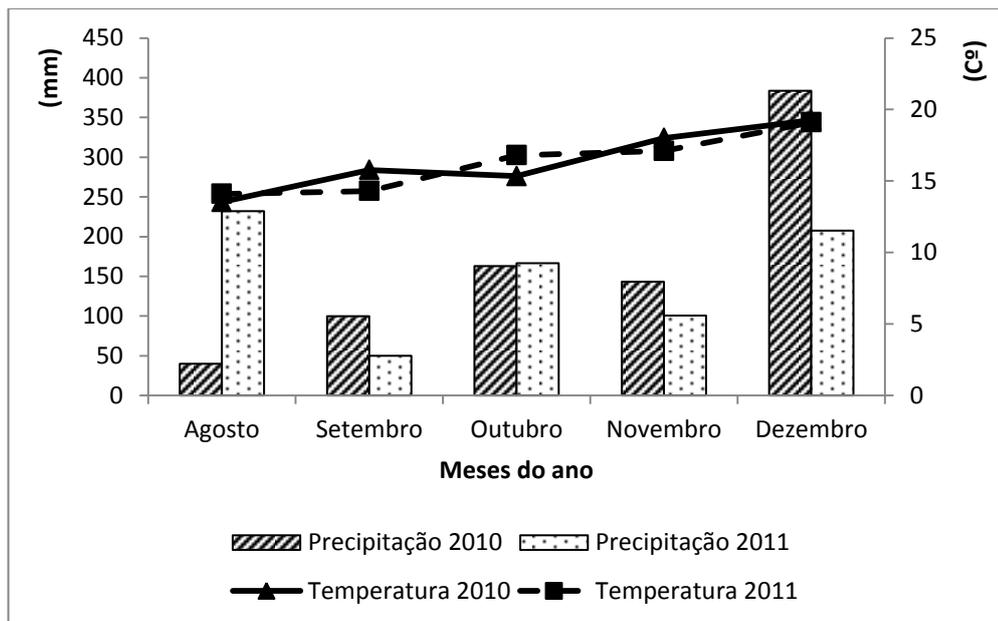
Até o momento, nenhum estudo semelhante, avaliando criteriosamente o desenvolvimento da batata com aplicação do fermentado bacteriano contendo 30% de ácido L-glutâmico, foi desenvolvido, e observando os bons resultados obtidos neste trabalho, este pode servir com alternativa para aumentos no rendimento da cultura da batata e como referência para novos trabalhos de pesquisa.

Ressalta-se que além do aminoácido ácido L-glutâmico, composto majoritário do fermentado, o AG30 contém 6 % de carbono orgânico e possivelmente outros compostos minoritários não identificados resultantes da fermentação bacteriana, os quais também podem ter contribuído para as alterações bioquímicas/fisiológicas com efeito na produtividade.

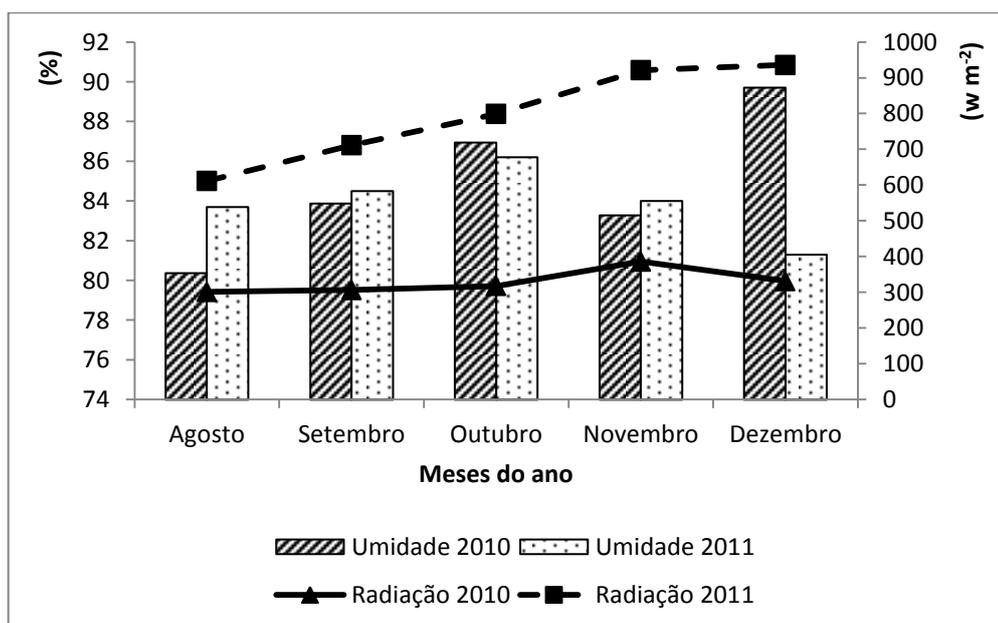
Constatou-se também, que dependendo do período de avaliação, a aplicação do fermentado apresenta respostas bioquímicas e de desenvolvimento diferentes, o que sugere que ao longo do desenvolvimento da planta ocorram alterações na rota de assimilação do ácido L-glutâmico. Essa constatação estimula novos estudos para a completa elucidação a atuação metabólica deste fermentado bacteriano aplicado às folhas das plantas.

ANEXOS

Os dados climáticos, precipitação média mensal (mm), temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa mensal (%) e radiação média mensal (w m^{-2}), durante o período de condução do experimento são apresentados nas Figuras 3.1 e 3.2.



ANEXO 1 – Precipitação e temperatura média mensal durante período de realização do experimento (SIMEPAR, 2012)



ANEXO 2 – Umidade relativa média mensal e radiação média mensal durante período de realização do experimento (SIMEPAR, 2012)



ANEXO 3 - Tubérculos semente usados no plantio



ANEXO 4 - Plantio 02 de setembro de 2011



ANEXO 5 - 16 setembro de 2011



ANEXO 6 - 1ª Amontoa 23 de setembro de 2011



ANEXO 7 - 2ª Amontoa 30 de setembro de 2011



ANEXO 8 - 10 de outubro de 2011



Anexo 9 - 14 de outubro de 2011



ANEXO 10 - Pleno florescimento (24 de outubro de 2011)



ANEXO 11 - Vista geral da área experimental



ANEXO 12 - 21 DAP – momento da 1ª amontoa



ANEXO 13 - 1ª colheita – 30 DAP (03 de outubro de 2011)



ANEXO 14 - 2ª colheita – 40 DAP (13 de outubro de 2011)



ANEXO 15 - 3ª colheita – 50 DAP (21 de outubro de 2011)



ANEXO 16 - 4ª colheita – 60 DAP (01 de novembro de 2011)



ANEXO 17 - 5ª colheita – 70 DAP (11 de novembro de 2011)