

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Lídia Ferreira Moraes
Fabiola Luzia de Sousa Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3 / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Lídia Ferreira Moraes, Fabiola Luzia de Sousa Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0377-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.777222306>

1. Agronomia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Moraes, Lídia Ferreira (Organizadora). III. Silva, Fabiola Luzia de Sousa (Organizadora). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O agronegócio brasileiro vem se expandindo cada vez mais, isso se deve ao constante crescimento populacional, com isso tem-se uma demanda maior por alimentos e insumos necessários para os processos produtivos, as importações e exportações também tem a sua influência para tal acontecimento, já que o Brasil se destaca entre os países que mais produzem.

Entretanto, mesmo com toda informação já existente ainda se faz necessário o desenvolvimento de novos estudos, a fim de capacitar e minimizar alguns entraves existentes no sistema de produção, considerando o cenário atual a demanda por informações de boa qualidade é indispensável.

Com isso, o uso de tecnologias, técnicas e pesquisas necessitam estar atreladas na produção agrícola para desde modo obter sucesso e alta produtividade. Com base nisso a obra “Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3” vem com o intuito de trazer aos seus leitores informações essenciais para o sistema agrícola.

Apresentando trabalhos desenvolvidos e resultados concretos, com o objetivo de informatização e capacitação acerca deste setor, oferecendo a possibilidade do leitor de agregar conhecimentos sobre pesquisas desenvolvidas para a agricultura. Pesquisas que buscam contribuir para o aprimoramento dos pequenos, médios e grandes produtores. Desejamos a todos, uma excelente leitura!

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Lídia Ferreira Moraes

Fabiola Luzia de Sousa Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE LA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO BORLAUG 100

José Luis Félix-Fuentes
Guillermo Fuentes-Dávila
Ivon Alejandra Rosas-Jauregui
Juan Manuel Cortes-Jiménez
Alma Angelica Ortiz-Avalos
José Eliseo Ortiz-Enríquez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223061>

CAPÍTULO 2..... 11

ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Sloanea obtusifolia* K. Schum

Taina Lyra da Silva
Khétrin Silva Maciel
Kamilla Antunes Alves
Carlos Eduardo Moraes
Luísa Oliveira Pereira
Maria Fernanda Dourado Martins
Rafael Henrique de Freitas Noronha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223062>

CAPÍTULO 3..... 19

GERMINAÇÃO DE SEMENTES, INDUÇÃO E ANÁLISE MORFO-HISTOLÓGICA DE CALOS DE *Myrciraria glomerata* (O. Berg) Amshoff

Silvia Correa Santos
Fernanda Pinto
Rodrigo Kelson Silva Rezende
Cláudia Roberta Damiani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223063>

CAPÍTULO 4..... 38

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO IRRIGADO SOB ESTRESSE HÍDRICO

João Henrique Zonta
Ziany Neiva Brandão
Josiane Isabela Silva Rodrigues
Heder Braun
Valdinei Sofiatti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223064>

CAPÍTULO 5..... 52

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE MAXIXE DO REINO

Mariana Costa Rampazzo
Fabrício Vieira Dutra

Rita de Cássia Santos Nunes
Gabriela Leite Silva
Adriana Dias Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223065>

CAPÍTULO 6..... 58

FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS NO SOLO E SEU USO EM SEMENTES DE ARROZ

Luiz Augusto Salles das Neves
Kelen Haygert Lencina
Raquel Stefanello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223066>

CAPÍTULO 7..... 77

IMPACTOS DE PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

João Pedro Novais Queiroz Guimarães
Rayanne Soeiro da Silva
Gabriel Brom Vilela
Thaise Dantas
Tassila Aparecida do Nascimento de Araújo
Rafaella de Paula Pacheco Noronha
João Batista Medeiros Silva
Maria Ingrid de Souza
Carlos Augusto Reis Carmona Júnior
Jamilly Verônica Santos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223067>

CAPÍTULO 8..... 88

ANÁLISE DE IMAGEM APLICADA AO MONITORAMENTO DA FERRUGEM DA SOJA

Aguinaldo Soares de Oliveira
Alexandra de Oliveira França Hayama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223068>

CAPÍTULO 9..... 98

DIAGNÓSTICO SOBRE A OCORRÊNCIA DO TEMA CÂNCER NOS CURRÍCULOS DAS UNIVERSIDADES PARANAENSES E UMA PROPOSTA DE CURSO *ONLINE* PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Camila Machado Ferreira Siqueira
Elaine Maria dos Santos
Rosilene Rebeca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223069>

CAPÍTULO 10..... 105

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAR AS PRESSÕES EM SILOS MULTICELULAR COM DESCARGA CONCENTRICA E EXCÊNTRICA

Hellen Pinto Ferreira Deckers
Francisco Carlos Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230610>

CAPÍTULO 11..... 125

RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA SECA E MATÉRIA MINERAL DE SILAGEM DE CANA - DE - AÇÚCAR TRATADA COM INOCULANTE E DIFERENTES NÍVEIS DE ADITIVOS QUÍMICOS

João Ribeiro da Costa Neto
Adriely Pereira Amaral
Andreia Santos Cezário
Wallacy Barbacena Rosa dos Santos
Jeferson Corrêa Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230611>

CAPÍTULO 12..... 129

PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE AGAVE PARA OBTENÇÃO DE SUCO PARA BIOINSETICIDA

Tarcisio Marcos de Souza Gondim
Joabson Borges de Araújo
Ziany Neiva Brandão
Everaldo Paulo de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230612>

CAPÍTULO 13..... 138

PERDAS QUANTITATIVAS NO ARRANQUIO MECANIZADO DE AMENDOIM NO PONTAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

José Augusto Neto da Silva Lima
Rodrigo Silva Alves
Victor Augusto da Costa Escarela
Elivânia Maria Sousa Nascimento
Carlos Alessandro Chioderoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230613>

CAPÍTULO 14..... 143

MULTISPECTRAL REFLECTANCE AND GEOSTATISTIC METHODS TO ESTIMATE LEAF NITROGEN CONTENT AND COTTON YIELD

Ziany Neiva Brandão
Célia Regina Grego
Lúcio André de Castro Jorge
Rodolfo Correa Manjolin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230614>

CAPÍTULO 15..... 155

ESCARIFICAÇÃO E OSMOCONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE *Passiflora alata* Curtis

Paula Aparecida Muniz de Lima
Simone de Oliveira Lopes
Rodrigo Sobreira Alexandre

Allan Rocha de Freitas
Gilma Rosa do Nascimento
Ingridh Medeiros Simões
Joana Silva Costa
Josiane Rodrigues de Almeida Coutinho
José Carlos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230615>

CAPÍTULO 16..... 168

Colletotrichum tropicale ASSOCIADO À ANTRACNOSE DO MARACUJAZEIRO NO BRASIL

Jackeline Laurentino da Silva
Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa
Maria Jussara dos Santos da Silva
Taciana Ferreira dos Santos
Tiago Silva Lima
Gaus Silvestre Andrade Lima
Iraíldes Pereira Assunção

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230616>

CAPÍTULO 17..... 177

MODELAGEM HIDROLÓGICA E GESTÃO HÍDRICA O CASO - CÓRREGO BANDEIRA, NERÓPOLIS - GOIÁS

Mariane Rodrigues da Vitória
Klaus de Oliveira Abdala

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230617>

CAPÍTULO 18..... 192

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER DE ÁCIDOS HÚMICOS EXTRAÍDOS DE SOLOS SOB DIFERENTES COMPOSIÇÕES VEGETAIS NO SUL DO BRASIL

Luisa Natalia Parra Sierra
Henrique Cesar Almeida
Denice de Oliveira Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230618>

CAPÍTULO 19..... 198

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM TERMOGRAFIA EM UMA AGROINDÚSTRIA

Enerdan Fernando Dal Ponte
Rosemar Cristiane Dal Ponte
Carlos Eduardo Camargo Nogueira
Jair Antônio Cruz Siqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230619>

CAPÍTULO 20..... 205

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DA CARGA TÉRMICA RADIANTE

NO INTERIOR DE GALPÕES

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza

Pedro Hurtado de Mendoza Morais

Charles Esteffan Cavalcante

Ronei Lopes dos Santos

Felipe Schmidt Ruver

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230620>

SOBRE AS ORGANIZADORAS 216

ÍNDICE REMISSIVO 217

FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS NO SOLO E SEU USO EM SEMENTES DE ARROZ

Data de aceite: 01/06/2022

Luiz Augusto Salles das Neves

<http://lattes.cnpq.br/6291209703922578>

Kelen Haygert Lencina

<http://lattes.cnpq.br/4928712279269846>

Raquel Stefanello

<http://lattes.cnpq.br/4476573588686746>

RESUMO: O presente artigo traz uma revisão de literatura referente a fitotoxicidade de resíduos vegetais que afetam a plantas, sobretudo as plantas de arroz. Os ácidos orgânicos produzidos pela decomposição dos resíduos que permanecem nas lavouras, principalmente o ácido acético e o ácido propiônico, afetam a germinação das sementes. Além disso, outros fatores como o índice de velocidade de germinação (IVG) e o índice de velocidade de emergência (IVE) são afetados pela presença desses ácidos orgânicos na solução de solo. Por fim, percebe-se que a presença desses ácidos no solo afetam principalmente as raízes das plantas, prejudicando a absorção de nutrientes e o desenvolvimento inicial das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Ácidos orgânicos, ácido acético, ácido propiônico, arroz.

PHYTOTOXICITY OF PLANT RESIDUES IN THE SOIL AND ITS USE IN RICE SEEDS

ABSTRACT: This article presents a literature

review regarding the phytotoxicity of plant residues that affect plants, especially rice plants. Organic acids produced by the decomposition of residues that remain in crops, mainly acetic acid and propionic acid, affect seed germination. In addition, other factors such as germination velocity index (IVG) and emergence velocity index (IVE) are affected by the presence of these organic acids in the soil solution. Finally, it is noticed that the presence of these acids in the soil mainly affect the roots of the plants, impairing the absorption of nutrients and the initial development of the seedlings.

KEYWORDS: Organic acids, acetic acid, propionic acid, rice.

INTRODUÇÃO

Os estudos referentes às substâncias produzidas pela decomposição de matéria orgânica nos solos em condições anaeróbica principalmente, têm mostrado grande interesse há muito tempo. Há algum tempo atrás os cultivos agrícolas, sobretudo o arroz, tinham como preparo do solo a quase pulverização deste pelo intensivo uso de maquinário, a fim de que o solo não apresentasse torrões maiores e resíduos de plantas. Essa técnica aplicada na agricultura nas décadas até 1980 provocou uma perda de solo de forma significativa e, como consequência, a necessidade de aumento do uso de fertilizantes químicos. Praticamente, a partir daquela época a agricultura sofre uma grande modificação com a introdução

da tecnologia da semeadura direta e do cultivo mínimo. Ambas as técnicas preveem o mínimo de movimento do solo pelas máquinas e o plantio direto começou a se fazer mais presente nas lavouras de sequeiro. Soja, trigo, milho, principalmente, receberam essa nova tecnologia e tiveram grande sucesso. Já havia, de certa forma, a técnica do binômio trigo-soja ou trigo-milho, porém o objetivo era outro. Esse binômio era mais para quebrar os ciclos biológicos dos patógenos e não objetivava, efetivamente, o melhor uso da terra. Então surgiu a semeadura direta. Nesse caso a cultura principal, soja, por exemplo, era plantada sob a resteva do trigo sem que a palhada anterior fosse incorporada no solo pelo uso de gradeação. Ou ainda, o uso de plantas considerada pastagem e/ou de cobertura para proteger o solo durante o inverno e quando chegasse a semeadura da soja ou milho bastava passar uma grade para cortar a cultura que estivesse sobre o solo. A proteção desse ficou imensa e a produtividade aumentou a despeito do uso de mais fertilizante. Além disso, a estrutura física do solo melhorou muito, pois agora pode reter mais umidade e permitir melhor desenvolvimento das plantas.

A tecnologia nova de semeadura direta alcançou também a cultura do arroz. Todavia, a planta de arroz tem um comportamento diferenciado em relação às culturas de sequeiro citadas, por exemplo. As raízes do arroz respiram embaixo de uma lâmina de água, devido a meristemas específicos para isso. Para essa cultura, o arroz, a técnica da semeadura direta também foi aplicada, sobretudo para melhorar a estrutura física do solo. Entretanto, os resultados não foram os mesmos para as culturas de sequeiro, principalmente devido a decomposição dos resíduos vegetais anteriores e/ou de pastagens semeadas nessa terra para o engorde de animais durante o inverno.

A decomposição dos resíduos vegetais de forma anaeróbica produz componentes fitotóxicos que atuam sobre a cultura que será implementada, no caso o arroz. Esses produtos foram detectados e chamados de ácidos orgânicos de forma geral, embora se saiba que há outros componentes da decomposição que também são produzidos e atuam como estimulantes.

Como o estande da lavoura de arroz diminuía no início da emergência das plantas, a técnica da semeadura direta foi deixada de lado. Entretanto, ficou aberto um longo caminho de pesquisa a fim de identificar as substâncias fitotóxicas e seus efeitos em várias fases das culturas.

O objetivo dessa revisão é o de estudar os componentes fitotóxicos produzidos e seus efeitos na cultura do arroz, principalmente na sua segunda parte. O tema não se esgota, pelo contrário, abre oportunidades para a pesquisa no campo da alelopatia que, ultimamente tem crescido muito e não só sob o ponto de vista da decomposição anaeróbica de resíduos vegetais, mas também com o uso de técnicas da área da química que permitem conhecer quais produtos estão presentes nas mais diferentes partes dos vegetais e que possam ser usadas como inibidores de ervas daninhas e suas sementes.

Por fim, fez-se uma revisão de literatura dividida em duas partes. A primeira

objetivando a preocupação sobre o tema na década de 1960 e a segunda parte o uso de ácidos orgânicos sobre a fisiologia de sementes de cultivar de arroz, já que nessa cultura seus efeitos são mais expressivos.

PARTE I

SUBSTÂNCIAS FITOTÓXICAS ASSOCIADAS COM A DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS NO SOLO

Resíduos de plantas de várias fontes constituem um importante componente no solo. Esses materiais, na forma de tecidos mortos, com imensa diversidade química, são decompostos pela ação de agentes bióticos e abióticos. Durante a decomposição várias interações, transformações e sínteses ocorrem. Por isso, o solo e o ambiente das raízes das plantas contém uma variedade de componentes químicos, vários dos quais, sem dúvida, têm importantes efeitos em todas as fases do desenvolvimento das plantas. Como a maioria dos problemas associados com solo passam existir, estudos da decomposição de resíduos de plantas, frequentemente produzem resultados que são de difíceis interpretações ou que abrem possibilidades para interpretações controvertidas.

Uma das mais importantes questões associadas com resíduos de plantas é se as substâncias produzidas durante a decomposição possuem propriedades fitotóxicas. Devido ao possível impacto na produtividade do solo esta questão tem sido investigada nos últimos 200 anos. Considerável quantidade de literatura e muitas controvérsias têm-se acumulado sobre os efeitos benéficos e detrimenais dos resíduos de plantas e seus produtos resultantes da decomposição. Como é evidente na literatura citada (BONNER, 1950, BÖRNER, 1960, MARTIN, 1957) sob várias condições podem surgir substâncias tóxicas durante a decomposição de resíduos vegetais. Entretanto, várias questões ficam sem respostas ou são controversas. Entre essas questões estão os problemas de acumulação, estabilidade, persistência e concentração desses componentes no solo. Há considerável dúvida de como esses componentes são produzidos em condições de campo e acumulados em quantidade suficientes para produzir efeitos tóxicos. Há também questões referentes à natureza química dos componentes fitotóxico, seus efeitos específicos nas plantas, na ausência de outro fator causal, e sua significância no ambiente agroecológico.

PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS FITOTÓXICAS E SEUS EFEITOS DEVIDO AS CONDIÇÕES DE DECOMPOSIÇÃO

Como indicado (PATRICK et al., 1964) a toxicidade dos componentes no solo é devido, frequentemente, aos constituintes orgânicos associados a compactação, falta de aeração ou submersão dos solos.

A decomposição da matéria orgânica é complexa, pois nas condições, anaeróbicas

e aeróbicas, segue mecanismos diferentes de formação de componentes orgânicos simples que são, então, metabolizados. Sob condições anaeróbicas esses componentes desaparecem rapidamente e o material microbiológico é sintetizado. Quando o oxigênio é deficiente e grande quantidade de matéria orgânica decomposta está disponível, ácidos graxos voláteis e outros ácidos orgânicos se acumulam e durante muito tempo a síntese microbiana é inibida. Entre os componentes formados sob tais condições estão o metano, sulfato de hidrogênio, o etileno, os ácidos acético, láctico, butírico, fórmico e outros ácidos orgânicos. Componentes fenólicos incluindo siringaldeído, vanilina, p-hidroxibenzaldeído, ácido ferúlico, siríngico, vanílico, assim como vários aminoácidos e outros produtos intermediários resultantes da quebra dos citados (BÖRNER, 1960; MARTIN, 1957; SKINNER, 1918). Vários desses componentes têm-se mostrado fitotóxico em experimentos de laboratório. Não tem sido difícil demonstrar a decomposição dos componentes fitotóxicos durante a decomposição de resíduos em condições anaeróbicas. Nos estudos, por exemplo, encontram-se que extratos aquosos de solo com resíduos de centeio, cevada, capim Timóteo, milho, trigo, fumo e outras plantas demonstraram ser mais fitotóxicos em condições de alagamento do que em condições de baixa umidade. Não foi detectada toxicidade quando os resíduos foram retirados antes do solo ser submetido a umidade. As condições de saturação não têm se mantidos durante todo o tempo da decomposição.

Altos níveis de fitotoxicidade foram obtidos nos estágios iniciais da decomposição. A atividade fitotóxica se tornou evidente após cinco dias de decomposição, atingindo um máximo após três semanas, declinando após 5 a 7 semanas. Resultados similares foram encontrados por Welbank (1963) quando determinou que condições anaeróbicas, nos solos, durante a decomposição de resíduos de plantas foi muito importante para o desenvolvimento da toxicidade.

Em extensivos estudos foram reportados que enquanto a prática de manter resíduos de culturas sobre a superfície do solo foi efetiva no combate a erosão, o crescimento das plantas foi inibido em culturas de inverno. Foram obtidos pelos autores injúrias nas plantas com extratos retirados de tais resíduos (McCALLA e HASKIN, 1964)

Recentemente, Guenzi e McCalla (1966) identificaram os ácidos vanílico, p-cumárico, p-hidroxibenzoico, siríngico, protocatecoico, e ferúlico nos extratos derivados de palha. Ácidos fenólicos similares foram reportados por Börner (1960), quando estudava a decomposição de resíduos vegetais em solos. Foram identificados os ácidos benzoico, fenilacético, fenilpropionico e 4-fenilbutírico em extratos solúvel de cevada e resíduos de decomposição de outras plantas, em laboratório e no campo. Tais resultados conduziram investigadores a concluir que a formação de produtos fitotóxicos derivados da decomposição está associado, principalmente, com a real decomposição da matéria orgânica, sob condições adversas de aeração. Esses investigadores acreditaram que a ocorrência de tais substâncias sob condições normais de solo podem ser relativamente raras. Efeitos injuriosos nas plantas dessas substância, acreditam, ser insignificantes. Porém, estudos recentes

(McLAREN e SKUJINS, 1968) na aeração do solo e no relacionamento microecológico dentro do solo sugerem que flutuações entre condições aeróbicas e anaeróbicas ocorrem rapidamente. Isso é possível, pois há pequenos sítios de anaerobiose espalhados no solo. Por períodos temporários seguidos de chuvas e de irrigação essa situação pode aumentar nesses sítios. Essas são condições que ajudam a formação de altas concentrações de produtos fitotóxicos da decomposição e podem ser mais comuns do que geralmente se sabe e não necessariamente ficar condicionado ao alagamento dos solos.

Como indicado, os relatos de fitotoxicidade efetivamente existe e é importante sob as condições de campo. Como previsto (PATRICK et al., 1964) no solo temos uma distribuição de sistemas dinâmicos onde todos os efeitos são transitórios, onde a produção, transformação e destruição das substâncias passam de reação em reação. Tem sido difícil a detecção e identificação de fitotoxinas e de outros componentes biologicamente ativos, assim como da importância da correta extração e corretos procedimentos de bioensaios para determinar tais componentes. O ideal é que os procedimentos refletissem as condições ecológicas do solo que são encontradas pelas plantas. Por exemplo, se um solo tem relativa quantidade de resíduos de plantas, cerca de 10% de seu peso, o método utilizado deve mostrar tal valor. Isso pode estar desigualmente distribuído e ocorrer em locais que variam de tamanho e abundância. O solo é um meio uniforme, mas composto por grande variedade de microhabitats que contém variação nas atividades microbiológicas nos padrões de difusão de solutos (CHAPMAN, 1965; McLAREN e SKUJINS, 1968). Pesquisas na produção de fitotoxinas podem se sobrepor nesse sistema sem terem devida interpretação. É esperado que várias dessas substâncias que são produzidas durante a decomposição dos resíduos das plantas possam estar de conformidade com essas relações. Elas podem estar desigualmente distribuídas e associadas com locais de atividades biológicas vicinais aos resíduos. A decomposição desses resíduos das plantas ou qualquer substância orgânica está num processo contínuo e requer rápido e sensível método de ensaio que possa detectar substâncias fitotóxicas, que estão no intervalo entre a produção e o deprecimento. É evidente a obtenção de resultados contraditórios, pois nesse intervalo há substâncias altamente tóxicas, não tóxicas e estimulantes para as plantas, durante a decomposição. Devido à natureza efêmera de tais produtos e sua rápida transição de um tipo de ação fisiológica para outro, esses produtos podem ocorrer frequentemente misturados. Entretanto, durante sua fase ativa, podem, e frequentemente fazem, a indução de importantes efeitos na vida das plantas e podendo aparecer como estimulantes (BÖRNER, 1960; PATRICK, 1964). Todavia, o mais significativo caminho para a produção de fitotoxinas no campo está separada da decomposição de fragmentos residuais na maioria dos solos.

Patrick et al (1964) usaram um método de extração de substâncias fitotóxicas da maioria dos resíduos vegetais que estão em decomposição no campo em vários períodos. Tais substâncias podem ser extraídas somente dos resíduos que estão livres no solo, do

solo que está em contato com tais resíduos e de solos com alto conteúdo de resíduos de plantas. Mas a atividade não fitotóxica pode ser detectada em extratos de solo e de resíduos vegetais com relativa proporção.

As folhas de tabaco que foram amostradas cresceram em resíduos de centeio. A cultura de centeio no campo havia sido usada como adubo verde de 3 a 4 semanas antes. As amostras foram subdivididas em quatro categorias e extratos aquosos foram preparados de cada uma delas. As categorias foram (a) solo e resíduo na mesma proporção encontrada no campo; (b) resíduos de centeio em decomposição somente (esses foram obtidos pela separação dos resíduos das partículas do solo); (c) solo em direto contato com fragmentos de resíduos em decomposição; (d) solo livre dos resíduos em decomposição. Todos os procedimentos de extração foram realizados no dia da amostragem e conservados a frio (3 a 4 °C). Detalhes do bioensaio são similares descritos por Patrick et al. (1964). Os resultados revelaram que os extratos obtidos do solo com resíduos em relativa proporção encontrada no campo (método “a”) teve pequeno efeito na germinação das sementes e no crescimento das plântulas de alface e fumo, usadas no bioensaio. Sementes mortas, injúrias nas raízes e redução considerável em seu crescimento foram observados nos extratos obtidos dos fragmentos dos resíduos em decomposição (método “B”). Similar fitotoxicidade foi também exibida com extratos de solo que estava em contado com resíduos de centeio em decomposição (método “C”). Nenhuma fitotoxicidade foi verificada no método “d” no qual os resíduos foram removidos do solo.

Os extratos fitotóxicos foram purificados por extração com éter usando a técnica de cromatografia e vários solventes como descrito em Toussoun et al (1968). Por essa técnica foram identificadas as substâncias: ácidos acético, butírico, benzoico, fenilacético, hidrocínâmico, 4-fenilbutírico e ferúlico, nas zonas injuriadas. Foram encontrados 5 picos adicionais que não foram identificados, mas não parece ser dos ácidos graxos. Usando método similar foi possível mostrar que substâncias fitotóxicas frequentemente acompanham a decomposição de vários resíduos vegetais. Esses resultados podem explicar algumas das razões para os resultados inconsistentes que podem ser obtidos e as discrepâncias na literatura relevante concernente a produção e existência de tais substâncias em condições de campo. Essas referências bibliográficas também sugerem procedimentos experimentais bem convincentes para o estudo desse grupo de substâncias e para trabalhar somente com locais onde são produzidas. Isso é possível somente onde resíduos vegetais estão visíveis e durante os estágios precoces de decomposição.

A concentração de tais substâncias no solo e seus efeitos nas plantas pode ser considerada de aspecto microecológico. Por exemplo, as raízes crescem através do solo podem ser afetadas pelas substâncias fitotóxicas que foram produzidas em microhabitats. Por isso, a extensão das injúrias nas raízes ou outros efeitos é dependente da frequência casual do encontro com os sítios e as substâncias fitotóxicas. Sob condições de campo, os efeitos injuriosos nas plantas podem estar distribuídas desigualmente e a severidade está

relacionada com a quantidade dos resíduos imediatamente vicinais as raízes (PATRICK et al., 1971). Essa hipótese foi testada em intensivos estudos em condições de campo (PATRICK et al., 1964) e as raízes injuriadas foram similares as observadas em condições de laboratório. Quantidades grandes de resíduos de plantas foram adicionadas ao solo e os efeitos fitotóxicos foram aumentados com a decomposição e produção de toxinas.

EFEITO DAS FITOTOXINAS NAS RAÍZES

Os efeitos das injúrias nas plantas foram reportadas devido a fitotoxicidade dos produtos resultantes da decomposição (McCALLA e HASKINS, 1964; BÖRNER, 1960; BONNER, 1950; SKINNER, 1918). Isso inclui a morte ou completa inibição da germinação das sementes, parada do desenvolvimento, injúrias no sistema radicular, desarranjo na absorção de nutrientes, clorose, murcha e morte da planta. Nos estudos de Patrick et al (1958) e Patrick et al (1963) esses mesmos efeitos foram obtidos. Um dos mais interessantes efeitos notados foi a rápida inibição da respiração nas raízes e na parte aérea e isso ocorre quando plântulas de tabaco e alface foram expostas aos extratos durante uma hora. Outro fator notável foi a extrema sensibilidade das raízes aos extratos fitotóxicos. A raiz primária se mostrou muito sensível. A região do meristema apical da raiz apresentou anormalidades, descoloração e parecia estar morta. O efeito no meristema apical foi rápido e o aparecimento da cor marrom pode ser detectado com menos de uma hora de exposição. Injúrias no meristema apical foi um efeito consistente e característico das fitotoxinas nas raízes e serviu para diagnóstico correto da expressão fenotípica no campo.

Em laboratório, o crescimento dos pelos radiculares foi também inibido. Injúrias na forma de depressão e descolorações foram também notadas nas raízes das plantas quando essas entraram em contato com das doses dos fitotóxicos. As toxinas parecem, também, afetar a permeabilidade das células nas raízes, resultando no marcante incremento de exsudatos de ninhidrina-positiva e açúcares das áreas em contato com as fitotoxinas (PATRICK e KOCH, 1963). Como discutido por Whitehead (1964), Börner (1960) e Patrick et al. (1964) alterações significativas podem ser induzidas por condições bioquímicas e fisiológicas das plantas, podendo, então, ter relações significantes com a nutrição das plantas e a etiologia das doenças nas raízes.

A ESPECIFICIDADE DAS PLANTAS ASSOCIADAS COM FITOTOXINAS

Os efeitos fitotóxicos parecem ter uma característica inerente de várias espécies de plantas. Um dos melhores exemplos conhecidos de fitotoxicidade associada com plantas específicas é o efeito da noqueira nigra (*Juglans nigra*) em tomates e outras plantas (BÖRNER, 1960; PATRICK et al., 1964). Várias espécies de ervas daninhas e vegetação nativa têm sido implicadas em similares problemas de fitotoxicidade. Várias dessas têm

sido associadas com sucessões ecológicas de plantas com o fenômeno da alelopatia (TUKEY, 1969). Problemas de natureza similares onde importantes culturas econômicas estão envolvidas são as derivadas de solos empobrecidos. Nesse caso há um complexo de problemas onde vários fatores causais parecem estar envolvidos.

Como indicado há várias ramificações desse estudo que não podem ser consideradas no espaço limitado disponível. Há dúvidas, entretanto, que substâncias que são tóxicas para as plantas são produzidas durante a decomposição de resíduos vegetais no solo e isso pode afetar as plantas de várias formas. As substâncias fitotóxicas são produzidas mais abundantemente nos estágios precoces da decomposição e sob condições anaeróbicas. Há várias questões ainda que podem ser levantadas especialmente aquelas relacionadas com as condições de campo, como: como várias substâncias são produzidas, em qual sequência, qual gradiente de concentração deve ser necessário para produzir efeito fitotóxico. Há necessidade de se estabelecer técnicas e métodos especiais para melhores estudos. O uso da cromatografia oferece bons resultados para a separação e identificação das várias substâncias produzidas.

É evidente que embora os estudos dessa natureza envolvam grande técnica e dificuldades interpretativas é um campo excitante. Isso é a indicação das consequências biológicas da decomposição dos resíduos vegetais no solo que são imensas e demonstra várias fases no desenvolvimento das plantas afetadas.

PARTE II

APLICAÇÃO DOS ÁCIDOS ACÉTICO E PROPÍÔNICO SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ (CV BR IRGA-409)

Efeitos dos ácidos orgânicos

As plantas possuem compostos químicos, derivados do metabolismo secundário em sua maioria, que podem agir sobre sementes inibindo ou aumentando seu poder germinativo, além de poderem atuar sobre o desenvolvimento das plântulas estabelecidas no campo.

Com o advento do plantio direto como prática conservacionista estabelecida em culturas de milho, soja, trigo, principalmente, por serem cultivadas em encostas, por um lado e como prática revitalizadora do solo, por outro lado, os efeitos dos componentes químicos derivados das plantas começaram aparecer, pois suas concentrações aumentaram pela degradação contínua dos resíduos deixados sobre o solo ou nele incorporados antes da semeadura, principalmente em terras baixas.

Há então questões a serem respondidas referentes à acumulação, estabilidade, persistência e concentração dos componentes resultantes da degradação no solo. Há dúvidas concernentes as concentrações acumuladas que poderão causar efeitos tóxicos.

A decomposição dos resíduos vegetais no solo pode ocorrer em condições aeróbicas e anaeróbicas. Na primeira, as substâncias produzidas desaparecem rapidamente e os resíduos se transformam em material orgânico capaz de ser utilizado pelos microrganismos do solo. Porém quando o oxigênio é deficiente devido a irrigação, a síntese microbiana é impedida de degradar os resíduos, então o acúmulo desse produz ácidos orgânicos voláteis (Patrick, 1971). Entre os ácidos orgânicos produzidos dessa forma estão os ácidos acético, propiônico, butírico, fórmico e láctico e, ainda, componentes fenólicos incluindo a vanilina e o ácido ferúlico (PATRICK, 1971; LYNCH, 1980; BHOWMIK E DOLL, 1982; CAMARGO et al., 1993 a.).

Devido à presença desses compostos altos níveis de toxicidade foram obtidos nos estágios iniciais da decomposição até cerca de três semanas. A partir desse período até sete semanas houve redução da concentração dos ácidos e, conseqüentemente, do poder fitotóxico, relata Welbank (1963) quando estudou o comportamento da decomposição de *Agropyron repens* L. e Ponnampertuma (1972) quando analisou solos submersos sob o ponto de vista químico.

Estudos realizados entre aeração do solo, atividade microbiana no solo e a deposição de palhada, foram encontrados sítios de anaerobiose nos quais os componentes químicos citados estavam presentes, pois em solos altos as chuvas ou a água de irrigação, associada aos resíduos vegetais, propiciam a formação desses sítios. Em solos irrigados, como o de várzeas, a quantidade de sítios de anaerobiose é maior e por isso maior é a possibilidade de formação dos ácidos orgânicos nesses solos (PATRICK, 1971; CAMARGO et al., 2001).

A concentração dos ácidos orgânicos no solo varia de acordo com a quantidade e qualidade do resíduo vegetal. Palha de arroz na quantidade de 100 mg Kg⁻¹ de solo produz 14 mmol Kg⁻¹ de ácido acético, com 14 dias de incubação; 1,3 mmol Kg⁻¹ de ácido propiônico, com 28 dias e 4,8 mmol Kg⁻¹ de ácido butírico com 3 dias de incubação; palha de azevém incorporada no solo produz, no total, 45,2 mmol Kg⁻¹ de ácidos orgânicos com 28 dias de incubação (CAMARGO et al., 2001). Percebe-se com isso que os ácidos orgânicos variam sua concentração em relação ao tempo.

A variação da concentração dos ácidos orgânicos tem como principal fator a temperatura. Estudos em condições anaeróbicas da decomposição da palha de trigo num sistema aquoso mostraram que os ácidos acético e butírico tiveram suas concentrações aumentadas quando a temperatura da solução aumentou de 10°C para 20°C (LYNCH, 1978; WALLACE e ELLIOTT, 1979).

Pelas mais diferentes metodologias de análise a concentração dos ácidos aplicados às plantas é variável, pois alguns autores relatam a aplicação de soluções aquosas de material vegetal incubado no solo de vasos ou sobre plantas emergidas. Rao e Mikkelsen (1976), nesse caso, realizaram a incorporação da solução aquosa de palha de arroz nas concentrações zero; 0,25% e 0,50% juntamente com os resíduos sólidos, em vasos, para analisar o crescimento e a nutrição de plântulas de arroz. Por sua vez, Rao e Mikkelsen

(1977) verificaram que concentrações de 0,5 mmol 100g⁻¹ de solo, os ácidos orgânicos prejudicaram as plantas de arroz.

Experimentos para a quantificação dos ácidos orgânicos foram realizados com a incorporação de palha de arroz em solo nas quantidades de zero; 5; 10; 20 e 40 t ha⁻¹ solos glei pouco húmico, coletado no Vale do rio São João, no Rio de Janeiro (CAMARGO et al., 1993 a). Utilizando desses solos os horizontes A e C_g a produção de ácidos orgânicos se deu inicialmente no horizonte A na quantidade de 220 mmol 100g solo⁻¹ nas primeiras 24 horas de inundação e alcançou o horizonte C_g somente 72 horas após e na quantidade de 100 mmol 100g solo⁻¹. Ao final da primeira semana os autores perceberam estabilização da produção dos ácidos.

Em meio de cultura, também os ácidos orgânicos foram estudados. A cultivar de arroz BR IRGA-409 semeada em meio de cultura, onde os ácidos acético e butírico foram adicionados nas concentrações de zero; 0,1; 1,0 e 10 mM (correspondente a zero; 0,057; 0,577 e 5,70 ml L⁻¹) (CAMARGO et al., 1993 b), enquanto que Sousa e Bortolon (2002) analisaram o cultivar BRS 7 “Taim” também em meio de cultura onde apenas o ácido acético foi adicionado nas concentrações de zero; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 15,0 mM (correspondente a zero. 1,24; 2,88; 4,33; 5,77 e 8,66 ml L⁻¹). Em ambos, o objetivo foi o de conhecer a dose fitotóxica desses ácidos na cultura do arroz. No primeiro os autores concluíram que a dose de 10 mM foi a mais fitotóxica, além do que o ácido butírico determinou variações mais acentuadas do que o acético. No segundo experimento as doses entre 2,5 e 15 mM do ácido acético mostraram-se fitotóxicas.

O efeito que os ácidos orgânicos produziram nas plântulas de arroz, desde a simples aplicação do extrato aquoso, com ou sem os resíduos sólidos em vasos, até a adição dos ácidos p.a. em meios de cultura, em laboratórios, foi o de redução no alongamento da parte aérea e da raiz e diminuição da matéria fresca e seca, de forma geral, em alfaca e fumo (PATRICK, 1971); em trigo (KIMBER, 1967); em trigo, milho e aveia (GUENZI et al., 1967); em milho e soja (BHOWMIK e DOLL, 1982); em trigo (WALLACE e WHITEHAND, 1980; WALLACE e ELLIOTT, 1979); em cevada (LYNCH, 1978); em arroz (CAMARGO et al., 1993b; SOUSA e BORTOLON, 2002). Resultados semelhantes foram encontrados por Colpas et al. (2003) quando analisou o ácido ferúlico, um dos componentes fenólicos de resíduos vegetais, na germinação da soja. A germinação foi reduzida com o aumento da dose, assim como o comprimento da raiz primária medida aos 8 dias de tratamento. Os autores concluíram que esse ácido é fitotóxico para as plantas de soja.

Particularmente lesões nos tecidos meristemáticos com a inibição da divisão celular foram verificadas (CAMARGO et al., 1993 a). Além disso, diversos autores (RADAMOSS, 1976; WOTJTZAK, 1976; CHAN e HIGGIN, 1978; MORRE e MOLLENHAUER, 1979) citados por Camargo et al. (1993 a) relatam que os ácidos orgânicos alifáticos são inibidores das funções mitocondriais, sendo que o desacoplamento da fosforilação oxidativa, transporte de metabólico e de enzimas glicolíticas solúveis no citossol e funções ligadas a

endomembranas, como as responsáveis pela síntese de polissacarídeos e a ATPase, são as mais afetadas.

Os efeitos dos ácidos orgânicos sobre a germinação de sementes são pouco estudados, pois se acredita que as raízes sejam as mais afetadas, haja vista que a produção dos ácidos em condições anaeróbicas ocorre durante a primeira semana, tempo suficiente para que as sementes tenham germinado, assim como a emergência das plântulas. Entretanto Lynch (1980) analisou os efeitos dos ácidos acético, butírico, propiônico e láctico em condições de anaerobiose e aerobiose em cevada, trigo, milho, *Brassica napus* (L.) e trevo. Na primeira condição, em seus resultados o autor descreveu que o mais fitotóxico foi o acético seguido do propiônico, butírico e láctico, apesar de que na germinação das sementes os dois primeiros ácidos não diferenciaram entre si. A elongação das raízes de cevada foi verificada pelo autor em baixas concentrações do ácido acético, ao que explica como sendo reparo promovido pelo próprio ácido às membranas no embrião da semente na sua rehidratação. Quando a solução de tratamento foi oxigenada, segunda condição houve aumento na porcentagem de germinação com o aumento da concentração de O₂ principalmente nas tratadas com ácido acético.

O arroz, por ser cultura adaptada para solos de várzea e ter maiores produções nessas áreas, desenvolveu espaços porosos no córtex (aerênquima) que são capazes de diminuir os efeitos drásticos dos ácidos orgânicos, evidenciados acima. O aerênquima é o tecido que forma uma camada com oxigênio na rizosfera capaz de oxidar elementos tóxicos como Fe²⁺, Mn²⁺, H₂S e ácidos orgânicos (LUXMOORE et al., 1970; ANDRADE et al., 2003).

A nutrição mineral das plantas, na forma de adubação, permite que quantidades razoáveis de N, P, K, Ca e Mg, além de micronutrientes permaneçam disponíveis na solução do solo para serem absorvidos pelas raízes. Quando os ácidos orgânicos estão presentes nesses solos há diminuição na disponibilidade desses nutrientes, pois quando o ácido se dissolve na solução do solo dissocia-se formando radicais livres RCOO⁻ que podem atrair cátions dos elementos minerais, indisponibilizando-os para as plantas. Por outro lado, elementos tóxicos como manganês pode ter sua concentração aumentada, principalmente em solos ácidos, devido sua redução causada pelos radicais livres formados na dissociação do ácido orgânico na solução do solo (LUXMOORE et al., 1970; CAMARGO et al., 1999; ANDRADE et al., 2003).

Os trabalhos existentes descrevem o efeito desses ácidos sobre o crescimento e desenvolvimento das plântulas, sendo omitidas as possíveis alterações ocorridas ao nível de semente, pois, para germinar, é necessário umidade, portanto é grande a possibilidade da presença de ácidos orgânicos no solo que venham a prejudicar também a germinação quando absorvidos juntamente com a água.

Com isso, o objetivo do trabalho foi descrever os efeitos dos ácidos acético e propiônico na qualidade fisiológica de semente e verificar seus possíveis prejuízos no

desenvolvimento das plântulas de arroz, cultivar BR IRGA-409, extensamente usada nas lavouras do Rio Grande do Sul.

A METODOLOGIA APLICADA PARA ANÁLISE

A metodologia aplicada para se analisar os efeitos dos ácidos acético e propiônico foi o da aplicação desses ácidos nas sementes de arroz de acordo com a metodologia desenvolvida por Neves (2006). Os parâmetros analisados foram germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação e a condutividade elétrica. Os resultados estão nas tabelas abaixo descritas, juntamente com resultados e discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação de sementes de arroz BR IRGA-409 tratadas com diferentes concentrações do ácido acético variou de 94% a 37%, enquanto que as tratadas com ácido propiônico de 94% a 69% (Tabela 1).

No teste de primeira contagem da germinação das sementes submetidas ao ácido acético a variação foi de 88% a 31%, conforme a concentração do ácido, apesar de que as concentrações zero; 1 e 2 ml L⁻¹ não variaram estatisticamente. As tratadas com ácido propiônico a variação ocorreu entre 88% a 50%, decrescendo com o aumento da concentração. Nesse caso as concentrações 1; 2; 4 e 8 ml L⁻¹ não variaram entre si, estatisticamente (Tabela 1). Comparativamente o ácido acético reduziu significativamente tanto a germinação e a primeira contagem da germinação, analisado pelas médias dos tratamentos, em relação ao propiônico, demonstrando maior efeito fitotóxico.

A ação dos ácidos orgânicos sobre a germinação das sementes tem sido pouco descrito, haja vista que a maior preocupação está voltada para o estágio de plântula, quando os ácidos orgânicos estão em alta concentração no solo (CAMARGO et al. 1993a). Patrick (1971) verificou que altos níveis de fitotoxicidade foram obtidos nos estágios iniciais da decomposição da matéria orgânica no solo, tornando-se evidente nos três primeiros dias, o que culmina com a germinação das sementes, atingindo a máxima concentração na terceira semana e declinando após uma semana.

Tratamentos**	Ácido acético				Ácido Propiônico				
	(ml L ⁻¹)	TG (%)	PCG (%)	IVE	E (%)	TG (%)	PCG (%)	IVE	E (%)
Zero		94 a*	88 a	13 a	95 a	94 a	88 a	13 a	95 a
1		87 a	86 a	12 a	91 a	86 b	85 b	12 a	89 a
2		87 a	86 a	11 b	85 b	85 b	82 b	11 a	86 a
4		76 b	73 b	6 c	72 c	84 b	82 b	10 b	85 a
8		64 c	54 c	5 d	70 c	84 b	82 b	7 c	82 a
16		37 d	31 d	2 e	25 d	69 c	50 c	5 d	61 b
<i>Média</i>		<i>74</i>	<i>69</i>	<i>8,1</i>	<i>73</i>	<i>83</i>	<i>79</i>	<i>9,6</i>	<i>83</i>
<i>CV (%)</i>		<i>6,81</i>	<i>2,50</i>	<i>4,29</i>	<i>5,29</i>	<i>3,49</i>	<i>8,07</i>	<i>9,89</i>	<i>2,57</i>
<i>F</i>		<i>112,75</i>	<i>152,65</i>	<i>12,17</i>	<i>43,16</i>	<i>37,08</i>	<i>67,23</i>	<i>3,74</i>	<i>30,94</i>

* Valores com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Adaptado de Neves, L. A. S. (2005).

TABELA 1. Germinação (TG), primeira contagem da germinação (PCG); emergência de plântulas (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de arroz BR IRGA-409, submetidas as concentrações zero; 1; 2; 4; 8 e 16 ml L⁻¹ dos ácidos acético e propiônico

Esse mesmo autor observou redução da germinação de sementes de alface colocadas sobre papel germitest umedecido com solução aquosa derivada da decomposição anaeróbica, por 3 semanas, da palha de centeio. Igualmente Lynch (1980) descreve que o ácido acético reduziu em 77% a germinação das sementes de cevada, enquanto que o ácido propiônico as reduziu em apenas 35%.

Quanto ao índice de velocidade de emergência (Tabela 1) houve decréscimo com o aumento da concentração dos ácidos acético e propiônico, entretanto verifica-se que o ácido propiônico mostrou-se menos fitotóxico, pois as concentrações zero; 1 e 2 ml L⁻¹ não variaram entre si, enquanto que com o ácido acético somente a concentração de 1 ml L⁻¹ é estatisticamente igual ao controle.

No teste de emergência de plântulas (Tabela 1) o ácido acético induziu decréscimo significativo com o incremento da concentração do ácido, apenas as concentrações zero e 1 ml L⁻¹ não diferem entre si, mas diferem das demais, demonstrando maior fitotoxicidade, enquanto que com o ácido propiônico as concentrações zero; 1; 2; 4 e 8 ml L⁻¹ não diferem entre si, apesar de haver redução com o aumento da concentração do ácido. Apenas a concentração 16 ml L⁻¹ foi a que reduziu a emergência das plântulas, significativamente.

Poucas são as referências sobre a emergência de plântulas sob ação de ácidos orgânicos. As que relatam utilizam-se de palhadas em incubação anaeróbica onde os ácidos orgânicos são produzidos. Guenzi et al. (1967) verificaram que palhadas de trigo, cevada, sorgo e milho em incubação produziram diferentes quantidades de ácidos orgânicos. Em vista disso testaram suas fitotoxicidades na cultura do trigo, analisando a emergência de plântulas durante dois anos consecutivos. Dentre os resíduos vegetais, o de trigo foi o

mais fitotóxico, pois apresentou inibição de até 90%, na emergência das plântulas sendo considerado pelos autores como autotoxicidade. A palhada do sorgo foi a menos fitotóxica, pois somente 52% das sementes não emergiram.

Análises contidas na tabela 1 são comumente empregadas em laboratório e casa de vegetação para fazerem estudos de diferenciação de lotes assim como analisar a qualidade fisiológica das sementes, além disso, estudos como efeitos do déficit hídrico, da ação de fitohormônios vegetais, de inseticidas aplicados em grãos armazenados e alelopatia podem produzir alterações no vigor das sementes. É com base nessas verificações que serão feitas as comparações com os dados aqui obtidos.

Crocomo et al., (1989) verificaram o IVE para algodão, amendoim e feijão tratadas com carbofuran, enquanto Pasin et al. (1991) utilizaram-se também do IVE para verificar o comportamento das sementes de feijão ao déficit hídrico e Aragão et al. (2001) avaliaram o efeito da citocinina no vigor de plântulas de milho. Em todos os autores perceberam redução do IVE com o aumento da concentração dos compostos nos tratamentos das sementes. Por fim, Medeiros e Luchesi, (1993) verificaram que componentes alelopáticos, como extrato aquoso de *Vicia faba* L. aplicado sobre sementes de alface reduziu drasticamente a germinação no período de 48 horas, e no período de 96 horas, apenas 27% das sementes germinaram, demonstrando efeito fitotóxico desse extrato e Rimando et al. (2001) verificaram que extratos aquosos de raízes de arroz mostraram efeitos fitotóxicos na germinação do milho, alface e plantas daninhas.

O teste da condutividade elétrica permite a medição da quantidade de exsudatos liberados para a água de embebição durante o processo de germinação. Essa liberação se deve a velocidade pela qual as membranas fosfolipídicas se reorganizam. Quanto maior a velocidade de reorganização das membranas maior será o vigor das sementes. Os exsudatos tais como íons inorgânicos, açúcares, aminoácidos, enzimas, nucleosídeos e ácidos graxos, possuem cargas elétricas, portanto são passíveis de medição por um condutímetro (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

No presente trabalho, a condutividade elétrica das sementes tratadas com os ácidos acético e propiônico foi analisada nos períodos de 3 e 24 horas a partir do início do teste (Tabela 2).

No período de 3 horas, nas sementes tratadas com ácido acético, as concentrações zero; 1; 2 e 4 ml L⁻¹ não diferiram entre si, porém diferiram das concentrações 8 e 16 ml L⁻¹, apesar de que essas últimas não diferiram entre si. No período de 24 horas as concentrações zero; 1; 2 ml L⁻¹ não diferiram entre si, mas diferiram das demais, enquanto que as concentrações 4; 8 e 16 ml L⁻¹ não diferiram entre si. Percebe-se que com o aumento da concentração e do tempo de incubação houve aumento da liberação de eletrólitos para a água de embebição.

Para o ácido propiônico, na terceira hora as concentrações 1; 2; 4 e 8 ml L⁻¹ não diferiram entre si, mas diferiram das demais. A concentração zero diferiu da 16 ml L⁻¹,

enquanto que na vigésima quarta hora as concentrações zero e 1 ml L⁻¹ não diferiram entre si, mas diferiram das demais, porém essas não diferiram entre si.

Tratamentos** (ml L ⁻¹)	Acido acético ($\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$)		Acido propiônico ($\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$)	
	3º hora	24º hora	3º hora	24º hora
Zero	650 b*	2250 b	650 c	2250 b
1	650b	2240 b	840 b	2570 b
2	690b	2190 b	810 b	2930 a
4	880b	2700 a	880 b	2980 a
8	1250 a	2960 a	890 b	2970 a
16	1300 a	3070 a	1040 a	2960 a
<i>Média</i>	<i>903,3</i>	<i>2568,3</i>	<i>851,6</i>	<i>2776,6</i>
<i>CV (%)</i>	<i>15,1</i>	<i>16,5</i>	<i>8,5</i>	<i>7,9</i>
<i>F</i>	<i>7,0</i>	<i>8,4</i>	<i>12,6</i>	<i>11,1</i>

* Valores com a mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** Adaptado de NEVES, L. A. S., (2005).

TABELA 2. Condutividade elétrica de sementes da cultivar BR-IRGA 409 tratadas com concentrações (zero; 1; 2; 4; 8 e 16 ml L⁻¹) de ácido acético e propiônico em dois períodos (3 e 24 horas)

É possível dizer que, pelos valores observados, houve acréscimo da 3^a hora para a 24^a hora, como era de se esperar, pois ambos os ácidos provocaram aumento de eletrólitos na água de incubação.

O teste da condutividade elétrica é realizado com frequência nas análises de sementes com a finalidade de determinar o seu vigor. É usado também para a pesquisa de tratamentos de sementes com fitohormônios, com soluções salinas, além de medirem diferenças genótípicas entre cultivares e variedades. Não há descrição com referência aos ácidos orgânicos.

Para se realizar uma comparação entre os dados aqui obtidos e os descritos na bibliografia existente, utilizou-se Aragão et al. (2002) que verificaram aumento de exsudação na água de embebição de sementes de feijão quando submeteram essas sementes a vários ciclos de hidratação-secagem, assim como Bittencourt et al. (2000) quando trataram sementes de milho com inseticidas sistêmicos. Silveira et al. (2000a) analisando o vigor de sementes de arroz com ácido salicílico perceberam que as concentrações menores permitiram mais rápida organização do sistema de membranas da semente, entretanto das concentrações maiores essa reorganização foi mais lenta e, por fim, Roveri-José et al. (2001) utilizaram a condutividade elétrica para diferenciar cultivares de pimentão.

Relacionando a condutividade elétrica (Tabela 2) com o teste padrão de germinação (Tabela 1) percebe-se que ambos os ácidos causaram efeitos fitotóxicos e que as maiores

doses determinaram menor germinação e maior liberação de exsudatos, portanto reduzindo a qualidade das sementes.

CONCLUSÕES

Nessa revisão foi possível se verificar os efeitos fitotóxicos que os ácidos orgânicos provocam sobre as sementes e plântulas de arroz, principalmente.

Em sementes de arroz, na cultivar BR IRGA-409, submetidas aos efeitos dos ácidos acético e propiônico, a germinação, a primeira contagem da germinação, a emergência das plântulas e o índice de velocidade de emergência de plântulas foram reduzidas.

O efeito dos ácidos acético e propiônico foi o de aumentar a lixiviação de metabólitos com o aumento da concentração, medido pela condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H. et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em latossolo e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, n.6, p.1003-1011, 2003.

ARAGÃO, C. A.; LIMA, M. W. P.; MORAIS, O. M. et al. Fitorreguladores na germinação de sementes e no vigor de plântulas de milho super doce. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v.23, n.1, p.62-67, 2001.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E. et al. Sementes de feijão submetidas a ciclos de período de hidratação-secagem. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.59, n.1, p.87-92, 2002.

BHOWMIK, P. C.; DOLL, J. D. Corn and soybean to allelopathic effects of weed and crop residues. **Agronomy Journal**. Madison, v.74, p.601-606, 1982.

BITTENCOURT, S. R. M.; FERNANDES, M. A.; RIBEIRO, M. C. E. et al. Desempenho de sementes de milho tratadas com inseticidas sistêmicos. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.22, n.2, p.88-93, 2000.

BONNER, J. The role of toxic substances in the interactions of higher plants. **Botanical Review**, v. 51, n.16, p.51-65, 1950.

BRÖRNER, H. Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem. **Botanical Review**, n.26, p.393-424, 1960.

CAMARGO, F. A. O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. A. et al. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.523-529, 2001.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P. et al. Efeito dos ácidos acético e butírico sobre o crescimento de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.9, p.1011-1018, 1993 a.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P. et al. Produção de ácidos orgânicos voláteis com adição de palha de arroz em glei sob condições anaeróbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.3, p.337-342, 1993 b.

CHAPMAN, H. D. Chemical factors of the soil as they affect microorganisms. In: BAKER, J. F.; SNYDER, W.C.(Eds) **Ecology of soil-borne plant pathogens**. University of California Press: Berkeley. p.120-141. 1965.

COLPAS, F. T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; et al. Effects of some phenolic compounds on soybean seed germination and an seed-borne fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.46, n.2, p.155-161, 2003.

CROCOMO, W. B.; GUASSÚ, C. M. O.; NAKAGAWA, J. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão, amendoim e feijão tratadas com inseticidas sistêmicos. **Científica**. São Paulo, v.17, n.1, p.157-167, 1989.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseado na permeabilidade das membranas celulares. I. Condutividade elétrica. **Informativo ABARATES**. Londrina, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

GUENZI, W. D.; McCALLA, T. M. Phytotoxic substances extracted from soil. **Soil Science Society American Proceedings**, v.30, n.2, p.214-216, 1966.

GUENZI, W. D.; McCALLA, T. M.; NORSTADT, F. A. Presence and persistence of Phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. **Agronomy Journal**. Madison, v.59, n.2, p.163-165, 1967.

KIMBER, R. W. Phytotoxicity from plant residues. I. The influence of rotted wheat straw on seedling growth. **Australian Journal Agriculture Research**. Collingwood, v.18, p.361-374, 1967

LYNCH, J. M. Effects of organic acids on the germination of seeds and growth of seedlings. **Plant Cell and Environment**, v.3, p.255-259, 1980.

LUXMOORE, R. J.; STOLZY, L. H.; LETEY, J. Oxygen diffusion in the soil-plant system. **Agronomy Journal**, v.62, p.317-332, 1970.

MARTIN, H. Chemical aspects of ecology in relation to agriculture. **Canadian Department of Agriculture**, Publicacion 1015. 1957. 96p.

McLAREN, A. D.; SKUJINS, J. The physical environment of microorganism in soil. In: GRAY, T. R. G.; PARKINSON, D. (Eds) **The ecology of soil bacteria**. University of Toronto Press. p. 3-24. 1968.

McCALLA, T. M.; HASKINS, F. A. Phytotoxic substances from soil microorganisms and crop residues. **Bacteriological Review**, v. 28, n.2, p.181-207, 1964.

MEDEIROS, A. R. M.; LUCCHESI, A. A. Efeitos alelopáticos da ervilhaca (*Vicia faba* L.) sobre a alface em teste de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.1, p.9-14, 1993.

NEVES, L.A.S. Efeito dos ácidos acético e propiônico sobre a qualidade de sementes e o crescimento de plântulas de arroz (cv Br Irga-409). **Tese**. Doutorado em Agronomia – Área de concentração Produção Vegetal. UFPEL. Pelotas. 2005.

- PATRICK, Z. A.; KOCH, L.W. The adverse influence of phytotoxic substances from decomposing plant residues on resistance of tobacco to black root rot. **Canadian Journal of Botany**, v.41, n.6, p.747-758. 1963.
- PATRICK, Z. A.; TOUSSOUN, T. A.; KOCH, L.W. Effect of crop-residue decomposition products on plant roots. **Annual Review Phytopatology**, v.2, p.267-292, 1964.
- PATRICK, Z. A. Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plants residues. **Soil Science**. USA, v.3, n.1, p.13-18, 1971.
- PASIN, N. H.; SANTOS FILHO, B. G.; SANTOS, D. S. B.; et al. Desempenho de sementes de feijão provenientes de plantas submetidas a déficit hídrico em dois estádio de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.2, p.183-192, 1991.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry o submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972.
- RAO, N.; MIKKELSEN, D. S. Effect of acetic, propionic and butyric acids on Young rice seedling growth. **Agronomy Journal**, v.69, n.4, p.923-928, 1977.
- RAO, N.; MIKKELSEN, D. S. Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition. **Agronomy Journal**, v.68, n.3, p.752-755. 1976.
- RIMANDO, A. M.; OLOFSDOTTER, M.; DAYAN, F. E. et al. Searching for rice allelochemicals an example of bioassay-guided isolation. **Agronomy Journal**, v.93, n.1, p.16-20, 2001.
- ROVIERI-JOSÉ, S. C. B.; CARVALHO, M. L. M.; RODRIGUES, R. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.35-61, 2001.
- SILVEIRA, M. A. M.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. Germinação e vigor de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.2, p.145-152, 2000 a.
- SKINNER, J.J. Soil aldehydes, a scientiic study of a new class do soil constiutents unfavorable to crops, their occurrence, properties and elimination in practical agriculture. **Journal Franklin Institute**, v.186, n°s 2,3,4,5,6, p.165- 741, 1918.
- SOUSA, R. O.; BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oryza sativa* L.) e absorção de nutrientes em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.8, n.3, p.231-235. 2002.
- TOUSSOUN, T. A.; WEINHOLD, A. R.; LINDERMAN, R. G.; PATRICK, Z.A. Nature of phytotoxic substances produced during plant residue decomposition in soil. **Phytopatology**, v.58, p.41-45, 1968.
- TUKEY, H. B. Implications of allelopathy in agricultural plant science. **Botany Review**, v.35, n.1, p.1-16, 1969.
- WALLACE, J. M.; ELLIOTT, L. F. Phytotoxins from anaerobically decomposing wheat straw. **Soil Biology and Biochemistry**, v.11, n.4, p.325-330, 1979.

WALLACE, J. M.; WHITEHAND, L. C. Adverse synergistic effects between acetic, propionic, butyric and valeric acids on the growth of wheat seedling roots. **Soil Biology and Biochemistry**, n.12, p.445-446, 1980.

WELBANK, D. C. Toxin production during decay of *Agropyron repens* (conch grass) and other species. **Weed Research**, n.3, p.205-214, 1963.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Ácido acético 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75
Ácido giberélico 19, 22, 23, 26, 32, 33, 35, 37, 156, 157, 160, 163, 166
Ácido propiônico 58, 66, 69, 70, 71
Ácidos húmicos 192, 193, 196
Ácidos orgânicos 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74
Agave sisalana 129, 134, 137
Agricultura de precisão 144
Amostragem padrão 38
Análise de imagens 88, 90
Análises geoestatísticas 144
Aproveitamento do resíduo 129, 130, 137

B

- Bacia hidrográfica 177, 179, 180, 183, 185, 186, 187, 189, 190, 191

C

- Cabeludinha 19, 20
Calidad 1, 2, 8
Câncer 98, 99, 100, 101, 102, 103
Cartas de controle 138, 140, 141
Colheita mecanizada 138, 139, 142, 144
Conservação do solo 78, 79, 143
Cyclanthera pedata L. 52, 53

D

- Déficit hídrico 38, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 71, 75
Descarga excêntrica 105, 106, 108, 124

E

- Elaeocarpaceae 12, 17, 18
Energia 17, 90, 125, 198, 199, 200, 201, 203, 204
Estruturas de armazenamento 105

F

- Filogenia multi-locus 168

Formação de professores 98

FTIR 192, 193, 194, 195, 196

G

GA₃ 19, 20, 23, 25, 26, 35, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164

H

Híbrido 11648 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136

I

Imagens térmicas 198

Índice de vegetação da diferença normalizada 144

InVEST 87, 177, 178, 179, 181, 183, 185, 188, 198

M

Maracujá doce 156, 157, 159

Marcadores 1, 3, 5, 7, 174, 201, 202, 203

Matéria orgânica do solo 83, 192, 193, 197

Método de amostragem aleatória 38, 48

Monitoramento 88, 89, 101, 177, 181, 188, 215

Motores elétricos 198, 199, 200, 204

O

Olerículas 52

P

Passifloraceae 36, 156, 165, 166, 168, 169

Patogenicidade 168, 170, 171, 172, 173

Prevenção 98, 99, 100, 101, 102, 103

Propriedades do solo 78, 79, 82

R

Recalcitrância 12, 15

Rizogênese 20, 28, 31

S

Sementes florestais 12

Soja 59, 65, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 107, 110, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 139, 194, 196

Suco de sisal 129, 130, 132, 133, 135, 136

V

Variabilidade espacial de nutrientes 144

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3