**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação
da cultura da soja submetida à aplicação de bioestimulante**

Jérssica Nogueira Soares

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2017**

Jérssica Nogueira Soares
Engenheira Agrônoma

Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação da cultura da soja submetida à aplicação de bioestimulante

Orientador:
Prof. Dr. **KLAUS REICHARDT**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Soares, Jérssica Nogueira

Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação da cultura da soja submetida à aplicação de bioestimulante / Jérssica Nogueira Soares. - - Piracicaba, 2017.

94 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Glycine max* 2. Potencialização 3. Grupo de maturação I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José e Maria da Glória e a minha irmã, Briskelix, os quais sempre me apoiaram e sempre acreditaram que com o nosso esforço iríamos alcançar nosso objetivo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradecer é o mínimo que posso fazer por algumas pessoas e instituições que me acompanharam nessa jornada.

- Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por estar sempre ao meu lado me deixando desistir;

- A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo oferecimento da bolsa de estudo durante o período do Mestrado;

- Aos meus Pais, José e Maria, e a minha irmã Briskelix não há palavras que expressem o meu amor e agradecimento que tenho por vocês, mas já que tenho que resumir em poucas palavras, agradeço por sempre está me apoiando, acalmando e caminhando comigo durante toda a minha vida e sendo o meu porto seguro, meu eterno MUITO OBRIGADA;

- Ao meu namorado, Luíz Henrique pelo amor demonstrado durante a minha ausência;

- Ao Professor Dr. Klaus Reichardt, meu orientador que sempre com aquele sorriso maravilhoso estampado no rosto me atendia e orientava, pela atenção, paciência, companheirismo, assim contribuindo para uma melhor formação acadêmica e pessoal;

- Aos meus co-orientadores, Dr. Evandro Binotto Fagan e Dr. Luís Henrique Soares por sempre me incentivar a buscar cada vez mais;

- À minha eterna Lu, secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela atenção, educação e preocupação com que ela tem com todos;

- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade da realização de um sonho;

- Ao Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e a Escola Agrotécnica Afonso de Queiroz, pela disponibilidade da área experimental e seus funcionários;

- À Walquíria pela amizade, companheirismo, presteza, preocupação, passeios, estatísticas e por tudo que ela fez por mim antes e durante o Mestrado;

- Aos amigos do Núcleo de Pesquisa em Fisiologia Vegetal e Estresse de Plantas (NUFEP) em especial a Marina Rodrigues, Isabella Sabrina, Walquíria Fernanda, Louranny Tavares, Rafael Gontijo, Cíntia Maria, Maria Elisângela, Gustavo Moraes, Victor Pacheco, Ellen Mayara, Larissa Bessa, José Gabriel, Fulgêncio Bomtempo, Luíz Henrique Massucate, Dalmo Moreira, Rafael Faria, Layane Machado, Nathália Alves, Felipe e Camila pela ajuda na condução dos experimentos e pela companhia;

- Aos companheiros de jornada do Laboratório Multiusuário, Walquíria Fernanda, Renan Umburanas, Guilherme Felisberto, Felipe Sartori, Karla Vilaça, Ana Carolina Ferreira, Ana

Schwantes, Felipe Brendler, Leonardo Soares, Edson de Moraes e Antônio Neto; e a todos do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia;

- As minhas companheiras de casa em Piracicaba Érika Consolli, Laís Malvezzi e Carolina Prando;

- As minhas amigas Walquíria Fernanda, Rafaela Migliavaca e Mayara Rodrigues pela recepção, acolhimento, aconselhamentos, companheirismo, comidas, alegrias, passeios durante essa jornada;

- As amigas Joelma e Silvani, pela amizade, alegrias, preocupação e presteza, para que possamos passar muitos anos juntas e unidas;

- Ao meus eternos Professores Gilberto e Sônia, que me fizeram enxergar que com o estudo sempre podemos mais e que mesmo com tantos afazeres sempre tinham um tempinho para perguntar: E aí, como que está o Mestrado? Que invejinha boa tenho de você, Jérssica. O meu eterno obrigada pelos ensinamentos de vocês;

- O meu eterno obrigada a todos que de uma forma ou de outra contribuiu para que eu alcançasse mais esse sonho e que DEUS possa retribuir a todos com muita saúde e sucesso.

EPÍGRAFE

“ Pedras no caminho? Eu guardo todas. Um dia vou construir um castelo. Fernando Pessoa ”.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. CULTURA DE SOJA: ASPECTOS ECONÔMICOS	19
2.2. ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS	20
2.3. DURAÇÃO DO CICLO.....	22
2.4. AÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. LOCAL DE INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	29
3.2. EXPERIMENTO I- CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE GRUPOS DE MATURAÇÃO DE SOJA.....	30
3.3. EXPERIMENTO II- INTERAÇÃO FISIOLÓGICA ENTRE GRUPOS DE MATURAÇÃO DE SOJA E APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE.....	30
3.4. AVALIAÇÕES.....	33
3.4.1. Avaliações bioquímicas	33
3.4.1.1. Teor de prolina.....	33
3.4.1.2. Atividade de enzimas antioxidantes	33
3.4.1.2.1. Obtenção do extrato vegetal	34
3.4.1.2.2. Conteúdo de proteína total solúvel na folha	34
3.4.1.2.3. Atividade da superóxido dismutase	34
3.4.1.2.4. Atividade da peroxidase	35
3.4.1.2.5. Peroxidação lipídica.....	35
3.4.1.2.6. Teor de peróxido de hidrogênio.....	35
3.4.2. Avaliações fisiológicas e fenométricas.....	36
3.4.2.1. Índice Spad	36
3.4.2.2. Fitomassa seca	36
3.4.2.3. Números de nós, ramificações e vagens	37

3.4.2.4. Massa de 1000 grãos e produtividade	37
3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. ELEMENTOS DE CLIMA.....	39
4.2. CARACTERIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DAS CULTIVARES.....	40
4.3. EXPERIMENTO I- CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DE GRUPOS DE MATURAÇÃO DE SOJA	41
4.3.1. Metabolismo do N.....	41
4.3.1.1. Teor de proteína total solúvel na folha.....	41
4.3.1.2. Índice SPAD.....	41
4.3.2. Metabolismo oxidativo.....	42
4.3.2.1. Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD)	42
4.3.2.2. Teor de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	43
4.3.2.3. Atividade da enzima peroxidase (POD).....	44
4.3.2.4. Teor de prolina	45
4.3.2.5. Peroxidação lipídica (PL).....	45
4.3.3. Avaliações fenométricas	46
4.3.3.1. Fitomassa seca de raiz	46
4.3.3.2. Fitomassa seca de caule.....	48
4.3.3.3. Fitomassa seca de folha.....	48
4.3.3.4. Fitomassa seca total.....	49
4.3.3.5. Número de nós e ramificações	49
4.3.3.6. Fitomassa seca de vagens, número de vagens.....	50
4.3.3.7. Massa de 1000 grãos e produtividade	51
4.3.4. Considerações finais.....	52
4.4. EXPERIMENTO II: INTERAÇÃO FISIOLÓGICA ENTRE GRUPOS DE MATURAÇÃO DE SOJA E APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE	52
4.4.1. Metabolismo do N.....	52
4.4.1.1. Teor de proteína total solúvel na folha.....	52
4.4.1.2. Índice SPAD.....	54
4.4.2. Metabolismo oxidativo.....	57
4.4.3. Análises fenométricas	62
4.4.3.1. Fitomassa seca de raiz	62

4.4.3.2. Fitomassa seca de caule	66
4.4.3.3. Fitomassa seca de folhas	68
4.4.3.4. Fitomassa seca total	71
4.4.3.5. Fitomassa seca de vagens e número de vagens	73
4.4.3.6. Número de nós e ramificações.....	74
4.4.3.7. Massa de 1000 grãos e produtividade.....	75
4.4.4. Considerações finais	77
5. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	83

RESUMO

Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação da cultura da soja submetida à aplicação de bioestimulante

A caracterização e o manejo fisiológico das culturas principalmente da soja, tem se tornado um potencial para que as culturas expressem o seu máximo. Dentre os principais quesitos a serem analisados são os grupos de maturação da cultura, pois cada cultivar tem uma região em que o seu genótipo está mais propício a expressar o seu máximo potencial. Além de um bom posicionamento a agricultura vem utilizando substâncias para que melhorem ou potencializem as produtividades das culturas, substâncias elas que podem ser extratos de algas, micronutrientes, aminoácidos. Porém ainda são poucas as informações sobre os reais efeitos e formas de atuação dos mesmos e se o grupo de maturação de soja pode influenciar na atuação. Com isso o presente trabalho teve como objetivo caracterizar Grupos de maturação e responsividade da soja com a aplicação de bioestimulantes. Foram realizados dois experimentos no Campus II do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Em ambos os experimentos foram realizadas as avaliações teor de proteína total solúvel; Índice SPAD; teor de prolina, enzimas antioxidantes (SOD, POD e H_2O_2); fitomassa seca de raiz, caule, folha, total; número e fitomassa seca de vagens; número de nós e ramificações; massa de 1000 grãos e produtividade. No Experimento I utilizou três cultivares NS 7709 IPRO (7.2); NS 6909 IPRO (6.9) e AS 3610 IPRO (6.1), conferindo em três tratamentos com 8 repetições em delineamento inteiramente casualizado. No Experimento II foram utilizados dois cultivares NS 7709 IPRO (7.2); NS 6909 IPRO (6.9), com três tratamentos com aplicações via sementes e foliar [Padrão- CoMo Platinum® (Tratamento de sementes); CoMo Platinum® + Foth TB® (Tratamento de sementes e foliar) e Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB® (Tratamento de sementes e foliar)], com delineamento em sistema bifatorial 3x2 em blocos casualizados. Com os resultados encontrados no trabalho pode-se concluir que: que cultivares de menor Grupo de maturação com o melhoramento genético estão sendo mais produtivos do que os de maiores Grupos de maturação; plantas com maior Grupo de maturação apresenta menores níveis de estresses; no desenvolvimento inicial cultivares de menores GM (NS 6909 IPRO-6.9 e AS 3610 IPRO-6.1) apresentam melhores crescimentos de raiz e caule; no estágio reprodutivo cultivar de menor GM (AS 3610 IPRO-6.1) apresentou melhor crescimento de caule, folha e total, número de nós, ramificações e vagens, fitomassa seca de vagens e maior produtividade; a maior duração do ciclo fenológico não acarretou em incremento de produtividade nos cultivares NS 7709 IPRO (7.2) e NS 6909 IPRO (6.9); com a aplicação de bioestimulantes (CoMo Platinum®, CoMo Platinum® + Forth TB®, Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB®) o cultivar de maior Grupo de maturação se apresentou mais responsivo, por meio de maiores fitomassa seca de raiz, caule, folha e total, maior número de ramificações e massa de 1000 grãos; com relação a produtividade os dois cultivares utilizados responderam de formam igual a aplicação de CoMo Platinum®, CoMo Platinum® + Forth TB®, Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB®; o tratamento de sementes com Masteraiz Leg® e aplicação foliar de Master Equaliza® + Forth TB®, proporcionou aumento médio de fitomassa seca de raiz, caule, folha e total, maior número de vagens, ramificações, massa de 1000 grãos e produtividade.

Palavras-chave: *Glycine max*; Potencialização; Grupo de maturação

ABSTRACT

Physiological characterization and reponsiveness of maturation groups of soybean crops submitted to the application of biostimulants

Physiological characterization and responsiveness of maturation groups of soybean crops submitted to the application of biostimulants. The characterization and physiological management of crops, mainly of soybean, has become a potential measure for them to express their maximum yield. Among the main questions to be analyzed are the maturation groups of the crop, since each cultivar has a region in which a genotype is more propitious to express its maximum potential. In addition to a good positioning, agriculture uses substances that improve or potentiate the productivities of crops, substances that can be extracts of algae, micronutrients, amino acids. However, there is still little information on the actual effects and forms of their action and whether the soybean maturation group can influence the performance. Thus, the present work had as objective to characterize groups of maturation and responsiveness of soybean with the application of biostimulants. Two experiments were carried out in the Campus II of the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). In both experiments evaluations were made of: total soluble protein content; SPAD Index; Proline content, antioxidant enzymes (SOD, POD and H₂O₂); Root dry matter, stem, leaf, total; Number and dry matter of pods; Number of nodes and branches; Mass of 1000 grains and productivity. In Experiment I, three cultivars NS 7709 IPRO (7.2) were used; NS 6909 IPRO (6.9) and AS 3610 IPRO (6.1), in three treatments with 8 replicates in a completely randomized design. In Experiment II, two cultivars NS 7709 IPRO (7.2) were used; NS 6909 IPRO (6.9), with three treatments with seeds and foliar applications [Standard - CoMo Platinum[®] (Seed Treatment); CoMo Platinum[®] + Foth TB[®] (Seed and Leaf Treatment) and Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Foth TB[®] (Seed and Leaf Treatment), with a 3x2 two-factor randomized block design. With the results we can conclude that: cultivars of the lower maturation group with genetic improvement were more productive than those of the larger maturation groups; plants of the higher maturation group presented lower levels of stress; (NS 6909 IPRO-6.9 and AS 3610 IPRO-6.1) showed better root and stem growths in the initial development stage; AS 3610 IPRO (6.1) presented better stem, leaf and total growth, number of nodes, branches and pods, dry pod phytomass and higher productivity; the longer duration of the phenological cycle did not lead to na increase in productivity of the cultivars NS 7709 IPRO (7.2) and NS 6909 IPRO (6.9); with the application of biostimulants (CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Foth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Foth TB[®]), the cultivar of the larger maturation group was more responsive due to larger dry root, stem, leaf and total phytomasses, greater number of branches and mass of 1000 grains; with respect to productivity the two cultivars responded equally to the application of CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Foth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Foth TB[®]; the seed treatment with Masteraiz Leg[®] and foliar application of Master Equaliza[®] + Foth TB[®] provide a mean increase of root, stem, leaf and total dry matters, greater number of pods, branches, mass of 1000 grains and productivity.

Keywords: *Glycine max*; Potentialization; Maturity group

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição dos grupos de maturação para cultivares de soja no Brasil. Adaptado de Alliprandini <i>et al.</i> ,(2009).	23
Figura 2. Valores de temperatura máxima (T.max) mínima (T.min) e precipitação (mm) referentes ao período de condução dos ensaios (dezembro de 2015 a março de 2016). UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	39
Figura 3. Ação fisiológica dos tratamentos CoMo Platinum [®] , CoMo Platinum [®] + Forth TB [®] , Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®] . UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016... 78	
Figura 4. Ação fisiológica dos tratamentos CoMo Platinum [®] , CoMo Platinum [®] + Forth TB [®] , Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®] nos cultivares de soja NS 6609 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO (7.2).UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de solo (0-20 cm) da área de condução dos experimentos. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2015	29
Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados na cultura de soja, Experimento I. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2015/2016.	30
Tabela 3. Descrição dos tratamentos (T) utilizados na cultura de soja, Experimento II. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2015/2016.....	32
Tabela 4. Descrição de número de dias após a semeadura correspondentes aos estádios fenológicos em três cultivares de soja com diferentes grupos de maturação. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	40
Tabela 5. Índice Spad e teor de proteína total solúvel I (mg g^{-1} [MF]) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	41
Tabela 6. Atividade das enzimas superóxido dismutase ($\text{U } \mu\text{g proteína}^{-1}$ [MF]), peróxido de hidrogênio ($\mu\text{mol g}^{-1}$ [MF]), peroxidase ($\mu\text{mol min}^{-1} \mu\text{g proteína}^{-1}$ [MF]), prolina ($\mu\text{mol de prolina g}^{-1}$ [MF]) e peroxidação lipídica ($\text{nmol TBARS g [MF}^{-1}]$) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	43
Tabela 7. Fitomassa seca de raiz (FMSR), caule (FMSC), folha (FMSF) e total (FMST) (g planta^{-1}) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	47
Tabela 8. Número de nós (nós planta^{-1}) e ramificações ($\text{ramificações planta}^{-1}$) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	50
Tabela 9. Fitomassa seca de vagens (FMSV, g planta^{-1}) e número de vagens (NV, vagens planta^{-1}) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	51
Tabela 10. Massa de 1000 grãos (g) e produtividade (kg ha^{-1}) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	52
Tabela 11. Teor de proteína total solúvel (mg g^{-1} [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	54
Tabela 12. Índice Spad aos 14, 29, 60 e 62 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	56
Tabela 13. Atividade da superóxido dismutase (SOD, $\text{U } \mu\text{g proteína}^{-1}$ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	58
Tabela 14. Atividade da peroxidase (POD, $\mu\text{mol [purpurogalina] min}^{-1} \mu\text{g}^{-1}$ [proteína]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	59
Tabela 15. Teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , $\mu\text{mol g}^{-1}$ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	60
Tabela 16. Peroxidação lipídica ($\text{nmol [TBARS] g}^{-1}$ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	61
Tabela 17. Teor de prolina ($\mu\text{mol [prolina] g}^{-1}$ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	62
Tabela 18. Fitomassa seca de raiz (g planta^{-1}) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	65

Tabela 19. Fitomassa seca de caule (g planta^{-1}) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	67
Tabela 20. Fitomassa seca de folhas (g planta^{-1}) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	69
Tabela 21. Fitomassa seca de total (g planta^{-1}) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	72
Tabela 22. Fitomassa seca de vagens (g planta^{-1}) e número de vagens (planta^{-1}) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.	73
Tabela 23. Número de nós (planta^{-1}) e número de ramificações (planta^{-1}) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	75
Tabela 24. Massa de 1000 grãos (g) e produtividade (kg ha^{-1}) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Adenosina trifosfato
ATPase	Adenosinatrifosfatase
CAT	Catalase
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Cu/Zn-SOD	Cofator de metais da Superóxido dismutase
DAA	Dias após aplicação
DAS	Dias após semeadura
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EBIC	European Biostimulants Industry Council
EROs	Espécies reativas de oxigênio
Fe-SOD	Cofator de metais da Superóxido dismutase
GM	Grupo de maturação
H ⁺	Íon Hidrogênio
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
KI	Iodeto de potássio
MF	Massa fresca
Mn-SOD	Cofator de metais da Superóxido dismutase
NADPH	Fosfato de dinucleotídeo de adenina e nicotinamida
NRT1.1	Genes de transportadores de nitrato
O ₂ ⁻	Superóxido
PCT	Ponto de Compensação de Temperatura
PDC	Planta de Dias Curtos
PL	Peroxidação lipídica
POD	Peroxidase
PTS	Proteína total solúvel
R ₁	Início da floração: até 50% das plantas com flor
R ₂	Floração plena: maioria dos racemos com flores abertas
R ₃	Final da floração: flores e vagens com até 1,5cm
R ₄	Maioria das vagens no terço superior com 2-4cm
R ₅	Grãos perceptíveis ao tato a 10% da granação
R ₆	Vagens com granação de 100% e folhas verdes

RNA	Ácido ribonucleico
RUBisco	Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenasse
SOD	Superóxido dismutase
TS	Tratamento de sementes
UFRS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
V ₃	Terceiro nó, segundo trifólio aberto
V ₄	Quarto nó, terceiro trifólio aberto
V ₆	Sexto nó, quinto trifólio aberto
V ₈	Oitavo nó, sétimo trifólio aberto

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], com o passar dos anos se tornou a principal oleaginosa produzida no Brasil e no mundo. No Brasil, a partir dos anos 1970 a produção de foi impulsionada, com a evolução para as regiões de Cerrado. Esta evolução foi responsável por tornar o País o segundo maior produtor mundial do grão, com 95,4 milhões de toneladas colhidas na safra 15/16 e estimava de produção de 113,4 milhões de toneladas em 33,9 de hectares na a safra 16/17, o que significa a obtenção de 3.338 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Embora a produtividade média ainda seja baixa, já se sabe que é possível explorar o potencial produtivo da cultura, que segundo Navarro Júnior e Costa (2002) ultrapassa 20.000 kg ha⁻¹, com objetivo de incrementar a produtividade. Prova disso, no ano de 2016 o produtor Randy Dowdy da Geórgia nos EUA colheu 192 sacas ha⁻¹. No Brasil, o recorde oficial é do produtor Alisson Alceu Hilgenberg, de Ponta Grossa, no Paraná, com 141,79 sacas ha⁻¹ (CESB, 2015). Além disso, já é bem comum em algumas regiões do Brasil, como Paraná, Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, Sul e Leste de Goiás, encontrar áreas comerciais de produção de soja com produtividade de 100 sacas por hectare.

A discrepância entre a produtividade média brasileira e as produtividades obtidas nestas regiões citadas está relacionada a alguns fatores como, solo com fertilidade construída, clima favorável, época de plantio adequada, características genéticas das cultivares, adequação do manejo nutricional e fisiológico, manejo fitossanitário adequado do sistema de produção, entre outros.

Em relação ao manejo fisiológico, tem crescido muito nos últimos anos a utilização de bioestimulantes. Estes são produtos à base de substâncias húmicas, complexos orgânicos, elementos minerais benéficos, sais inorgânicos, incluindo fosfitos, extratos de algas, derivados de quitina e quitosana, antitranspirantes e aminoácidos e compostos contendo N que, quando aplicados via tratamento de sementes ou diretamente na folha, modulam a arquitetura do sistema radicular, estimulam enzimas da via de assimilação de N, do metabolismo do carbono e metabolismo defesa antioxidante. Estes efeitos em conjunto repercutem e maior capacidade das plantas de utilização de recursos (água, nutrientes, luz e CO₂) e aumenta a tolerância a estresses, incrementando a produtividade. No entanto, é discutido que os efeitos ainda são bastante instáveis, principalmente devido às enormes variações encontradas nos sistemas de produção ao longo do mundo.

Para às características genéticas e a interação com ambiente de produção, um dos principais fatores modulados é a duração do ciclo, que é controlado pelo grupo de maturação

da Cultivar. Além disso, já é bastante discutido entre produtores e consultores, mas pouco investigado cientificamente, que o grupo de maturação, além de determinar a duração do ciclo, modula características fisiológicas das plantas. Estas informações em conjunto realçam a hipótese de que cultivares de distintos grupos de maturação apresentam características fisiológicas diferentes, que determinam a resposta ao ambiente de produção e, conseqüentemente, a produtividade.

Portanto, estudos que caracterizem aspectos fisiológicos, bioquímicos e fenométricos de cultivares de diferentes grupos de maturação e a resposta destas a aplicação de bioestimulantes são fundamentais, pois irão auxiliar no posicionamento correto das cultivares em função das características do ambiente de produção, além de fornecer informações sobre o potencial de efeito dos bioestimulantes aplicados. Assim, o trabalho tem como objetivo identificar a influência de grupos de maturação em características fisiológicas, bioquímicas e fenométricas de cultivares de soja e a responsividade destas à aplicação de bioestimulantes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura de soja: aspectos econômicos

A cultura da soja teve sua origem na região nordeste da China, sendo que no Oriente Médio seu cultivo ocorre a mais de 5.000 anos, tanto para consumo humano quanto animal. Da região de origem, a soja se espalhou pelo mundo por intermédio dos viajantes ingleses e por imigrantes japoneses e chineses. Em meados do ano de 1882 acorreram os primeiros relatos de soja no Brasil, no estado da Bahia. Já em 1892 melhores resultados foram obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Em 1914 foram realizados os primeiros cultivos de soja no Rio Grande do Sul na Escola Superior de Agronomia e Veterinária da Universidade Técnica, precursora da atual Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). (SEDIYAMA, 2016).

A partir dos anos 1970 a produção de soja no Brasil foi impulsionada, com a evolução do cultivo para as regiões de Cerrado. Esta evolução foi responsável por tornar o País o segundo maior produtor mundial de soja, com 95,4 milhões de toneladas colhidas na safra 15/16 e estimava de produção de 113,4 milhões de toneladas em 33,9 de hectares na safra 16/17 (CONAB, 2017). Nos Estados Unidos, o maior produtor mundial de soja, a expectativa de produção na 16/17 é de 117,2 milhões de toneladas. Completando o ranking dos três maiores produtores mundiais de soja, a expectativa é que sejam colhidas 55,5 milhões de toneladas nesta safra na Argentina. Juntos estes países são responsáveis por 82,4% das 340,8 milhões de toneladas de soja esperadas para a safra 16/17 (USDA, 2017).

A expansão da soja no Brasil nas últimas décadas se deve principalmente à elevada demanda mundial por alimentos, entre eles a carne, que depende diretamente da soja para alimentação dos rebanhos (CÂMARA, 2016). Desta forma, a soja e seus derivados são produtos importantes para a exportação brasileira, além de manterem o mercado interno. No ano de 2016, as exportações de soja em grãos, farelo e óleo de soja geraram 25,4 bilhões de dólares para o Brasil, sendo a China o principal país importador (FIESP, 2017). Assim, é estimado que a cadeia de produção de soja seja composta por mais 243 mil produtores e um mercado de 1,4 milhões de empregos (MING, 2017).

Seguindo a evolução das últimas décadas, as projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é que na safra 25/26 sejam colhidas 129,2 milhões de toneladas, atingindo 43,2 milhões de hectares colhidas (MAPA, 2016).

2.2. Aspectos morfofisiológicos

A planta de soja é uma herbácea anual pertencente à família das Fabaceae e ao gênero *Glycine*. A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] possui sistema radicular pivotante, com elevada quantidade de raízes secundárias aderidas, as quais são as principais responsáveis pela fixação biológica, por meio dos nódulos formados pelas bactérias fixadoras. O caule é herbáceo a sublenhoso com presença de pubescência. As flores são dispostas em racemos axilares e/ou terminal, cada inflorescência apresenta de 8 a 16 flores, podendo variar de branca à púrpura transformando-se em frutos do tipo vagens de cores variadas, e com sementes monocromáticas ou heterocromáticas. A soja apresenta três tipos principais de folhas, as cotiledonares, as unifoliadas que surgem no primeiro nó acima das folhas cotiledonares e as trifoliadas que são dispostas de forma alternada tanto nas ramificações como na haste principal (CARLSON, 1973; SEDIYAMA, 2016).

A região de origem da soja apresenta alta latitude (entre 30° e 45° N) com clima temperado a subtropical, o que explica o porquê da melhor adaptação no Rio Grande do Sul quando a soja foi introduzida no Brasil. A região sul do Brasil é o local que apresenta as latitudes mais próximas daquelas da região de origem da soja. A partir daí, o avanço para menores latitudes só foi possível devido aos programas de melhoramento genético, que selecionaram germoplasmas mais adaptados a estas condições. Uma das características marcantes destes materiais é a presença de período juvenil mais longo, o que permite o atraso do florescimento mesmo em condições indutivas.

O florescimento da cultura de soja é controlado pelo fotoperíodo e pela temperatura, sendo o comprimento do dia o principal fator para que o início da fase reprodutiva ocorra. A soja é uma planta de dias curtos (PDC), ou seja, a planta é induzida a florescer se a duração do dia for igual ou inferior àquele valor crítico que caracteriza uma determinada Cultivar. Portanto, sob fotoperíodos maiores que o crítico, a planta continua o desenvolvimento vegetativo, enquanto que fotoperíodos menores que o crítico, a planta está apta a florescer, realçando a importância do período juvenil longo em condições que há pouca variação do comprimento do dia (baixas latitudes).

As diferenças observadas no campo quanto à época de florescimento para às cultivares estão relacionadas ao fotoperíodo crítico de cada uma delas. Além disso, o local de cultivo pode modular a época do florescimento, devido à variação do fotoperíodo nas regiões de produção de soja no Brasil. No entanto, a grande variação quanto à sensibilidade ao fotoperíodo permite a seleção de genótipos para serem cultivados ao longo de todo o Brasil.

A responsividade ao fotoperíodo pode ser quantitativa e qualitativa (absoluta), sendo que essas respostas estão relacionadas com a quantidade e qualidade de luz que as plantas absorvem. Com isso quando um cultivar apresenta sensibilidade ao fotoperíodo essa resposta e quantitativa, independe da qualidade da luz absorvida ela irá florescer, já os cultivares não sensíveis depende da qualidade da luz absorvida para a indução do seu florescimento (RODRIGUES *et al.*, 2001).

A temperatura é outro fator que pode influenciar características morfofisiológicas na cultura de soja, como em todos os outros vegetais. Na cultura da soja a temperatura exerce uma enorme influência no metabolismo, sendo que o seu extremo acarretam em injúrias ou desordens físicas, químicas, biológicas e fisiológicas. Nesta cultura, temperaturas variando em 20 e 30° C, sendo que 30° C é a temperatura ideal para o desenvolvimento (EMBRAPA, 2008). Altas temperaturas (acima de 35° C) inibem a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico (SALEM *et al.*, 2007).

Os processos metabólicos das plantas são controlados pela temperatura interna, apresentando um equilíbrio com o meio onde ela se encontra. Quando ocorrem altas temperaturas acontece desnaturação ou inibição enzimática, redução da fotólise da água, aumento na fluidez das membranas, desordem no fluxo de elétrons e liberação excessiva de lipídeos. Como exemplo, Ferris *et al.*, (1998), mostraram que temperaturas de 42-43° C causam efeitos deletérios à atividade fotossintética de plantas de soja. Entretanto, na ocorrência de temperaturas baixas os vegetais reduzem a velocidade do metabolismo vegetal, por meio da diminuição na atividade cinética das moléculas.

A temperatura afeta diretamente os processos vitais das plantas que são a fotossíntese e a respiração. Tanto a ocorrência de temperaturas alta e baixa (em relação ao ideal para cada cultura) reduzem as taxas fotossintéticas e respiratórias, devido à desnaturação das enzimas presentes; quando a temperatura fica acima do Ponto de Compensação de Temperatura (PCT), ocorre um decréscimo na reserva de carboidratos e consequentemente uma diminuição na qualidade do produto final, com maior ênfase em frutos (LOPES; LIMA, 2015).

A fase reprodutiva é o período mais sensível ao estresse por temperatura. Estresse durante o florescimento e a formação das vagens (R₁-R₄) afeta o número de sementes, enquanto que estresses durante o enchimento de grãos (R₅-R₆) reduz a massa de sementes (GIBSON; MULLEN, 1996). Uma das causas deste problema é a redução da atividade fotossintética (BOARD; KAHN, 2011).

Além da sensibilidade ao fotoperíodo e à temperatura, as plantas de soja apresentam diferentes hábitos de crescimento, que associados, podem determinar a duração do ciclo das

cultivares. Desta forma, as plantas de soja são classificadas pelo hábito de crescimento, que pode ser determinado, semideterminado e indeterminado. Esta característica toma como base a presença e posição da inflorescência racemosa, podendo ser axilar ou axilar e terminal. As cultivares de crescimento determinado completam seu ciclo vegetativo pouco antes do florescimento, com a presença de uma inflorescência terminal no ápice da haste principal, além das axilares. As de crescimento semideterminado continuam diferenciando o número de nós da haste principal após o florescimento, embora cesse o crescimento com uma inflorescência racemosa terminal. Por fim, as de crescimento indeterminado continuam o desenvolvimento vegetativo após o início do florescimento, sendo que este pode representar até 100% do desenvolvimento antes do início da fase reprodutiva, além de não ocorrer a inflorescência terminal na haste principal (SEDIYAMA, 2016).

2.3. Duração do ciclo

A duração do ciclo da cultura de soja é determinada pela interação entre fotoperíodo, temperatura e genética de cada uma das cultivares. Tradicionalmente, os cultivares de soja são classificados quanto ao ciclo como superprecoces, precoces, médios e tardios. No entanto, quando se diz que um Cultivar é tardio significa apenas que naquele determinado local de cultivo este material tem ciclo mais longo que um de ciclo médio. Além disso, dependendo da região de cultivo, este mesmo Cultivar pode se comportar de forma distinta. Como exemplo, já é de conhecimento dos produtores brasileiros que a semeadura de um determinado cultivar cada vez mais ao Norte, reduz a duração do ciclo, enquanto que a semeadura cada vez mais ao Sul aumenta o ciclo (SILVA *et al.*, 2015, SEDIYAMA, 2016).

Buscando solucionar este problema, empresas que desenvolvem sementes no Brasil tem adotado o termo grupo de maturação, o qual remete à resposta fotoperiódica e a adaptação às regiões de cada Cultivar. Os grupos de maturação são uma classificação projetada para explicar todos os fatores que afetam a data de maturação e a duração do ciclo, desde a semeadura até a maturação. Estes fatores incluem o cultivar, data de semeadura, precipitação, latitude e doenças (ALLIPRANDINI *et al.*, 2009).

O sistema de classificação por grupos de maturação varia de 0 a 10. Quanto maior seu número, mais próximo à linha do Equador será sua região de adaptação. No Brasil, os grupos de maturação indicados variam de 5 (Rio Grande do Sul) à 10 (próximo à linha do Equador) (Figura 1). Desta forma, cada uma das cultivares apresenta melhor adaptação a uma

determinada região, sendo que a semeadura em regiões fora do local de adaptação pode causar redução ou aumento na duração do ciclo, o que interfere diretamente na produtividade.

Figura 1. Distribuição dos grupos de maturação para cultivares de soja no Brasil. Adaptado de Alliprandini *et al.*, (2009).

A principal alteração notável em cultivares de diferentes grupos e maturação é a duração do ciclo. É estimado que, para cada décimo de incremento no grupo de maturação tem-se 1 a 2 dias a mais de ciclo. No entanto, é especulado que as variações no ciclo podem estar ligadas à alterações em características fisiológicas, que repercutem no comportamento das plantas e, conseqüentemente, determina a produtividade.

Trabalhos realizados na década de 90 já relatavam que cultivares com maior ciclo capturam mais nitrogênio e radiação fotossintética ativa comparada àquelas de ciclo mais curto em situação com baixo déficit hídrico no solo. Ainda, a biomassa total durante a fase vegetativa é superior para cultivares de maior ciclo comparadas às de menor ciclo (EGLI, 2013; JIANG; EGLI, 1993). A partir daí poucos trabalhos estudando estas características foram realizados.

Recentemente, Soares (2016) observou que uma Cultivar de grupo de maturação 6.7 apresentou maior atividade da nitrato redutase em relação à do grupo de maturação 7.1. Da mesma forma, Santachiara; Borrás e Rotundo (2017) encontraram maior taxa de absorção de nitrogênio entre os estádios R₁ e R₅ em cultivares do grupo de maturação III em relação ao V.

Estes comportamentos mostram que cultivares de ciclo mais curto necessitam de elevada taxa de assimilação de nitrogênio, já que cada uma das fases de desenvolvimento ocorre em menor tempo e o acúmulo total de N seja o mesmo entre as cultivares. Além disso, estas informações preliminares fornecem indício de que cultivares com menor ciclo podem ser mais sensíveis à possível deficiência de N devido a elevada taxa e absorção e o menor tempo para o acúmulo total.

O nitrogênio acumulado na cultura de soja é proveniente principalmente da fixação biológica, mas também depende da absorção de NO_3^- e NH_4^+ oriundos do solo. Em condições que favoreçam a simbiose esta pode fornecer até 300 kg ha⁻¹ N, ou entre 72 e 94% do N total necessário (HUNGRIA *et al.*, 2005). O pico da formação de nódulos ocorre nos estádios R₁₋₂ e R₅ (CÂMARA, 2014), os quais coincidem com o momento da maior demanda de N pela planta. Deste modo, é necessário que além da potencialização da fixação biológica, seja estudado como cultivares de diferentes grupos de maturação interagem com este processo.

Em relação à sensibilidade a estresses bióticos e abióticos, é bastante discutido entre produtores e consultores que cultivares de menor ciclo são mais sensíveis e, desta forma, exigem melhores condições de ambiente para obtenção de altas produtividades. No entanto, existem poucas informações científicas que atestam tal discussão. No trabalho realizado por Soares (2016), a Cultivar do grupo de maturação 7.1 apresentou maior atividade da POD, superior teor de prolina na folha, embora isso não tenha sido suficiente para promover menor nível de peroxidação lipídica. Interessantemente, mesmo com maior nível de estresse, esta variedade apresentou maior produtividade em relação à de menor grupo de maturação (6.7). Estas informações mostram que cada material genético apresenta um comportamento, e que ainda deve ser muito bem investigado como a duração do ciclo pode interferir nos metabolismos relacionados à defesa contra estresses.

A assimilação de nitrogênio a partir do solo e da fixação biológica, associado à capacidade da planta de interagir com os estresses bióticos e abióticos é fundamental para determinar o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, o acúmulo de massa de matéria seca e a produtividade. Nos trabalhos desenvolvidos por Santachiara; Borrás e Rotundo (2017) cultivares do grupo de maturação III apresentaram maior acúmulo de biomassa entre os estádios R₁ e R₅ comparadas às do grupo de maturação V.

Comportamento semelhante foi observado por Soares quando avaliado massa de matéria seca de caule e de folhas em R₃, no entanto, a Cultivar do grupo de maturação 6.7 tende a ter menos massa de matéria seca de raízes durante esta fase. Além disso, a Cultivar do grupo de maturação 7.1 sempre apresentou maior massa de matéria seca de raízes, caule e folhas no

estádio R7. Portanto, é especulado que cultivares de ciclo curto são menos eficientes na absorção de água e nutrientes durante a fase reprodutiva, o que poderia tornar estas mais sensíveis a possível deficiência e limitar a produtividade. Dando suporte a esta hipótese, no trabalho realizado por Soares (2016), a Cultivar de menor grupo de maturação tende a ser menos produtiva. No entanto, Santachiara; Borrás e Rotundo (2017) concluíram que cultivares de diferentes grupos de maturação apresentam a mesma produtividade, embora estas utilizem estratégias fisiológicas diferentes para tal resultado.

Estes resultados prévios mostram que diferentes grupos de maturação de soja apresentam comportamentos distintos, os quais determinam o desenvolvimento e a produtividade da cultura. Portanto, experimentos que avaliem aspectos fisiológicos e fenométricos são de suma importância, pois fornecerá suporte para adequar o manejo em função da demanda de cada Cultivar.

2.4. Ação de bioestimulantes na agricultura

Os bioestimulantes são produtos que contém substâncias ou microrganismos que quando aplicados diretamente nas plantas ou na rizosfera estimulam os processos naturais que aumentam a absorção e eficiência de nutrientes, aumenta tolerância a estresses abióticos e/ou qualidade dos produtos. Esta descrição foi determinada pelo *European Biostimulants Industry Council* (EBIC) (COLLA; ROUPHAEL, 2015).

No Brasil existe um movimento liderado pela Abisolo (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal) junto ao MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para adequar a legislação que controla o registro e a comercialização de bioestimulantes. Aqui os bioestimulantes são denominados como biofertilizantes e são caracterizados como produtos 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. Além disso, é necessário demonstrar que o produto atua, isolada ou cumulativamente, no crescimento, na ontogenia, em variáveis bioquímicas e na resposta a estresses abióticos, elevando a produtividade da cultura (BRASIL; 2014).

Desta forma, os bioestimulantes são divididos em categorias, as quais englobam substâncias húmicas, complexos orgânicos, elementos minerais benéficos, sais inorgânicos, incluindo fosfitos, extratos de algas, derivados de quitina e quitosana, antitranspirantes e aminoácidos e compostos contendo N. Ainda, é possível incluir microrganismos benéficos

como fungos micorrízicos arbusculares, fungos como *Trichoderma* spp. e rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (du JARDIN, 2015).

Devido à grande quantidade de compostos com efeitos bioestimulantes e a diversidade culturas ao longo do mundo, estima-se que o mercado de bioestimulantes no mundo atinja USD 2,91 bilhões em 2021, com uma taxa de crescimento anual de 10,4% de 2016 até 2021. Culturas como trigo, cevada, milho, arroz, soja, girassol, algodão e canola são projetadas para ser um forte fator para suportar a elevada demanda de mercado por bioestimulantes (SALGARKAR, 2016).

Nos últimos anos inúmeros trabalhos têm sido realizados com o objetivo de caracterizar os efeitos dos bioestimulantes nas plantas. A partir daí, ótimas revisões foram publicadas caracterizando os efeitos dos bioestimulantes nas plantas (CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014; du JARDIN, 2015; SAVVAS; NTATSI, 2015; PICHYANGKURA; CHADDCHAWAN, 2015; GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015; ROUPHAEL *et al.*, 2015; CANELLAS *et al.*, 2015; RUZZI; AROCA, 2015, COLLA *et al.*, 2015, BATTACHARYYA *et al.*, 2015; NARDI; CONCHERI; DELL'AGNOLA, 1996).

Dentre os bioestimulantes, a utilização de aminoácidos, peptídeos e compostos contendo N tem recebido grande atenção nos últimos anos, devido aos efeitos positivos observados quando estes são aplicados nas plantas (COLLA *et al.*, 2015). Normalmente, estes produtos são derivados da hidrólise enzimática de resíduos vegetais ou animais. Desta forma, os produtos comerciais apresentam um grupo de aminoácidos e compostos contendo N em diferentes concentrações, dificultando o entendimento do efeito isolado de cada composto.

De qualquer forma, a aplicação de produtos à base de aminoácidos e produtos contendo N tem proporcionado incremento no acúmulo de massa de matéria seca de raízes e parte aérea e a produtividade (KUNICKI *et al.*, 2010; LISIECKA *et al.*, 2011; PARADIKOVIC *et al.*, 2011; COLLA *et al.*, 2014). Além disso, tem sido observados incrementos no metabolismo do N (nitrato redutase, nitrito redutase, glutamato sintase, aspartato sintase, aspartato aminotransferase (SCHIAVON; ERNATI; NARDI, 2008; RUIZ; CASTILHA; ROMERO, 2000) e glutamina sintetase (MAINI, 2006), metabolismo do carbono (malato dehidrogenase, isocitrato dehidrogenase, citrato sintase (MAINI, 2006), teor de clorofila (índice SPAD) absorção e eficiência do uso de água (COLLA *et al.*, 2014) e nutrientes (STIEGLER *et al.*, 2013), modificação na arquitetura do sistema radicular (MATSUMIYA, KUBO; 2011; ANDERSON, 2009; HEGAZY *et al.*, 2009), incluindo comprimento de raízes, densidade e número de raízes laterais.

Além dos efeitos observados no metabolismo primárias, alterações no metabolismo secundário também tem sido relatadas, principalmente após a aplicação de prolina ou seus precursores, glicina, glicina betaína e betaína (FURUYA, UMEMIYA, 2002; CHANG *et al.*, 2010; Da ROCHA *et al.*, 2012). Os principais efeitos estão relacionados ao aumento na atividade fenilalanina amônio liase, e consequentemente na síntese de fenil propanóides, incremento na atividade de enzimas antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), guaicol peroxidase (GPX) e ascorbato peroxidase. Estas alterações promovem tolerância à estresses bióticos e abióticos (COLLA *et al.*, 2015; BATTACHARYYA *et al.*, 2015; De AZEVEDO NETO *et al.*, 2006; ABOGADALLAH, 2010).

Trabalhos avaliando os efeitos destes compostos isolados também têm sido realizados. Teixeira *et al.*, (2017) concluíram que a aplicação de glutamato, cisteína, fenilalanina e glicina, aplicados isolados ou associados podem atuar como sinalizadores em plantas de soja, permitindo incremento na atividade de enzimas antioxidantes.

Além dos aminoácidos e compostos contendo N, os extratos de alga também têm sido bastante utilizados, devido aos efeitos positivos encontrados destes produtos quando aplicados nas plantas (CRAIGIE, 2011). De modo geral, os extratos de algas promovem alterações fisiológicas que repercutem em incremento do crescimento e produtividade, além de melhorar a qualidade nutricional e a vida de prateleira dos produtos (BATTACHARYYA *et al.*, 2015; ANDERSON, 2009).

Os efeitos observados nas plantas após a aplicação de extratos de algas são devido à composição dos produtos. Trabalhos relatam que nos extratos de algas são encontrados nutrientes inorgânicos como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn), sódio (Na) e enxofre (S), e componentes orgânicos como aminoácidos, vitaminas e precursores de vitaminas, polissacarídeos como alginatos, fucoidanos e laminaranas, grupos fenólicos, hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas, brassinosteróides e ácido abscísico, e osmólitos como prolina, manitol, sorbitol, glicina betaína e substâncias análogas à betaínas (RAYORATH *et al.*, 2009; BLUNDEN *et al.*, 2009; MACKINNON *et al.*, 2010).

A maior absorção de nutrientes está relacionada a alterações ocorridas no solo e nas raízes. Os alginatos e fucoidanos promovem a formação de compostos de alto peso molecular no solo, o que aumenta a retenção de água e consequentemente, estimula o crescimento radicular e a atividade microbiana (YABUR; BASHAN; HERNÁNDEZ-CARMONA, 2007; CRAIGIE, 2011). Além disso, alguns derivados da vitamina 1 encontrados nos extratos de algas alteram a atividade da ATPase na membrana, induzindo a secreção de H⁺ e a acidificação o solo

(LUTHJE, BOTTGER, 1995). A acidificação altera o estado redox do solo e a solubilidade dos íons, tornando estes mais disponíveis (CAMARGO; SANTOS; ZONTA, 1999; CASTAINGS *et al.*, 2011). Os alginatos também são conhecidos como promotores do crescimento de fungos micorrízicos, o que aumenta a absorção de nutrientes, principalmente fósforo, pelas plantas (YABUR; BASHAN; HERNÁNDEZ-CARMONA, 2007). Além disso, os extratos de algas podem promover efeitos diretos na absorção de nutrientes, através da regulação da expressão de genes de transportadores de nitrato (NRT1.1), o que aumenta a sensibilidade ao nitrogênio e melhora o transporte de auxina. Estas alterações incrementam a assimilação de nitrogênio e o crescimento de raízes laterais (KROUK *et al.*, 2010; CASTAINGS *et al.*, 2011).

Os extratos de algas também têm promovido efeitos hormonais nas plantas. Dentre os efeitos, o aumento no crescimento radicular, incremento no teor de clorofila e redução da senescência são os mais característicos (JANNIN *et al.*, 2013; RAYORATH *et al.*, 2009; NAIR *et al.*, 2012; BLUNDEN; JENKINS; LIU, 1996). Embora seja encontrados hormônios nos extratos de algas, tem sido relatado que as concentrações observadas são insuficientes para promover os efeitos fisiológicos observados (STIRK *et al.*, 2014). Assim, tem sido sugerido que os efeitos dos extratos de algas têm sido promovidos por compostos com efeito hormonal e elicitores (WALLY *et al.*, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de instalação e condução dos experimentos

Foram realizados, entre dezembro de 2015 e abril de 2016, dois experimentos no campo experimental do Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), município de Patos de Minas (MG) (18° 36' 36" de latitude Sul, 46° 29' 11" de longitude Oeste e 890 m de altitude). Patos de Minas, segundo a classificação de Köppen, apresenta um clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1400 mm (SOUZA *et al.*, 2005), sendo a temperatura média anual igual a 21,1 °C; a máxima anual 27,8 °C; e a mínima anual 16,3 °C, conforme dados da Estação Meteorológica de Sertãozinho (EPAMIG) localizada no município de Patos de Minas-MG.

Utilizou-se nos experimentos a cultura de soja (*Glycine max* L. Merrill), sendo que antes semeadura as sementes foram tratadas com fungicida + inseticida [Standak Top® - fipronil (250 g L⁻¹) + tiofanato metílico (225 g L⁻¹) + piraclostrobina (25 g L⁻¹)] na dose de 2 mL kg⁻¹ de sementes. Foi realizada a análise de solo antes da semeadura e com base nesta realizou-se a adubação. De acordo com a análise de solo (Tabela 1) não foi necessária aplicação de calcário para correção do solo. Assim, como adubação foram fornecidos 32, 112 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente + 3,26% de Ca + 4,25% de S + 0,2% de B + 0,2% de Zn + 2% de substâncias húmicas.

Tabela 1. Análise de solo (0-20 cm) da área de condução dos experimentos. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2015

pH	P-Mel	P-Rem	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
Água	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----			
5,95	17,62	10,22	50,3	2,7	0,7	0,03	4,1
SB	CTC _t	CTC _T	v	m	M.O.		
----- cmol _c dm ⁻³ -----			----- % -----		dag kg ⁻¹		
3,53	3,56	7,63	46,26	0,84	3,62		

Para manejo das plantas daninhas, foi realizada aplicação de Gli up® (glifosato e.a 480 g L⁻¹) na dose de 4 L ha⁻¹ aos 11 e 28 dias após a semeadura. Para manejo de pragas foi realizado aplicação de Fastac Duo® [acetamiprido (100 g L⁻¹) + alfa-cipermetrina (200 g L⁻¹)] na dose de 300 mL p.c. ha⁻¹ aos 62 dias após a semeadura. No manejo de doenças foi realizada a aplicação

de Orkestra® [piraclostrobina (333 g L⁻¹) + fluxapiroxade (167 g L⁻¹)] aos 62 dias após a semeadura. Nas aplicações de inseticida e fungicida foi adicionado à calda de pulverização Assist na dose de 500 mL p.c./ha⁻¹ no Experimento I. No Experimento II foram aplicados os mesmos produtos, mas nas épocas estabelecidas, conforme a Tabela 3.

3.2. Experimento I- Caracterização fisiológica de grupos de maturação de soja

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com três cultivares e oito repetições, constituindo assim 24 unidades amostrais (Tabela 2). Foram utilizadas três cultivares com distintos grupos de maturação, sendo NS 7709 IPRO (7.2), NS 6909 IPRO (6.9) e AS 3610 IPRO (6.1), os quais foram semeadas com população de 360.000, 330.000 e 380.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas com sete metros (m) de comprimento por 0,45 m entrelinhas, totalizando uma área de 15,75 m² e área total de 378 m². A área útil de cada parcela constitui-se pelas linhas centrais, descartando 0,5 m em cada extremidade da parcela.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados na cultura de soja, Experimento I. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2015/2016.

Cultivares	Grupo de maturação
NS 7709 IPRO	7.2
NS 6909 IPRO	6.9
AS 3610 IPRO	6.1

3.3. Experimento II- Interação fisiológica entre grupos de maturação de soja e aplicação de bioestimulante

Utilizou-se o delineamento experimental em sistema bifatorial 3x2 em blocos casualizados constituídos por duas cultivares de soja [NS 7709 IPRO (7.2) e NS 6909 IPRO (6.9)] e por três tratamentos aplicados nas sementes e via foliar (Tabela 3) totalizando seis tratamentos com cinco repetições (30 unidades experimentais). As cultivares foram semeadas na população 360.000 e 330.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas com sete metros de comprimento por 0,45 m entrelinhas, totalizando

uma área de 15,75 m² em cada parcela e área total de 378 m². A área útil de cada parcela constitui-se pelas linhas centrais, descartando 0,5 m em cada extremidade da parcela. As aplicações foram realizadas utilizando pulverizador costal propelido a CO₂ com pressão de 2 bar e volume de calda foi de 200 L ha⁻¹.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos (T) utilizados na cultura de soja, Experimento II. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2015/2016.

T	Cultivar	Grupo de maturação	Épocas de aplicação				
			TS	V ₃ /V ₄	V ₆ /V ₈	R ₁	R ₂ /R ₃
T ₁	NS 6909 IPRO	(6.9)	¹ CoMo Platinum [®]	² Gli up [®]	³ Fastac Duo [®] + ⁴ Orkestra [®]	Orkestra [®]	Orkestra [®]
T ₂				Gli up [®] + ⁵ Forth TB [®]	Fastac Duo [®] + Orkestra [®] + Forth TB [®]	Orkestra [®] + Forth TB [®]	Orkestra [®] + Forth TB [®]
T ₃				⁶ Masteraiz Leg [®]	Gli up [®] + ⁷ Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	Fastac Duo [®] + Orkestra [®] + Forth TB [®]	Orkestra [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]
T ₄	NS 7709 IPRO	(7.2)	CoMo Platinum [®]	Gli up [®]	Fastac Duo [®] + Orkestra [®]	Orkestra [®]	Orkestra [®] (Fungicida) + Forth TB [®]
T ₅				Gli up [®] + Forth TB [®]	Fastac Duo [®] + Orkestra [®] + Forth TB [®]	Orkestra [®] + Forth TB [®]	Orkestra [®] (Fungicida) + Forth TB [®]
T ₆				Masteraiz Leg [®]	Gli up [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	Fastac Duo [®] + Orkestra [®] + Forth TB [®]	Orkestra [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]

¹CoMo Platinum [molibdênio (235,5g L⁻¹) + cobalto (23,55 g L⁻¹) + fósforo (43,96 g L⁻¹)] na dose de 150 mL ha⁻¹;

²Gli up[®] [Glifosato (480 g L⁻¹)] na dose de 4 L ha⁻¹;

³Fastac Duo[®] [acetamiprido (100 g L⁻¹) + alfa-cipermetrina (200 g L⁻¹)] na dose de 250 mL [p.c.] ha⁻¹;

⁴Orkestra[®] [(piraclostrobina (333 g L⁻¹) + fluxapiroxade (167 g L⁻¹)] na dose de 300 mL [p.c.] ha⁻¹;

⁵Forth TB [nitrogênio (70 g L⁻¹) + fósforo (165,2 g L⁻¹)] na dose de 50 mL ha⁻¹;

⁶Masteraiz Leg[®] [(cobalto (6,75 g L⁻¹) + molibdênio (6,75 g L⁻¹) + zinco (6,75 g L⁻¹) + aminoácidos (26%) + extrato de algas (8%)] na dose de 2,0 mL kg⁻¹ de sementes; ⁷Master Equaliza [nitrogênio (127 g L⁻¹) + magnésio (50,8 g L⁻¹) + zinco (25,4 g L⁻¹) + boro (6,35 g L⁻¹) + molibdênio (1,27 g L⁻¹) + aminoácidos (5%) + extrato de algas (5%)] na dose de 0,75 L ha⁻¹.

3.4. Avaliações

3.4.1. Avaliações bioquímicas

3.4.1.1. Teor de prolina

O extrato para a determinação de prolina foi obtido pela adição de 5 mL de ácido sulfossalicílico a 3% em cerca de 200 mg de folha fresca contidas em tubos de falcon, sendo a mistura deixada em agitação constante por uma hora à temperatura ambiente (25°C). Após o período de agitação, o homogenizado foi centrifugado a 3.000 x g por 10 minutos, à temperatura ambiente, sendo o precipitado descartado e o sobrenadante (extrato) usado para a determinação de prolina livre pelo método descrito por Bates; Waldren; Teare (1973), através da reação com a solução de ninhidrina ácida (na proporção de 1,25g de ninhidrina, em 30 mL de ácido acético glacial, e 20 mL de ácido fosfórico 6M). Para a reação, foram usados tubos de ensaio com tampa rosqueável, nos quais foram adicionados 1 mL de extrato, 1 mL de ninhidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial, deixando-se a mistura em banho-maria (100°C) por uma hora, para o desenvolvimento da cor. Em seguida, os tubos de ensaio foram colocados em banho de gelo por 10 minutos para cessar a reação. A extração do cromóforo foi feita pela adição de 2 mL de tolueno à mistura de reação, seguida de agitação vigorosa. Após repouso, e formação da mistura bifásica, a fase superior foi retirada para a quantificação dos níveis de prolina livre, através de medidas de absorbância em 520 nm. Utilizou-se como branco apenas o tolueno. Como padrão deverá ser utilizado a prolina pura e os resultados expressos em $\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF. No Experimento I a determinação do aminoácido foi aos 60 dias após a semeadura (DAS), e o Experimento II aos 7 dias após a aplicação (DAA).

3.4.1.2. Atividade de enzimas antioxidantes

No experimento I a determinação das enzimas antioxidantes foi realizada aos 60 DAS, e no Experimento II 7 dias após a aplicação (DAA). A atividade de enzimas antioxidantes foi determinada com base no teor de proteínas presentes nas folhas.

3.4.1.2.1. Obtenção do extrato vegetal

Para a determinação do metabolismo oxidativo, as folhas foram coletadas às 09:00 horas e armazenadas em sacos plásticos e envoltas em papel alumínio e, imediatamente, congeladas em nitrogênio líquido, a fim de paralisar todas as reações.

As folhas foram trituradas utilizando nitrogênio líquido, posteriormente, foi pesado 400 mg de material e adicionado 5 mL de tampão de fosfato de potássio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$ pH 6,8) para a diluição do extrato. Posteriormente as amostras foram transferidas para eppendorf's e centrifugadas a 10.000 rpm por 30 min a 4°C . Ao final, as amostras foram armazenadas a -20°C para posterior determinação das atividades enzimáticas (KAR; MISHRA, 1976).

3.4.1.2.2. Conteúdo de proteína total solúvel na folha

De acordo com a metodologia de Bradford (1976) o teor de proteína total solúvel na folha é determinada através da reação obtida com $20 \mu\text{L}$ de extrato, adicionando-se 1 mL de reagente de Bradford, e após 5 minutos realiza a leitura em espectrofotômetro a 595 nm. O teor de proteína total solúvel foi obtida através da curva padrão preparada com caseína. Os dados finais foram expressos em mg g^{-1} de matéria fresca e foram utilizados para os cálculos da atividade das enzimas (peroxidase, superóxido dismutase e H_2O_2).

3.4.1.2.3. Atividade da superóxido dismutase

A determinação da superóxido dismutase (SOD) foi de acordo com a metodologia de Beauchamp; Fridovich (1971), metodologia que determina a SOD total. Antes do preparo dos reagentes todos os recipientes foram envolvidos com papel alumínio para evitar reação com a luz e armazenados na geladeira por um período de 4 horas. Após o período de repouso dos reagentes, foi adicionado a um tubo de ensaio de vidro $2000 \mu\text{L}$ de tampão de fosfato de sódio (50 mmol L^{-1} pH 7,8), $30 \mu\text{L}$ de extrato enzimático, $450 \mu\text{L}$ de solução de Nitroblue Tetrazolium (NBT) + EDTA (5:4) e $500 \mu\text{L}$ de solução de Metionina + Riboflavina (1:1). Todas as amostras foram preparadas em duplicata, sendo que, após o preparo do sistema de reação, uma das amostras foi exposta a luz durante 10 minutos, sem o papel alumínio, e a outra permaneceu coberta com o papel alumínio. Após esse período foram realizadas leituras de absorbância a 560 nm em espectrofotômetro. Sendo a atividade enzimática expressa em U de SOD mg^{-1} proteína.

3.4.1.2.4. Atividade da peroxidase

A atividade desta enzima é realizada com base na produção de purpurogalina em um sistema de reação. A atividade da POD foi determinada de acordo com Teisseire; Guy (2000). Para formar o meio de reação da enzima, foi adicionado a um tubo de ensaio 500 μL de tampão fosfato de potássio (50 mmol L^{-1} pH 6,5), 30 μL de extrato enzimático, 250 μL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol) (20 mmol L^{-1}) e 220 μL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (5 mmol L^{-1}), totalizando um volume de 1 mL. Posteriormente, os tubos de ensaio foram deixados por 5 minutos à temperatura em torno de 25°C. Após esse período, a formação de purpurogalina foi determinada em espectrofotômetro UV-visível, a 430 nm. Para o cálculo da atividade da enzima foi utilizado o coeficiente de extinção molar de 2,5 $\text{mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, sendo a atividade expressa em μmol de purpurogalina $\text{min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

3.4.1.2.5. Peroxidação lipídica

Foi determinada de acordo com a técnica de Heath; Packer (1968). 200 mg do material vegetal triturado em nitrogênio líquido foi homogeneizado em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. Em seguida, o conteúdo foi transferido para tubos de ensaio com rosca e papel filme, e incubado em banho Maria a 90°C por 1 h. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 10.000 x g por 15 minutos a temperatura ambiente, e, em seguida, o sobrenadante coletado de cada amostra foi submetido a leituras de absorbância em espectrofotômetro na faixa de 560 e 600 nm. Os resultados foram expressos em nmol de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) por grama de matéria fresca.

3.4.1.2.6. Teor de peróxido de hidrogênio

O H_2O_2 foi determinado conforme a metodologia de Alexieva *et al.*, (2001), onde se usa o iodeto de potássio (KI) para que ocorra a reação. Nessa reação o KI reage com o H_2O_2 liberando iodo e água, ficando um líquido laranja-avermelhado. Para realizar a determinação do H_2O_2 , foi feita a extração de 200 mg de material vegetal, e maceradas com 200 mg de folhas foram maceradas com 1 mL de TCA 0,1%. Após homogeneização as amostras foram transferidas para eppendorfs e centrifugadas por 15 minutos com 9700 rpm a 4°C. Do sobrenadante foi retirado 200 μL ao qual foi adicionado 200 μL de tampão fosfato de potássio

100 mM (pH 7,5) e 800 μ L de solução 1 M de KI. Para a realização do branco usa-se o tampão de fosfato de potássio e a solução de KI nas mesmas doses, portanto não se coloca o sobrenadante adiciona-se 200 μ L de TCA 0,1% (solução de extração). Os tubos com a reação foram colocados em gelo e permanecerão no escuro durante uma hora. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 390 nm.e o teor de H_2O_2 foi expressa em μ mol g^{-1} de matéria fresca.

3.4.2. Avaliações fisiológicas e fenométricas

3.4.2.1. Índice Spad

A determinação do índice SPAD foi feita aos 30 e 60 DAS no Experimento I e aos 14, 29, 50, 62 DAS no Experimento II. Para determinar o índice SPAD, considerada uma medida indireta do teor de clorofila na folha, foi utilizado medidor portátil de clorofila (clorofilômetro marca Minolta, modelo SPAD-502, visualização do equipamento no Anexo 1), que permite leituras instantâneas do teor relativo de clorofila na folha sem destruí-la. Efetuaram-se as amostras em plantas para cada parcela.

O clorofilômetro possui diodos que emitem radiação em 650 nm (luz vermelha) e 940 nm (radiação infravermelha). A luz passa pela folha e é recebida por um fotodiodo de silicone onde é convertida, primeiramente, em sinais elétricos analógicos e, depois, em sinais digitais. Estes sinais passam por um microprocessador que calcula valores proporcionais aos de teor de clorofila presente na folha. A absorbância das clorofilas é muito eficiente em 650 nm, mas é desprezível em 940 nm. Deste modo, o sinal derivado da emissão em 650 nm serve de base para o cálculo do teor relativo de clorofila, enquanto que o sinal originado da emissão em 940 nm serve como um fator de correção para compensar pela absorção de fótons em 650 nm por moléculas do tecido foliar desprovidas de clorofila (MINOLTA, 1989; JESUS; MARENCO, 2008).

3.4.2.2. Fitomassa seca

As determinações de massa de matéria seca de raiz, caule, folha, e vagens foram realizadas com quatro plantas por repetição. Cada órgão das plantas foi acondicionado, separadamente, em sacos de papel, e a secagem das diferentes partes foi realizada com o método padrão de secagem em estufa com circulação de ar forçada e com temperatura de 65°C, até peso constante.

3.4.2.3. Números de nós, ramificações e vagens

No Experimento I e II, aos 65 DAS contabilizou o número de nós, ramificações, e vagens, sendo que foram coletadas quatro plantas por repetição. Nós e ramificações foram contabilizadas na haste principal das plantas, e as vagens no todo.

3.4.2.4. Massa de 1000 grãos e produtividade

Nos dois experimentos realizados, as parcelas foram colhidas manualmente e trilhadas em uma trilhadeira movida a trator para a retirada dos grãos das vagens. Em cada parcela foram colhidas duas sub-parcelas para que houve a minimização dos erros; em cada repetição colheu as três linhas descartando as duas laterais e 0,5 metros de cada extremidade das mesmas. Após colhidas determinou-se o grau de umidade e a realização da massa de 1000 grãos. Para a massa de 1000 grãos utilizou uma balança digital com precisão de 0,01 grama.

3.5. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR[®] (FERREIRA, 2000). Para ambos os experimentos foi realizada a análise de variância, seguida de teste de Tukey a 5% de significância para a comparação entre as médias e entre os fatores no caso do experimento II, um fatorial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Elementos de clima

Durante o período de desenvolvimento do trabalho as condições meteorológicas foram favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura durante a maior parte do período (Figura 2). O valor mínimo de temperatura do ar foi de 16,7°C situou-se acima da temperatura basal inferior da cultura de soja, a qual é de 10°C, segundo Brown (1960), enquanto que o valor máximo (33°C) foi inferior à temperatura basal superior que é de 35°C.

Analisando a precipitação diária, observa-se irregularidade na ocorrência de chuvas no período vegetativo (período de 01 dezembro de 2015 a 06 de janeiro de 2016). A precipitação acumulada foi de 225,8 mm na fase vegetativa e 532,9 mm na fase reprodutiva, totalizando 758,7 mm até o estágio R₆, quando a produtividade já foi definida.

Figura 2. Valores de temperatura máxima (T.max) mínima (T.min) e precipitação (mm) referentes ao período de condução dos ensaios (dezembro de 2015 a março de 2016). UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

4.2. Caracterização do desenvolvimento das cultivares

Os dados referentes ao número de dias após a semeadura dos cultivares utilizados nos ensaios estão apresentados na Tabela 4. Como já era esperado, o cultivar com GM 7.2 apresentou o maior ciclo e o de GM 6.1 o menor ciclo.

Tabela 4. Descrição de número de dias após a semeadura correspondentes aos estádios fenológicos em três cultivares de soja com diferentes grupos de maturação. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Estádio	Cultivares		
	NS 7709 IPRO – GM 7.2	NS 6909 IPRO – GM 6.9	AS 3610 IPRO – GM 6.1
Semeadura	0	0	0
V ₃	22	22	21
V ₆	39	36	33
R ₁	42	40	35
R ₅	63	60	55
R ₉	115	108	103

O cultivar NS 7709 IPRO apresentou maior duração das fases vegetativas e reprodutivas. A duração destas fases são características que atuam na determinação do potencial produtivo, visto que altera o tempo de formação da arquitetura vegetativa e de enchimento dos grãos. Segundo Van Roekel; Purcell; Salmerón (2015), cultivares que apresentam maior fase reprodutiva podem possuir maior potencial produtivo, devido ao aumento no período de produção de fotoassimilados. Além disso, alguns trabalhos mostram que cultivares de soja com menor período efetivo de enchimento de grãos apresentam remobilização de N mais rápida, abrupta queda na assimilação de CO₂ e abscisão precoce das folhas (EGLI; LEGGETT; DUNCAN, 1978; GAY; EGLI; REICOSKY, 1980), o que reduz o potencial produtivo (Van ROEKEL; PURCELL; SALMERÓN, 2015). Desta forma, o cultivar AS 3610 IPRO pode ser mais sensível às condições do ambiente, pois devido a menor duração do ciclo, cada uma das fases de desenvolvimento ocorreu em menor período de tempo.

4.3. Experimento I- Caracterização fisiológica de grupos de maturação de soja

4.3.1. Metabolismo do N

4.3.1.1. Teor de proteína total solúvel na folha

Para o teor de proteína total solúvel nas folhas observou que os cultivares NS 7709 IPRO (7.2) e NS 6909 IPRO (6.9) não diferiram entre si, enquanto que a AS 3610 IPRO (6.1) apresentou teor de proteína total solúvel na folha, em média 27,13% menor às demais cultivares (Tabela 5).

Tabela 5. Índice Spad e teor de proteína total solúvel l (mg g⁻¹ [MF]) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos (Cultivar)	Grupo de maturação	Índice SPAD		Proteína total solúvel
		30 DAS	60 DAS	
NS 7709 IPRO	7.2	39,7 a*	38,9 a	17,286 a
NS 6909 IPRO	6.9	38,7 a	38,1 ab	18,015 a
AS 3610 IPRO	6.1	34,6 b	34,1 b	12,595 b
CV%	-	2,56	9,39	9,76
DMS	-	1,26	4,55	2,041

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não difere estatisticamente pelo Teste de Tukey, à 5%.

A cultivar de menor ciclo (AS 3610 IPRO) apresentou redução no teor de proteína total solúvel possivelmente devido ao baixo período de absorção de N. Esse comportamento é ressaltado por Santachiara, Borrás e Rotundo (2017), os quais afirmam que cultivares de menores grupos de maturação absorvem menor concentração de N, além de apresentar uma redução do tempo de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa, conferindo assim a diminuição da fotossíntese e consequentemente menor formação de proteínas nas folhas.

4.3.1.2. Índice SPAD

O cultivar NS 7709 IPRO (7.2) apresentou os maiores valores SPAD, cujo incremento médio foi de 8,65 e 8,08%, em relação aos cultivares NS 6909 IPRO (6.9) e AS 3610 IPRO (6.1) aos 30 e 60 DAS, respectivamente (Tabela 5).

O índice SPAD determinado pelo clorofilômetro tem sido há muito tempo utilizado como uma ferramenta para determinar o teor de N em folhas devido ao seu elevado nível de correlação (SCHADCHINA; DMITRIEVA, 1995). Esta relação está ligada ao fato que em torno de 50 a 70% do nitrogênio foliar é integrante de enzimas pertencente aos cloroplastos.

A avaliação do teor de clorofila tem mostrado grande importância dentro dos parâmetros influenciadores de produtividade (FAGAN, 2007). As clorofilas são pigmentos que capturam a energia da luz (400 a 700 nm) que posteriormente será convertida em energia química na forma de ATP e NADPH. Assim, as clorofilas tem ação direta na eficiência do processo fotossintético, o que torna a sua quantificação relevante em experimentos que visem avaliações fisiológicas minuciosas para explicar incremento de produtividade.

4.3.2. Metabolismo oxidativo

Durante a evolução das plantas o processo de metabolismo oxidativo acompanha o seu desenvolvimento, pois no processo de desenvolvimento os vegetais formam radicais livres, formando assim as espécies reativas de oxigênio (ERO), sendo que a degradação das ERO é realizada por meios enzimáticos (SOD, POD, CAT) e não enzimáticos (prolina). Portanto, a avaliação do metabolismo oxidativo das plantas é uma ferramenta para análise da capacidade de resistência das mesmas (GILL; TUTEJA, 2010; SOARES, 2016).

4.3.2.1. Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD)

A atividade da enzima SOD apresentou comportamento diretamente ligado ao Grupo de Maturação. Os cultivares NS 7709 IPRO (7.2) e NS 6909 IPRO (6.9) apresentaram maior atividade, enquanto a cultivar AS 3610 IPRO (6.1) apresentou um decréscimo médio de 13,68% quando comparado às variedades supracitadas (Tabela 6).

Tabela 6. Atividade das enzimas superóxido dismutase ($U \mu g \text{ proteína}^{-1} [MF]$), peróxido de hidrogênio ($\mu mol \text{ g}^{-1} [MF]$), peroxidase ($\mu mol \text{ min}^{-1} \mu g \text{ proteína}^{-1} [MF]$), prolina ($\mu mol \text{ de prolina g}^{-1} [MF]$) e peroxidação lipídica ($nmol \text{ TBARS g} [MF^{-1}]$) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos (Cultivar)	Grupo de maturação	SOD	H ₂ O ₂	POD	Prolina	PL
		----- 60 DAS -----				
NS 7709 IPRO	7.2	11,886 a*	52,083 a	0,295 b	0,204 b	128,840 a
NS 6909 IPRO	6.9	11,791 a	48,272 b	0,280 b	0,140 b	129,607 a
AS 3610 IPRO	6.1	10,218 b	8,275 c	0,490 a	0,437 a	129,161 a
CV%	-	3,82	2,82	11,47	27,46	4,91
DMS	-	0,565	1,338	0,053	0,093	8,309

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não difere estatisticamente pelo Teste de Tukey, à 5%

Soares (2016), em estudos com grupos de maturação de soja relatou resultados semelhantes, em que o cultivar de menor grupo de maturação foi a que apresentou diminuição na atividade da enzima SOD. A atividade desta enzima provavelmente aumentou as reações de transformação de espécies reativas de oxigênio (O_2^-), pois a SOD faz a dismutação do O_2^- em $H_2O_2 + H_2O$ (GILL; TUTEJA, 2010), levando ao aumento no teor de H_2O_2 .

4.3.2.2. Teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2)

O peróxido de hidrogênio também é considerado uma espécie reativa de oxigênio que pode ser transformado em H_2O e O_2 por enzimas como a catalase e peroxidase (GILL; TUTEJA, 2010). A concentração de H_2O_2 assim como da SOD apresentou variação conforme o grupo de maturação do cultivar (Tabela 6). Foi verificado decréscimo na síntese dessa ERO proporcional a redução no grupo de maturação. Foi constatado que o cultivar de NS 7709 IPRO (7.2) obteve o maior teor de H_2O_2 ($52,1 \mu mol \text{ g}^{-1} \text{ MF}$) seguido pelo cultivar NS 6909 IPRO (6.9), $48,3 \mu mol \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ e o AS 3610 IPRO (6.1) de $8,3 \mu mol \text{ g}^{-1} \text{ MF}$.

A ocorrência de tal comportamento pode estar relacionada a atividade da enzima SOD que foi baixa no cultivar de menor grupo de maturação (AS 3610 IPRO) quando comparada as demais (NS 7709 IPRO e NS 6909 IPRO), (Tabela 6). Teixeira (2017) relata que a SOD faz a dismutação do O_2^- em H_2O_2 , conferindo assim um aumento no teor desta ERO nas células. Essa enzima é considerada a primeira linha de defesa de células vegetais contra radicais livres, porém a atividade da mesma pode ser alterada pela disponibilidade de micronutrientes (Ni, Fe, Mn, Cu e Zn), do nível de estresse em que a planta é submetida e a capacidade genética de

sintetizar essa enzima (FAGAN, 2016). Pelo que parece, no presente trabalho, a redução do grupo de maturação reduz a capacidade das plantas de soja em utilizar essa ferramenta e como resultado ocorre uma redução no teor de H_2O_2 .

A síntese de H_2O_2 é induzida por vários tipos de estresses e por isso possui papel central nos mecanismos de sobrevivência de plantas. Em resposta a muitos estresses a formação de H_2O_2 é incrementada. No entanto, em pequenas concentrações, esta espécie reativa de oxigênio desempenha papel essencial nas plantas, nas raízes a produção de H_2O_2 auxilia na formação de raízes laterais e na resposta gravitropica. Nas folhas o H_2O_2 atua como mensageiro secundário no fechamento estomático, juntamente com o cálcio. Outra interação do H_2O_2 é a quebra da camada de aleurona durante a germinação, tal efeito está associada as giberelinas.

Portanto, é importante salientar que o incremento na síntese de peróxido de hidrogênio nem sempre pode resultar em efeitos negativos em plantas, pois esta molécula pode funcionar como agente sinalizador em plantas (NEILL *et al.*, 2002), incluindo: respostas a elicitores de patógenos (KACHROO *et al.*, 2003), fechamento estomático (CHEN; GALLIE, 2004), resistência sistêmica adquirida (CHEN; SILVA; KLESSIG, 1993) e morte celular programada (LEVINE *et al.*, 1994).

Sendo assim, a avaliação do nível de peroxidação lipídica foi determinante para detectar o efeito desta molécula no estresse oxidativo nos tratamentos que apresentaram os maiores valores de H_2O_2 .

4.3.2.3. Atividade da enzima peroxidase (POD)

No presente experimento foi constatado a redução na atividade da enzima peroxidase nos cultivares que apresentaram uma elevada produção de H_2O_2 . Em média foi verificado a redução de 39,79 e 42,85%, respectivamente dos cultivares NS 7709 IPRO e NS 6909 IPRO, em relação AS 3610 IPRO (6.1) (Tabela 6).

O H_2O_2 é o substrato da enzima POD, portanto era de se esperar que o aumento da sua concentração incrementasse a atividade da mesma, porém alguns estudos evidenciaram que elevadas concentrações de H_2O_2 podem inibir parcialmente a atividade da POD (SOARES, 2016; KARUPPANAPANDIAN *et al.*, 2011).

4.3.2.4. Teor de prolina

Comportamento inverso ao observado no teor de proteína foi verificado na concentração de prolina, em que a cultivar AS 3610 IPRO (6.1) apresentou o maior teor, com incremento médio de 163,17% em relação aos demais cultivares (Tabela 6).

Provavelmente o cultivar de menor GM (AS 3610 IPRO (6.1) utilizou o metabolismo não-enzimático para se proteger de danos tendo como representante nesse trabalho a prolina. Teixeira (2017) e Szabados; Saviouré, 2010; que afirmam que o aumento da concentração de prolina é reflexo do nível de estresse que a planta está sendo submetida, pois esse aminoácido atua como osmorregulador, antioxidante, protetor de estruturas das proteínas e de diversas atividades enzimáticas.

Entretanto, a síntese demasiada de prolina é prejudicial às plantas, pois esta consome entre 0,4 e 0,6% do N total das folhas (ERNST; NELISSEN; BOOKUM, 2000) e dessa forma, a elevada síntese de prolina pode consumir parte do N que poderia ser utilizado para o crescimento, além da inibição do crescimento devido à toxidez desses aminoácidos quando presente em altas concentrações.

4.3.2.5. Peroxidação lipídica (PL)

Quanto a PL não foi verificada influência do grupo de maturação na intensidade desse processo (Tabela 6) em função disso o teor de radicais livres produzidos foram neutralizados por diferentes vias quando comparam-se GM. Ficou claro que cultivares de maior ciclo utilizam mais intensamente a via das enzimas antioxidante ligadas diretamente a SOD, embora apresentem maior teor de peróxido de hidrogênio que possivelmente pode estar atuando em sistemas de sinalização.

No cultivar mais precoce evidencia-se a presença de dois sistemas um deles envolve a enzima POD o que provavelmente foi a causa da redução de H_2O_2 na folha, e o segundo ligado à prolina a qual pode atuar na redução de EROs, embora isso seja feito às custas de energia metabólica.

O controle da PL é importante pois quando as espécies reativas de oxigênio estão em excesso podem causar danos nas membranas das células, e consequente morte celular (GILL; TUTEJA, 2010). A elevada taxa de peroxidação lipídica pode induzir efeitos deletérios para as células vegetais, isso porque, as espécies reativas que induzem este processo atuam em ácidos graxos de membrana, resultando na perda de rigidez, integridade e permeabilidade.

4.3.3. Avaliações fenométricas

4.3.3.1. Fitomassa seca de raiz

Em relação à fitomassa seca de raiz (Tabela 7), verificou-se que entre 35 DAS o maior incremento médio foi no cultivar NS 6909 IPRO (6.9), sendo uma superioridade média de 19,32% dos demais cultivares.

Conforme a Tabela 7, aos 65 DAS observou-se comportamento semelhante ao ocorrido nos 35 DAS, onde o cultivar NS 6909 IPRO (6.9) obteve a maior fitomassa seca de raiz, sendo que o incremento médio foi de 57,59% em relação aos demais cultivares utilizados.

A produção de raízes tende a ser maior em cultivares de maior ciclo. Como relatado por Soares (2016). Os cultivares NS 6909 e AS 3610, corroboram com os autores acima. Contudo o cultivar NS 7709 IPRO não seguiu esse comportamento demonstrando assim que cultivares de maiores GM podem apresentar crescimento radicular menor do que de ciclos precoce e superprecoce, existindo assim diferenças ligadas à genética.

A maior produção de raízes em determinados cultivares proporcionar maior absorção de água e nutrientes, fazendo com que tenham melhor sustentação e desenvolvimento das plantas (COMAS *et al.*, 2013, BENDER; HAEGELE, BELOW, 2015).

Tabela 7. Fitomassa seca de raiz (FMSR), caule (FMSC), folha (FMSF) e total (FMST) (g planta⁻¹) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos (Cultivar)	Grupo de maturação	FMSR		FMSC		FMSF		FMST	
		35	65	35	65	35	65	35	65
		----- DAS -----							
NS 7709 IPRO	7.2	0,645 b*	0,910 c	3,642 a	3,572 c	2,505 b	0,826 c	6,795 b	5,312 c
NS 6909 IPRO	6.9	0,772 a	1,595 a	3,750 a	5,525 b	3,239 a	1,525 b	7,770 a	8,642 b
AS 3610 IPRO	6.1	0,649 b	1,140 b	3,707 a	8,205 a	3,505 a	4,302 a	7,862 a	13,647 a
CV%		10,94	9,93	4,97	15,14	17,61	7,79	8,50	10,42
DMS		0,098	0,158	0,240	1,143	0,711	0,226	0,832	1,255

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não difere estatisticamente pelo Teste de Tukey, à 5%.

4.3.3.2. Fitomassa seca de caule

Para a fitomassa seca de caule não foi verificada diferença significativa até os 35 DAS. Aos 65 DAS o comportamento foi invertido onde o cultivar AS 3610 IPRO (6.1), obteve na fitomassa o aumento de 84,1% em relação aos outros cultivares (Tabela 7). Esse comportamento provavelmente está ligado a característica genética do cultivar AS 3610 IPRO.

Porém, as plantas da família das leguminosas não são armazenadoras de energia no caule. A pequena porção de reservas que é armazenada no caule é redistribuídas durante a fase reprodutiva, principalmente no período de enchimento de grãos, e possivelmente aumenta a produtividade (VAN KEULER; WOLF, 1986; SANTACHIARA, BORRÁS; ROTUNDO, 2017).

Por outro lado o desenvolvimento de estruturas de caule são de extrema relevância em soja, pois é no caule que as gemas vegetativas e reprodutivas estão localizadas, portanto o aumento da massa pode ser um indicativo do aumento do potencial reprodutivo. No entanto, também deve ser considerado de aumento excessivos de massa de caule pode culminar na maior produção de folhas ocasionando sombreamento, reduzindo a fotossíntese líquida das plantas por incrementar a respiração.

4.3.3.3. Fitomassa seca de folha

O cultivar AS 3610 IPRO (6.1) apresentou nas duas avaliações superioridade na fitomassa seca de folhas quando comparado com os cultivares estudados, apresentando aumentos médios de 24,06 e de 301,45%, aos 35 e 65 DAS, respectivamente (Tabela 7).

O aumento da fitomassa seca de folha pode proporcionar o incremento da superfície fotossintética na planta, embora acréscimos excessivos podem acarretar em alto sombreamento prejudicando assim principalmente as folhas do terço superior. Também existe uma relação de aumento de massa e folhas e caules com o crescimento radicular, e de se esperar uma maior massa de folhas e caules em plantas com crescimento de raiz mais vigoroso.

Para o cultivar AS 3610 IPRO essa hipótese foi atendida, enquanto que para NS 7709 IPRO não foi observado essa relação

A maior duração da área foliar pode proporcionar maior superfície para absorção de luz e produção de energia e fotoassimilados para as plantas, e consequentemente incrementando no enchimento de grãos e na produtividade (BOARD; MODALI, 2005; SOARES, 2016). Taiz;

Zeiger (2017), afirmam que o retardo da senescência leva a diminuição da proteína e os teores de nutrientes minerais em plantas selvagens de trigo, mostrando que é de extrema importância a translocação de nutrientes durante a senescência para um desenvolvimento normal dos grãos.

4.3.3.4. Fitomassa seca total

Como reflexo das fitomassas seca de raiz, caule e folha a fitomassa seca total foi superior no cultivar 3610 aos 35 e 65 DAS, ocorrendo incremento de 8,44 e 107,41%, respectivamente em relação aos demais cultivares (Tabela 7).

A diferença de comportamento observada entre os cultivares estudados se dá devido à diferença de ciclo fenológico e grupo de maturação que os mesmos apresentam. A prevalência do cultivar AS 3610 IPRO (6.1) em relação aos demais cultivares está diretamente ligada com a superprecocidade, com isso o seu desenvolvimento é mais acelerado em relação aos demais cultivares; apresentando assim maior fitomassa seca total.

A utilização de análises de crescimento em plantas é uma ferramenta importante para detectar variações de crescimento. Esta se baseia no fato de que em torno de 90% da massa seca acumulada pela planta ao longo de seu ciclo é derivado da atividade fotossintética o restante é oriundo do solo (BENINCASA, 2003). A partir de dados de massa dos órgãos da planta ao longo de seu desenvolvimento é possível quantificar índices fisiológicos que demonstram o desempenho de plantas submetidas a sistemas de manejo.

4.3.3.5. Número de nós e ramificações

O cultivar AS 3610 IPRO apresentou o maior número de nós e ramificações, esse aumento médio foi de 24,3% no número de nós e de 90,55% no número e ramificações em relação aos demais cultivares (Tabela 8).

Tabela 8. Número de nós (nós planta⁻¹) e ramificações (ramificações planta⁻¹) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos (Cultivar)	Grupo de maturação	Nós	Ramificações
NS 7709 IPRO	7.2	11,63 b*	1,43 b
NS 6909 IPRO	6.9	12,28 b	2,90 a
AS 3610 IPRO	6.1	14,85 a	3,65 a
CV%	-	5,63	22,16
DMS	-	0,952	0,771

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não difere estatisticamente pelo Teste de Tukey, à 5%.

O número de ramificações pode estar ligado ao arranjo espacial e a intensidade da dominância apical, alguns cultivares de soja possui maior dominância apical, característica que reduz a diferenciação das gemas de acordo com Fagan *et al.*, (2016). A dominância apical é caracterizada pela ação da auxina inibindo as gemas laterais das plantas. As auxinas promovem o crescimento da célula pelo aumento da extensibilidade da parede celular.

Atualmente se busca em sistemas de alta produtividade de soja um aumento no número de nós reprodutivos por meio da queima do ápice a partir de sub doses de herbicidas ou por outros meios que visem a paralização do ápice caulinar. Acredita-se que para esses métodos apresentarem eficiência é necessário que a planta possua plasticidade fenotípica, e que nem sempre o uso de tais métodos resulta no comportamento arquitetônico desejável (SOARES, 2016).

O número de nós e ramificações são componentes importantes para a determinação da produtividade, pois mesmo as ramificações sendo geneticamente reguladas elas podem aumentar conforme aumenta o número de nós, pois com um incremento no número de nós a planta tem uma maior quantidade de locais para inserção de ramificações e assim ocorrendo a potencialização da produtividade (BOARD; KAHN, 2011; SOARES, 2016).

4.3.3.6. Fitomassa seca de vagens, número de vagens

Analizando o comportamento da fitomassa seca e do número de vagens (Tabela 9), observou-se que houve diferença estatística entre os cultivares utilizados, sendo que o cultivar AS 3610 IPRO (6.1) se sobressaiu aos demais, sendo que na fitomassa foi um aumento de 23,68% e no número de vagens de 56,35%.

As variáveis número e massa de vagens por planta são tidas como uns dos principais componentes que controla a produção da cultura da soja (VERNETTI, 1983), embora essa medida depende da fixação de flores e vagens e do enchimento de grãos; além disso a fitomassa seca de caule e de folhas pode influenciar no aumento da fitomassa seca de vagens (SOARES, 2016).

Tabela 9. Fitomassa seca de vagens (FMSV, g planta⁻¹) e número de vagens (NV, vagens planta⁻¹) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos (Cultivar)	Grupo de maturação	FMSV	NV
NS 7709 IPRO	7.2	6,952 b*	29,5 b
NS 6909 IPRO	6.9	7,400 ab	32,0 b
AS 3610 IPRO	6.1	8,867 a	48,0 a
CV%	-	14,59	21,98
DMS	-	1,478	10,505

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não difere estatisticamente pelo Teste de Tukey, à 5%.

4.3.3.7. Massa de 1000 grãos e produtividade

Na massa de 1000 grãos observou-se diferença estatística entre os cultivares, sendo que os cultivares NS 7709 (7.2) e NS 6909 IPRO (6.9) apresentaram maiores massas de 1000 grãos, perfazendo no aumento de 6,63e 12,04%, respectivamente em relação ao cultivar AS 3610 (6.1) (Tabela 10). Nesse caso a maior massa de 1000 grãos está relacionada com o maior período reprodutivo dos dois cultivares, pois os mesmos pertencem há maiores GM (SOARES, 2016).

A produtividade das culturas é o reflexo de tudo que ocorreu durante o seu ciclo fisiológico, com isso a planta potencializa sua produtividade com a interação de diversos fatores, como maior acúmulo de fitomassa seca, manejo, adaptação do cultivar no ambiente, fatores ambientais e genéticos (SOARES, 2016).

Neste caso, como no cultivar AS 3610 IPRO (6.1), ocorreu maior acúmulo de fitomassa seca de caule, folha, total e vagens, maior número de nós, ramificações e vagens repercutiu em um aumento médio de 9,47% (Tabela 10).

Tal comportamento pode ter sido influenciado pelas maiores taxas de crescimento de raiz, caule, folha e total, pois com maiores incrementos de fitomassa seca os órgãos vegetais exercem uma função de transportadores de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, o que

auxilia na maximização da produtividade. Além das taxas de crescimento pode-se inferir que as maiores concentrações de proteína e prolina incrementaram a produtividade dos cultivares.

Tabela 10. Massa de 1000 grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) em cultivares de soja. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos (Cultivar)	Cultivar	Grupo de maturação	Massa de 1000 grãos	Produtividade
NS 7709 IPRO	NS 7709 IPRO	7.2	178,40 b*	3167,4 b
NS 6909 IPRO	NS 6909 IPRO	6.9	187,44 a	3513,6 a
AS 3610 IPRO	AS 3610 IPRO	6.1	167,30 c	3647,4 a
CV%	-	-	3,07	7,41
DMS	-	-	7,141	334,82

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não difere estatisticamente pelo Teste de Tukey, à 5%.

4.3.4. Considerações finais

Na caracterização fisiológica dos cultivares verificou um aumento no Índice SPAD e no teor de proteína nos cultivares NS 7709 IPRO (7.2) e NS 6909 IPRO (6.9) foram mais eficientes. No metabolismo oxidativo o cultivar AS 3610 IPRO (6.1) apresentou uma diminuição da SOD, H₂O₂, aumento na POD e prolina que mostra que as plantas usaram de meios não enzimáticas para combater o estresse sofrido. Por isso com uma possível redução do estresse o cultivar obteve uma maior fitomassa de caule, folha e total, número de nó, ramificações, fitomassa de vagens, número de vagens ocasionando em uma maior produtividade.

4.4. Experimento II: Interação fisiológica entre grupos de maturação de soja e aplicação de bioestimulante

4.4.1. Metabolismo do N

4.4.1.1. Teor de proteína total solúvel na folha

A quantificação do teor e proteína na folha é importante durante o crescimento reprodutivo, uma vez que, durante esta fase, as plantas de soja redistribuem aminoácidos das folhas para o enchimento de grãos. No entanto, esta fase é a mais importante para a síntese de

fotoassimilados podendo assim a perda de proteínas desestruturar a produção destas moléculas. Isso porque, as folhas são os tecidos comprometidos com a fixação fotossintética do CO₂ atmosférico através da enzima Ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO). Nas folhas de soja a RuBisCO perfaz 50% do total de proteína solúvel (FELLER; ANDERS; MAE, 2008).

De acordo com Munier-Jolain; Ney; Duthion (1996) existe uma relação entre a velocidade de crescimento de grãos e enchimento dos mesmos. Segundo os autores a disponibilidade de nitrogênio em órgãos vegetativos é decisiva para o prolongamento do período de enchimento de grãos. Tal característica fisiológica já tinha sido descrita por Shibbes; Sundberg (1998). Segundo os autores existe uma relação linear entre concentração de N em folhas em R₅ e produtividade.

Analisando o teor de proteína pode-se observar que não houve diferença estatística entre os tratamentos de sementes e foliares e nem entre os cultivares utilizados (Tabela 11), embora tenha sido observada tendência de superioridade no cultivar do grupo de maturação 7.1. Esse comportamento pode estar relacionado ao grupo de maturação dos cultivares. Além disso, tendência de menor resposta para o cultivar NS 6909 IPRO (6.9) pode estar ligado com as características fisiológicas do cultivar. Soares (2016), com a utilização de cultivares com diferentes GM e com aplicação de bioestimulantes, como hormônios e micronutrientes encontrou resultados que corroboram com este trabalho, onde a soja com menor GM apresentou menores respostas quando submetida a aplicação de bioestimulantes.

Santachiara; Borrás; Rotundo (2017), acreditam que plantas com maior ciclo possuem maior capacidade de absorção de N do solo. Desta forma possivelmente contenham maior concentração de proteína solúvel nas folhas, o que reflete no acúmulo de proteína no grão dependendo da disponibilidade de N e fotoassimilados (ROTUNDO *et al.*, 2009; SOARES, 2016).

Tabela 11. Teor de proteína total solúvel (mg g⁻¹ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Proteína total solúvel		
	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	17,69*	17,54	17,61 a
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	16,44	18,27	17,35 a
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	16,61	17,54	17,07 a
Média	16,92 A	17,78 A	
CV%	7,28		
DMS Tratamento	1,430		
DMS Cultivar	0,962		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.1.2. Índice SPAD

As clorofilas são pigmentos que capturam a energia da luz (400 a 700 nm) convertendo em energia química na forma de ATP e NADPH. Assim, estas têm ação direta na eficiência do processo fotossintético, o que torna a sua quantificação, mesmo que de forma indireta, de extrema importância em experimentos que visem avaliações fisiológicas minuciosas para explicar incrementos de produtividade.

Com relação ao índice SPAD aos 14 DAS no cultivar NS 6909 IPRO (6.9) verificou que os tratamentos CoMo Platinum[®] + Forth TB) e o Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] foram estatisticamente iguais apresentando maiores valores em relação ao tratamento CoMo Platinum[®] com incremento médio de 10,5% (Tabela 12). No entanto, no cultivar NS 7709 (7.2) não houve diferença estatística entre os tratamentos realizados. Quando foi comparado os dois cultivares utilizados, aos 14 DAS, apenas no tratamento CoMo Platinum[®], apresentou diferença estatística, sendo que o mesmo foi 14,51% superior no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) (Tabela 12).

Aos 29 DAS foi observado mesmo comportamento para o cultivar NS 6909 IPRO (6.9). Assim, todos os tratamentos foram superiores ao CoMo Platinum[®], apresentando incremento médio de 7,35% (Tabela 14). No cultivar NS 7709 IPRO (7.2) o tratamento que se sobressaiu aos nesta avaliação foi o CoMo Platinum[®] + Forth TB, com aumento de 3,74% em relação ao CoMo Platinum[®] (Tabela 12). Aos 29 DAS quando comparou os tratamentos

isolados nos dois cultivares observou-se diferença estatística nos tratamentos CoMo Platinum[®] e CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], sendo que os dois foram superiores quando aplicados no cultivar NS 7709 IPRO (7.2). No Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] pode-se verificar uma tendência de aumento na clorofila no cultivar NS 6909 IPRO (6.9) (Tabela 12).

Aos 50 DAS não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos nos cultivares NS 6909 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO (7.2) isoladamente, e nem quando foram analisados os tratamentos isolados nos dois cultivares (Tabela 10). Aos 62 DAS também não houve diferença estatística nas médias do índice SPAD quando comparou os dois cultivares. No entanto, quando analisado as médias dos tratamentos de sementes e foliares verificou-se diferença significativa, sendo o decréscimo de 10,25% do CoMo Platinum[®] em relação aos demais tratamentos (Tabela 12).

Tabela 12. Índice Spad aos 14, 29, 60 e 62 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Índice SPAD											
	14			29			50			62		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	28,7 B*	32,9 aA	30,8	29,5 bB	32,9 abA	31,2	38,7	39,8	39,3 a	38,2	38,9	38,5 b
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	31,8 aA	31,7 aA	31,7	31,5 aB	34,1 aA	32,8	37,5	38,1	37,8 a	42,4	41,7	42,1 a
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	31,7 aA	31,6 aA	31,7	31,9 aA	31,8 bA	31,8	37,8	39,3	38,6 a	42,3	43,6	42,9 a
Média	30,6	32,1		30,9	32,9		38,0 A	39,1 A		41,0 A	41,4 A	
CV%	2,86			3,23			4,12			6,46		
DMS Tratamento	1,64			1,89			2,06			3,45		
DMS Cultivar	1,35			1,55			1,38			2,31		

*Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Estes resultados mostram que o maior teor de proteína observado no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) refletiu em maior Índice SPAD e clorofila. Em trabalho desenvolvido com tomate em casa de vegetação, Xu *et al.*, (1997) observaram que o decréscimo no teor de clorofila reduziu, proporcionalmente, a concentração de ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO), reforçando a hipótese que o teor de proteína na folha está relacionado com o índice SPAD e, conseqüentemente, é um dos fatores para determinar a capacidade fotossintética das plantas.

Argenta *et al.*, (2002) em plantas de milho e Ferreira *et al.*, (2006) utilizando tomateiro mostraram que o Índice SPAD tem uma correlação com o teor de clorofila, teor de N foliar e produtividade. No entanto, outros fatores devem ser levados em consideração, como a concentração de RuBisCO na folha.

4.4.2. Metabolismo oxidativo

Avaliar a atividade de enzimas antioxidantes é um fator importante para verificar a condição fisiológica da planta, uma vez que, enzimas como a SOD e POD em células vegetais são ferramentas de proteção e defesa contra estresse oxidativo (MITTLER, 2002). Desta forma, o aumento da atividade destas pode ter uma relação com a tolerância a estresses sofridos pelas plantas ou pode tornar estas mais tolerantes a estresses futuros (RAHNAMA; EBRAHIMZADEH, 2005; De AZEVEDO NETO *et al.*, 2006).

Analisando os resultados do metabolismo oxidativo é possível verificar que os cultivares e os tratamentos com bioestimulantes não alteraram a atividade da SOD (Tabela 13), mas causaram efeito na atividade da POD (Tabela 14), teor de H₂O₂ (Tabela 15) e peroxidação lipídica (Tabela 16). Já foi relatado por Abedi; Pakniyat (2010); Rao *et al.*, (2013) e Soares (2016) que os cultivares de maiores GM são mais tolerantes aos estresses do meio onde se encontram, sendo que maior tolerância está relacionada, em partes, com a maior atividade da SOD.

Tabela 13. Atividade da superóxido dismutase (SOD, U μg proteína⁻¹ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	SOD		
	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	11,96*	11,93	11,95 a
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	12,15	13,29	12,72 a
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	11,01	12,45	11,70 a
Média	11,71 A	12,55 A	
CV%	17,34		
DMS Tratamento	2,381		
DMS Cultivar	1,602		

*Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A atividade da POD não apresentou interação significativa entre os fatores. Não foi observada diferença significativa nas médias dos cultivares para os tratamentos com bioestimulantes, mas o cultivar NS 6909 IPRO (6.9) apresentou, em média, incremento de 14,23% em relação ao NS 7709 IPRO (7.2), utilizando a média entre todos os tratamentos com bioestimulantes (Tabela 14). Desta forma, é possível que o aumento na atividade da POD para o cultivar de menor GM pode ser devido a maior sensibilidade desta à estresse, que repercute em maior atividade da enzima para reduzir o nível de peróxido de hidrogênio. No entanto, esta hipótese deverá ser confirmada em novos trabalhos, pois Soares (2016) observou que o cultivar com grupo de maturação 7.2 possui maior atividade da POD em relação ao do grupo de maturação 6.7.

A peroxidase é amplamente distribuída em plantas superiores e envolvida em vários processos de estresse. É considerada uma enzima de alto peso molecular capaz de eliminar H₂O₂ produzida durante a dismutação enzimática e não enzimática no citosol e cloroplasto (PASSARDI *et al.*, 2005). O aumento da atividade das peroxidases é uma resposta metabólica relacionada a diferentes tipos de estresses (ANDERSON; PRASAD; STEWART, 1995; JIMÉNEZ *et al.*, 1998 e MORAES *et al.*, 2002). Assim, essa enzima, frequentemente tem sido utilizada como um parâmetro metabólico durante alterações de crescimento e condições de estresse ambiental.

Tabela 14. Atividade da peroxidase (POD, μmol [purpurogalina] $\text{min}^{-1} \mu\text{g}^{-1}$ [proteína]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	POD		
	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	0,307*	0,283	0,295 a
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	0,305	0,255	0,280 a
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	0,282	0,253	0,267 a
Média	0,297 A	0,260 B	
CV%	8,95		
DMS Tratamento	0,028		
DMS Cultivar	0,019		

*Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

O aumento da atividade enzimática é um indicativo da degradação do H_2O_2 , tornando assim as plantas mais tolerantes aos estresses, porém deve-se avaliar se esse aumento foi suficiente para minimizar os danos celulares (KARUPPANAPANDIAN *et al.*, 2011; SOARES, 2016). Assim, em relação ao teor de H_2O_2 não houve interação entre os fatores, embora tenha sido observada diferença estatística nas médias dos tratamentos com bioestimulantes, perfazendo aumento de 14,58% do tratamento CoMo Platinum[®] em relação aos demais. No entanto, não houve diferenças entre os cultivares comparando as médias de todos tratamentos com bioestimulantes (Tabela 15). Com a aplicação dos tratamentos pode-se observar que a diminuição da SOD no tratamento Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] refletiu na formação de H_2O_2 , reduzindo a POD.

Tabela 15. Teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , $\mu\text{mol g}^{-1}$ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	H_2O_2		
	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	51,8*	48,4	50,2 a
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	48,0	42,6	45,2 b
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	35,4	49,8	42,5 b
Média	45,06 A	46,93 A	
CV%	7,92		
DMS Tratamento	4,80		
DMS Cultivar	5,83		

*Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os dados do teor de H_2O_2 devem ser analisados junto à peroxidação lipídica, pois embora este cause danos em alta concentração, este é essencial para o metabolismo celular, pois está ligado a várias vias de sinalização em plantas, entre elas, rotas que medeiam respostas à infecção de patógenos, estresses ambientais, morte celular programada e diferentes estímulos ambientais (MILLER *et al.*, 2010; MITTLER *et al.*, 2004).

Para a peroxidação lipídica houve diferença significativa entre os tratamentos com bioestimulantes no cultivar NS 6909 IPRO (6.9), sendo que CoMo Platinum[®] e CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] foram, em média, 27,3% superiores ao tratamento com Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®]. No cultivar NS 7709 IPRO (7.2) não houve diferença significativa entre os tratamentos. Quando comparou os tratamentos isolados nos dois cultivares apenas no tratamento Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] constatou diferença estatística entre os cultivares utilizados, sendo superior quando aplicado no cultivar NS 7709 IPRO (7.2), perfazendo em 36,17% de aumento (Tabela 16). A maior peroxidação lipídica indica que o metabolismo antioxidante não foi suficiente para reduzir o dano celular e a planta apresentava maior nível de estresse.

Tabela 16. Peroxidação lipídica (nmol [TBARS] g⁻¹ [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Peroxidação lipídica		
	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	129,0 aA*	129,3 aA	129,15
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	122,3 aA	126,6 aA	124,45
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	98,7 bB	134,4 aA	116,55
Média	116,6	130,1	129,15
CV%	8,21		
DMS Tratamento	13,35		
DMS Cultivar	16,20		

*Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A prolina tem sido considerada um dos principais aminoácidos protetores contra estresse, o seu nível de acúmulo pode alcançar 100 vezes mais do que em plantas não estressadas (VERBRUGGEN; HERMANS, 2008). Dentre suas inúmeras funções destacam-se: (i) moléculas capazes de proteger a integridade de proteínas. Essa função inclui a prevenção da agregação e estabilização da M₄ lactato desidrogenase durante temperaturas extremas (WELTMEIER *et al.*, 2006), proteção da enzima nitrato redutase em situações de estresses por metais pesados e osmótico (SHARMA; DUBEY, 2005); (ii) vários estudos tem atribuído a prolina a atividade antioxidante, sugerindo assim um potente agente com atividade “scavenging” (desintoxicante) (SMIRNOFF; CUMBES, 1989; MATYSIK *et al.*, 2002).

Analisando teor de prolina no cultivar NS 6909 IPRO (6.9) verificou diferença estatística entre o tratamento CoMo Platinum[®] e os tratamentos CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] e Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®]. Neste caso o incremento médio foi de 278,39%. No cultivar NS 7709 IPRO (7.2) observou-se diferenças em todos os tratamentos, sendo que o CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] apresentou o maior teor de prolina, perfazendo incremento de 102,83% em relação ao tratamento com CoMo Platinum[®]. Comparando os tratamentos nos dois cultivares pode-se observar que os tratamentos CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] e Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] foram superiores quando aplicados no cultivar NS 7709 IPRO (7.2), sendo respectivamente um incremento de 410,71 e 133,33% em relação aos mesmos tratamentos no cultivar NS 6909 IPRO (6.9); e o tratamento CoMo Platinum[®] foi superior no cultivar NS 6909 IPRO (6.9), apresentando um aumento de 43,26% (Tabela 17).

Embora a prolina seja um importante aminoácido antiestresse, a síntese demasiada de prolina é prejudicial às plantas, pois esta consome entre 0,4 e 0,6% do N total das folhas (ERNST; NELISSEN; BOOKUM, 2000) e dessa forma, a elevada síntese de prolina pode consumir parte do N que poderia ser utilizado para o crescimento, além da inibição do crescimento devido à toxidez desses aminoácidos quando presente em altas concentrações.

Com base nos dados do metabolismo oxidativo e do teor de prolina nos tecidos, observa-se que o cultivar NS 7709 IPRO (7.2) apresenta, no geral, maior nível de dano celular (avaliado pela peroxidação lipídica), o que foi acompanhado de aumento na concentração de prolina nas folhas. A partir disso, é necessário verificar como estes efeitos interferem no acúmulo de matéria seca e produtividade das plantas. Isso porque alguns trabalhos mostram que alta produtividade pode estar relacionado com maior nível de peroxidação lipídica durante a fase de enchimento de grãos, devido a remobilização da energia armazenada nos tecidos (TEIXEIRA, 2017).

Tabela 17. Teor de prolina (μmol [prolina] g^{-1} [MF]) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Prolina		
	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	0,202 Aa*	0,141 bB	0,171
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	0,056 Bb	0,286 aA	0,171
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	0,051 bB	0,119 cA	0,085
Média	0,103	0,182	
CV%	7,73		
DMS Tratamento	0,014		
DMS Cultivar	0,017		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.3. Análises fenométricas

4.4.3.1. Fitomassa seca de raiz

Com relação a fitomassa seca de raiz aos 14, 34 e 62 DAS não houve interação entre os tratamentos e os cultivares (Tabela 18). Aos 14 DAS não houve diferença estatística entre

os cultivares, considerando todos os tratamentos, mas ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, considerando os dois cultivares. Neste caso, a aplicação de Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] proporcionou aumento médio de 26,46% em relação aos demais tratamentos. Esse aumento inicial na fitomassa seca de raiz, pode estar relacionado com a composição dos produtos, pois eles apresentam N, que faz parte do triptofano, aminoácido precursor das auxinas, que auxiliam o desenvolvimento das raízes e proporciona melhor absorção de água e nutrientes (FAGAN, 2016). Além do N, os produtos contêm aminoácidos e extratos de algas que podem potencializar a função dos hormônios.

Na avaliação aos 34 DAS não houve diferença estatística (Tabela 18). Aos 62 DAS observou diferença significativa apenas nas médias entre os tratamentos para cada uma das cultivares. Neste caso, o cultivar NS 7709 IPRO (7.2) obteve um incremento de 17,98% em relação ao cultivar NS 6909 IPRO (6.9) (Tabela 18).

Aos 94 DAS os dados de fitomassa seca de raízes apresentaram interação entre os fatores, com diferença estatística entre os tratamentos e cultivares. No cultivar NS 6909 IPRO (6.9) o CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] proporcionou o maior acúmulo de fitomassa seca de raízes dos tratamentos realizados, com incremento médio de 34,31% em relação aos demais tratamentos. No cultivar NS 7709 IPRO (7.2) os tratamentos CoMo Platinum[®] e Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] obteve os maiores valores, com aumento médio 38,94% em relação ao tratamento Como Platinum[®] + Forth TB[®]. Quando comparou entre os cultivares os tratamentos isolados, verificou-se que os tratamentos Como Platinum[®] e Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] se sobressaíram no cultivar NS 7709 IPRO (7.2), com aumento de 75,63 e 78,75% em relação ao cultivar NS 6909 IPRO (6.9), respectivamente; e o tratamento CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] não apresentou diferença significativa, mas apresentando uma tendência de maior fitomassa seca de raízes no cultivar NS 6909 IPRO (6.9) (Tabela 18).

Os resultados de fitomassa seca de raiz apresentaram algumas variações ao longo das avaliações, porém o cultivar NS 7709 IPRO (7.2) e o tratamento Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] se mostraram mais estáveis com maiores massas. Além disso, estes resultados mostram que este cultivar é mais responsivo a aplicação de bioestimulantes em relação à NS 6909 IPRO (6.9). Tal comportamento pode estar ligado ao maior Índice SPAD e teor de proteína, que provavelmente estão sendo influenciados pelo grupo de maturação do cultivar. Santachiara; Borrás; Rotundo (2017) e Soares (2016) trabalhando com soja de GM distintos relatam que plantas com maiores GM são mais eficientes na absorção de água e nutrientes, principalmente N, pois elas ficam por um período maior no solo e apresentam maiores massas de sistema radicular, proporcionando maiores produtividades.

Os efeitos na fitomassa de raízes após a aplicação de bioestimulantes estão relacionados à composição dos produtos utilizados. Canellas *et al.*, (2015), afirmam que a aplicação de ácidos húmico e fúlvico na horticultura tem mostrado efeitos benéficos no crescimento de plantas e principalmente no crescimento e arquitetura de raízes, por meio da associação desses compostos com a comunidade microbiana do solo, promovendo a alteração dos componentes inorgânicos do solo e, conseqüentemente, influencia diretamente na solução química do solo.

Ashok Kumar *et al.*, (2012), com aplicação de extrato de algas em Feijão-mungo, Neily *et al.*, (2010) em mudas de plantas ornamentais e flores obtiveram maiores desenvolvimento e comprimento de raízes; Zhang; Wang; Ervin, (2010) maior massa de raízes em *Agrostis*, tal efeito positivo dos extratos de algas estão relacionados com a ação de potencializar a ação das auxinas nas plantas.

Tabela 18. Fitomassa seca de raiz (g planta⁻¹) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Fitomassa seca de raiz											
	14 DAS			34 DAS			62 DAS			94 DAS		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	0,104*	0,116	0,110 b	0,645	0,772	0,708 a	1,309	1,795	1,552 a	0,907 bB	1,593 aA	1,250
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	0,126	0,110	0,118 b	0,686	0,698	0,692 a	1,332	1,544	1,438 a	1,256 aA	1,194 bA	1,225
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	0,130	0,159	0,144 a	0,681	0,675	0,678 a	1,555	1,583	1,569 a	0,965 bB	1,725 aA	1,345
Média	0,120 A	0,128 A		0,67 A	0,72 A		1,39 B	1,64 A		1,04	1,50	
CV%	13,87			9,41			15,01			11,68		
DMS Tratamento	0,022			0,084			0,296			0,273		
DMS Cultivar	0,014			0,056			0,198			0,224		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.3.2. Fitomassa seca de caule

Os resultados de fitomassa seca de caules aos 14 DAS apresentaram interação entre os fatores. No cultivar NS 6909 IPRO (6.9) o Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] apresentou a maior fitomassa dos tratamentos realizados no presente cultivar, com aumento médio de 28,03% em relação aos demais; no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) os tratamentos CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] e Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] diferiram estatisticamente do CoMo Platinum[®] apresentando um incremento médio de 29,08%. Analisando os tratamentos nos dois cultivares não observou diferença estatística nos tratamentos CoMo Platinum[®] e Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®]. No entanto, o tratamento CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] proporcionou aumento de 27,10% no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) em relação ao NS 6909 IPRO (6.9), ocorrendo um aumento de 27,10% (Tabela 19).

Nas avaliações realizadas aos 34 e 62 DAS não houve interação entre os tratamentos e cultivares. Aos 34 DAS não foi observada diferença significativas, enquanto que ao 62 DAS, o cultivar NS 7709 IPRO proporcionou aumento de 18,08% em relação ao NS 6909 IPRO (6.9) na média de todos os tratamentos (Figura 19).

Aos 94 DAS, os resultados da fitomassa seca de caule apresentaram interação entre os fatores. No cultivar NS 6909 IPRO (6.9) não houve diferença estatística entre os tratamentos, enquanto que no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) o tratamento Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] apresentou incremento de 33,2% em relação ao tratamento com CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], embora não tenha diferido do tratamento que recebeu apenas CoMo Platinum[®]. Analisando os tratamentos nos dois cultivares verificou que todos os tratamentos realizados proporcionaram maior acúmulo de fitomassa seca de caule no cultivar NS 7709 (7.2). Neste caso, os incrementos foram de 54,56 e 60,86% para os tratamentos que receberam CoMo Platinum[®] e Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®], respectivamente, em relação ao cultivar NS 6909 IPRO (6.9) (Tabela 19).

Mesmo que plantas leguminosas, como a soja, não apresentem como característica principal acumular reservas no caule durante o período vegetativo, elas podem redistribuir essas reservas para formação de órgãos reprodutivos e enchimento de grãos, podendo aumentar o número de grãos por vagem e maior produtividade (VAN KEULER; WOLF, 1986; SOARES, 2016).

Tabela 19. Fitomassa seca de caule (g planta⁻¹) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Fitomassa seca de caule											
	14 DAS			34 DAS			62 DAS			94 DAS		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	0,107bA*	0,103 Ba	0,105	3,644	3,760	3,702 a	8,015	10,261	9,138 a	3,574 aB	5,524 abA	4,549
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	0,107 bB	0,136 aA	0,121	3,870	4,135	4,002 a	7,588	9,297	8,443 a	4,447 aA	4,714 bA	4,581
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	0,137 aA	0,135 aA	0,136	3,894	4,234	4,064 a	9,125	9,639	9,382 a	3,904 aB	6,280 aA	5,092
Média	0,117	0,125		3,80 A	4,04 A		8,24 B	9,73 A		3,98	5,51	
CV%	7,97			7,38			9,07			16,56		
DMS Tratamento	0,017			0,376			1,059			1,442		
DMS Cultivar	0,014			0,251			0,709			1,182		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A melhor resposta do cultivar NS 7709 IPRO (7.2) na fitomassa seca de caule como nos demais parâmetros analisados pode estar ligado ao seu ciclo de desenvolvimento, pois há mais tempo para ele se recuperar de possíveis danos, maior absorção de água e nutrientes e maior produção de fotoassimilados.

4.4.3.3. Fitomassa seca de folhas

A fitomassa seca de folhas aos 14 DAS não mostrou interação entre os tratamentos realizados e entre os mesmos nos diferentes cultivares. Nas médias dos tratamentos isolados nos cultivares NS 6909 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO (7.2) também não foi verificado diferença estatística, porém nas médias de todos os tratamentos em cada cultivar, eles foram estatisticamente diferentes, sendo que quando aplicados no cultivar NS 7709 (7.2) foram superiores, sendo um aumento de 17,33% (Tabela 20).

Aos 34 DAS a análise de fitomassa seca de folha mostrou interação entre os tratamentos e cultivares, sendo que nos dois cultivares não houve diferença estatística entre os tratamentos. Analisando os tratamentos nos dois cultivares, apenas o tratamento CoMo Platinum® obteve diferença significativa, ocorrendo um incremento de 29,3% no NS 7709 IPO (7.2) (Tabela 20).

Na avaliação realizada aos 62 DAS não houve interação entre os tratamentos e entre os cultivares. Nas médias dos tratamentos isolados nos cultivares NS 6909 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO (7.2) foi verificado diferença estatística, onde o tratamento Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB® apresentou um aumento de 8,76% em relação ao tratamento CoMo Platinum®, nas médias de todos os tratamentos em cada cultivar, eles foram estatisticamente diferentes, sendo que o cultivar NS 7709 IPRO (7.2) apresentou uma superioridade de 20,24% (Tabela 20).

Tabela 20. Fitomassa seca de folhas (g planta⁻¹) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Fitomassa seca de folha											
	14 DAS			34 DAS			62 DAS			94 DAS		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	0,145*	0,166	0,155 a	2,505 aB	3,239 aA	2,872	3,268	3,688	3,478 ab	0,831 bB	1,525 bA	1,178
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	0,144	0,178	0,161 a	2,693 aA	2,882 aA	2,787	3,011	3,711	3,361 b	1,077 aA	0,955 cA	1,016
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	0,161	0,185	0,173 a	3,037 aA	2,519 aA	2,778	3,372	4,194	3,783 a	1,038 abB	1,772 aA	1,405
Média	0,150 B	0,176 A		2,75	2,88		3,21 B	3,86 A		0,98	1,42	
CV%	9,46			14,05			9,15			10,24		
DMS Tratamento	0,020			0,726			0,420			0,225		
DMS Cultivar	0,013			0,595			0,281			0,185		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na avaliação aos 94 DAS verificou interação entre os tratamentos e entre cultivares e diferenças estatísticas nos mesmos. No cultivar NS 6909 IPRO (6.9) o tratamento CoMo Platinum® + Forth TB® obteve a maior fitomassa seca de folhas, ocorreu um incremento de 29,60% em relação ao CoMo Platinum®, e no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) o tratamento que se sobressaiu foi o Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB®, ocorrendo um aumento de 16,19% em relação ao CoMo Platinum®. Comparando os tratamentos isolados nos cultivares pode-se verificar que os tratamentos CoMo Platinum®, e Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB® foram superiores quando aplicados no cultivar NS 7709 IPRO (7.2), sendo que no tratamento CoMo Platinum® o incremento foi de 83,51% em relação ao CoMo Platinum®; e no Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB® de 70,71% em relação ao Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB®; em relação ao tratamento CoMo Platinum® + Forth TB® não observou diferença significativa (Tabela 20).

Os produtos aplicados via foliar apresentam em suas composições macro e micronutrientes (nitrogênio, fósforo, zinco, boro, molibdênio, cobalto), aminoácidos e extratos de algas que auxiliaram na maior fitomassa seca de folhas, principalmente o magnésio que faz parte da clorofila, sendo em média de 15 a 30% do magnésio presente nas plantas está associado à molécula de clorofila, e teores suficientes de magnésio são necessários para incrementar o fluxo de sacarose das folhas para os frutos, sendo que aplicações foliares na fase reprodutiva de magnésio pode incrementar a produtividade das plantas (FAGAN; 2016).

O aumento da fitomassa seca dos órgãos das plantas, principalmente das folhas é de extrema importância, pois além de aumentar a área foliar e a captação de luz, ocorre um incremento na produção de energia e para que a produção de fotoassimilados se mantenham elevada, proporcionando um aumento na produtividade (BOARD; MODALI, 2005; NELSON, 1986).

Na aplicação de extrato de algas em Brócolis, Lola-Luz; Hennequart; Gaffney (2014); Mattner *et al.*, (2013), obtiveram maior área foliar, e Mondal *et al.*, (2012) com quitosana em quiabo tiveram aumentos no número de folhas e na taxa fotossintética.

Resultados semelhantes aos encontrados no trabalho quando se compara GM de soja e aplicação de bioestimulantes foram encontrados por Soares (2016), quando avaliou massa seca de folhas, onde o cultivar com maior GM e os tratamentos com bioestimulantes obtiveram maiores massas secas de folhas.

4.4.3.4. Fitomassa seca total

Com a junção das fitomassas secas das raízes, caule e folhas é possível determinar o acúmulo total de fitomassa seca. Para esta variável, foi observada interação entre os fatores apenas para a avaliação aos 94 DAS (Tabela 21).

Na avaliação aos 14 DAS, comparando os tratamentos na média entre os cultivares, a aplicação de Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB foi superior em 17,9% em relação aos demais tratamentos. Analisando os dois cultivares, o NS 7709 IPRO (7.2) foi 10,8% superior ao NS 6909 IPRO (6.9) (Tabela 21).

Aos 34 DAS não foi verificada diferença estatística entre as médias dos cultivares e nem dos tratamentos (Tabela 16). Aos 62 DAS, o tratamento com Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB foi 11,2% superior em relação ao tratamento com CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], mas não diferiu do CoMo Platinum[®]. Na média de todos os tratamentos, o cultivar NS 7709 IPRO (7.2) foi 18,5% em relação ao cultivar NS 6909 IPRO (6.9) (Tabela 21).

Na avaliação dos 94 DAS no cultivar NS 6909 IPRO (6.9) o tratamento CoMo Platinum[®] + Forth TB[®] apresentou uma maior massa total, sendo um aumento de 27,63% em relação ao CoMo Platinum[®] e no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) esse comportamento foi observado no tratamento Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®], apresentando 13,12% em relação ao tratamento CoMo Platinum[®]. Comparado os dois cultivares, o NS 7709 IPRO (7.2) se sobressaiu na aplicação dos tratamentos, ocorrendo diferença nos tratamentos CoMo Platinum[®] e CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], apresentando respectivamente 62,68 e 65,52%, respectivamente (Tabela 21).

O maior acúmulo da fitomassa seca total das plantas provavelmente está ligado a composição dos produtos, com a presença de magnésio nas plantas podem apresentar um maior crescimento, pois o magnésio está ligado na formação de ATP, fotossíntese, diminuição do estresse oxidativo e estabilização das moléculas de DNA e RNA (FAGAN; 2016).

O acúmulo de fitomassa seca total é o reflexo das massas de raiz, caule e folha, pois o incremento delas repercutiu na fitomassa seca total. O acúmulo de fitomassa seca das plantas está relacionada à concentração e disponibilidade de N, juntamente com o aumento da assimilação de CO₂; mesmo o N representando 3% apenas da massa seca ele é fundamental para o acúmulo de massas seca dos vegetais (SOARES, 2013; LEVIN; MOONEY; FIELD, 1989; EVANS, 1989).

Tabela 21. Fitomassa seca de total (g planta⁻¹) aos 14, 34, 62 e 94 DAS em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Fitomassa seca total											
	14 DAS			34 DAS			62 DAS			94 DAS		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	0,355*	0,384	0,370 b	6,794	7,771	7,282 a	12,592	15,744	14,168 ab	5,312 bB	8,642 aA	6,977
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	0,377	0,424	0,400 b	7,248	7,715	7,482 a	11,931	14,552	13,241 b	6,780 aA	6,863 bA	6,821
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	0,429	0,480	0,454 a	7,612	7,428	7,520 a	14,052	15,416	14,734 a	5,906 abB	9,776 aA	7,841
Média	0,387 B	0,429 A		7,22 A	7,64 A		12,86 B	15,24 A		5,99	8,43	
CV%	6,22			9,33			7,83			10,67		
DMS Tratamento	0,032			0,900			1,429			1,415		
DMS Cultivar	0,022			0,602			0,957			1,160		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.3.5. Fitomassa seca de vagens e número de vagens

A fitomassa seca de vagens e o número de vagens são parâmetros que podem ter relação com a produtividade de grãos. Analisando esses parâmetros pode-se verificar que não houve interação em nenhuma das variáveis analisadas. Na avaliação de massa de vagens, foi observada diferença significativa apenas entre os cultivares na entre todos os tratamentos. Neste caso, o incremento foi de 18,77% para o cultivar NS 7709 IPRO (7.2) em relação ao cultivar NS 6909 IPRO (6.9). Em relação ao número de vagens, não foi observada diferença significativa (Tabela 22).

O acúmulo de fitomassa seca de vagens e de soma importância, pois a maior parte da massa é composta por grãos, nesse caso os tratamentos que obtiverem maiores massas são possivelmente mais produtivos (SOARES, 2013).

Tabela 22. Fitomassa seca de vagens (g planta⁻¹) e número de vagens (planta⁻¹) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Fitomassa seca de vagens			Número de vagens		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	6,954*	7,401	7,177 a	29,625	31,813	30,719 a
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	7,452	7,749	7,600 a	31,125	33,354	32,240 a
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	6,681	9,904	8,292 a	29,125	38,375	33,750 a
Média	7,03 B	8,35 A		29,96 A	34,51 A	
CV%	18,99			17,67		
DMS Tratamento	1,898			7,402		
DMS Cultivar	1,271			4,957		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.3.6. Número de nós e ramificações

Número de nós e de ramificações são considerados componentes de produção de soja, sendo que os nós são os que exercem a maior influência. Nessas estruturas estão localizadas as células meristemáticas que ao serem estimuladas formam estruturas reprodutivas. É, portanto de se esperar que o aumento no número de nós propicie um incremento na formação de flores e consequentemente de vagens.

Conforme Tabela 23, verificou-se que no número de nós não houve interação entre os tratamentos e entre cultivares, mas ocorreram diferenças entre as médias. No número de ramificações houve diferença nas médias dos tratamentos onde o Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] teve um aumento de 55,41% em relação ao CoMo Platinum[®] e no cultivar o NS 7709 IPRO (7.2) 266,13% em relação ao NS 6909 IPRO (6.9).

Halpern *et al.*, (2015) e Colla *et al.*, (2014) relatam que aplicação de bioestimulantes nas plantas têm se mostrado como promotores de crescimento vegetativo, incrementa o índice SPAD, aumenta as biomassas de raízes, aumenta as concentrações de N foliar em tomate e consequentemente incrementa no número de nós e frutos que são estruturas ligados com a produtividade das culturas.

Tais características genéticas que juntamente com o acúmulo de fitomassa seca, número de nós, ramificações e vagens podem determinar a produtividade das culturas, pois relaciona-se com o aproveitamento eficaz de luz, água e nutrientes; sendo que as maiores fitomassas secas de raízes, de folhas aumentam a absorção de nutrientes, água e luz e há uma maior produção de energia e maior fitomassa de caule ocorre uma maior reserva que posteriormente será translocada para a formação e enchimento de grãos (COMAS *et al.*, 2013; SOARES, 2016).

Tabela 23. Número de nós (planta^{-1}) e número de ramificações (planta^{-1}) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Número de nós			Número de ramificações		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	12,813*	12,500	12,656 a	0,438	0,688	0,563 c
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	12,625	13,583	13,104 a	0,250	1,250	0,750 b
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	11,813	13,625	12,719 a	0,250	1,500	0,875 a
Média	12,42 A	13,24 A		0,313 B	1,146 A	
CV%	8,34			10,22		
DMS Tratamento	1,390			0,096		
DMS Cultivar	0,930			0,064		

* Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.3.7. Massa de 1000 grãos e produtividade

Não foi verificada influência dos tratamentos na massa de 1000 grãos. Comparando-se as médias de todos os tratamentos verificou-se uma superioridade dos tratamentos realizados no cultivar NS 7709 IPRO (7.2) (Tabela 24).

Comportamento semelhante ocorreu na produtividade, onde não houve interação entre tratamentos e cultivar; porém ocorreu diferença nas médias dos tratamentos isolados nos cultivares NS 6909 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO 7.2) apresentando maior produtividade quando utilizou Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®], ocorrendo um incremento médio de 21,30% em relação aos demais tratamentos. Comparando os dois cultivares como reflexo de todas as avaliações anteriores ao cultivar NS 7709 IPRO (7.2) obteve maior produtividade com um incremento de 3,09%, perfazendo em 115,35 Kg ha⁻¹ (Tabela 24).

Como resultado da interação de diversos fatores a massa de 1000 grãos e a produtividade foi superior no tratamento Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] nos dois cultivares, sendo que o de maior GM foi o mais responsivo à aplicação dos bioestimulantes. Soares (2016) elucida que a maior massa de 1000 grãos está intimamente relacionada com o incremento da fitomassa seca que está diretamente ligada à duração do ciclo fisiológico (vegetativo e reprodutivo), e que a produtividade é o resultado da interação de fatores ambientais, genéticos e de um manejo adequado.

Santachiara, Borás e Rotundo (2017), explicam que o rendimento das culturas está ligado aos mecanismos que os diferentes GM apresentam, pois cultivares que tem um GM maior, tipo 7.2 (NS 7709 IPRO), apresentam um maior ciclo de desenvolvimento, absorvendo assim maiores quantidades de nutrientes, uma melhor absorção da radiação solar e minimização de estresses sofridos, ocorrendo assim uma maior fitomassa seca dos órgãos vegetais e conseqüentemente uma melhor produtividade com uma eficiente translocação dos fotoassimilados, uma vez que cultivares com GM de maturação menor apresentem menores índices de colheita quando comparados com os de maiores GM.

Com o aumento no teor de proteína total solúvel e provavelmente uma melhor absorção de nutrientes, sendo principalmente o nitrogênio o cultivar NS 7709 IPRO (GM 7.2) obteve maior fitomassa seca de raiz, caule, folhas, total e de vagens, número de vagens, nós, ramificações, massa de 100 grãos e produtividade, sendo que a melhor resposta deste cultivar está ligado ao seu GM 7.2 (médio), fazendo com que as plantas tenham mais tempo para se recuperar de algum estresse sofrido e apresentando em sua genética um metabolismo fisiológico mais eficaz (SOARES, 2016; SANTACHIARA; BORRÁS; ROTUNDO, 2017).

As diferentes respostas dos cultivares a aplicação de produtos foliares está intimamente ligadas ao GM que eles pertencem e por isso é necessário que haja um posicionamento de tais produtos com efeitos fisiológicos e que devem ser embasados na variedade a ser cultivada e nunca generalizando para todas as variedades e locais de cultivo (SOARES, 2016).

A aplicação de bioestimulantes pode potencializar as culturas, pois eles apresentam ações fisiológicas nas plantas, com isso analisando todos os tratamentos em conjunto em cada cultivar isolado verificou-se que de forma geral o cultivar com maior GM apresentou uma melhor resposta quanto à aplicação dos produtos.

Tabela 24. Massa de 1000 grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) em cultivares de soja submetidas à aplicação de bioestimulantes. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Tratamentos	Massa de 1000 grãos			Produtividade		
	6.9	7.2	Média	6.9	7.2	Média
CoMo Platinum [®]	178,4*	187,44	182,92 a	3167,63	3513,68	3340,66 b
CoMo Platinum [®] + Forth TB [®]	181,04	193,23	187,14 a	3585,37	3560,68	3573,03 b
Masteraiz Leg [®] + Master Equaliza [®] + Forth TB [®]	188,37	194,78	191,57 a	4431,69	3945,77	4188,73 a
Média	182,60 B	191,82 A		3728,23 A	3843,58 A	
CV%	5,45			9,19		
DMS Tratamento	13,252			442,01		
DMS Cultivar	8,874			295,99		

*Médias seguidas por mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.4. Considerações finais

Com relação à aplicação dos tratamentos CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] foram verificadas algumas alterações fisiológicas, sendo que o tratamento Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] mostrou superioridade aos demais. Para melhor entendimento dos tratamentos eles foram comparados por meio das médias deles nos dois cultivares com o CoMo Platinum[®] (Controle relativo).

- (i) CoMo Platinum[®]: a aplicação de CoMo Platinum[®] em TS nos dois cultivares não proporcionou alteração no teor de proteína solúvel total, SOD, POD, PL, fitomassa seca de raiz, caule, folha e total, número de vagens, fitomassa seca de vagens, número de nós, ramificações, massa de 1000 grãos e produtividade. No entanto proporcionou uma diminuição no índice SPAD e incremento no teor de H₂O₂ (Figura 3).
- (ii) CoMo Platinum[®] + Forth TB[®]: com relação a aplicação de CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], ele mostrou alteração apenas no índice SPAD e no H₂O₂, onde o índice SPAD obteve um incremento e o H₂O₂ uma redução no seu teor (Figura 3).
- (iii) Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®]: mostrou melhores resultados em relação aos demais tratamentos. Com aplicação deste tratamento não houve incremento de proteína, no entanto ele proporcionou maior índice SPAD. No metabolismo

oxidativo, a aplicação de Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®] repercutiu em um menor teor de H₂O₂ e em menor estresse nas plantas por meio de menor PL, e consequentemente um decréscimo na produção da prolina. Na média das avaliações de fitomassa seca de raiz, caule, folha e total houve incremento; já para número de nós, de vagens, fitomassa seca de vagens, massa de 1000 grãos não foram observadas alterações. Por fim o tratamento aumentou o número de ramificações e produtividade, sendo 25,38% o incremento na produtividade em relação ao CoMo Platinum[®] (Figura 3).

Figura 3. Ação fisiológica dos tratamentos CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®]. UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

Na comparação dos cultivares com a aplicação de todos os tratamentos observou-se que o teor de proteína solúvel total não foi alterado entre os cultivares NS 6909 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO (7.2). no entanto observou-se maior índice SPAD no cultivar NS 7709 IPRO (7.2). No metabolismo oxidativo em ambos o cultivares as atividades da SOD, POD não foram

alteradas, e o H_2O_2 foi reduzido no cultivar NS 7709 IPRO (7.2). Os cultivares NS 6909 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO (7.2) estavam com baixo nível de estresse ou utilizou de meios não enzimáticos para combater o estresse, com uma diminuição na PL e um aumento na prolina (Figura 4).

Quanto a fitomassa seca de raiz, caule, folha e total, o cultivar NS 7709 IPRO (7.2) se mostrou mais responsivo a aplicação de CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®], pois o mesmo obteve maiores valores médios de fitomassa seca de raiz, caule, folha e total. Nos parâmetros número de nós, de vagens, FMSV e produtividade os cultivares não foram influenciados com as aplicações, mas para número de ramificações e massa de 1000 grãos se sobressaiu no NS 7709 IPRO (7.2) (Figura 4).

Portanto, observou-se que não houve um padrão de resposta dos cultivares quanto a aplicação dos tratamentos CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®], com isso não perfazendo em aumento de produtividade.

Figura 4. Ação fisiológica dos tratamentos CoMo Platinum®, CoMo Platinum® + Forth TB®, Masteraiz Leg® + Master Equaliza® + Forth TB® nos cultivares de soja NS 6609 IPRO (6.9) e NS 7709 IPRO (7.2). UNIPAM. Patos de Minas (MG). 2016.

5. CONCLUSÕES

Cultivares de menor Grupo de maturação (AS 3610 IPRO-6.1) com o melhoramento genético estão sendo mais produtivos do que os de maiores Grupos de Maturação;

- (i) plantas com maior Grupo de Maturação (NS 7709 IPRO-7.2) apresentaram menores níveis de estresse;
- (ii) no desenvolvimento inicial, cultivares de menores GM (NS 6909 IPRO-6.9 e AS 3610 IPRO-6.1) apresentaram maior crescimento de raiz e caule;
- (iii) no estágio reprodutivo, o cultivar de menor Grupo de Maturação (AS 3610 IPRO-6.1) apresentou melhor crescimento de caule, folha e total, número de nós, ramificações e vagens, fitomassa seca de vagens e maior produtividade;
- (iv) a diferença na duração do ciclo não levou a um incremento de produtividade entre cultivares NS 7709 IPRO (7.2) e NS 6909 IPRO (6.9);
- (v) com a aplicação de bioestimulantes (CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®]) o cultivar de maior Grupo de Maturação se apresentou mais responsivo, por meio de maiores fitomassa seca de raiz, caule, folha e total, maior número de ramificações e massa de 1000 grãos;
- (vi) com relação a produtividade, os dois cultivares utilizados responderam de forma igual à aplicação de CoMo Platinum[®], CoMo Platinum[®] + Forth TB[®], Masteraiz Leg[®] + Master Equaliza[®] + Forth TB[®];
- (vii) o tratamento de sementes com Masteraiz Leg[®] e aplicação foliar de Master Equaliza[®], proporcionou aumento médio de fitomassas seca de raiz, caule, folha e total, maior número de vagens, ramificações, massa de 1000 grãos e produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABEDI, T.; PAKNIYAT, H. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Czech Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.46, n.1, p.27-34, 2010.
- ABOGADALLAH, G. M. Antioxidative defense under salt stress. **Plant Signaling e Behavior**. v. 5, p. 369-374, 2010.
- ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p.1337-1344, 2001.
- ALLIPRANDINI, L.F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P.F.; CAVASSIM, J.E.; GABE, H.L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M.N.; OLIVEIRA, M.A.R.; PITOL, C.; PRADO, L.C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v.49, p.801-808, 2009.
- ANDERSON, G. Seaweeds extract shows improved fruit quality at AcLaren Vale vineyard trial. **Australian e New Zealand Grapegrower e Winemaker**. v. 548, p. 17-22, 2009.
- ANDERSON, M.D.; PRASAD, T.K.; STEWART, C.R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotylus of maize seedlings. **Plant Physiology**. v. 109, p. 1247-1257, 1995.
- ARGENTA, G; Da SILVA, P. R. F; MIELNICZUK, J; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, p. 519-527, 2002.
- ASHOK KUMAR, N; VANLALZARZOVA, B; SRIDHAR, S; BALUSWAMI, M. Effect of liquid seaweed fertilizer of *Sargassum wightii* grev. on the growth and biochemical content of green gram (*Vigna radiata* (L.) R. wilczek). **Recent Research in Science and Technology**. v. 4,P. 40-45, 2012.
- BATES, L.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant Soil**, v.39, p.205-207, 1973.
- BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extratcts as bioestimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 39-48, 2015.
- BEAUCHAMP, C; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**. v. 44, p. 276-287, 1971.

- BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W.; BELOW, F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. **Agronomy Journal**, v.107, n.2, p.563-573, 2015.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas** (noções básicas). Jaboticabal. FUNEP. 2003. 42p.
- BLUNDEN, G; CURRIE, M; MATHE, J; HOHMANN, J; CRITCHLEY, A; T. Variations in betaine yields from marine algal species commonly used in the preparation of seaweed extract used in agriculture. **Phycology**. v. 76, p. 14, 2009.
- BLUNDEN, G; JENKINS, T; LIU, Y. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**. v. 8, p. 535-543, 1996.
- BOARD, J.E.; KAHN, C.S. Soybean yield formation: what controls it and how it can be improved. In: EL-SHEMY, H.A. Soybean Physiology and Biochemistry, **In Tech**, p. 2-36, 2011. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/soybean-physiology-and-biochemistry>>. Acesso em 14 de maio de 2016.
- BOARD, J.E.; MODALI, H. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. **Crop Science**. v.45, p.1790-1799, 2005.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**. v.72, p.248-254, 1976.
- BRASIL. Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014. **Regulamento da Lei Nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980**. Diário Oficial - Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF, 29 dez. 2014.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria Projeção do Agronegócio – Brasil 2015/16 a 2025/26, Projeções de Longo Prazo. Brasília, 2016. 104p.
- BROWN, D. M. Soybean ecology. I. development-temperature relationships from controlled environment studies. **Agronomy Journal**. v. 52, p. 493-496, 1960.
- CALVO, P; NELSON, L; KLOPPER, J. W. Agricultural uses of plant bioestimulants. **Plant soil**. v. 383, p. 3-41, 2014.
- CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica do nitrogênio em soja. **Informações Agronômicas**, n.147, p.1-9, 2014.
- CÂMARA, G. M. S. **Introdução ao agronegócio: Soja**. USP/ESALQ – Departamento de Produção Vegetal, 2016. 293 p.

- CAMARGO, F. A. O; SANTOS, G. A; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados – Revisão Bibliográfica. **Ciência Rural**. v. 29, p. 171-180, 1999.
- CANELLAS, L. P; OLIVARES, F. L; AGUIAR, N. O; JONES, D. L. NEBBIOSO, A; MAZZEI, P; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as bioestimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 15-27, 2015.
- CARLSON, J. B. Morphology. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production, and uses**. American Society of Agronomy. p. 17-95, 1973.
- CASTAINGS, L; MARCHIVE, C; MEYER, C KRAPP; A. Nitrogen signalling in Arabidopsis: how to obtain insights into a complex signalling network. **Journal of Experimental Botany**. v. 62, p. 1391-1397, 2011.
- CHANG, C. C; WANG, B; SHI, L; LI, Y; DUO, L; ZHANG, W. Alleviation of salt stress-induced inhibition of seed germination in cucumber (*Cucumis sativas* L.) by ethylene and glutamate. **Journal of Plant Physiology**. v. 167, p. 1152-1156, 2010.
- CHEN Z, SILVA H, KLESSIG D. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance induced by salicylic acid. **Science** 262, 1883-1886, 1993.
- CHEN, Z; GALLIE, D. Increasing tolerance to ozone by elevating foliar ascorbic acid confers greater protection against ozone than increasing avoidance. **Plant Physiology** 138, 1673-1689, 2004.
- COLLA, G; NARDI, S; CARDARELLI, M; ERNATI, A; LUCINI, L; CANAGUIER, R; ROUPHAEL, Y. Protein hydrolysates as bioestimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 28-38, 2015.
- COLLA, G; ROUPHAEL, Y. Bioestimulants in horticultura. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 1-2. 2015.
- COLLA, G; ROUPHAEL, Y; CANAGUEIR, R; SVECOVA, E; CARDARELLE, M. Bioestimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. **Frontiers in Plant Science**. v. 5, p. 1-6, 2014.
- COMAS, L. H; BECKER, S. R; CRUZ, M. V; BYRNE, P. F; DIERIG, D. A. Root traits contributing to plant productivity under drought. **Frontiers in Plant Science**. v. 4, p. 1-16, 2013.
- COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL – CESB. **Campeão Nacional do Desafio de Máxima Produtividade – Safra 2014/2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.cesbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/07/Caso-do-Campea%CC%83o-Nacional-Safra-1415.pdf>>. Acesso em: 30 de maio, 2017.

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Sexto levantamento. 2017. 176p.
- CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**. v. 23, p. 371-393, 2011.
- Da ROCHA, I. M; VITORELLO, V. A; SILVA, J. S; FERREIRA-SILVA, S. L; VIEGAS, R. A; SILVA, E. N. Exogenous ornithine is na efetive precursor and the delta-ornithine amino transferase pathway contributes to proline accumulation under high N recycling in salt-stressed cashew leaves. **Journal of Plant Physiology**. v. 169, p. 41-49, 2012.
- De AZEVEDO NETO, A. D; PRISCO J. T; ENEÍAS-FILHO, J; MEDIROS, J. V; GOMES-FILHO, E. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. **Environmental and Experimental Botany**. v. 56, p. 87-94, 2006.
- Du JARDIN, P. Plant bioestimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 3-14, 2015.
- EGLI, D. B; LEGGETT, J. E; DUNCAN, W; G. Influence of n stress on leaf senescence and n redistribution in soybean. **Agronomy Journal**. v. 70, p. 43-47, 1978.
- EGLI, D.B. The relationship between the number of nodes and pods in soybean communities. **Crop Science**, Madison, v.53, p.1668-1676, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção: Região Central do Brasil 2009 e 2010**. Embrapa Soja, 2008, 261p.
- ERNST, W.H.O.; NELISSEN, H.J.M.; BOOKUM, W.M.T. Combination toxicology of metal-enriched soils: physiological responses of a Zn- and Cd-resistant ecotype of *Silene vulgaris* on polymetallic soils. **Environmental and Experimental Botany**, Philadelphia, v.43, n.1, p.55-71, 2000.
- EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. **Oecologia**. v.78, p. 9-19, 1989.
- FAGAN, E. B. **A cultura de soja: modelo de crescimento e aplicação da estrobilurina piraclostrobina**. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- FAGAN, E. B; ONO, E. O; RODRIGUES, J. D; CHALFUN JÚNIOR, A; DOURADO NETO, D. **Fisiologia Vegetal: reguladores vegetais**. São Paulo: Andrei, 2016. 300p.
- FAGAN, E. B; ONO, E. O; RODRIGUES, J. D; SOARES, L. H; DOURADO NETO, D. **Fisiologia Vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Andrei, 2016. 305p.

- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Balança Comercial Brasileira do Agronegócio – Consolidado 2016** (Informativo DEAGRO). Jan., 2017.
- FELLER, U.; ANDERS, I.; MAE, T. Rubiscolytics: fate of Rubisco after iTS enzymatic function in a cell is terminated. **Journal Experimental of Botany**. n.59, p.1615-1624, 2008.
- FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66p.
- FERREIRA, M. M. M; FERREIRA, G. B; FONTES, P. C. R; DANTAS, J. P. Índice spad e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**. v. 53, p. 83-92, 2006.
- FERRIS, R; WHEELER, T. R; HADLEY, P; ELLIS, R. H. Recovery of photosynthesis after environmental stress in soybean grown under elevated CO₂. **Alliance of Crop, Soil, and Environmental Science Societies**. v. 38, p. 948-955, 1998.
- FURUYA, S; UMEMIYA, Y. The influence of chemical forms on foliar-applied nitrogen absorption for peach trees. **Acta Horticulturae**. v. 594, p. 97-103, 2002.
- GAY, S; EGLI, D. B; REICOSKY, D. A. Physiological aspects of yield improvement in soybeans. **Agronomy Journal**. v. 72, p. 387-391, 1980.
- GIBSON, L.R.; MULLEN, R.E. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Science**, v.36, p.1615-1619, 1996.
- GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Dorchester, v.48, p.909-930, 2010.
- GÓMEZ-MERINO, F. C; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Bioestimulant activity of phosphite in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 82-90, 2015.
- HALPERN, M.; BAR-TAL, A.; OFEK, M.; MINZ, D.; MULLER, T.; YERMIYAHU, U. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. **Advances in Agronomy**. v. 130, p. 141-174, 2015.
- HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics**. v.125, p. 189-198, 1968.
- HEGAZY, E. A; ABDEL-REHIM, H; DIAA, D. A; EL-BARBARY, A. Controlling of degradation effects in radiation processing of polymers. **IAEA-Tecdod**. v. 67, p. 67-79, 2009.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D; NEWTON, W.

- E. **Nitrogen fixation in agriculture, forestry ecology and environment.** Kluwer Academic Publishers. p. 25-42, 2005.
- JANNIN, L.; ARKOUN, M.; ETIENNE, P.; LAINE, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; FUENTES, M. *Brassica napus* growth promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C and S metabolisms. **Journal Plant Growth Regulation.** v. 32, p. 31-52, 2013.
- JESUS, S.V.; MARENCO, R.A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica.** v.38, p.815-818, 2008.
- JIANG, H.; EGLI, D.B. Shade induced changes in flower and pod number and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal,** v.85, p.221–225, 1993.
- JIMÉNEZ, A.; HERNÁNDEZ, J.A.; PASTORI, G.; DEL RIO, L.A.; SEVILLA, F. Role of ascorbate-glutathione cycle of mitochondria and peroxisomes in the senescence of pea leaves. **Plant Physiology.** v. 118, p. 1327-1335, 1998.
- KACHROO A, HE Z, PAKTAR R, ZHU Q, ZHONG J, LI D, RONALD P, LAMB C, CHATTOO B. Induction of H₂O₂ in transgenic rice leads to cell death and enhanced resistance to both bacterial and fungal pathogens. **Transgenic Research,** v. 12, p. 577-586, 2003.
- KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology.** v.57, p. 315-319, 1976.
- KARUPPANAPANDIAN, T; MOON, JC; KIM, C; MANOHARAN, K; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science.** v. 5, p. 709-725, 2011.
- KROUK, G; LACOMBE, B; BIELACH, A; PERRINE-WALKER, F; MALINSKA, K; MOUNIER, E; HOYEROVA, K; TILLARD, P; LEON, S; LJUNG, K; ZAZIMALOVA, E; BENKOVA, E; NACRY, P; GOJON, A. Nitrate-regulated auxin transport by NRT1.1 defines a mechanism for nutrient sensing in plants. **Developmental Cell.** v. 18, p. 927-937, 2010.
- KUNICKI, E; GRABOWSKA, A; SEKARA, A; WOJCIECHOWSKA, R. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Folia Horticulturae.** v. 22, p. 9-13, 2010.
- LEVIN, S.A.; MOONEY, H.A.; FIELD, C. The dependence of plant root: shoot ratios on internal nitrogen concentration. **Annals of Botany.** v.151, p.135-143, 1989.

- LEVINE A, TENHAKEN R, DIXON R.A, LAMB C.J. H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. **Cell**. v.79, p.583-593, 1994.
- LISIECKA, J; KNAFLEWSKI, M; SPIZEWICZ, A; KRZESINSKI, W. The effect of animal protein hydrolysate on quantity and quality of strawberry daughter plants cv. 'Elsanta'. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**. v. 10, p. 31-40, 2011.
- LOLA-LUZ, T; HENNEQUART, F; GAFFNEY, M. Effect on yield total phenolic, total flavonoid and total isothiocyanate content of two broccoli cultivars (*Brassica oleraceae* var. *italica*) following the application of a commercial brown seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*). **Agricultural Food Science**. v. 23, p. 28-37, 2014.
- LOPES, N. F; LIMA, M. G. S. Fisiologia da produção. Viçosa: Ed. UFV, 2015. 492 p.
- LUTHJE, S; BOTTGER, M. On the function of a K-type vitamin in plasma membranes of maize (*Zea mays* L.) roots. **Mitteilungen aus dem Institut für allgemeine Botanik in Hamburg**. v. 25, p. 5-13, 1995.
- MACKINNON, S. A; CRAFT, C. A; HILTZ, D; UGARTE, R. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extract. **Journal of Applied Phycology**. v. 22, p. 489-494, 2010.
- MAINI, P. The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. **Fertilitas Agrorum**. v. 1, p. 29-43, 2006.
- MATSUMIYA, Y; KUBO, M. Soybean peptide: novel plant growth promoting peptide from soybean. In: El-Shemy, H. (Ed), Soybean and Nutrition. **In Tech Europe Publisher**, p. 215-230, 2011.
- MATTNER, S. W; WITE, D; RICHES, D. A; PORTER, I. J; ARIOLI, T. The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria. **Journal Biological Agriculture e Horticulture**. v. 29, p. 258-270, 2013
- MATYSIK, J.; ALIA, BHALU, B.; MOHANTY, P. Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. **Current Science**. v.82, p.525-532, 2002.
- MILLER, G; SUZUKI, N; CIFTCI-YILMAZ, S MITTLER, R. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant, Cell & Environment**. v. 33, p. 453-467, 2010.

- MING, C. **Fortalecimento Institucional - O impacto do agro**. 2017. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/comunicacao/artigo/o-impacto-do-agro>>. Acesso em 14 de maio de 2017.
- MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502**: instruction manual. 1989. 22 p.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.7, p.405-410, 2002.
- MITTLER, R; VANDERAUWERA, S; GOLLERY, M; Van BREUSEGEM, F. Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in Plant Science**. v. 9, p. 490-498, 2004.
- MORAES, R.M.; KLUMP, A.; FURLAN, C.M.; KLUMP, G.; DOMINGOS, M.; RINALDI, M.C.S.; MODESTO, I.F. Tropical fruit trees as bioindicator of industrial air pollution in Southeast Brazil. **Environment International**. v. 28, p. 367-374, 2002.
- MUNIER-JOLAIN, N.G.; NEY, B.; DUTHION, C. Termination of seed growth in relation to nitrogen content of vegetative parts in soybean plants. **European Journal of Agronomy**, v.5, p.219-225, 1996.
- NAIR, P; KANDASAMY, S; ZHANG, J; JI, X; KIRBY, C; BENKEL, B; HODGES, M. D; CRITCHLEY, A.T; HILTZ, D; PRITHIVIRAJ, B. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascomyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Genomics**. v. 13, p. 643, 2012.
- NARDI, S.; CONCHERI, G.; DELL'AGNOLA, G. Biological activity of humus. In PICCOLO, A. Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. **The Netherlands**, p.361-40, 1996.
- NAVARRO JÚNIOR, H. M; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para a produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, p. 269-274, 2002.
- NEILL SJ, DESIKAN R, CLARKE A, HURST R, HANCOCK J. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.1237–1247, 2002.
- NEILY, W; SHISHKOV, L; NICKERSON, S; TITUS, D; NORRIE, J. Commercial extract from the brown seaweed *Ascomyllum nodosum* (Acadian (R)) improves early establishment and helps resist water stress in vegetables and flower seedlings. **Horscience**. v. 45, p. 105-106, 2010.
- NELSON, L.R. Defining the seed-filling period in soybeans to predict yield. **Crop Science**. v. 26, p. 132-135, 1986.
- PARADIKOVIC, N; VINKOVIC, T; VRCEK, I. V; ZUNTAR, I; BOJIC, M; MEDIC-SARIC, M. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: na example of sweet

- yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 91, p. 2146-2152, 2011.
- PASSARDI, F; COSIO;C; PENEL, C; DUNAND; C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. **Plant Cell Reports**. v. 24, p. 255-265, 2005.
- PICHYANGKURA, R; CHADCHAWAN, S. Bioestimulant activity of chitosan in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 49-65, 2015.
- RAHNAMA H., EBRAHIMZADEH H. The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedlings. **Biology of Plants**. v. 49, p. 93–97, 2005.
- RAO, A.; AHMAD, S.D.; SABIR, S.M.; AWAN, S.I.; SHAH, A.H.; ABBAS, S.R.; SHAFIQUE, S.; KHAN, F.; CHAUDHARY, A. Potential antioxidant activities improve salt tolerance in ten varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.). **American Journal of Plant Sciences**, v.4, p.69-76, 2013.
- RAYORATH, P; BENKEL, B; HODGES, D. M; ALLAN-WOJTAS, P; MACKINNON, S; CRITCHLEY, A. T; PRITHIVIRAJ, B. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*s. **Planta**. v. 230, p. 135-147, 2009.
- RODRIGUES, O; DIDONET, A. D; LHAMBY, J. C. B; BERTAGNOLLI, P. F; da LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, p. 431-437, 2001.
- ROEKEL, R. J. V; PURCELL, L. C; SALMERÓN, M. Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crops Research**. v. 182, p. 86-97, 2015.
- ROTUNDO, J.L.; BORRÁS, L.; WESTGATE, M.E.; ORF, J.H. Relationship between assimilate supply per seed during seed filling and soybean seed composition. **Field Crops Research**, v.112, p.90-96, 2009.
- ROUPHAEL, Y; FRANKEN, P; SCHNEIDER, C; SCHWARZ, D; GIOVANNETTI, M; AGNOLUCCI, M; DE PASCALE, S; BONINI, P; COLLA, G. Arbuscular mycorrhizal fungi act as bioestimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 91-108, 2015.
- RUIZ, J. M; CASTILHA, N; ROMERO, L. Nitrogen metabolism in pepper plants applied with different bioregulators. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 48, p. 2925-2929, 2000.
- RUZZI, M; AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as bioestimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 66-81, 2015.

- SALEM, M.A.; KAKANI, V.G.; KOTI, S.; REDDY, K.R. Pollen-based screening of soybean genotypes for high temperatures. **Crop Science**, v.47, p.219–231, 2007.
- SALGARKAR, R. **Biostimulants Market by Active Ingredient (Humic acids, Fulvic Acids, Seaweed, Microbials, Trace Minerals, Vitamins, and Amino acids), Application Method (Foliar, Soil, and Seed), Crop Type, & by Region - Global Trends & Forecasts to 2021**. Junho, 2016.<Disponível em: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biostimulant-market-1081.html>; acesso em : 01 de maio de 2017.
- SANTACHIARA, G; BORRÁS, L; ROTUNDO, J. Physiological processes leading to similar yield in contrasting soybean maturity groups. **Agronomy Journal**. v. 109, p. 1-10, 2017.
- SAVVAS, D; NTATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 68-81, 2015.
- SCHADCHINA, T.M., DMITRIEVA, V.V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**. v.18, p.1427-1437, 1995.
- SCHIAVON, M; ERNATI, A; NARDI, S. Effects of na alfalfa protein hydrolysate on the gene expression. And activity of enzymes of TCA cycle and N metabolism in *Zea mays* L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 56, p. 11800-11808, 2008.
- SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Mecenas, 2016. 310 p.
- SHARMA, P.; DUBEY, R.S. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. **Journal of Plant Physiology**, Rockville, v.162, p.854-864, 2005.
- SHIBLES, R; SUNDBERG, D.N. Relation of leaf nitrogen content and other traits with seed yield of soybean. **Plant Production Science**. v.1, p.3-7, 1998.
- SILVA, A. F; SEDIYAMA, T; BORÉM, A; SILVA, F. C. S. Cultivares. In: SEDIYAMA, T; SILVA, F BORÉM, A. **Soja: do plantio a colheita**. Editora UFV, 2015. p. 149-167.
- SMIRNOFF, N.; CUMBES, Q.J. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. **Phytochemistry**. v.28, p.1057-1060, 1989.
- SOARES, L. H. **Alterações fisiológicas e fenométricas na cultura de soja devido ao uso de lactofen, cinetina, ácido salicílico e boro**. 2016. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- SOARES, L. H. **Manejo fisiológico com base em tratamento de sementes e aplicação de organominerais via foliar para sistemas de alto potencial produtivo de soja**. 2013. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

- SOUZA, D.V. de; CABRAL, J.B.P.; LOPES, R.M.; REIS, M.A.S.; OLIVEIRA, S.F. Análise pluviométrica da carta topográfica de Patos de Minas referente ao período de 1978 a 2003. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 57, 2005, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** São Paulo: SBPC/UECE, 2005. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/57ra/>>. Acesso em: 05 abr. 2017.
- STIEGLER, J. C; RICHARDSON, M. D; KARCHER, D. E; ROBERTS, T. L; NORMAN, R. J. Foliar absorption of various inorganic and organic nitrogen sources by creeping bentgrass. **Crop Science**. v. 52, p. 1148-1152, 2013.
- STIRK, W; TARKOWSKÁ, D; TURECOVÁ, V; STRNAD, M; STADEN, J. Absciscic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. **Journal of Applied Phycology**. v. 26, p. 561-567, 2014.
- SZABADOS, L.; SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Scienc**. v.15, n.2, p.89-97, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6ª ed, Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**. v.153, p.65-72, 2000.
- TEIXEIRA, W. F. **Uso de aminoácidos como sinalizadores de respostas fisiológicas na cultura de soja**. 2017. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- TEIXEIRA, W. F; FAGAN, E. B; SOARES, L. H; UMBURANAS, R. C; REICHARDT, K; DOURADO NETO, D. Foliar and Seed Application of Amino Acids Affects the Antioxidant Metabolism of the Soybean Crop. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, p. 1-14, 2017.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Safra Mundial de Soja 2016/17 - 11º Levantamento do USDA**. 2017. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2017/03/boletim_soja_marco2017.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2017.
- VAN KEULER, H.; WOLF, J. **Modelling of agricultural production: weather, soils and crops**. Wageningen: Pudoc, 1986, 478p.
- VAN ROEKEL, R. J; PURCELL, L. C; SALMERÓN, M. Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crops Research**. v. 182, p. 86-97, 2015.
- VERBRUGGEN, N; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**. v. 35, p. 753-759, 2008.

- VERNETTI, F. J. **Soja**: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras. Campinas: Fundação Cargill. v. 1, 1983.
- WALLY, O. S. D; CRITCHLEY, A. T; HILTZ, D; CRAIGIE, J. S; HAN, X; ZAHARIA, L. I; ABRAMS, S. R; PRITHIVIRAJ, B. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. **Journal Plant Growth Regulation**. v. 32, p. 324-339, 2013.
- WELTMEIER, F.; EHLERT, A.; MAYER, C.S.; DIETRICH, K.; WANG, X.; SCHÜTZE, K.; ALONSO, R.; HARTER, K.; VICENTE-CARBAJOSA, J.; DRÖGE-LASER, W. Combinatorial control of Arabidopsis proline dehydrogenase transcription by specific heterodimerization of bZIP transcription factors. **The EMBO Journal**. v.25, p.3133-3143, 2006.
- XU, H. L; GAUTHIER, L; DESJARDINS, Y; GOSSELIN, A. Photosynthesis in leaves, fruits, stem and petioles of greenhouse-grown tomato plants. **Photosynthetica**. v. 33, p. 113-123, 1997.
- YABUR, R; BASHAN, Y; HERNÁNDEZ-CARMONA, G. Alginate from the macroalgae *Sargassum sinicola* as a novel source for microbial immobilization material in wastewater treatment and plant growth promotion. **Journal of Applied Phycology**. v. 19, p. 43-53, 2007.
- ZHANG, X; WANG, K; ERVIN, E. H. Optimizing dosagens of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside for improving creeping bentgrass heat tolerance. **Crop Science**. v. 50, p. 316-320, 2010.