

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Gerusa Massuquini Conceição

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL EM
SEMENTES DE SOJA: QUALIDADE FISIOLÓGICA,
DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS E ASPECTOS PRODUTIVOS**

Santa Maria, RS
2016

Gerusa Massuquini Conceição

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL EM
SEMENTES DE SOJA: QUALIDADE FISIOLÓGICA,
DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS E ASPECTOS PRODUTIVOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Thomas Newton Martin

Santa Maria, RS
2016

Gerusa Massuquini Conceição

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL EM
SEMENTES DE SOJA: QUALIDADE FISIOLÓGICA,
DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS E ASPECTOS PRODUTIVOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia.**

Aprovada em 29 de março de 2016:

Thomas Newton Martin, Dr. (UFSM)
(Presidente/orientador)

Gustavo Brunetto, Dr. (UFSM)

Luciane Almeri Tabaldi, Dr^a. (UFSM)

Liliane Márcia Mertz Henning, Dr^a. (EMBRAPA)

Sandra Beatriz Vicenci Fernandes, Dr^a. (UNIJUÍ)

Santa Maria, RS
2016

A Deus, pela fé que me
impulsiona e fortalece a cada
dia.

Aos meus pais Jorge Alberto
e Leopolda e ao irmão
Benhur, por todo amor,
carinho e incentivo.

Dedico este trabalho

RESUMO

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL EM SEMENTES DE SOJA: QUALIDADE FISIOLÓGICA, DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS E ASPECTOS PRODUTIVOS

Autor: Geresa Massuquini Conceição

Orientador: Thomas Newton Martin

A soja é a principal aleuro-oleaginosa cultivada no mundo sendo utilizada para diversos fins como alimentação humana, animal e biocombustível. No entanto a produtividade ainda de encontra muito abaixo do potencial produtivo. Dentre os fatores limitantes para que altas que produtividades sejam atingidas está o uso de sementes de qualidade as quais determinam o estande de plantas no campo. A qualidade fisiológica de sementes depende, entre outros, da sua composição química, pois os nutrientes armazenados nas reservas são fundamentais para o crescimento do embrião e desenvolvimento das plântulas. Dessa forma, plântulas originadas com maior disponibilidade de nutrientes originam plântulas mais vigorosas. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a influencia da composição química de sementes e a contribuição da suplementação mineral via tratamento de sementes na qualidade fisiológica, desenvolvimento inicial de plântulas, atividade das enzimas relacionadas ao metabolismo vegetal e desempenho em campo. O capítulo I teve por objetivo avaliar a influência de diferentes níveis de composição química mineral de sementes de soja bem como a eficiência da suplementação mineral via tratamento de sementes na qualidade fisiológica e desempenho em campo. O capítulo II objetivou avaliar a contribuição de N derivado da suplementação mineral em sementes com diferentes teores nutricionais, para plântulas de soja. O capítulo III teve por objetivo avaliar a influencia do teor nutricional e da suplementação mineral via tratamento de sementes na germinação, desenvolvimento inicial e atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo vegetal de plântulas de soja. A composição química das sementes influenciou a qualidade fisiológica e o desempenho das sementes em campo. A suplementação mineral via tratamento de sementes influenciou o desempenho de sementes em laboratório e campo. As sementes derivadas do lote com menor teor nutricional absorveram mais N do suplemento mineral, que foi acumulado nos cotilédones e redistribuído para o sistema radicular e parte aérea. A maior parte do N nos órgãos de plântulas de soja, ao longo de 10 dias após a semeadura é derivada das reservas da semente, em lotes com baixo e alto teor nutricional, assim a aplicação de N via suplementação mineral é de pouca importância para a nutrição e desenvolvimento das plântulas. A quantidade de reservas armazenadas influenciou a qualidade fisiológica e desenvolvimento inicial de plântulas. A suplementação mineral via tratamento de sementes influenciou a qualidade fisiológica e desenvolvimento de plântulas no lote de baixo teor nutricional. A suplementação mineral influenciou a atividade das enzimas α -amilase nos cotilédones e POD e APase na parte aérea das plântulas provenientes de sementes do lote de baixo teor nutricional.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Composição química. Qualidade fisiológica. Nutrientes. Atividade enzimática.

ABSTRACT

CHEMICAL COMPOSITION AND MINERAL SUPPLEMENTS IN SOYBEAN SEEDS: QUALITY PHYSIOLOGICAL, SEEDLING DEVELOPMENT AND PRODUCTIVE ASPECTS

Author: Gerusa Massuquini Conceição

Advisor: Thomas Newton Martin

Soybean is the main aleuro – oleaginous cultivated in the world and are used for several ends such as human and animal food and biofuel. Nevertheless, the productivity is still below the productive potential. Among the factors, which limit high productive levels to be achieved, is the use of quality seeds, which determine the stand of plants in the field. The seed physiological quality depends on, among other factors, its chemical composition, because the nutrients stored in the reserves are fundamental for the growth of the embryo and seedling development. Therefore, seedlings originated with higher nutrient availability will originate seedlings that are more vigorous. Thus, this work aimed to evaluate the influence of the chemical composition of seeds and the contribution of mineral supplementation through the treatment of seeds in physiological quality, seedling initial development, activity of enzymes related to the vegetal metabolism and grain productivity. Chapter I aimed to evaluate the influence of different levels of soybean seeds mineral chemical composition as well as the efficiency of mineral supplementation through seed treatment in physiological quality and field performance. Chapter II concerned about evaluating the contribution of N derivate from the mineral supplementation in seeds with different nutritional content, for soybean seedlings. Chapter III aimed to evaluate the influence of nutritional content and mineral supplementation through seed treatment in germination, initial development and enzyme activity related to vegetal metabolism of soybean seedlings. The chemical composition of seeds influenced the physiological quality and the seed field and laboratory performance. The seeds, which derivate from the lot with lower nutritional content, absorbed more N from the mineral supplement, which was accumulated in the cotyledons and redistributed to the root system and canopy. Most of the N in soybean seedling organs, along 10 days after the seeding derivate results from seed reserves, in lots with low and high nutritional content, thus the application of N through mineral supplementation is of low importance to nutrition and development of seedlings. The amount of stored reserves influences the physiological quality and early development of seedlings. Mineral supplementation via seed treatment influenced the physiological quality and seedling development on the lot of low nutritional value. Mineral supplementation influenced the activity of α -amylase in the cotyledons and POD and APases in shoots of seedlings from seed lot of low nutritional value.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill. Chemical composition. Physiological quality. Nutrients. Enzymatic activity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

- Figura 1 - Atividade da enzima α -amilase em cotilédones de plântulas de soja da cultivar BMX Potência RR submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes avaliados aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura.....82
- Figura 2 - Atividade das enzimas guaiacol peroxidase (POD) e fosfatase ácida (APase) no sistema radicular de plântulas de soja da cultivar BMX Potência RR submetidas ou não a suplementação mineral avaliados aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura.....83
- Figura 3 - Atividade das enzimas guaiacol peroxidase (POD), fosfatase ácida (APase), teor de clorofila total (Chl total) e carotenoides na parte aérea de plântulas de soja da cultivar BMX Potência RR submetidas ou não a suplementação mineral avaliados aos 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura.....84

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Composição química para os lotes de sementes das cultivares de soja obtidas em dois anos agrícolas. Santa Maria, 2015.....	24
Tabela 2- Resumo da análise de variância para primeira contagem (PC), germinação (G) (%), comprimento de parte aérea (CPA) (cm), raiz (CR) (cm) e total (CTO) (cm) e massa seca de plântulas (MS) (g) em sementes de três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes obtidas nas safras de 2012/13 e 2013/14. UFSM, Santa Maria, 2015.....	27
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para emergência de plântulas (EM, plantas m ⁻¹ , número de grãos por vagem (NGV, vagem ⁻¹), número de vagens por planta (NVP, planta ⁻¹); altura de inserção da primeira vagem (AIPV, cm); altura total de planta (ATP, cm); massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, Kg ha ⁻¹); para três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.....	29
Tabela 4- Resumo da análise de variância para emergência de plântulas (EM, plantas m ⁻¹ , número de grãos por vagem (NGV, vagem ⁻¹), número de vagens por planta (NVP, planta ⁻¹); altura de inserção da primeira vagem (AIPV, cm); altura total de planta (ATP, cm); massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, Kg ha ⁻¹); para três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.....	31
Tabela 5 – Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes três cultivares de soja, submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.....	33
Tabela 6 - Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes de dois lotes de diferente teor nutricional de três cultivares de soja obtidas nos anos de 2013 e 2014 submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.....	35
Tabela 7 – Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes de soja de lotes de diferentes teores nutricionais obtidas no ano de 2014 submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.....	37
Tabela 8 - Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes de três cultivares de soja obtidas no ano 2014 de lotes de diferentes teores nutricionais. UFSM, Santa Maria, 2015.....	39
Tabela 9 – Desempenho em campo de três cultivares de soja submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes semeadas em 15/10/2013 e 15/12/2014. UFSM, Santa Maria, 2015.....	41
Tabela 10 – Desempenho em campo de três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais semeadas em 15/10/2013 e 18/11/2013. UFSM, Santa Maria, 2015.....	43

Tabela 11 – Desempenho em campo de três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais semeadas em 15/12/2014 e 15/12/2014. UFSM, Santa Maria, 2015.....	44
Tabela 12- Desempenho em campo de dois lotes de diferente teor nutricional (TN) de três cultivares de soja submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes semeadas em 18/11/2013 e 12/11/2014. UFSM, Santa Maria, 2015.....	45

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Caracterização dos lotes de sementes de soja de alto e baixo teor nutricional.....	54
Tabela 2 - Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para matéria seca (Ms), átomos de ¹⁵ N em excesso, nitrogênio total (Nt %, mg), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff %, mg) e nitrogênio derivado das reservas da semente (Ndrs %, mg), nos órgãos da plântula (cotilédone, sistema radicular, parte aérea) e plântula inteira (total) de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.....	57
Tabela 3 - Matéria seca (Ms), átomos de ¹⁵ N em excesso, nitrogênio total (Nt), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e nitrogênio derivado das reservas (Ndrs) no cotilédone (Cot), sistema radicular (Sr), parte aérea (Pa) e plântula inteira de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.....	60
Tabela 4 - Tabela de comparação de médias dos efeitos principais A, D e C para matéria seca (Ms), átomos de N ¹⁵ em excesso, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e nitrogênio derivado das reservas (Ndrs) no cotilédone (Cot), sistema radicular (Sr), parte aérea (Pa) e plântula inteira de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.....	61
Tabela 5 - Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para comprimento do sistema radicular (Csr), volume do sistema radicular (Vsr) e comprimento de parte aérea de plântulas de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.....	63
Tabela 6 - Comprimento do sistema radicular (Csr), volume do sistema radicular (Vsr) e comprimento de parte aérea (Cpa) de plântulas de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos dois, seis e 10 dias após a semeadura.	63

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Caracterização dos lotes de sementes de soja de alto e baixo teor nutricional.....	70
Tabela 2 - Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para primeira contagem da germinação (Pc) e germinação (G) de sementes da cultivar BMX Potência para lotes de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2016.....	73
Tabela 3 - Primeira contagem de sementes da cultivar BMX Potência RR para lotes de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2016.....	74

Tabela 4 - Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para matéria seca (Msr) comprimento e volume do sistema radicular, matéria seca (Mspa) e comprimento de parte aérea (Cpa) e matéria seca de cotilédones (Msc) de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.....	75
Tabela 5 - Matéria seca de cotilédones (Msc), comprimento (Cpa) e matéria seca de parte aérea (Mspa) e comprimento (Csr), volume (Vsr) e matéria seca (Msr) do sistema radicular de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.....	77
Tabela 6 - Tabela de comparação de médias dos efeitos principais A, D e C para matéria seca de cotilédones (Msc), sistema radicular (Msr) e parte aérea (Mspa), comprimento de parte aérea (Cpa) e volume do sistema radicular (Vsr) de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.....	78
Tabela 7 - Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para atividade das enzimas alfa amilase, guaiacol peroxidase, fosfatase ácida, teor de clorofila e carotenoides de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.....	80
Tabela 8 - Atividade da enzima alfa amilase da cultivar BMX Potência para lotes de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2016.....	81

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
CAPÍTULO 1.....	19
1.1 INTRODUÇÃO.....	21
1.2 MATERIAL E MÉTODO.....	22
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
1.4 CONCLUSÃO.....	45
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
CAPÍTULO 2.....	51
2.1 INTRODUÇÃO.....	53
2.2 MATERIAL E MÉTODO.....	54
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
2.4 CONCLUSÃO.....	64
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
CAPÍTULO 3.....	67
3.1 INTRODUÇÃO.....	69
3.2 MATERIAL E MÉTODO.....	70
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
3.4 CONCLUSÃO.....	86
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS.....	90
ANEXO A - Análise de solo área experimental da Coxilha do Departamento de fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. UFSM, Santa Maria, 2015.....	96
ANEXO B - Laudo de análise de fertilizante mineral líquido.....	96

INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal aleuro-oleaginosa cultivada no mundo, sendo utilizada para diversos fins como a alimentação humana, animal, e produção de biocombustíveis ocupando, aproximadamente, 54% da área cultivada do país, sendo o Rio Grande do Sul o terceiro maior Estado produtor. Na safra 2015/16, houve um incremento da área semeada com a oleaginosa no Brasil de 3,6% em relação à safra anterior. No Rio Grande do Sul, mesmo com a semeadura prejudicada pelo excesso de umidade do solo a área semeada passou de 11.074,1 para 11.518,3 milhões hectares (CONAB, 2016).

A crescente necessidade de produção tanto de biocombustíveis quanto de óleo e alimentos de qualidade exige a utilização de altos níveis tecnológicos associados a técnicas de manejo que garantam um desenvolvimento inicial satisfatório da cultura e inúmeros são os fatores que contribuem para isso. O modelo de produção agrícola atual exige cada vez mais a utilização de ferramentas tecnológicas para fomentar a produtividade, promover uma agricultura sustentável e que ao mesmo tempo proporcione renda ao produtor e garantia de segurança alimentar à população. Cabe ressaltar, entre eles, o uso de sementes de elevada qualidade uma vez que pode determinar o sucesso ou fracasso da produção agrícola, pois nela está toda a potencialidade produtiva da planta (PRANDO et al., 2012) juntamente com o emprego de produtos que possibilitem a melhoria do desempenho destas no campo favorecendo o estabelecimento do estande ideal (BINSFELD et al., 2014).

As sementes representam o principal insumo da agricultura moderna, e o vigor é um dos atributos mais importantes da qualidade das sementes (KRUEGER et al., 2013), uma vez que plântulas originadas de sementes de alto vigor possuem maior velocidade e uniformidade de emergência a partir da superfície do solo, contribuindo para que passem a viver autotróficamente adquirindo maior capacidade competitiva e favorecendo o estabelecimento da cultura (SOLTANI et al., 2006).

O desempenho de sementes depende, entre outros fatores da composição química das mesmas, ou seja, o conteúdo de reservas que são compostas, entre outros, por proteínas, carboidratos, lipídios e nutrientes minerais (MARCOS FILHO, 2015), devido ao fato de estarem envolvidos nos processos fundamentais da célula (ZAMBIAZZI et al., 2014). De modo geral, quanto maior o teor de reservas nas sementes, maior será o vigor das plântulas originadas (HENNING et al., 2010). Segundo Marcos Filho (2015) a manifestação do vigor

da semente depende da eficiência dos processos metabólicos de síntese, controlados pela atividade enzimática das sementes e plântulas apoiadas por atividade respiratória eficiente.

Em plantas cultivadas, para que ocorra um crescimento e desenvolvimento de forma adequada, está estabelecida a essencialidade de 14 elementos (MARSCHNER; MARSCHNER, 2012). Estes elementos, quando presentes e necessários em concentrações relativamente elevadas são chamados de macronutrientes (FAROOQ, 2012). Além dos macronutrientes, pode-se destacar a importância dos micronutrientes que são igualmente essenciais, mas presentes e requeridos em menores quantidades. Tanto macro quanto micronutrientes são limitantes para uma boa produtividade das culturas (GONÇALVES JUNIOR et al., 2010), já que uma deficiência dos mesmos, ou então um desequilíbrio destes com os outros nutrientes, pode resultar na redução do crescimento ou até mesmo morte da planta, por impedir processos fisiológicos vitais já que atuam como cofatores em sistemas enzimáticos e estão envolvidos nos processos fisiológicos fundamentais para fotossíntese e respiração (MENGEL et al., 2001).

Muitos minerais desempenham funções específicas no metabolismo de plantas e de sementes, o qual é prejudicado quando suprido de forma insuficiente. Por preencherem tais necessidades básicas e por estarem envolvidos em processos que são fundamentais, deficiências minerais afetam grande variedade de estruturas e de funções no vegetal. Em ecossistemas naturais, nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo (P) são frequentemente fatores limitantes ao crescimento vegetal, que dependem também da disponibilidade de carboidratos produzidos durante a fotossíntese e o acúmulo de macro e micronutrientes (MARTINOIA et al., 2007). Além destes, potássio (K), cálcio (Ca) e molibdênio (Mo) desempenham um papel fundamental no desenvolvimento e crescimento das plantas desde as fases iniciais da germinação (MARSCHNER; MARSCHNER, 2012).

Depois do carbono, o N é o elemento exigido em maiores quantidades pelas plantas (BAMBARA; NDAKIDEMI, 2010). Segundo Ayola (2010), leguminosas como a soja precisam de N mais do que qualquer outro nutriente. O N constitui cerca de 1 a 5% da matéria seca total e desempenha um papel central no metabolismo da planta, como constituinte das proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, fito-hormônios e metabólitos secundários. Além disso, o N é altamente necessário para todas as reações enzimáticas (TAIRO; NDAKIDEMI, 2013).

As principais fontes de N inorgânico absorvidas pelas raízes são na forma de nitrato (NO_3^-) e de amônio (NH_4^+). Na solução do solo, o nitrato geralmente está presente em concentrações mais elevadas (1-5 mM) que o amônio (20-200 μM) (OWEN; JONES, 2001). Além disso, possui maior mobilidade quando comparado ao amônio, estando, portanto, mais

disponível para as plantas (MILLER; CRAMER, 2004). O nitrato pode ser armazenado nos vacúolos das raízes e folhas a partir de onde pode ser recuperado (ROSSATO et al., 2001) quando a fonte externa de N é baixa (RICHARD-MOLARD et al., 2008). No entanto, esta reserva de N é na maioria dos casos muito pequena podendo ser esgotada dentro de 12 a 48 h (RICHARD-MOLARD et al., 2008). Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas causando redução do seu tamanho e consequentemente redução da produção econômica das sementes (MENGEL; KIRKBY, 1982). Dessa forma, os benefícios da adubação nitrogenada podem ir além do aumento da produtividade, possivelmente estando também associados à qualidade fisiológica das sementes (PRANDO et al., 2012). Na cultura da soja, em especial para sistemas de cultivo de alta tecnologia, há um grande requerimento de N, podendo chegar a 300 kg ha⁻¹, sendo que destes 84% serão alocados para as sementes em desenvolvimento durante o enchimento das vagens (HUNGRIA et al., 2001; LAMOND ;WESLEY, 2001). Na produção de sementes, o uso de adubação nitrogenada, ou seja, um aumento na disponibilidade de N provoca um incremento no teor de proteínas que, por sua vez, levam a um aumento no vigor.

O P é frequentemente, um dos macronutrientes limitantes para o crescimento das plantas e também requerido em quantidades relativamente grandes em leguminosas (OLIVERA et al., 2004), participando do metabolismo de gorduras, carbono, hidrogênio e oxigênio. Na fotossíntese e respiração, o P desempenha um papel importante no armazenamento e transferência de energia na forma de ADP e ATP (adenosina di e trifosfato) e uma falta de fosfato inorgânico no cloroplasto reduz a taxa fotossintética (UCHIDA, 2000). Além disso, o P está ligado a compostos como a uridina-trifosfato, citidina-trifosfato, guanosina-trifosfato entre outros que constituem fontes de energia aos processos metabólicos (MEURER et al., 1981).

Por ser constituinte dos ácidos nucléicos, responsáveis pela síntese de proteínas, dos fosfolipídios, importantes no controle da permeabilidade das membranas, dos glicerofosfatos e nucleotídeos, importantes nos sistemas de produção de energia da célula, o P é também essencial ao processo germinativo (POPINIGIS, 1985). Em sementes, o fitato é um importante componente das reservas de P que podem conter de 50 a 80% do P total ali armazenado e constitui, portanto, sua principal forma de armazenamento de P. Os fitatos representam 50% do P total nas sementes de leguminosas e de 60 a 70% do P total dos cereais (MARSCHNER; MARSCHNER, 2012). A maioria dos fitatos localiza-se na camada de aleurona nos cereais ou nos cotilédones das leguminosas. Suas principais funções fisiológicas são suprir o processo de germinação com inositol fosfato e minerais (LOTT et al., 2000; LEI;

STAHL, 2001) e controlar os níveis de fosfatos inorgânicos, tanto na semente na fase de maturação quanto na sua germinação (STROTHER, 1980). Ainda não foram identificadas espécies vegetais em cujas sementes este sal não esteja presente (LOTT et al., 2000). MARTÍNEZ et al. (1996) relataram evidências de correlações entre a facilidade de absorção de água, ativação das enzimas, diminuição do teor de fitato e velocidade de germinação de sementes.

O potássio é um elemento essencial para todos os organismos vivos, pois influencia o desempenho das culturas por seus efeitos sobre a absorção de água, crescimento das raízes, manutenção do turgor, transpiração e regulação estomática (KHURANA; SHARMA, 2000; SINGH; KATARIA, 2012). Além disso, está envolvido na ativação de uma grande variedade de sistemas enzimáticos que regulam a fotossíntese, respiração, absorção de N, e síntese de amido e proteínas (NGUYEN et al., 2002). Quando as plantas são deficientes em K, as proteínas não são sintetizadas apesar da abundância de N disponível. Para Marschner e Marschner (2012), o K pode ativar pelo menos 60 enzimas envolvidas no metabolismo vegetal, inclusive na germinação. Isso porque possui a capacidade de mudar a forma física da molécula expondo os sítios ativos e favorecendo a reação (BALL, 2008) além de neutralizar vários ânions orgânicos e outros compostos intercelulares, auxiliando na manutenção do pH entre 7 e 8, que é considerado ótimo para a maioria das reações enzimáticas (WAKEEL et al., 2011). As ATPases são ativadas pelo Mg^{2+} , e sua atividade é favorecida pelo K^+ , daí a importância desse elemento no metabolismo energético da planta. De um modo geral, tem-se estabelecido que o K tem um impacto sobre a absorção de outras espécies catiônicas e, portanto, pode afetar a produtividade e a qualidade de grãos produzidos (MENGEL et al., 2001).

Entre os nutrientes, o cálcio se caracteriza por possuir baixa mobilidade no floema e está presente em baixas concentrações na célula. Essas concentrações (0,1-1,0 mM) são essenciais para prevenir a precipitação de fósforo inorgânico, a concorrência com Mg^{2+} por sítios de ligação, e é um pré-requisito para que possa desempenhar a função de mensageiro secundário para iniciar reconstituição da membrana (SCHAPIRE et al., 2009) em respostas adaptativa para situações de estresses como baixa temperatura e anaerobiose (RUELLAND et al., 2009).

A maior parte das funções realizadas pelo Ca está associada à manutenção da estabilidade da membrana celular (SCHAPIRE et al., 2009), mas esse nutriente é essencial também porque interliga grupos fosfatos e carboxílicos de fosfolipídios e confere estabilidade as proteínas, sobretudo as periféricas (MARSCHNER, 1995). Consequentemente, o Ca é

essencial para a absorção seletiva de íons, bem como para evitar seu vazamento descontrolado. Além disso, auxilia o transporte intracelular e a comunicação intercelular por meio da corrente citoplasmática (HORST et al., 2010) e ativa enzimas como as fosfolipases, ATPases e α -amilase, participando assim do processo germinativo (SATTELMACHER et al., 1993).

O requerimento de Ca para um crescimento adequado em dicotiledôneas ocorre em maiores quantidades do que em monocotiledôneas. Essas diferenças nos níveis de exigência de Ca entre os genótipos estão intimamente relacionadas aos sítios de ligação de Ca nas paredes celulares, ou seja, devido a sua capacidade de troca de cátions (WHIT; BROADLEY, 2003). Burton et al. (2000) relatam que plantas de soja, quando crescem em condições que diminuem a concentração de Ca nas sementes, as mesmas são produzidas em baixa quantidade e qualidade, com germinação reduzida e incidência de distúrbios nas plântulas, assim como podridão aquosa do hipocótilo e epicótilo. Ainda em estudos realizados por BEVILAQUA et al. (2002), constataram que o cálcio aumentou a resistência do tegumento das sementes de soja a danos mecânicos, o que pode ser benéfico para a produção em condições de campo.

Dessa forma, fica claro que nas sementes, é necessário que o acúmulo de reservas seja feito adequadamente. Células que inicialmente sintetizavam amido insolúvel, proteínas, e lipídios, durante a formação da semente passam a hidrolisar estes compostos que serão translocados para os tecidos meristemáticos do embrião que gradualmente se desenvolve em uma plântula. Esta inversão da ativação e translocação envolvem desativação de enzimas e transformação dos drenos em fontes (MARENCO; LOPES, 2007). Segundo Borghetti (2004), a germinação é um processo dependente da absorção de água. Esse processo de hidratação é composto por três fases que sequenciam eventos metabólicos criando condições para o crescimento do embrião. A fase I é caracterizada pela rápida transferência de água do substrato para a semente, e tem duração de 8 a 16 horas. Nesse período, surgem os primeiros sinais da reativação do metabolismo, aumento acentuado da atividade respiratória e liberação de energia química (ATP) que será utilizada na conversão de reservas em protoplasma e paredes celulares durante a germinação, ativação de enzimas e síntese de proteínas a partir do RNA-m armazenado no final do processo de maturação. Em geral, a fase I é rápida devido ao baixo potencial matricial da semente seca, sendo um processo físico que depende somente da ligação da água à matriz da semente. Isso ocorre em qualquer material, morto ou vivo, que contém sítios de ligação ou de afinidade pela água (BORGHETTI, 2004).

A fase II, em espécies como a soja, pode ser de 8 a 10 vezes superior à duração da fase I, e se caracteriza por atividades constituintes do processo bioquímico preparatório, síntese “de novo” de enzimas (exauridos durante a fase I), digestão, translocação e assimilação das reservas, síntese de proteínas e síntese de mitocôndrias. As substâncias de reserva não podem ser transportadas de uma célula para outra e transferidos até os pontos de crescimento do embrião antes de serem simplificadas em substâncias solúveis e difusíveis. As enzimas desempenham papel essencial nesse processo atuando como condutoras de reações químicas a níveis baixos de energia, aumentando assim a proporção de moléculas no estado ativo e, conseqüentemente, o número de combinações químicas entre elas.

Por último, a fase III compreende a síntese do DNA e alongamento e divisão celular. Nessa fase inicia o crescimento do embrião identificado pela protrusão da raiz primária (COSTA, 2011). Esse crescimento se deve a redistribuição das reservas armazenadas anteriormente. O início das fases II e III não implica em paralisação das anteriores, de modo que a semente pode apresentar simultaneamente as três fases dependendo entre outros fatores da composição química dos tecidos de reserva.

Para Carvalho e Nakagawa (2000), a duração de cada fase depende de propriedades inerentes à semente, como a permeabilidade do tegumento e o tamanho da semente e, também, das condições durante a embebição. Os mesmos autores afirmam ainda que a germinação da semente é iniciada graças às reservas próprias do embrião e depois mantida com o consumo dos componentes dos tecidos de reserva, pela atividade enzimática e pelo fluxo dos componentes solúveis às regiões de crescimento onde há rápido consumo. Durante a fase inicial do processo de germinação das sementes, ocorre o reparo metabólico dos componentes celulares. As membranas se reorganizam, restabelecendo a permeabilidade seletiva e evitando a exsudação excessiva de eletrólitos (ADBUL-BAKI, 1980). Para Vertucci (1989), a eficiência de reorganização dos constituintes celulares depende da velocidade de hidratação, ou seja, da pressão osmótica da água ou da solução que umedece o substrato, do tempo de exposição ao ambiente úmido, da temperatura e das características intrínsecas da semente, tais como permeabilidade do tegumento, composição química, teor de água inicial e qualidade fisiológica.

Diante da grande importância dos nutrientes no metabolismo vegetal desde as fases iniciais da germinação, o uso de práticas como a suplementação de sementes com nutrientes tem aumentado substancialmente, cerca de 10% ao ano. Esse crescimento não vem apenas do aumento da área semeada, mas principalmente do aumento da taxa de utilização pelos produtores e disponibilidade de produtos comerciais. Entre as grandes vantagens desse

método estão a facilidade de aplicação e a obtenção de maior uniformidade de distribuição pelo fato de utilizar pequenas doses (SINGH et al., 2003; EVANGELISTA et al., 2010) tornando assim o fornecimento via tratamento de sementes uma forma eficaz de adubação (AVELAR et al., 2011) capaz de suprir deficiências nutricionais no início de desenvolvimento e contribuir para o bom estabelecimento das culturas mesmo sob condições ambientais desfavoráveis. Porém, são poucos os estudos sobre os efeitos da adição de nutrientes via tratamento de sementes sobre a qualidade fisiológica de sementes e na produtividade em soja.

Dessa forma, objetivou-se com esse estudo avaliar a influencia da composição química de sementes de soja e a eficiência da suplementação mineral via tratamento de sementes na qualidade fisiológica, desempenho inicial plântulas, metabolismo de enzimas relacionadas ao crescimento vegetal e desempenho em campo.

CAPÍTULO 1

SUPLEMENTAÇÃO MINERAL EM SEMENTES DE SOJA DE DIFERENTES TEORES NUTRICIONAIS

RESUMO- Dentre os fatores que são importantes para a produtividade na cultura da soja está o uso de sementes de alta qualidade que é influenciada pela composição química. Objetivou-se com esse estudo objetivou-se com esse estudo avaliar a influência da composição química de sementes de soja bem como eficiência da suplementação mineral via tratamento de sementes na qualidade fisiológica desempenho em campo. Os tratamentos utilizados foram sementes de três cultivares de soja, BMX Potência RR, BMX Turbo RR e BMX Mágnica RR, com lotes de alto e baixo teor nutricional mineral submetidas ou não a suplementação mineral com macro e micronutrientes. A qualidade fisiológica foi avaliada pelo teor de água, primeira contagem, germinação, massa de mil sementes, comprimento e massa seca de plântulas. O desempenho em campo foi avaliado pela emergência de plântulas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, altura da inserção da primeira vagem e total de plantas, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Sementes com maiores teores nutricionais originaram plântulas de maior vigor e a produtividade de grãos em todas as cultivares estudadas. A aplicação da suplementação mineral em lotes de baixo teor nutricional permitiu uma maior expressão do vigor em condições de laboratório.

Palavras - chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Fisiologia de Sementes. Qualidade fisiológica. Composição Química.

MINERAL SUPPLEMENTATION IN SOYBEAN SEEDS OF DIFFERENT NUTRITIONAL CONTENTS

ABSTRACT- Among the important factors for the productivity in the soybean crop is the use of high quality seeds, which is influenced by the chemical composition. This study aimed to evaluate the influence of different levels of mineral chemical composition of soy seeds as well as the mineral supplementation efficiency through seed treatment in physiological quality and field performance. The treatments applied were from three soybean cultivars BMX Potência RR, BMX Turbo RR and BMX Mágná RR, with high and low mineral nutritional content either submitted or not to mineral supplementation with macro and micronutrients. The physiological quality was assessed by the water content, first count, germination, one thousand seed mass, length and seedlings. The field performance was evaluated by the seedling emergency, number of pods by plant, number of grains by pod, height of the first pod and total amount of plants, one hundred grains mass and grain productivity. Seeds with high nutritional content originated increased seedling vigor and grain yield in all cultivars. The application of mineral supplementation in lots of low nutritional value allowed greater expression of force in laboratory conditions.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill. Seed physiology. Physiological quality. Chemical composition.

1.1 INTRODUÇÃO

A Soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal leguminosa fornecedora de matéria prima para a produção de mais da metade dos óleos vegetais e cerca de dois terços da proteína consumida no mundo (DIVITO et al., 2015). Nesse sentido, faz se necessária utilização de altos níveis tecnológicos associados a técnicas de manejo que garantam um estabelecimento satisfatório e contribuam para o aumento da produtividade (SPIERTZ; EWERT, 2009) a fim de satisfazer a alta demanda pelo grão. Cabe ressaltar entre eles o uso de sementes de elevada qualidade (PRANDO et al., 2012) aliadas a demais práticas de manejo que devem melhorar o desempenho da cultura no campo (MACEDO et al., 2013).

A qualidade fisiológica das sementes depende, entre outros fatores, da assimilação de quantidade suficiente de nutrientes (MARCOS FILHO, 2015), devido ao fato de estarem envolvidos nos processos fundamentais da célula (ZAMBIAZZI et al., 2014). O nitrogênio é o principal constituinte das proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, fito-hormônios e metabólitos secundários (TAIRO; NDAKIDEMI, 2013) desempenhando funções específicas no metabolismo de plantas e sementes. O fósforo atua no armazenamento e transferência de energia na forma de ADP e ATP (adenosina di- e trifosfato) importantes para fotossíntese e respiração (UCHIDA, 2000). O potássio é essencial para a absorção de água, crescimento das raízes, manutenção do turgor, transpiração e regulação estomática (SINGH; KATARIA, 2012), Já o cálcio está associado à manutenção da estabilidade da membrana celular (SCHAPIRE et al., 2009) e molibdênio, atua como um co-factor nas enzimas nitrogenase e nitrato redutase (LANA, 2009).

De modo geral, quanto maior o teor de reservas nas sementes, maior será o vigor das plântulas originadas (HENNING et al., 2010), uma vez que a germinação é iniciada em função das reservas próprias do embrião (CARVALHO; NAKAGUAWA, 2000) e o desenvolvimento da plântula é mantido com o consumo dos componentes dos tecidos de reserva, atividade enzimática e fluxo dos componentes solúveis às regiões de crescimento até que a mesma se torne capaz de realizar a fotossíntese e assuma vida autotrófica (BEWLEY et al., 2013) e (MARCOS FILHO, 2015). Dessa forma, tanto macro quanto micronutrientes são fundamentais para o desenvolvimento das plantas desde as fases iniciais da germinação e produtividade das culturas.

A influência da composição química mineral no desempenho de sementes de soja tem sido foco de diversos estudos pelo fato de que a qualidade de sementes é determinada pelo seu conteúdo de proteínas e minerais (BELLALLOUI et al., 2010), dessa forma, ao se avaliar a qualidade fisiológica de em função da fertilização com fósforo, cobalto e molibdênio conclui-

se que ementas com maiores teores de P disponibilizam maior energia inicial para as atividades metabólicas da plântula (GUERRA et al., 2006) conseqüentemente maior vigor para as sementes (GRANT et al., 2001). Porém, Batistella Filho et al. (2013) ao avaliarem os efeitos da adubação fosfatada sobre a qualidade das sementes produzidas, observaram que apesar de ter aumentado a concentração de P nos tecidos, o mesmo não afetou a qualidade fisiológica das sementes produzidas, avaliada pelos testes de germinação e de vigor. Ainda ao se avaliar a influência do K e da calagem na composição química e qualidade fisiológica observou-se que a adubação potássica não afeta a germinação e o vigor das sementes, porém, à medida que aumenta a dose K_2O , ocorre um aumento no teor de óleo e redução no teor de proteína das mesmas (VEIGA et al., 2010).

A suplementação nutricional de sementes tem aumentado substancialmente por se tratar de um método que apresenta entre as grandes vantagens a facilidade de aplicação e a obtenção de maior uniformidade de distribuição pelo fato de utilizar pequenas doses (SINGH et al., 2003) e (EVANGELISTA et al., 2010) tornando assim o fornecimento via tratamento de sementes uma forma eficaz de adubação (Avelar et al., 2011) capaz de suprir deficiências nutricionais da plântula no início de desenvolvimento e contribuir para o bom estabelecimento das culturas mesmo sob condições ambientais desfavoráveis. Para Tavares et al. (2013) a aplicação de nutrientes a sementes está entre os tratamentos promissores para a melhoria do desempenho das mesmas. Porém, são poucos os estudos sobre os efeitos dos nutrientes na produtividade e sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja (GOLO et al., 2009) e existem resultados experimentais mostrando grande variabilidade de resposta à sua aplicação (CERETTA et al., 2005).

Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar a influência da composição química de sementes de soja bem como eficiência da suplementação mineral via tratamento de sementes na qualidade fisiológica desempenho em campo.

1.2 MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi realizado no Instituto Brasileiro de Análises - IBRA localizado em Sumaré – SP, onde foram feitas as determinações da composição química das sementes, no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes e na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria onde se avaliou a qualidade fisiológica e desempenho das sementes em campo por meio dos componentes de produtividade e produtividade de grãos. Para os estudos de laboratório os tratamentos foram dispostos em um fatorial 3x2x2

(cultivares x lotes x tratamento de sementes) no delineamento inteiramente ao acaso com quatro repetições, já para os estudos de campo o delineamento utilizado foi blocos ao acaso e a unidade experimental foi composta por 7 m x 2,25 m, totalizando 15,75 m². Foram utilizadas sementes de três cultivares de soja BMX Potência RR, BMX Turbo RR soja BMX Magna RR sendo diferenciadas em dois lotes de acordo com teor de nutrientes provenientes dos anos agrícolas 2012/13 e 2013/14. Nesse estudo foram consideradas para esta classificação as concentrações de N, P, K e Ca. O teor de água das sementes estava próximo a 12% e a massa de 1000 sementes apresentou valores entre 148,37 e 157,12 gramas.

No ano de 2013 a seleção dos lotes de diferentes teores nutricionais foi realizada a partir da análise de resultados da composição química de 178 amostras de sementes realizadas no IBRA, onde após se obter os valores médios do teor de cada nutriente em estudo foram escolhidos para cada cultivar um lote com valores acima e outro com valores abaixo da média. No ano de 2014 selecionou-se lotes a partir dos resultados obtidos de 78 amostras buscando-se as mesmas cultivares utilizadas em 2013. A descrição da composição química dos lotes selecionados está na tabela 1.

Tabela 1- Composição química para os lotes de sementes das cultivares de soja obtidas em dois anos agrícolas. Santa Maria, 2015.

SEMENTES OBTIDAS EM 2013					
Cultivar	Lote	N	P	K	Ca
		-----g kg ⁻¹ -----			
BMX Potência	Baixo TN	55,49	2,99	13,25	1,25
	Alto TN	77,00	4,92	16,75	2,00
BMX Turbo	Baixo TN	57,69	1,34	9,25	2,25
	Alto TN	72,18	2,39	12,50	2,01
BMX Magna	Baixo TN	54,39	3,66	16,25	3,00
	Alto TN	73,86	4,91	18,00	3,50
SEMENTES OBTIDAS EM 2014					
BMX Potência	Baixo TN	70,30	3,84	11,75	2,00
	Alto TN	81,70	4,07	17,25	2,25
BMX Turbo	Baixo TN	59,81	2,24	11,75	2,05
	Alto TN	70,07	3,63	16,00	2,75
BMX Magna	Baixo TN	56,31	3,09	15,75	2,25
	Alto TN	58,31	3,19	16,05	2,35

TN= Teor nutricional

Os tratamentos de sementes para os dois lotes de cada cultivar consistiram em: 1) Testemunha sem tratamento; 2) Tratamento com suplementação mineral. Foi utilizado fertilizante com a seguinte composição: nitrogênio (N): 48 g L⁻¹, fósforo (P₂O₅): 80 g L⁻¹, potássio (K₂O): 16 g L⁻¹, cálcio (Ca): 16 g L⁻¹, magnésio (Mg): 8 g L⁻¹, cobalto (Co): 3,2 g L⁻¹, cobre (Cu): 8 g L⁻¹, manganês (Mn): 32 g L⁻¹, Molibdênio (Mo): 160 g L⁻¹, níquel (Ni): 1,6 g L⁻¹, zinco (Zn): 16 g L⁻¹ na dose 200 mL 100 kg⁻¹ de semente.

O tratamento das sementes foi realizado em embalagens plásticas com capacidade para três litros, utilizando-se 500 gramas de sementes por embalagem. O volume de calda utilizado foi de 600 mL 100 kg⁻¹ de semente sendo este completado com água destilada.

Avaliação da qualidade fisiológica das sementes em laboratório

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada por meio do teor de água, massa de mil sementes, primeira contagem do teste de primeira contagem da germinação e germinação conforme Regras para Análise de Sementes-RAS (Brasil, 2009), comprimento de plântulas e massa seca de plântulas conforme Nakagawa (1999).

Avaliação do desempenho das sementes em campo

Para a avaliação do desempenho das sementes em campo foram conduzidos quatro experimentos. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro (EMBRAPA, 2013). A análise química indica que o solo possui como características: pH (água, 1:1) = 5,1; matéria orgânica (% m/v) = 2,2; fósforo, P-Mehlich (mg dm^{-3}) = 17,3; potássio (mg dm^{-3}) = 84,0; H + Al ($\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$) = 7,9; CTC (pH 7, $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$) = 14,7; saturação de bases (%) = 47,8 para a semeadura em 2013 e pH (água, 1:1) = 5,2; matéria orgânica (% m/v) = 2,4; fósforo, P-Mehlich (mg dm^{-3}) = 12,6; potássio (mg dm^{-3}) = 108,0; H + Al ($\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$) = 4,4; CTC (pH 7, $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$) = 13,7; saturação de bases (%) = 67,5 para a semeadura em 2014 (ANEXO B).

A semeadura foi realizada sobre palhada de trigo, com semeadora adubadora, nos dias 15 de outubro e 18 de novembro no ano agrícola 2013/14 e 28 de outubro e 15 de dezembro no ano agrícola 2014/15. A densidade de semeadura foi de 13 sementes viáveis por metro linear com espaçamento entre fileiras de 0,45 m. Fertilizantes minerais foram misturados e dispostos no sulco de semeadura na dose de 150 kg ha^{-1} de superfosfato triplo (TSP, 46% de P_2O_5) + 150 kg ha^{-1} de cloreto de potássio (KCl, 60% de K_2O). Os manejos fitossanitários foram realizados sempre que houvesse incidência de pragas (plantas daninhas, insetos e doenças), utilizando produtos registrados e recomendados para a cultura (EMBRAPA, 2014). Para a avaliação do desempenho inicial das sementes em campo foi realizada a contagem direta plântulas emergidas 15 dias após a semeadura em 3 metros lineares nas três fileiras centrais de cada parcela e os resultados expressos em plantas m^{-1} . Para a avaliação do crescimento de plantas e dos componentes da produtividade foram utilizadas cinco plantas em R8 (maturação plena de 95% das vagens) e aferidas às alturas de inserção da primeira vagem e a altura total de plantas em centímetros. Foram contados o número de vagens por planta e posteriormente selecionadas vagens de um, dois e três grãos para estimativa do número de grãos por vagem. A colheita foi realizada com o auxílio de uma moto segadeira sendo colhidos cinco metros das três fileiras centrais da parcela ($6,75 \text{ m}^2$), logo após procedeu-se a trilha e limpeza para a aferição e correção da umidade dos grãos para 13%. Foram determinados a massa de cem grãos em gramas e a produtividade final de grãos.

Na análise estatística dos dados as variáveis que possuíram significância pelo teste F (Anova), as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott, 5% de probabilidade de erro. O programa utilizado para as análises dos dados foi o software Sisvar® (Ferreira, 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química das sementes utilizadas nos experimentos (Tabela 1) são similares aos valores médios descritos na literatura, sendo aproximadamente para nitrogênio, cálcio, fósforo e potássio 62,72; 2,3; 5,8 e 19 g kg⁻¹ respectivamente, já para molibdênio os valores médios são de 2,63 mg g⁻¹ (MAPA, 2014; OZCAN; JUHAIMI, 2014).

Pelo resumo do quadro da análise de variância para a qualidade fisiológica em laboratório (Tabela 2) observou-se que para as sementes obtidas na safra de 2013 a interação tripla (cultivares/lotos/tratamentos de sementes) apresentou efeito significativo para o comprimento de raiz, total e massa seca de plântulas, assim como interação entre as cultivares e lotes. Além disso, a interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes apresentou efeito significativo para as variáveis comprimento de parte aérea (CPA), raiz, total e massa seca de plântulas enquanto que para a interação entre os lotes e os tratamentos de sementes houve efeito significativo apenas para comprimento de raiz, total e massa seca de plântulas. Também houve efeito de cultivares para as todas as variáveis analisadas, efeito de tratamento de sementes para germinação, comprimento de parte aérea, raiz, total e massa seca de plântula e houve efeito de lotes apenas para massa seca de plântulas. Para as sementes obtidas na safra de 2014 (Tabela 2) a interação tripla (cultivares/lotes/tratamentos de sementes) apresentou efeito significativo somente para massa seca de plântulas. A interação entre os lotes e os tratamentos de sementes foi significativa para comprimento de parte aérea, total e massa seca. A interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes apresentou efeito significativo para as variáveis comprimento de parte aérea e massa seca enquanto que para a interação entre as cultivares e os lotes houve efeito significativo apenas para comprimento de parte aérea, raiz, total e massa seca. Também houve efeito de tratamentos de sementes para as todas as variáveis analisadas, efeito de lotes para primeira contagem da germinação, comprimento de parte aérea, raiz, total e massa seca e houve efeito de cultivares para comprimento de parte aérea, raiz, total e massa seca.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para primeira contagem (PC), germinação (G) (%), comprimento de parte aérea (CPA) (cm), raiz (CR) (cm) e total (CTO) (cm) e massa seca de plântulas (MS) (g) em sementes de três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes obtidas nas safras de 2012/13 e 2013/14. UFSM, Santa Maria, 2015.

Sementes safra 2012/13							
FV	GL	PC	G	CPA	CR	CTO	MS
Cultivar (A)	2	162,75*	217,58*	36,27*	40,03*	137,53*	0,1468*
Lote (B)	1	8,33	0,083	2,08	5,07	0,500	0,3816*
TS (C)	1	65,33	126,75*	36,75*	17,76*	110,11*	0,3224*
A x B	2	46,58	39,58	0,14	63,71*	73,19*	0,1183*
A x C	2	116,08	72,75	3,06*	6,75*	19,16*	0,0814*
B x C	1	21,33	30,08	1,33	29,45*	38,341*	0,2694*
A x B x C	2	77,58	44,08	1,02	16,18*	15,88*	0,0768*
CV(%)		7,87	5,84	7,38	6,63	4,36	3,59
Média(%)		81,25	85,95	12,66	17,92	30,55	1,779
Sementes safra 2013/14							
FV	GL	PC	G	CPA	CR	CTO	MS
Cultivar (A)	2	26,33	4,64	4,48*	86,17*	129,72*	0,33*
Lote (B)	1	114,08*	25,52	32,95*	64,31*	189,32*	0,40*
TS (C)	1	243,00*	105,02*	54,16*	16,59*	130,71*	0,69*
A x B	2	26,16	5,14	5,99*	38,61*	63,74*	0,08*
A x C	2	13,50	29,52	9,10*	3,07	2,38	0,00*
B x C	1	36,75	54,18	10,82*	0,36	15,17*	0,44*
A x B x C	2	29,25	15,43	1,40	0,19	2,63	0,07*
CV(%)		5,10	3,64	4,92	7,43	4,63	3,17
Média(%)		81,66	90,77	15,80	18,80	34,60	1,769

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. CV= Coeficiente de variação

Pelo resumo do quadro da análise de variância para o desempenho das sementes em campo (Tabela 3) na safra de 2013/4 com semeadura em 15/10/2013 a interação tripla (cultivares/lotos/tratamentos de sementes) não apresentou efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas. A interação entre os lotes e os tratamentos de sementes foi significativa apenas para o número de grãos por vagem, assim como a interação entre as cultivares e os lotes houve efeito significativo apenas número de vagens por planta, enquanto

que a interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes apresentou efeito significativo para as variáveis número de grãos por vagem e altura total de plantas. Também houve efeito de tratamentos de sementes para altura total de plantas e produtividade de grãos, efeito de lotes para massa de cem grãos e produtividade de grãos e houve efeito de cultivares para todas as variáveis analisadas. Para o desempenho das sementes em campo na safra 2013/14 com semeadura em 18/11/2013 (Tabela 3) a interação tripla (cultivares/lotos/tratamentos de sementes), assim como a interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes e o efeito de tratamentos de sementes apresentou foi significativo apenas para número de grãos por vagem, enquanto que a interação entre as cultivares e os lotes não apresentou efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas. Houve efeito de lotes para número de grãos por vagem, número de vagem por planta e produtividade de grãos, bem como, houve efeito de cultivares para número de grãos por vagem, altura de inserção da primeira vagem e altura total de plantas.

Tabela 3- Resumo da análise de variância para emergência de plântulas (EM, plantas m⁻¹), número de grãos por vagem (NGV, vagem⁻¹), número de vagens por planta (NVP, planta⁻¹); altura de inserção da primeira vagem (AIPV, cm); altura total de planta (ATP, cm); massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, Kg ha⁻¹); para três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.

Semeadura 15/10/2013								
FV	GL	EM	NGV	NVP	AIPV	ATP	MCG	PG
Bloco	3	4,31	0,01	186,56	3,40	44,61	0,25	40148,34
Cultivar(A)	2	4,86	0,15*	874,93*	155,08*	1197,89*	10,05*	837243,34*
Lote (B)	1	8,59	0,00	266,52	3,52	24,08	4,50*	159423,52*
TS (C)	1	3,48	0,04	238,52	221,02	660,08*	0,22	1298806,46*
A x B	2	6,14	0,00	412,02*	17,14	5,14	1,91	172777,27
A x C	2	6,00	0,02*	88,27	74,52	80,77*	0,22	5381,84
B x C	2	0,18	0,04*	118,02	72,52	21,33	0,38	148935,11
A x B x C	1	2,88	0,01	184,77	0,64	47,02	110	97158,30
CV(%)		22,22	3,72	14,87	20,91	3,95	4,98	7,86
Média(%)		9,03	2,31	69,93	23,27	119,33	16,89	3332,69
Semeadura 18/11/2013								
FV	GL	EM	NGV	NVP	AIPV	ATP	MCG	PG
Bloco	3	4,33	0,002	16,46	12,40	45,13	0,54	15408,49
Cultivar(A)	2	12,45	0,292*	98,58	254,77*	1383,81*	1,99	257663,08*
Lote (B)	1	8,62	0,075*	526,68*	0,02	52,08	2,90	1092015,23*
TS (C)	1	3,50	0,070*	77,52	1,02	21,33	2,25	11393,53
A x B	2	6,14	0,014	37,00	10,39	11,39	1,57	64678,16
A x C	2	6,04	0,06*	42,58	3,39	1,52	0,17	91328,1366
B x C	2	0,18	2,77	72,52	99,18	3,00	1,85	31915,64
A x B x C	1	2,90	0,04*	51,00	9,43	27,43	0,32	33866,77
CV(%)		24,08	4,02	16,63	21,82	4,26	6,24	7,44
Média(%)		8,33	2,37	47,22	22,39	106,12	15,85	3078,59

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. CV= Coeficiente de variação

Para o desempenho em campo na safra 2014/15 com semeadura em 28/10/2014, pelo quadro da análise (Tabela 4) de variância observa-se que a interação tripla, do mesmo modo que a interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes foi significativa apenas para altura total de plantas. A interação entre os lotes e os tratamentos de sementes foi significativa

para somente número de vagens por planta enquanto que a interação entre as cultivares e os lotes foi significativa para número de grãos por vagens e altura de inserção da primeira vagem. Houve efeito de tratamento de sementes para número de grãos por vagem e número de vagens por planta, de lotes para produtividade de grãos e efeito de cultivares para todas as variáveis analisadas. Para a semeadura realizada em 15/12/2015 (Tabela 4), a interação tripa foi significativa somente para altura de inserção da primeira vagem, a interação entre lotes e tratamento de sementes assim como o efeito dos tratamentos de sementes teve efeito significativo somente para massa de cem grãos. A interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes não apresentou efeito significativo para nenhuma das variáveis. A interação entre as cultivares e os lotes de sementes apresentou efeito significativo apenas para número de grãos por vagem. Houve efeito de lotes para número de grãos por vagem, número de vagens por planta e produtividade de grãos, bem como, houve efeito de cultivares para todas as variáveis exceto para altura total de plantas.

Tabela 4- Resumo da análise de variância para emergência de plântulas (EM, plantas m⁻¹), número de grãos por vagem (NGV, vagem⁻¹), número de vagens por planta (NVP, planta⁻¹); altura de inserção da primeira vagem (AIPV, cm); altura total de planta (ATP, cm); massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, Kg ha⁻¹); para três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.

Semeadura 28/10/2014								
FV	GL	EM	NGV	NVP	AIPV	ATP	MCG	PG
Bloco	3	4,31	0,00	21,50	2,13	86,36	0,17	526070,99
Cultivar (A)	2	11,57	0,28*	170,08*	102,08*	2267,52*	54,70*	529034,38*
Lote (B)	1	8,59	0,12	70,08	18,75	27,00	0,09	496100,80*
TS (C)	1	3,47	0,04*	901,33*	0,75	0,08	0,10	652069,27*
A x B	2	6,12	0,01*	12,33	32,25*	18,18	0,15	20294,23
A x C	2	6,02	0,00	105,58	25,75	66,89*	0,08	26046,02
B x C	2	0,17	0,01	184,08*	0,75	72085	2,17*	69351,52
A x B x C	1	2,91	0,00	100,08	0,25	104,31*	0,01	12875,91
CV(%)		20,07	2,79	10,64	11,21	3,96	2,93	6,90
Média(%)		10,00	2,27	57,83	23,79	110,20	14,42	3340,77
Semeadura 15/12/2014								
FV	GL	EM	NGV	NVP	AIPV	ATP	MCG	PG
Bloco	3	4,29	0,01	27,40	5,46	395,87	0,12	286909,96
Cultivar (A)	2	3,13	0,29*	213,14*	173,52*	784,20	19,45*	579170,09*
Lote (B)	1	8,62	0,37*	414,18*	17,52	387,88	0,50	797660,01*
TS (C)	1	3,50	0,00	238,52	1,02	598,19	1,62*	349941,54
A x B	2	6,11	0,19*	88,56	3,64	281,33	0,07	67957,70
A x C	2	5,99	0,00	15,77	31,77	806,06	0,11	104,51
B x C	2	0,19	0,00	67,68	42,18	416,83	1,05*	367350,21
A x B x C	1	2,88	0,00	4,68	61,31*	185,22	0,28	221609,17
CV(%)		20,41	4,66	15,14	19,35	15,08	3,17	10,42
Média(%)		9,83	2,38	51,60	16,89	145,32	15,07	3307,33

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. CV= Coeficiente de variação

A partir dos resultados da qualidade fisiológica das sementes (Tabela 5) observou-se no teste de comparação de médias entre as cultivares e os tratamentos de sementes que, nas sementes obtidas em 2013, houve um incremento médio em torno de 4% na porcentagem germinação independente da cultivar quando as mesmas foram submetidas a aplicação de nutrientes, comportamento também foi observado para o comprimento de parte aérea onde em

2013 para duas das cultivares (BMX Turbo e BMX Mágna) e em 2014 para todas as cultivares estudadas observou-se um aumento médio de 2 centímetros em relação a testemunha. A mesma tendência de resposta ao tratamento de sementes pode ser observada na tabela 7, onde na comparação de médias entre os lotes e os tratamentos de sementes verificaram-se incrementos nas variáveis de primeira contagem da germinação, germinação e comprimento de parte aérea, raiz e total de plântulas especialmente para os lotes de menor teor nutricional. Semelhante ao observado neste trabalho, e evidenciando a importância da disponibilidade de nutrientes desde as fases iniciais de desenvolvimento das plântulas, em sementes submetidas à aplicação de nutrientes houve um maior crescimento quando se avaliou a emergência, índice de velocidade de emergência e desenvolvimento de plântulas em casa de vegetação (BINSFELD et al., 2014) ainda o fornecimento de nutrientes, P e K, por meio do *priming* de sementes proporcionou incrementos na porcentagem de germinação e emergência de plântulas (SHAH et al., 2012; TUNCTURK et al., 2011) devido a rápida disponibilidade de nutrientes para as mesmas (AJOURI et al., 2004). Tais incrementos podem ser determinantes para a sobrevivência das plântulas em campo, uma vez após o surgimento da radícula segue o período que caracteriza o crescimento pós-germinativo o qual termina quando a plântula assume uma condição autotrófica (GLEVAREC et al., 2004), o que ocorre após a emergência e estas passam a produzir fotoassimilados que são fonte de energia para o surgimento de novas estruturas. Estes resultados ressaltam que a aplicação de macro e micronutrientes não apresenta efeito fitotóxico sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Tabela 5- Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes de três cultivares de soja, submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.

Sementes obtidas em 2013				
TS	BMX Potência	BMX Turbo	BMX Mágna	Média
----- Primeira Contagem (%) -----				
Sem TS	82	79	79	80,83
Com TS	85	76	86	81,66
Média	83,62a	77,62b	82,50a	
----- Germinação (%) -----				
Sem TS	89	81	82	84,13b
Com TS	90	84	90	87,98a
Média	89,62a	82,25b	86,00a	
----- Comprimento de Parte Aérea (cm) -----				
Sem TS	13,50a	10,75b	13,37b	11,79
Com TS	13,25a	11,12a	14,00a	13,54
Média	13,37	10,93	13,68	
Sementes obtidas em 2014				
----- Comprimento de Parte Aérea (cm) -----				
Sem TS	14,34b	15,16b	14,70b	14,74
Com TS	18,19a	16,65a	15,74a	16,86
Média	16,28	15,91	15,22	

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna e dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, $p < 0,05$.

Ainda ao observar a Tabela 5 constata-se que para as sementes de 2013 as variáveis primeira contagem da germinação e germinação a cultivar BMX Turbo apresenta as menores médias, tendência está que segue nos resultados apresentados na Tabela 3 para comprimento de raiz, total e massa seca, evidenciando um menor nível de qualidade fisiológica independente do lote e tratamento de sementes. A qualidade das sementes de soja é também determinada pelo conteúdo de minerais (Bellaloui, 2010), nesse sentido, ao se analisar os valores dos teores nutricionais das sementes (Tabela 1) percebe-se que esta cultivar possui as menores concentrações dos elementos fósforo (P) e potássio (K) quando comparada as cultivares BMX Potência e BMX Mágna, mesmo para o lote de alto teor nutricional. Também para as sementes do ano de 2014, observando-se os valores médios das variáveis massa seca

(Tabela 6) e comprimento de parte aérea, raiz e total (Tabela 8) da cultivar BMX Potência verifica-se que a mesma possui um desenvolvimento inicial superior quando comparado com as demais. Da mesma forma, os teores nutricionais desta na tabela 01 percebe-se que possui as maiores concentrações de N e P. Estes desempenham função fundamental no processo de germinação uma vez que aceleradas taxas de remobilização de nutrientes são necessárias para fornecer N, P e K para formação de novos tecidos em desenvolvimento. A mobilização de reservas de N, por ser constituinte principal de aminoácidos e proteínas, serve como fonte de energia e nutrientes para suprir a expansão de novos tecidos, controlando, dessa forma o processo germinativo e o desenvolvimento de plântulas (GALLARDO et al., 2002; GLEVAREC et al., 2004), o P desempenha importante papel como constituinte de compostos armazenadores de energia como o ATP, dentro desse contexto, correlações positivas foram encontradas entre o percentual de germinação e vigor e as concentrações de P nas sementes (SEYYEDI et al., 2015). O suprimento adequado de K por sua vez é importante para a viabilidade das sementes, atuando diretamente na digestão enzimática das reservas seguida da mobilização e transporte das mesmas. Assim, a qualidade de sementes de soja tem sido limitada pela deficiência de K (ABBASI et al., 2012) pois a atividade de enzimas, dentre elas, a piruvato quinase é afetada pela sua concentração (VEIGA et al., 2010).

Tabela 6- Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes de dois lotes de diferente teor nutricional de três cultivares de soja obtidas nos anos de 2013 e 2014 submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.

Sementes obtidas em 2013						
TS	BMX Potência		BMX Turbo		BMX Mágnã	
	Lotes					
	BaixoTN	Alto TN	BaixoTN	Alto TN	BaixoTN	Alto TN
-----Comprimento de Raiz (cm)-----						
Sem TS	$\beta^1 17,85b^2$	$\alpha 19,75a$	$\beta 10,92b$	$\alpha 19,27a$	$\alpha 19,85a$	$\alpha 16,25a$
Com TS	$\alpha 20,95a$	$\alpha 19,37a$	$\alpha 16,85a$	$\alpha 18,22a$	$\alpha 19,17a$	$\alpha 16,62a$
----- Comprimento Total (cm) -----						
Sem TS	$\alpha 30,70b$	$\alpha 31,80a$	$\beta 20,32b$	$\alpha 28,97a$	$\alpha 33,10a$	$\beta 29,32a$
Com TS	$\alpha 35,12a$	$\alpha 33,60a$	$\alpha 29,47a$	$\alpha 30,17a$	$\alpha 33,97a$	$\alpha 30,05a$
----- Massa Seca de plântulas (g)-----						
Sem TS	$\beta 1,299b$	$\alpha 1,942a$	$\beta 1,466b$	$\alpha 1,728a$	$\alpha 1,834a$	$\alpha 1,862a$
Com TS	$\alpha 1,901a$	$\alpha 1,988a$	$\alpha 1,753a$	$\alpha 1,780a$	$\alpha 1,887a$	$\alpha 1,910a$
Sementes obtidas em 2014						
----- Massa seca de Plântulas-----						
Sem TS	$\beta 1,567b^2$	$\alpha 2,062a$	$\beta 1,348b$	$\alpha 1,934a$	$\alpha 1,466b$	$\alpha 1,516b$
Com TS	$\alpha 2,000 a$	$\alpha 2,000a$	$\alpha 1,926a$	$\alpha 1,918a$	$\alpha 1,753a$	$\alpha 1,738a$

¹Médias antecedidas por letras gregas na linha diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam os lotes dentro dos tratamento de sementes e de cada cultivar pelo teste Scott-Knott, $p>0,05$.²Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o tratamento de sementes dentro dos lotes e de cada cultivar pelo teste Scott-Knott, $p>0,05$.

Também, a partir dos resultados apresentados na tabela 8 observou-se que os lotes de alto teor nutricional, apresentaram maiores desempenhos para comprimento de parte aérea, raiz e total quando comparados com os de menor teor, o que demonstra a ocorrência de uma maior velocidade na mobilização das reservas em sementes mais vigorosas, exceto para a cultivar BMX Mágnã, a qual, no ano de 2014, possuía em sua constituição diferenças mínimas na concentração de nutrientes entre os lotes. Além disso, pode-se observar que essas diferenças entre os lotes ocorreu de forma mais acentuada no comprimento de raízes evidenciando que as reservas nutricionais das sementes estão sendo remobilizadas inicialmente para o crescimento e desenvolvimento da raiz primária. Em soja, verificou-se que as sementes mais vigorosas produziram maior comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas (VANZOLINI; CARVALHO, 2002). Este processo tem início ainda durante a fase

II da germinação onde ocorre a translocação de reservas digeridas para o eixo embrionário quando ainda não há translocação de fotoassimilados para o crescimento do sistema radicular. Em sementes de leguminosas como a soja, a germinação é acompanhada por decréscimos nos teores de matéria seca dos cotilédones e acréscimos no eixo conforme foi verificado por (OOTTA et al., 1953). Essas relações evidenciam a mobilização dos compostos de reserva dos cotilédones (fonte) e sua translocação para outros órgãos (dreno), à medida que a redução na massa seca cotiledonar reflete o aumento na produção de biomassa de parte aérea e raiz da nova plântula (HENNING et al., 2010).

Ao avaliar-se o comportamento dos lotes de sementes dentro de cada uma das cultivares com e sem suplementação mineral (Tabela 6) observa-se que para as sementes do ano de 2013, os comprimentos de raiz e total e massa seca de plântulas para as cultivares BMX Turbo e BMX Potência os lotes de alto teor nutricional apresentam melhores desempenhos quando comparados aos de baixo teor, o mesmo foi observado para as sementes de 2014 para a massa seca de plântulas, porém, quando submetidos ao tratamento de sementes essas diferenças não são observadas evidenciando que os lotes de baixo teor nutricional são mais responsivos ao suprimento de nutrientes, e que a resposta ao tratamento de sementes varia de acordo com a composição nutricional de cada lote, corroborando com estes resultados, efeito positivo para a germinação e primeira contagem em lotes de menor desempenho submetidos ao tratamento de sementes com complexo de nutrientes (BINSFELD et al., 2014) uma vez que em condições limitantes, o aumento da disponibilidade de nutrientes durante o período de crescimento pode promover a germinação, desenvolvimento de plântulas além da qualidade e rendimento de sementes (SAWAN et al., 2011).

Tabela 7- Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes de soja de lotes de diferentes teores nutricionais obtidas no ano de 2014 submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2015.

TS	Lotes		Média
	Baixo TN	Alto TN	
----- Primeira Contagem (%) -----			
Sem TS	76	81	78,91b
Com TS	82	84	83,41a
Média	79,60b	82,70a	
----- Germinação (%) -----			
Sem TS	87b	91a	89,29
Com TS	92a	92a	92,25
Média	90,04	91,50	
----- Comprimento de Parte Aérea (cm) -----			
Sem TS	13,43b	16,04b	14,74
Com TS	16,51a	17,21a	16,86
Média	14,97	16,63	
----- Comprimento de raiz (cm) -----			
Sem TS	16,96	19,45	18,21b
Com TS	18,31	20,45	19,38a
Média	17,64b	19,95a	
----- Comprimento Total (cm) -----			
Sem TS	30,40b	35,50b	32,95
Com TS	34,83a	37,67a	36,25
Média	32,61	36,58	

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna e dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, $p < 0,05$.

Com relação ao comportamento da suplementação mineral de sementes nos diferentes lotes dentro das cultivares para as variáveis comprimento de raiz, total e massa seca de plântulas (Tabela 6) constatou-se que para as cultivares BMX Potência – RR e BMX Turbo em ambos os anos os lotes que possuem menores teores nutricionais foram responsivos a aplicação de nutrientes. Isso porque a composição química e a disponibilidade de nutrientes podem influenciar o metabolismo e vigor das sementes já que os mesmos desempenham funções específicas, as quais podem ser prejudicadas se as plantas e as sementes forem

supridas de forma insuficiente (MARENCO; LOPES, 2007). Além disso, ao observarem-se os níveis de minerais entre as cultivares estudadas (Tabela 1) observou-se que as concentrações de nutrientes do lote de baixo teor nutricional da cultivar BMX Mágnã, para as sementes do ano de 2013, apresentou valores superiores aos encontrados nos lotes de alto teor nutricional para as cultivares BMX Turbo e BMX Potência, exceto para nitrogênio, justificando assim o desempenho similar dos lotes nesta cultivar quando submetidos a aplicação de nutrientes, já para as sementes do ano de 2014, a BMX Magna apresentou respostas a adição do complexo de nutrientes por possuir uma menor constituição nutricional a do ano anterior. Para Hampton (1973), diferenças no nível de qualidade fisiológica associadas com as características das sementes são geralmente atribuídas à composição química, principalmente com relação à quantidade de reservas ou a deficiência no metabolismo e estes níveis de minerais encontrados em sementes varia de acordo com a espécie, a cultivar (BITYUTSKII et al., 2002; SANGRONIS; MACHADO, 2007), e as condições ambientais sob as quais as sementes se desenvolveram (GREINER; EGLI, 2003).

Tabela 8- Desenvolvimento inicial de plântulas em sementes de três cultivares de soja obtidas no ano 2014 de lotes de diferentes teores nutricionais. UFSM, Santa Maria, 2015.

Lotes	Cultivares			Média
	BMX Potência	BMX Turbo	BMX Mágna	
----- Comprimento de Parte Aérea (cm) -----				
Baixo TN	14,99b	14,82b	15,09a	14,97
Alto TN	17,54a	16,99a	15,35a	16,63
Média	16,28	15,91	15,22	
----- Comprimento de Raiz (cm) -----				
Baixo TN	20,25b	16,10b	16,22a	17,64
Alto TN	21,80a	21,84a	15,57a	19,95
Média	21,03	18,97	16,39	
----- Comprimento Total (cm) -----				
Baixo TN	35,24b	30,93b	31,58a	32,61
Alto TN	39,34a	38,83a	31,66a	36,58
Média	37,29	34,88	31,62	

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna e dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, $p < 0,05$.

Estratégias visando manter uma maior disponibilidade nutrientes, levando a uma maior absorção dos mesmos, produção de biomassa total, e conseqüentemente rendimento de grãos se fazem necessárias uma vez que ao longo dos anos a demanda nutricional da cultura da soja tem aumentado substancialmente (cerca de 18%) especialmente para N, P, Ca, Mg (BENDER et al. 2015a), nesse sentido, alguns autores afirmam que o tratamento de sementes com nutrientes tem se mostrado um forte aliado no incremento da produtividade de diversas culturas (PESKE et al., 2009; TUNES et al., 2012; TAVARES et al.; 2013; OLSEN et al., 2015). No entanto, com base nas determinações realizadas em campo, no teste de comparação de médias entre as cultivares e o tratamento de sementes, os resultados do desempenho das sementes mostram que diferentemente dos resultados obtidos em laboratório onde suplementação mineral via tratamento de sementes foi melhor observado, permitindo uma maior expressão da qualidade fisiológica em relação a testemunha, sem a aplicação de nutrientes, em todos os experimentos, nos estudos de campo apenas em dois dos quatro ensaios instalados o tratamento de sementes promoveu incrementos no número de grãos por vagem, altura de inserção da primeira vagem e total de plantas e produtividade de grãos de

328,9 kg ha⁻¹ para a semeadura realizada em 15/10/2013 e número de grãos por vagem, número de grãos por planta, massa de cem grãos e produtividade de 233,11 kg ha⁻¹ para semeadura em 15/12/2014 (Tabela 9). Cabe ressaltar também que para a semeadura em 15/10/2013 (Tabela 10) o efeito do lote de sementes foi superior ao do tratamento. Isso porque em condições de laboratório os testes de germinação e vigor são realizados sob condições controladas ótimas de umidade, temperatura, luz e aeração (SCHUAB et al., 2006) as quais favorecem um excelente desempenho das sementes bem como dos tratamentos aplicados. Em se tratando da aplicação de nutrientes, espera-se que os mesmos apresentem efeitos satisfatórios uma vez que com a utilização do papel toalha como substrato não ocorrem perdas do produto para o meio, ou seja, os nutrientes encontram-se concentrados no papel sendo mais facilmente absorvidos e translocados para a planta prevenindo assim os sintomas iniciais de deficiência no processo germinativo (LUCHESE et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2010).

No campo diferente das condições de laboratório os nutrientes aplicados via tratamento de sementes, estão susceptíveis a diversos processos como, por exemplo, interação com os constituintes e/ou com outros elementos que podem ou não favorecer a sua absorção. Entre os fatores que afetam a disponibilidade e absorção de nutriente e conseqüentemente o desenvolvimento das plantas estão as interações iônicas (TISDALE et al., 1985), pois os mecanismos de absorção ativa de íons pelas plantas superiores ajustam-se através de carregadores iônicos de natureza enzimática, que possuem um número finito de sítios de ligação (MOREIRA et al., 2003) os quais normalmente não são específicos, dessa forma podem competir diretamente pelos mesmos e a absorção do íon em menor concentração é prejudicada.

Tabela 9- Desempenho em campo de três cultivares de soja submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes semeadas em 15/10/2013 e 15/12/2014. UFSM, Santa Maria, 2015.

SEMEADURA EM 15/10/2013				
TS	BMX Potência	BMX Turbo	BMX Mágn	Média
-----Número de grãos por vagem (vagem ⁻¹)-----				
Sem TS	2,16a	2,28b	2,37a	2,28
Com TS	2,24a	2,42a	2,40a	2,34
Média	2,20	2,35	2,38	
----- altura de inserção da primeira vagem (cm) -----				
Sem TS	22,62	17,62	22,62	21,12b
Com TS	29,50	23,12	23,12	25,41a
Média	26,52a	20,37b	22,87b	
----- Altura Total de planta (cm) -----				
Sem TS	124,62b	107,00b	115,25a	115,62
Com TS	133,50a	118,00a	117,62a	123,04
Média	129,06	112,50	116,43	
----- Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹) -----				
Sem TS	2916,90	3202,01	3385,69	3168,20b
Com TS	3277,83	3490,93	3722,81	3497,19a
Média	3097,37c	3346,47b	3554,25a	
SEMEADURA EM 15/12/2014				
----- Número de grãos por vagem (vagem ⁻¹) -----				
Sem TS	2,22	2,37	2,14	2,24b
Com TS	2,26	2,47	2,18	2,30 ^a
Média	2,24b	2,42a	2,16c	
----- número de vagens por planta -----				
Sem TS	54,50	53,62	52,37	53,5b
Com TS	62,75	67,62	56,12	62,12a
Média	58,62b	60,62a	54,25c	
----- Massa de cem grãos (g) -----				
Sem TS	13,52	16,42	13,20	14,38
Com TS	13,54	16,68	13,18	14,47
Média	13,53b	16,55a	13,20c	
----- Produtividade Final de grãos (Kg ha ⁻¹) -----				
Sem TS	3141,71	3349,95	3072,98	3188,21b
Com TS	3387,34	3656,76	3219,86	3421,32a
Média	3264,52b	3503,35a	3146,42b	

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna e dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, p<0,05.

Nas tabelas 10 e 11 têm-se os resultados obtidos por meio do teste de comparação de médias entre os lotes de sementes e as cultivares. A partir desses resultados observou-se independente da data de semeadura e tratamento de sementes, houve efeito do lote de sementes, sendo que os de alto teor nutricional apresentaram um melhor desempenho relacionado aos componentes de produtividade que resultou em incrementos na produtividade

final de grãos com acréscimos de 364,49 e 301,66 kg ha⁻¹ para semeaduras em 15/10 e 18/11/2013 (Tabela 10) e de 257,82 e 161,66 kg ha⁻¹ para as semeaduras em 28/10 e 15/12/2014 (Tabela 11) enfatizando a essencialidade do uso de sementes com alto teor de reservas que serão remobilizadas para sustentar crescimento inicial quando degradadas durante a germinação resultando em plântulas de maior vigor, um dos fatores mais importantes para um melhor estabelecimento da cultura e produção final de grãos (GALLARDO et al., 2003; KRUEGER et al., 2013). Tais resultados podem estar relacionados, principalmente a um maior estabelecimento de raízes, uma vez que para as sementes do ano de 2013 em que os efeitos de lote foram melhor observados em campo, os resultados de laboratório evidenciam uma maior influência do teor nutricional sobre esta variável (Tabela 8). Plântulas com um sistema radicular melhor estabelecido tendem a ter uma absorção de água e nutrientes mais eficiente, o que é extremamente importante considerando que a demanda hídrica e nutricional se dá ao longo de todo período de desenvolvimento da cultura. Nutrientes como K e Fe apresentam máxima absorção no final do período vegetativo e início do reprodutivo, enquanto que N, P, Ca, Mg, S, Zn, Mn, B, Cu tem sua absorção distribuída uniformemente durante os períodos vegetativos e formação de sementes (BENDER et al., 2015).

Tabela 10- Desempenho em campo de três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais semeadas em 15/10/2013 e 18/11/2013. UFSM, Santa Maria, 2015.

SEMEADURA EM 15/10/2013				
Lotes	BMX Potência	BMX Turbo	BMX Mágnna	Média
----- Número de vagens por planta -----				
Baixo TN	56,75	65,5	73,5	65,25b
Alto TN	67,75	75,62	80,5	74,62a
Média	62,25b	70,56a	77,00a	
----- Massa de cem grãos (g) -----				
Baixo TN	15,47	16,71	17,57	16,58b
Alto TN	16,85	16,81	17,91	17,20a
Média	16,17b	16,76b	17,74a	
----- Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹) -----				
Baixo TN	2845,38	3283,66	3322,31	3150,45b
Alto TN	3349,35	3409,28	3786,19	3514,94a
Média	3097,37c	3346,47b	3554,25a	
SEMEADURA EM 18/11/2013				
----- Número de vagens por planta -----				
Baixo TN	43,62	43,12	45,00	43,91b
Alto TN	48,75	47,75	55,12	50,54a
Média	46,18	45,53	50,06	
----- altura de inserção da primeira vagem (cm) -----				
Baixo TN	26,12	19,25	20,00	22,37
Alto TN	27,87	20,62	20,50	22,41
Média	27,00a	19,93b	20,25b	
----- altura total de planta (cm) -----				
Baixo TN	116,62	100,62	98,00	105,08
Alto TN	117,00	102,75	101,75	107,16
Média	116,81a	101,68b	99,87b	
----- produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹) -----				
Baixo TN	2936,30	2737,78	3109,11	2927,73b
Alto TN	3186,92	3184,19	3317,06	3229,39a
Média	3061,61b	2960,99b	3213,08a	

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna e dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, $p < 0,05$.

Ainda em relação ao comportamento dos lotes de sementes observou-se que os resultados obtidos na qualidade fisiológica quando se considerou a concentração de nutrientes das mesmas (Tabela 1) corroboraram com o desempenho em campo das sementes, uma vez que na safra 2013/14 a cultivar BMX Mágnna apresentou maior produtividade de grãos, seguida da BMX Potência e BMX Turbo para ambas as semeaduras (Tabela 10). O mesmo foi constatado para a primeira semeadura da safra 2014/15, onde a cultivar BMX Potência apresentou maior produtividade (Tabela 11) ressaltando que o vigor das sementes é um dos fatores mais importantes que afetam o desenvolvimento de plântulas e produção final (KRUEGER et al., 2013) e este está intimamente relacionado com teor de reservas. Nesse

sentido, a utilização de sementes de alto vigor promoveu incrementos na produtividade de grãos de 311 Kg ha⁻¹ quando comparadas com a produtividade das sementes de baixo vigor (SCHEEREN et al., 2010).

Tabela 11- Desempenho em campo de três cultivares de soja de lotes de diferentes teores nutricionais semeadas em 28/10/2014 e 15/12/2014. UFSM, Santa Maria, 2015.

SEMEADURA EM 28/10/2014				
Lotes	BMX Potência	BMX Turbo	BMX Mágná	Média
-----Número de grãos por vagem-----				
Baixo TN	2,32b	2,28b	2,18a	2,29
Alto TN	2,63a	2,58a	2,26b	2,46
Média	2,48	2,43	2,22	
-----Número de vagens por planta-----				
Baixo TN	51,12	46,25	48,6	48,66b
Alto TN	60,37	54,12	49,12	54,54a
Média	55,75a	50,18b	48,87b	
-----Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)-----				
Baixo TN	3301,53	3200,87	3032,86	3178,42b
Alto TN	3589,69	3571,20	3147,84	3436,24a
Média	3445,61a	3386,04a	3090,35b	
SEMEADURA EM 15/12/2014				
-----Número de grãos por vagem-----				
Baixo TN	2,21a	2,38b	2,18a	2,26
Alto TN	2,27a	2,45a	2,14a	2,28
Média	2,24	2,42	2,16	
-----Altura de inserção da primeira vagem (cm)-----				
Baixo TN	26,12a	19,25b	23,75a	23,16
Alto TN	26,87a	23,75a	23,37a	24,41
Média	26,5	21,5	23,75	
-----Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)-----				
Baixo TN	3132,42	3392,96	3088,93	3244,77b
Alto TN	3396,63	3613,75	3208,92	3406,43a
Média	3264,25b	3503,35a	3146,42b	

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna e dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, p<0,05.

Na tabela 12 têm-se os resultados do comportamento dos lotes de sementes dentro de cada uma das cultivares com e sem suplementação mineral onde observou-se que as variáveis analisadas foram número de vagens por planta, para a semeadura em 18/11/2014, altura de inserção da primeira vagem e altura total de planta para semeadura em 12/11/2014. No entanto, destas somente o número de vagens por planta é considerado entre os principais componentes para estimar a produtividade em soja (DALCHIAVON; CARVALHO, 2012), além disso, o mesmo foi influenciado isoladamente, contribuindo para que este resultado não tivesse influencia sobre a produtividade.

Tabela 12- Desempenho em campo de dois lotes de diferente teor nutricional (TN) de três cultivares de soja submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes semeadas em 18/11/2013 e 12/11/2014. UFSM, Santa Maria, 2015.

SEMEADURA EM 18/11/2013						
	BMX Potência		BMX Turbo		BMX Mágnã	
	Lotes					
TS	BaixoTN	Alto TN	BaixoTN	Alto TN	BaixoTN	Alto TN
-----Número de vagens por planta-----						
Sem TS	β 1,53a ²	α 2,70a	α 2,20a	α 2,25a	α 2,36a	α 2,41a
Com TS	α 2,41a	α 2,35a	β 2,11a	α 2,36a	α 2,49a	α 2,41a
SEMEADURA EM 12/11/2014						
-----Altura de inserção da primeira vagem (cm)-----						
Sem TS	α 14,2	α 15,75	β 16,00	α 22,75	α 17,25	α 16,25
Com TS	β 13,00	α 16,00	α 25,00	β 19,00	α 14,25	α 13,25
-----Altura Total de Planta (cm)-----						
Sem TS	α 119,00	α 123,00	α 105,00	β 98,00	α 103,00	α 109,00
Com TS	α 124,00	α 124,00	α 94,00	α 98,00	α 109,00	α 109,00

¹Médias antecedidas de letras gregas na linha diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam os lotes dentro dos tratamentos de sementes e de cada cultivar pelo teste Scott-Knott, $p > 0,05$. ²Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o tratamento de sementes dentro dos lotes e de cada cultivar pelo teste Scott-Knott, $p > 0,05$.

1.4 CONCLUSÃO

Sementes com maiores teores nutricionais originaram plântulas de maior vigor e produtividade de grãos em todas as cultivares estudadas.

A aplicação da suplementação mineral em lotes de baixo teor nutricional permitiu uma maior expressão do vigor em condições de laboratório.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, M. K. et al. Soybean yield and chemical composition in response to phosphorus-potassium nutrition in Kashmir. **Agronomy Journal**, v.104, p.476–1484, 2012.
- AJOURI, A.; ASGEDOM, H.; BECKER, M. Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.167, n.5, p.630–636, 2004.
- AVELAR, S.A.G. et al. Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1719-1725, 2011.
- BELLALOUI, N. et al. Soybean seed protein, oil, fatty acids, and mineral composition as influenced by soybean-corn rotation. **Agriculture Science**, v.1, n.3, p.102-109, 2010.
- BENDER, R.R.; HAEGELE, J. W.; BELOW, F. E. Modern Soybean Varieties: Nutrient Uptake Patterns. **Better Crops**, v.99, n.2, p.7-10, 2015a.
- 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.
- BEWLEY, J. D. BRADFORD, K.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3ed. New York: Springer, 2013.
- BINSFELD, J. A. et al. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.1, p.88-94, 2014.
- BITYUTSKII, N. P. et al. Distribution of iron, manganese, and zinc in mature grain and their mobilization during germination and early seedling development in maize. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.3, p.635-653, 2002.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.
- Carvalho, N.M. Nakagawa, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2000. Funep.
- CERETTA, C. A, et al. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.576-581, 2005.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.541-552, 2012.
- DIVITO, G. A. et al. Diagnosis of S deficiency in soybean crops: Performance of S and N:S determinations in leaf, shoot and seed. **Field Crops Research**, v.180, p.167–175, 2015.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016.

Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 124p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 382), 2014.

EVANGELISTA, J. R. M. et al. Tratamento de sementes de milho e adubação foliar e seus efeitos sobre o desempenho da cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.109-113, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

FILHO, B. F. ET AL. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p.783-790, 2013.

GALLARDO, K. et al. Proteomics analysis of Arabidopsis seed germination. A comparative study of wild-type and GA-deficient seeds. **Plant Physiology**, v.129, p.823–837, 2002.

GALLARDO, K., et al. Proteomics of *Medicago truncatula* Seed Development Establishes the Time Frame of Diverse Metabolic Processes Related to Reserve Accumulation. **Plant Physiology**, v.133, n.2, p.664–682, 2003.

GLEVAREC, G. et al. Respective roles of the glutamine synthetase/glutamate synthase cycle and glutamate dehydrogenase in ammonium and amino acid metabolism during germination and post-germinative growth in the model legume *Medicago truncatula*. **Planta**, v.219, n.2, p.286-97, 2004.

GOLLO, A. L. et al. Qualidade das sementes de soja com a aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.40-49, 2009.

GRANT, C. A. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, v.81, p.211-224, 2001.

GREINER, R.; EGLI, I. Determination of the activity of acidic phytate-degrading enzymes in cereal seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.4, p.847-850, 2003.

GUERRA, C. A. et al. Soybean seed physiological quality in function of phosphorus, molybdenum and cobalt fertilization. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.1, p.91-97, 2006.

HAMPTON, J.G. Vigour testing within laboratories of the International Seed Testing Association: a survey. **Seed Science and Technology**, v.20, p.427-452, 1973.

HENNING, F. A. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v.69, n.3, p.727-734, 2010.

KRUEGER, K. et al. Phosphorus and potassium fertilization effects on soybean seed quality and composition. **Crop Science**, v.53, n.2, p.602–610, 2013.

LANA, R. M. Q. et al. Cobalt and molybdenum concentrated suspension for soybean seed treatment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1715-1720, 2009.

LUCHESE, A. V. et al. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays* L.) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1949-1952, 2004.

MACEDO, W. R. Responses in root growth, nitrogen metabolism and nutritional quality in Brachiaria with the use of thiamethoxam. **Acta Physiol Plant**, v.35, n.205 -211, 2013.
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 24 de novembro de 2014.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2ed. Londrina: Abrates, 2015. 659p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MOREIRA, A. et al. Influência do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.95-101, 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França neto, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**.(P.2-24). Abrates, 1999.

OLIVEIRA, R. H. et al. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.4, p.701-707, 2010.

OLSEN, D. et al. Physiological traits of the initial growth in rainfed rice plants in response to seed treatment with micronutrients. **Bioscience Journal**, v.31, n.4, p.1118-1123, 2015.

OOTA, Y.; FUJII, R.; OSAWA, S. Changes in chemical constituents during the germination satege of a bean, *Vigna sequepedalis*. **Journal of Biochemistry**, v.40, n.6, p.288-292, 2012.

OZCAN, M. M.; JUHAIMI, F. Effect os sprouting and roasting processes on some physic-chemical properties and mineral contents of soybean seed and oils. **Food Chemistry**, v.154, p.337-342, 2014.

PESKE, F.B.; BAUDET, L.L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.95-101, 2009.

PRANDO, A. M. et al. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, p.272-279, 2012.

SANGRONIS, E.; MACHADO, C. J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **Food Science and Technology**, v.40, n.1, p.116-120, 2007.

SAWAN, Z. M.; FAHMY, A. H.; YOUSEF, S. E. Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.57, n.1, p.75–90, 2011.

SCHAPIRE, A. L.; VALPUESTA, V.; BOTELLA, M. A. Plasma membrane repair in plants. **Trends in Plant Sciences**, v.14, p.645–652, 2009.

SCHEEREN, B. R. ET AL. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.35-41, 2010.

SCHUAB, S.R.P. et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum agronomy**, v.28, n.4, p.553-561, 2006.

SEYYEDI, S.M. et al. Effects of phosphorus and seed priming on seed vigor, fatty acids composition and heterotrophic seedling growth of black seed (*Nigella sativa* L.) grown in a calcareous soil. **Industrial Crops and Products**, v.74, p.939-949, 2015.

SHARMA, A.D. et al. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Science Horticulture**, v.165, p.75–81, 2014.

SINGH, B. et al. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. **Current Science**, v. 88, n.1, p36–44, 2003.

SINGH, N.; NISHA, K. Role of potassium fertilizer on nitrogen fixation in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under quantified water stress. **Journal of Agricultural Technology**, v.8, n.1, p.377-392, 2012.

SPIERTZ, J. H. J.; EWERT, E. Crop production and resource use to meet the growing demand for food, feed and fuel: opportunities and constraints. NJAS – Wageningen. **Journal of Life Sciences**, v.56, p 281–300, 2009.

TAIRO, E. V.; NDAKIDEMI P. A. Micronutrients uptake in soybean (*Glycine max* L.) as affected by *Bradyrhizobium japonicum* inoculation and phosphorus (p) supplements. **World**, v.1, n.1, p.1-9, 2013.

TAVARES, L. C. et al. Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrientes. **Jounal of Seed Science**, v.35, n.1, p.28-34, 2013.

TAVARES, L. C. ET al. The yield and physiological quality of oat seeds subjected to cover with zinc. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p.357-361, 2012.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertiligy and fertilizers**, 4 ed. Macmillan, 1985.

TUNCTURK, M.; TUNCTURK, R.; YILDIRIM, B. The effects of varying phosphorus doses on yield and some yield components of black cumin (*Nigella Sativa* L.). **Advances in Environmental Biology**, v.5, n.2, p.371–374, 2011.

TUNES, L. M. de et al. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, v.42, n.7, p.1141-1146, 2012.

UCHIDA, R. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. **Plant nutrient management in Hawaii's soils**, 31-55, 2000.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, 33-41, 2002.

VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.953-960, 2010.

ZAMBIAZZI, E. V. et al. Potassium Fertilization and Physiological Soybean Seed Quality. **Agricultural Sciences**, 5(11), 984-991, 2014.

CAPÍTULO 2

CONTRIBUIÇÃO DO NITROGÊNIO DERIVADO DA SUPLEMENTAÇÃO MINERAL EM SEMENTES PARA PLÂNTULAS DE SOJA

RESUMO- Sementes podem absorver nutrientes derivado de suplementos minerais aplicados no tratamento de sementes, entre eles, nitrogênio (N), estimulando o desenvolvimento de plântulas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a contribuição de N derivado da suplementação mineral em sementes com diferentes teores nutricionais, para plântulas de soja. Sementes da cultivar BMX Potência RR foram submetidas a aplicação de suplemento mineral enriquecido com 2,5% átomos de N^{15} em excesso. Os tratamentos foram sementes de dois lotes, um com baixo e outro com alto teor nutricional. Aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura em papel toalha, plântulas foram coletadas, separadas em cotilédones, sistema radicular e parte aérea. A produção de matéria seca, o comprimento e volume do sistema radicular foram avaliados. No tecido dos órgãos das plântulas foram analisados os totais de N e ^{15}N . As sementes derivadas do lote com menor teor nutricional absorveram mais N do suplemento mineral, que foi acumulado nos cotilédones e redistribuído para o sistema radicular e parte aérea. A maior parte do N nos órgãos de plântulas de soja, cultivar BMX Potência RR, ao longo de 10 dias após a semeadura é derivada das reservas da semente, em lotes com baixo e alto teor nutricional, assim a aplicação de N via suplementação mineral é de pouca importância para a nutrição e desenvolvimento das plântulas.

Palavras - chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Absorção. Distribuição. ^{15}N

CONTRIBUTION OF NITROGEN DERIVATE FROM THE MINERAL SUPPLEMENTATION FOR SOYBEN SEEDLINGS

ABSTRACT- Seeds can absorb nutrients which are derivate from mineral supplementation applied in the seed treatment, among them, derivate nitrogen (N), stimulating soyben (*Glycine max* (L.) Merrill) seedling development. This work aimed to evaluate the derivate N contribution from mineral supplementation in seeds with different nutritional contend, for soyben seedlings. Seeds of the cultivar BMX Potência RR were submitted to the application of mineral supplement enriched with 2,5 atoms of N¹⁵ in excess. The treatments were performed in seeds in two lots. One with high and the other with low nutritional contend. At 2, 6 and 10 days after the paper towel seeding, seedlings were collected, separated in cotyledons, root system and canopy. The dry matter production, length and root system volume were assessed. The total N and N¹⁵ were analyzed in the tissues of the seedlings organs. The seeds from the lot with lower nutritional contend absorbed more N from the mineral supplement, which was accumulated in the cotyledons and redistributed to the root system and canopy. Most of the N in the organs of soyben seedlings, cultivar BMX Potência RR, along the 10 days after the seeding is derivate from seed reserve, in lots with low and high nutritional power. The application of N through mineral supplementation is of low importance in the seedlings development and nutrition.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill. Absorption. Distribution. ¹⁵N.

2.1 INTRODUÇÃO

Sementes de soja (*Glycine Max* L. Merrill) com maior quantidade de reservas internas originam plântulas com melhor desenvolvimento inicial, que pode se refletir em melhor estabelecimento em campo e conseqüentemente melhores produtividades. Em soja aproximadamente 40% das reservas são nitrogenadas, principalmente proteínas e aminoácidos (MUNIER-JOLAIN et al., 2008). O restante das reservas é composto por carboidratos, lipídios e outros nutrientes minerais (SAWAN et al., 2011; SEYYEDI et al., 2015).

A aplicação de suplementos minerais, que também possuem N na composição, no momento do tratamento de sementes, antes da semeadura, pode ser uma estratégia para aumentar a concentração interna de N em sementes e, possivelmente, posteriormente em plântulas (SHAH et al., 2011, 2012). Além de absorver de formas de N como nitrato e amônio que são as mais abundantes no solo, as plantas também expressam transportadores para N orgânico na forma de aminoácidos, peptídeos e proteínas (NÄSHOLM, et al., 2009). Assim, o N aplicado poderá ser carregado para o apoplasto das sementes de forma passiva juntamente com a água durante o processo de embebição. Em seguida, poderá passar para o citoplasma das células, através de proteínas transportadoras que facilitam o transporte seletivo de solutos cujo movimento de influxo depende do gradiente eletroquímico de H^+ (MILLER et al., 2009; SHINMACHI et al., 2010) da concentração de solutos do meio e da demanda da planta (YIN et al.; 2014). Estas proteínas pertencem a três grupos, proteínas cassete ABC, OPTs e PTR/NTR1, as quais transportam peptídeos que variam de 6 a 59 aminoácidos (Ramos et al., 2011). Posteriormente, o N poderá ser transportado para zonas de intenso desenvolvimento e crescimento das plântulas, como o eixo embrionário e, em seguida, até o sistema radicular. Em sementes, transportadores da família PTR estão relacionados com a mobilização de N durante a germinação atuando no transporte do nutriente a longas distancias para os tecidos de crescimento (TNANI et al., 2013).

O N derivado do suplemento mineral, caso absorvido pelas sementes, poderá contribuir para acelerar a emissão da radícula e otimizar a velocidade de crescimento das raízes e da parte aérea de plântulas durante a emergência (KIM et al., 2011; NARASIMHAN et al., 2013). Isso é desejável, especialmente, em condições adversas, como quando as sementes são semeadas em maiores profundidades ou em solos com maiores índices de compactação (PEREIRA et al., 2015). Porém, na literatura são escassas as informações sobre a real contribuição do N derivado da suplementação mineral na germinação e desenvolvimento de plântulas de soja. Isso é possível ser conhecido usando isótopos estáveis

de ^{15}N , porque permite acompanhar com precisão a quantidade de N derivado do fertilizante absorvida e distribuída em plantas (BRUNETTO et al., 2014).

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a contribuição de N derivado da suplementação mineral em sementes com diferentes teores nutricionais para plântulas de soja.

2.2 MATERIAL E MÉTODO

Local do experimento e material vegetal

O estudo foi realizado no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, região da Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS), durante mês de outubro de 2014.

Sementes de soja da cultivar BMX Potência RR, provenientes de lotes de diferentes teores nutricionais (alto e baixo teor nutricional), obtidos na safra 2013/14 foram utilizadas. A caracterização dos lotes de sementes é apresentada na tabela 1.

Tabela 1- Caracterização dos lotes de sementes de soja de alto e baixo teor nutricional.

Lote	Primeira Contagem	Germinação	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio
	------(%)-----		------(g kg ⁻¹)-----			--(g mg ⁻¹)--
Baixo	80	89	70,30	3,87	11,75	2,00
Alto	86	92	81,70	4,07	17,25	2,25

Obs.: O teor de água das sementes estava próximo a 12% e a massa de 1000 sementes apresentou valores médios de 148 e 153 gramas.

Tratamentos e suplementação mineral das sementes

Os tratamentos foram dispostos em um fatorial 2 x 3 x 3 (lotes com suplementação mineral x órgãos da plântula x momento de avaliação), para os diferentes órgãos das plântulas e em um fatorial 2 x 3 (lotes com suplementação mineral x momento de avaliação), para as variáveis obtidas nas plântulas inteiras. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com quatro repetições.

As sementes dos lotes de baixo e alto teor nutricional foram submetidas à aplicação de suplementação mineral. O suplemento mineral possui na sua composição: 48 g L⁻¹ de N, 80 g L⁻¹ de P₂O₅, 16 g L⁻¹ de K₂O, 16 g L⁻¹ de Ca, 8 g L⁻¹ Mg, 3,2 g L⁻¹ de Co, 8 g L⁻¹ de Cu, 32 g L⁻¹ Mn, 160 g L⁻¹ Mo, 1,6 g L⁻¹ Ni e 16 g L⁻¹ Zn. Para o enriquecimento do suplemento

mineral com átomos de N^{15} em excesso, o referido suplemento foi fabricado sem N. Em seguida, no suplemento foi adicionado 48 g L^{-1} de N na forma de ureia (44% N), enriquecida com 2,5% de átomos de ^{15}N em excesso.

Em 500 gramas de sementes de soja de cada lote, acondicionadas em embalagens plásticas com capacidade para três litros foi adicionado 1 mL do suplemento mineral contendo ^{15}N , acrescidos de 2 mL de água destilada para melhor distribuição do produto sobre as sementes. A aplicação foi realizada com uma seringa com capacidade de 3 mL. Ao longo da aplicação do suplemento as sementes foram homogeneizadas através da agitação manual das embalagens plásticas.

Avaliações

O teor de água, massa de mil sementes, primeira contagem do teste de germinação, e germinação foram realizados conforme as Regras para Análise de Sementes-RAS (Brasil, 2009). Para a avaliação do comprimento de plântulas e volume radicular as sementes foram colocadas para germinar em equipamento do tipo B.O.D. a temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, utilizando como substrato rolos de papel umedecido com água destilada. Cinco plântulas normais por repetição foram coletadas aleatoriamente aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura. Logo depois, as plântulas foram separadas em sistema radicular, parte aérea e cotilédones. O sistema radicular e parte aérea foram acondicionados em laminas de acrílico e dispostos em um scanner EPSON Expression 11000, equipado com luz adicional (TPU), com definição de 600 dpi e, utilizando o software WinRhizo Pro 2013 foi mensurado o comprimento e volume do sistema radicular; comprimento da parte aérea e sistema radicular. Posteriormente, as três partes das plântulas foram secas em estufa com ar forçado a 65°C até matéria seca constante. Após as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em dessecador por 15 minutos e pesadas determinando-se a massa seca do sistema radicular, parte aérea e cotilédones, sendo os resultados expressos em mg plântula^{-1} . Posteriormente, as amostras de tecido foram preparadas segundo procedimento descrito por Trivelin (2001). As análises de ^{15}N e N total no tecido foram realizadas em espectrômetro de massa (modelo Delta V Advantage, Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany).

Cálculos e análise estatística

Com os resultados das análises de tecido obtidos foram calculados os átomos de ^{15}N em excesso (Equação 1), o nitrogênio derivado do fertilizante (N_{dff}) (Equação 2, 3) e o nitrogênio derivado das reservas da semente (N_{drs}) (Equação 4 e 5) nos diferentes órgãos das plântulas.

Equação 1:

$$\text{Átomos de } ^{15}\text{N em excesso} = \% \text{ de átomos de } ^{15}\text{N na amostra} - 0,3663\%$$

Equação 2:

$$\text{Ndff \%} = \frac{\% \text{ átomos de } ^{15}\text{N na amostra}}{\% \text{ átomos de } ^{15}\text{N no fertilizante}} \times 100$$

Equação 3:

$$\text{Ndff mg} = \text{N total na amostra (mg)} \times \frac{\% \text{ átomos de } ^{15}\text{N na amostra}}{\% \text{ átomos de } ^{15}\text{N no fertilizante}}$$

Equação 4:

$$\text{Ndrs \%} = 100 - \% \text{Ndff}$$

Equação 5:

$$\text{Ndrs (mg)} = \text{N total da amostra (mg)} - \text{Ndff (mg)}$$

Os resultados foram submetidos a análise de variância e quando significativos pelo teste F (Anova), as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. O programa utilizado para as análises resultados foi o software SOC (EMBRAPA, 1997) e Genesis (CRUZ, 2006).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os órgãos das plântulas, sistema radicular, parte aérea e cotilédones, e as épocas de avaliação apresentou efeito significativo para as variáveis matéria seca, átomos de ^{15}N em excesso, N total (Nt) (mg), N derivado do fertilizante (Ndff) (% , mg) e N derivado das reservas das sementes (Ndrs) (% , mg). A interação entre lote e época de avaliação foi significativa para Ndff (mg). A interação entre lotes e órgãos das plântulas foi significativa para Nt (% , mg) e Ndrs (mg). Houve efeito significativo de lote, órgãos das plântulas e época de avaliação para todas as variáveis analisadas. Para plântula inteira a interação entre os lotes e época de avaliação foi significativa apenas para o Ndff. Houve efeito significativo de época de avaliação para a matéria seca total e Ndff e efeito significativo de lotes para todas as variáveis analisadas (Tabela 2).

Tabela 2- Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para matéria seca (Ms), átomos de ^{15}N em excesso, nitrogênio total (Nt %, mg), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff %, mg) e nitrogênio derivado das reservas da semente (Ndrs %, mg), nos órgãos da plântula (cotilédone, sistema radicular, parte aérea) e plântula inteira (total) de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.

FV	GL	Ms (mg)		Átomos ^{15}N em excesso (%)		Nt (%)		Nt (mg)	
		Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	QM	Pr>Fc	QM	Pr>Fc
Lote (A)	1	1091,14	0,003	0,000	0,016	29,05	0,000	212,43	0,000
Orgão (D)	2	1220074,41	0,000	0,000	0,000	5,19	0,000	5141,07	0,000
Avaliação (C)	2	50800,32	0,000	0,000	0,000	3,61	0,000	88,88	0,000
A x D	2	207,16	0,162	0,000	0,080	0,68	0,028	46,29	0,000
A x C	2	88,55	0,451	0,000	0,088	0,26	0,037	0,121	0,930
D x C	3	75651,43	0,000	0,000	0,000	0,29	0,183	241,03	0,000
A x D x C	3	58,13	0,663	0,000	0,402	0,07	0,741	1,988	0,324
CV(%)		4,73		17,68		6,32		8,83	
Média		220,68		0,0049		6,64		14,64	
		Ndff (%)		Ndff (mg)		Ndrs (%)		Ndrs (mg)	
		Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	QM	Pr>Fc
Lote (A)	1	0,003	0,015	0,000	0,000	0,003	0,015	211,99	0,000
Orgão (D)	2	0,126	0,000	0,001	0,000	0,126	0,000	5135,83	0,000
Avaliação (C)	2	0,041	0,000	0,000	0,000	0,041	0,000	88,68	0,000
A x D	2	0,001	0,057	0,000	0,081	0,001	0,057	46,30	0,000
A x C	2	0,001	0,099	0,000	0,162	0,001	0,099	0,120	0,928
D x C	3	0,014	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	240,61	0,000
A x D x C	3	0,000	0,419	0,000	0,707	0,000	0,419	1,98	0,325
CV(%)		17,98		18,35		0,023		8,82	
Média		0,129		0,012		99,87		14,63	
Plântula inteira									
FV	GL	Ms (mg)		Nt (mg)		Ndff (mg)		Ndrs (mg)	
		Qm	Pr>Fc	QM	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc
Lote (A)	1	2909,94	0,005	566,47	0,000	0,000	0,000	565,41	0,000
Avaliação (D)	2	24678,52	0,000	6,61	0,211	0,000	0,010	6,60	0,210
A x D	2	362,54	0,302	2,62	0,522	0,000	0,034	2,61	0,522
CV(%)		2,85		5,05		12,10		39,01	
Média		588,49		39,04		0,032		5,05	

CV= Coeficiente de variação; FV= Fonte de variação e GL= graus de liberdade.

A produção de matéria seca total das plântulas diminuiu ao longo das épocas de avaliação (Tabela 3). Isso pode ter acontecido porque é elevada a demanda de energia metabólica durante a germinação e desenvolvimento, por causa da intensa atividade respiratória que envolve além de trocas gasosas, a perda de matéria seca (OLIVEIRA et al., 2015). A maior produção de matéria seca, em todas as épocas de avaliação (2, 6 e 10 dias após a semeadura) ocorreu nos cotilédones, seguido da parte aérea e sistema radicular. Com a diminuição da matéria seca e dos valores de N total (mg) dos cotilédones ao longo do período de avaliação, se observou incremento de matéria seca e N total no sistema radicular e parte aérea. Isso aconteceu porque o crescimento normal das plântulas depende da fração de reservas mobilizadas e da eficiência de conversão (SEYYEDI et al., 2015). Assim, a síntese de proteínas nos cotilédones é essencial porque além de atuar como fonte de energia metabólica, elas são fonte de proteínas para construção de tecidos vegetais. Isso porque, após a embebição ocorre a digestão, mobilização e transporte destas reservas cotiledonares que sustentarão o crescimento (GOYAGA et al., 2008).

As maiores porcentagens de átomos de ^{15}N em excesso e Nddf na primeira época de avaliação, 2 dias após a semeadura foram observadas no sistema radicular, seguido dos cotilédones (Tabela 3). Na segunda e terceira época de avaliação, respectivamente, 6 e 10 dias após a semeadura, a menor porcentagem de átomos de ^{15}N em excesso foi observada nos cotilédones. Isso ocorreu porque o N aplicado via suplementação mineral absorvido foi, assim como a sacarose, compostos fosforados e, principalmente, aminoácidos ainda na Fase II do processo germinativo, rapidamente translocado para o eixo embrionário e, posteriormente, redistribuído para o crescimento do sistema radicular onde são necessários inclusive para as reações enzimáticas (HENNING et al., 2010; TAIRO; NDAKIDEMI, 2013). No entanto, as maiores porcentagens de átomos de ^{15}N em excesso no sistema radicular aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura não repercutiram em uma maior quantidade de Ndff (mg). Isso pode ter acontecido por causa da menor produção de matéria seca.

Os maiores valores de Ndrs (% , mg) foram observados nos cotilédones (Tabela 3). No decorrer das épocas de avaliação 2, 6 e 10 dias após a semeadura, juntamente com uma redução do Ndrs (mg) neste órgão, se observou um aumento do mesmo no sistema radicular e parte aérea. As porcentagens de Ndff nos órgãos das plântulas originadas de sementes de alto e baixo teor nutricional avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura foram em média 0,12%, indicando que cerca de 99,87% do N presente nos tecidos dos órgãos das plântulas foi derivado das reservas da semente e não do suplemento mineral adicionado via tratamento de sementes. Isso provavelmente aconteceu porque as proteínas armazenadas nos cotilédones de

leguminosas são a grande fonte de nutrientes para o crescimento do embrião e, posteriormente, do sistema radicular e parte aérea (SCHLERETH et al., 2000; GOYOAGA et al., 2011). Para tanto, sofrem ação de enzimas (proteases e peptidases) e são degradadas a aminoácidos, que posteriormente serão redistribuídos para os pontos de crescimento, sustentando o período heterotrófico de vida da plântula e influenciando diretamente no vigor das mesmas (SAWAN et al., 2011; KRUEGER et al., 2013). Estudos em relação ao conteúdo e distribuição de proteínas durante a germinação e desenvolvimento de plântulas demonstram uma redução no teor de proteínas nos cotilédones de 0,18 gramas para 0,10 dos zero aos 9 dias (GOYOAGA et al., 2011).

Tabela 3- Matéria seca (Ms), átomos de ^{15}N em excesso, nitrogênio total (Nt), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e nitrogênio derivado das reservas (Ndrs) no cotilédone (Cot), sistema radicular (Sr), parte aérea (Pa) e plântula inteira de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.

Dias após a semeadura	Órgão plântula	Ms (mg)	Átomos de ^{15}N em excesso (%)	Nt (mg)	Ndff		Ndrs		
					(%)	(mg)	(%)	(mg)	
2	Cot	616,87a ¹ A ²	0,0028bA	37,49aA	0,07bA	0,029aA	99,92aA	37,46aA	
	Sr	30,21bC	0,0108aA	1,77bB	0,29aA	0,005bA	99,71bC	1,77bB	
	Pa	#	#	#	#	#	#	#	
	Total	647,09A	-	39,27A	-	0,035a	-	39,23A	
6	Cot	457,53aB	0,0022cA	31,46aB	0,05cA	0,018aB	99,94aA	31,44aB	
	Sr	47,86cB	0,0074aB	3,02cB	0,19aB	0,006cA	99,80cB	3,02cB	
	Pa	76,37bB	0,0059bB	5,33bB	0,15bB	0,008bA	99,84bB	5,32bB	
	Total	581,77B	-	39,82A	-	0,034a	-	39,79A	
10	Cot	339,03aC	0,0020cA	23,55aC	0,05cA	0,013aC	99,94aA	23,54aC	
	Sr	64,62cA	0,0051aC	4,36cA	0,13aC	0,006cA	99,86cA	4,35cA	
	Pa	132,96bA	0,0030bB	10,13bA	0,07bC	0,008bA	99,92bA	10,12bA	
	Total	536,62C	-	38,04A	-	0,028B	-	38,01A	
Plântula inteira									
Lote	Órgão plântula	Nt		Ndrs (mg)	Dias após a semeadura	Lote	Ndff (mg)	-	
		(%)	(mg)						
Baixo	Cot	5,91bB	27,48aB	27,46aB	2	Baixo	0,036aA	-	
	Sr	5,73bB	2,33cB	2,33cB		Alto	0,034aA	-	
	Pa	6,40aB	6,55bB	6,54bB		-	-	-	
	Total	-	34,19B	34,16B		6	Baixo	0,037aA	-
Alto	Cot	7,34bA	34,19aA	34,17aA	Alto		0,030bA	-	
	Sr	6,73cA	3,76cA	3,76cA	10		Baixo	0,035aA	-
	Pa	8,14aA	8,91bA	8,90bA			Alto	0,022bB	-
	Total	-	43,90A	43,87A		-	-	-	

(1, 2) Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna dentro do mesmo período de coleta e maiúsculas na coluna entre períodos de coleta dentro do mesmo lote, não diferem entre si. # Estrutura ausente no momento de avaliação.

Os valores de Nt (%), (mg) e Ndrs (mg) foram maiores nos órgãos das plântulas derivadas do lote de alto teor nutricional (Tabela 3 e Tabela 4). Ao longo das épocas de avaliação os valores Ndff (mg) nas plântulas dos lotes de baixo teor nutricional se mantiveram estáveis até os 10 dias após a semeadura. Isso não ocorreu no lote de alto teor nutricional, provavelmente por causa da menor quantidade de N derivado do suplemento mineral ter sido absorvido (Tabela 3) onde os valores de Ndff decrescem ao final das épocas de avaliação.

As maiores porcentagens de átomos de N^{15} em excesso e Ndff foram observadas nas plântulas provenientes do lote de baixo teor nutricional (Tabela 4). Isso ocorreu por causa da menor concentração de N presente neste lote (Tabela 3). Respostas da soja à suplementação mineral dependem de vários fatores, incluindo o conteúdo de nutrientes da semente (CAMPO et al., 2009). Neste estudo, a menor quantidade de Ndrs (%), (mg) nas sementes do lote de menor teor nutricional pode ter induzido a expressão de proteínas transportadoras de alta

afinidade (iHATS), quando submetidas a suplementação mineral, conforme resultados observados por Tnani et al. (2013), ao estudar a expressão de genes da família ZmPTR1 em sementes de milho na presença e ausência de N. Isso, favoreceu a absorção do N adicionado via suplementação mineral, uma vez que a expressão de genes que codificam esses transportadores pode não ser até então regulada no lote de alto conteúdo de N, possivelmente por existir concentrações nas sementes suficientes para o crescimento (WHITE; VENEKLAAS, 2012; YIN et al., 2014). No entanto, a maior absorção do Ndff neste lote não proporcionou maior crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plântulas, provavelmente em função da baixa quantidade de N no apoplasto celular que pode ser disponibilizada para a construção de novos tecidos, crescimento e metabolismo da plântula (LIU, et al., 2015).

Tabela 4- Tabela de comparação de médias dos efeitos principais A, D e C para matéria seca (Ms), átomos de N¹⁵ em excesso, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e nitrogênio derivado das reservas (Ndrs) no cotilédone (Cot), sistema radicular (Sr), parte aérea (Pa) e plântula inteira de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.

Lote	Ms (mg)	Átomos de ¹⁵ N (%)	Ndff		Ndrs (%)
			(%)	(mg)	
Baixo	216,55b ²	0,0052a	0,14a	0,02a	99,87a
Alto	224,81a	0,0043b	0,11b	0,01b	99,86b
AVALIAÇÃO	NT (%)	-	-	-	-
2	5,95c ¹	-	-	-	-
6	6,68b	-	-	-	-
10	7,06a	-	-	-	-
Plântula inteira					
Lote	Ms (mg)	Nt (mg)	Ndrs (mg)	-	-
Baixo	577,48b	34,19b	34,16b	-	-
Alto	599,50a	43,90a	43,87a	-	-
	Ms (mg)	-	-	-	-
2	647,09a	-	-	-	-
6	581,77b	-	-	-	-
10	536,62c	-	-	-	-

^(1, 2) Médias seguidas da mesma letra na coluna dentro do mesmo período de coleta e lote, não diferem entre si.

A interação entre os lotes de sementes e épocas de avaliações não foi significativa para nenhuma das variáveis (Tabela 5). Houve efeito significativo de lote de sementes para o comprimento (Csr) e volume radicular (Vsr), e de época de avaliação para todas as variáveis analisadas. O Csr e Vsr, e o comprimento de parte aérea (Cpa) das plântulas aumentaram nos dois lotes aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura (Tabela 6). As plântulas originadas de sementes

do lote de alto teor nutricional apresentaram desempenho superior para o Csr e Vsr. Isso aconteceu porque, nos lotes de sementes de maior teor nutricional houve uma maior disponibilidade de N para a síntese de ácidos nucleicos, proteínas e aminoácidos, proporcionando alteração na arquitetura da raiz, especialmente no início do desenvolvimento (WHITE; VENEKLAAS, 2012; NARASIMHAN et al., 2013).

O maior desenvolvimento inicial do sistema radicular, associados ao acúmulo de matéria seca das plântulas dos dois lotes (Tabela 4) ressaltam ainda que embora o lote de menor teor nutricional tenha os maiores valores de átomos de ^{15}N em excesso, evidenciando maior absorção do Ndff (Tabela 3) isso não se refletiu em maior desenvolvimento inicial, em relação as plântulas derivadas do lote de alto teor nutricional. Isso justifica em parte porque sementes de leguminosas precisam armazenar grandes quantidades de proteínas de reserva para suprir a demanda nutricional durante a germinação e emergência de plântulas, quando a degradação proteica nos cotilédones é intensa (KIM et al., 2011).

Com base nos dados de porcentagem de átomos de ^{15}N em excesso, Ndff (%), mg) e Ndrs (%), mg), associados aos resultados do desenvolvimento inicial das plântulas, Csr, Vsr e Cpa, se pode verificar que em soja, a capacidade da cultura em acumular reservas nitrogenadas durante o seu ciclo de desenvolvimento é um dos fatores decisivos para a qualidade fisiológica das sementes produzidas (ISHIBASHI et al., 2013; NARASIMHAN et al., 2013). Mesmo que o N adicionado via suplementação mineral tenha sido absorvido pelas sementes a contribuição do mesmo para que a plântula atinja o crescimento heterotrófico foi, neste estudo, significativamente menor do que o oriundo das reservas. Assim, as sementes com maior conteúdo de reservas e capacidade de mobilização originaram plântulas com maior desempenho (PEREIRA et al., 2015) e a aplicação de suplementação mineral visando fornecer N não é uma prática eficaz.

Tabela 5- Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para comprimento do sistema radicular (Csr), volume do sistema radicular (Vsr) e comprimento de parte aérea de plântulas de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura.

FV	GL	Crs(cm)		Vrs(cm ³)		Cpa(cm)	
		Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc
Lote (A)	1	49,50	0,012	0,001	0,016	0,238	0,289
Avaliação(B)	2	11039,32	0,000	0,590	0,000	7779,00	0,000
A x B	2	12,27	0,545	0,000	0,55	0,401	0,16
CV(%)		10,09		11,46		4,37	
Média		43,88		0,142		10,22	

CV= Coeficiente de variação; FV= Fonte de variação e GL= graus de liberdade.

Tabela 6- Comprimento do sistema radicular (Csr), volume do sistema radicular (Vsr) e comprimento de parte aérea (Cpa) de plântulas de soja derivadas de sementes de baixo e alto teor nutricional, avaliadas aos dois, seis e 10 dias após a semeadura.

Dias após a semeadura	Lote		Média
	Baixo	Alto	
	-----Csr (cm)-----		
2	2,31	2,33	2,33c ¹
6	53,44	57,55	55,50b
10	71,59	76,08	73,84a
Média	42,45b ²	45,35a	
	-----Vsr (cm ³)-----		
2	0,040	0,047	0,043c
6	0,170	0,190	0,180a
10	0,190	0,215	0,202a
Média	0,133b	0,151a	
	-----Cpa (cm)-----		
2	#	#	#
6	11,33	10,62	10,97b
10	19,63	19,75	19,69a
Média	10,32	10,12	

^(1, 2) Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna dentro do mesmo lote nos diferentes momentos de avaliação e na linha entre os lotes, não diferem entre si. # Estrutura ausente no momento da coleta

2.4 CONCLUSÃO

As sementes derivadas do lote com menor teor nutricional absorveram mais N do suplemento mineral, que foi acumulado nos cotilédones e redistribuído para o sistema radicular e parte aérea.

A maior parte do N nos órgãos de plântulas de soja, cultivar BMX Potência RR, ao longo de 10 dias após a sementeira é derivada das reservas da semente, em lotes com baixo e alto poder nutricional.

Aplicação de N via suplementação mineral é de pouca importância para a nutrição e desenvolvimento das plântulas.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: MAPA, 2009.

BRUNETTO, G. et al. Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to “*Niagara Rosada*” grape nutrition. **Scientia Horticulturae**, v.169, p 66-70, 2014.

CAMPO, J. R.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. **Field Crops Research**, v.110, n.3, p.219–224, 2009.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: UFV, 2006.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997.

GOYOAGA, C. et al. Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.24, n.3, p.391–397, 2011.

HENNING, F. A. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v.69, n.3, p.727-734, 2010.

HOJJAT, S.S. Effects of seed size on germination and seedling growth of some lentil genotypes (*Lens culinaris Medic.*). **International Journal Agriculture Crop Science**, v.3, n.1, p.1–5, 2011.

ISHIBASHI, Y. et al. Regulation of soybean seed germination through ethylene production in response to reactive oxygen species. **Annals of Botany**, v.1, n.11, p.1-8, 2013.

- KIM, H.T. et al. Mobilization of storage proteins in soybean seed (*Glycine max* L.) during germination and seedling growth. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1814, n.9, p.1178-1187, 2011.
- KRUEGER, K.; GOGGI, A. S.; MALLARINO, A. P.; MULLEN, R. E. Phosphorus and potassium fertilization effects on soybean seed quality and composition. **Crop Science**, v.53, n.2, p.602–610, 2013.
- LIU, Q. et al. Nitrogen signaling and use efficiency in plants: what's new? **Current Opinion in Plant Biology**, v.27, p.192–198, 2015.
- MILLER, A. J.; SHEN, Q.; XU, G. Freeways in the plant: transporters for N, P and S and their regulation. **Current Opinion of Plant Biology**, v.12, n.3, p.284–290, 2009.
- MUNIER-JOLAIN, N.; LARMURE, A.; SALON, C. Determinism of carbon and nitrogen reserve accumulation in legume seeds. **Biologies**, v.331, p.780-787, 2008.
- NARASIMHAN, R. et al. Differential changes in galactolipid and phospholipid species in soybean leaves and roots under nitrogen deficiency and after nodulation. **Phytochemistry**, v.96, p.81–91, 2013.
- NÄSHOLM T.; KIELLAND K.; GANETEG, U. Uptake of organic nitrogen by plants, **New Phytologist**, v.182, p.31–48, 2009.
- OLIVEIRA, L. M. et al. Medição do CO₂ como método alternativo para a diferenciação do vigor de lotes de sementes de melancia. **Ciência Rural**, v.45, n.4, p.606-611, 2015.
- PEREIRA, W.A.; PEREIRA, S.M.A.; DIAS, D.C.F.S. Dynamics of reserves of soybean seeds during the development of seedlings of different commercial cultivars. **Journal of Seed Science**, v.37, n.1, p.63-69, 2015.
- RAMOS, M. S. et al. Characterization of a transport activity for long-chain peptides in barley mesophyll vacuoles. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.2403–2410, 2010.
- SAWAN, Z. M.; FAHMY, A. H.; YOUSEF, S. E. Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). **Archives Agronomy Soil Science**, v.57, n.1, p.75–90, 2011.
- SCHLERETH, A. et al. Comparison of globulin mobilisation and cystine proteinases in embryonic axes and cotyledons during germination and seedling growth of vetch (*Vicia sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.1423–1433, 2000.
- SEYYEDI, S. M.; MOGHADDAM, P. R.; KHAJEH-HOSSEINI, M.; SHAHANDEHB, H. Influence of phosphorus and soil amendments on black seed (*Nigella sativa* L.) oil yield and nutrient uptake. **Industrial Crops and Products**, v.77, p.167–174, 2015.
- SHAH, A.R.; ARA, N.; SHAFI, G. Seed priming with phosphorus increased germination and yield of okra. **African Journal Agricultural Research**, v.6, n.16, p.3859–3876, 2011.

SHAH, H. et al. Seed priming improves early seedling growth and nutrient uptake in mungbean. **Journal Plant Nutrition**, v.35, n.6, p.805–816, 2012.

SHINMACH, I. F. et al. Influence of sulphur deficiency on the expression of specific sulphate transporters and the distribution of sulphur, selenium, and molybdenum in wheat. **Plant Physiology**, v.153, n.327-336, 2010.

TAIRO, E. V.; NDAKIDEMI P. A. Micronutrients uptake in soybean (*Glycine max* L.) as affected by *Bradyrhizobium japonicum* inoculation and phosphorus supplements. **World**, v.1, n.1, p.1-9, 2013.

TNANI, H., et al. ZmPTR1, a maize peptide transporter expressed in the epithelial cells of the scutellum during germination. **Plant Science**, v.207, n.140– 147, 2013.

TRIVELIN, P. C. O. **Métodos de preparo de amostras para a determinação de ¹⁵N**. Piracicaba, 2001.

WHITE, P.J.; VENEKLAAS, E.J. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. **Plant Soil**, v.357, n.1, p.1–8, 2012.

YIN, X. et al. Effect of Nitrogen Starvation on the Responses of Two Rice Cultivars to Nitrate Uptake and Utilization. **Pedosphere**, v.24, n.5, p.690–698, 2014.

CAPÍTULO 3

QUALIDADE FISIOLÓGICA E ATIVIDADE DE ENZIMAS EM PLÂNTULAS DE SOJA PROVENIENTES DE SEMENTES DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES QUÍMICAS SUBMETIDAS À SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

RESUMO- A qualidade de sementes de soja é influenciada, entre outros fatores, pela quantidade de nutrientes que é disponibilizada para a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas e pela atividade dos sistemas enzimáticos. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do teor nutricional e da suplementação mineral via tratamento de sementes na germinação, desenvolvimento inicial e atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo vegetal de plântulas de soja. Foram avaliadas sementes de dois lotes, de baixo e alto teor nutricional, submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelo teste de germinação e primeira contagem da germinação. O desenvolvimento inicial de plântulas foi avaliado pelos testes de comprimento e volume do sistema radicular, comprimento de parte aérea e matéria seca de cotilédones, sistema radicular e parte aérea. Determinou-se a atividade das enzimas alfa amilase nos cotilédones, fosfatase ácida (APase) e guaiacol peroxidase (POD) no sistema radicular e parte aérea e a quantidade de carotenoides e clorofila na parte aérea. Sementes com maior quantidade de reservas armazenadas apresentam maior desempenho em relação à qualidade fisiológica e desenvolvimento inicial de plântulas. A suplementação mineral via tratamento de sementes influenciou positivamente a qualidade fisiológica e desenvolvimento de plântulas no lote de baixo teor nutricional. A suplementação mineral influenciou a atividade das enzimas α -amilase nos cotilédones e POD e APase na parte aérea das plântulas provenientes de sementes do lote de baixo teor nutricional.

Palavras - chave: Sementes. Teor nutricional. Atividade enzimática. Qualidade fisiológica.

**PHYSIOLOGICAL QUALITY AND ENZYME ACTIVITY IN SOYBEAN SEEDLING
FROM DIFFERENT COMPOSITIONS CHEMICAL SEEDS SUBMITTED TO
MINERAL SUPPLEMENTS**

ABSTRACT- The quality of soybean seeds is influenced, among other factors, the amount of nutrients that is available for germination, early seedling development and the activity of enzyme systems. The aim of this study was to evaluate the influence of the nutritional content and mineral supplementation via seed treatment on seed germination, early development and activity of enzymes related to plant metabolism of soybean seedlings. The seeds were evaluated in two lots, low and high nutritional content, submitted or not mineral supplementation in the treatment of seeds. The seed physiological quality was evaluated by germination and first count of germination. The initial development of seedlings was evaluated by the test length and volume of the root system, shoot length and dry matter cotyledons, roots and shoots. In addition, was determined the activity of alpha-amylase enzymes in the cotyledons, acid phosphatase (APases) and guaiacol peroxidase (POD) in roots and shoots and the amount of carotenoid and chlorophyll in the shoots. The amount of stored reserves influences the physiological quality and early development of seedlings. Mineral supplementation via seed treatment influenced the physiological quality and seedling development on the lot of low nutritional value. Mineral supplementation influenced the activity of α -amylase in the cotyledons and POD and APases in shoots of seedlings from seed lot of low nutritional value.

Keywords: Seeds. Nutritional content. Enzymatic activity. Physiological quality.

3.1 INTRODUÇÃO

O desempenho da cultura da soja é altamente influenciado pelo uso de sementes de alta qualidade, capazes de assegurar um estabelecimento adequado do estande de plantas campo e refletir em maiores produtividades. Para isso, a semente deve possuir, além de atributos genéticos, físicos e sanitários, alta qualidade fisiológica, ou seja, apresentar altas taxas de germinação e vigor (SCHEEREN et al., 2010).

O nível de qualidade fisiológica das sementes depende de diversos fatores, entre eles a composição química, ou seja, o conteúdo de reservas (SEYYEDI et al., 2015) uma vez que a germinação envolve complexos processos e a utilização das mesmas é fundamental para a formação de novas plântulas (ISHIBASHI et al., 2013). De uma maneira geral, sementes com baixa quantidade de reservas são incapazes de originar plântulas vigorosas devido à baixa disponibilidade de nutrientes (HOJJAT, 2011).

Juntamente com a composição química das sementes, a atividade de sistemas enzimáticos relacionados a mobilização de reservas e a manutenção da integridade celular influenciam no processo germinativo. Além de enzimas responsáveis pelas modificações metabólicas e disponibilização de energia para o crescimento do embrião como a alfa amilase e a fosfatase ácida, vários outros genes relacionados diretamente com a respiração podem estar envolvidos no controle da qualidade fisiológica das sementes (OLIVEIRA et al., 2013). Sementes de menor qualidade fisiológica apresentam maiores taxas respiratórias podendo apresentar estresse oxidativo, devido a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) e radicais livres (APEL; HIRT, 2004). Assim enzimas antioxidantes como a peroxidase (POD) desempenham um papel fundamental na defesa e manutenção das membranas celulares (SIMOVA-STOILOVA et al., 2008).

Portanto, existe a necessidade de se buscar novas tecnologias que busquem aumentar a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento inicial das plântulas bem como atuem sobre a manutenção da atividade dos sistemas enzimáticos possibilitando o estabelecimento rápido e uniforme das plântulas. Dentro desse contexto a suplementação mineral via tratamento de sementes é um método prático e de baixo custo para promover os aspectos fisiológicos das sementes produzidas (SHAH et al., 2011; 2012). De acordo com Bishnoi et al. (2007) e Sawan et al. (2011) as evidências de que a nutrição afeta o vigor das sementes são cada vez mais concretas.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influencia do teor nutricional e da suplementação mineral via tratamento de sementes na germinação, desenvolvimento inicial e atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo vegetal de plântulas de soja.

3.2 MATERIAL E MÉTODO

Local do experimento e material vegetal

O estudo foi realizado no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes do Departamento de Fitotecnia e no Laboratório de Biotecnologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em Santa Maria, região da Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS).

Foram utilizadas sementes de soja da cultivar BMX Potência RR, provenientes de lotes de diferentes teores nutricionais (alto e baixo teor nutricional), obtidos na safra 2013/14. A caracterização química dos lotes de sementes é apresentada na tabela 1.

Tabela 1- Caracterização dos lotes de sementes de soja de alto e baixo teor nutricional.

Lote	Primeira Contagem	Germinação	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio
	------(%)-----		------(g kg ⁻¹)-----		--(g mg ⁻¹)--	
Baixo	80	89	70,30	3,87	11,75	2,00
Alto	86	92	81,70	4,07	17,25	2,25

Obs.: O teor de água das sementes estava próximo a 12% e a massa de 1000 sementes apresentou valores médios de 148 e 153 gramas.

Tratamentos e suplementação mineral das sementes

Os tratamentos foram dispostos em um fatorial 2 x 2 (lotes x tratamento de sementes) para as variáveis germinação e primeira contagem da germinação; um fatorial 2 x 2 x 2 (lotes x tratamento de sementes x momento de avaliação) para matéria seca e comprimento de parte aérea; um fatorial 2 x 2 x 3 (lotes x tratamento de sementes x momento de avaliação) para matéria seca, comprimento e volume do sistema radicular e matéria seca de cotilédones; um fatorial 2 x 2 x 4 (lotes x tratamento de sementes x momento de avaliação) para as determinações bioquímicas de parte aérea e um fatorial 2 x 2 x 5 (lotes x tratamento de sementes x momento de avaliação) para as determinações bioquímicas do sistema radicular e dos cotilédones. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com quatro repetições.

As sementes dos lotes de baixo e alto teor nutricional foram submetidas à suplementação mineral via tratamento de sementes. O suplemento mineral possui na sua composição: 48 g L⁻¹ de N, 80 g L⁻¹ de P₂O₅, 16 g L⁻¹ de K₂O, 16 g L⁻¹ de Ca, 8 g L⁻¹ Mg, 3,2 g L⁻¹ de Co, 8 g L⁻¹ de Cu, 32 g L⁻¹ Mn, 160 g L⁻¹ Mo, 1,6 g L⁻¹ Ni e 16 g L⁻¹ Zn, na dose 200 mL 100 kg⁻¹ de semente.

O tratamento das sementes foi realizado em embalagens plásticas com capacidade para três litros, utilizando-se 500 gramas de sementes por embalagem. O volume de calda utilizado foi de 600 mL 100 kg⁻¹ de semente sendo este completado com água destilada.

Avaliações

O teor de água, massa de mil sementes, primeira contagem do teste de germinação, e germinação foram realizados conforme as Regras para Análise de Sementes-RAS (Brasil, 2009). Para a avaliação do comprimento de plântulas, volume radicular e matéria seca, 15 sementes foram colocadas para germinar em equipamento do tipo B.O.D. a temperatura de 25 °C, utilizando como substrato rolos de papel umedecido com água destilada. Para as avaliações de crescimento inicial, cinco plântulas normais por repetição foram coletadas aleatoriamente aos 2, 6 e 10 dias após a semeadura. Logo depois, as plântulas foram separadas em sistema radicular, parte aérea e cotilédones. O sistema radicular e parte aérea foram acondicionados em lâminas de acrílico e dispostos em um scanner EPSON Expression 11000, equipado com luz adicional (TPU), com definição de 600 dpi, utilizando o software WinRhizo Pro 2013 foi mensurado o comprimento e volume do sistema radicular; comprimento da parte aérea e sistema radicular. Posteriormente, as três partes das plântulas foram secas em estufa com ar forçado a 65°C até matéria seca constante. Após as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em dessecador por 15 minutos e pesadas determinando-se a massa seca do sistema radicular, parte aérea e cotilédones, sendo os resultados expressos em mg plântula⁻¹.

Para a caracterização bioquímica 30 sementes foram colocadas para germinar em uma estufa incubadora do tipo B.O.D. a temperatura de 25 °C, utilizando como substrato rolos de papel umedecido com água destilada. Vinte plântulas foram coletadas aleatoriamente aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura. Logo após foram separadas em sistema radicular, parte aérea e cotilédones e determinou-se no sistema radicular a atividade das enzimas fosfatase ácida e guaiacol peroxidase. Além destas na parte aérea determinou-se a quantidade de clorofila total e carotenoides e, nos cotilédones determinou-se a atividade da enzima α -amilase conforme descrito a seguir:

Enzima α -amilase: foram utilizados 0,5 g de tecido vegetal. Após ser tratado com ácido acético foram macerados em graal com 20 mL de tampão acetato de potássio com pH 7,0, e a mistura centrifugada a 3.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi retirado e colocado em tubos de ensaio mantidos em refrigeração a 4°C para realização das análises. Para a determinação da atividade da α -amilase o extrato obtido foi colocado em banho-maria à 70°C por 20 minutos. Após foram retirados quatro alíquotas de 0,1 mL e colocados em tubos de ensaio juntamente com 1mL de tampão acetato de potássio, 1,0 mL de solução de amido e incubado por cinco minutos à 30°C. Passado esse tempo foi adicionado 1 mL de solução de lugol e 9 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro E - 225D a 620 nm (AOSA, 1983). Os dados das leituras foram transformados pela seguinte fórmula:

$$A. T. = [(substrato \text{ a } 620 \text{ nm} - \text{leitura } 620 \text{ nm})/5'x].(20/ \text{alíquota. } 0,5\text{g})$$

Onde x = 1 μ g de amido. Os valores foram expressos em μ g de amido hidrolizado min^{-1}g de semente⁻¹(CHING, 1973).

Enzima guaiacol peroxidase (POD): Uma amostra de tecido vegetal (0,5 g) foi homogeneizada em 3 mL de tampão fosfato de sódio (pH 7.8) 0,05 M, contendo 1 mM de EDTA e 2% (w/v) de polivinilpirrolidona (PVP). O homogeneizado foi centrifugado a 13.000 x g por 20 minutos à 4°C e o sobrenadante foi usado para a determinação da POD. A atividade da POD foi determinada pela absorbância da solução de reação a 470 nm, segundo Zeraik et al. (2008). Os resultados foram expressos em (μ mol de tetraguaiacol $\text{min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ proteína).

Enzima fosfatase ácida (APase): 0.5 g de amostra de tecido vegetal foi macerada em N₂ líquido e homogeneizadas em tampão Tris-HCl 100 mM (pH 7,4), ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) 1,0 mM e albumina 0,1% na proporção de 1:3 (m/v), depois centrifugadas a 20.000 g durante 30 min a 4 °C e o sobrenadante resultante foi utilizado para o ensaio enzimático. A atividade das fosfatases ácidas foi determinada de acordo com Tabaldi et al. (2007) num meio de reação que consistia em azidasódica(3,5 mM), cloreto de cálcio (2,5 mM) e tampão citrato de sódio (100 mM pH 5,5) para um volume final de 200 μ L. Uma alíquota de 20 μ L de amostra foi adicionada à mistura de reação, com exceção dos controles, e pré-incubada durante 10 min a 35°C A reação foi iniciada pela adição de substrato (PPi 3,0 mM) e paralizada após 10 min pela adição de 200 μ L de TCA a 10% para uma concentração final de 5%. O fosfato inorgânico (Pi), produto da reação da enzima, foi quantificado a 630 nm em espectrofotômetro modelo SF325NM (Bel Engineering, Itália) utilizando-se verde de malaquita como reagente colorimétrico e KH₂PO₄

como padrão para a curva de calibração. A concentração de proteínas totais foi quantificada pelo método de Bradford (1976).

Determinação de clorofilas e carotenoides: Os pigmentos foram extraídos conforme o método de Hiscox e Israelsstam (1979) e estimados com a ajuda da fórmula de Lichtenthaler (Lichtenthaler, 1987). Folhas frescas (0,05 g) foram incubadas em banho maria a 65°C com dimetilsulfoxido (DMSO) até a completa extração dos pigmentos dos tecidos (tecidos completamente esbranquiçados). A absorbância da solução foi mensurada a 663 e 645 nm para as clorofilas a e b, respectivamente, e a 470 nm para os carotenóides em um espectrofotômetro. A concentração dos pigmentos foram expressadas em mg g^{-1} massa fresca.

Análise estatística

Na análise estatística dos dados nas variáveis que possuíram significância pelo teste F (Anova), as médias foram comparadas pelo teste Scott – Knott, 5% de probabilidade de erro. O programa utilizado para as análises dos dados foi o software Sisvar® (FERREIRA, 2011).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os lotes e o tratamento de sementes apresentou efeito significativo para a variável primeira contagem da germinação, bem como houve, para esta variável efeito significativo de lote e tratamento de sementes (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância ($\text{Pr}>\text{Fc}$), quadrado médio e nível de significância para primeira contagem da germinação (Pc) e germinação (G) de sementes da cultivar BMX Potência para lotes de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Pc(%)		G(%)	
		Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc
Lote (A)	1	315,06	0,000	52,56	0,146
Tratamento (B)	1	126,56	0,010	10,56	0,499
A x B	1	33,06	0,048	3,06	0,714
CV(%)		3,28		5,21	
Média		79,93		89,56	

CV= Coeficiente de variação; FV= fonte de variação; GL= graus de liberdade.

O lote de alto teor nutricional apresentou maior porcentagem de plântulas normais pelo teste de primeira contagem da germinação do que o lote de baixo teor independente da

aplicação ou não de suplementação mineral (Tabela 3). Isso porque possui maior concentração de nutrientes, conforme descrito na tabela 1 e, por conseguinte, se refletiu em maior capacidade de germinar e resultar rapidamente em plântulas normais (SIADAT et al., 2012; SILVA et al., 2010). Estes resultados corroboram com Pereira et al. (2015) os quais concluíram que sementes de soja mais vigorosas apresentam maior conteúdo de reservas e conseqüentemente maior capacidade de mobilização resultando em plântulas com melhor desempenho inicial. Também em sementes de soja, Kim et al. (2011) estudando a mobilização de proteínas aos dois, três, quatro e cinco dias após a germinação observaram uma intensa degradação proteica até o quinto dia de desenvolvimento das plântulas.

Tabela 3 - Primeira contagem de sementes da cultivar BMX Potência RR para lotes de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2016.

TS	Lotes		Média
	Baixo TN	Alto TN	
	----- Pc(%) -----		
Sem TS	71b ¹ B ²	83aA	77
Com TS	80aB	86aA	82
Média	75	84	

¹Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o tratamento de sementes dentro de cada lote pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

²Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o lote dentro de cada tratamento de sementes pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

O teste de primeira contagem da germinação, no lote de alto teor nutricional, não foi influenciado pela suplementação mineral (Tabela 3), diferentemente do lote de menor teor de nutrientes onde houve um aumento de 8% na primeira contagem de germinação provavelmente por, neste lote ter ocorrido uma maior absorção dos nutrientes aplicados. Estes resultados indicam que uma limitação nutricional pode induzir a expressão de genes transportadores de alta afinidade facilitando o transporte dos nutrientes através da membrana e conseqüentemente, favorecendo sua absorção. Campo et al. (2009) afirmam ainda que respostas da soja à adubação dependem de vários fatores, incluindo o conteúdo de nutrientes da semente. Nesse sentido, White e Veneklaas (2012) estudando a importância do conteúdo de fósforo nas sementes sugeriram que a absorção do mesmo inicia pelo menos sete dias após a germinação. Isso se justifica em função da expressão de genes que codificam os transportadores de fosfato não ser até então regulada possivelmente por existir concentrações de P nas sementes suficientes para o crescimento.

A interação entre os lotes, tratamentos de sementes e momentos de avaliação não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas em relação ao crescimento das plântulas nos diferentes órgãos (Tabela 4). A interação entre os tratamentos de sementes e os momentos de avaliação foi significativa para comprimento e volume do sistema radicular (Csr) e (Vsr) respectivamente. A interação entre os lotes e os momentos de avaliação foi significativa para matéria seca do sistema radicular (Msr) e Csr. A interação entre os lotes e os tratamentos de sementes foi significativa para todas as variáveis exceto para Vsr. Os efeitos de lote, tratamento de sementes e momentos de avaliação foram significativos para todas as variáveis analisadas.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para matéria seca (Msr) comprimento e volume do sistema radicular, matéria seca (Mspa) e comprimento de parte aérea (Cpa) e matéria seca de cotilédones (Msc) de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Sistema Radicular				Cotilédones			
		Msr (mg)		Csr (cm)		Vsr (cm ³)		Msc (mg)	
		Qm	Pr>Fc	QM	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc
Lote (A)	1	3644,13	0,000	532,76	0,000	0,005	0,000	2725,18	0,006
Tratamento (D)	1	563,27	0,000	493,35	0,000	0,004	0,000	3990,02	0,001
Avaliação (C)	2	5901,12	0,000	14093,20	0,000	0,076	0,000	243109	0,000
A x D	1	201,64	0,014	209,23	0,015	0,000	0,220	1381,36	0,010
A x C	2	745,00	0,000	126,46	0,030	0,000	0,151	24,40	0,871
D x C	2	119,25	0,150	111,58	0,043	0,000	0,008	98,36	0,586
A x D x C	2	37,62	0,532	48,98	0,228	0,001	0,834	9,52	0,947
CV(%)		12,22		13,88		13,18		4,88	
Média		44,11		40,18		0,130		461,50	
Parte Aérea									
FV	GL	Mspa (mg)				Cpa (cm)			
		Mspa (mg)		Cpa (cm)		-	-	-	-
		Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	-	-	-	-
Lote (A)	1	1949,94	0,000	6,11	0,033	-	-	-	-
Tratamento (D)	1	747,38	0,013	21,03	0,000	-	-	-	-
Avaliação (C)	1	17431,79	0,000	499,32	0,000	-	-	-	-
A x D	1	646,15	0,020	10,25	0,008	-	-	-	-
A x C	1	17,66	0,676	1,33	0,290	-	-	-	-
D x C	1	36,97	0,547	1,01	0,356	-	-	-	-
A x D x C	1	67,97	0,417	0,01	0,895	-	-	-	-
CV(%)		9,98		7,36		-	-	-	-
Média		99,19		14,39		-	-	-	-

CV= Coeficiente de variação; FV= fonte de variação; GL= graus de liberdade.

Nas tabelas 5 e 6 estão apresentados os resultados da matéria seca de cotilédones (Msc), comprimento de parte aérea (Cpa), matéria seca de parte aérea (Mspa), Csr, Vsr e Msr das plântulas submetidas ou não a suplementação mineral aos 2,6 e 10 dias após a semeadura. Na ausência de suplementação mineral a produção de maior matéria seca dos cotilédones (Tabela 5) ocorreu nos lotes de alto teor nutricional. No entanto, quando submetidos à adição de nutrientes não houve diferença na quantidade de matéria seca entre os lotes. Isso porque durante o processo de embebição e retomada do crescimento do embrião além da translocação das reservas nutricionais dos cotilédones para o crescimento das plântulas ocorre um gasto de energia em função da elevada taxa respiratória, processo pelo qual ocorre a oxidação completa de compostos de carbono a CO_2 e água, através de uma série de reações, usando oxigênio como aceptor final de elétrons, sendo a energia liberada e conservada na forma de ATP utilizando como substratos carboidratos como amido, sacarose, frutose, glicose, lipídios e proteínas (OLIVEIRA et al., 2015) resultando assim em perda de matéria seca o que ocorre de maneira mais acentuada em lotes de menor vigor onde a desorganização e permeabilidade das membranas é maior e tem forte relação com a taxa respiratória, mudanças na atividade enzimática e redução dos tecidos de reserva (DODE et al., 2013). Assim, nos lotes com menor teor nutricional, onde o processo respiratório provavelmente é mais intenso, a adição de nutrientes contribuiu para o crescimento das plântulas, disponibilizando energia para o desenvolvimento inicial da plântula evitando perda excessiva de matéria seca dos cotilédones. Dode et al., (2013) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja concluíram que a atividade respiratória foi inversamente proporcional ao teste de germinação, comprimento da parte aérea e massa seca, mas diretamente proporcional ao teste de condutividade elétrica.

Tabela 5 - Matéria seca de cotilédones (Msc), comprimento (Cpa) e matéria seca de parte aérea (Mspa) e comprimento (Csr), volume (Vsr) e matéria seca (Msr) do sistema radicular de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.

TS	Lotes		Média
	Baixo TN	Alto TN	
Cotilédones			
-----Msc(mg)-----			
Sem TS	436.08 bB	465.87 aA	472,03
Com TS	469.52 aA	474.54 aA	450,97
Média	452,80	470,20	
Parte Aérea			
-----Cpa (cm)-----			
Sem TS	12,30 b ¹ B ²	14,61 aA	13,46
Com TS	15,48 aA	15,18 aA	15,33
Média	13,89	14,90	
-----Mspa (mg)-----			
Sem TS	79,41b ¹ B ²	107,81aA	93,61
Com TS	99,01aA	108aA	104,77
Média	90,18	108,20	
Sistema Radicular			
-----Csr (cm)-----			
Sem TS	30,22bB	42,74aA	36,48
Com TS	45,32aA	42,45aA	43,88
Média	36,33	44,03	
-----Msr (mg)-----			
Sem TS	27,73b ¹ B ²	52aA	40,16
Com TS	40,37aB	55aA	48,07
Média	34,05	54,17	
Dias após semeadura			
-----Csr(cm)-----			
2	1,97cA	2,29cA	2,13
6	44,71bB	54,91bA	49,81
10	62,33aB	74,89aA	68,61
Média	36,33	44,03	
-----Vsr(cm ³)-----			
2	0,04cA	0,04cA	0,04
6	0,13bB	0,18bA	0,15
10	0,18aA	0,20aA	0,19
Média	0,11	0,14	
-----Msr (mg)-----			
2	22,85c ³ A ⁴	23,78cA	23,31
6	35,90bB	52,81bA	44,35
10	43,41aB	65,93aA	59,67
Média	34,05	54,17	

¹ Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o tratamento de sementes dentro de cada lote pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

² Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o lote dentro de cada tratamento de sementes pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

³ Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam os momentos de avaliação dentro de cada lote pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

⁴ Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o momento de avaliação dentro de cada lote pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

Tabela 6 - Tabela de comparação de médias dos efeitos principais A, D e C para matéria seca de cotilédones (Msc), sistema radicular (Msr) e parte aérea (Mspa), comprimento de parte aérea (Cpa e volume do sistema radicular (Vsr) de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.

AVALIAÇÃO	Parte Aérea		Sistema Radicular	
	Mspa (mg)	Cpa (cm)	Lote	Vsr (cm ³)
6	72,24b	9,83 b	Baixo	0,11b
10	136,14a	18,96 a	Alto	0,14a
Cotilédones				
	Msc (mg)	-	-	-
2	611,00 a	-	-	-
6	445,90 b	-	-	-
10	327,61 c	-	-	-

^(1,2) Médias seguidas da mesma letra na coluna dentro do mesmo período de coleta e lote, não diferem entre si.

Na ausência de suplementação mineral, o maior Cpa, Mspa, Cpsr e Msr (Tabela 5) ocorreu nos lotes de alto teor nutricional. Isso porque teores de nutrientes das sementes desempenham um papel fundamental na melhoria dos aspectos fisiológicos e metabolismo das plântulas (WHITE; VENEKLAAS, 2012), assim a divisão e alongação celular foi favorecida pela maior disponibilidade de nutrientes, conforme evidenciaram também os resultados da produção de matéria seca dos cotilédones. Nesse sentido, Bishnoi et al. (2007) ao avaliar a qualidade de sementes de soja produzidas com diferentes aportes nutricionais de Ca e P concluíram que a adição destes nutrientes aumentou a produtividade e influenciou positivamente a qualidade fisiológica das sementes. Também, Pacheco et al. (2012) ressaltam que plantas de feijão originadas de sementes enriquecidas com P e Mo apresentaram maior massa de nódulos e produtividade de grãos. No entanto, quando submetidos à suplementação mineral o crescimento das plântulas nos dois lotes foi similar, corroborando com os resultados obtidos no teste de primeira contagem de germinação indicando que o lote de menor teor nutricional teve uma maior absorção do produto aplicado no tratamento de sementes.

O Csr, Vsr, e Msr (Tabela 5) assim como Cpa e Mspa aumentaram no decorrer dos momentos de avaliação (2, 6 e 10 dias após a semeadura) o que foi acompanhado de um decréscimo na matéria seca dos cotilédones (Tabela 6). Isso aconteceu em função da conversão e translocação das reservas presentes nos cotilédones para o crescimento das

plântulas até que se tornem autotróficas (SOLTANI et al., 2006). Estes resultados estão de acordo com Goyoaga et al. (2011) em que ao analisar o valor nutricional e disponibilidade de nutrientes em sementes e plântulas de feijão concluíram que a diminuição da matéria seca dos cotilédones é acompanhada de um aumento no desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea.

Em relação a caracterização bioquímica (Tabela 7) a interação lote x tratamento de sementes x momento de avaliação foi significativa para a atividade das enzimas guaiacol peroxidase (POD) e fosfatase ácida (APase) no sistema radicular e POD, APase, teor de clorofila total (Chl total) e carotenoides na parte aérea. A interação entre os tratamentos de sementes e os momentos de avaliação foi significativa para a atividade da α -amilase nos cotilédones e para todas as variáveis analisadas na parte aérea. A interação entre os lotes e momentos de avaliação foi significativa para a atividade da POD e APase no sistema radicular e todas as variáveis analisadas na parte aérea. A interação entre os lotes e os tratamentos de sementes foi significativa para POD do sistema radicular, α -amilase, POD, APase e Chl total na parte aérea. O efeito de momento de avaliação foi significativo para todas as variáveis analisadas. Houve efeito significativo de tratamento de sementes para α -amilase, APase e Chl total de parte aérea. Ainda, houve efeito significativo de lote para APase do sistema radicular, alfa amilase, POD e APase de parte aérea.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância (Pr>Fc), quadrado médio e nível de significância para atividade das enzimas α -amilase, guaiacol peroxidase, fosfatase ácida, teor de clorofila e carotenóides de plântulas de soja derivadas de sementes da cultivar BMX Potência RR de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral. UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Sistema Radicular				Cotilédones			
		POD		APease		α -amilase			
		Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc
Lote (A)	1	0,298	0,432	50112,60	0,002	31145336	0,000	-	-
Tratamento (D)	1	1,09	0,136	1995,26	0,417	10559051	0,000	-	-
Avaliação (C)	4	36,29	0,000	125383,22	0,000	31233553	0,000	-	-
A x D	1	4,24	0,004	17476,26	0,195	21709291	0,000	-	-
A x C	4	2,24	0,003	30681,47	0,000	6078436	0,114	-	-
D x C	4	0,64	0,267	5271,64	0,1505	8951006	0,032	-	-
A x D x C	4	9,55	0,000	23630,39	0,000	4948357	0,188	-	-
CV(%)		19,31		19,28		9,79		-	
Média		3,56		281,73		17845,21		-	
Parte Aérea									
	GL	POD		APease		Chl total		Carotenóides	
		Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc	Qm	Pr>Fc
Lote (A)	1	6,18	0,001	3299472	0,000	0,000	0,689	0,000	0,625
Tratamento (D)	1	0,98	0,839	222877	0,000	0,050	0,000	0,000	0,054
Avaliação (C)	3	21,65	0,000	94943	0,001	0,057	0,000	0,000	0,000
A x D	1	4,52	0,000	20379	0,000	0,012	0,000	0,000	0,143
A x C	4	6,11	0,000	107733	0,000	0,006	0,000	0,000	0,012
D x C	4	2,20	0,000	230784	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000
A x D x C	4	4,62	0,000	55539	0,022	0,120	0,000	0,000	0,024
CV(%)		12,80		8,99		15,88		17,71	
Média		2,43		1065,72		0,13		0,02	

CV= Coeficiente de variação; FV= fonte de variação; GL= graus de liberdade.

A atividade da enzima α -amilase nos cotilédones das plântulas, na ausência de suplementação mineral, foi maior no lote de alto teor nutricional (Tabela 8). Isso porque este lote, além de possuir uma maior quantidade de nutrientes minerais armazenados, provavelmente possui maiores teores de carboidratos que, uma vez hidrolisados, tem como principal produto a glicose que será utilizada para respiração e crescimento do eixo embrionário (FRANCO et al., 2002). Além disso, enzimas como lipases, fosfatases, e amilases tem sua atividade reduzida em decorrência de uma redução da qualidade fisiológica (HENNIG et al., 2010) como observado no lote de baixo teor nutricional sem a adição de nutrientes.

Um aumento da atividade da enzima α -amilase ocorreu quando as sementes de baixo teor nutricional foram submetidas a suplementação mineral (Tabela 8). Isso pode ter acontecido porque a atividade catalítica das enzimas é controlada por cofatores como os íons metálicos como Mg^{++} e Ca^{++} que atuam na sua ativação (PIMENTEL et al., 2012). Essa

mesma tendência pode ser observada na Figura 1 ao analisar-se o comportamento da atividade da enzima α -amilase aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura em que independente do lote de sementes na presença de suplementação mineral, a qual contém íons metálicos em sua formulação, a atividade da enzima foi otimizada. Além disso, observou-se uma maior atividade da enzima aos dois dias após a semeadura e ao longo dos dias ocorreu uma redução da atividade da enzima provavelmente em função de uma diminuição dos teores de carboidratos nas reservas dos cotilédones corroborando com os resultados encontrados por Oliveira et al. (2013) que observaram maior atividade da enzima α -amilase após a embebição de sementes de milho. No entanto diferentemente dos resultados encontrados neste trabalho, Xie et al. (2007) ressaltam que em sementes de milho a atividade da enzima é aumentada a partir dos 4 dias após o início da embebição e tem sua máxima expressão entre os 5 e 7 dias. Isso acontece em função de, nas sementes de milho, a camada de aleurona ter capacidade de secretar grande quantidade de α -amilase por mais tempo, o que não ocorreu nas sementes de soja provavelmente pela ausência desta estrutura.

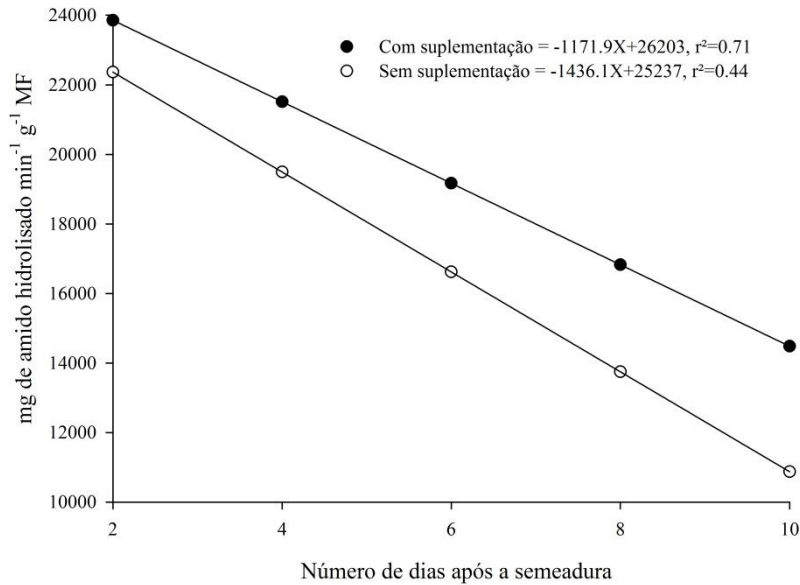
Tabela 8 - Atividade da enzima α -amilase da cultivar BMX Potência para lotes de baixo e alto teor nutricional submetidas ou não a suplementação mineral via tratamento de sementes. UFSM, Santa Maria, 2016.

TS	Lotes		Média
	Baixo TN	Alto TN	
----- α -amilase (mg de amido hidrolisado min ⁻¹ g ⁻¹ MF)-----			
Sem TS	12338,10b ¹ B ²	20699,13aA	16518,56
Com TS	18795,60aA	19547,99aA	19171,30
Média	15566,80	20123,51	

¹ Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o tratamento de sementes dentro de cada lote pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

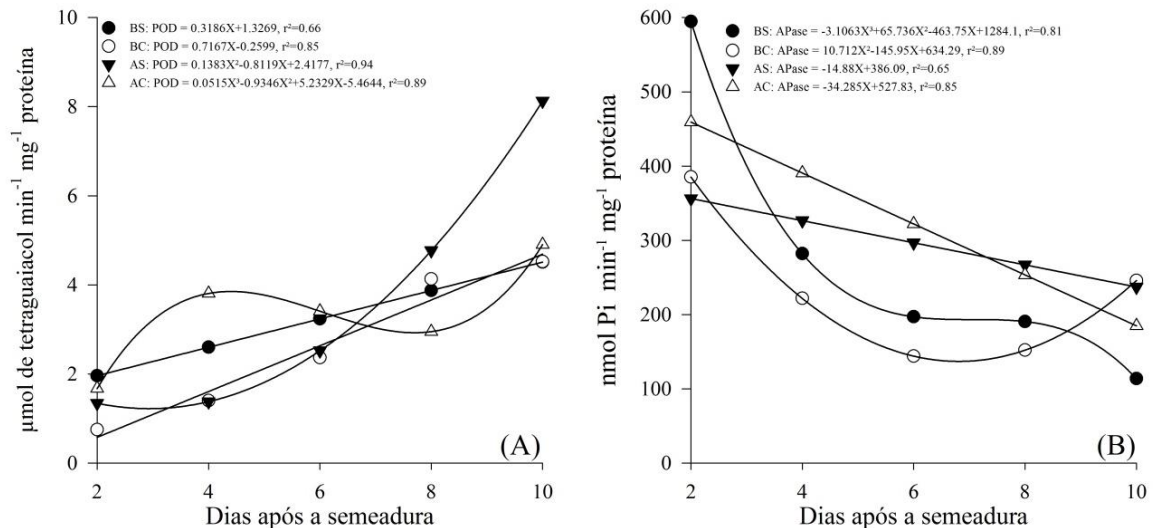
² Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem a 5% de probabilidade de erro e comparam o lote dentro de cada tratamento de sementes pelo teste Scott-Knott, p>0,05.

Figura 1- Atividade da enzima α -amilase em cotilédones de plântulas de soja da cultivar BMX Potência RR com e sem suplementação mineral via tratamento de sementes avaliados aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura.



A atividade da enzima POD ao longo dos momentos de avaliação aumentou no sistema radicular independente do lote e tratamento de sementes com suplementação mineral (Figura 2) acompanhado de um aumento no Csr e Vsr e Msr (Tabela 5 e 6). Isso aconteceu porque a POD faz parte do sistema antioxidante das plântulas, a qual é responsável pela remoção do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), uma das espécies reativas de oxigênio (EROs), o qual foi removido de forma eficiente, evitando a ocorrência de danos nos lipídios da membrana, proteínas e DNA (MITTLER, 2002; HAMMEED et al., 2011) e colaborando para o crescimento das plântulas por torná-las menos suscetíveis a ação deletéria das EROs (CARVALHO et al., 2014). Comportamento similar ocorreu para a atividade da POD (Figura 3), Cpa e Mspa na parte aérea das plântulas ao longo dos momentos de avaliação (Tabela 5).

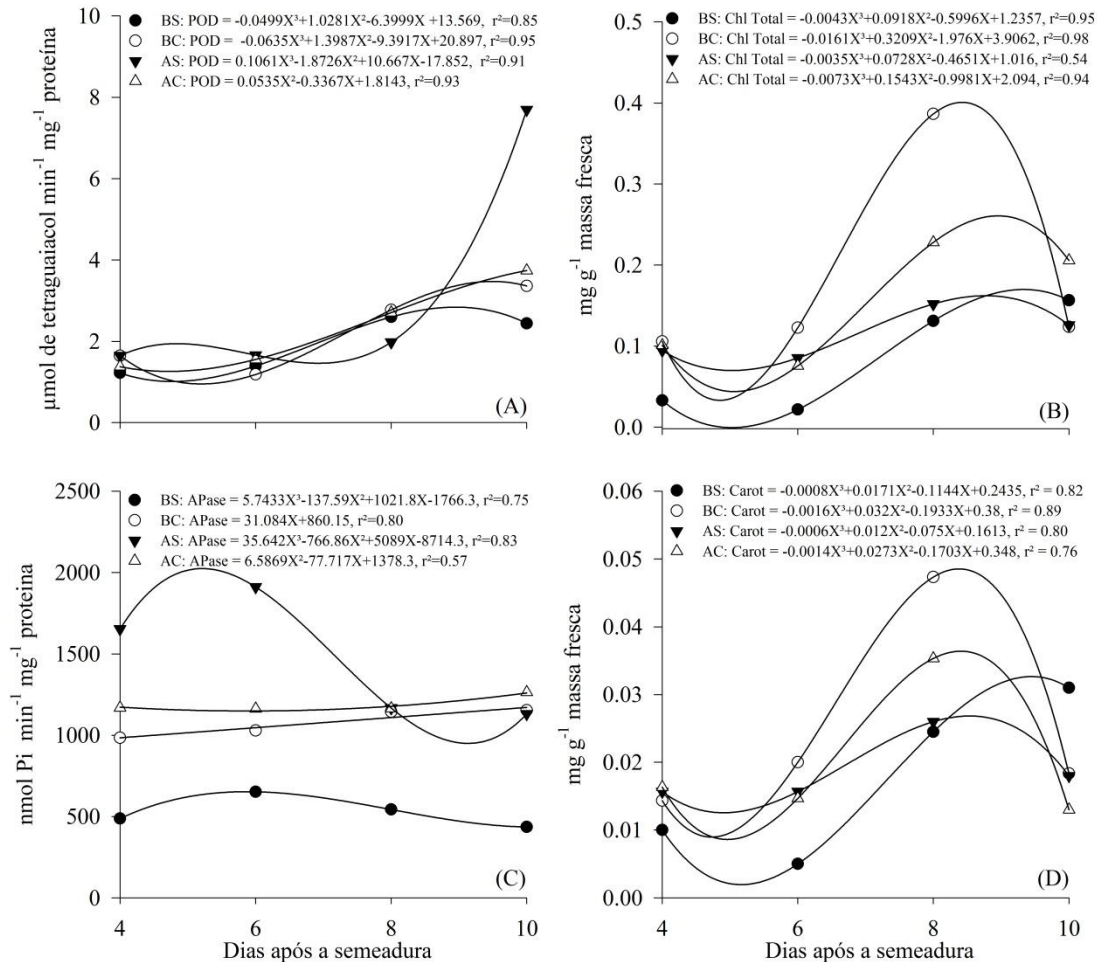
Figura 2. Atividade das enzimas guaiacol peroxidase (POD) (A) e fosfatase ácida (APase) (B) no sistema radicular de plântulas de soja da cultivar BMX Potência RR submetidas ou não a suplementação mineral avaliados aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura.



BS: sistema radicular de plântulas originadas de sementes de baixo teor nutricional sem suplementação mineral;
 BC: sistema radicular de plântulas originadas de sementes de baixo teor nutricional com suplementação mineral;
 AS: sistema radicular de plântulas originadas de sementes de alto teor nutricional sem suplementação mineral;
 AC: sistema radicular de plântulas originadas de sementes de alto teor nutricional com suplementação mineral.

Comparando os lotes, a atividade da POD na parte aérea (Figura 3) ao final dos momentos de avaliação, foi menor no lote de baixo teor nutricional sem suplementação mineral, corroborando com os dados de Cpa e MSpa para este lote, os quais apresentam menor desempenho. Isso aconteceu porque a manutenção da atividade de isoenzimas dos sistemas antioxidantes como a POD são importantes para o crescimento das plântulas, pois atuam na remoção e redução de espécies reativas de oxigênio (EROs) que podem causar danos celulares (MOLLER et al., 2007; DEUNER et al., 2011) e consequentemente afetar a qualidade das sementes. No entanto, esse mesmo comportamento não foi observado quando as sementes de baixo teor nutricional foram submetidas a adição de nutrientes em que a atividade da enzima e crescimento inicial das plântulas foi semelhante ao lote de alto teor nutricional com suplementação mineral até os 10 dias após a semeadura provavelmente porque uma maior disponibilidade de nutrientes ativa a enzima.

Figura 3. Atividade das enzimas guaiacol peroxidase (POD) (A), fosfatase ácida (APase) (C), teor de clorofila total (Chl Total) (B) e carotenoides (Carot) (D) na parte aérea de plântulas de soja da cultivar BMX Potência RR submetidas ou não a suplementação mineral avaliados aos 4, 6, 8 e 10 dias após a semeadura.



BS: parte aérea de plântulas originadas de sementes de baixo teor nutricional sem suplementação mineral; BC: parte aérea de plântulas originadas de sementes de baixo teor nutricional com suplementação mineral; AS: parte aérea de plântulas originadas de sementes de alto teor nutricional sem suplementação mineral; AC: parte aérea de plântulas originadas de sementes de alto teor nutricional com suplementação mineral.

A atividade da enzima APase no sistema radicular diminuiu ao longo dos períodos de avaliação (Figura 2). Isso porque esta enzima catalisa a hidrólise de uma ampla variedade de monoésteres de fosfato, liberando fosfato inorgânico (Pi) de substratos fosforilados que ao longo da germinação e desenvolvimento das plântulas vão sendo utilizadas para o crescimento (BRANSCHIED et al., 2010). Observou-se ainda uma redução mais acentuada da atividade enzimática no lote de baixo teor nutricional sem a suplementação mineral. Neste lote esta redução da atividade da enzima aconteceu mais rapidamente em função da menor quantidade de fósforo das reservas (Tabela 1), dessa forma menos energia para a manutenção do metabolismo vegetal e crescimento inicial foi disponibilizada conforme observado também no

teste de primeira contagem da germinação e crescimento inicial de plântulas (Tabela 3 e 5). Nos lotes com suplementação mineral, esta redução na atividade pode estar relacionada com a liberação gradual do fósforo (P) proveniente da suplementação, a qual disponibiliza o P numa forma prontamente assimilável pela planta (forma inorgânica). Por outro lado, nos lotes sem suplementação mineral, a deficiência de P deveria promover um aumento na atividade da enzima, o que não aconteceu nesse estudo. Assim, pode-se sugerir que algum fator próprio da semente esteja impedindo essa ativação da APase em raízes.

A atividade da APase na parte aérea nos lotes de alto e baixo teor nutricional sem a suplementação mineral aumentou nos primeiros dias após a semeadura (Figura 3), sendo que a maior atividade foi observada no lote de alto teor nutricional sem suplementação. Isso indica que uma maior disponibilidade de P orgânico presente nas sementes promove a ativação da enzima para que este seja mobilizado. Esse mesmo comportamento não foi observado no lote de alto teor com suplementação em função da disponibilidade de P inorgânico estar inibindo a sua atividade. No entanto, para o lote de baixo teor nutricional a enzima APase se comportou de forma inversa uma vez que a maior atividade da enzima se deu na presença de suplementação mineral.

Ainda na figura 3, observou-se que na presença de suplementação mineral, a qual disponibiliza P na forma inorgânica, prontamente assimilável pela planta, ocorreu um aumento na atividade da APase na parte aérea com o decorrer dos dias após a semeadura. Isso deve ao fato que o P fornecido pela suplementação foi inicialmente aproveitado pelo embrião/plântula para o desenvolvimento e, posteriormente a demanda de P passa a ser suprida, unicamente, pelas reservas da semente.

Os teores de Chl total e carotenoides apresentam, independente do lote e tratamento de sementes um aumento aos 8 dias após a semeadura e decrescem aos 10 dias após a semeadura (Figura 3). Esse aumento até os oito dias após a semeadura pode ter acontecido devido ao fato de estar ocorrendo uma utilização dos nutrientes das reservas das sementes para a biossíntese desses pigmentos, os quais se exauriram após esse período, indicando que a plântula não está utilizando os nutrientes fornecidos pela suplementação mineral para a biossíntese de pigmentos conforme ressaltam Jiang et al. (2009) alterações na quantidade de pigmentos pode ser um indicativo de que algum dano pode estar ocorrendo no aparato fotossintético em razão de algum estresse biótico ou abiótico, como a deficiência de nutrientes. A maior produção de Chl total e carotenoides ocorreu no lote de baixo teor nutricional com suplementação mineral. Estes resultados corroboram com os encontrados, neste estudo, para a primeira contagem da

germinação e desenvolvimento inicial de plântulas, em que este lote apresentou maior resposta a adição de nutrientes, indicando uma maior absorção dos mesmos.

3.4 CONCLUSÃO

Sementes com maior quantidade de reservas armazenadas apresentam maior desempenho em relação à qualidade fisiológica e desenvolvimento inicial de plântulas.

A suplementação mineral via tratamento de sementes influenciou positivamente a qualidade fisiológica e desenvolvimento de plântulas no lote de baixo teor nutricional.

A suplementação mineral influenciou a atividade das enzimas α -amilase nos cotilédones e, POD e APase na parte aérea das plântulas provenientes de sementes do lote de baixo teor nutricional.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOSA - Association of Official Seed Analysts Seed vigor testing handbook. **Contribution to the Handbook on seed testing**. n.32 (Ed.). 1983.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p.373-399, 2004.

BISHNOI, U. R.; KAUR, G.; KHAN, M. H. Calcium, phosphorus, and harvest stages effects soybean seed production and quality. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, p.2119–2127, 2007.

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

BRANSCHIED, A. Expression pattern suggests a role of MiR399 in the regulation of the cellular response to local Pi increase during arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Molecular Plant Microbe Interactions**, v.23, p.915–926, 2010.

CAMPO, J. R.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. **Field Crops Research**, v.110, p.219 – 224, 2009.

CARVALHO, E. R. et al. Isozyme alterations in soybean cultivar seeds at different storage conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p. 967-976, 2014.

Ching, T. M. Biochemical aspects of seed vigour. **Seed Science and Technology**, v.1, p. 73-88, 1973.

DEUNER, C. et al. Viability and antioxidant activity in seeds of cowpea genotypes submitted to salt stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.711-720, 2011.

DODE, J. de S. et al. Respiration test soybean seed as related of physiological quality. **Ciência Rural**, v.43, p.193-198, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistic alanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

FRANCO, O. L. et al. Plant a-amylase inhibitors and their interaction with insect a-amylases. **Europen Journal Biochemistry**, v.269, p.397-412, 2002.

GOYOAGA, C. et al. Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of Viciafaba. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.24, n.391–397, 2011.

HENDRY, G. A. et al. Methods in comparative plant ecology. **A laboratory manual**, p.148-152. (Eds.). 1993.

HOJJAT, S.S. Effects of seed size on germination and seedling growth of some lentil genotypes (*Lens culinaris Medic.*). **International Journal Agriculture Crop Science**, v.3, p.1–5, 2011.

ISHIBASHI, Y. et al. Regulation of soybean seed germination through ethylene production in response to reactive oxygen species. **Annals of Botany**, v.1, p.1-8, 2013.

JIANG, H. X.; TANG, N.; ZHENG, J.G. Phosphorus alleviates aluminum- induced inhibition of growth and photosynthesis in *Citrus grandis* seedlings. **Physiol Plantarum**, v.137, p.298–311, 2009.

KIM, H.T. et al. Mobilization of storage proteins in soybean seed (*Glycine max L.*) during germination and seedling growth. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1814, p.1178-1187, 2011.

BACCHIERI, M. et al. Measurement of CO₂ an alternative method to differentiate vigor seed lots of watermelon. **Ciência Rural**, v.45, p.606-611, 2015.

MOLLER, I.M.; JENSEN, P.E.; HANSSON, A. Oxidativemodifications to cellular components in plants. **Annual Reviewof Plant Biology**, v.58, p.459-481, 2007.

OLIVEIRA, G.E. et al. Physiological quality and amylase enzyme expression in maize seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, p.40-48, 2013.

PACHECO, R.S. et al. Seeds enriched with phosphorus and molybdenum as a strategy for improving grain yield of common bean crop. **Field Crops Research**, v.136, p.97–106, 2012.

PEREIRA, W. A.; PEREIRA, S. M. A.; DIAS, D. C. F. S. Dynamics of reserves of soybean seeds during the development of seedlings of different commercial cultivars. **Journal of Seed Science**, v.7, p.63-69, 2015.

SAWAN, Z.M.; FAHMY, A. H.; YOUSEF, S. E. Effect of potassium, zinc an phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypiumbarbadense L.*). **Archives Agronomy Soil Science**, v.57, p.75–90, 2011.

SCHEEREN, B.R. et al. Physiological quality of soybean seeds and productivity. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.35-41, 2010.

SEYYEDI, S.M. et al. Influence of phosphorus and soil amendments on black seed (*Nigella sativa* L.) oil yield and nutrient uptake. **Industrial Crops and Products**, v.77, p.167–174, 2015.

SHAH, A.R.; ARA, N.; SHAFI, G. Seed priming with phosphorus increased germination and yield of okra. **African Journal Agricultural Research**, v.6, p.3859–3876, 2011.

SHAH, H. Seed priming improves early seedling growth and nutrient uptake in mungbean. **Journal Plant Nutrition**, v.35, n.805-816, 2012.

SHAH, H. et al. Seed priming improves early seedling growth and nutrient uptake in mungbean. **Journal Plant Nutrition**, v.35, p.805–816, 2012.

SIADAT, S. A.; MOOSAVI, A.; ZADEH, M. S. Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different aging treatments. **Research Journals of Seed Science**, v.5, p.51-62, 2012.

SIMOVA-STOILOVA, L. et al. Antioxidative protection in wheat varieties under severe recoverable drought at seedling stage. **Plant Soil Environmental**, v.54, p.529-536, 2008.

TABALDI, L. A. et al. Effects of metal elements on acid phosphatase activity in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, n.43-48, 2007.

WHITE, P.J.; VENEKLAAS, E.J. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. **Plant Soil**, v.35, p.1–8, 2012.

XIE, Z. et al. Salicylic acid inhibits gibberellin-induced alpha-amylase expression and seed germination via a pathway involving an abscisic-acid-inducible WRKY gene. **Plant Molecular Biology**, n.64, p.293-303, 2007.

ZERAIK, A. E.; SOUZA, F. S.; FATIBELLO-FILHO, O. Development of a spot test for peroxidase activity monitoring during a purification procedure. **Química Nova**, v.31, p.731-734, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em sementes de soja a composição química, ou seja, a quantidade de nutrientes disponibilizada para o processo germinativo e posterior crescimento do sistema radicular e parte aérea tem influencia significativa sobre a qualidade fisiológica, contribuindo para uma maior uniformidade e velocidade de emergência em campo e estabelecimento do estande de plantas na lavoura e resultando em maiores produtividades.

O uso de produtos que visam promover o desempenho de sementes como, neste caso, a aplicação de nutrientes via tratamento de semente mostrou-se uma alternativa promissora de ser utilizada nos experimentos de laboratório, onde existem condições ótimas para a germinação, crescimento das plântulas bem como absorção do produto pelas sementes.

No entanto, os resultados obtidos em campo, onde as sementes e plântulas estão submetidas a condições adversas para a germinação e desenvolvimento de plântulas e, além disso, o produto adicionado está em contato com o solo, apenas em dois, dos quatro experimentos realizados apresentaram efeitos da suplementação mineral via tratamento de sementes na produtividade de grãos e, em apenas um deles o incremento de produtividade foi superior em relação a qualidade do lote. Dessa forma, fica claro que, deve-se sempre priorizar a produção e utilização de sementes de alta qualidade, uma vez que a grande contribuição de nutrientes para o desenvolvimento inicial das plântulas provém das próprias reservas e não de fontes externas as quais seus benefícios em relação ao desempenho das plântulas dependem da sua condição nutricional e qualidade fisiológica.

Cabe ressaltar ainda que a suplementação mineral em sementes é uma tecnologia promissora, principalmente em casos em que o produtor rural tenha a disposição sementes pouco vigorosas, uma vez maiores respostas em relação ao tratamento de sementes foram observadas nos lotes baixo teor nutricional.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **Hort Science**, v.15, n.6, p.765-771, 1980.
- AVELAR, S. A. G. et al. Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, v.41, n.10, 2011.
- AYOOLA, O. T. Yield performance of crops and soil chemical changes under fertilizer treatments in a mixed cropping system. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.26, p.4018-4021, 2010.
- BALL, P. Water as an active constituent in cell biology. **Chemical Reviews**. p.74-108, 2008.
- BAMBARA, S.; NDAKIDEMI, P. A. Effects of Rhizobium inoculation, lime and molybdenum on nitrogen fixation of nodulated *Phaseolus vulgaris* L. **African Journal of Microbiology Research**, v.4, n.9, p.682-696, 2010.
- BARBER, S. A. **Soil Nutrient Bioavailability: A mechanistic Approach**. John Wiley and Sons, 1984, 398p.
- BERGMANN, W. **Nutritional Disorders of Plants – Development, Visual and Analytical Diagnosis**, 1992, 741p.
- BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32, n 1, p 31-34, 2002.
- BINSFELD, J. A. et al. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.1, p.88-94. 2014.
- BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. p.109-123, 2004.
- BURTON, M. G.; LAUER, M. J.; Mc DONALD, M. B. Calcium effects on soybean seed production elemental concentration and seed quality. **Crop Science**, v.40, p.476–482, 2000.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Funep, 2000, 588p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos, safra 2012/13. Sexto levantamento, Março/2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_03_11_15_20_36_boletim_graos_marco_2016.pdf. Acesso em: 17 de março de 2016.

COSTA, P. N.; BUENO, S. S. C.; FERREIRA, G. Fases da germinação de sementes de *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.253-260, 2011.

EVANGELISTA, J. R. M. et al. Tratamento de sementes de milho e adubação foliar e seus efeitos sobre o desempenho da cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.109-113, 2010.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K. H. M. Micronutrient application through seed treatments – a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.12, n.1, p.125-142, 2012.

HENNING, F. A. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. *Bragantia*, v.69, n.3, p.727-734, 2010.

HORST, W. J.; WANG, Y. X.; ETICHA, D. The role of the root apoplast in aluminium-induced inhibition of root elongation and in aluminium resistance of plants: a review. **Annals of Botany**, v.106, n.1, p.185–197, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. EMBRAPA, p. 48, 2001. (Circular Técnica, 35).

JUNIOR, A. C. G. et al. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.3, p. 660-666, 2010.

KAISER, B. N. et al. D. The role of molybdenum in agricultural plant production. **Annals of Botany**, v.96, n.5, p.745–754, 2005.

KANNAN, S.; RAMANI, S. Studies on molybdenum absorption and transport in bean and rice. **Plant Physiology**, v.62, n.2, p.179–181, 1978.

KHURANA, M. D.; SHARMA; KHANDELWAL, P. D. Lipid profile in smokers and tobacco chewers a comparative study. **The Journal of the Association of Physicians of India**, v.48, p.895-897, 2000.

KRUEGER, K. et al. Phosphorus and potassium fertilization effects on soybean seed quality and composition. **Crop Science**, v.53, n.2, p.602–610, 2013.

LAMOND, R. E.; WESLEY, T. L. In Season Fertilization for High Yield Soybean Production. **Better Crops With Plant Food**, v. 85, n.2, p. 6-7, 2001.

LANA, R. M. et al. Cobalt and molybdenum concentrated suspension for soybean seed treatment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1715-1720, 2009.

LEI, X. G.; STAHL, C. H. Biotechnological development of effective phytases for mineral nutrition and environmental protection. **Applied Microbiological Biotechnology**, v.57, p.474-481, 2001.

- LOTT, J. N. et al. **Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate**, 1 ed. Seed Science Research, v.10, p.11-33, 2000.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2015, 659p.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV. 2005. 451 p.
- MARSCHNER, H.; MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral nutrition of higher plants**, 3 ed. Academic press. 2012. 672 p.
- MARTÍNEZ, C. et al. El ácido fítico en la alimentación humana. **Food Science and Technology International**, v.2, n.4, p. 201-209, 1996.
- MARTINOIA, E.; MAESHIMA M.; NEUHAUS, H. E. Vacuolar transporters and their essential role in plant metabolism. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.1, p.83–102, 2007.
- MEAGHER, W. R.; JOHNSON, C. M.; STOUT, P. R. Molybdenum requirement of leguminous plants supplied with fixed nitrogen. **Plant Physiology**, v.27, n.2, p. 223–230, 1952.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**, 3 ed. Bern: International Potash Institute, 1982. p.295-318.
- MENGEL, K. et al. **Principles of Plant Nutrition**. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- MEURER, E. J.; MA WANG, G.; WANG, S. R. Função dos nutrientes e sintomas de deficiências. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C.(Ed.). **A soja no Brasil**. p.156-167, 1981.
- MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant and Soil**, v.274, n.1, p.3-6, 2004.
- NGUYEN, H. et al. Effects of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in North Vietnam. **Journal of plant Nutrition**, v.25, n.3, p. 425-442, 2002.
- OWEN, A. G.; JONES, D. L. Competition for amino acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. **Soil Biology and Biochemistry**, v.33, n.4, p.651-657, 2001.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.
- POSSENTI, J. C; VILELLA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.143-150, 2010.
- PRANDO, A. M. et al. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, p.272-279, 2012.

RICHARD-MOLARD, C. et al. Plant response to nitrate starvation is determined by N storage capacity matched by nitrate uptake capacity in two *Arabidopsis* genotypes. **Journal of Experimental Botany**, v.59, n.4, p.779–791, 2008.

ROSSATO, L.; LAINE, P.; OURRY, A. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during the growth cycle: nitrogen fluxes within the plant and changes in soluble protein patterns. **Journal of Experimental Botany**, v.52 n.361, p.1655–1663, 2001.

RUELLAND, E. et al. Cold signalling and cold acclimation in plants. **Advances in Botanical Research**. v.49, p.35–150, 2009.

SATTELMACHER B.; HEINECKE I.; MÜHLING K. H. Influence of minerals on cytoplasmic streaming in root hairs of intact wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). **Plant and Soil**, v.155, p.107–110, 1993.

SCHAPIRE, A. L.; VALPUESTA, V.; BOTELLA, M. A. **Plasma membrane repair in plants**. *Trends in Plant Sciences*, 12 ed., v. 14, p. 645–652, 2009.

SINGH, B. et al. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. **Current Science**, v. 88, n.1, p. 36–44, 2003.

SINGH, N.; NISHA, K. Role of potassium fertilizer on nitrogen fixation in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under quantified water stress. **Journal of Agricultural Technology**, v.8, n.1, p.377-392, 2012.

SOLTANI, A., GHOLIPOOR, M.; ZEINALI, E. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v.55, p.195-200, 2006

STROTHER, S. Homeostasis in germinating seeds. **Annals of Botany**, v.45, n.2, p. 217-218, 1980.

TAIRO, E. V. ; NDAKIDEMI P. A. Micronutrients uptake in soybean (*Glycine max* L.) as affected by *Bradyrhizobium japonicum* inoculation and phosphorus (p) supplements. **World**, v.1, n.1, p. 1-9, 2013.

UCHIDA, R. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. **Plant nutrient management in Hawaii's soils**. p.31-55, 2000.

VERTUCCI, C. W. The kinetics of seed imbibition. In: Crop Science Society of America. **Seed moisture**. p.93-115, 1989.

WAKEEL, A. et al. In vitro effect of different Na^+/K^+ ratios on plasma membrane H^+ ATPase activity in maize and sugarbeet shoot. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.49, p.341-345, 2011.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**. v.92, p.487–511, 2003.

ZAMBIAZZI, E. V. et al. Potassium Fertilization and Physiological Soybean Seed Quality. **Agricultural Sciences**, v. 5, p.984-991, 2014.

ANEXOS

ANEXO A - Análise de solo área experimental da Coxilha do Departamento de fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. UFSM, Santa Maria, 2015.

Amostra	Nº registro	Diagnóstico para acidez do solo e calagem				Índice SMP
		pH água 1:1	H+Al cmol/dm ³	Al -----Saturação (%)-----	Bases	
2013/14	29371	5,1	7,9	10,5	47,8	5,6
2014/15	17185	5,2	4,4	6,1	67,5	6,0

Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S						
% M.O.	% Argila	S	P-melich	CTC pH7	K	
-----m/v-----	-----	-----mg/dm ³ -----	-----	cmol/dm ³	mg/dm ³	
2013/14	2,2	33,5	25,0	17,3	14,7	84,0
2014/15	2,4	24,0	12,0	12,6	13,7	108,0

Laudo emitido pelo Laboratório de Análise de Solo da UFSM. Determinado em analisador elementar de combustão seca.

ANEXO B - Laudo de análise de fertilizante mineral líquido

Elemento	Concentração
	-----mg L ⁻¹ -----
Nitrogênio	54,28
Fosforo Total	200,4
Cálcio	20,88
Potássio	21,71
Magnésio	10,02
Manganês	30,89
Cobre	8,68
Zinco	18,37
Boro	8,35
Cobalto	3,34
Molibidênio	197,89
Níquel	1,67