

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL LUCAS DE JESUS

MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DO MORANGUEIRO EM
CULTIVO SEMI-HIDROPÔNICO

CURITIBA

2018



GABRIEL LUCAS DE JESUS

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DO MORANGUEIRO EM
CULTIVO SEMI-HIDROPÔNICO**

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

Orientadora: Prof. Dra. Francine L. Cuquel

Coorientadores: Prof. Dr. Volnei Pauletti
Prof. Dra. Maria A. C. Zawadneak.

CURITIBA

2018

J58m

Jesus, Gabriel Lucas de

Manejo da adubação nitrogenada do morangueiro em cultivo semi-hidropônico / Gabriel Lucas de Jesus. - Curitiba, 2018.

112 p.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - (Produção Vegetal).

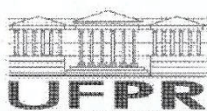
Orientadora: Francine Lorena Cuquel

Coorientador: Volnei Pauletti

Coorientadora: Maria A. C. Zawadneak

1. Hidroponia. 2. Fertirrigação. 3. Adubação nitrogenada. 4. Morango - Cultivo. I. Cuquel, Francine Lorena. II. Pauletti, Volnei. III. Zawadneak, Maria A. C. IV. Título. V. Universidade Federal do Paraná.

CDU 634.75: 631.589.2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL)

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **GABRIEL LUCAS DE JESUS** intitulada: **MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DO MORANGUEIRO EM CULTIVO SEMI-HIDROPÔNICO**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 03 de Agosto de 2018.

FRANCINE LORENA CUQUEL

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

THIAGO RANZAN

Avaliador Externo (PUC/PR)

ANTONIO CARLOS VARGAS MOTTA

Avaliador Externo (UFPR)

RESUMO

O sistema de produção de morangos no Brasil vem mudando, e cada vez mais ocorre a adesão dos produtores pelo cultivo semi-hidropônico, popularmente chamado de cultivo fora do solo. Sendo o nitrogênio um dos principais nutrientes que influencia o desenvolvimento da planta e a qualidade do fruto, este trabalho teve por objetivos verificar as interferências da relação $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ da solução nutritiva em variáveis bioquímicas e de crescimento vegetativo da planta, além da qualidade dos frutos de morango, e definir a dose de nitrogênio a ser aplicada no sistema semi-hidropônico que proporcione a maior produção e qualidade dos frutos de morango. Para isso foram conduzidos dois experimentos, utilizando substrato orgânico comercial composto de casca de arroz carbonizada e casca de pinus compostada. No primeiro experimento, mudas de morangueiro da cultivar 'San Andreas' foram fertirrigadas com soluções nutritivas compostas por proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ de 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100. No segundo experimento, mudas da cultivar 'Albion' foram submetidas a doses de nitrogênio de 50; 100; 150; 200 e 250 mg.L^{-1} . As proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ influenciaram as características bioquímicas e vegetativas das plantas em dois períodos denominados vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio). A relação de 71:29 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ promoveu maior desenvolvimento da planta e melhores características físico-químicas dos frutos. Com relação as doses de nitrogênio as características bioquímicas e vegetativas das plantas analisadas também foram afetadas em ambos períodos avaliados (60 e 120 dias após o plantio). Levando em consideração o desenvolvimento da planta e a qualidade físico-química dos frutos, a dose de nitrogênio indicada no cultivo semi-hidropônico foi de 153 mg.L^{-1} .

Palavras chaves: Cultivo fora do solo; fertirrigação; nitrogênio; nitrato; amônio, substrato orgânico.

ABSTRACT

The system of production of strawberries in Brazil has been changing and occurs more adhesion of the producers by the semi-hydroponic cultivation, popularly called soilless cultivation. Nitrogen is one of the main nutrients that influence plant development and fruit quality. The objective of this work was to verify the interferences of the $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratio of the nutrient solution in biochemical variables and vegetative growth of the plant as well as the quality of strawberry fruits and define the dose of nitrogen to be applied in the semi-hydroponic system that provides the highest production and quality of strawberry fruits. Two experiments were carried out using a commercial organic substrate from the company Agrofior, composed of carbonized rice hulls and composted pine bark. In the first experiment, strawberry seedlings of the 'San Andreas' cultivar were fertigated with nutrient solutions composed of $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratios of 100: 0; 75:25; 50:50; 25:75 and 0: 100. In the second experiment, seedlings of the 'Albion' cultivar were submitted to nitrogen doses of 50; 100; 150; 200 and 250 mg.L^{-1} . The proportions of $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ influenced the biochemical and vegetative characteristics of the plants in two periods called vegetative (60 days after planting) and reproductive (120 days after planting). The 71: 29 ratio of $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ promoted greater plant development and better physical-chemical characteristics of fruits. Regarding the nitrogen doses, the biochemical and vegetative characteristics of the analyzed plants were also affected in both evaluated periods (60 and 120 days after planting). Taking into consideration the development of the plant and the physical-chemical quality of the fruits, the nitrogen dose indicated in the semi-hydroponic culture was 153 mg.L^{-1} .

Key words: Soilless cultivation; fertigation; nitrogen; nitrate; ammonium, organic substrate.

AGRADECIMENTOS

Desafio tão grande quanto escrever esta dissertação, foi utilizar apenas uma página para expressar meu agradecimento as pessoas que fizeram parte dessa jornada de desafio, construção e amadurecimento. Nenhum empreendimento é realizado de forma fácil e sem esforço. Já dizia o velho ditado que “O pessimista reclama do vento, o otimista espera que ele mude, o realista ajusta as velas”. Como marinheiros de nossas vidas, devemos a todo instante ajustar nossas velas.

Inicio agradecendo a Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer, por Sua eterna compreensão e tolerância, por Seu infinito amor, pela Sua voz “invisível” que não me permitiu desistir e principalmente por ter me dado uma família tão especial, enfim, obrigado por tudo.

À minha maravilhosa família, pela base, pelos princípios, pelo carinho, pelo amor e todo o imprescindível apoio no decorrer dessa caminhada. Em especial meus pais, Alexandre e Célia, base da minha educação e amor.

À professora Dr^a. Francine Lorena Cuquel pela excelente orientação, por todos os ensinamentos, pela paciência, pelo exemplo e preparo para vida profissional. Pelo majestoso conhecimento e pelos “ditados” sempre oportunos. Serei sempre grato por essa imensa oportunidade!

Ao professor Dr. Volnei Pauletti pela eximia co-orientação, paciência, exemplo de profissional e de ser humano. Sempre ajustando as velas nesse oceano acadêmico. Serei sempre grato por todos esses anos de parceria!

À professora Dr^a. Maria A. C. Zawadneak e ao Eng Agr. Hugo Reis Vidal pelos ensinamentos e experiência de todos esses anos com os morangos! Guardarei comigo sempre o aprendizado!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa. À UFPR, por todo o apoio institucional e financeiro na realização do presente estudo. Às empresas Agrofior® e BioAgro pela contribuição na pesquisa.

E agradeço imensamente, aos mais importantes amigos e irmãos de vida que sempre estiveram comigo em todos os momentos e aos que me ajudaram de alguma forma! Sem vocês, nada seria possível. Dá-lhe CANABRAVA!

*"Crux Sacra Sihi mihi lux,
Non draco sihi mihi dux,
Vade retro satana!,
Nunquan suad mihi vana,
Sunt mala quae libas,
Ipse venena bibas..."*
(Oração de São Bento)

*"Se Nosso Senhor Jesus Cristo não
existe MATERIALMENTE neste mesmo
instante, NADA existiu materialmente
jamais."*

(Olavo de Carvalho)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Toilette em mudas de morango da cultivar 'San Andreas'	43
Figura 2. A - Disposição dos vasos plantados com a cultivar 'San Andreas'. B - Muda de morango plantada no respectivo vaso utilizado	44
Figura 3. Estufa utilizada, tipo capela, para condução do experimento	45
Figura 4. Temperatura mínima, média e máxima durante a condução do experimento	45
Figura 5. Balde com a solução nutritiva diluída, preparada e pronta para ser aplicada	47
Figura 6. Trifólio do morangueiro 'San Andreas' utilizado para medição linear	48
Figura 7. Etapas da análise foliar: A e B - moagem da amostra seca; C - digestão e D – leitura	49
Figura 8. Extração do material vegetal do morangueiro 'San Andreas' para quantificação foliar de clorofila, açúcares totais e redutores	50
Figura 9. Análises físico-químicas dos frutos de morango da cultivar 'San Andreas'	52
Figura 10. Teor foliar de nitrogênio total nas folhas da cultivar de morangueiro 'San Andreas' de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio), em cultivo semi-hidropônico	55
Figura 11. Perda de massa seca aérea da cultivar de morangueiro 'San Andreas' após o período de 160 dias do plantio das mudas, de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, em cultivo semi-hidropônico	57

Figura 12. Evolução dos sintomas relativos ao excesso de NH_4^+ em plantas sob o tratamento 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, onde: a) Início de sintoma, b) Sintoma agravado, c) Vista aérea da planta e d) Morte da folha	58
Figura 13. Teor de clorofila foliar da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio), em cultivo semi-hidropônico	59
Figura 14. Área foliar da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio)	60
Figura 15. Teor de açúcares totais e redutores da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, no período reprodutivo (120 dias após o plantio), em cultivo semi-hidropônico.....	61
Figura 16. Firmeza de polpa dos frutos da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, em cultivo semi-hidropônico.....	62
Figura 17. A - Mudas importadas de morangueiro cultivar ‘Albion’; B – Detalhe da caixa onde são transportadas as mudas, importada pela empresa BioAgro	71
Figura 18. Disposição dos vasos plantados com a cultivar ‘Albion’.....	71
Figura 19. Temperatura mínima, média e máxima durante a condução do experimento, no interior da estufa	73
Figura 20. Teores de foliares de nitrogênio total (A) e de enxofre (B) da cultivar de morangueiro ‘Albion’, de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio)	78

Figura 21. Sintoma de deficiência de nitrogênio no morangueiro cultivar 'Albion', quando submetido à concentração de 50 mg.L ⁻¹ de N na solução nutritiva, em sistema semi-hidropônico	79
Figura 22. Teores foliares de clorofila total da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio)	81
Figura 23. Área foliar (A) e teores foliares de açúcares totais e redutores (B) da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com doses de nitrogênio na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio)	82
Figura 24. Da menor dose de 50 mg.L ⁻¹ (esquerda) para maior dose 250 mg.L ⁻¹ (direita) a) Folhas destacadas e b) Plantas <i>in vivo</i> do morangueiro 'Albion'	83
Figura 25. Massa aérea acumulada da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio aplicadas na solução nutritiva	84
Figura 26. Sólidos solúveis totais (A) e acidez total titulável (B) dos frutos da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva	86
Figura 27. Características físico-químicas do SST/ATT (<i>ratio</i>) (A) e da firmeza de polpa dos frutos (B) da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais produtores mundiais de morango no ano de 2016	19
Tabela 2. Área, produção e valor bruto de produção (VBP) paranaense de frutas no ano de 2015	20
Tabela 3. Características químicas e físicas iniciais do substrato comercial orgânico utilizado no experimento proveniente da empresa Agrofior.....	43
Tabela 4. Concentração (mg.L^{-1} e mmol.L^{-1}) dos macronutrientes presentes na solução nutritiva utilizada, de acordo com cada proporção de nitrato: amônio, baseada e modificada de FURLANI E FERNANDES JÚNIOR (2004)	46
Tabela 5. Concentração dos sais comerciais utilizados para formulação das quantidades dos macronutrientes mencionados na Tabela 4	46
Tabela 6. Características químicas e físicas iniciais do substrato comercial orgânico utilizado no experimento proveniente da empresa Agrofior	72
Tabela 7. Concentração (mg.L^{-1} e mmol.L^{-1}) dos macronutrientes presentes na solução nutritiva utilizada, de acordo com quantidade de nitrogênio total, baseada e modificada de FURLANI E FERNANDES JÚNIOR (2004).....	74
Tabela 8. Concentração dos sais comerciais (mM) utilizados para formulação das quantidades dos macronutrientes mencionados na Tabela 8 ...	74

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018 106
- Anexo 2. Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018 106
- Anexo 3. Regressão na análise de variância da área foliar e análises bioquímicas foliares no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018 107
- Anexo 4. Regressão na análise de variância da massa seca, área foliar e análises bioquímicas foliares no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018 107
- Anexo 5. Regressão na análise de variância das variáveis físico-químicas dos frutos da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018 108
- Anexo 6. Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes dosagens de nitrogênio total. Curitiba, 2018. 109
- Anexo 7. Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes dosagens de nitrogênio total. Curitiba, 2018 109

Anexo 8. Regressão na análise de variância da massa seca, área foliar e análises bioquímicas foliares no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes dosagens de nitrogênio total. Curitiba, 2018	110
Anexo 9. Regressão na análise de variância da massa seca, área foliar e análises bioquímicas foliares no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes dosagens de nitrogênio total. Curitiba, 2018	110
Anexo 10. Regressão na análise de variância das variáveis físico-químicas dos frutos da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes dosagens de nitrogênio total. Curitiba, 2018	111
Anexo 11 – Análise química do substrato orgânico utilizado no experimento antes do plantio e após as aplicações de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	112
Anexo 12 – Análise química do substrato orgânico utilizado no experimento antes do plantio e após as aplicações de diferentes doses de nitrogênio	112

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL	16
2.	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SITUAÇÃO DO MERCADO INTERNACIONAL E NACIONAL	19
2.2	CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E CULTIVARES DO MORANGUEIRO	21
2.3	EVOLUÇÃO DO CULTIVO TRADICIONAL AO CULTIVO SEM SOLO..	22
2.4	MANEJO NUTRICIONAL DO NITROGÊNIO NO CULTIVO SEMI-HIDROPÔNICO.....	25
2.5	ABSORÇÃO, ASSIMILAÇÃO E INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO NO DESENVOLVIMENTO DO MORANGUEIRO	28
2.6	QUALIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MORANGO INFLUENCIADAS PELO NITROGÊNIO E SUAS FORMAS	30
	REFERÊNCIAS	32
3.	DESENVOLVIMENTO DO MORANGUEIRO E QUALIDADE DOS FRUTOS COM PROPORÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA	40
	RESUMO	40
3.1	INTRODUÇÃO	41
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	42
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.4	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS	64
4.	DESENVOLVIMENTO DO MORANGUEIRO E QUALIDADE DOS FRUTOS SOB DOSES DE NITROGÊNIO NO SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO	68
	RESUMO	68

4.1	INTRODUÇÃO	69
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	70
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.4	CONCLUSÕES	88
	REFERÊNCIAS	89
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
	REFERÊNCIAS	95
	ANEXOS	106

1. INTRODUÇÃO GERAL

Apreciado pelo sabor e por seus benefícios para a saúde, devido à presença de antioxidantes e outros compostos de interesse nutricional, o morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) desperta há vários anos a atenção dos produtores e do mercado consumidor mundial e nacional (CUNHA JUNIOR *et al.*, 2012).

Os indicadores da Food and Agriculture Organization (FAO, 2016) são prova disso e evidenciam o constante crescimento da produção mundial – aproximadamente 26% nos últimos cinco anos. No cenário nacional, o Brasil figura entre os principais produtores da América do Sul (ANTUNES & PERES, 2013). A cultura é uma importante atividade nas famílias de pequenos agricultores (GOUVEA *et al.*, 2009), com produtividade média de 30 t.ha⁻¹, com destaque para estados do RS, PR, MG e SP. No Paraná, o cultivo do morango é o terceiro em importância dentre todas as frutas, cultivados em 723 ha (SEAB, 2015).

Com esse intenso aumento da produção de morangos, os produtores começaram a enfrentar dificuldades na condução das lavouras, tradicionalmente cultivadas em canteiros no solo. O aumento de fitopatógenos e pragas presentes no solo, aliado à resistência destes (grande parte devido a cultivos sucessivos), juntamente com a restrição da utilização de alguns produtos químicos, determinaram que regiões tradicionalmente produtoras de morango fossem impedidas de produzir (BORTOLOZZO *et al.*, 2007). Além disso, a ergonomia (posição de trabalho) é um fator importante que desestimulava o produtor, pois o cultivo necessita de grande mão de obra rente ao solo (ANDRIOLO *et al.*, 2009).

Neste panorama, buscaram-se sistemas alternativos sendo o cultivo semi-hidropônico, popularmente chamado de cultivo fora do solo, uma das soluções encontradas. A técnica já utilizada por alguns produtores de forma empírica, utiliza substrato como suporte para a ancoragem das plantas, proveniente de matérias primas minerais (vermiculita, perlita, etc.), orgânicas (casca de arroz carbonizada, casca de pinus, etc.) ou até mesmo da mistura das duas (ILHA, 2013). As vantagens da utilização do substrato são: diminuição de pragas e

fitopatógenos; ergonomia no manejo e na colheita, além da racionalização na aplicação de água e nutrientes.

Com a crescente adesão desse sistema, alguns desafios encontrados pelos produtores durante o cultivo se destacam, entre eles o manejo nutricional. Desde da década de 1920, existem diversos trabalhos com a nutrição dessa cultura, recomendando adubações para o morangueiro cultivado em solo (GARDNER, 1923; HOAGLAND & SNYDER, 1933; LOCASCIO & SAXENA, 1967; PAPADOPOULOS, 1987; SAZAKI, 1992; SONNEVELD & STRAVER, 1994; SAROOSHI & CRESSEWELL, 1994). Entretanto, quando o assunto é manejo nutricional no sistema semi-hidropônico, existe uma grande diferença na dinâmica dos nutrientes quando comparada com o solo.

O sistema exige ajustes da solução nutritiva de acordo com as condições reais de cultivo, nas quais o substrato interfere de maneira significativa sobre a disponibilidade de nutrientes para a planta (ILHA, 2013). O principal desafio encontrado pelos produtores, na transição do cultivo no solo para o semi-hidropônico, é a adequação desse manejo nutricional por conta de alguns fatores intrínsecos aos substratos orgânicos.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é um dos mais importantes para o morangueiro, pois desempenha inúmeras funções no metabolismo da planta, influenciando o crescimento, produção e qualidade dos frutos (TABATABAEI *et al.*, 2008). Alguns trabalhos conduzidos com morangueiro fora do solo evidenciaram sua influência nessas características (TAGLIAVINI, 2005; CALVETE *et al.*, 2007; CANTLIFFE *et al.*, 2007; ANDRIOLO *et al.*, 2011). No entanto, existem diferenças na quantidade e na forma de nitrogênio aplicada, ocorrendo grande variação nas concentrações máximas e mínimas de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (HENNION & VESCHAMBRE, 1997; PARANJPE *et al.*, 2003; FURLANI & FERNANDES JÚNIOR, 2004).

O sabor do morango, importante atributo de qualidade, depende basicamente da junção de diversos compostos voláteis e do equilíbrio entre ácidos e açúcares expressos na fruta (KALLIO *et al.*, 2000). Ou seja, as propriedades sensoriais estão fortemente relacionadas aos teores de sólidos solúveis, acidez total e sua razão (*ratio*) (TSS: AT) (MAGWAZA & OPARA, 2015). O termo qualidade engloba características físicas como tamanho da fruta, coloração da epiderme, aparência sadia (ausência de podridões, cicatrizes)

(MAGNANI *et al.*, 2009), além da firmeza de polpa, pois frutos com elevada firmeza são mais resistentes a manipulação e a podridões, conferindo maior vida pós-colheita, possuindo maior valor de mercado (CANTILLANO, 2005).

Sabe-se que a quantidade e a forma de nitrogênio, modificam o desenvolvimento da planta e a qualidade dos frutos de morangueiro, entretanto os resultados e os efeitos do nitrogênio e de suas formas sobre açúcares solúveis, acidez total em morango são inconsistentes (OJEDA-REAL *et al.*, 2009).

Morangos produzidos em substrato orgânico são influenciados pelas formas e pela quantidade de nitrogênio aplicado nesse sistema de produção, afetando a qualidade do fruto. Os mercados estão evoluindo, exigindo cada vez mais qualidade dos produtos consumidos. Faz-se necessário um estudo que avalie a qualidade do fruto em função das quantidades e formas de nitrogênio aplicadas, uma vez que os produtores estão cultivando em substrato orgânico fora do solo. Este trabalho visa contribuir com o conhecimento do manejo nutricional do nitrogênio no cultivo do morangueiro produzido no sistema semi-hidropônico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SITUAÇÃO DO MERCADO INTERNACIONAL E NACIONAL

O interesse no cultivo do morangueiro é justificado pela alta rentabilidade proporcionada quando comparada a outros cultivos (REICHERT & MADAIL, 2003; THIMÓTEO *et al.*, 2006). O interesse comercial de diversos países pelo morangueiro é grande, devido alguns atributos que o pseudofruto possui, entre eles está a sua coloração vermelho-brilhante intensa, odor envolvente, textura macia e sabor levemente acidificado, assim como suas propriedades nutritivas, que fazem do morango um produto muito apreciado pelos consumidores (GIMÉNEZ *et al.*, 2008; CUNHA JUNIOR *et al.*, 2012).

A produção mundial de morangos cresceu em números absolutos nos últimos anos. No período de cinco anos 2011 a 2016, a produção cresceu aproximadamente 26%, enquanto a área plantada apresentou crescimento de 18%. Em 2016 a produção mundial foi estimada em 9.118.336 toneladas, para uma área total plantada de 401.862 hectares (FAO, 2016).

Tabela 1. Principais produtores mundiais de morango no ano de 2016.

País	Produção (Toneladas)
China	3.793.000
Estados Unidos	1.420.000
México	468.000
Egito	464.000
Turquia	415.000
Espanha	366.000

Fonte: FAO, 2016; Elaboração: O autor

A participação brasileira na exportação mundial de morango é muito pequena (<1%), sendo o Japão a principal nação importadora seguida do Canadá (SEBRAE, 2017). Na América do Sul, Argentina, Chile e Brasil são responsáveis pela maior parte a produção do continente, enquanto que a produção na Venezuela, Peru, Paraguai, Uruguai, Bolívia, Colômbia e Equador possuem uma produção menos desenvolvida (ANTUNES & PERES, 2013).

São escassas as informações atualizadas sobre a produção nacional de morangos. A estimativa de produção de morango atualmente é cerca de 130 mil

toneladas, e área cultivada em torno de 4.000 hectares, tendo à frente Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul (ANTUNES *et al.*, 2015). A área plantada está distribuída em seis estados brasileiros: Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Espírito Santo, Santa Catarina, sendo na maioria fragmentada em pequenas propriedades rurais familiares (SPECHT & BLUME, 2009).

Segundo SPECHT & BLUME (2009) as propriedades que se dedicam ao cultivo do morangueiro no país têm como área média cultivada 0,5 a 1 hectare. A produtividade média no Brasil é de aproximadamente 30 t.ha⁻¹, ocorrendo diferenças acentuadas entre regiões, dependendo do sistema de cultivo adotado, do local e do nível tecnológico (ANTUNES *et al.*, 2015). O cultivo do morango no Paraná é o terceiro em valor bruto de produção (Tabela 2) dentre as principais frutas produzidas no Paraná, indicativo que leva em consideração a produção multiplicado pelo preço de mercado. Com mais de 22.000 toneladas produzidos cultivados em 723 ha, o morango se destaca dentre as principais frutas produzidas no estado (SEAB, 2015).

Tabela 2. Área, produção e valor bruto de produção (VBP) paranaense de frutas no ano de 2015.

FRUTAS	2015			PRODUÇÃO (%)	VBP (%)
	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO (t)	VBP (R\$)		
LARANJA	24.698	921.934	315.338.463	54,5	22,5
TANGERINA	7.226	115.932	75.811.666	6,9	5,4
LIMÃO	1.034	30.141	50.637.384	1,8	3,6
AMEIXA	648	10.288	26.604.762	0,6	1,9
PESSEGO	996	11.287	22.686.870	0,7	1,6
NECTARINA	127	2.216	4.676.182	0,1	0,3
UVA	4.348	66.399	226.234.314	3,9	16,2
MORANGO	723	22.638	164.153.391	1,3	11,7
BANANA	9.059	222.129	115.204.985	13,1	8,2
MELANCIA	4.909	42.803	88.136.300	7,4	6,3
MAÇA	1.497	18.595	76.874.278	2,5	5,5
MARACUJÁ	1.255	18.595	40.785.556	1,1	2,9
GOIABA	703	17.719	38.095.850	1,0	2,7
ABACATE	1.111	23.963	37.298.098	1,4	2,7
CAQUI	887	12.410	17.528.560	0,7	1,3
SUB-TOTAL	59.221	1.644.363	1.300.066.659	97,2	93,0

FONTE: SEAB/DERAL- PR, 2015.

2.2 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E CULTIVARES DO MORANGUEIRO

O morango é uma espécie importante do ponto de vista socioeconômico, sendo que a rentabilidade varia de 50 a 100% do valor investido, dependendo do custo de produção (ANTUNES *et al.*, 2014). A produção depende da cultivar, região, sistema de cultivo, ano, época de plantio e adubação (PASSOS *et al.*, 2015). Por muitos anos a produção brasileira de morangos foi baseada em cultivares de morangueiro sensíveis ao fotoperíodo (dias curtos). Essas cultivares, em condições de temperaturas elevadas e dias longos, apresentam maior crescimento vegetativo em detrimento do reprodutivo, resultando em períodos com baixa produção em determinados meses (GONÇALVES *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, o morango superou sua característica de fruta sazonal, ou seja, safra que geralmente ocorria de agosto a dezembro, nas principais regiões produtoras. Devido a introdução de novas cultivares, principalmente as de dias neutros, aliada à evolução da tecnologia de manejo da cultura, resulta na oferta de morango durante todo o ano (ANTUNES & PERES, 2013).

As principais cultivares plantadas na região Sul do Brasil são provenientes dos Estados Unidos, destacando-se a 'Albion', 'Aromas', 'Oso Grande' e 'San Andreas' (ANTUNES & PERES, 2013). Nos últimos anos, novas cultivares, lançadas pelos programas de melhoramento genético americanos, vem sendo introduzidas no Brasil e avaliadas por instituições de pesquisa e Universidades, quanto a sua adaptação às diferentes regiões e condições de produção (COCCO *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2013). É uma etapa muito importante no processo de escolha de cultivares para o plantio comercial, pois a introdução de novos materiais, com uma melhor adaptação às diferentes regiões e sistemas de produção, garante maior produtividade e qualidade, com benefícios econômicos aos agricultores (ANTUNES *et al.*, 2010).

Cada cultivar possui características que a diferenciam de outra, sendo distinguidas entre si, por exemplo pelo formato e cor de folhas; quantidade, tamanho e tempo de emissão de flores; aspecto geral da planta, porte e frutos. Das características citadas, as que influenciam na escolha do produtor por qual cultivar optar são principalmente as características dos frutos. Também levam

em consideração a estrutura da planta, preferindo plantas mais compactas, facilitando a visualização dos frutos, colheita e controle de pragas e doenças (SHIMIZU *et al.*, 2016).

Desta forma, a cultivar 'Albion', originária da Califórnia, vem ganhando espaço por ser muito semelhante a suas precursoras 'Aromas' e 'Diamante'. Possui um bom rendimento e qualidade de frutos, com excelente aparência, sabor e conservação. A arquitetura da planta apresenta-se mais aberta, facilitando a colheita. A produção apresenta poucos picos significando colheitas mais frequentes. É uma cultivar com boa resistência a doenças como do gênero *Phytophthora* e Antracnose (SHAW, 2004).

Outra adaptada para região sul do Brasil, é a cultivar neutra San Andreas, própria para consumo "in natura". Originária da Universidade da Califórnia, por cruzamento entre Albion e uma seleção, possui frutos ligeiramente mais leves que Albion. A planta é mais vigorosa que Albion, Aromas, e Diamante, porém semelhante em aparência. Apresenta resistência moderada ao oídio, antracnose podridão da coroa, murcha de *Verticillium*, a podridão da coroa de *Phytophthora* (SHAW, 2004).

Segundo FRANQUÉZ (2008), características como período para florescimento e início da colheita, produção, qualidade da fruta e suscetibilidade a doenças estão entre os principais fatores que levam o produtor à escolha de uma determinada cultivar em detrimento de outra. Portanto na cultura do morangueiro, assim como nas demais culturas, a escolha da cultivar é um fator limitante de importância relevante no sucesso do cultivo (DUARTE FILHO *et al.*, 2007).

2.3 EVOLUÇÃO DO CULTIVO TRADICIONAL AO CULTIVO SEM SOLO

A cultura comercial do morangueiro no Brasil é relativamente nova, não existindo registro exato de seu início. As poucas informações existentes na literatura relatam que se deu na década de 1950, na região da encosta da serra do sudeste do Rio Grande do Sul, de onde se expandiu para o restante do país (DUARTE FILHO, 2006). Tradicionalmente, a produção era realizada em canteiros levantados no solo, cultivados a céu aberto (RESENDE *et al.*, 2010).

O cultivo convencional do morangueiro no solo enfrenta diversos problemas causados por patógenos e pragas, devido a sucessivos cultivos, sendo a desinfecção do solo cada vez mais restritiva pelas dificuldades em substituir o brometo de metila por outros fumigantes com eficiência similar (LIETEN 1998; PARANJPE *et al.*, 2003).

Outro importante entrave encontrado no cultivo no solo, é a mão de obra. As operações dos tratamentos culturais têm gerado muita reclamação pelos trabalhadores devido ao esforço necessário para desempenhar o manejo (RAMPAZZO, 2016). A posição, de ficar agachado ou de “cócoras”, além de diminuir o rendimento, acarreta dores nas articulações, onde em alguns casos fica mais agravante quando os proprietários possuem idade avançada (RAMPAZZO, 2016).

O cultivo sem solo em ambiente protegido sobre bancadas ou suportes acima do nível do solo é uma alternativa para superar esses entraves (GIMÉNEZ, 2008). Esse sistema conduzido em substrato orgânico ou material inerte (areia e brita), em canteiros suspensos, é conhecido também como semi-hidropônico (BORTOLOZZO *et al.*, 2007; GIMÉNEZ, 2008).

Esse sistema teve início na Europa, em 1970, com o sistema NFT (Nutrient Film Technique), ou seja, técnica do fluxo laminar de nutrientes. Em seguida, passou por forte expansão na Inglaterra, Bélgica e Holanda, na década de 1980 (LIETEN, 1993). O sistema semi-hidropônico pode ser classificado em fechado, quando a solução nutritiva que passa pelas raízes retorna ao depósito de origem, ou aberto, quando a solução aplicada não é absorvida pelas plantas durante a prática da fertirrigação, ocorrendo a perda da solução nutritiva (MIRANDA *et al.*, 2014).

O sistema aberto é assim denominado por não reaproveitar a solução drenada (não absorvida pela planta) durante o ciclo produtivo. Atualmente, esse sistema é o mais utilizado quando se fala em produção de morangos fora do solo, independente da região produtora. O sistema de produção fechado ou recirculante é dotado de estruturas que permitem que a solução nutritiva utilizada no sistema seja coletada e direcionada novamente para o reservatório de abastecimento do sistema, sendo a mesma fornecida novamente às plantas (GONÇALVES *et al.*, 2016b). É considerado uma alternativa para minimizar a

contaminação ambiental ocasionada pelo cultivo, sendo o mesmo mais eficiente no uso de nutrientes e água (LIETEN *et al.*, 2004).

Nos Estados Unidos, o cultivo em escala comercial do morangueiro em sistemas sem solo é mais recente que na Europa, sendo que ainda há a busca pela adequação de técnicas que sejam viáveis economicamente. Na Flórida, segundo PARANJPE *et al.* (2003) essa viabilidade econômica ocorre e relaciona-se com colheitas precoces, permitindo preços de 30% a 40% superiores aos do período normal de safra. Na Espanha, desenvolveram-se técnicas de cultivo sem solo, devido aos problemas decorrentes do seu uso intensivo (CAÑADAS, 1999).

GIMÉNEZ *et al.* (2008) relataram que a produção comercial sem solo de morangueiro está bem desenvolvida na Europa, tipo de cultivo que possibilita o aumento da produtividade e da qualidade do produto, assim como a ampliação da sua oferta ao longo do ano.

No Brasil, essa forma de cultivo do morango começou de modo um tanto empírico (RAMPAZZO, 2016). Essas estruturas utilizadas para o cultivo do morango, em substratos e em bancadas suspensas, têm evoluído muito nos últimos anos, além de serem uma grande alternativa para o cultivo intensivo de espécies de grande valor agregado (GOTO & DA HORA, 2007).

Essas estruturas de proteção são adotadas em várias regiões do Brasil, entre elas, a região da Serra Gaúcha e Vale do Caí, no Rio Grande do Sul, iniciadas em 2008 (ILHA, 2013), avançando para Santa Catarina, sul de Minas Gerais e São Paulo. No Paraná, começaram algumas iniciativas na região sul do estado, no ano de 2010 e, a partir de 2012, expandiu-se para as regiões do norte, nordeste, oeste/sudoeste, com experiências bem-sucedidas (RAMPAZZO, 2016).

Ainda não existe um sistema claramente definido para o cultivo fora do solo dessa cultura, o qual é uma tendência para os próximos anos. Vale salientar que devido ao elevado investimento das estruturas, aos problemas de logística da muda importada, muitos produtores de morango em substrato utilizam a planta por pelo menos dois anos (produção de segundo ano). Ou seja, os sistemas a serem desenvolvidos devem combinar alta produtividade e qualidade de fruta, baixo custo e reduzido impacto ambiental (GIMÉNEZ *et al.*, 2008).

2.4 MANEJO NUTRICIONAL DO NITROGÊNIO NO CULTIVO SEMI-HIDROPÔNICO

O cultivo semi-hidropônico ou fora do solo, de forma geral, emprega substratos com misturas de compostos orgânicos e não ocorre a coleta da solução nutritiva lixiviada (MARQUES, 2016). Quando se fala em substratos, está se referindo ao suporte físico para o crescimento de plantas cultivadas em recipientes, em substituição ao solo, sendo necessário distinguir substrato e solo (FERMINO, 2016). O solo tem gênese, perfil e densidade peculiares, com processos de formação envolvendo milênios, estando intimamente relacionado com a paisagem e condições ambientais circundantes (KÄMPF, 1992).

As plantas quando cultivadas em solo, a campo, têm a sua disposição áreas de dimensões ilimitadas para explorar. No entanto, quando a atenção se volta para o cultivo em recipientes, independentemente do substrato utilizado, percebe-se uma limitação de espaço para a expansão das raízes. A limitação do volume exige que o substrato seja capaz de manter água, e juntamente com ela os nutrientes, facilmente disponíveis às plantas (FERMINO, 2016).

No cultivo semi-hidropônico podem ser utilizados diversos substratos, desde que apresentem adequadas características físicas e químicas. Devem apresentar elevada capacidade de retenção de água, proporcionar às raízes a aeração necessária, ter pH (em torno de 6) e condutividade elétrica ($CE = 0 - 1 \text{ dS m}^{-1}$) dentro da faixa adequada para o morangueiro (MARQUES, 2016).

Na Serra Gaúcha, por exemplo, muitos produtores empregam a mistura de 50% de casca de arroz carbonizada + 50% de composto orgânico, outros produtores utilizam 70% de casca de arroz carbonizada + 30% de composto de celulose. É fundamental que o produtor conheça as características do substrato, sendo possível calcular uma estimativa do volume da solução nutritiva necessária a ser aplicada. Esse cálculo leva em consideração a relação entre a capacidade de retenção de água do substrato e a evapotranspiração da cultura (MARQUES, 2016).

O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE) são indispensáveis parâmetros de monitoramento da solução nutritiva que devem ser continuamente avaliados no decorrer do cultivo (ANDRIOLO *et al.*, 2002). Os valores da CE geralmente são usados como indicadores do nível de nutrientes

na fertirrigação, na hipótese de que a maioria dos nutrientes são sais prontamente solúveis. A medida da CE fornece uma estimativa do conteúdo de sais solúveis de um meio de crescimento, em função de que íons dissolvidos na água conduzem corrente elétrica na proporção direta de sua concentração (WALLER & WILSON, 1984).

As recomendações de adubações nitrogenadas para morangueiro cultivado no solo já são bem esclarecidas. Segundo FILGUEIRA (2003) aplicações de nitrogênio e de fósforo elevam, significativamente a produtividade do morangueiro, inclusive em solos considerados férteis. Na Flórida, HOCHMUTH *et al.* (1996) avaliaram doses entre 0,28 e 1,40 kg N ha⁻¹ dia⁻¹ (50 a 250 kg.ha⁻¹.ciclo⁻¹) em dois experimentos, sendo o primeiro com as cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’ e, o segundo, com as cultivares ‘Oso Grande’ e ‘Seascape’. Verificaram que a produção total de frutos aumentou quando as doses de N aumentaram até 0,54 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, para o primeiro experimento. Porém, a fertilização nitrogenada não afetou a produção final no segundo experimento.

Já TAGLIAVINI *et al.* (2005) na Itália, utilizaram 55 kg.ha⁻¹ de N no cultivo dos morangueiros, cultivares ‘Idea’ e ‘Marmolada’. Para ambas cultivares, a taxa de crescimento aumentou depois do florescimento até o final da maturação dos frutos e a taxa de absorção dos nutrientes foi menor no outono que na primavera. A extração total de nitrogênio pelas plantas ficou entre 78 e 91 kg.ha⁻¹. No Brasil, OTTO *et al.* (2009) não encontraram diferenças entre as doses de N aplicadas no desenvolvimento das plantas e na produção de frutos, apenas encontraram diferenças entre as cultivares estudadas (‘Aromas’, ‘Diamante’ e ‘Seascape’).

Quando tratamos da adubação nitrogenada no cultivo sem solo, existem algumas divergências. Diversas soluções nutritivas já foram propostas na literatura havendo, em alguns casos, diferenças marcantes entre elas com relação às concentrações dos macronutrientes, além de ser comum encontrar na literatura a frase “solução nutritiva modificada de Hoagland”, isto é, fórmulas derivadas da proposta em 1938, por HOAGLAND & ARNON (FURLANI *et al.*, 1999).

Com relação ao nitrogênio, as concentrações máximas e mínimas nas diferentes soluções formuladas recomendadas estão entre 4 e 12 mmol L⁻¹ para

o NO_3^- e entre 0,2 e 2,5 mmol L^{-1} para o NH_4^+ (HENNION & VESCHAMBRE, 1997; PARANJPE *et al.*, 2003; FURLANI & FERNANDES JÚNIOR, 2004).

As primeiras tentativas de formulações de soluções nutritivas para o cultivo sem solo do morangueiro descritas na literatura foram baseadas HOAGLAND & ARNON e posteriormente modificadas. Porém, fatores modificam as dinâmicas de absorção mineral e estão na origem das variações na composição das soluções descritas na literatura. Isso significa que a composição da solução nutritiva deve ser ajustada para as diferentes condições de produção (GIMÉNEZ *et al.*, 2008).

Resultados atuais sobre o efeito da concentração de nitrogênio em morangos cultivados sem solo diferem na literatura. Em pesquisa realizada com concentrações de nitrogênio total entre 40 mg.L^{-1} e 160 mg.L^{-1} , CANTLIFFE *et al.* (2007) não reportaram nenhum efeito no número de folhas, no diâmetro da coroa e nem na produção de frutos precoce e total.

Por outro lado, em estudo de ANDRIOLO *et al.* (2011), trabalhando com concentrações de nitrogênio total entre 80 mg.L^{-1} e 180 mg.L^{-1} , evidenciaram o aumento da produção de frutos em sistema fora do solo com substrato inerte (areia) até a dosagem de até 125 mg.L^{-1} . Entretanto o desenvolvimento da planta foi afetado, apresentando um menor número de folhas, menor massa seca das raízes e da parte aérea a medida que se aumentou as doses de nitrogênio na solução.

Em um experimento no mesmo local e em condições similares, o crescimento das plantas de morango não foi afetado e a produção de frutos diminuíram quando a EC da solução nutritiva foi aumentada de 0,9 para 3,2 dS.m^{-1} (aumento indireto da concentração de nitrogênio na solução) (ANDRIOLO *et al.*, 2009). OJEDA-REAL *et al.* (2009), encontraram aumento na produção de frutos quando aplicaram 19 mg.L^{-1} para 186 mg.L^{-1} de nitrogênio. Entretanto, não houveram diferenças na produção e nem da massa média dos frutos quando aumentaram de 186 mg.L^{-1} para 372 mg.L^{-1} . Esses autores não avaliaram características vegetativas das plantas.

2.5 ABSORÇÃO, ASSIMILAÇÃO E INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO NO DESENVOLVIMENTO DO MORANGUEIRO

O nitrogênio (N) destaca-se entre os macronutrientes para as plantas, pois é absorvido em grandes quantidades e está presente na composição integral das proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, co-enzimas, fitohormônios e inúmeros metabólitos secundários (HAWKESFORD *et al.*, 2012). Segundo TABATABAEI *et al.* (2008) o nitrogênio desempenha inúmeras funções no metabolismo da planta, influenciando no crescimento, produção e qualidade dos frutos.

As duas formas de nitrogênio, nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), são absorvidas e metabolizadas pelas plantas (ROOSTA *et al.*, 2009). O morangueiro, assim como a maioria das espécies, desenvolve-se melhor tendo acesso às duas formas, porém preferencialmente com uma maior proporção de NO_3^- (DARNELL & STUTTE, 2001). Sendo assim, as plantas podem assimilar mais nitrogênio em comparação com soluções com baixo ou nenhum teor de amônio (LI *et al.*, 2013).

A absorção de nitrogênio pode ser modulada pela disponibilidade energética para os processos de transporte de íons pelas membranas, os quais são dependentes de energia. Ela é necessária para que a bomba de prótons H^+ -ATPase, presente na membrana, bombeie íons H^+ para fora da célula, produzindo um gradiente eletroquímico (HAWKESFORD *et al.*, 2012).

A adição de NH_4^+ produz um efeito estimulante nas plantas, pois reduz o gasto energético no processo de absorção pelas células da raiz, e na assimilação em aminoácidos (CAO & TIBBITS, 1998). Entretanto, se apenas uma forma (NO_3^- ou NH_4^+) é fornecida, o crescimento e desenvolvimento da planta são afetados, sendo o NH_4^+ tóxico se aplicado como única fonte (GUO *et al.*, 2002). O pH do meio de cultivo torna-se ácido quando o NH_4^+ é absorvido, pois ocorre a liberação de H^+ para a rizosfera (ROOSTA & SCHJOERRING, 2007). Por outro lado, a absorção de NO_3^- aumenta o pH, pois retira 2 prótons de H^+ do meio de cultivo pelo transporte simporte, para cada NO_3^- (MENGEL & KIRKBY, 2001).

Existem proteínas transportadoras específicas para NO_3^- e NH_4^+ . As proteínas transportadoras de baixa afinidade (LATS) são responsáveis pela absorção de NH_4^+ em altas concentrações, podendo resultar em toxicidade (BITTSÁNSZKY, 2014).

Além da absorção, a exigência energética da assimilação do amônio é menor do que a exigência energética para a assimilação do nitrato, em razão do primeiro não precisar ser reduzido para sua incorporação em aminoácidos (BLOOM *et al.*, 1992).

Para ser incorporado em aminoácidos e depois em proteínas, o NO_3^- absorvido precisa ser reduzido a nitrito (NO_2^-) no citosol, através da enzima redutase do nitrato (RN) e, logo a seguir, convertido a amônio (NH_4^+) no plastídio da raiz ou no cloroplasto das folhas, através da enzima redutase do nitrito (RNi). A incorporação do NH_4^+ em aminoácidos é chamada de assimilação. O amônio é, então, incorporado em aminoácidos pelas enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros aminoácidos e seus metabólitos (TAIZ & ZEIGER, 2017). O processo de assimilação é exigente em termos de energia, requerendo a transferência de 2 elétrons por NO_3^- convertido em NO_2^- , 6 elétrons por NO_2^- convertido em NH_4^+ e 2 elétrons e 1 ATP por molécula de NH_4^+ convertida em glutamato (BLOOM *et al.*, 1992).

A assimilação de nitrogênio é intrincadamente regulada. É necessária uma grande quantidade dos chamados esqueletos de carbono para a síntese de aminoácidos (VIKTOR & CRAMER, 2005). Estes esqueletos de carbono são fornecidos pelo ciclo do ácido cítrico (CAC), na forma de glutamato. Esse glutamato, por sua vez, é oriundo da quebra da glicose (TAIZ & ZEIGER, 2017).

A asparagina não atua apenas como um componente de proteínas, mas como um elemento-chave no transporte e no armazenamento do nitrogênio, unindo o metabolismo do carbono e do nitrogênio. Devido à sua estabilidade e à alta razão nitrogênio:carbono (2 N para 4 C da asparagina, contra 2 N para 5 C da glutamina e 1 N para 5 C do glutamato) (TAIZ & ZEIGER, 2017).

No floema, o transporte para o desenvolvimento dos frutos, que são drenos não fotossintetizantes, aminoácidos com uma razão N / C superior a 0,4 são predominantes como formas de transporte do nitrogênio (HAWKESFORD *et al.*, 2012).

Algumas pesquisas realizadas variaram as relações $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ aplicados na solução nutritiva no cultivo de morangueiros. TABATABAEI *et al.* (2008) avaliaram as relações de 100:0; 75:25; 50:50 e 25:75 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ em substrato composto por vermiculita e perlita. As doses das extremidades (100:0 e 25:75)

apresentaram os menores valores de: massa seca das folhas, número de folhas, área foliar, clorofila e taxa fotossintética refletindo em menor desenvolvimento das plantas. Da mesma maneira, CHOI *et al.* (2011) mensuram o desenvolvimento e crescimento da cultivar 'Seolhyang' em substrato mineral, sob diferentes relações de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (100:0; 60:40; 50:50; 35:65 e 0:100). Neste caso, as plantas apresentaram um maior tamanho de folha e uma maior biomassa com 100% de NO_3^- .

2.6 QUALIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MORANGO INFLUENCIADAS PELO NITROGÊNIO E SUAS FORMAS

O termo qualidade apresenta diversas definições, podendo ser considerado como características que incluem aspectos técnicos mensuráveis. O sabor do morango, importante atributo de qualidade, depende basicamente da junção de diversos compostos voláteis e do equilíbrio entre ácidos e açúcares expressos na fruta (KALLIO *et al.*, 2000). Ou seja, as propriedades sensoriais estão fortemente relacionadas aos teores de sólidos solúveis, acidez total e sua razão (*ratio*) (TSS: AT) (MAGWAZA & OPARA, 2015).

Durante o amadurecimento, o metabolismo de açúcares e ácidos orgânicos determina a qualidade dos frutos e o nível de aceitação do consumidor. À medida que o estágio de maturidade avança, o conteúdo de ácidos orgânicos diminui, o teor de carboidratos aumenta e o sabor muda de ácido para doce (AZODANLOU *et al.*, 2004).

O termo qualidade engloba características físicas como tamanho da fruta, coloração da epiderme, aparência sadia (ausência de podridões, cicatrizes) (MAGNANI *et al.*, 2009), além da firmeza de polpa, pois frutos com elevada firmeza são mais resistentes a manipulação e a podridões, conferindo maior vida pós-colheita, possuindo maior valor de mercado (CANTILLANO, 2005).

A quantidade e a forma de nitrogênio, nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), modificam o crescimento, produção, qualidade dos frutos e composição química da planta de morangueiro (TABATABAEI *et al.*, 2008). A deficiência de nitrogênio em morangueiro (teor foliar de N menor que 1,9%) causa sintoma de clorose das folhas, diminuição da área foliar, das raízes, do tamanho do fruto e do teor de

antocianinas (YOSHIDA *et al.*, 2002). No entanto, o excesso de N (teor de foliar de 4%, aproximadamente) promove crescimento vegetativo, atrasa a maturação e causa uma perda de firmeza na fruta, o que reduz sua qualidade devido ao aumento suscetibilidade a ataques de patógenos e a danos mecânicos (NEUWEILER, 1997).

Segundo KADER (1999), para que o sabor de morango seja aceitável, a quantidade mínima de sólidos solúveis totais recomendada situa-se em torno de 7 °Brix; a acidez, por sua vez, tem valores máximos recomendados entre 0,8%, e a relação SST/ATT (Sólidos solúveis totais/Acidez total titulável) de pelo menos 8,75. Frutos de morango cuja firmeza de polpa seja menor que 83,55N são considerados pouco firmes e quando maior que 135,16N são considerados muito firmes (CONTI *et al.*, 2002). Frutos de textura pouco firme resistem menos a danos por transporte e embalagem (BIENIASZ *et al.*, 2012).

Os efeitos do N sobre açúcares solúveis e acidez em morango são conflitantes (OJEDA-REAL *et al.*, 2009). Segundo CANTLIFFE *et al.* (2007) em experimento com a cultivar 'Festival' no sistema fora do solo, o aumento do nível de N na solução nutritiva (de 40 para 160 mg.L⁻¹) diminuiu os sólidos solúveis (de 8,8 para 6,8 °Brix, respectivamente). A acidez nesse estudo não foi afetada.

Os resultados do trabalho conduzido por ANDRIOLLO (2002) evidenciam que a medida que se aumenta a concentração de nitrogênio (de 90 mg.L⁻¹ para 180 mg.L⁻¹) na solução nutritiva, a acidez total também aumenta.

Segundo OJEDA-REAL *et al.* (2009), cultivando 'Aromas', em mistura de fibra de coco:vermiculita (1:3), não foi encontrada diferença no teor de sólidos solúveis totais, mas aumento na acidez total quando se aumentou a dose de N de 186 mg.L⁻¹ para 372 mg.L⁻¹.

A fonte de nitrogênio também afetou a qualidade dos frutos. TABATABAEI *et al.* (2006), cultivando 'Camarosa' em substrato inerte sob proporções de 100:0, 75:25, 50:50 e 25:75 de NO₃⁻:NH₄⁺, produziram frutos com menor teor de sólidos solúveis totais com o incremento de NH₄⁺, não afetando a acidez total. A dosagem de 75:25, apresentou 10,5 °Brix, ao passo que 25:75 foi de 9,5 °Brix.

Em contrapartida, TABATABAEI *et al.* (2008) em outro estudo, reportaram que o aumento de NH₄⁺ afetou acidez total, enquanto que os sólidos solúveis não foram afetados. Os frutos produzidos com a relação NO₃⁻:NH₄⁺ de 100:0 apresentaram ATT de 4,5% enquanto que sob a relação 25:75 a ATT foi de 3,7%.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 158 p. 2002.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

ANDRIOLO, J.L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F.L.; COCCO, C.; CASAGRANDE, G.S.; JÄNISCH, D.I. Nitrogen levels in the cultivation of strawberries in soilless culture. **Horticultura Brasileira**, v.29. p.516-519. 2011.

ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v.13, n °1-2, p.156-161. 2013.

ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010.

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. **Morangos do jeito que o consumidor gosta**. Campo & Lavoura, Anuário HF. n.1, p.64-72, 2015.

ANTUNES, L.E.C.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. **Morango mostra tendência de crescimento de mercado**. In: Campo & Negócios, Anuário HF, p.54-57, 2014.

AZODANLOU, R.; DARBELLAY, C.; LUISIER, J.; VILLETZAZ, J.; AMADO, R. Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries. **European Food Research and Technology**, v.218, p.167–172, 2004.

BIENIASZ, M.; MAŁODOBRY, M.; DZIEDZIC, E. The effect of foliar fertilization with calcium on quality of strawberry cultivars 'Luna' and 'Zanta'. **Acta Horticulturae**, v.926, p. 457-461. 2012.

BITTSÁNSZKY, A.; PILINSZKYA, K.; GYULAIB, G.; KOMIVES T. Overcoming Ammonium Toxicity. **Plant Science**, v. 231 p.184–190. 2015.

BLOOM, A.J.; SUKRAPANNA, S.S.; WARNER, R.L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, v.99, p.1294-1301, 1992.

BORTOLOZZO, A. R.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M.; MELO, G. W. B.; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. de M.; BRAGHINI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, n.62. p. 23, 2007.

CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; WESP, C. L.; CESTONARO, L.; MARIANI F.; FIOREZE, I.; CECCHETTI, D.; CASTILHOS, T. Produção hidropônica de morangueiro em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.

CANTILLANO, R.F.F. **Sistema de Produção do Morango** – Colheita e Pós-colheita. Embrapa Clima Temperado, Sistema de Produção, 5. ISSN 1806-9207, Versão eletrônica, 2005.

CANTLIFFE, D.J.; CASTELLANOS, J.Z.; PARANJPE, A.V. Yield and quality of greenhouse-grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.120, p.157–161. 2007.

CAO, W.; TIBBITS, T. W. Response of potatoes to nitrogen concentrations differ with nitrogen forms. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.615–623, 1998.

CHOI, J. M.; LATIGUI, A.; LEE, C. W. Growth and nutrient uptake responses of 'Seolhyang' strawberry to various ratios of ammonium to nitrate nitrogen in nutrient solution culture using inert media. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 59, p. 12567-12574, 2011.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L.; SCHMITT, O. J. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 4, p. 489-493, 2011.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.10-17, 2002.

CUNHA JUNIOR L. C.; JACOMINO A. P.; OGASSAVARA F. O.; TREVISAN M. J.; PARISI M. C. M. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO₂. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 688-694, 2012.

DARNELL, R.L.; STUTTE, G.W. Nitrate concentration effects on NO₃- N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.125, p. 560-563, 2001.

FAO - **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT: Agricultural Production / strawberry**. 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 20 janeiro 2018.

FERMINO, M. H. Substrato para plantas: propriedades e materiais. In: RAMPAZZO, E. F.; SHIMIZU, H. K.; MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, SENAR-Paraná, 48 p., v.283, 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. Rosáceas - morango: um frutinho rasteiro. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 378-385 p. 2003.

FURLANI, P. R.; BOLONHEZI D.; SILVEIRA, L. C. P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. In: **Cultivo Protegido de Hortaliças em Solo e Hidroponia**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, 1999.

FURLANI, P.R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. **Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO & ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2004, Pelotas. Anais... Pelotas: RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L. E. C.; DIAS, R. T. E. G. (Ed.). EMBRAPA, documentos 124, p.102-115, 2004.

GARDNER, V. R. Studies in the nutrition of the strawberry. **Missouri Agricultural Experiment Station**, v.57, 29 p., 1923.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO J.; GODOI R. Cultivo sem solo no morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.273-279, 2008.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C. **Produção de mudas de morango**. Hortaliças de propagação vegetativa: tecnologia de multiplicação. Brasília, DF: Embrapa, p.151-175, 2016.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C.R. Produção de Morango Fora do Solo. **Documentos 410, Embrapa Clima Temperado**. 32p. Pelotas, 2016 b.

GOTO, R.; DA HORA, R. C. **Avanços na área de cultivos protegidos para pequenas frutas**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PEQUENAS FRUTAS, 4, 4 a 5 de julho de 2007, Vacaria, RS. Anais ... Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho. p. 29-34. (DOC. 59), 2007.

GOUVEA, A.; KUHN, O. J.; MAZARO, S. M.; MIO, L. L. M.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L. A.; FONSECA, V. C. Controle de doenças foliares e de flores e qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com *Saccharomyces cerevisiae*. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 527-533, 2009.

GUO, S.; BRTICK, H.; SATTELMACHER, B. Effects of supplied nitrogen form on growth and water uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. **Plant and Soil**, v.239, p.267–275, 2002.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I.S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**, third ed., UK.: Academic Press, London, 2012.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise: maîtrise de la production**. Paris: CTFIL, 1997. 299 p.

HOAGLAND, D. R., SNYDER, W. C. Nutrition of strawberry plant under controlled conditions. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.30, p. 288-294, 1933.

HOCHMUTH, G.J.; ALBREGTS, E.E.; CHANDLER, C.C.; CORNELL, J.; HARRISON, J. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.121, p. 660-665, 1996.

ILHA, L. H. **Produção de morango semi-hidropônico**. In: 7º SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS. Santos, R. S. S.; Paula, L. A. Editora Vacaria, 2013.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticultuae**, v.485, p.203-208, 1999.

KALLIO, H.; HAKALA, M.; PELKKIKANGAS, A.; LAPVETELAINEN, A. Sugars and acids of strawberry varieties. **European Food Research and Technology**, v. 212, p.81–85, 2000.

KÄMPF, A.N. Substratos. In: CASTRO, C.E.F. de (Ed.) **Manual de Floricultura: I Simpósio Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais**. Maringá: 36-52 p. 1992.

LI, S.-X.; WANG, Z.-H.; STEWART, B.A. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. **Advances in Agronomy**, v.118, p. 205–397, 2013.

LOCASCIO, S.J.; SAXENA, G.K. Effects of potassium source and rate and nitrogen rate on strawberry tissue composition and yield. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.80, p.173-176, 1967.

MAGNANI, S.; BARUZZI, G.; BONOLI, M.; D'ANTUONO, L. F., ELEMENTI, S.; MALTONI, M. L.; FAEDI, W. Effect of integrated pest management and organic cropping systems on strawberry-fruit health components and fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 927–930, 2009.

MAGWAZA, L. S., OPARA, U. L. Analytical Methods for Determination of Sugars and Sweetness of Horticultural Products—A Review. **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 179–92, 2015.

MARQUES, G. N. Sistemas abertos e fechados de cultivo. In.: RAMPAZZO, E. F. SHIMIZU, H. K.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, SENAR-Paraná, n.283, 48 p., 2016.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 841 p. 2001.

NEUWEILER, R. Nitrogen fertilization in integrated outdoor strawberry production. **Acta Horticulturae**, v.439, p.747–751, 1997.

OJEDA-REAL, L. A.; LOBIT, P.; CARDENAS-NAVARRO, R.; GRAGEDA-CABRERA, O.; FARIAS-RODRIGUEZ, R.; VALENCIA-CANTERO, E.; MACIAS-RODRIGUEZ, L. Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria × Ananassa duch. cv. Aromas*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 6, p. 935–939. 2009.

OTTO, R.F.; MORAKAMI, R.K.; REGHIN, M.Y.; CAIRES, E.F. Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.217-221, 2009.

PAPADOPOULOS, I. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown strawberries. **Fertilizer Research**, v.13, p.269–276, 1987.

PARANJPE A.; CANTLIFFE, D.J., LAMB, E.M.; STOFFELLA, P.J.; POWELL, C. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. **Horticultural Science Proceedings Florida State**, v.116, p.98-105, 2003.

PASSOS, F.A.; TRANI, P.E.; CARVALHO, C.R.L. Desempenho agrônômico de genótipos de morangueiro. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, 2015.

PEREIRA, W. R.; SOUZA, R. J. D.; YURI, J. E.; FERREIRA, S. Yield of strawberry cultivars submitted to different planting dates. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 500-503, 2013.

RAMPAZZO, E. F. Instalações para cultivo de morangueiro fora do solo. In: SHIMIZU, H. K.; MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, SENAR-Paraná, n.283, 48 p. 2016.

REICHERT, L. J.; MADAIL, J. C. M. Aspectos sócio econômicos. In: SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango - Produção**. EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília, p.12-15. 2003.

ROOSTA, H. R.; SAJJADINIA, A.; RAHIMI, A.; SCHJOERRING, J. K. Responses of cucumber plant to NH₄⁺ and NO₃⁻ nutrition: The relative addition rate technique vs. cultivation at constant nitrogen concentration. **Scientia Horticulturae**, v.121, n.4, p. 397–403, 2009.

ROOSTA, H. R.; SCHJOERRING, J. K. Root carbon enrichment alleviates ammonium toxicity in cucumber plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p. 941–958, 2008.

SAROOSHI, R.A.; CRESSWELL, G.C. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.529-535, 1994.

SAZAKI, J.L.S. Hidroponia. In: **SEMANA DA AGRONOMIA**, 9, 1992, ciclo de palestras de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP-Ilha Solteira, 1992. 9p.

SEAB – **Secretaria da agricultura e abastecimento do Paraná**, 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Tabelas_producao_frutas.pdf> Acesso em: 16/03/2018.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - BA. Estudo de mercado. **Agronegócios: Produção de morango**. 35 p. 2017.

SHAW, D.V. **Strawberry production systems, breeding and cultivars in California**. In: II Simpósio Nacional do morango; I Encontro de pequenas frutas e frutas nativas, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, (Documentos 124) p. 15-20, 2004.

SHIMIZU, H.K. Cultivares de Morangueiro. In.: RAMPAZZO, E. F. SHIMIZU, H. K.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, 48 p. – (SENAR-Paraná; 283). 2016.

SONNEVELD, C.; STRAVER, N. **Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates**. The Netherlands: Proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk, n.8, 45p.1994.

SPECHT, S.; BLUME, R. **Competitividade e segmento de mercado à cadeia do Morango: algumas evidências sobre o panorama mundial e Brasileiro**. Sober, 47º Congresso (Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural). Porto Alegre, 17p, 2009.

TABATABAEI, S. J.; FATEMI, L.; FALLAHI, E. Effect of Ammonium: Nitrate Ratio on Yield, Calcium Concentration, and Photosynthesis Rate in Strawberry. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, n. 7, p. 1273–1285, 2006.

TABATABAEI, S.J.; YUSEFI, M.; HAJILOO, J. Effects of shading and NO₃: NH₄ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. **Scientia horticultrae**, v.116, p. 264-272, 2008.

TAGLIAVINI, M.; BALDIA, E.; LUCCHIC, P.; ANTONELLIA, M.; SORRENTIA, G.; BARUZZIB, G.; FAEDI, W. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (Fragaria×Ananassa Dutch.) grown in soil and soilless culture. **European Journal Agronomy**, n. 23, p.15–25, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal e Desenvolvimento Vegetal**. 6 edição. Porto Alegre: Artmed, 719 p. 2017.

THIMÓTEO, A.; RESENDE, J. T. V.; GONÇALVES, W. M.; RESENDE, F. V.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, M. V. **Expectativa de retorno e risco da produção de morangos no município de Guarapuava – PR**. In: 46º Congresso Brasileiro de Olericultura, Goiânia, Horticultura Brasileira – Suplemento CD – Rom, v. 24., 2006.

VIKTOR, A.; CRAMER, M. The influence of root assimilated inorganic carbon on nitrogen acquisition/assimilation and carbon partitioning, **New Phytologist**, v.165 p.157–169, 2005.

WALLER, P. L.; WILSON, G. C. S. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 51-58, 1984.

YOSHIDA, Y.; GOTO, T.; HIRAIM, M. Anthocyanin accumulation in strawberry fruits as affected by nitrogen nutrition. **Acta Horticulturae**, v.567, p.357–360, 2002.

3. DESENVOLVIMENTO DO MORANGUEIRO E QUALIDADE DOS FRUTOS COM PROPORÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO

A produção de morango no sistema semi-hidropônico, ou popularmente chamado de cultivo fora do solo, é uma prática cada vez mais adotada e o principal desafio encontrado pelos produtores é a adequação do manejo nutricional. As plantas absorvem e metabolizam duas formas de nitrogênio, nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), e a proporção fornecida destas formas pode influenciar o desenvolvimento da planta e a qualidade dos frutos. Diante do exposto, este trabalho visou verificar alterações bioquímicas e de crescimento vegetativo, além da qualidade dos frutos de morango em função da variação da relação $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva utilizada em sistema semi-hidropônico. Foi conduzido um experimento no qual mudas de morangueiro da cultivar 'San Andreas' foram plantadas em substrato orgânico composto de casca de arroz carbonizada e casca de pinus compostada. As soluções nutritivas aplicadas no desenvolvimento das plantas foram compostas por proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ de 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100. O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em que três plantas formavam uma repetição. Realizaram-se avaliações dos teores foliares de clorofila, açúcares totais e redutores; dos macro e micronutrientes nas folhas, além da área foliar, em dois períodos: vegetativo (até 60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio). Além disso, foram avaliadas a perda acumulada da massa seca aérea e as características físico-químicas dos frutos como firmeza de polpa, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e *ratio*. Os teores foliares de nitrogênio e a perda de massa seca aérea aumentaram proporcionalmente com o aumento de NH_4^+ na solução. Os teores foliares de clorofila, açúcares totais, açúcares redutores e a área foliar aumentaram, em ambos os períodos, até 29% de NH_4^+ na solução nutritiva, a partir da qual as características foram afetadas negativamente. As características químicas dos frutos não foram influenciadas. A firmeza de polpa foi afetada, diminuindo a medida que aumentou o NH_4^+ na solução nutritiva. Conclui-se que para um maior crescimento da planta e melhor qualidade do fruto, a proporção de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 71:29 na solução nutritiva é mais adequada.

Palavras chaves: Cultivo fora do solo; relação $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$; nutrição amoniacal.

3.1 INTRODUÇÃO

A produção de morango no sistema semi-hidropônico, ou popularmente chamado de cultivo fora do solo, é uma prática presente em várias propriedades da região sul do Brasil e vem substituindo, cada vez mais o cultivo no solo. Dentre as vantagens desse sistema estão a menor incidência de pragas e doenças de solo; melhor ergonomia no manejo e na colheita, além da racionalização na aplicação de água e nutrientes (RAMPAZZO, 2016).

O sistema utiliza substratos para cultivo das plantas, sendo as principais composições desses substratos misturas de matérias primas orgânicas com características físico-químicas desejáveis ao cultivo. Por exemplo, muitos produtores do Brasil utilizam as proporções na média de 50% de casca de arroz carbonizada + 50% de composto de celulose ou húmus de celulose ou composto orgânico (MARQUES, 2016).

Existe uma grande diferença na dinâmica dos nutrientes quando compara-se o manejo nutricional do sistema semi-hidropônico e a adubação no solo. O substrato interfere de maneira significativa sobre a disponibilidade de nutrientes para a planta (ILHA, 2013), seja pelos diferentes valores físicos e químicos, como capacidade de retenção de água ou de matéria orgânica. Ou seja, o principal desafio encontrado pelos produtores na transição do cultivo no solo para o semi-hidropônico é a adequação desse manejo nutricional por conta de fatores intrínsecos de cada ambiente de cultivo.

De acordo com ANDRIOLO *et al.* (2011), a concentração da solução nutritiva deve ser adaptada às espécies vegetais e às condições ambientais locais para esse sistema fora do solo. Por exemplo, na literatura encontra-se grandes oscilações nos valores recomendados ao morangueiro, com concentrações máximas e mínimas entre 4 e 12 mmol.L⁻¹ para o NO₃⁻; 0,2 e 2,5 mmol.L⁻¹ para o NH₄⁺ (HENNION & VESCHAMBRE, 1997; PARANJPE *et al.*, 2003; FURLANI & FERNANDES JÚNIOR, 2004).

Ambas as formas de nitrogênio, nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺), são absorvidas e metabolizadas pelas plantas (ROOSTA *et al.*, 2009) desempenhando inúmeras funções no metabolismo da planta, influenciando o crescimento, desenvolvimento, produção e qualidade dos frutos (TABATABAEI *et al.*, 2008). É evidenciado um aumento nos teores de clorofila; taxa

fotossintética; crescimento e desenvolvimento da planta quando ambas as formas de nitrogênio são fornecidas. Entretanto, os estudos realizados utilizaram substratos inertes, de origem mineral (TABATABAEI *et al.*, 2008; CHOI *et al.*, 2011).

Diante do exposto, faz-se necessário a avaliação do desenvolvimento da planta e da qualidade físico-química de frutos, em função diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, produzidos nesse sistema utilizando substrato orgânico, uma vez que grande parte dos produtores utilizam esses substratos e desconhecem uma proporção de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ exata. Portanto, este trabalho teve por objetivo contribuir com o conhecimento do manejo nutricional do NO_3^- e do NH_4^+ , no cultivo do morangueiro produzido no sistema semi-hidropônico.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – Departamento de Solos e Engenharia Agrônômica - situado no município de Curitiba, Paraná, a uma altitude média de 945 m, a latitude $25^\circ 24' 47.1''\text{S}$ e longitude $49^\circ 14' 58.8''\text{W}$.

Foram plantadas mudas de morango da cultivar 'San Andreas' para realização do experimento, sendo esta neutra ao fotoperíodo. Elas foram importadas do Chile pela empresa BioAgro, com suas raízes nuas e geralmente com a emissão de um trifólio.

Estas foram selecionadas de acordo com sua homogeneidade e sanidade, descartando mudas que apresentavam alguma deformidade. Realizou-se o toilette, prática que consiste na limpeza de partes doentes ou senescentes, além do corte do terço final das raízes, com o objetivo de propiciar melhor pegamento (RAMPAZZO, 2016) (Figura 1).



Figura 1. Toilette em mudas de morango da cultivar 'San Andreas'.

A condução do experimento foi realizada em bancadas metálicas (Figura 2). As mudas foram plantadas em vasos de polipropileno na cor preta, com capacidade de 3 Litros. Utilizou-se um substrato comercial cedido pela empresa Agrofior à base de subprodutos orgânicos, como casca de arroz carbonizada e casca de pinus compostada, amplamente utilizado por produtores da região metropolitana de Curitiba. As características químicas deste substrato foram determinadas antes do plantio pelo Laboratório de Química do Solo da UFPR e as características físicas pelo Laboratório de Substratos da UFRGS (Tabela 3).

Tabela 3. Características químicas e físicas iniciais do substrato comercial orgânico utilizado no experimento proveniente da empresa Agrofior.

pH Ca Cl ₂	pH SMP	C.E. mS.cm ⁻¹	C g dm ⁻³	SB cmol _c dm ⁻³	CTC efetiva cmol _c dm ⁻³	CTC a pH 7 cmol _c dm ⁻³	V%			
5,65	6,35	399	151,3	27,98	27,98	34,48	81,15			
(H+Al)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na	P	Fe	Zn	Cu	Mn
----- cmol _c dm ⁻³ ----- mg dm ⁻³ ----- mg Kg ⁻¹ -----										
6,50	0	13,5	12,8	1,49	0,19	152	196,1	54,6	14,0	43,0
DS kg.m ⁻³	PT ----- % -----				AFD	AT	AD			
266,78	84,4				7,96	1,59	9,55			

DS= Densidade seca; PT= Porosidade total; AFD= Água facilmente disponível; AT= Água tamponante; AD= Água disponível

Antes de preencher os vasos com o substrato, este foi homogeneizado e pesado à fim de obter a mesma quantidade por vaso. Em seguida, foi efetuada a lavagem com água para a diminuição da condutividade elétrica (CE), prática recorrente entre os produtores que iniciam um novo plantio e consiste em aplicar a quantidade de água necessária, até estabilizar a CE em torno de 500 mS.m⁻¹. Após isso, realizou-se o plantio das mudas no dia 07/12/2017.

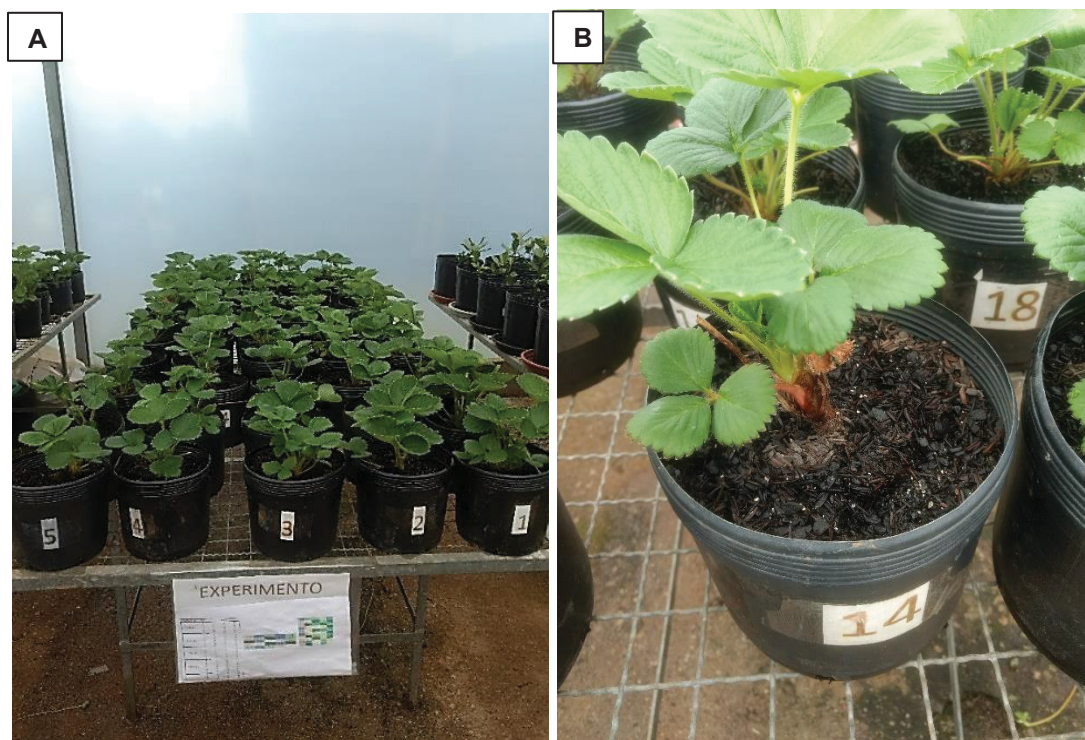


Figura 2. A - disposição dos vasos plantados com a cultivar 'San Andreas'. B – Muda de morango plantada no respectivo vaso utilizado.

A estufa utilizada foi do tipo capela, de estrutura metálica coberta com filme agrícola difusor (ELVD), com espessura de 150 μm , apresentando as seguintes dimensões: 7 m de largura, 15 m de comprimento, e altura de 5,20 m (centro) (Figura 3). A estufa apresentava sistema de refrigeração, através de ventilador e Pad & Fan, com acionamento automático. As médias de temperatura, umidade e radiação solar são apresentadas na Figura 4.



Figura 3. Estufa utilizada, tipo capela, para condução do experimento.

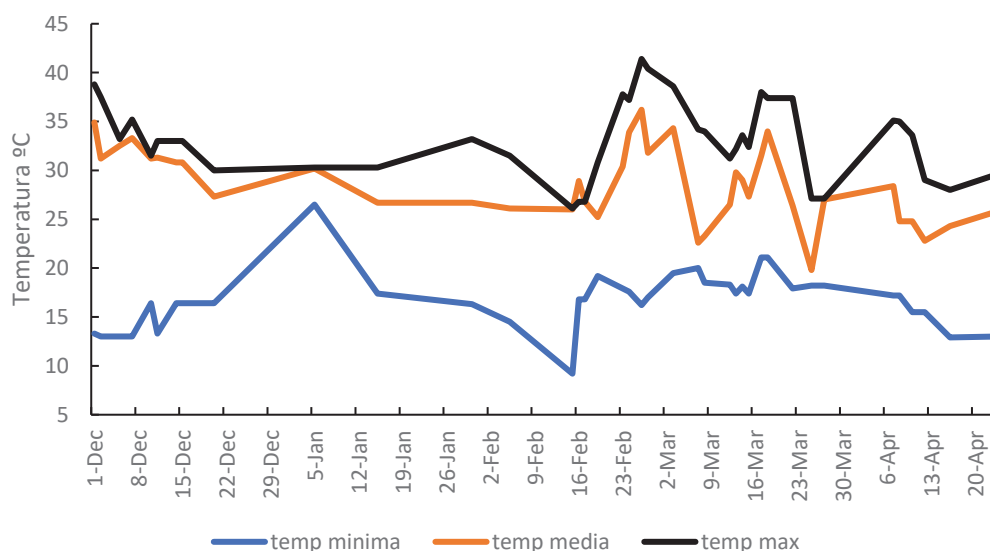


Figura 4. Temperatura mínima, média e máxima durante a condução do experimento no interior da estufa.

Os tratamentos constituíram-se em proporções de nitrato: amônio na solução nutritiva, de 100:0 (T1), 75:25 (T2), 50:50 (T3) e 25:75 (T4) e 0:100 (T5). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e três plantas por parcela. A formulação da solução nutritiva completa, com os outros macronutrientes e micronutrientes necessários, foi baseada na solução proposta por FURLANI & FERNANDES JÚNIOR (2004), onde o nutriente nitrogênio total foi constante (150 mg.L^{-1}) em todos os tratamentos mudando apenas a proporção das formas de nitrogênio ($\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$).

A composição da solução nutritiva e os sais utilizados encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente:

Tabela 4. Concentração (mg.L^{-1} e mmol.L^{-1}) dos macronutrientes presentes na solução nutritiva utilizada, de acordo com cada proporção de nitrato:amônio, baseada e modificada de FURLANI E FERNANDES JÚNIOR (2004).

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}	K^+	HPO_4^{2-}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-
	(mg.L^{-1})							
100-0	150	0	170	200	40	40	48,9	131
75-25	112,5	37,5	170	200	40	40	90	249,8
50-50	75	75	170	200	40	40	112,5	423,1
25-75	37,5	112,5	170	200	40	40	153,6	544,8
0-100	0	150	170	200	40	40	194,6	666,1
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}	K^+	HPO_4^{2-}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-
	(mmol/l)							
100-0	2,4	0	4,2	5,1	1,3	1,6	0,5	3,7
75-25	1,8	2,1	4,2	5,1	1,3	1,6	0,9	7
50-50	1,2	4,2	4,2	5,1	1,3	1,6	1,2	11,9
25-75	0,6	6,2	4,2	5,1	1,3	1,6	1,6	15,4
0-100	0	8,3	4,2	5,1	1,3	1,6	2,0	18,8

Tabela 5. Concentração dos sais comerciais (mM) utilizados para formulação das quantidades dos macronutrientes mencionados na Tabela 4.

SAIS	PROPORÇÕES DE $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ NAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS (mM)				
	100 - 0	75 - 25	50 - 50	25 - 75	0 - 100
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5,6	4,4	2,9	1,5	0
KNO_3	0,6	0	0	0	0
KH_2PO_4	1,3	1,3	0	0	0
MgSO_4	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0	0	1,3	1,3	1,3
CaCl_2	0	1,4	3,1	4,9	6,7
KCl	3,4	4	5,3	5,3	5,3
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	1,4	2,1	3,4	4,8

A concentração dos demais micronutrientes foi a mesma para todos os tratamentos, contendo $32 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe; $10 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de Mn; $30 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de B; $3,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de Zn; $1,3 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de Cu e $0,17 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de Mo. Durante o desenvolvimento das plantas, a condutividade elétrica (CE) da solução após diluição e preparo foi mantida entre 1300 e 1800 mS.cm^{-1} .

Nos primeiros sete dias de implantação, a irrigação foi feita apenas com água para que ocorresse a adaptação das mudas (MARQUES, 2016). Para cada tratamento foi preparada uma solução concentrada e armazenada em garrafas pet. Para calcular a quantidade de solução nutritiva a ser aplicada, pesou-se o substrato seco e depois saturado com água até total capacidade de retenção de água. A subtração do peso, acrescido de 30% (MARQUES, 2016), ficou em torno de 500 mL por vaso.

De posse deste valor, se adaptou a forma de fazer a fertirrigação manualmente. Para preparar a solução nutritiva, uma alíquota da solução concentrada era diluída em 7,5 L de água. Preparava-se uma nova solução a cada aplicação em um balde e posteriormente, com um Becker fracionado era aplicado 500 mL em cada vaso (Figura 6). A frequência da fertirrigação foi de uma vez ao dia.



Figura 5. Balde com a solução nutritiva diluída, preparada e pronta para ser aplicada.

Com a finalidade de mensurar o desenvolvimento e crescimento das plantas, procedeu-se a coleta de toda biomassa da parte aérea retirada na limpeza das plantas, levando a estufa por 48h à 65 °C, até massa constante,

para mensurar a massa seca. Recomenda-se essa limpeza (de folhas senescentes e doentes das plantas), para evitar o desenvolvimento de patógenos nos restos vegetais (BORTOLOZZO, 2007; RAMPAZZO, 2016).

As análises foliares foram realizadas duas vezes, abrangendo os estádios vegetativo (aos 60 dias após o plantio) e reprodutivo (aos 120 dias após o plantio). Nos dois estádios, realizou-se a coleta do 3º ou 4º trifólio recém-desenvolvido de cada planta (NEPAR, 2017). A primeira coleta do 3º trifólio foi realizada para medição linear dos comprimentos e larguras dos folíolos esquerdo, médio e direito, afim de quantificação da área foliar do morangueiro (PIRES, 1999) (Figura 7).

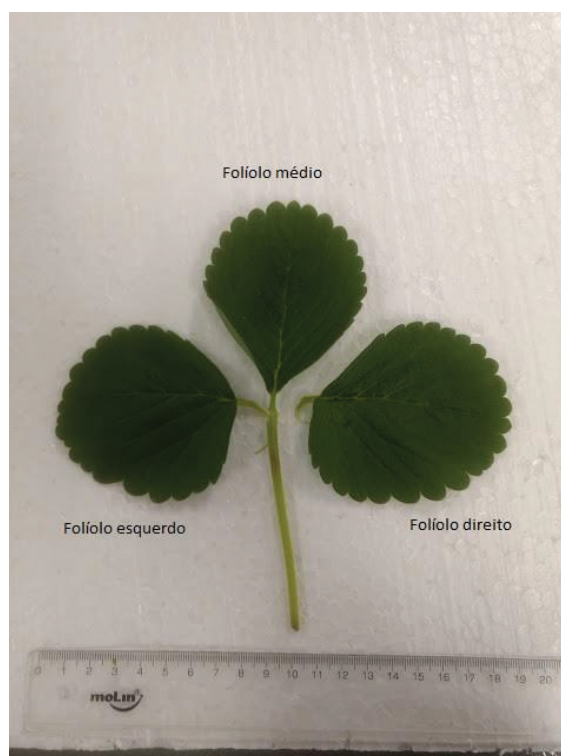


Figura 6. Trifólio do morangueiro 'San Andreas' utilizado para medição linear.

As amostras utilizadas para medição de área foliar, foram colocadas em estufa com circulação de ar forçado à 65 °C para secagem por 72h até massa constante para a análise dos macro e micronutrientes. Após secagem, foram trituradas até virarem pó (Figura 8a) e armazenadas em pequenos sacos de polietileno (Figura 8b). A análise dos macronutrientes S, Ca, K, Mg e P, e dos micronutrientes Fe e Zn ocorreu através da digestão úmida em bloco digestor com ácido nítrico (HNO₃) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (Figura 8c). A leitura

foi realizada com o aparelho ICP – Espectrômetro ótico de emissão (Varian 720-ES), no laboratório de Nutrição de Plantas, no departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR (Figura 8d).

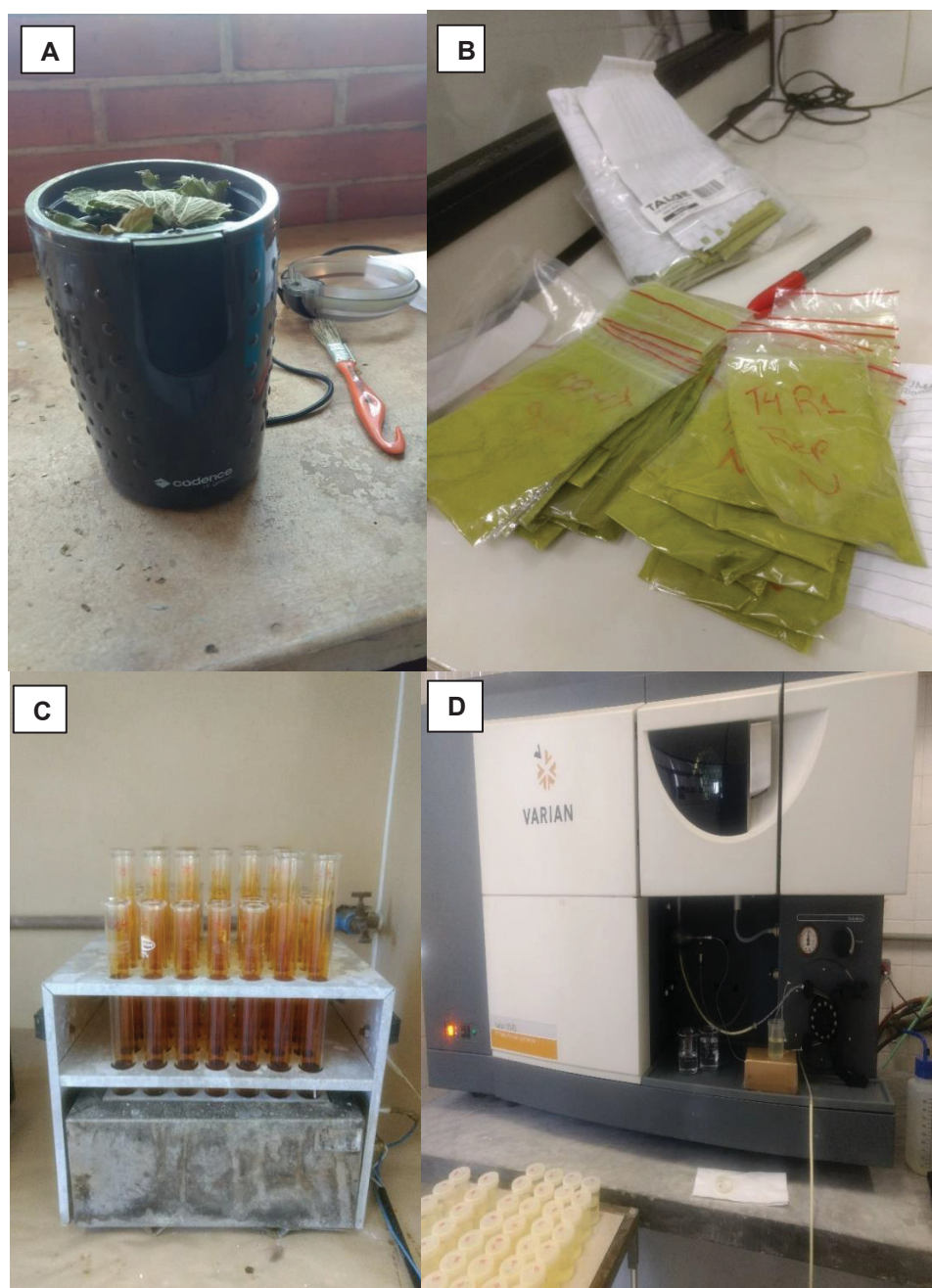


Figura 7. Etapas da análise foliar. A e B - moagem da amostra seca; C - digestão e D - leitura.

Para as análises bioquímicas dos teores foliares de clorofila, açúcares totais e redutores realizou-se a coleta do 4º trifólio recém-desenvolvido na mesma data da coleta para análise de nutrientes, seguindo a mesma metodologia. O material colhido foi mantido em sacos de papel kraft na ausência

de luz e levados para o laboratório de Ecofisiologia no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR. Pesaram-se em torno de 0,170 gramas de material fresco para quantificação de clorofila a,b e total (Figura 9). Após isso, o material foi macerado com 10 ml de acetona 80% e centrifugado a 12.000 rpm por 10 minutos. Por fim, foi realizada a leitura no espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 645 e 663 nm.



Figura 8. Extração do material vegetal do morangueiro 'San Andreas' para quantificação foliar de clorofila, açúcares totais e redutores.

Para a quantificação de açúcares totais pelo método fenol –sulfúrico, uma alíquota do sobrenadante (100 μ L) acima citado foi misturado Fenol 5% (0,5 mL) e ácido sulfúrico concentrado (2,5 mL). Após isso, realizou-se a leitura em espectrômetro no comprimento de onda de 490 nm. A curva padrão de açúcares totais foi obtida a partir de uma solução de glucose (1g/L) (DUBOIS *et al.*, 1956).

Os açúcares redutores (glicose, frutose e manose) foram quantificados pelo método do dinitrosalicilato – dns. A alíquota de 1,0 mL do mesmo sobrenadante acima, foi adicionado a 1,0 mL de DNS. Foram levados ao banho-maria por 5 minutos, e lidos no comprimento de 540nm. A curva padrão foi a mesma utilizada para açúcares totais (MILLER, 1959).

As plantas iniciaram o florescimento no dia 15/02/2018. Para determinação das características físico-químicas dos frutos, foram colhidos dez frutos por repetição com 3/4 ou mais da epiderme totalmente avermelhada, com mais de 6 g, desprovidos de injúrias, doenças e deformações sendo considerados comerciais de acordo com as Normas de Classificação de Morango (CEAGESP, 2009).

As seguintes análises foram realizadas em duas datas, 20/03/2018 e 20/04/2018. Foram analisados os teores de sólidos solúveis totais (SST) (°Brix), pH, acidez total titulável (%) (ATT), relação SST/ATT e firmeza de polpa (Newtons), segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). As características foram determinadas no laboratório de pós-colheita, localizado na Centro de Estações Experimentais - CEEEx, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Primeiramente realizou-se a firmeza da polpa dos frutos pelo Texturômetro Brookfield CT3 com ponteira de 2 mm, penetração de 5mm e velocidade de penetração de 5 mm.s⁻¹. A seguir, os frutos foram triturados para análise do teor de sólidos solúveis totais, mensurado através do refratômetro modelo N – 1E e pH, modelo TECNAL pH Meter TEC-2. Para determinação da acidez titulável, 10 mL de suco foram pipetados em frasco Erlenmeyer, e diluídos em 90 mL de água. A titulação foi realizada com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M sob agitação constante, até atingir o pH de 8,2 (Figura 10).



Figura 9. Análises físico-químicas dos frutos de morango da cultivar 'San Andreas'.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e em caso de variação significativa, avaliados por regressão quanto aos efeitos das proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Para as análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7 (SILVA, 2002).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os períodos vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio) a aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ não influenciou os teores foliares dos macronutrientes S, Ca, K, Mg e P. As respectivas médias foram de 0,95; 8,15; 11,03; 3,75 e 2,75 g.kg^{-1} no período vegetativo e de 1,02; 7,13; 11,23; 3,75 e 3,03 g.kg^{-1} no período reprodutivo. Os micronutrientes também não foram influenciados apresentando 56,53 e 13,20 mg.kg^{-1} de Fe e Zn respectivamente no período vegetativo e 82,31 e 13,55 mg.kg^{-1} de Fe e Zn respectivamente no período reprodutivo (Anexos 1 e 2). Os teores de Fe estão dentro da faixa recomendada para o morangueiro, ao passo que os teores de Zn estão abaixo do recomendado (20-75 mg.kg^{-1}). Apesar da concentração de S na solução nutritiva ter aumentado proporcionalmente com o incremento de NH_4^+ , os teores avaliados nas folhas não foram diferentes (Anexo 1).

A presença de NH_4^+ em grandes quantidades na solução pode impedir a absorção de outros cátions, competindo diretamente pelos sítios de ligação (HAWKESFORD *et al.*, 2012). O NH_4^+ assemelha-se ao K em termos de raio iônico e tamanho de raio de hidratação, podendo permear os canais de K. São observadas baixas concentrações de K em plantas suplementadas com grandes quantidades de NH_4^+ , pois ocorre uma regulação positiva dos canais de K, a fim de melhorar a absorção deste, potencialmente resultando em maior influxo de NH_4^+ (HOOPEN *et al.*, 2010). A interferência de absorção de outros cátions pelo NH_4^+ poderia ser explicada também pela acidificação do pH do meio, uma vez que absorvendo NH_4^+ ocorre a tendência de diminuir o pH da rizosfera (HAWKESFORD *et al.*, 2012). O valor de pH é importante para o desenvolvimento da planta, devido ao seu efeito direto na disponibilidade de nutrientes (WALLER & WILSON, 1984). Evidenciando a influência do pH na absorção dos nutrientes CHOI *et al.* (2011) estudaram a cultivar de morangueiro 'Seolhyang' cultivada em substrato mineral de perlita: vermiculita na proporção de 1:1, sob as proporções de 100:0; 60:40, 50:50; 35:65 e 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. A proporção com maior teor de NH_4^+ afetou negativamente o teor foliar de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , com médias de 17,5; 15,9 e 5,9 g.kg^{-1} respectivamente. Estes autores indicam que o pH do substrato variou de 7,0 (na dosagem sem NH_4^+)

para 5,8 (apenas com NH_4^+) em substrato mineral. Considerando-se o exposto, esperava-se que o incremento de NH_4^+ (principalmente na proporção de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ - 0:100$) dificultasse a absorção de outros cátions, como o Ca, K e Mg o que não ocorreu (Anexos 1 e 2). Isto indica a possibilidade da aplicação de NH_4^+ na solução nutritiva sem que este dificulte a absorção de outros cátions pela planta, quando em substrato orgânico.

Os valores de pH do substrato antes e depois do cultivo, da CTC e dos macro e micronutrientes estão presentes no anexo 11. O pH dos tratamentos não variou significativamente, sendo monitorado durante a condução do experimento, sem a necessidade de correções externas. A alta capacidade de troca de cátions (CTC) do substrato de composição orgânica utilizado nesta pesquisa evitou uma variação brusca do pH no meio de cultivo, uma vez que substratos de origem orgânica possuem boa capacidade de tamponamento (FERMINO, 2016). Portanto o incremento de NH_4^+ dos tratamentos não alterou o balanço dos macro e micronutrientes disponibilizados no meio de cultivo, indicando a possibilidade de adicionar NH_4^+ sem comprometer a absorção destes.

Dentre todos os nutrientes avaliados na folha, somente o nitrogênio total foi afetado pelas diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ presentes nas soluções nutritivas (Figura 1). No presente trabalho, o teor foliar máximo de nitrogênio foi de $20,64 \text{ g.kg}^{-1}$, quando 100% de NH_4^+ foi aplicado, o que representa um aumento de aproximadamente 14% em relação a ausência de NH_4^+ . Segundo o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2017), a faixa de nitrogênio adequadas nas folhas de morangueiro é de 20 a 32 g.kg^{-1} .

Esse aumento de nitrogênio nas folhas (Figura 10) devido a maior participação do NH_4^+ na solução nutritiva também foi encontrado por TABATABAEI *et al.* (2008), que aplicando a dose máxima de 75% de NH_4^+ na cultivar de morangueiro 'Selva' encontraram aumento no teor em torno de 16,8 % e por CHOI *et al.* (2011) com aumento de 14,2% no teor de nitrogênio total foliar com a utilização de 100% de NH_4^+ .

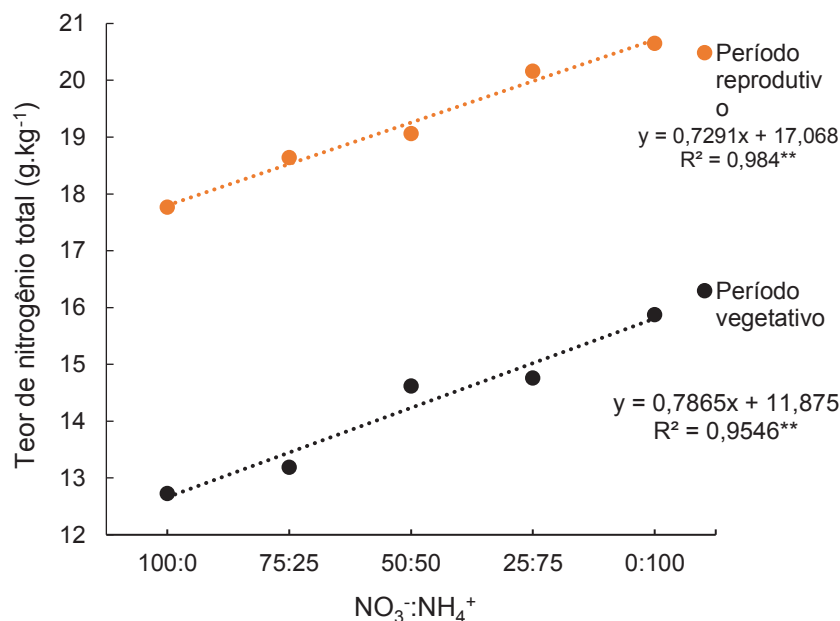


Figura 10 – Teor foliar de nitrogênio total nas folhas da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de NO₃⁻:NH₄⁺ na solução nutritiva no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio), em cultivo semi-hidropônico.

O aumento linear do teor de nitrogênio total (Figura 10) pode ser explicado pela diferença na absorção e assimilação do NH₄⁺, quando comparado ao NO₃⁻. A maioria das plantas absorvem as duas formas de nitrogênio (ROOSTA *et al.*, 2009), sendo mediada por proteínas transportadoras específicas, podendo ser metabolizados na mesma célula da raiz ou serem translocados inalterados para a parte aérea da planta (HAWKESFORD *et al.*, 2012; BITTSÁNSZKY, 2014). É preciso considerar que do ponto de vista energético, o primeiro passo para a absorção de NO₃⁻ será a extrusão ativa de H⁺ pelas bombas de prótons da membrana plasmática (H⁺-ATPases), de modo que seja criado um gradiente de potencial eletroquímico (HAWKESFORD *et al.*, 2012). Além do gasto energético na absorção, a exigência energética da assimilação do NH₄⁺ é menor do que a exigência energética para a assimilação do NO₃⁻, em razão do primeiro não precisar ser reduzido para sua incorporação em aminoácidos (BLOOM *et al.*, 1992). Ou seja, o aumento do teor de nitrogênio total na folha (Figura 10) pode ser explicado pela menor demanda energética da planta para absorver e assimilar o NH₄⁺, quando comparado ao NO₃⁻ (HAWKESFORD *et al.*, 2012; TAIZ & ZEIGER, 2017).

A massa seca aérea perdida, os teores de clorofila, açúcares totais e redutores e a área foliar foram afetados nos dois períodos avaliados pelas proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, com exceção do teor de açúcares totais e redutores do período vegetativo (Anexos 3 e 4).

O aumento da proporção de NH_4^+ , ocasionou aumento linear na perda de massa seca aérea (Figura 11), medida pelos tecidos senescentes durante o cultivo. As altas concentrações, principalmente dos tratamentos com 25:75 e 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, ocasionaram um acúmulo excessivo de NH_4^+ no citosol, levando a necrose do tecido vegetal. As proteínas transportadoras de baixa afinidade (LATS) são responsáveis pela absorção de NH_4^+ em altas concentrações, podendo resultar em toxicidade (BITTSÁNSZKY, 2014). Essa toxicidade acontece nos tecidos vegetais quando a taxa de assimilação de NH_4^+ em aminoácidos e amidas se torna menor do que a taxa de sua absorção (HIREL *et al.*, 2007).

A ação tóxica do NH_4^+ nas plantas pode ser explicada por alguns mecanismos como a diminuição do suprimento de carbono, ou seja, em grandes quantidades no tecido vegetal, esqueletos de C são canalizados para assimilar esse NH_4^+ e detoxificar o excedente acumulado (LI *et al.*, 2013). A acumulação também desencadeia danos às estruturas dos cloroplastos, pela mudança do pH celular para níveis intoleráveis, sendo capaz de dissipar os gradientes de prótons transmembrana necessários ao transporte de elétrons na fotossíntese, acarretando na diminuição da taxa fotossintética (BITTSÁNSZKY, 2014). A presença de NH_4^+ em grandes quantidades na planta deixa de ser vantajosa em termos energéticos, levando o tecido vegetal a morte.

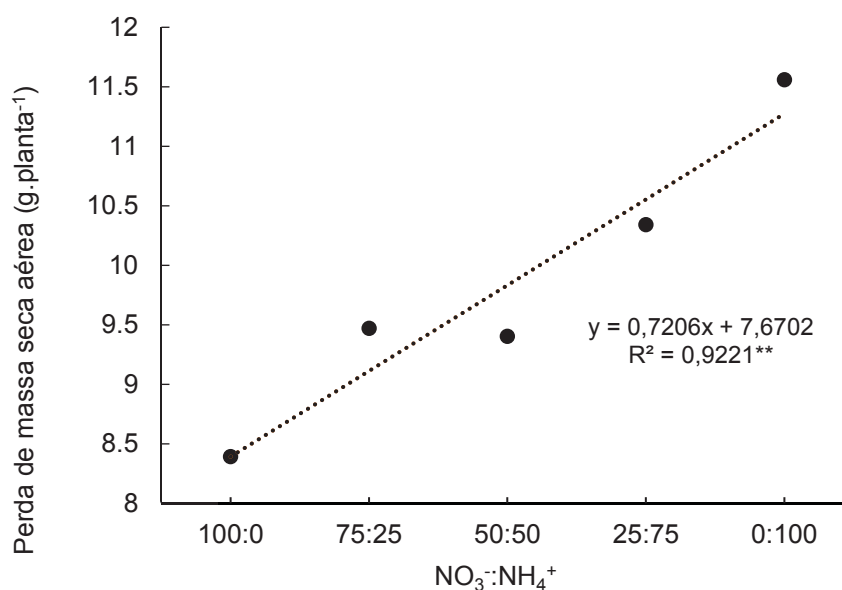


Figura 11 – Perda de massa seca aérea da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ após o período de 160 dias do plantio das mudas, de acordo com as proporções de NO₃⁻:NH₄⁺ na solução nutritiva, em cultivo semi-hidropônico.

O presente resultado corrobora com CHOI *et al.* (2011), que encontraram, nas altas concentrações de NH₄⁺, bordas das folhas jovens de morango com sintoma verde fosco, murchas e enroladas para trás, e as folhas mais velhas dessecadas e bronzeadas. Também demonstraram que, sob as mesmas doses, ao final do experimento obtiveram menor peso seco de planta. No presente trabalho, as plantas desenvolveram sintomas semelhantes, apresentados na Figura 12.

A concentração de Cl na solução nutritiva aumentou proporcionalmente com o aumento de NH₄⁺ aplicado. A avaliação do teor de Cl nas folhas não foi realizada neste estudo. Possivelmente a concentração máxima aplicada (666,1 mg.L⁻¹ ou 18 mmol.L⁻¹) poderia causar um acúmulo nas folhas, levando a uma fitoxidez. Entretanto SAIED *et al.* (2005) avaliaram concentrações de 0, 18 e 36 mmol.L⁻¹ de Cl na solução nutritiva, aplicados na forma de NaCl, em duas cultivares de morangueiro conduzidos em areia. Esses autores evidenciaram que massa seca das folhas e de toda a planta diminuiriam apenas com 36 mmol.L⁻¹ aplicados. Além disso os teores de Cl foram maiores nas raízes, coroas e pecíolos de ambas cultivares, demonstrando um mecanismo que inibe a translocação dessa salinidade para as partes aéreas. Apesar da concentração de Cl na solução nutritiva ter aumentado quase seis vezes, acredita-se estar dentro do tolerável para o morangueiro.

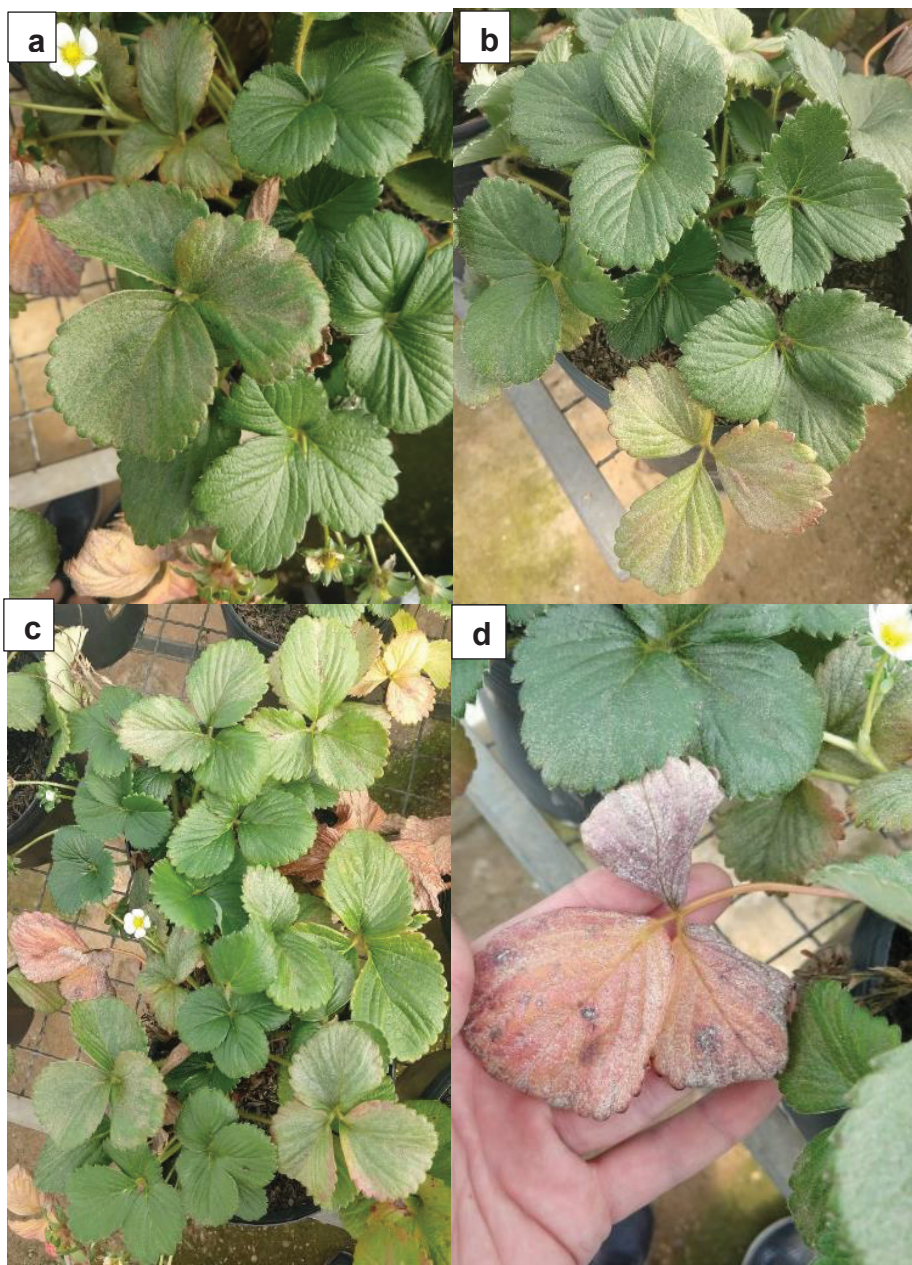


Figura 12. Evolução dos sintomas relativos ao excesso de NH_4^+ em plantas sob o tratamento 0:100 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, onde: a) Início de sintoma, b) Sintoma agravado, c) Vista aérea da planta e d) Morte da folha.

Os teores de clorofila apresentaram comportamento semelhante nos períodos vegetativo (60 DAP) e reprodutivo (120 DAP), sob as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Figuras 13). Os teores máximos - de $0,250 \text{ mg.g}^{-1}$ de clorofila - foram obtidos nas proporções de 36,2% de NH_4^+ (Figura 13).

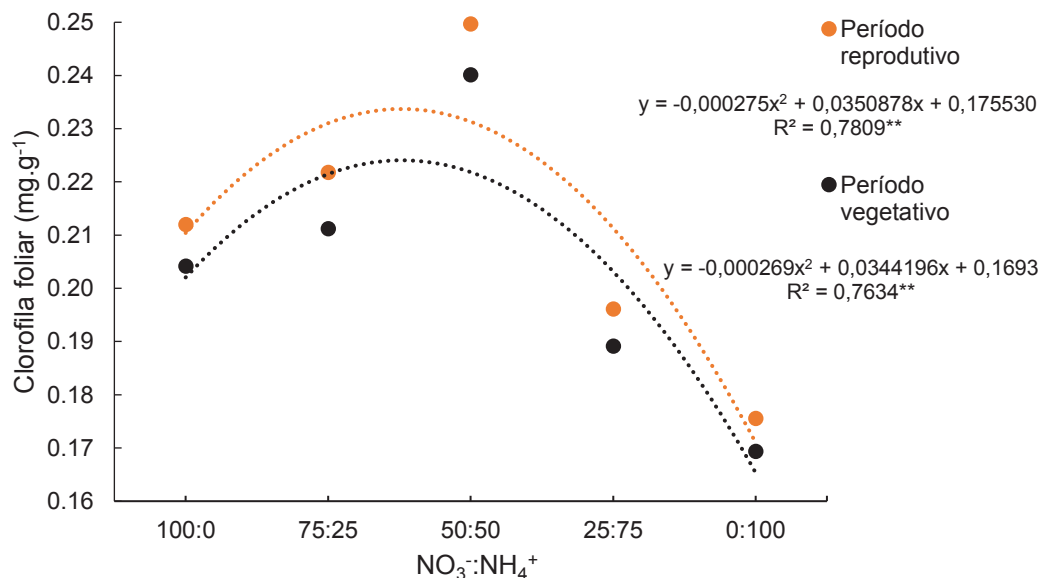


Figura 13 – Teor de clorofila foliar da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de NO₃⁻:NH₄⁺ na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio), em cultivo semi-hidropônico.

O aumento do teor de clorofila também foi encontrado por TABATABAEI *et al.* (2008), utilizando a proporção de 50% de NH₄⁺ na solução nutritiva. No presente trabalho, aumentar a concentração de NH₄⁺ acima de 36% diminuiu os teores de clorofila total foliares devido a fitotoxicidade citada anteriormente. Os teores máximos foram obtidos nessa proporção de NO₃⁻:NH₄⁺, onde o próton gerado pela assimilação de NH₄⁺ pode ser usado para redução de NO₃⁻, sendo assim mais fácil para as plantas regularem pH intracelular quando ambas as formas de nitrogênio são fornecidas (HAWKESFORD *et al.*, 2012). Com isso, essa combinação entre NO₃⁻:NH₄⁺ até certo ponto produz um efeito estimulante nas plantas, pois reduz o gasto energético no processo de absorção pelas células da raiz, e na assimilação em aminoácidos. Conseqüentemente, a célula com seu metabolismo regulado e com maior eficiência no gasto energético, consegue assimilar o nitrogênio em glutamina e glutamato, e incorporar a outros aminoácidos que desempenham um papel importante na formação de proteínas e moléculas como a clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2017).

O aumento na concentração de NH₄⁺ refletiu nos valores de área foliar (Figura 14). A relação de 71: 29 de NO₃⁻:NH₄⁺ foi a que propiciou maior área foliar, tanto no período vegetativo quanto no período reprodutivo, atingindo 93 cm². Esses valores se aproximam dos obtidos nos trabalhos conduzidos por

TABATABAEI *et al.* (2008) e CHOI *et al.* (2011), onde o balanço de 25% de NH_4^+ resultou em maiores áreas foliares.

A maior expansão foliar foi possível, pois a regulação osmótica e energética proporcionada pelo NO_3^- e NH_4^+ beneficia o alongamento celular e crescimento da planta (CAO & LI, 2003). Nota-se que os resultados dos teores de clorofilas (Figuras 13) acompanham os resultados da área foliar (Figura 14). Uma vez que esses servem de base para a formação de vários componentes do aparelho fotossintético da planta, proporcionando esse maior desenvolvimento foliar apresentado. Entretanto, ocorreu um menor crescimento foliar das plantas suplementadas com alta concentração de NH_4^+ (75% e 100%), devido a maior demanda de carboidratos que são canalizados para assimilação e desintoxicação da grande quantidade deste cátion (TABATABAEI *et al.*, 2008). Portanto, a adição de 29% do N na forma de NH_4^+ aumentou o desenvolvimento da área foliar, conseqüentemente da planta.

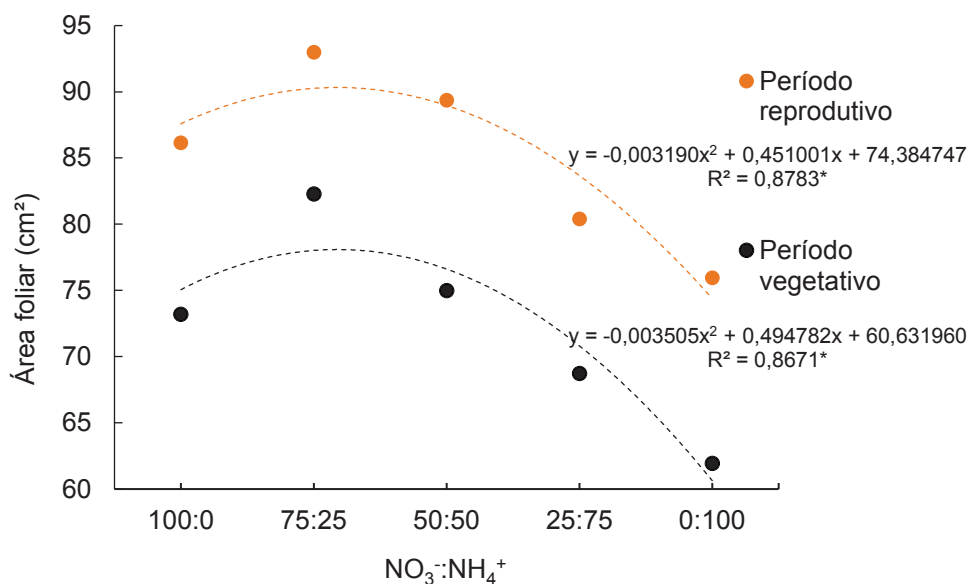


Figura 14 – Área foliar da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio), em cultivo semi-hidropônico.

Os teores foliares de açúcares totais e redutores obtiveram resultados máximos na relação de 63:37 de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (Figura 15). A assimilação de nitrogênio é intrincadamente regulada, sendo necessária uma grande quantidade dos chamados esqueletos de carbono para a síntese de aminoácidos (VIKTOR & CRAMER, 2005). Estes esqueletos de carbono são fornecidos pelo ciclo do

ácido cítrico (CAC), na forma de glutamato ou às expensas dos produtos primários da fotossíntese. Quando grandes quantidades de NH_4^+ se acumulam nas raízes, ocorre o direcionamento desses produtos energéticos para a assimilação, reduzindo o conteúdo de açúcares nas folhas.

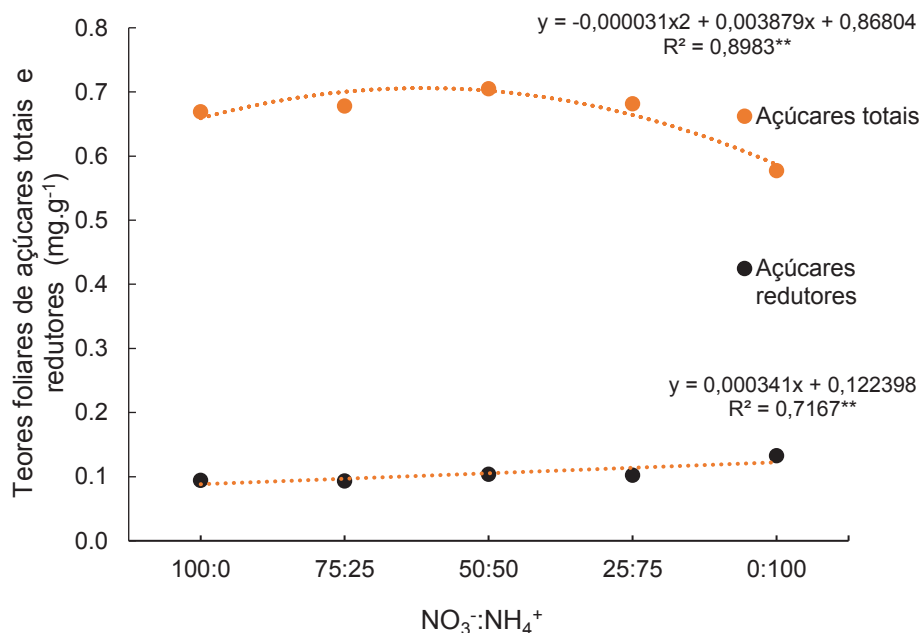


Figura 15 – Teor de açúcares totais e redutores da cultivar de morangueiro ‘San Andreas’ de acordo com as proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, no período reprodutivo (120 dias após o plantio), em cultivo semi-hidropônico.

Dentre as características físico-químicas que norteiam a qualidade do fruto, a única afetada pelas proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ foi a firmeza de polpa (Anexo 5). Os frutos apresentaram valores médios de sólidos solúveis totais (SST) de 8,5, em °Brix; acidez total titulável (ATT), % de ácido cítrico de 0,97; SST/ATT (ratio) de 8,9 e pH de 3,50. Segundo KADER (1999) para que o sabor de morango seja aceitável, a quantidade mínima de sólidos solúveis totais recomendada situa-se em torno de 7 °Brix; a acidez, por sua vez, tem valores máximos recomendados entre 0,8%, e a relação SS/AT de pelo menos 8,75.

A qualidade do fruto depende da quantidade e do tipo de compostos que se acumulam. Como a fruta é um órgão de armazenamento, sua composição depende do suprimento adequado dos produtos da assimilação de carbono e nitrogênio (açúcares e aminoácidos, respectivamente) (NESTBY, 2005). O balanço de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ não afetou as características químicas dos frutos e estas ainda se mantiveram dentro do recomendado. Portanto pode-se inferir que,

adicionando NH_4^+ na solução não haverá mudanças nas variáveis acima mencionadas, não afetando as características químicas dos frutos.

A firmeza de polpa diminuiu a medida que se aumentou os níveis de NH_4^+ (Figura 16). A redução da firmeza de polpa foi de 25% quando comparada a ausência de NH_4^+ e a aplicação de 100%. Possivelmente, a redução na firmeza pode estar ligada com a concentração de Ca nos frutos, pois em geral, o teor de Ca do fruto diminui com o aumento dos níveis de NH_4^+ no meio de cultivo (ALAN, 1989).

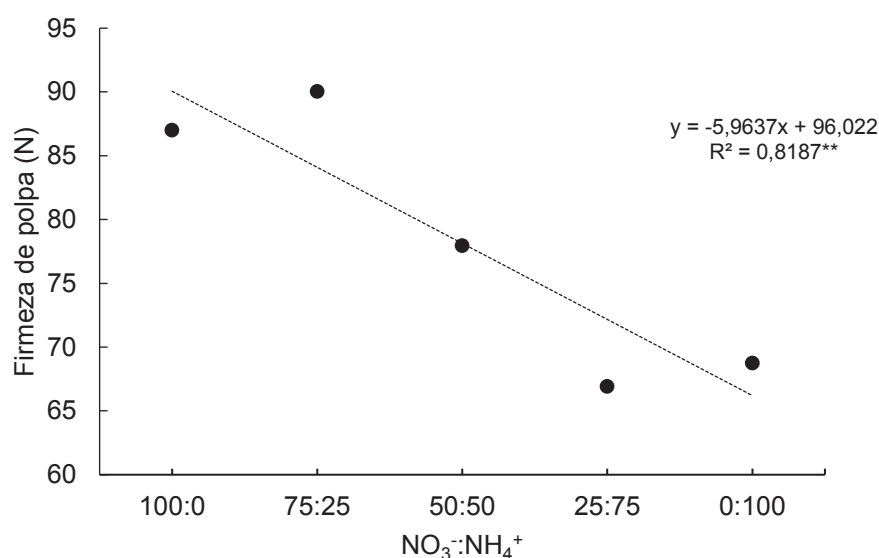


Figura 16 – Firmeza de polpa dos frutos da cultivar de morangueiro 'San Andreas' de acordo com as proporções de $\text{NO}_3:\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva, em cultivo semi-hidropônico.

A firmeza de polpa está intimamente ligada com o Ca, pois este ligado aos ácidos poligalacturônicos (pectinas), formam os pectatos de Ca na lamela média, cuja função é essencial para a formação das paredes celulares e tecidos vegetais. A degradação dos pectatos é mediada pela poligalacturonase, enzima que é fortemente inibida por altas concentrações de Ca (WEHR *et al.*, 2004). A redução da absorção de Ca são consideráveis para que possa reduzir firmeza da polpa. Assim, quando ocorre a deficiência de Ca, a atividade da poligalacturonase é aumentada (KONNO *et al.*, 1984) sendo um sintoma típico de deficiência de Ca a desintegração das paredes celulares e o colapso do os tecidos afetados, como o afrouxamento e perda de firmeza de frutas (HO & WHITE, 2005).

3.4 CONCLUSÕES

As diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ aplicadas na solução nutritiva não influenciaram absorção de outros macro e micronutrientes importantes para o desenvolvimento do morangueiro, com exceção do N.

As diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ aplicadas tiveram influência sobre as características bioquímicas avaliadas nas folhas das plantas de morangueiro da cultivar 'San Andreas', refletindo no crescimento vegetativo das mesmas.

Levando em consideração o crescimento da planta e a qualidade dos frutos, a relação ideal de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ para o morangueiro é de 75:29 para alcançar esse objetivo.

REFERÊNCIAS

ALAN, R. The effect of nitrogen nutrition on growth, chemical composition and response of cucumber *Cucumis sativus* L. to nitrogen forms in solution culture. **Journal of Horticultural Science** v.64. p.467–474. 1989.

ANDRIOLO, J.L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F.L.; COCCO, C.; CASAGRANDE, G.S.; JÄNISCH, D.I. Nitrogen levels in the cultivation of strawberries in soilless culture. **Horticultura Brasileira**. v.29. p.516-519. 2011.

BITTSÁNSZKY, A. PILINSZKYA, K.; GYULAIB, G.; KOMIVES T. Overcoming Ammonium Toxicity. **Plant Science**, v. 231 p.184–190, 2015.

BLOOM, A.J.; SUKRAPANNA, S.S.; WARNER, R.L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, v.99, p.1294-1301, 1992.

BORTOLOZZO, A. R.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M.; MELO, G. W. B.; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. de M.; BRAGHINI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 62. p. 23, 2007.

CAO, C.L.; LI, S.X. Effects of N form on some physiological characteristics and yield of wheat during the vegetative reproductive growth stages. **Acta Agronomy Singapore**, v.29, p.258–262, 2003.

CHOI, J. M.; LATIGUI, A.; LEE, C. W. Growth and nutrient uptake responses of ‘Seolhyang’ strawberry to various ratios of ammonium to nitrate nitrogen in nutrient solution culture using inert media. **African Journal of Biotechnology**, v 10, p.12567-12574, 2011.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBEN, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350, 1956.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants**. Sunderland: Sinauer Associates. p.392. 2004.

FERMINO, M. H. Substrato para plantas: propriedades e materiais. In: RAMPAZZO, E. F.; SHIMIZU, H. K.; MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. SENAR-Paraná, v.283, p.48, 2016.

FURLANI, P.R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. **Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO & ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL,

2., 2004, Pelotas. Anais... Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al. (Ed.). EMBRAPA, p.102-115. Documentos 124, 2004.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise: maîtrise de la production**. Paris: CTFIL, 299 p., 1997.

HIREL, B, GOUIS, J.; NEY, B.; GALLAIS, A. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: Towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p. 2369–2387, 2007.

HO, L.; WHITE, P. J. A cellular hypothesis for the induction of blossom end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, v.95, p.571–581, 2005.

ILHA, L. H. **Produção de morango semi-hidropônico**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 7. Vacaria, 2013.

Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p. 2008.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticulturae**. v.485. p. 203-208. 1999.

KONNO, H., YAMAYA, T., YAMASAKI, Y. AND MATSUMOTO, H. Pectic polysaccharide break-down of cell walls in cucumber roots grown with calcium starvation. **Plant Physiology**, v.76, p.633–637, 1984.

LI, SHENG-XIU; ZHAO-HUI W.; STEWART, B.A. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. **Advances in Agronomy**, v.118, p. 205–397, 2013.

MARQUES, G. N. Sistemas abertos e fechados de cultivo. In.: RAMPAZZO, E. F. SHIMIZU, H. K.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. Cultivo de morangueiro em substrato. SENAR-Curitiba, Paraná; v. 283, 48 p. 2016.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I.S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**, third ed., UK.: Academic Press, London, 2012

MARTÍNEZ, F., PALENCIAB, P.; WEILANDA, C.M.; ALONSOC, D.J.; OLIVEIRA, A. "Influence of Nitrification Inhibitor DMPP on Yield, Fruit Quality and SPAD Values of Strawberry Plants". **Scientia Horticulturae**, v. 185, p. 233–239. 2015.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic reagent for the determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v31, p.426–428, 1959.

NESTBY, R.; LIETEN, F.; PIVOT, D.; RAYNAL-LACROIX, C.; TAGLIAVINI, M. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: a review. **Internacional Journal Fruit Science**, v.5, p.141–158, 2005.

PARANJPE A.; CANTLIFFEI, D.J.; LAMB, E.M.; STOFFELLA, P.J.; POWELL, C. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. **Horticultural Science Proceedings Florida State**, v.116, p.98-105, 2003.

NEPAR – Núcleo Estadual de Sociedade Brasileira de Ciência do solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. NEPAR, 1ª Edição. ISBN 978-85-69146-04-9. 510 p. 2017.

PBMH & PIMo - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE MORANGO. **Normas de Classificação de Morango**. São Paulo: CEAGESP, 2009. Documentos, 33.

PIRES, R. C. de M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A. Estimativa da área foliar de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p.86-90, 1999.

RAMPAZZO, E. F. Instalações para cultivo de morangueiro fora do solo. In: SHIMIZU, H. K.; MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. SENAR-Paraná, v.283. 48 p. 2016.

ROOSTA H. R., A. SAJJADINIA, A. RAHIMI, AND J. K. SCHJOERRING. Responses of cucumber plant to NH₄⁺ and NO₃⁻ nutrition: The relative addition rate technique vs. cultivation at constant nitrogen concentration. **Scientia Horticulturae**, v.121, p. 397–403, 2009.

SAIED, A. S.; KEUTGEN, A. J.; NOGA, G. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. **Scientia Horticulturae**, v.103, p.289–303, 2005.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

TABATABAEI, S.J.; YUSEFI, M.; HAJILOO, J. Effects of shading and NO₃: NH₄ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. **Scientia horticulturae**, v.116 p. 264-272, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal e Desenvolvimento Vegetal**. 6 edição. Porto Alegre: Artmed, 2017. 719 p.

HOOPEN, TEN F., CUIN, T.A., PEDAS, P., HEGALUND, J.N., SHABALA, S., SCHJOERRING, J.K., JAHN, T.H. Competition between uptake of ammonium and potassium in barley and Arabidopsis roots. Molecular mechanisms and physiological consequences. **Journal Experimental Botany**, v.61, p. 2303–2315, 2010.

VIKTOR, A., CRAMER, M. The influence of root assimilated inorganic carbon on nitrogen acquisition/assimilation and carbon partitioning, **New Phytologist**, v.165 p.157–169, 2005.

WALLER, P. L.; WILSON, G. C. S. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 51-58, 1984.

WEHR, J. B., MENZIES, N. W. AND BLAMEY, F. P. C. Inhibition of cell-wall autolysis and pectin degradation by cations. **Plant Physiology Biochemistry**. v.42, p.485–492, 2004.

4. DESENVOLVIMENTO DO MORANGUEIRO E QUALIDADE DOS FRUTOS SOB DOSES DE NITROGÊNIO NO SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO

RESUMO

O cultivo de morango no Brasil é muito importante do ponto de vista econômico e social. A produção no sistema semi-hidropônico, ou popularmente chamado de cultivo fora do solo, se justifica pela alta rentabilidade da cultura, entretanto existe a necessidade da adequação do manejo nutricional do nitrogênio. Este trabalho visou verificar alterações bioquímicas e de crescimento vegetativo, além da qualidade dos frutos de morango cultivado em sistema semi-hidropônico em função da variação da quantidade de nitrogênio na solução nutritiva. Foi conduzido um experimento com a cultivar 'Albion' em substrato orgânico, composto de casca de arroz carbonizada e casca de pinus compostada. Nas soluções nutritivas aplicadas no desenvolvimento das plantas foram utilizadas doses de nitrogênio de 50; 100; 150; 200 e 250 mg.L⁻¹. Realizaram-se avaliações dos teores foliares de clorofila, açúcares totais e redutores; dos macro e micronutrientes nas folhas, além da área foliar, em dois períodos: vegetativo (até 60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio). Além disso, a biomassa aérea acumulada foi avaliada. As características físico-químicas dos frutos como firmeza de polpa, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e *ratio* também foram avaliadas. O incremento das doses de nitrogênio na solução nutritiva aumentou proporcionalmente os teores foliares de N; S; e de clorofila; a área foliar e a biomassa aérea acumulada. No fruto, o aumento do nitrogênio aplicado na solução nutritiva proporcionou decréscimo da acidez total titulável e da firmeza de polpa, porém aumento dos teores de sólidos solúveis totais e do *ratio*. Levando em consideração o crescimento das plantas e a qualidade dos frutos, a dose ideal de nitrogênio na solução nutritiva é de 153 mg.L⁻¹.

Palavras-chave: Cultivo fora do solo; solução nutritiva; adubação nitrogenada fertirrigação, substrato orgânico.

4.1 INTRODUÇÃO

O cultivo de morango no Brasil é muito importante do ponto de vista econômico devido a alta rentabilidade, mas também do ponto de vista social, pois seu plantio é distribuído na maioria em pequenas propriedades rurais familiares, com área média cultivada 0,5 a 1 hectare (SPECHT & BLUME, 2009; ANTUNES *et al.*, 2014). Apesar de não ser um dos principais produtores do mundo, o país figura entre os principais produtores da América do Sul (ANTUNES & PERES, 2013).

A produção de morango no sistema semi-hidropônico, ou popularmente chamado de cultivo fora do solo, é uma prática cada vez mais adotada (RAMPAZZO, 2016) que se justifica a alta rentabilidade para os pequenos produtores. Esse sistema de cultivo utiliza substratos para cultivo das plantas, sendo as principais composições desses substratos misturas de matérias primas orgânicas com características físico-químicas desejáveis ao cultivo (MARQUES, 2016). A utilização desses substratos diminui a incidência de pragas e fungos de solo; otimiza a ergonomia no manejo e na colheita, promovendo o aumento da produtividade.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes para o morangueiro, pois desempenha inúmeras funções no metabolismo, influenciando o crescimento, produção e qualidade dos frutos (TABATABAEI *et al.*, 2008; OJEDA-REAL *et al.*, 2009). O termo qualidade engloba características químicas e físicas dos frutos, sendo o sabor do morango importante atributo de qualidade influenciado pelas quantidades de nitrogênio (KALLIO *et al.*, 2000; CANTILLANO, 2005).

Neste panorama, para que os produtores continuem obtendo altas produtividades principalmente com qualidade, existe a necessidade da adequação do manejo nutricional do nitrogênio. Para cultivo em canteiros, a dose recomendada varia entre 50 a 250 kg.ha⁻¹ (HOCHMUTH *et al.*, 1996); 78 a 91 kg.ha⁻¹ (TAGLIAVINI *et al.*, 2005); 70 e 270 kg ha⁻¹ (NEPAR, 2017). Porém, nos poucos trabalhos em que foi avaliada a influência da quantidade de nitrogênio fornecido ao morangueiro no sistema fora do solo (TAGLIAVINI, 2005; CALVETE *et al.*, 2007; CANTLIFFE *et al.*, 2007; ANDRIOLO *et al.*, 2011) foram utilizados

substratos inertes, minerais ou que não correspondem a realidade praticada no Brasil.

Portanto, apesar das vantagens inerentes do cultivo fora do solo, existe a necessidade da adequação do manejo nutricional do nitrogênio para esse sistema. Este trabalho objetivou definir a dose de nitrogênio a ser aplicada no sistema semi-hidropônico que proporcione a maior produção e qualidade dos frutos de morango.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a condução do experimento, foram plantadas mudas de morango da cultivar 'Albion', sendo esta neutra ao fotoperíodo. As mudas foram cedidas pela empresa BioAgro e importadas do Chile, sendo comercializadas com suas raízes nuas e geralmente com a emissão de um trifólio (Figura 19). Estas foram selecionadas de acordo com sua homogeneidade e sanidade, descartando mudas que apresentavam alguma deformidade. Realizou-se o toilette, prática que consiste na limpeza de partes doentes ou senescentes, além do corte do terço final das raízes, com o objetivo de propiciar melhor pegamento destas (RAMPAZZO, 2016).



Figura 17. A - Mudas importadas de morangueiro cultivar 'Albion'; B – Detalhe da caixa onde são transportadas as mudas, importada pela empresa BioAgro.

As mudas foram plantadas em vasos de polipropileno para crescimento das plantas, com capacidade de 3 Litros cada (Figura 20).



Figura 18. Disposição dos vasos plantados com a cultivar 'Albion'.

Utilizou-se um substrato comercial cedido pela empresa Agrofior à base de subprodutos orgânicos, como casca de arroz carbonizada e casca de pinus compostada, amplamente utilizado por produtores da região metropolitana de Curitiba. As características químicas deste substrato foram avaliadas antes do plantio pelo Laboratório de Química do Solo da UFPR e as características físicas pelo Laboratório de Substratos da UFRGS (Tabela 6).

Tabela 6. Características químicas e físicas iniciais do substrato comercial orgânico utilizado no experimento proveniente da empresa Agrofior.

pH	Ca	Cl ₂	pH SMP	C.E. mS cm ⁻¹	C g dm ⁻³	SB cmol _c dm ⁻³	CTC efetiva cmol _c dm ⁻³	CTC a pH 7 cmol _c dm ⁻³	V%	
5,65			6,35	399	151,3	27,98	27,98	34,48	81,15	
(H+Al)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na	P mg dm ⁻³	Fe	Zn mg Kg ⁻¹	Cu	Mn
6,50	0	13,5	12,8	1,49	0,19	152	196,1	54,6	14,0	43,0
DS kg.m ⁻³	PT				%		AFD	AT	AD	
266,78	84,4						7,96	1,59	9,55	

DS= Densidade seca; PT= Porosidade total; AFD= Água facilmente disponível; AT= Água tamponante; AD= Água disponível

O substrato foi homogeneizado e colocado nos vasos em quantidades iguais de 1 kilograma. Cada vaso foi irrigado com água corrente em excesso, até que a condutividade elétrica do lixiviado estivesse próxima a 0,5 mS.m⁻¹ (MARQUES, 2016). Após este período realizou-se o plantio das mudas no dia 07/12/2017. Nos primeiros sete dias de implantação, a irrigação foi feita apenas com água para que ocorresse a adaptação das mudas (MARQUES, 2016).

O experimento foi conduzido no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, em estufa do tipo capela, de estrutura metálica coberta com filme agrícola difusor (ELVD), com espessura de 150 µm, apresentando as seguintes dimensões: 7 m de largura, 15 m de comprimento, e altura de 5,20 m. A estufa apresenta sistema de refrigeração, através de ventilador e Pad & Fan, com acionamento automático. As médias de temperatura, umidade e radiação solar são apresentadas na Figura 21.

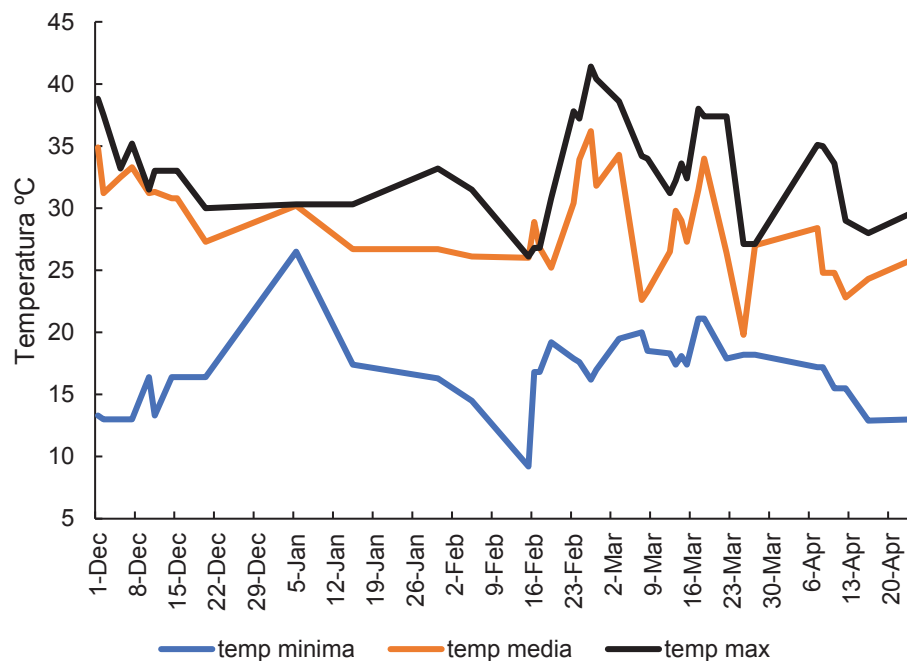


Figura 19. Temperatura mínima, média e máxima durante a condução do experimento, no interior da estufa.

Os tratamentos constituíram-se de doses de nitrogênio na solução nutritiva, de 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4) e 250 (T5) mg.L⁻¹. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e três plantas formando uma repetição. A formulação da solução nutritiva completa, com os outros macronutrientes e micronutrientes necessários, foi baseada na solução proposta por FURLANI & FERNANDES JÚNIOR (2004), e modificada para compor a quantidade de nitrogênio para cada tratamento. Com relação a forma de nitrogênio, manteve-se em cada tratamento a proporção de 85:15 de NO₃⁻:NH₄⁺. A composição da solução nutritiva e os sais utilizados encontram-se nas Tabelas 7 e 8, respectivamente:

Tabela 7. Concentração (mg.L^{-1} e mmol.L^{-1}) dos macronutrientes presentes na solução nutritiva utilizada, de acordo com quantidade de nitrogênio total, baseada e modificada de FURLANI E FERNANDES JÚNIOR (2004).

Nitrogênio total (mg.L^{-1})	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}	K^+	HPO_4^{2-}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-
	(mg.L ⁻¹)							
50	42,5	7,5	170	200	40	40	48,89	295,08
100	85	15	170	200	40	40	48,89	266,24
150	127,5	22,5	170	200	40	40	55	254,41
200	170	30	170	200	40	40	48,89	169,23
250	212,5	37,5	170	200	40	40	48,89	60,8

Nitrogênio total (mg.L^{-1})	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}	K^+	HPO_4^{2-}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-
	(mmol/L)							
50	0,7	0,4	4,2	5,1	1,3	1,6	0,5	8,3
100	1,4	0,8	4,2	5,1	1,3	1,6	0,5	7,5
150	2,1	1,2	4,2	5,1	1,3	1,6	0,6	7,2
200	2,7	1,7	4,2	5,1	1,3	1,6	0,5	4,8
250	3,4	2,1	4,2	5,1	1,3	1,6	0,5	1,7

Tabela 8. Concentração dos sais comerciais (mM) utilizados para formulação das quantidades dos macronutrientes mencionados na Tabela 7.

SAIS	DOSAGEM DE NITROGÊNIO TOTAL NAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS (mM)				
	50	100	150	200	250
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,7	3,3	5,0	4,9	5,6
KNO_3	0,0	0,0	0,0	2,4	3,8
KH_2PO_4	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0
MgSO_4	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0,6	1,2	1,3	1,3	1,3
NH_4NO_3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,6
CaCl_2	4,7	2,7	0,7	0,8	0,0
KCl	4,5	5,1	5,3	2,9	1,5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0

A concentração dos micronutrientes permaneceram as mesmas para todos os tratamentos, contendo 32; 10; 30; 3,1; 1,3 e 0,17 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo. Durante o desenvolvimento das plantas, a condutividade elétrica (CE) da solução após diluição e preparo foi mantida entre 1300 e 1800 mS.cm^{-1} .

As soluções concentradas foram preparadas com a concentração de sais descrita na Tabela 8 e acondicionadas em garrafas PET de 2 litros. Para calcular a quantidade de solução nutritiva a ser aplicada, pesou-se o substrato seco e depois saturado com água, até total capacidade de retenção de água. A subtração do peso, acrescido de 30% (MARQUES, 2016), ficou em torno de 500 mL por vaso. Para cada fertirrigação, a solução concentrada era diluída em 7,5 L de água. Preparava-se uma nova solução a cada aplicação em um balde e posteriormente, com um Becker fracionado, era aplicado em cada vaso. A frequência de aplicação dependia dos fatores climáticos já citados e ficou em torno de uma vez por dia.

Com a finalidade de mensurar o desenvolvimento e crescimento das plantas, procedeu-se a coleta de toda biomassa da parte aérea retirada na limpeza das plantas, levando a estufa por 48h à 65 °C, até massa constante, para mensurar a massa seca. Recomenda-se essa limpeza (de folhas senescentes e doentes das plantas), para evitar o desenvolvimento de patógenos nos restos vegetais (BORTOLOZZO, 2007; RAMPAZZO, 2016).

As análises foliares foram realizadas duas vezes, abrangendo os estádios vegetativo (aos 60 dias após o plantio) e reprodutivo (aos 120 dias após o plantio). Nos dois estádios, realizou-se a coleta do 3º ou 4º trifólio recém-desenvolvido de cada planta (NEPAR, 2017). Para cálculo da área foliar, coletou-se o 3º trifólio recém-desenvolvido e foi realizada a medição linear dos comprimentos e larguras dos folíolos esquerdo, médio e direito (PIRES, 1999).

Utilizou-se a mesma amostra anterior para a análise dos macro e micronutrientes. Essas foram colocadas em estufa com circulação de ar forçado à 65 °C para secagem por 72h até massa constante. Após secagem, foram trituradas até virarem pó e armazenadas em pequenos sacos de polietileno. A análise dos macronutrientes S, Ca, K, Mg e P, e dos micronutrientes Fe e Zn ocorreu através da digestão úmida em bloco digestor com ácido nítrico (HNO₃) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂). A leitura foi realizada com o aparelho ICP – Espectrômetro ótico de emissão (Varian 720-EOS), no laboratório de Nutrição de Plantas, no departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

Para as análises bioquímicas dos teores foliares de clorofila, açúcares totais e redutores realizou-se a coleta do 4º trifólio recém-desenvolvido na

mesma data da coleta para análise de nutrientes. O material colhido foi imediatamente levado para o laboratório de Ecofisiologia no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR. Pesaram-se em torno de 0,170 gramas de material fresco para quantificação de clorofila a, b e total. Essa quantidade pesada foi macerada com 10 mL de acetona 80% e centrifugado a 12.000 rpm por 10 minutos. A leitura do teor de clorofila foi realizada no espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 645 e 663 nm.

Para a quantificação de açúcares totais pelo método fenol – sulfúrico, uma alíquota do sobrenadante (100 µL), acima citado, foi misturado Fenol 5% (0,5 mL) e ácido sulfúrico concentrado (2,5 mL). Após isso, realizou-se a leitura em espectrômetro no comprimento de onda de 490 nm. A curva padrão de açúcares totais foi obtida a partir de uma solução de glucose (1g/L) (DUBOIS *et al.*, 1956).

Os açúcares redutores (glicose, frutose e manose) foram quantificados pelo método do dinitrosalicilato – DNS. A alíquota de 1,0 mL do mesmo sobrenadante mencionado, foi adicionado a 1,0 mL de DNS. Foram levados ao banho-maria por 5 minutos, e lidos no comprimento de 540nm. A curva padrão foi a mesma utilizada para açúcares totais (MILLER, 1959).

Para avaliação das características físico-químicas dos frutos, foram colhidos dez frutos por repetição. Os frutos colhidos apresentavam 75% ou mais da epiderme totalmente avermelhada; massa acima de 6 g, desprovidos de injúrias, doenças e deformações sendo considerados comerciais de acordo com as Normas de Classificação de Morango (CEAGESP, 2009). As plantas iniciaram o florescimento no dia 15/02/2018.

As seguintes análises foram realizadas em duas datas, 20/03/2018 e 20/04/2018. Foram analisados os teores de sólidos solúveis totais (SST) (°Brix), pH, acidez total titulável (%) (ATT), relação SST/ATT e firmeza de polpa (Newtons), segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). As características foram determinadas no laboratório de pós-colheita, localizado na Estação Experimental do Canguiri no Centro de Estações Experimentais do Canguiri - CEEEx, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Primeiramente realizou-se a firmeza da polpa dos frutos pelo Texturômetro Brookfield CT3 com ponteira de 2 mm, penetração de 5mm e velocidade de penetração de 5 mm.s⁻¹. A seguir, os frutos eram triturados para análise do teor de sólidos solúveis totais,

mensurado através do refratômetro modelo N – 1E e pH, modelo TECNAL pH Meter TEC-2. Para determinação da acidez titulável, 10 mL de suco foi pipetado em frasco Erlenmeyer, e diluído em 90 mL de água. A titulação foi realizada com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M sob agitação constante, até atingir o pH de 8,2.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e em caso de variação significativa, avaliados por regressão quanto aos efeitos das quantidades de nitrogênio na solução nutritiva. Para as análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7 (SILVA, 2016).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos períodos vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio) a aplicação de diferentes doses de nitrogênio não influenciou os teores foliares dos macronutrientes Ca, K, Mg e P. As respectivas médias no período vegetativo foram de 6,39; 11,38; 3,10 e 2,64 g.kg⁻¹, e no período reprodutivo de 6,51; 11,60; 3,69 e 2,89 g.kg⁻¹. Os micronutrientes também não foram influenciados apresentando no período vegetativo 41,20 e 10,67 mg.kg⁻¹ de Fe e Zn respectivamente e no período reprodutivo teores de 63,83 e 15,54 mg.kg⁻¹ de Fe e Zn (Anexos 6 e 7). Entretanto, as concentrações Ca e K estão abaixo do adequado (NEPAR, 2017), sendo entre 7-20 g.kg⁻¹ de Ca e 17-30 g.kg⁻¹ de K para a coleta no início do florescimento. Apesar disso, as plantas de morangueiro não apresentaram sintomas foliares característicos.

As concentrações de Ca e K devem ser aumentadas na solução nutritiva, uma vez que atuam diretamente na fisiologia das plantas. O K desempenha importante função, agindo na regulação das reações de síntese, enquanto o cálcio influencia a estrutura e a resistência da parede celular (TAIZ & ZIEGER, 2017). São altamente exigidos pelo morangueiro favorecendo não só o metabolismo celular, mas afetando diretamente a qualidade dos frutos (PETTIGREW, 2008; RODAS *et al.*, 2013).

A adubação nitrogenada aumentou os teores foliares de N e S (Figura 20). Para o teor de N (Figura 20A) é observado a mesma tendência nos dois períodos avaliados, com aumento linear a medida que as doses aumentam na solução nutritiva. O aumento no teor de N foliar era esperado, uma vez que aumentando

a concentração deste nutriente na solução nutritiva a planta conseguirá absorver e assimilar uma maior quantidade. Comparando a dose mínima de $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e a máxima de $250 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, o aumento do teor de N foliar foi de 41%. Esse comportamento corrobora com os resultados encontrados por CANTLIFFE *et al.* (2007). Esses autores analisaram a cultivar de morangueiro 'Festival' sob doses de 40, 80, 120, e $160 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N, em fibra de coco e casca de pinus e observaram um aumento no teor de N foliar de 16,5%.

Segundo o NEPAR (2017) a faixa adequada do teor foliar de N é de 20 a $32 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, no início do florescimento. Apenas no período reprodutivo, a partir da dose de $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, os teores atingiram estes valores. Apesar dos teores estarem abaixo do adequado nas demais doses, apenas na dose de $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ocorreram sintomas característicos da deficiência de N. A Figura 21 ilustra a clorose generalizada (EPSTEIN & BLOOM, 2004; MALAVOLTA, 2006) e hábito estiolado (MENGEL & KIRKBY, 2001; EPSTEIN & BLOOM, 2004) observados nas plantas, cujos sintomas são os mais característicos da deficiência de N. Isso evidencia a importância da quantidade adequada de N para a planta realizar seu metabolismo de forma mais eficiente.

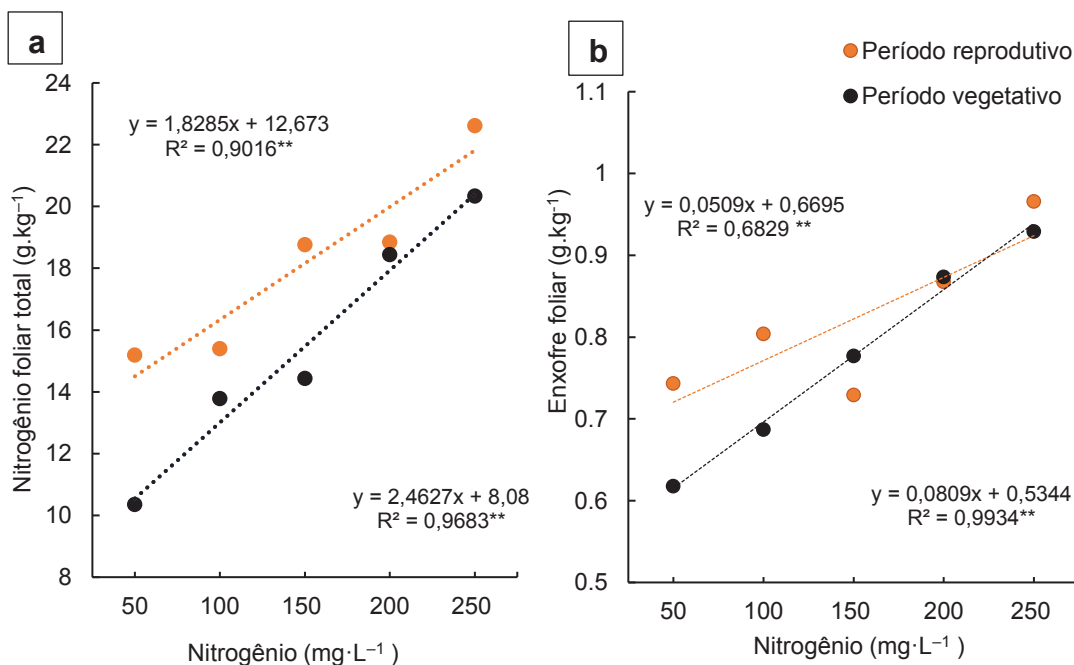


Figura 20. Teores de foliares de nitrogênio (A) e de enxofre (B) da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio).



Figura 21. Sintoma de deficiência de nitrogênio no morangueiro cultivar 'Albion', quando submetido a concentração de 50 mg.L^{-1} de N na solução nutritiva, em sistema semi-hidropônico.

O outro nutriente afetado diretamente pelas concentrações de N na solução foi o S (Figura 20B). O teor de S aumentou em 33%, proporcionalmente ao incremento de N na solução nutritiva. Segundo VITTI *et al.* (2007) o S está intimamente ligado ao metabolismo do N, sendo inclusive utilizada a relação N/S do vegetal para avaliar o seu estado nutricional. O aumento do teor de S nas folhas é esperado, uma vez que N e S são constituintes básicos de aminoácidos importantes, como a cisteína e metionina (TAIZ & ZEIGER, 2017). O S é absorvido pelas raízes como ânion divalente SO_4^{2-} e em muitos aspectos, sua assimilação é semelhante a do NO_3^- . Por exemplo, primeiramente precisam ser reduzidos para posteriormente serem incorporados aos aminoácidos, proteínas e coenzimas (HAWKESFORD *et al.*, 2012). Portanto com o aumento da concentração de N no tecido foliar, o morangueiro também aumenta a concentração de S para que ambos nutrientes forneçam substrato para síntese de aminoácidos.

Outra possível explicação para essas diferenças nos teores, é que a absorção do SO_4^{2-} é aparentemente reduzida pela presença em excesso de Cl^- . As soluções nutritivas dos tratamentos deste trabalho, continham concentrações de N e Cl^- inversamente proporcionais. Além disso, segundo MALAVOLTA (2006) a velocidade de absorção do SO_4^{2-} depende do cátion acompanhante,

obedecendo à seguinte série crescente $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+$. Os maiores teores de S analisados neste trabalho foram em tratamentos que continham, também, maiores concentrações de N-total, ou seja, de NH_4^+ , possivelmente possibilitando uma maior absorção de S.

Os teores de clorofilas totais aumentaram linearmente com o aumento da dose de N na solução nutritiva (Figura 22A, Anexo 8 e 9). Comparando as doses de 50 e 250 mg.L^{-1} , o aumento no teor de clorofilas totais foi de 26%. Esse aumento é esperado, pois o nitrogênio é o elemento mineral que as plantas requerem em maiores quantidades, servindo de base como um constituinte de muitos componentes celulares vegetais incluindo clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Com o fornecimento adequado de Mg e Fe, nutrientes importantes para a síntese de clorofila, as maiores doses aplicadas de N proporcionaram aumento foliar deste pigmento. Por outro lado, o sintoma de clorose ilustrado na Figura 24 na dose de 50 mg.L^{-1} , reflete a deficiência de N. As proteínas das folhas mais velhas sofrem proteólise, sendo hidrolisadas e resultando em aminoácidos que são então redistribuídos para folhas e tecidos novos. A proteólise resulta no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um declínio dos teores de clorofila, amarelando as folhas mais velhas, culminando em uma coloração totalmente avermelhada. Isso explica a menor concentração de clorofila no primeiro tratamento, pois a quantidade fornecida de N é insuficiente forçando a planta a remobilizar o N de tecidos mais velhos. Nos trabalhos pesquisados que relacionam doses de nitrogênio no morangueiro, não foram encontradas avaliações dos teores de clorofila total, açúcares totais e redutores nas folhas.

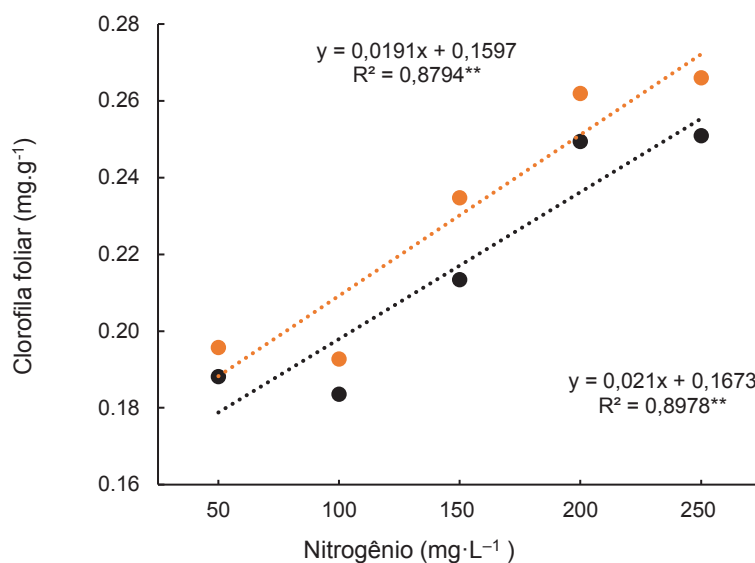


Figura 22. Teores foliares de clorofila total da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com a concentração de nitrogênio na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio).

A área foliar foi afetada pela aplicação de nitrogênio nos dois períodos avaliados (Anexos 8 e 9). O aumento da quantidade de N fornecida na solução nutritiva promoveu um aumento linear na área foliar das plantas (Figura 23A). A área foliar possui relação direta com os teores de nitrogênio e clorofila foliares, uma vez que esses servem de base para a formação de vários componentes do aparelho fotossintético da planta, proporcionando esse maior desenvolvimento foliar apresentado. A diferença no desenvolvimento da folha pode ser evidenciada na Figura 24.

O aumento da área foliar nos dois períodos foi de 58% (Figura 23A). Alguns autores relacionam a área foliar com o número de folhas emitidas pelas plantas, sob aplicação de N, ocorrendo resultados e discussões divergentes. Por exemplo, segundo ANDRIOLO *et al.* (2011), cultivando o morangueiro 'Arazá' em substrato de areia sob concentrações entre 80 mg·L⁻¹ e 180 mg·L⁻¹ de N, o índice de área foliar diminuiu com o aumento das doses, por conta da diminuição do tamanho e número de folhas. Já CANTLIFFE *et al.* (2007) não encontraram diferenças no número de folhas com a aplicação de nitrogênio. Entretanto, DENG & WOODWARD (1998), cultivando o morangueiro 'Elsanta', sob 2,48; 24,8 e 248 mg·L⁻¹ de N, encontraram um aumento na área foliar com o aumento da aplicação de N. A área foliar tem grande importância para a fotossíntese, e consequentemente, para o desenvolvimento da planta.

Em resumo ao exposto anteriormente, há um consenso em que a deficiência de N diminui biomassa total da planta e o tamanho das folhas, limitando a quantidade de fotoassimilados translocada aos frutos (DENG & WOODWARD, 1998; YOSHIDA *et al.*, 2002) afetando conseqüentemente a qualidade. Assim como os resultados apresentados demonstram que excesso de N causa um intenso crescimento vegetativo (MINER *et al.*, 1997; KIRSCHBAUM *et al.*, 2010) evidenciados pelo aumento da área foliar.

Os conteúdos de açúcares na folha acompanharam o incremento de N aplicado (Figura 24B, Anexo 8 e 9). No período reprodutivo (120 DAP), as plantas já estavam estabelecidas, bem desenvolvidas e florescendo. O incremento de N na solução nutritiva proporcionou um crescimento da planta no geral, possibilitando uma maior taxa fotossintética e conseqüentemente maior acúmulo de produtos da fotossíntese.

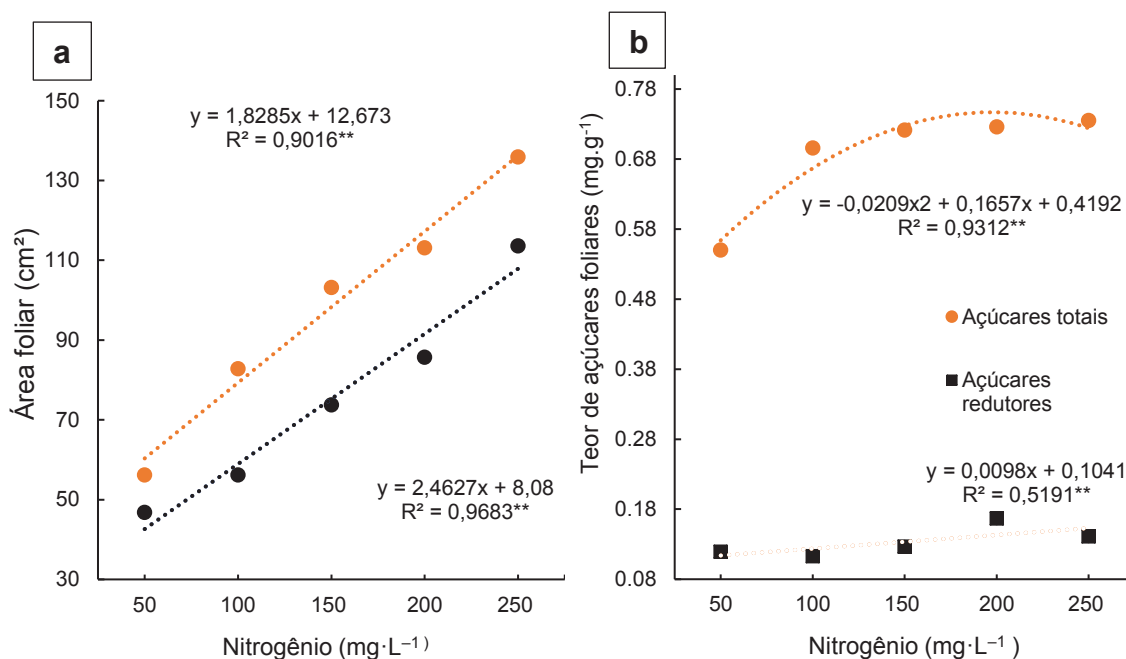


Figura 23. Área foliar (A) e teores foliares de açúcares totais e redutores (B) da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva, no período vegetativo (60 dias após o plantio) e reprodutivo (120 dias após o plantio).



Figura 24. Da menor dose de 50 mg.L^{-1} (esquerda) para maior dose 250 mg.L^{-1} (direita) a) Folhas destacadas e b) Plantas *in vivo* do morangueiro 'Albion'

A massa aérea acumulada representa a quantidade de biomassa produzida pela planta, até o período avaliado, exibindo um aumento de acordo com o aumento do N disponibilizado na solução nutritiva (Figura 25A). Ocorreu um aumento da biomassa produzida pela planta em torno de 81%, comparando-se a aplicação de 50 e 250 mg.L^{-1} , pois o nitrogênio, sendo um nutriente chave no crescimento e desenvolvimento das culturas, afeta a fotossíntese e a distribuição da matéria seca entre os órgãos (YIN *et al.*, 2003). Os resultados demonstram que a produção da parte aérea da planta aumentou com a aplicação das doses de N, pois a quantidade de material vegetal coletado foi maior.

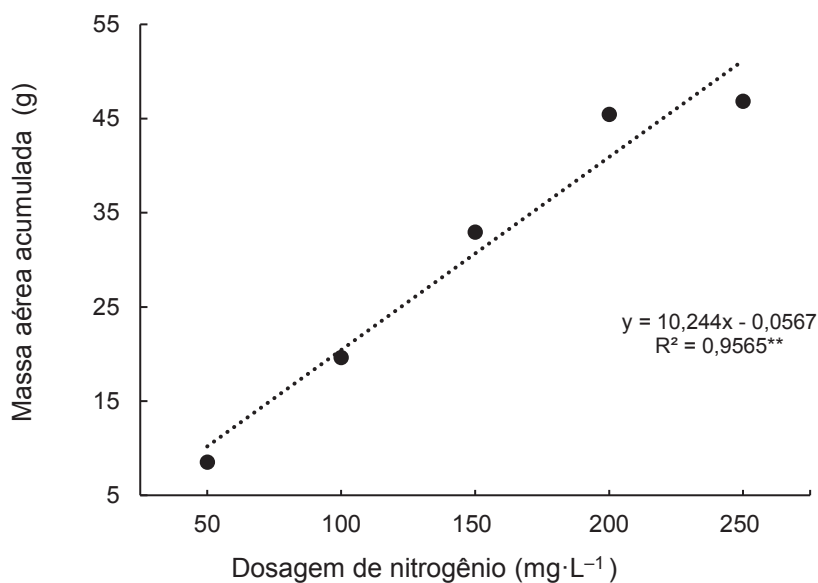


Figura 25. Massa aérea acumulada da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio aplicadas na solução nutritiva.

É notório que a dosagem de 50 mg.L⁻¹ proporcionou menor biomassa acumulada das plantas (Figura 24). Isto é devido a um desequilíbrio metabólico, em que baixas quantidades de N assimiladas, proporcionam uma menor síntese de aminoácidos e proteínas, afetando assim a fotossíntese, crescimento e composição química da planta (NESTBY *et al.*, 2005).

O incremento de N na solução nutritiva afetou a qualidade físico-química dos frutos no que se refere aos teores de sólidos solúveis totais (SST), de acidez total titulável (ATT), *ratio* (SST/ATT) e de firmeza de polpa, com exceção do pH que apresentou valores médios de 3,6 (Anexo 10). Segundo RODAS *et al.* (2013) morangos com pH mais ácido, menor de 3,5, são adequados para uso industrial, enquanto o mercado *in natura* tem preferência por frutos menos ácidos.

O maior teor de SST de 9,3 °Brix foi obtido com a aplicação de 153 mg.L⁻¹ de N na solução nutritiva (Figura 26 A). Comparando-se as doses de 50 e 100 mg.L⁻¹, as plantas conseguiram produzir uma maior quantidade de fotoassimilados, exportando-os para o fruto. O fruto sendo um órgão de armazenamento, sua composição depende do suprimento adequado dos produtos de assimilação de carbono e nitrogênio. Essa maior alocação de fotoassimilados refletiu em um maior teor SST. Sabe-se que um excesso de N promove o crescimento vegetativo em detrimento da produção de frutos (MINER, 1997; KIRSCHBAUM *et al.*, 2010). A diminuição do teor de SST em

concentrações de N na solução nutritiva superiores a 153 mg.L^{-1} é possivelmente devido a incapacidade da planta em reduzir e assimilar o NO_3^- , uma vez que excedendo a sua capacidade assimilatória, a planta direciona esqueletos de C para essa função e não para os frutos (DARNELL E STUTTE, 2001; TABATABAEI *et al.*, 2008).

Este valor de $9,3^\circ\text{Brix}$ está acima do valor necessário para que o sabor de morango seja aceitável, em torno de 7°Brix (KADER, 1999), ou seja, os frutos provavelmente apresentam um sabor doce devido ao maior acúmulo de açúcares. Na literatura alguns autores pesquisando a aplicação de N no sistema fora do solo, não encontraram diferenças nos teores de SST. Como, por exemplo para ANDRIOLO *et al.* (2011) onde o teor de SST foi o mesmo independente das dosagens, com média de $6,3^\circ\text{Brix}$. Da mesma maneira, OJEDA-REAL *et al.* (2009) também reportaram que a aplicação de N não afetou os teores de SST. Entretanto, para CANTLIFFE *et al.* (2007), ocorreu uma diminuição no SST na maior dose de N. No presente trabalho, uma vez que independente das doses os teores de SST ficaram acima do recomendado, ficou evidenciado que o fornecimento de N afeta o teor de SST no cultivo semi-hidropônico.

As concentrações de N na solução nutritiva também afetaram a ATT (Figura 26B). Independente dos tratamentos a acidez dos frutos ficou acima do valor máximo recomendado de $0,8\%$ (KADER, 1999), produzindo frutos mais ácidos. A ATT diminuiu com a aplicação de nitrogênio total na solução nutritiva (Figura 26B), indicando um resultado favorável do ponto de vista do sabor do fruto. Porém, essa diminuição não foi reportada na literatura consultada que evidencia o contrário. ANDRIOLO *et al.* (2011), verificaram um aumento da ATT com o aumento das doses de N-total. Assim como OJEDA-REAL *et al.* (2009) também verificaram que a aplicação de N aumentou o teor de ácido cítrico e ácido ascórbico nos frutos.

A justificativa para essa influência do N na ATT não é totalmente esclarecida. De acordo com SCHEIBLE *et al.* (1997) o aumento de NO_3^- induz um aumento dos chamados metabólitos intermediários dos ácidos orgânicos, como o α -oxoglutarato; isocitrato; citrato e malato. Esse acúmulo pode ser a causa de uma maior síntese de ácidos orgânicos, aumentando a ATT. Entretanto, o α -oxoglutarato formado pelo aumento de NO_3^- , também é o principal acceptor de amônio pela via GOGAT (HAWKESFORD *et al.*, 2012). Ou

seja, ele também serve para a assimilação de amônio em aminoácidos. Possivelmente, uma vez que com uma maior quantidade de N aplicada necessita ser assimilada, ao invés da planta sintetizar mais ácidos orgânicos para o fruto, ela pode direcionar a translocação desses compostos para a raiz, mudando a relação fonte-dreno do fruto para as raízes/folhas.

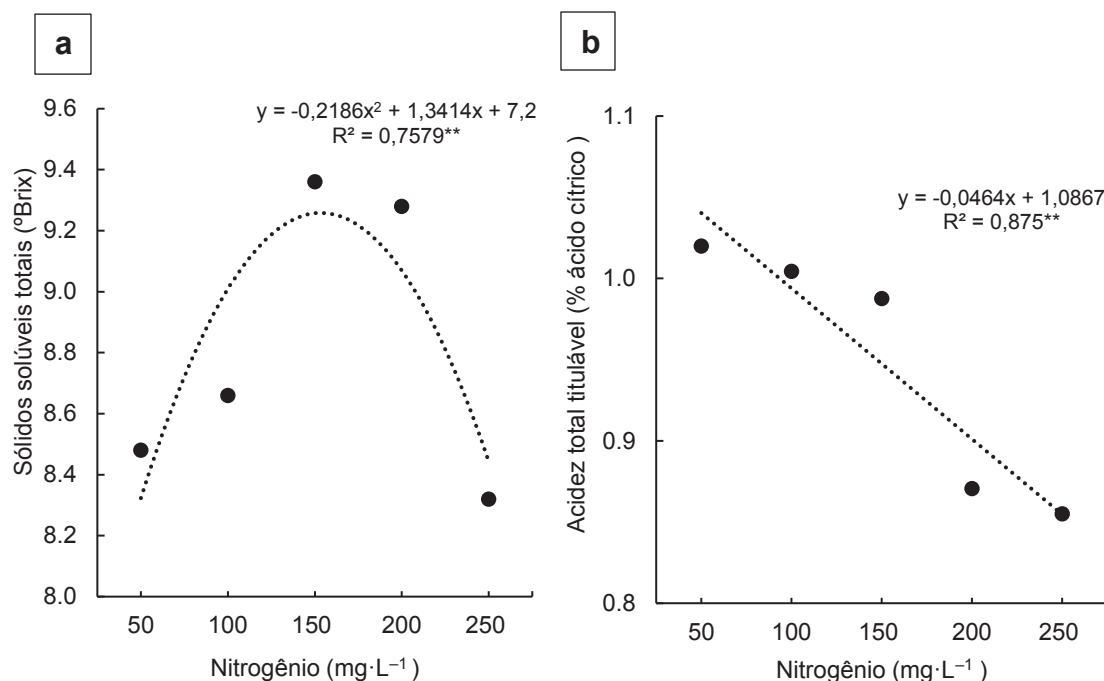


Figura 26. Sólidos solúveis totais (A) e acidez total titulável (B) dos frutos da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva.

Na Figura 27 A está ilustrado o comportamento do *ratio* sob as doses de N. O melhor ajuste da regressão foi linear, aumentando o valor do *ratio* com as concentrações de N. Os valores de SST e ATT avaliados tem influência direta no sabor do morango, pois sendo um importante atributo de qualidade, depende basicamente do equilíbrio entre ácidos e açúcares expressos na fruta (KALLIO *et al*, 2000). Ou seja, sua razão (*ratio*) (TSS: AT) é responsável grande parte do sabor da fruta (MAGWAZA & OPARA, 2015). Os teores de SST e ATT são importantes, mas o principal critério utilizado é o *ratio*. Dentre os resultados apresentados do *ratio*, as doses acima de 140 mg.L⁻¹ propiciaram os valores mínimos recomendados de pelo menos 8,75 (KADER, 1999). Portanto, independente dos teores de SST terem sido considerados dentro do

recomendado e a ATT fora do recomendado, o *ratio* ideal foi obtido com aplicações de N na solução nutritiva acima de 140 mg.L⁻¹.

A firmeza de polpa dos frutos também foi afetada pelos tratamentos aplicados (Figura 27B). Na medida que se aumentou a concentração de N, a firmeza de polpa respondeu inversamente. De acordo com CONTI *et al.* (2002) frutos de morango cuja firmeza de polpa seja menor que 83,55 Newtons são considerados pouco firmes e quando maior que 135,16 Newtons são considerados muito firmes. Nota-se que a partir da concentração de 200 mg.L⁻¹, a firmeza de polpa torna-se abaixo da recomendada, limitando o transporte de frutos a longas distâncias, pois estes podem sofrer danos mecânicos com facilidade. Dentre a literatura consultada, MUKKUN *et al.* (2001) verificaram a diminuição da firmeza dos frutos do morangueiro 'Chandler' com o incremento de doses de N no solo.

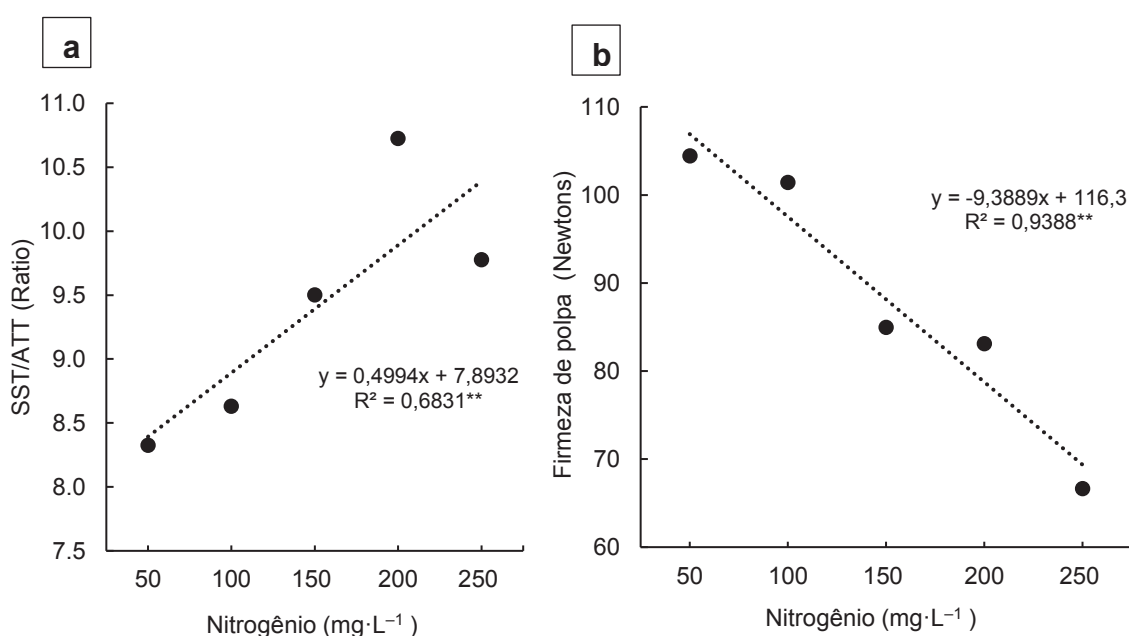


Figura 27. Características físico-químicas do SST/ATT (*ratio*) (A) e da firmeza de polpa dos frutos (B) da cultivar de morangueiro 'Albion', de acordo com as concentrações de nitrogênio na solução nutritiva.

A firmeza de polpa está intimamente ligada com o nutriente Ca, cuja função é essencial para a formação das paredes celulares e tecidos vegetais. O Ca se liga aos ácidos poligalacturônicos (pectinas), que por sua vez formam os pectatos de Ca na lamela média. A degradação dos pectatos é mediada pela poligalacturonase, enzima que é fortemente inibida por altas concentrações de

Ca (WEHR *et al.*, 2004). A quantidade de Ca avaliada na folha estava abaixo da recomendada, indicando uma deficiência. Porém não ocorreram diferenças nesses teores de Ca com a aplicação das doses de N. Uma vez que a avaliação não foi realizada nos frutos, mas nas folhas, supõem-se que a variação na dose de N influenciou a concentração de Ca neles, levando a um afrouxamento das paredes celulares e conseqüentemente a perda de firmeza de epiderme e polpa (HO & WHITE, 2005).

4.4 CONCLUSÕES

O aumento das doses de nitrogênio na solução nutritiva não influenciou os teores foliares dos macronutrientes e nem do Fe e Zn, com exceção do S e N. O teor do S aumentou proporcionalmente ao aumento da dose de N, mostrando-se benéfico para desenvolvimento da planta produzida em sistema semi-hidropônico.

As diferentes doses de nitrogênio aplicadas tiveram influência sobre as características bioquímicas e vegetativas das plantas de morangueiro da cultivar 'Albion'. Entretanto, dosagens acima de 153 mg.L⁻¹, promovem o crescimento vegetativo em detrimento da qualidade dos frutos.

Levando em consideração a qualidade dos frutos, a dose ideal de nitrogênio na solução nutritiva utilizada para fertirrigação é de 153 mg.L⁻¹, quando o morangueiro é cultivado em sistema semi-hidropônico.

4.5 REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F.L.; COCCO, C.; CASAGRANDE, G.S.; JÄNISCH, D.I. Nitrogen levels in the cultivation of strawberries in soilless culture. **Horticultura Brasileira**. v.29, p. 516-519, 2011.

ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v.13, p.156-161, 2013.

ANTUNES, L.E.C.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. **Morango mostra tendência de crescimento de mercado**. In: Campo & Negócios, Anuário HF p.54-57, 2014.

BORTOLOZZO, A. R.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M.; MELO, G. W. B.; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. de M.; BRAGHINI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 62. p. 23. 2007.

CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; WESP, C. L.; CESTONARO, L.; MARIANI F.; FIOREZE, I.; CECCHETTI, D.; CASTILHOS, T. Produção hidropônica de morangueiro em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.

CANTILLANO, R. F. F. **Sistema de produção de morangos: colheita e pós-colheita**. Sistema de Produção, Embrapa, n. 5, 2005.

CANTLIFFE, D.J., CASTELLANOS, J.Z.; PARANJPE, A.V. Yield and quality of greenhouse grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.120, p.157–161, 2007.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira** v.20, p.10-17, 2002.

DARNELL, R.L.; STUTTE, G.W. Nitrate concentration effects on NO₃- N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.125, p. 560-563, 2001.

DENG, X.; WOODWARD, F.I. The growth and yield responses of *Fragaria ananassa* to elevated CO₂ and N Supply. **Annals of Botany**, v.81, p. 67-71, 1998.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBEN, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, **Analytical Chemistry**, v.28, p. 350, 1956.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants**. Sunderland: Sinauer Associates. 392 p. 2004.

FURLANI, P.R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. **Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO & ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2004, Pelotas. Anais... Pelotas: RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L. E. C.; DIAS, R. T. E. G. (Ed.). EMBRAPA, documentos 124, p.102-115, 2004.

HO, L.; WHITE, P. J. A cellular hypothesis for the induction of blossom end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, v. 95, p. 571–581, 2005.

ILHA, L. H. **Produção de morango semi-hidropônico**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, Vacaria, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p. 2008.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticulturae**, v.485, p.203-208, 1999.

KALLIO, H; HAKALA, M; PELKKIKANGAS, A; LAPVETELAINEN, A. Sugars and acids of strawberry varieties. **European Food Research and Technology**, v. 212, p.81–85, 2000.

KIRSCHBAUM, D. S.; LARSON, K. D.; WEINBAUM, S. A.; DEJONG, T. M. Late-season nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 7, p. 1001-1007, 2010.

MAGWAZA, L.S.; OPARA, U. L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products – A review. **Scientia Horticulturae**, v.184, p.179-192, 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Agronômica, 2006. 683 p.

MARQUES, G. N. Sistemas abertos e fechados de cultivo. In.: RAMPAZZO, E. F. SHIMIZU, H. K.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, 48 p. – SENAR-Paraná; 283, 2016.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I.S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**, third ed., UK.: Academic Press, London, 2012.

MARTÍNEZ, F.; PALENCIAB, P.; WEILANDA, C.M.; ALONSOC, D.J.; OLIVEIRA, A. Influence of Nitrification Inhibitor DMPP on Yield, Fruit Quality and SPAD Values of Strawberry Plants. **Scientia Horticulturae**, v. 185, p. 233–239, 2015.

MENGEL, K., E. A. KIRKBY. **Principles of Plant Nutrition**. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 841 p. 2001.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic reagent for the determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426–428, 1959.

MINER, G.S; POLING, E.B; CARROLL, D.E; NELSON, L.A; CAMPBELL, C.R. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of 'Chandler' strawberry. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.122, p. 290-295, 1997.

MUKKUN, L., Singh, Z.; Phillips, D. Nitrogen nutrition affects fruit firmness, quality and shelf life of strawberry. **Acta Horticulturae**, n. 553, p. 69–71, 2001.

NESTBY, R.; LIETEN, F.; PIVOT, D.; RAYNAL-LACROIX, C.; TAGLIAVINI, M. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: a review. **Internacional Journal Fruit Science**, v.5, p.141–158, 2005.

OJEDA-REAL, L. A.; LOBIT, P.; CARDENAS-NAVARRO, R.; GRAGEDA-CABRERA, O.; FARIAS-RODRIGUEZ, R.; VALENCIA-CANTERO, E.; MACIAS-RODRIGUEZ, L. Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria × ananassa duch.* cv. Aromas). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 6, p. 935–939, 2009.

NEPAR – Núcleo Estadual de Sociedade Brasileira de Ciência do solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. NEPAR, 1ª Edição. ISBN 978-85-69146-04-9. 510 p. 2017.

PBMH & PIMo - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE MORANGO. **Normas de Classificação de Morango**. São Paulo: CEAGESP, 2009. Documentos, 33.

PETTIGREW, W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, v.133, p.670–681, 2008.

RAMPAZZO, E. F. Instalações para cultivo de morangueiro fora do solo. In: SHIMIZU, H. K.; MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, 48 p. (SENAR-Paraná; 283). 2016.

RODAS, C. L.; SILVA, I. P.; COELHO, V. A. T.; FERREIRA, D. M. G.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. **IDESIA** (Chile) v. 31, n. 1, Enero-Abril, 2013.

SCHEIBLE, W.; GONZÁLEZ-FONTES, A.; LAUERER, M.; MULLER-ROBER, B.; CABOCHE, M.; STITT M. Nitrate acts as a signal to induce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. **Plant Cell**, v.9, p.783–798, 1997.

SERÇE S; HANCOCK JF. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae** v.103, p.167-177, 2005.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SPECHT, S.; BLUME, R. **Competitividade e segmento de mercado à cadeia do Morango: algumas evidências sobre o panorama mundial e Brasileiro**. Sober, 47º Congresso (Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural). Porto Alegre, 17p, 2009.

TABATABAEI, S.J.; YUSEFI, M.; HAJILOO, J. Effects of shading and NO₃: NH₄ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. **Scientia Horticulturae** v. 116, p.264-272, 2008.

TAGLIAVINI, M.; BALDIA E.; LUCCHIC P.; ANTONELLIA M.; SORRENTIA G.; BARUZZIB G.; FAEDI W. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria* × *Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. **European Journal Agronomy**, n. 23, p.15–25, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia Vegetal e Desenvolvimento Vegetal**. 6 edição. Porto Alegre: Artmed, 2017. 719 p.

VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L.; GALLO, L.A.; PIEDADE, S.M.S.; FARIA, M.R.M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, D.F., v.42, n.2, p.225- 229, 2007.

WEHR, J. B.; MENZIES, N. W.; BLAMEY, F. P. C. Inhibition of cell-wall autolysis and pectin degradation by cations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.42, p.485–492, 2004.

YIN, X.; LANTINGA, E.A.; SCHAPENDONK, A.H.; ZHONG, X. Some quantitative relationships between leaf area index and canopy nitrogen content and distribution. **Annals of Botany**, v.91, p. 893-903, 2003.

YOSHIDA, Y.; GOTO, T.; HIRAIM, M. Anthocyanin accumulation in strawberry fruits as affected by nitrogen nutrition. **Acta Horticulturae**, v.567, p.357–360, 2002.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ e de diferentes doses de nitrogênio na solução nutritiva não influenciaram a absorção de outros macro e micronutrientes importantes para o desenvolvimento do morangueiro, com exceção do N e S. O substrato utilizado não influenciou nas avaliações, sendo recomendado para o cultivo de morango aos produtores.

Recomenda-se o aumento da dose de Ca e K na solução nutritiva utilizadas neste trabalho, para produtores que utilizarem o mesmo substrato deste trabalho.

As diferentes relações de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ e as diferentes doses de nitrogênio aplicadas via solução nutritiva tiveram influência sobre as características bioquímicas das folhas, características vegetativas das plantas de morangueiro da cultivar 'San Andreas' e 'Albion', as quais refletiram na qualidade dos frutos.

Tendo em vista o período de avaliação deste trabalho, recomenda-se um maior período de avaliação e mais de um ciclo de frutificação, uma vez que alguns produtores cultivam as plantas por mais de um ciclo. Para a comprovação da qualidade dos frutos, recomenda-se uma realizar uma análise sensorial.

REFERÊNCIAS

ALAN, R. The effect of nitrogen nutrition on growth, chemical composition and response of cucumber *Cucumis sativus* L. to nitrogen forms in solution culture. **Journal of Horticultural Science**, v.64. p.467–474, 1989.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 158 p. 2002.

ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

ANDRIOLO, J.L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F.L.; COCCO, C.; CASAGRANDE, G.S.; JANISCH, D.I. Nitrogen levels in the cultivation of strawberries in soilless culture. **Horticultura Brasileira**, v.29, p. 516-519, 2011.

ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v.13, n °1-2, p.156-161, 2013.

ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010.

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. **Morangos do jeito que o consumidor gosta**. Campo & Lavoura, Anuário HF, n.1, p.64-72, 2015.

ANTUNES, L.E.C.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. **Morango mostra tendência de crescimento de mercado**. In: Campo & Negócios, Anuário HF, p.54-57, 2014.

AZODANLOU, R.; DARBELLAY, C.; LUISIER, J.; VILLETZAZ, J.; AMADO, R. Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries. **European Food Research and Technology**, v.218, p.167–172, 2004.

BIENIASZ, M.; MAŁODOBRY, M.; DZIEDZIC, E. The effect of foliar fertilization with calcium on quality of strawberry cultivars 'Luna' and 'Zanta'. **Acta Horticulturae**, v.926, p. 457-461, 2012.

BITTSÁNSZKY, A.; PILINSZKYA, K.; GYULAIB, G.; KOMIVES T. Overcoming Ammonium Toxicity. **Plant Science**, v. 231 p.184–190, 2015.

BLOOM, A.J.; SUKRAPANNA, S.S.; WARNER, R.L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, v.99, p.1294-1301, 1992.

BORTOLOZZO, A. R.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M.; MELO, G. W. B.; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. de M.; BRAGHINI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, n.62, p. 23, 2007.

CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; WESP, C. L.; CESTONARO, L.; MARIANI F.; FIOREZE, I.; CECCHETTI, D.; CASTILHOS, T. Produção hidropônica de morangueiro em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.

CANTILLANO, R.F.F. **Sistema de Produção do Morango** – Colheita e Pós-colheita. Embrapa Clima Temperado, Sistema de Produção, 5. ISSN 1806-9207, Versão eletrônica, 2005.

CANTLIFFE, D.J., CASTELLANOS, J.Z.; PARANJPE, A.V. Yield and quality of greenhouse grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.120, p.157–161, 2007.

CAO, C.L.; LI, S.X. Effects of N form on some physiological characteristics and yield of wheat during the vegetative reproductive growth stages. **Acta Agronomy Singapore**, V.29. p.258–262, 2003.

CAO, W.; TIBBITS, T. W. Response of potatoes to nitrogen concentrations differ with nitrogen forms. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.615–623, 1998.

CHOI, J. M.; LATIGUI, A.; LEE, C. W. Growth and nutrient uptake responses of 'Seolhyang' strawberry to various ratios of ammonium to nitrate nitrogen in nutrient solution culture using inert media. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 59, p. 12567-12574, 2011.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L.; SCHMITT, O. J. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 4, p. 489-493, 2011.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.10-17, 2002.

CUNHA JUNIOR L. C.; JACOMINO A. P.; OGASSAVARA F. O.; TREVISAN M. J.; PARISI M. C. M. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO₂. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 688-694, 2012.

DARNELL, R.L.; STUTTE, G.W. Nitrate concentration effects on NO₃- N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.125, p. 560-563, 2001.

DENG, X.; WOODWARD, F.I. The growth and yield responses of *Fragaria ananassa* to elevated CO₂ and N Supply. **Annals of Botany**, v.81, p. 67-71, 1998.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBEN, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, **Analytical Chemistry**, v.28, p. 350, 1956.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants**. Sunderland: Sinauer Associates. p.392. 2004.

FAO - **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT: Agricultural Production / strawberry**. 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 20 janeiro 2018.

FERMINO, M. H. Substrato para plantas: propriedades e materiais. In: RAMPAZZO, E. F.; SHIMIZU, H. K.; MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, SENAR-Paraná, 48 p., v.283, 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. Rosáceas - morango: um frutinho rasteiro. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 378-385 p. 2003.

FURLANI, P. R.; BOLONHEZI D.; SILVEIRA, L. C. P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. In: Cultivo Protegido de Hortaliças em Solo e Hidroponia. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v.20, n.200/201, 1999.

FURLANI, P.R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. **Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO & ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2004, Pelotas. Anais... Pelotas: RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L. E. C.; DIAS, R. T. E. G. (Ed.). EMBRAPA, Documentos 124, p.102-115, 2004.

GARDNER, V. R. Studies in the nutrition of the strawberry. **Missouri Agricultural Experiment Station**, v.57, 29 p., 1923.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO J.; GODOI R. Cultivo sem solo no morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.273-279, 2008.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C. **Produção de mudas de morango**. Hortaliças de propagação vegetativa: tecnologia de multiplicação. Brasília, DF: Embrapa, p.151-175, 2016.

GOTO, R.; DA HORA, R. C. **Avanços na área de cultivos protegidos para pequenas frutas**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PEQUENAS FRUTAS, 4, Vacaria, RS. Anais ... Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho. p. 29-34. Documentos 59, 2007.

GOUVEA, A.; KUHN, O. J.; MAZARO, S. M; MIO, L. L. M.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L. A.; FONSECA, V. C. Controle de doenças foliares e de flores e qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com *Saccharomyces cerevisiae*. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 527-533, 2009.

GUO, S.; BRTICK, H.; SATTELMACHER, B. Effects of supplied nitrogen form on growth and water uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris L.*) plants. **Plant and Soil**, v.239, p.267–275, 2002.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I.S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**, third ed., UK.: Academic Press, London, 2012.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise: maîtrise de la production**. Paris: CTFIL, 299 p. 1997.

HIREL, B, GOUIS, J.; NEY, B.; GALLAIS, A. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: Towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p. 2369–2387, 2007.

HO, L.; WHITE, P. J. A cellular hypothesis for the induction of blossom end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, v.95, p.571–581, 2005.

HOAGLAND, D. R., SNYDER, W. C. Nutrition of strawberry plant under controlled conditions. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.30, p. 288-294, 1933.

HOCHMUTH, G.J.; ALBREGTS, E.E.; CHANDLER, C.C.; CORNELL, J.; HARRISON, J. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.121, p. 660-665, 1996.

HOOPEN, TEN F., CUIN, T.A., PEDAS, P., HEGALUND, J.N., SHABALA, S., SCHJOERRING, J.K., JAHN, T.H. Competition between uptake of ammonium and potassium in barley and Arabidopsis roots. Molecular mechanisms and physiological consequences. **Journal Experimental Botany**, v.61, p. 2303–2315, 2010.

ILHA, L. H. **Produção de morango semi-hidropônico**. In: 7º SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS. Santos, R. S. S.; Paula, L. A. Editora Vacaria, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p. 2008.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticultuae**, v.485, p.203-208, 1999.

KALLIO, H.; HAKALA, M.; PELKKIKANGAS, A.; LAPVETELAINEN, A. Sugars and acids of strawberry varieties. **European Food Research and Technology**, v. 212, p.81–85, 2000.

KÄMPF, A.N. Substratos. In: CASTRO, C.E.F. de (Ed.) **Manual de Floricultura**: I Simpósio Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais. Maringá: 36-52 p. 1992.

KIRSCHBAUM, D. S.; LARSON, K. D.; WEINBAUM, S. A.; DEJONG, T. M. Late-season nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 7, p. 1001-1007, 2010.

KONNO, H., YAMAYA, T., YAMASAKI, Y. AND MATSUMOTO, H. Pectic polysaccharide break-down of cell walls in cucumber roots grown with calcium starvation. **Plant Physiology**, v.76, p.633–637, 1984.

LI, SHENG-XIU; ZHAO-HUI W.; STEWART, B.A. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. **Advances in Agronomy**, v.118, p. 205–397, 2013.

LOCASCIO, S.J.; SAXENA, G.K. Effects of potassium source and rate and nitrogen rate on strawberry tissue composition and yield. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.80, p.173-176, 1967.

MAGNANI, S.; BARUZZI, G.; BONOLI, M.; D'ANTUONO, L. F., ELEMENTI, S.; MALTONI, M. L.; FAEDI, W. Effect of integrated pest management and organic cropping systems on strawberry-fruit health components and fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 927–930, 2009.

MAGWAZA, L. S., OPARA, U. L. Analytical Methods for Determination of Sugars and Sweetness of Horticultural Products—A Review. **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 179–92, 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Agronômica, 2006. 683 p.

MARQUES, G. N. Sistemas abertos e fechados de cultivo. In.: RAMPAZZO, E. F. SHIMIZU, H. K.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, SENAR-Paraná, n.283, 48 p., 2016.

MARTÍNEZ, F., PALENCIAB, P.; WEILANDA, C.M.; ALONSOC, D.J.; OLIVEIRA, A. "Influence of Nitrification Inhibitor DMPP on Yield, Fruit Quality and SPAD Values of Strawberry Plants". **Scientia Horticulturae**, v. 185, p. 233–239. 2015.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 841 p. 2001.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic reagent for the determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426–428, 1959.

MINER, G.S; POLING, E.B; CARROLL, D.E; NELSON, L.A; CAMPBELL, C.R. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of 'Chandler' strawberry. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.122, p. 290-295, 1997.

MUKKUN, L.; SINGH, Z.; PHILLIPS, D. Nitrogen nutrition affects fruit firmness, quality and shelf life of strawberry. **Acta Horticulturae**, n. 553, p. 69–71, 2001.

NEPAR – Núcleo Estadual de Sociedade Brasileira de Ciência do solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. NEPAR, 1ª Edição. ISBN 978-85-69146-04-9. 510 p. 2017.

NESTBY, R.; LIETEN, F.; PIVOT, D.; RAYNAL-LACROIX, C.; TAGLIAVINI, M. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: a review. **Internacional Journal Fruit Science**, v.5, p.141–158, 2005.

NEUWEILER, R. Nitrogen fertilization in integrated outdoor strawberry production. **Acta Horticulturae**, v.439, p.747–751, 1997.

OJEDA-REAL, L. A.; LOBIT, P.; CARDENAS-NAVARRO, R.; GRAGEDA-CABRERA, O.; FARIAS-RODRIGUEZ, R.; VALENCIA-CANTERO, E.; MACIAS-RODRIGUEZ, L. Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Aromas). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 6, p. 935–939, 2009.

OTTO, R.F.; MORAKAMI, R.K.; REGHIN, M.Y.; CAIRES, E.F. Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.217-221, 2009.

PAPADOPOULOS, I. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown strawberries. **Fertilizer Research**, v.13, p.269–276, 1987.

PARANJPE A.; CANTLIFFE, D.J., LAMB, E.M.; STOFFELLA, P.J.; POWELL, C. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. **Horticultural Science Proceedings Florida State**, v.116, p.98-105, 2003.

PASSOS, F.A.; TRANI, P.E.; CARVALHO, C.R.L. Desempenho agrônômico de genótipos de morangueiro. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, 2015.

PBMH & PIMo - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE MORANGO. **Normas de Classificação de Morango**. São Paulo: CEAGESP, 2009. Documentos, 33.

PEREIRA, W. R.; SOUZA, R. J. D.; YURI, J. E.; FERREIRA, S. Yield of strawberry cultivars submitted to different planting dates. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 500-503, 2013.

PETTIGREW, W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, v.133, p.670–681, 2008.

PIRES, R. C. de M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A. Estimativa da área foliar de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p.86-90, 1999.

RAMPAZZO, E. F. Instalações para cultivo de morangueiro fora do solo. In: SHIMIZU, H. K.; MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, SENAR-Paraná, n.283, 48 p. 2016.

REICHERT, L. J.; MADAIL, J. C. M. Aspectos sócio econômicos. In: SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango - Produção**. EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília, p.12-15. 2003.

RODAS, C. L.; SILVA, I. P.; COELHO, V. A. T.; FERREIRA, D. M. G.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. **IDESIA** (Chile) v. 31, n. 1, Enero-Abril, 2013.

ROOSTA, H. R.; SAJJADINIA, A.; RAHIMI, A.; SCHJOERRING, J. K. Responses of cucumber plant to NH₄⁺ and NO₃⁻ nutrition: The relative addition rate technique vs. cultivation at constant nitrogen concentration. **Scientia Horticulturae**, v.121, n.4, p. 397–403, 2009.

ROOSTA, H. R.; SCHJOERRING, J. K. Root carbon enrichment alleviates ammonium toxicity in cucumber plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p. 941–958, 2008.

SAIED, A. S.; KEUTGEN, A. J.; NOGA, G. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. **Scientia Horticulturae** v.103, p.289–303, 2005.

SAROOSHI, R.A.; CRESSWELL, G.C. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.529-535, 1994.

SAZAKI, J.L.S. Hidroponia. In: **SEMANA DA AGRONOMIA**, 9, 1992, ciclo de palestras de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP-Ilha Solteira, 1992. 9p.

SCHEIBLE, W.; GONZÁLEZ-FONTES, A.; LAUERER, M.; MULLER-ROBER, B.; CABOCHE, M.; STITT M. Nitrate acts as a signal to induce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. **Plant Cell**, v.9, p.783–798, 1997.

SEAB – **Secretaria da agricultura e abastecimento do Paraná**, 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Tabelas_producao_frutas.pdf> Acesso em: 16/03/2018.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - BA. Estudo de mercado. **Agronegócios: Produção de morango**. 35 p. 2017.

SERÇE S; HANCOCK JF. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v.103, p.167-177, 2005.

SHAW, D.V. **Strawberry production systems, breeding and cultivars in California**. In: II Simpósio Nacional do morango; I Encontro de pequenas frutas e frutas nativas, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos 124, p. 15-20, 2004.

SHIMIZU, H.K. Cultivares de Morangueiro. In.: RAMPAZZO, E. F. SHIMIZU, H. K.; PEIL, R. M. N.; FERMINO, M. H.; FURLANI, P. R.; VIDAL, H. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Cultivo de morangueiro em substrato**. Curitiba, 48 p. – SENAR-Paraná; 283. 2016.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SONNEVELD, C.; STRAVER, N. **Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates**. The Netherlands: Proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk, n.8, 45p.1994.

SPECHT, S.; BLUME, R. **Competitividade e segmento de mercado à cadeia do Morango: algumas evidências sobre o panorama mundial e Brasileiro**. Sober, 47º Congresso (Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural). Porto Alegre, 17p, 2009.

TABATABAEI, S. J.; FATEMI, L.; FALLAHI, E. Effect of Ammonium: Nitrate Ratio on Yield, Calcium Concentration, and Photosynthesis Rate in Strawberry. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, n. 7, p. 1273–1285, 2006.

TABATABAEI, S.J.; YUSEFI, M.; HAJILOO, J. Effects of shading and NO₃: NH₄ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. **Scientia horticulturae**, v.116, p. 264-272, 2008.

TAGLIAVINI, M.; BALDIA E.; LUCCHIC P.; ANTONELLIA M.; SORRENTIA G.; BARUZZIB G.; FAEDI W. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria* × *Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. **European Journal Agronomy**, n. 23, p.15–25, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal e Desenvolvimento Vegetal**. 6 edição. Porto Alegre: Artmed, 2017. 719 p.

THIMÓTEO, A.; RESENDE, J. T. V.; GONÇALVES, W. M.; RESENDE, F. V.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, M. V. **Expectativa de retorno e risco da produção de morangos no município de Guarapuava – PR**. In: 46º Congresso Brasileiro de Olericultura, Goiânia, Horticultura Brasileira – Suplemento CD – Rom, v. 24, 2006.

VIKTOR, A.; CRAMER, M. The influence of root assimilated inorganic carbon on nitrogen acquisition/assimilation and carbon partitioning, **New Phytologist**, v.165 p.157–169, 2005.

VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L.; GALLO, L.A.; PIEDADE, S.M.S.; FARIA, M.R.M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, D.F., v.42, n.2, p.225- 229, 2007.

WALLER, P. L.; WILSON, G. C. S. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.150, p. 51-58, 1984.

WEHR, J. B.; MENZIES, N. W.; BLAMEY, F. P. C. Inhibition of cell-wall autolysis and pectin degradation by cations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.42, p.485–492, 2004.

YIN, X.; LANTINGA, E.A.; SCHAPENDONK, A.H.; ZHONG, X. Some quantitative relationships between leaf area index and canopy nitrogen content and distribution. **Annals of Botany**, v.91, p. 893-903, 2003.

YOSHIDA, Y.; GOTO, T.; HIRAIM, M. Anthocyanin accumulation in strawberry fruits as affected by nitrogen nutrition. **Acta Horticulturae**, v.567, p.357–360, 2002.

ANEXOS

Anexo 1 - Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018.

FV	GL	N (g.kg^{-1})	S (g.kg^{-1})	Ca (g.kg^{-1})	K (g.kg^{-1})	Mg (g.kg^{-1})	P (g.kg^{-1})	Fe (mg.kg^{-1})	Zn (mg.kg^{-1})
Linear	1	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	1	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	4								
Resíduo	20								
Total	24								
Coefficiente de variação (%)		11,47	13,3	16,21	7,33	11,65	16,38	16,94	16,72
Valor de p		0,0414	0,1835	0,7227	0,3968	0,3714	0,9298	0,1428	0,1164
Valor de F		3,0393*	1,7273 ns	0,5191 ns	1,0711 ns	1,1281 ns	0,2100 ns	1,9411 ns	2,1174 ns
Valores médios			0,95	8,15	11,03	3,75	2,75	56,53	13,20

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 2 - Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018.

FV	GL	N (g.kg^{-1})	S (g.kg^{-1})	Ca (g.kg^{-1})	K (g.kg^{-1})	Mg (g.kg^{-1})	P (g.kg^{-1})	Fe (mg.kg^{-1})	Zn (mg.kg^{-1})
Linear	1	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	*
Quadrática	1	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
Tratamentos	4								
Resíduo	20								
Total	24								
Coefficiente de variação (%)		5,55	11,26	12,45	6,2	13,05	15,93	64,14	11,47
Valor de p		0,0026	0,1679	0,2153	0,2629	0,532	0,7065	0,1126	0,0713
Valor de F		5,9032**	1,8030 ns	1,5918 ns	1,4225 ns	0,8125 ns	0,5424 ns	2,1460 ns	2,5465 ns
Valores médios			1,02	7,13	11,23	3,75	3,03	82,31	13,55

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 3 - Regressão na análise de variância da área foliar e análises bioquímicas foliares no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018.

FV	GL	Área foliar (cm^2)	Clorofila (mg.g^{-1})	Açúcares totais (mg.g^{-1})	Açúcares redutores (mg.g^{-1})
Linear	1	**	ns	ns	ns
Quadrática	1	*	**	ns	ns
Tratamentos	4				
Resíduo	20				
Total	24				
Coefficiente de variação (%)		10,38	13,36	25,46	18,67
Valor de p		0,0055	0,0076	0,4346	0,6104
Valor de F		5,0539 **	4,7146 **	0,9920 ns	0,6853 ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 4 - Regressão na análise de variância da massa seca, área foliar e análises bioquímicas foliares no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018.

FV	GL	Massa seca (g.planta^{-1})	Área foliar (cm^2)	Clorofila (mg.g^{-1})	Açúcares totais (mg.g^{-1})	Açúcares redutores (mg.g^{-1})
Linear	1	**	**	*	ns	**
Quadrática	1	ns	*	**	**	ns
Tratamentos	4					
Resíduo	20					
Total	24					
Coefficiente de variação (%)		14,9	9,04	12,04	5,95	15,24
Valor de p		0,0319	0,0157	0,0024	0,0005	0,0062
Valor de F		3,2816 *	3,9691 *	5,9898 **	7,7902 **	4,9206 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 5 - Regressão na análise de variância das variáveis físico-químicas dos frutos da cultivar de morangueiro 'San Andreas' sob aplicação de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Curitiba, 2018.

FV	GL	SST	pH	ATT	Ratio	Textura (N)
Linear	1	ns	ns	ns	ns	*
Quadrática	1	*	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	4					
Resíduo	20					
Total	24					
Coefficiente de variação (%)		9,59	1,28	13,55	10,72	11,23
Valor de p		0,0857	0,006	0,0825	0,0845	0,001
Valor de F		2,3845 ^{ns}	4,9691 ^{ns}	2,4178 ^{ns}	2,3960 ^{ns}	7,0581 ^{**}

* significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).
SST – Sólidos solúveis totais; ATT – Acidez total titulável.

Anexo 6 - Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes doses de nitrogênio total. Curitiba, 2018.

FV	GL	N (g.kg ⁻¹)	S (g.kg ⁻¹)	Ca (g.kg ⁻¹)	K (g.kg ⁻¹)	Mg (g.kg ⁻¹)	P (g.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)
Linear	1	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	4								
Resíduo	20								
Total	24								
Coefficiente de									
variação (%)		11,73	12,81	16,01	7,07	13,35	22,48	24,47	27,26
Valor de p		<,0001	0,0116	0,4354	0,8801	0,0557	0,4275	0,0501	0,1151
Valor de F		22,7219 **	4,2695 *	0,9905 ns	0,2914 ns	2,7675 ns	1,0064 ns	2,8634 ns	2,1269 ns
Valores médios				6,39	11,38	3,10	2,64	41,20	10,67

**significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01 =< p < 0,05) e ns não significativo (p >= 0,05).

Anexo 7 - Regressão na análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes doses de nitrogênio total. Curitiba, 2018.

FV	GL	N (g.kg ⁻¹)	S (g.kg ⁻¹)	Ca (g.kg ⁻¹)	K (g.kg ⁻¹)	Mg (g.kg ⁻¹)	P (g.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)
Linear	1	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	4								
Resíduo	20								
Total	24								
Coefficiente de									
variação (%)		9,29	18,91	17,41	8,50	13,51	17,73	21,94	22,35
Valor de p		<,0001	0,0183	0,4424	0,3542	0,2028	0,6307	0,3031	0,8646
Valor de F		16,2712 **	3,8161 *	0,9765 ns	1,1690 ns	1,6424 ns	0,6542 ns	1,3018 ns	0,3150 ns
Valores médios				6,51	11,60	3,69	2,89	63,83	15,54

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01 =< p < 0,05) e ns não significativo (p >= 0,05).

Anexo 8 - Regressão na análise de variância da área foliar e análises bioquímicas foliares no período vegetativo (60 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes doses de nitrogênio total. Curitiba, 2018.

FV	GL	Área foliar (cm ²)	Clorofila (mg.g ⁻¹)	Açúcares totais (mg.g ⁻¹)	Açúcares redutores (mg.g ⁻¹)
Linear	1	**	**	ns	ns
Quadrática	1	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	4				
Resíduo	20				
Total	24				
Coefficiente de variação (%)					
Valor de p		11,44	16,08	29,52	19,31
Valor de F		<,0001	0,0116	0,9216	0,8515
		46,5295 **	4,2694 *	0,2244 ns	0,3344 ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01 =< p < 0,05) e ns não significativo (p >= 0,05)

Anexo 9 - Regressão na análise de variância da massa seca, área foliar e análises bioquímicas foliares no período reprodutivo (120 dias após o plantio) da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes doses de nitrogênio total. Curitiba, 2018.

FV	GL	Massa seca (g.planta ⁻¹)	Área foliar (cm ²)	Clorofila (mg.g ⁻¹)	Açúcares totais (mg.g ⁻¹)	Açúcares redutores (mg.g ⁻¹)
Linear	1	**	**	**	**	**
Quadrática	1	ns	ns	*	**	ns
Tratamentos	4					
Resíduo	20					
Total	24					
Coefficiente de variação (%)						
Valor de p		19,57	25,82	15,94	7	14,65
Valor de F		<,0001	0,0009	0,0089	<,0001	0,0023
		38,0731 **	7,1256 **	4,5493 **	12,8995 **	6,0090 **

* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01 =< p < 0,05) e ns não significativo (p >= 0,05)

Anexo 10 - Regressão na análise de variância das variáveis físico-químicas dos frutos da cultivar de morangueiro 'Albion' sob aplicação de diferentes doses de nitrogênio total. Curitiba, 2018.

FV	GL	SST	pH	ATT	Ratio	Firmeza de polpa (N)
Linear	1	ns	ns	**	**	**
Quadrática	1	**	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	4					
Resíduo	20					
Total	24					
Coefficiente de variação (%)						
		5,09	3,77	6,09	8,25	19,42
Valor de p		0,0035	0,839	0,0001	0,0006	0,0151
Valor de F		5,5511 **	0,3528 ns	9,2442 **	7,5983 **	4,0083 *

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$).

SST – Sólidos solúveis totais; ATT – Acidez total titulável.

Anexo 11 – Análise química do substrato orgânico utilizado no experimento antes do plantio e após as aplicações de diferentes proporções de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	pH Ca Cl2	pH SMP	C.E. mS.cm^{-1}	C g.dm^3	SB	CTC efetiva	CTC a pH 7	V%	(H+Al) cmol.c.dm^3	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na	P mg.dm^3	Fe	Zn	Cu	Mn
Antes do plantio	5,65	6,35	399	151,3	27,98	27,97	34,48	81,14	6,50	0	13,5	12,8	1,48	0,18	152	196,1	54,57	14,0	43,0
100-0	5,69	6,05	724	206,8	91,22	91,21	97,71	93,34	6,50	0	74,1	15,8	1,01	0,30	203	218,6	15,12	13,2	66,5
75-25	5,55	5,96	779	177,8	85,03	85,03	92,13	92,29	7,10	0	68,1	15,7	0,87	0,35	197	210,4	9,05	1,2	68,4
50-50	5,67	6,1	744	206,8	43,37	43,37	49,87	86,96	6,50	0	27,4	14,8	0,89	0,28	200	213,3	8,64	1,5	58
25-75	5,37	5,81	1313	222,3	48,08	48,08	56,58	84,97	8,50	0	32	15,2	0,60	0,28	183	218,2	8,69	2,1	57,6
0-100	5,27	5,75	1131	350,2	44,03	44,03	53,34	82,56	9,30	0	28,2	14,8	0,82	0,21	180	210,8	8,97	1	56,3

Anexo 12 – Análise química do substrato orgânico utilizado no experimento antes do plantio e após as aplicações de diferentes doses de nitrogênio.

N (mg.L^{-1})	pH CaCl2	pH SMP	C.E. mS.cm^{-1}	C g.dm^3	SB	CTC efetiva	CTC a pH 7	V%	(H+Al) cmol.c.dm^3	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na	P mg.dm^3	Fe	Zn	Cu	Mn	
Antes do plantio	5,65	6,35	399	151,30	27,98	27,98	34,48	81,15	6,50	0	13,50	12,80	1,49	0,19	152	196,1	54,57	14,0	43,0
50	5,83	6,26	817	186,69	89,28	89,28	96,74	96,91	7,46	0	71,51	16,49	0,92	0,37	206	220,9	9,51	1,26	71,82
100	5,80	6,17	738	210,94	93,03	93,03	99,66	95,21	6,63	0	75,58	16,12	1,03	0,31	207	222,9	15,43	1,46	67,83
150	6,07	6,53	796	221,28	46,41	46,41	53,36	93,05	6,96	0	29,32	15,84	0,95	0,30	214	228,2	9,25	1,61	62,06
200	5,80	6,27	1418	240,08	51,93	51,93	61,11	91,78	9,18	0	34,56	16,42	0,65	0,31	197	235,6	9,39	2,27	62,21
250	5,85	6,38	1255	388,72	48,88	48,88	59,20	91,65	10,32	0	31,30	16,43	0,91	0,24	199	233,9	9,96	1,11	62,49