

MONITORAMENTO *IN SITU* DA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE FERTILIZANTES NA CULTURA DO ALFACE

MURILO F. BACCARIN¹, FABIANA B. BACALHAU², THAMIRES S. PEREIRA³
ROSELENA FAEZ⁴, CLAUDINEI F. SOUZA⁴.

¹ Graduando em Engenharia Agrônoma, UFSCar, Araras-SP, Fone (0XX19) 997037277, murilobaccarin@hotmail.com.

² Eng. Agrônoma, UFSCar, Araras-SP.

³ Graduanda em Química, UFSCar, Araras-SP.

⁴ Professores Doutores, Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFSCar, Araras-SP.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO:

A agricultura tem buscado o aumento da produção de alimentos para atender as exigências globais, intensificando a dependência de recursos naturais. A utilização de polímeros biodegradáveis contendo fertilizantes quando aplicado no solo tem apresentado vantagens econômicas e ambientais, pois liberam água e nutrientes gradativamente para o meio sem deixar resíduos. O objetivo do trabalho foi monitorar o comportamento de microesferas híbridas de quitosana/argila, utilizadas como ferti-liberador de nutrientes no solo em cultivo de alface. O experimento consistiu em dois tratamentos. O primeiro, utilizado microesferas de quitosana/argila ferti-liberadoras de nutrientes e no segundo foi realizado a adubação convencional. Ambos os tratamentos foram monitoramentos com sondas de TDR, a partir da condutividade elétrica e umidade do solo. Os resultados foram tratados com análises estatísticas e regressões lineares. Com isso foi possível verificar as vantagens e desvantagens da liberação lenta e controlada de fertilizantes no solo. As microesferas foram eficientes principalmente para a liberação controlada de nitrogênio. Para o potássio as microesferas não se apresentaram eficientes para a liberação gradativa após 30 dias de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Ferti-liberador, argila, umidade, condutividade elétrica

MONITORING *IN SITU* CONTROLLED RELEASE FERTILIZER ON THE LETTUCE CULTURE

ABSTRACT:

Agriculture has sought to increase food production to meet the global requirements by increasing dependence on natural resources. The use of biodegradable polymers containing fertilizer when applied to the soil has had economic and environmental advantages, as it gradually release water and nutrients to the environment without leaving residues. The objective was to monitor the behavior of hybrid microspheres of chitosan / clay, used as ferti-releasing nutrients in the soil in lettuce cultivation, assessing the fertilizer controlled release in the soil for the development of culture. The experiment consisted of two treatments. The first, in the management of fertilizer was used microspheres of chitosan / clay ferti-releasing nutrients and the second was held conventional fertilization. Both treatments were monitoring using TDR probes getting the electrical conductivity and soil moisture. The results were treated with statistical analysis and linear regression. It was possible then to make comparisons of the advantages and disadvantages of slow and controlled release fertilizer in the soil. The microspheres were particularly effective for the controlled release of nitrogen

compared with the conventional one. But for potassium microspheres did not perform efficient for the gradual release after 30 days of application.

KEYWORDS: Ferti-releasing, moisture, electrical conductivity.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a produção de alimentos tem aumentado para acompanhar o crescimento demográfico, devido a maior exigência por alimentos. Porém, um dos grandes desafios é buscar alternativas para a produção de alimentos por meio da otimização do uso de insumos agrícolas, possibilitando ganhos econômicos para o agricultor e reduzindo o impacto ambiental da atividade. Nesse contexto o manejo da irrigação aliado ao uso de fertilizantes pelos produtores é uma maneira quando se deseja aumentar a produtividade da lavoura. No entanto, o grande problema relacionado aos fertilizantes está nos processos de perdas como a lixiviação e volatilização, visto que o produtor precisa conhecer qual o melhor sistema de irrigação a ser utilizado como, também, o processo de parcelamento desses insumos.

Uma das alternativas disponíveis no mercado é o emprego de hidrogéis na agricultura com a finalidade de reduzir as frequências de irrigações, pois eles contribuem para aumentar a capacidade de retenção de água no solo (VENTUROLI & VENTUROLI, 2011). No entanto alguns tipos de hidrogéis que não apresentam características de biodegradabilidade do polímero têm deixado resíduos no solo, provocando salinização do meio com o uso crescente desse material (MENDONÇA et al., 2012).

Um tipo de polímero que tem despertado interesse de pesquisadores como um novo campo de estudo é a quitosana. Esse material é um produto natural, de baixo custo e biodegradável, apresenta habilidade de formar filmes, fibras, géis e microesferas. Acredita-se também que a quitosana apresenta-se muito promissora para o manejo de fertilizantes na agricultura. Visto que, o estudo e adequação desse polímero poderão contribuir para a liberação controlada de fertilizantes no solo. Segundo Shaviv (2001), os fertilizantes de liberação lenta no solo fornecem os nutrientes gradualmente às plantas, assim requerem menor frequência de aplicação de insumos, diminuindo os custos com mão-de-obra para o parcelamento, evitam injúrias às sementes e raízes das plantas decorrentes de aplicações excessivas, e são pouco suscetíveis a perdas, minimizando os riscos de poluição ambiental.

Para acompanhar a liberação desses nutrientes no solo, a condutividade elétrica (CE) é um parâmetro eficaz, pois segundo Queiroz (2004), a CE correlaciona-se com a concentração total de eletrólitos dissolvidos (íons) em solução. Para isso, existem métodos laboratoriais, como o condutivímetro, e também métodos indiretos como a TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) que se destaca por estimar a condutividade elétrica de um meio, permitindo leituras a tempo real e sem deformar a amostra. Essa técnica apresenta-se como uma ferramenta útil para a avaliação se existe ou não a liberação de fertilizantes desse novo material em estudo.

A TDR é uma técnica eletromagnética utilizada para medidas precisas de umidade e condutividade elétrica do solo, devido sua característica empregada para medidas de parâmetros físicos do solo, permitindo assim, o monitoramento *in situ* da liberação do fertilizante no solo tanto em laboratório como em campo. (SOUZA et al., 2006).

Esse trabalho teve por objetivo monitorar o comportamento de microesferas híbridas de quitosana/argila, utilizadas como ferti-liberador de nutrientes no solo, como forma de avaliar a liberação controlada de fertilizantes no solo para o desenvolvimento da cultura da alface.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Campus Araras, estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: 22°18' de latitude sul e 47°23' de longitude oeste.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação. O preparo da área experimental se iniciou com uma amostragem do solo do local, para uma análise química. Após a amostragem de solo, o mesmo foi enviado para o Laboratório de Análise Química do Solo da UFSCar, Araras. E em seguida a área foi estaqueada, para demarcar os canteiros de 2,00 m de comprimento por 1,50 de largura.

Os 8 canteiros foram preparados com 30 cm de profundidade, visto que em 4 canteiros foram aplicados as microesferas ferti-liberadoras de fertilizantes e os outros 4 não receberam as microesferas, porém realizou-se a adubação convencional (Figura 1). O sistema de irrigação por gotejamento foi utilizado de acordo com as necessidades do experimento.

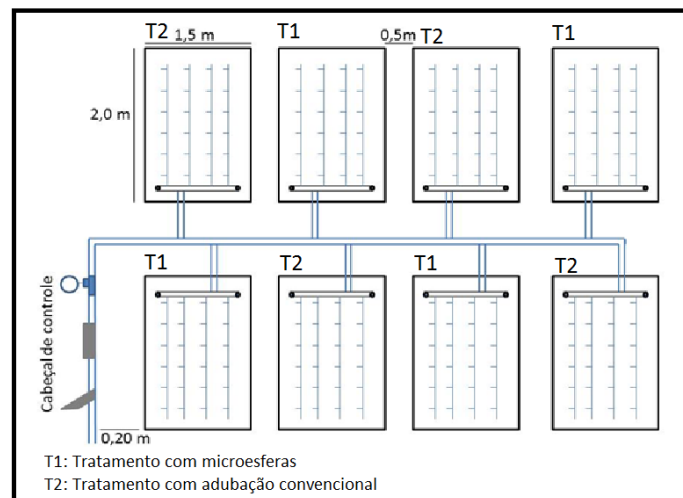


Figura 1: Croqui do sistema de irrigação por gotejamento.

As microesferas de quitosana/argila foram processadas e selecionadas na concentração de 150g L⁻¹, devido às análises realizadas em laboratório, as mesmas foram obtidas pela técnica de gotejamento da solução de quitosana/argila em uma solução de 100 mL de hidróxido de sódio (2 mol L⁻¹) sob agitação, segundo a metodologia de Santos et al., 2012, adaptada da metodologia de Queiroz et al., 2007.

Com os resultados da análise química de solo, foram realizadas as práticas de correção de solo, com a aplicação de calagem.

As mudas foram transplantadas para o solo, na forma de dois tratamentos, que foram distribuídos e intercalados na casa de vegetação. Assim um tratamento foi com aplicação das microesferas ferti-liberadoras de Nitrato de Potássio (KNO₃) e o outro tratamento foi a aplicação de Nitrato de potássio na sua forma convencional. Visto que para os dois tratamentos os fertilizantes estavam na mesma concentração conforme a recomendação do boletim 100, para a cultura de alface.

Para a adubação de base, utilizou-se o fertilizante Super Simples. O mesmo foi aplicado em área total de cada canteiro nas mesmas quantidades para os dois tratamentos.

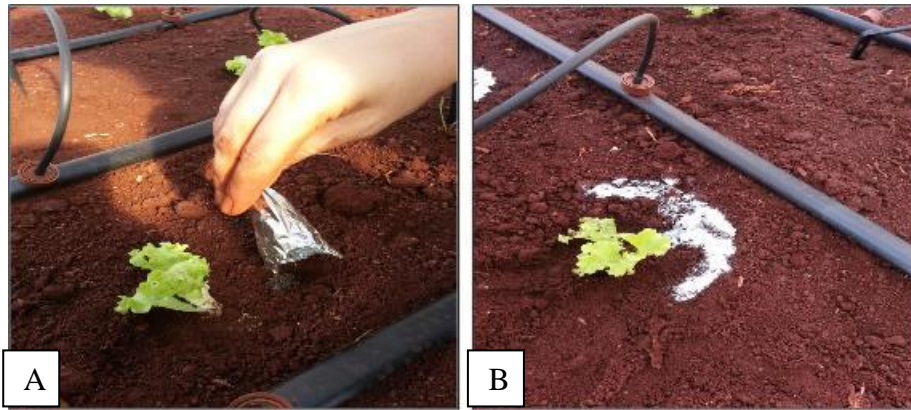


Figura 2: A - Tratamento 1: Microesferas ferti-liberadoras de KNO_3 ; B – Tratamento 2: KNO_3 na forma convencional.

Em seguida foram instaladas 4 sondas de TDR em cada canteiro, próximos as mudas de alface, com a finalidade de realizar o monitoramento da umidade para o manejo da irrigação durante o ciclo de desenvolvimento da alface e também da condutividade elétrica da solução do solo, para monitorar a liberação de fertilizantes no solo.

O primeiro ciclo de monitoramento da alface foi de 28 dias, em seguida, realizou-se a colheita das plantas de alface. As duas linhas centrais dos canteiros contendo 6 plantas cada, totalizando 12 plantas, foi considerado a área útil para avaliação do material. Desse modo as plantas da área útil foram pesadas para identificar a massa fresca, e as folhas recém-abertas das mesmas foram enviadas para análise química em laboratório, Figura 3.



Figura 3: Imagem dos canteiros antes da colheita e pesagem das alfaces.

Em seguida realizou-se o plantio do segundo ciclo das alfaces. Para o segundo ciclo somente as mudas de alface foram replantadas, não houve reposição de adubos minerais e também não foi acrescentado microesferas de nitrato de potássio. A finalidade do segundo ciclo foi comparar se as microesferas continuariam a liberar fertilizantes para o solo, onde as mudas de alface pudessem absorver e se desenvolver normalmente. O segundo ciclo teve duração de 35 dias após o transplante das mudas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a colheita do primeiro ciclo da alface totalizando 28 dias após o plantio das mudas de alface, foi possível avaliar sua produção, a partir dos pesos das plantas de alface referentes à área útil de cada canteiro. A produção das alfaces para o tratamento convencional foi de 1900 g do peso total e de peso médio 477,17 g, e para o tratamento com as microesferas o peso total foi 1700 g o peso médio de 425,18g.

Essa comparação de resultados também foi estabelecida para os nutrientes de absorção da planta, a partir da análise foliar. As concentrações médias encontradas nas folhas de alface estão expressas na Tabela 1.

Tabela 1: Análise química das folhas de alface

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g Kg ⁻¹					
Convencional	38,6	3,4	34,8	2,5	1,7	3,7
Microesferas	37,0	3,3	27,7	2,5	1,7	3,6

Como observado na Tabela 1, às concentrações dos nutrientes absorvidos pela planta foram proporcionais para os dois tratamentos, visto que o teor de Nitrogênio foi a de maior quantidade absorvida pela planta, seguido do potássio e o de menor absorção foi o magnésio.

Esses valores de macronutrientes encontrado nas folhas podem ser comparados com a Tabela 2, que representam as faixas adequadas de macronutrientes recomendadas pelo Boletim 100. Desse modo, observa-se que fósforo, potássio, cálcio e magnésio ficaram abaixo da faixa recomendada, e o enxofre apresentou com teores mais altos. Porém observou-se uma plantas de alface saudáveis e sem deficiência nutricional.

Tabela 2: Faixas de teores adequados de macronutrientes em folhas de hortaliças, Boletim 100. (RAIJ et al 2010).

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/Kg					
Alface	30 - 50	4 - 7	50 - 80	15 - 25	4 - 6	1,5 - 2,5

Esses resultados dos teores foliares foram submetidos à análise de variância e Teste de Tukey a 5% de significância, conforme a Tabela 3. Assim pode-se observar que para o tratamento convencional como as para o tratamento utilizando microesferas não apresentaram diferença significativa tanto os teores de nutrientes como para os valores de produção.

Tabela 3: Análise de Variância e Teste de Tukey para o primeiro ciclo.

Análise de variância	N	P	K	Ca	Mg	S	Produção
	gkg ⁻¹						g
GL Resíduo	3	3	3	3	3	3	3
F tratam.	0,13	0,12	2,86	0,00	0,24	0,02	0,33
Média geral	37,81	3,37	31,28	2,56	1,76	3,68	451,16
Desv-padrão	6,33	0,56	5,90	0,40	0,20	0,81	128,40
DMS (5%)	14,25	1,25	13,28	0,89	0,46	1,82	288,96
CV (%)	16,75	16,51	18,86	15,48	11,62	21,92	28,46
Tukey a 5%							
Microesf. C2	37,00a	3,30a	27,75a	2,56a	1,72a	3,65a	425,18a
Convenc. C2	38,63a	3,44a	34,80a	2,56a	1,79a	3,72a	477,15a

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: grau de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação

Para o segundo ciclo de plantio, o mesmo teve duração de 35 dias e também foi analisada a produção das alfaces para cada tratamento, e também para os teores de nutrientes

nas folhas da alface, Figura 4. Visto que para os dois tratamentos não foram acrescentados nutrientes minerais, com a finalidade de avaliar a liberação gradual de fertilizantes pelas microesferas ao longo do tempo para a absorção das plantas, totalizando nesse caso 63 dias após a aplicação da adubação mineral e das microesferas.

A produção de alface para os dois tratamentos ficaram equivalentes, considerando um peso total de 1238,0 g e um peso médio de 309,0 g. Para os teores de nutrientes absorvidos pela planta, o nitrogênio também apresentou maior valor em torno de 37,4 g kg⁻¹ de N para o tratamento convencional e de 30,6 g kg⁻¹ de N para o tratamento com as microesferas. Já o potássio para o segundo ciclo não apresentou o segundo maior teor em folha. Acredita-se que para o segundo ciclo o potássio que estava na solução do solo foi lixiviado com o auxílio da irrigação, não ficando disponível para as plantas. Já a quantidade de cálcio aumentou para os dois tratamentos, ficando em torno de 6,0 g kg⁻¹.

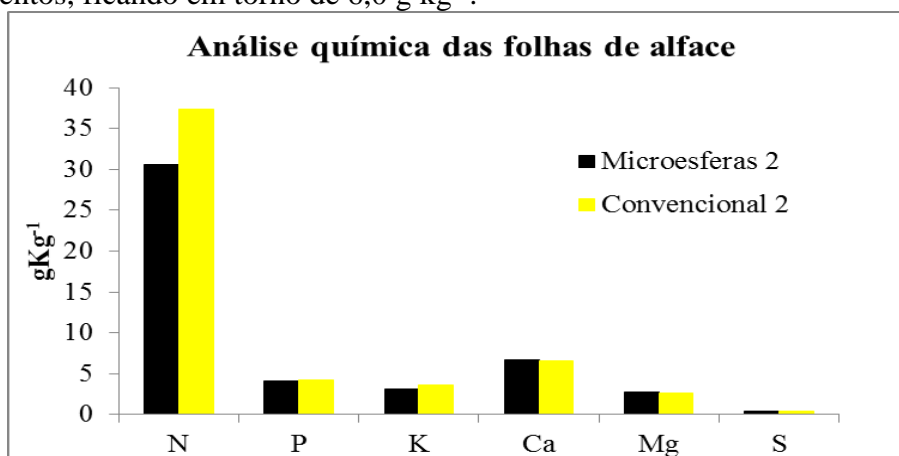


Figura 4: Análise comparativa do teor de nutrientes encontrados nas folhas de alface para o tratamento convencional e para o tratamento utilizando as microesferas.

Tabela 4: Análise química das folhas de alface do segundo ciclo

	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamentos	g/Kg					
Convencional	30,6	4,1	3,0	6,7	2,7	0,3
Microesferas	37,3	4,2	3,6	6,6	2,6	0,4

Para o segundo ciclo também foi realizado a análise de micronutrientes encontradas nas folhas, conforme a Figura 5. O ferro foi o micronutriente que se destacou em maior quantidade dos demais micronutrientes. Acredita-se que devidos as características do solo Latossolo tenha influenciado nos teores de ferro nas folhas. Os mesmos micronutrientes podem ser comparados com os teores foliares recomendados pelo Boletim 100. (Tabela 5).

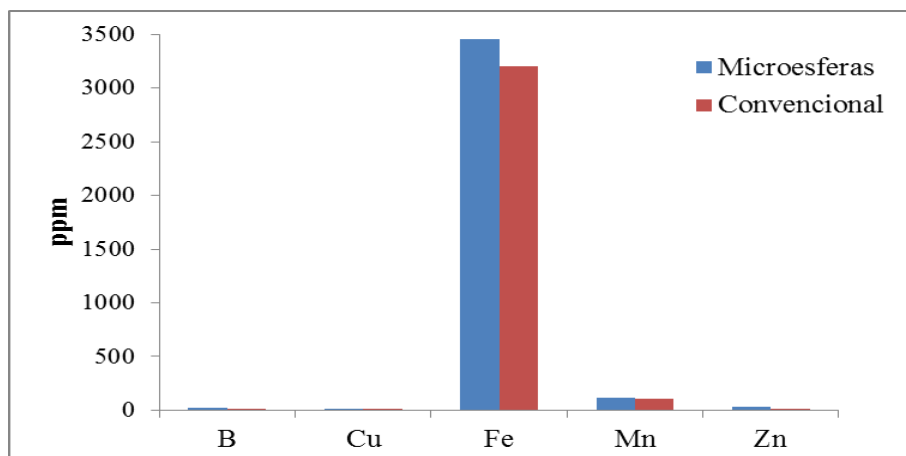


Figura 5: Teor de micronutrientes encontrados nas folhas do segundo ciclo para os dois tratamentos.

Tabela 5: Faixa de teores adequados de micronutrientes em folhas de alface

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultura	mg/Kg				
Alface	30 - 60	7 - 20	50 - 150	30 -150	30 - 100

Todos os valores encontrados também foram submetidos à análise de variância e a teste de Tukey a 5%, conforme a Tabela 6. Para essas análises pode-se observar que os resultados não apresentaram diferença significativa para os dois tratamentos dentro dos mesmos parâmetros avaliados.

Tabela 6: Análise de Variância e Teste de Tukey para o segundo ciclo.

Análise de variância	N	P	K	Ca	Mg	S	Produção
			gkg ⁻¹				g
GL Resíduo	3	3	3	3	3	3	3
F tratam.	4,47	0,10	1,02	0,01	1,17	0,57	0,00
Média geral	34,00	4,21	3,38	6,65	2,65	0,38	309,51
Desv-padrão	4,51	0,66	0,80	1,23	0,47	0,08	152,15
DMS (5%)	10,16	1,49	1,81	2,77	1,05	0,19	342,41
CV (%)	13,28	15,77	23,78	18,53	17,58	22,00	49,16
Tukey a 5%							
Microesf. C2	37,38a	4,28a	3,67a	6,60a	2,28a	0,41a	309,57a
Convenc. C2	30,63 ^a	4,13a	3,09a	6,69a	2,72a	0,36a	309,45a

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação

Tabela 7: Análise de Variância e Teste de Tukey para os teores de micronutrientes foliares.

Análise de variância	C	Cu	Fe ppm	Mn	Zn
GL Resíduo	3	3	3	3	3
F tratam.	0,26	0,61	0,03	0,22	0,95
Média geral	15,75	11,83	3328,73	112,32	21,42
Desv-padrão	20,61	4,01	2001,64	13,91	26,57
DMS (5%)	46,39	9,02	4504,69	31,31	82,31
CV (%)	130,87	33,87	60,13	12,39	170,77
Tukey a 5%					
Microesferas	12,00a	10,73a	3202,99 a	110,02 a	8,85 a
Convencional	19,50 a	12,93 a	3425,47 a	114,62 a	33,99 a

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.

Com o resultado exposto nos dois itens anteriores, esse tópico apresenta a comparação dos resultados do primeiro ciclo com o segundo ciclo, tanto para os resultados de produção, quanto para os teores de nutrientes das folhas, Figura 6. E na Tabela 8, foi realizada a análise estatística comparando os dois ciclos de produção.

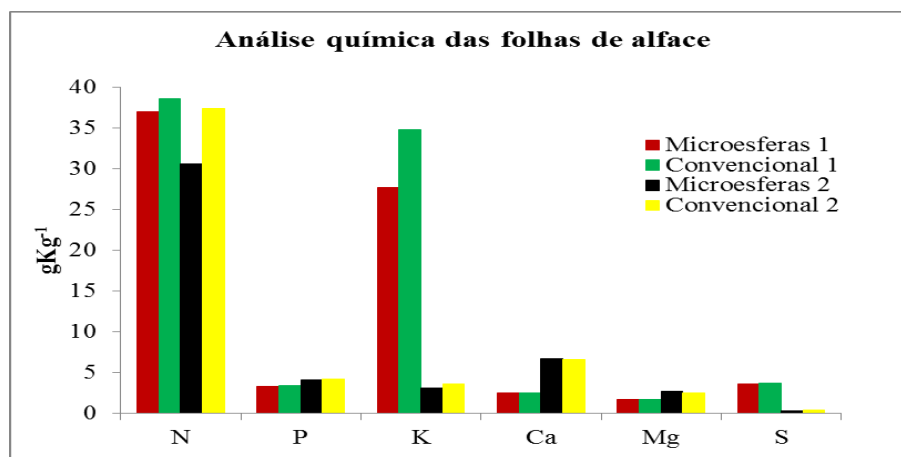


Figura 6: Comparação dos teores de macronutrientes para os dois ciclos de alface.

Tabela 8: Análise estatística comparativa do primeiro e do segundo ciclo de plantio da alface.

Análise de variância	N	P	K gkg ⁻¹	Ca	Mg	S	Produção g
GL Resíduo	9	9	9	9	9	9	9
F tratam.	2,04	2,73	47,72**	16,60**	10,44**	48,08**	1,70
Média geral	35,91	3,79	17,33	4,60	2,20	2,03	380,34
Desv-padrão	5,03	0,59	4,74	1,16	0,32	0,55	129,72
DMS (5%)	11,10	1,31	10,46	2,56	0,72	1,21	86,35
CV (%)	14,00	15,68	27,34	25,20	14,76	27,04	34,11
Tukey a 5%							
Microesf. C1	37,00a	3,30a	27,75a	2,56b	1,72b	3,56a	425,18a
Microesf. C2	30,63a	4,13a	3,09b	6,69a	2,72a	0,36b	309,45a
Convenc. C1	38,63a	3,44a	34,80a	2,56b	1,79b	3,72a	477,15a
Convenc. C2	37,38a	4,28a	3,67b	6,60a	2,58a	0,41b	309,57a

Nível de significância: **:1%: *: 5%

GL: graus de liberdade: DMS: diferença mínima significativa: CV: coeficiente de variação.

Como podem ser observados na Tabela 8, os teores de potássio, cálcio, magnésio e enxofre apresentaram diferença significativa do primeiro ciclo em relação ao segundo ciclo de produção.

Para o teor de potássio, observou-se uma redução de aproximadamente 90% do primeiro ciclo para o segundo. Nesse ponto observa-se que as microesferas não apresentaram influência em fornecer o potássio gradativamente para a solução do solo. Visto que a maior liberação de potássio foi no primeiro ciclo, e para o segundo ciclo, os valores do tratamento convencional em relação às microesferas foram muito próximos, mostrando evidência de lixiviação do potássio que estava presente na solução do solo.

Já para os teores foliares de cálcio e magnésio, para o segundo ciclo, esses valores aumentaram. Alguns estudos relatam que os teores de Ca, tanto no solo quanto na planta são influenciados por outros elementos, (SALVADOR, 2011).

A relação entre potássio, cálcio e magnésio, (Ca+Mg)/K, tem sido tomada como um parâmetro para se analisar as respostas das culturas a adubação potássica. Segundo Moreira et al., (1999) e Arantes e Nogueira (1986), altos teores de cálcio e magnésio no solo geraram inibição competitiva com o potássio. Clarck et al. (1997), observaram em milho que ocorreu redução na concentração de cálcio na parte aérea, com o aumento da aplicação de magnésio, enquanto o potássio matem-se em níveis constantes. E efeito inibitório do potássio sobre a absorção do magnésio em plântula de milho foi observado por Fonseca & Meurer (1997).

Em relação os teores de nitrogênio, para os dois ciclos, os mesmos encontram-se dentro da faixa de tores recomendados de macronutrientes em folhas de alface (30-50 g/ kg⁻¹), (RAIJ et al., 2011). Alguns estudos relatam que tanto para lâminas de irrigação como os níveis de adubação são recomendações de forma genérica que objetivam a obtenção de produtividades físicas máximas. Mas nesse caso são inviáveis sob o ponto de vista econômico, já que a eficiência econômica não corresponde necessariamente à eficiência técnica. Pereira et al. (2003) estudando a produção da alface cressa cv. Verônica cultivada em vasos, em função de

água e nitrogênio concluiu que a produção de alface em ambiente protegido pode ser realizada com déficit e que nesse caso também varia com o conteúdo de nitrogênio no solo.

CONCLUSÕES

Com os resultados encontrados, pode-se concluir que para este estudo o tratamento realizado com as microesferas foi eficiente principalmente para a liberação controlada de nitrogênio comparado com o convencional. Porém para o potássio as microesferas não se apresentaram eficientes para a liberação gradativa após 30 dias de aplicação.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, E.M.; NOGUEIRA, F.D. (1986). Efeito da relação Ca/Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, nas concentrações da parte aérea. *Ciência Prática*, v.10, p.136 – 145.
- CLARCK, R.B. et al. (1997). Maize growth and mineral acquisition on acid soil amended with flue gas desulfurization by – products and magnesium. *Communi. Soil Sci. Plant Anual*, v.28, p.1441 -1459.
- MENDONCA, T. G., URBANO, V. R., CABRAL, F. F. P., BACALHAU, F. B., & SOUZA, F.C. (2012). Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. In: X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingenieria Agricola, Londrina-PR; Jaboticabal: SBEA, v. 1.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J.G.DE.; EVANGELISTA, A.R. (1999). Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.2, p.249 – 255.
- PEREIRA, O. C. N.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; SILVA, F. F. da. Produção de alface em função de água e de nitrogênio. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 25, n. 2, p. 381-386, 2003.
- QUEIROZ, S. O. P. (2004) Método para avaliação de salinização do solo sob condições de ambiente protegido. Campinas: Unicamp, 125p. Tese de Doutorado.
- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- SOUZA, C.F., MATSURA, E.E., & OR, D. (2003). Calibração do equipamento da TDR para um Latossolo Vermelho Distroférico. *Engenharia Rural*, v.17, p.29-33.
- VENTUROLI, F., & VENTUROLI, S. (2011). Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal. *Ateliê Geográfico*. v. 5, n.13, p.183-195, 2011.
- SHAVIV, A. (2001). Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.71, p.1-49.