

CONSIDERAÇÕES SOBRE A FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA EM MILHO CULTIVADO NO INVERNO EM SÃO PAULO: LIXIVIAÇÃO DE NITRATO, ACÚMULO DE NITROGÊNIO NA PLANTA E PRODUÇÃO DE GRÃOS¹

LUÍS HENRIQUE BASSOI²

¹ Parte da Tese de Doutorado do autor apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), em Piracicaba, SP

² Pesquisador, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi Árido (EMBRAPA-CPATSA) Caixa Postal 23 CEP 56300-000 Petrolina, PE e-mail: lhbassoi@cpatsa.embrapa.br Bolsista do CNPq

RESUMO - Em Piracicaba, SP, durante o período de inverno e em uma terra roxa estruturada latossólica, a lixiviação de nitrato e o acúmulo de N pelo milho foram analisados em função da fertilização com 120 kg/ha de N, em 2 aplicações via solo e em 7 aplicações via água de irrigação (fertirrigação). A lixiviação de nitrato foi pequena (2 kg/ha) e não apresentou diferenças significativas entre os dois modos de aplicação do fertilizante. Entretanto, as plantas fertirrigadas apresentaram uma maior quantidade de N no final de ciclo e uma maior produção de grãos (5.072 kg/ha), em comparação às plantas fertilizadas no solo (4.516 kg/ha).

Termos de indexação: lixiviação de nitrato, acúmulo de nitrogênio, fertirrigação, milho

INTRODUÇÃO

O cultivo do milho durante o inverno em São Paulo tem sido uma alternativa de renda para esse período, pois produz-se durante a entre-safra, o que pode resultar em uma boa rentabilidade para o produtor agrícola, apesar da necessidade da irrigação em muitas regiões do estado para o êxito dessa atividade.

O nitrogênio é um dos mais importantes fatores de produção responsáveis pelo aumento da produtividade do milho, sendo por isso intensamente pesquisado quanto à fonte de nutriente, forma e época de aplicação.

O parcelamento da aplicação de N, na semeadura e aos 40-45 dias após a mesma, proporcionam aumentos de produtividade de grãos de milho (10, 12). As plantas de milho continuam a absorver o N mesmo quando do aparecimento das inflorescência masculina e feminina (11), e mesmo após essa fase fenológica, podem apresentar uma grande recuperação do N proveniente do fertilizante (19, 20). Em condições de irrigação e durante

o verão em São Paulo, o ponto de máximo acúmulo de N pode ocorrer aos 105 dias após a emergência das plântulas, com o ponto de inflexão aos 67 dias (2). O milho apresenta dois períodos distintos no acúmulo de N, sendo o primeiro no período vegetativo (pendoamento), quando o tamanho da espiga e o número de grãos estão sendo estabelecidos, e reservas fotossintetizadas estão sendo acumuladas no colmo e nas folhas, e o segundo, durante o enchimento de grãos, quando o número final de grãos e seus tamanhos são determinados (7).

O principal processo de perda do nitrogênio no solo tem sido a remoção do N disponível dos limites da zona radicular pela água, ou seja, a lixiviação. O fator isolado mais importante na absorção e uso de N pelas plantas em condições de campo parece ser a água do solo, sendo difícil interpretar resultados de pesquisas de utilização desse nutriente sem que se considere e compreenda a dinâmica da água (1).

Dentre as formas de N presentes no solo, a orgânica é a predominante, mas as formas inorgânicas como o amônio e o nitrato são as mais disponíveis às plantas e constituem uma pequena fração muito variável do teor total desse nutriente. Em solos com boa aeração e e pH não muito baixo, o amônio é convertido rapidamente em nitrato (13). A nitrificação durante os meses mais chuvosos é maior que a ocorrida nos meses com menor precipitação pluviométrica (8).

As condições hídricas do perfil do solo são de muita importância na dinâmica do nitrogênio em culturas agrícolas. Baixos valores de drenagem profunda podem contribuir para uma maior eficiência de utilização do nutriente (16). Entretanto, quando uma baixa utilização de N proveniente ocorrer, grande parte desse nutriente pode permanecer disponível para a lixiviação (9).

A fertirrigação permite a aplicação de nutrientes em estádios mais avançados do milho, quando a aplicação mecanizada no solo torna-se impraticável, devido às injúrias físicas que causariam às plantas, e de acordo com as necessidades nutricionais da cultura, o que pode

umentar sua assimilação pelas plantas, e limitar o seu movimento no solo. Assim, sendo, o objetivo desse trabalho foi o de verificar a lixiviação de nitrato e o acúmulo de N pelo milho irrigado, cultivado no período de inverno em Piracicaba, SP, em função da aplicação do fertilizante nitrogenado no solo, em estádios iniciais, e via água de irrigação (fertirrigação), em estádios de desenvolvimento mais avançados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma terra roxa estruturada latossólica, de textura argilosa (17), na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. O quadro 1 apresenta a análise química do solo para fins de verificação da necessidade de adubação. As determinações dos teores de P, Ca, Mg e K foram feitas através de resina trocadora de íons; as de Al + H, pela solução tampão SMP; e de matéria orgânica, pelo método colorimétrico (14).

Após o preparo do solo, com subsolagem, aração e gradagem, efetuou-se a abertura de uma trincheira ao lado da área do experimento, para a obtenção de amostras de solo para a análise granulométrica, feita pelo método do densímetro (5), e de amostras indeformadas com anéis cilíndricos, visando a determinação das curvas de retenção de água e densidade global do solo (Quadro 2).

A semeadura manual realizou-se em 9 de junho de 1992, utilizando-se sementes de milho híbrido duplo AG-519, adaptado ao cultivo de inverno, com espaçamento entre linhas de 1 m. A emergência das plântulas iniciou-se 7 dias e o desbaste ocorreu 30 dias após a semeadura, deixando-se um stand inicial de 63.000 plantas/ha. A adubação na semeadura constituiu-se de 30 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, e de 20 kg/ha de K_2O , na forma de cloreto de potássio, em conformidade com a análise química do solo e com base nas recomendações para o estado de São Paulo (15). A adubação de 120 kg/ha de N,

na forma de uran, foi realizada aplicando-se o fertilizante : 1- no solo, aos 13 e 47 dae, na dose de 40 e 80 kg/ha de N, respectivamente (tratamento convencional); 2- via água de irrigação, aos 34, 49, 64, 82 e 101 dae, nas doses de 4, 6, 45, 30 e 35 kg/ha de N, respectivamente (tratamento fertirrigação). Cada um desses tratamentos se compunham de 12 linhas de plantas, com 10 m de comprimento, espaçados entre si em 18 m para evitar que jatos de água de um atingissem o outro. A semeadura também foi realizada ao redor (4 m) e entre os tratamentos para a formação da bordadura, compondo uma área total semeada de 1000 m².

As aplicações via irrigação foram feitas de acordo com a curva de acúmulo desse nutriente no milho irrigado no período de verão (2), e na necessidade de irrigação em função da umidade do solo. A injeção de fertilizante foi feita através de uma bomba injetora de acionamento hidráulico, conectada à tubulação condutora de água ao tratamento fertirrigado.

Foram instalados em cada tratamento 4 baterias com tensiômetros a 10, 20, 35, 50, 65, 75, 85, 100 e 115 cm e tubo de acesso para sonda de nêutrons até 100 cm de profundidade nas entre linhas, e extratores de solução do solo (cápsulas porosas) a 50 e a 100 cm de profundidade nas linhas de plantas. Na instalação dos tubos de acesso, foram coletadas amostras compostas do solo em cada tratamento, para a análise de N total pelo método micro-Kjeldahl (3), anteriormente a aplicação de fertilizante nitrogenado.

O manejo de água no solo foi realizado por meio de tensiometria, sendo que se efetuou a irrigação para elevar a umidade do solo na camada superficial à capacidade de campo (-7 kPa), quando o potencial matricial da água no solo atingisse um valor ao redor de -50 kPa a 20 cm de profundidade, no início do desenvolvimento da cultura (irrigações realizadas a 34, 41, 48-49 e 56-57 dias após a emergência -dae) e a 35 cm de profundidade (irrigações realizadas a 63-64 e 81-82 dae), a medida que o sistema radicular se desenvolveu.

As amostras de solução do solo foram coletadas aos 7, 16, 25, 31, 38, 52, 59, 67, 84, 93 e 105 dae, e compostas por tratamento e por profundidade para a análise da concentração de nitrato em laboratório, por meio de um sistema de injeção em fluxo (21). Admitindo-se que as perdas por lixiviação ocorreram apenas por fluxo de massa, tem-se que para uma profundidade z :

$$q \text{ NO}_3^- = q \text{ H}_2\text{O} \cdot \text{CMNO}_3^-$$

onde:

$q \text{ NO}_3^-$ é a densidade de fluxo de nitrato no solo (cm³/cm².dia); $q \text{ H}_2\text{O}$ é a densidade de fluxo de água no solo (cm³/cm².dia); CMNO_3^- é a concentração média de nitrato na solução do solo (µg/cm³), todos na profundidade z (cm).

A densidade de fluxo de água no solo foi estimada por meio da equação do balanço hídrico :

$$P + I - \text{ETP} \pm q - \text{ES} \pm \Delta A = 0$$

onde:

P é a precipitação pluvial (mm); I é a irrigação (mm); ETP é a evapotranspiração potencial da cultura do milho (mm); q é a drenagem profunda (mm) na profundidade z (cm), que integrada fornece a densidade de fluxo de água em um certo período de tempo; ES é o escoamento superficial (mm); ΔA é a variação de armazenamento de água no solo (mm) na camada 0-z. A taxa de aplicação de água via irrigação determinada no teste de aspersor permitiu o conhecimento do valor de I. O escoamento superficial foi considerado desprezível, em função da área apresentar uma declividade inferior a 3%. A variação do armazenamento de água no solo foi obtida por meio da determinação do perfil de umidade do solo, com uma sonda de nêutrons previamente calibrada para este solo (18). Os componentes P e ETP foram calculados com base nos dados obtidos no posto meteorológico junto a área experimental, utilizando um pluviômetro e um tanque classe A, respectivamente. O valor de ETP foi obtido multiplicando-se a evaporação do tanque pelos

respectivos coeficientes, conforme as condições climáticas vigentes. O valor utilizado na equação do balanço hídrico foi o correspondente à máxima evapotranspiração da cultura (Etm), obtida pela multiplicação de ETP pelo coeficientes de cultura (4).

Amostras de plantas de milho foram coletadas em número de 4 por tratamento aos 27, 43, 63, 77, 95, 111 e 150 dae, correspondentes aos estádios de 4, 8, 12, 16 folhas, pendoamento, grãos leitosos e grãos maduros, respectivamente, sendo secadas em estufa a 65° C para a determinação da quantidade de matéria seca. O nitrogênio total foi determinado pelo método micro-Kjeldahl (3), nos diferentes órgãos das plantas, a medida que elas se desenvolveram, ou seja, na folhas + caule (1ª amostragem), nas folhas e no caule + pendão (2ª a 7ª amostragens), na espiga com palha (5ª e 6ª amostragens) e nos grãos e no sabugo + palha (6ª e 7ª amostragens).

Para a análise estatística da quantidade de nitrogênio, considerou-se 2 experimentos, sendo um na condição de aplicação de N no solo e outro na condição de aplicação de N via água de irrigação, com o delineamento em blocos ao acaso, com 7 épocas de coleta de plantas e 4 blocos.

Aos 150 dae, efetuou-se a colheita em 3 linhas de 10 m lineares em 4 repetições por tratamento, sendo as médias de produção dos grãos comparadas pelo teste t de Student. Posteriormente, procedeu-se a classificação dos grãos por peneiras de furos circulares de tamanho 18, 20, 22 e 24, após a eliminação dos grãos redondos, através da passagem em peneira de tamanho 16, com furo oblongo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas e físicas encontram-se nos quadros 1 e 2, respectivamente.

Quadro 1: Análise química da terra roxa estruturada latossólica

camada	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	M.O.	P	K	Ca	Mg	H + Al	V
cm			g/kg	mg/dm ³			cmol _c /dm ³		%
0-20	5,18	6,31	25,2	53	0,45	6,26	1,47	3,2	72
20-40	5,32	6,30	15,3	34	0,34	4,94	0,84	2,7	69

Quadro 2: Análise granulométrica e densidade global da terra roxa estruturada latossólica

camada	argila	silte	areia fina	areia grossa	dens. global
cm	g.kg ⁻¹				g/cm ³
0-20	36,8	31,9	24,4	6,9	1,41
20-35	43,8	34,5	19,6	2,1	1,50
35-50	43,1	38,8	13,9	4,2	1,54
59-65	57,6	20,7	16,6	5,1	1,47
65-75	54,5	19,8	19,5	6,2	1,48
75-85	55,4	15,2	21,8	7,6	1,42
85-100	53,2	19,2	20,6	7,0	1,27
100-115	53,2	18,2	21,2	7,4	1,25

As quantidades de nitrogênio total no solo anteriormente à aplicação do fertilizante nitrogenado para os tratamentos convencional e fertirrigação foram, respectivamente, de 1,2 e 1,3, 0,9 e 1,2, 0,7 e 0,9, 0,5 e 0,6 e 0,5 e 0,5 g/kg a 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidade, indicando que o solo apresentava valores médios (0-20 e 20-40 cm de profundidade) e baixos desse nutriente (demais profundidades).

Ambos os tratamentos receberam praticamente as mesmas quantidades de água proveniente das irrigações, o que proporcionou um balanço hídrico com resultados de fluxo de água muito próximos (Quadro 3).

Quadro 3. Balanço hídrico para os tratamentos convencional e fertirrigação, nas camadas de 0-50 e 0-100 cm de profundidade, em terra roxa estruturada latossólica, cultivada com milho

período dae	P	I	ETm	ΔA 50	q 50	ΔA 100	q 100
mm							
tratamento convencional							
8 a 33	37,2	14,8	-44,3	-5,43	-13,13	-3,46	-11,16
34 a 55	0	29,3	-52,8	-26,86	-3,36	-36,34	-12,84
56 a 106	96,6	88,8	-150,3	+10,23	-26,86	+9,03	-28,06
8 a 106	135,8	132,9	-247,4	-22,06	-43,35	-30,77	-52,06
tratamento fertirrigação							
8 a 33	37,2	14,8	-44,3	-2,68	-10,38	+0,56	-7,14
34 a 55	0	33,2	-52,8	-21,43	-1,83	-32,56	-12,96
56 a 106	98,6	92,7	-150,3	+10,62	-30,37	+9,94	-31,05
8 a 106	135,8	140,7	-247,4	-13,49	-42,58	-22,06	-51,15

P = precipitação pluvial I = irrigação ETm = Evapotranspiração máxima da cultura ΔA = variação de armazenamento de água no solo q = densidade de fluxo de água no solo

O maior movimento de nitrato a 50 cm de profundidade ocorreu entre 8 e 33 dae, em ambos os tratamentos (cerca de 83% do total), devido principalmente às maiores concentrações do íon na solução do solo. Nos demais períodos, o movimento foi bem inferior devido ao pequeno fluxo entre 34 e 55 dae e aos menores valores médios de concentração de nitrato no solo, graças à maior absorção de N pelas plantas. Apesar do maior valor na aplicação via solo, as quantidades totais em ambos os tratamentos foram bem próximas, como consequência da proximidade dos valores de concentração de nitrato e de densidade de fluxo de água. Em relação à profundidade de 100 cm, pode-se observar que até o segundo período, cerca de 68,2% (tratamento convencional) e 62,2% (tratamento fertirrigação) do total lixiviou, com uma aplicação de 120 e de 10 kg/ha via solo e via água de irrigação, respectivamente. Entre 56 e 106 dae, quando fertirrigou-se mais 110 kg/ha de N, o movimento de nitrato foi 31,8% (convencional) e 37,8% (fertirrigação), em relação ao total lixiviado (Quadro 4).

Dessa forma, nota-se que a lixiviação de nitrato proveniente do fertilizante e do solo não se constituíram em perdas consideráveis do nutriente à cultura do milho. Quanto ao

fornecimento de N via solo ou via água de irrigação, praticamente não se observou grandes diferenças no movimento desse íon no solo em função do método e da época de aplicação.

Quadro 4. Densidade de fluxo de água (D), concentração média de nitrato na solução do solo (C) e lixiviação de nitrato (L), nos tratamentos convencional e fertirrigação, a 0-50 e a 0-100 cm de profundidade em terra roxa estruturada latossólica, cultivada com milho

período dae	D 50 mm	C 50 μg/cm ³	L 50 kg/ha	D 100 mm	C 100 μg/cm ³	L 100 kg/ha
tratamento convencional						
8 a 33	-13,13	12,48	1,64	11,16	4,00	0,45
34 a 55	-3,36	6,60	0,22	12,84	3,50	0,45
56 a 106	-26,86	0,44	0,12	28,06	1,48	0,42
total	-43,35		1,98	52,06		1,32
tratamento fertirrigação						
8 a 33	-10,38	14,05	1,46	-7,14	5,80	0,41
34 a 55	-1,83	7,90	0,14	-12,96	6,45	0,84
56 a 106	-30,37	0,52	0,16	-31,05	2,44	0,76
total	-42,58		1,76	-51,15		2,01

As baixas temperaturas durante o inverno (dados não apresentados) estiveram mais próximas dos valores mínimo (10°C), ótimo (30°C) e máximo (40°C) para a cultura do milho (6), fazendo com que o ciclo de desenvolvimento do milho se torne mais longo durante esse período do ano.

Devido à significância da interação entre tratamentos e épocas de amostragem a 10% de probabilidade pelo teste F, determinou-se as equações polinomiais para o acúmulo de matéria seca e de N no total, folhas, caule + pendão, espiga com palha e grãos (não apresentadas). Nos quadros 5 a 7 estão apresentadas, respectivamente, as quantidades médias de matéria seca, as porcentagens médias de N na mesma e as quantidades médias de N nas plantas, nas datas de amostragens.

Quadro 5. Quantidades médias de matéria seca, em gramas por planta, no total, nas folhas, no caule + pendão, na espiga com palha e nos grãos, nos tratamentos convencional (C) e fertirrigação (F), em função das datas de amostragens.

dae	total		folhas		caule + pendão		espiga + palha		grãos	
	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
27	2,05	2,04								
43	10,34	10,32	9,57	9,55	0,76	0,77				
63	47,64	49,17	35,40	36,90	12,24	12,27				
77	105,00	112,57	59,77	66,20	36,84	38,51	8,40	7,87		
95	152,65	151,97	71,62	71,08	66,60	65,78	14,43	15,11		
111	169,17	217,02	63,68	74,51	57,68	73,48	47,82	69,03	9,29	9,91
150	300,79	409,42	57,33	79,82	71,06	94,85	172,40	234,75	121,46	162,78

As porcentagens médias do N na matéria seca diferiram entre os tratamentos pelo teste t, ao nível de 10 % de probabilidade, aos 27 (total), aos 63 (total e caule + pendão), aos 95 (caule + pendão) e aos 150 dae (total e caule + pendão). Pelo quadro 6, pode-se observar que as porcentagens do nutriente foram sempre decrescentes no tratamento convencional, mas no tratamento fertirrigação, aos 77 dae, após a terceira aplicação de N realizada aos 64 dae (45 kg/ka de N), as porcentagens médias nas folhas e no caule + pendão aumentaram em relação à amostragem feita aos 63 dae, quando as plantas tinham recebido apenas 10 kg/ha de N. Na espiga com palha e nos grãos, os valores do tratamento fertirrigação foram sempre superiores aos do convencional.

Quadro 6. Porcentagens médias de N na matéria seca total, nas folhas, no caule + pendão, na espiga com palha e nos grãos, nos tratamentos convencional (C) e fertirrigação (F), em função das datas de amostragens.

dae	total		folhas		caule + pendão		espiga + palha		grãos	
	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
27	3,78	3,58								
43	3,11	3,25	3,13	3,27	2,84	3,02				
63	2,25	1,75	2,44	1,98	1,68	1,07				
77	1,99	1,94	2,23	2,21	1,63	1,49	1,88	1,94		
95	1,46	1,62	1,80	1,85	1,01	1,29	1,86	1,94		
111	1,23	1,30	1,74	1,81	0,62	0,79	1,29	1,31	2,85	3,13
150	0,95	1,17	0,93	1,25	0,28	0,56	1,25	1,39	1,64	1,85

Quadro 7. Quantidades médias de nitrogênio, em miligramas por planta, no total, nas folhas, no caule + pendão e nos grãos, nos tratamentos convencional (C) e fertirrigação (F), em função das datas de amostragens.

dae	total		folhas		caule + pendão		espiga + palha		grãos	
	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
27	77,67	72,82								
43	328,39	339,47	305,85	316,46	22,54	23,01				
63	1062,62	858,58	863,92	728,03	198,69	130,55				
77	2097,26	2176,59	1333,90	1456,81	605,29	569,32	158,08	150,46		
95	2200,23	2456,03	1285,33	1316,23	662,07	845,61	252,83	294,20		
111	2069,73	2823,87	1108,69	1352,59	345,32	581,21	615,72	890,08	260,76	308,85
150	2854,69	4776,10	525,02	989,55	192,29	530,14	2137,38	3256,41	1965,12	3004,11

Em função do maior acúmulo de matéria seca no final do ciclo (Quadro 5) e das maiores porcentagens de N na mesma (Quadro 6), as plantas fertirrigadas apresentaram maior acúmulo deste nutriente (Quadro 7) e, conseqüentemente, um maior translocação de N pra os grãos. Assim, aos 150 dae, a produção de grãos no tratamento fertirrigação foi de 5.072 kg/ha, superior ao do tratamento convencional, de 4.516 kg/ha, para um stand final de 50.000 plantas/ha, sendo que tais médias diferiram entre si pelo teste t a 10% de probabilidade. Na classificação dos grãos, verificou-se que no tratamento fertirrigação houve uma redução da porcentagem na peneira 18, 20 e 22 e um aumento no valor da peneira 24, em relação ao tratamento convencional (Quadro 8).

Quadro 8. Distribuição percentual dos tamanhos de grãos de milho nos tratamentos convencional e fertirrigação

tratamento	peneira 18	peneira 20	peneira 22	peneira 24	fundo
convencional	9,6	27,9	38,5	22,1	2,0
fertirrigação	7,3	24,6	37,8	28,8	1,5

CONCLUSÕES

1. As quantidades lixiviadas de nitrato em terra roxa estruturada latossólica foram pequenas (máximo de 2 kg/ha) e praticamente não diferiram entre as aplicações via solo e via água de irrigação. A fertirrigação, para as condições deste experimento, não apresentou vantagens quanto à limitação das perdas de nitrato.

2. A aplicação de N via água de irrigação, em estádios tardios do ciclo de desenvolvimento do milho, durante o período de inverno no estado de São Paulo, proporcionou um maior acúmulo de N nas plantas fertirrigadas e, conseqüentemente, uma maior produção de grãos.

CONSIDERATIONS ABOUT NITROGEN FERTIRRIGATION IN CORN CULTIVATED DURING WINTER SEASON IN SÃO PAULO: NITRATE LEACHING, NITROGEN ACCUMULATION BY PLANT AND GRAIN YIELD.

ABSTRACT - A field experiment was carried out in a Kandudalfic Eutrudox soil at Piracicaba, SP, Brazil (22° 43' S, 47° 25' W) during the winter season to evaluate nitrate leaching at 50 and 100 cm depth and N accumulation by corn plants as a function of 120 kg/ha of N applied in band at 2 times and by sprinkler irrigation system (fertirrigation) at seven times. The quantity of nitrate leached was small (2 kg/ha) at both depths for the two fertilization treatments, and the differences between them were non-significant. Fertirrigated plants showed greater N accumulation at harvest and greater grain production (5.072 kg/ha) in comparison with the band fertilized crop (4.516 kg/ha).

Key words: nitrate leaching, nitrogen accumulation, fertirrigation, corn.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio financeiro, e às empresas Adubos Trevo, Ipiranga Serrana Fertilizantes, Israteg e Agroceres, pelo auxílio material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARTHOLOMEW, W. V. ¹⁵N in research on the availability and crop use of nitrogen. In: RESEARCH CO-ORDINATION MEETING ON RECENT DEVELOPMENTS IN THE USE OF NITROGEN-15 IN SOIL-PLANT STUDIES, 1969, Sofia. *Proceedings...* Vienna: IAEA, 1971. p. 1-20.
2. BASSOI, L. H. **Lixiviação e acumulação de macronutrientes pelo milho (*Zea mays* L.) com e sem irrigação suplementar.** Botucatu: FCA/UNESP, 1990. 102p. (Dissertação de Mestrado).
3. BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. P. (Ed.) **Methods of soil analysis**, Madison: American Society of Agronomy, 1965. part 2, p. 1149-1178. (Agronomy,9).
4. DOORENBOS, J. & PRUIT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** Rome: FAO, 1975. 179 p.
5. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1979. 235 p.
6. FERRAZ, E. C. Fisiologia. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. (Ed.) **Cultura e adubação do milho.** São Paulo: 1966. cap. 12, p. 369-379.
7. KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.2, p. 232-242, 1988.
8. KIEHL, J. C.; ESPIRONELO, A. & OLIVEIRA, H. Comportamento do nitrogênio no solo, aplicado à cana de açúcar em duas épocas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n.1, p. 32-37, 1981.

9. LIBARDI, P. L.; VICTÓRIA, R. L.; REICHARDT, K. & CERVellini, A. Nitrogen cycling in a ^{15}N fertilized bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. **Plant and Soil**, The Hague, v. 67, n.1-3, p. 193-208, 1982.
10. NEPTUNE, A. M. L. Efeito de diferentes épocas e modos de aplicação do nitrogênio na produção do milho, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante, e na diagnose foliar, utilizando o sulfato de amônio - ^{15}N . **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.34, n.1, p. 515-539, 1977.
11. NEPTUNE, A. M. L.; CAMPANELLI, A. Efeitos de épocas e de modos de aplicação do sulfato de amônio- ^{15}N e interação nitrogênio- ^{15}N fósforo - ^{32}P , na quantidade e teores de N, P e K na planta e na folha do milho, na produção, na quantidade e proteína e eficiência do nitrogênio do fertilizante convertido em proteína. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.37, n.2, p.1105-1143, 1980.
12. NOVAIS, M. V. de; NOVAIS, R. F. de; BRAGA, J. M. Efeito da adubação nitrogenada e de seu parcelamento sobre a cultura do milho, em Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.115, p. 193-202, 1974.
13. RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 142p.
14. RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico. 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
15. RAIJ, B. van; SILVA, N. M. da; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R. R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A. R. & TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1985. 107 p. (Boletim técnico, 100).
16. REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; VICTÓRIA, R. L. & VIEGAS, G. P. Dinâmica do nitrogênio num solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.1, p. 17-20, 1979.
17. TORRADO, P. V.; SPAROVEK, G. **Mapa pedológico detalhado do campus Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. (escala 1:10000).
18. TURATTI, A. L.; VILLAGRA, M. M.; PONCE, J. E.; BACCHI, O. O. S. & REICHARDT, K. Variabilidade espacial o solo e sua implicação na calibração de sondas de nêutrons. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 259-262, 1990.

19. ULLOA, A. M. C.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Utilização o nitrogênio fertilizante por dois híbridos de milho. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 66p.
20. VILLAS BÔAS, R. **Alternativa para aumento da recuperação do nitrogênio da uréia pelo milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: CENA/USP, 1990. 78 p. (Dissertação de Mestrado).
21. ZAGATTO, E. A.; JACINTHO, A. O.; REIS, B. F.; KRUG, F. J.; BERGAMIN FILHO, H.; PESSEDA, L. C. R.; MORTATTI, J. & GINÉ, M. F. **Manual de análises de plantas e águas empregando sistemas de injeção em fluxo**. Piracicaba: CENA, 1981. 45 p.