

EFEITO DO DÉFICIT DE ÁGUA NO APROVEITAMENTO
DO NITROGÊNIO - ^{15}N NA CULTURA DO TRIGO *

ANTÔNIO ENEDI BOARETTO **
ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE ***
JOSÉ FRANCISCO PATELLA ****

RESUMO

Três fontes de nitrogênio - ^{15}N foram utilizadas: sulfato de amônio, nitrato de amônio e uréia. Elas foram aplicadas no plantio de dois modos: a lanço e a seguir incorporadas ao solo, ou no sulco de plantio. Determinou-se a eficiência de utilização do nitrogênio - ^{15}N aplicado no plan

-
- * Trabalho realizado com o patrocínio da Agência Internacional de Energia Atômica e da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Entregue para publicação em 13/05/1982.
- ** Departamento de Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, SP.
- *** Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E. E.A. "Luiz de Queiroz", USP,
- **** Faculdade de Agronomia e Veterinária "Eliseu Manoel", U.F. Pel., RS.

tio e no perfilhamento, sendo respectivamente, em média 14 e 13% do nitrogênio aplicado e utilizados pelo trigo. Obtiveram-se valores de 16 e 12% de eficiência do nitrogênio - ^{15}N aplicado no sulco de plantio ou a lanço e a seguir incorporado ao solo, respectivamente.

INTRODUÇÃO

Com a alta do petróleo, a partir da década de 70, os preços dos adubos nitrogenados foram puxados para cima, já que as principais fontes de nitrogênio para a obtenção deste insumo agrícola são os derivados de petróleo. Com isso procuraram-se estudar as possibilidades para se obter a máxima eficiência de utilização do nitrogênio (E.U.N.) dos adubos que contêm este importante nutriente; a eficiência é aqui entendida como a porcentagem do nitrogênio que colocado no solo, é absorvido pelos vegetais.

Para a cultura de trigo, HAMID (1968/1969) e ULGEN *et alii* (1970) não encontraram diferenças notáveis nas E.U.N. quando utilizaram 60 kg N/ha na forma de nitrato de sódio e sulfato de amônio. Por outro lado, HAMISSA *et alii* (1972) e SINHA (1972a; 1972b) verificaram a importância da época de aplicação da uréia, sulfato e nitrato de amônio na E.U.N.. Entretanto NEPTUNE & PATELLA (1970), utilizando nitrato de amônio e sulfato de amônio, constataram que a E.U.N. foi maior no primeiro que no último, enquanto que MURAKA (1973) não encontrou diferenças significativas nas E.U.N. para o nitrato de amônio e uréia.

O presente trabalho teve o objetivo de verificar a influência de fontes de nitrogênio, época e modo de aplicação das mesmas na eficiência de utilização do nitrogênio pelo trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Pelotas-RS, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo (Ultisol), sendo as características químicas: pH (relação solo:água = 1:2,5) 4,6; alumínio trocável = 0,9 mg/100g; cálcio mais magnésio trocáveis = 2,0 e.mg/100g; 10 ppm P e 76 ppm K e 1,3% de matéria orgânica; e CTC = 7,4 e.mg/100g.

A adubação fosfatada feita no sulco de plantio, igual para todos os tratamentos, foi de 68 kg P₂O₅/ha (superfosfato simples) e não se aplicou potássio.

Os tratamentos, em número de seis, em cinco blocos ao acaso, constaram de 1 dose de nitrogênio (120 kg N / ha) aplicada 1/2 no plantio e 1/2 a lanço, em cobertura por ocasião do perfilhamento. No plantio, as três fontes de nitrogênio (nitrato e sulfato de amônio e uréia) foram aplicados de 2 modos diferentes: a lanço e a seguir incorporado ao solo na profundidade de 0-10 cm, ou no sulco de plantio, ficando 2 cm abaixo e 5 ao lado da semente.

A parcela experimental tinha 4 m de comprimento e 1 m de largura, com 5 linhas de plantio. Seguindo as recomendações dadas por NEPTUNE (1967) e BARTHLOMEW (1971), a parcela foi dividida em três partes: a primeira e a segunda partes de 1 m², e a terceira de 2 m². Por ocasião do plantio, aplicaram-se as fontes de ¹⁵N em apenas 1 m² e no restante de cada parcela as fontes de N não marcadas. Por ocasião do perfilhamento, aplicaram-se no outro 1 m² as fontes de ¹⁵N e no restante das parcelas as fontes de N não marcadas, de tal sorte que se pôde determinar em separado o ¹⁵N na parte aérea proveniente do ¹⁵N aplicado no plantio e no perfilhamento.

Os fertilizantes nitrogenados continham 1% de excesso de ¹⁵N.

A cv. IAS-52 foi plantada em 2 de julho de 1971, consumindo 120 kg de sementes por hectare.

A colheita foi levada a efeito em 26/11/71, coletando-se três porções distintas em cada parcela correspondente às áreas de aplicação das fontes de ^{15}N já mencionadas.

Após a secagem, procedeu-se à debulha obtendo-se o peso da palha e grãos.

Determinou-se o nitrogênio total na palha e grão feitos em micro-Kjeldahl, conforme descrito em BREMNER (1965).

O ^{15}N foi analisado pelo espectrômetro de massa Hitachi RMU-60, no laboratório de Seibersdorf (I.A.E.A.) Áustria, para cálculo da porcentagem de nitrogênio na palha e no grão proveniente dos fertilizantes. O preparo do material para análise de ^{15}N no espectrômetro de massa foi feita pelo método de Dumas, descrito em RENNIE (1968). A porcentagem de nitrogênio na planta proveniente de fertilizante (% NPPF) pode ser calculada pela fórmula seguinte:

$$\% \text{ NPPF} = 100 \times \frac{\% \text{ de átomos de } ^{15}\text{N} \text{ em excesso na planta}}{\% \text{ de átomos de } ^{15}\text{N} \text{ em excesso de fertilizante}}$$

A partir da produção de palhas e grãos, da porcentagem de N total na palha e grãos e da porcentagem de NPPF, calculou-se a E.U.N. (Eficiência de utilização do nitrogênio) das diferentes fontes aplicadas no plantio e cobertura, empregando-se a fórmula:

$$\text{E.U.N.} = 100 \times \frac{(\text{kg/ha NPPF})}{\text{quantidade de N aplicado}}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 1 que não houve efeito significativo das fontes de N e modos de aplicação das mesmas na produção de palha e grãos de trigo; concordando com

Tabela 1 - Produção (kg/ha), porcentagem de N total e quantidade de N retirado (kg/ha de N) na palha e grãos.

Tratamentos	kg / ha		% N		kg/ha de N	
	Palha	Grão	Palha	Grão	Palha	Grão
1) Fonte de N						
- nitrato de amônio	2485a ⁽¹⁾	640a	0,81a	2,48a	20a	16a
- uréia	2485a	575a	0,80a	2,51a	20a	15a
- sulfato de amônio	2281a	591a	0,78a	2,49a	18a	14a
2) Modos de aplicação do N no plantio						
- à lança e incorporado	2388x ⁽¹⁾	560x	0,82x	2,38x	20x	13x
- no sulco de plantio	2453x	644x	0,77x	2,60x	19x	17y
Coefficiente de variação (%)	12	19	5	9	16	28

(1) Letra igual, dentro de fontes ou modos de aplicação do N e da mesma parte da planta, indica igualdade estatística

os resultados obtidos por ARVIZU & LAIRD (1959/60; PUENT B. et alii (1963/64), AVRAM (1970) e LIMA & NEPTUNE (1971), que não encontraram diferenças entre nitrato de amônio e uréia, e com HATFIELD (1961) e MURAOKA (1973), que não encontraram diferenças entre nitrato de amônio e uréia. Concordam ainda com HERNANDO et alii (1962), MIS SÃO AGRÍCOLA ALEMÃ (1969) e PATELA (1969), que obtiveram produções semelhantes para a uréia e sulfato de amônio. Constata-se ainda pela Tabela 1 que a produção média de grãos está abaixo da média do RS, que na safra de 70/71 foi de 1077 kg/ha, segundo dados do Ministério da Agricultura. Dois motivos concorreram decisivamente para que tal fato ocorresse. Um deles foi a ocorrência de *Fusarium*, e o outro foi o déficit de água no solo no período que antecede a emissão dos pendões florais, denominado "emborrachamento"; o que pode ser visto na Figura 1. A importância de água neste período é sobejamente conhecido. Assim, Cole (1938), citado por FERNANDEZ G. & LAIRD (1957/58), verificou que os rendimentos foram prejudicados quando grande parte das chuvas se dava no início da cultura, ou quando prolongada seca coincidia com a época de formação dos grãos.

Com relação aos modos de aplicação das fontes de N também SINHA (1972b) não encontrou diferenças significativas entre a aplicação do adubo a lanço e a seguir incorporado no solo e no sulco de plantio, tanto na produção de grãos como de palha.

Verifica-se ainda pela Tabela 1 que as fontes de N não influenciaram significativamente na porcentagem deste nutriente tanto na palha como nos grãos. De um modo geral, as porcentagens de N no grão são aproximadamente três vezes maiores do que as mesmas na palha.

A quantidade de N total na palha e nos grãos de trigo é um reflexo da produção e da porcentagem de N já vistas. Verifica-se pela Tabela 1 que não houve diferenças entre as fontes de N no que diz respeito a quantidade de N contida tanto nos grãos como na palha. Por outro lado, a aplicação do N no sulco de plantio favoreceu a absorção do N aplicado, chegando a diferença ser esta-

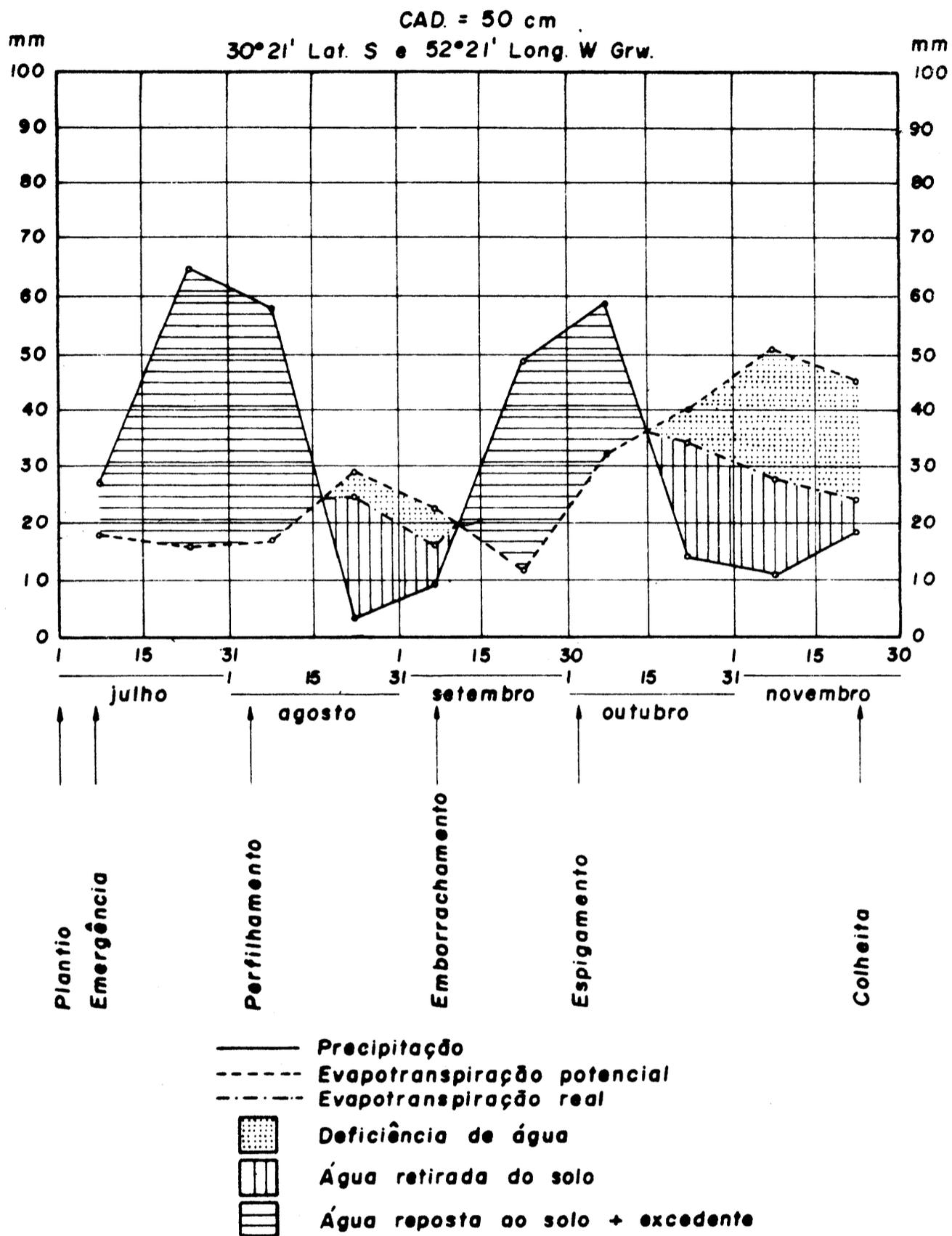


Figura 1 - Balanço hídrico no local do experimento, segundo Thornthwaite e Mather, 1955 (VILLA NOVA et alii, 1968).

tisticamente significativa; apesar de ser apenas 4 kg N/ha a diferença. Na literatura, encontram-se valores de N absorvido e contido na palha variando de 16,6 a 33,8 kg N/ha e contido nos grãos variando de 27,9 a 99,8 kg N/ha (ÜLGEN et alii, 1970; EID et alii, 1970; HAMID, 1968/69; SINHA, 1972a; SINHA, 1972b). Os valores encontrados no presente ensaio para a quantidade de N absorvida e contida na palha estão dentro da média; entretanto os valores encontrados para o N contido nos grãos é abaixo da média. Sabe-se que a absorção do N está na dependência da quantidade de água disponível no solo, como mostram os resultados de FERNANDEZ G. & LAIRD (1957 / 58), SÁ (1966) e GUREVICH & BORONIN (1969).

A Tabela 2 mostra as porcentagens do N da palha que é proveniente dos fertilizantes, bem como a quantidade de ^{15}N contida na palha e grãos. Verifica-se que somente os modos de aplicação no plantio das fontes de N têm influência na absorção do fertilizante. Os dados da Tabela 3 evidenciam que independente da fonte de N, o trigo aproveitou apenas 14% do N aplicado no plantio e 13% do N aplicado em cobertura.

No que diz respeito aos modos de aplicação, 16% do N aplicado no sulco de plantio e 12% do N aplicado a lanço são absorvidos pelo trigo e retirados com a colheita de palha e grãos. As E.U.N. encontrados na literatura estão na Tabela 4. Inúmeros são os fatores que condicionam o aproveitamento do nutriente aplicado ao solo. O fato de se ter encontrado um valor baixo para o E.U.N. em relação àqueles da literatura, pode ser explicado pela falta de água na época do "emborrachamento". A variabilidade entre os diferentes autores pode ser explicado pelas diferenças de condições em que cada experimento foi conduzido. Segundo estes resultados encontrados, verifica-se que a fonte de N é de pequena influência na E.U.N., bem como o modo de aplicação. Já as condições de clima e solo são de fundamental importância.

Tabela 2 - Porcentagem (%NPPF) e quantidade (kg/ha de ¹⁵N) de ¹⁵N provenientes das fontes de N aplicadas no plantio e no perfilhamento, em palha e grãos de trigo.

Tratamentos	% NPPF				kg/ha de ¹⁵ N				
	Palha		Grão		Palha		Grão		
	Plan- tío	Perfilha- mento	Plan- tío	Perfilha- mento	Plan- tío	Perfilha- mento	Plan- tío	Perfilha- mento	
1) Fontes de N									
- nitrato de amônio	22,5	26,7	24,1a ⁽¹⁾	27,9a	4,7	5,5	3,9a	4,2a	
- uréia	26,1	22,3	24,2a	23,9a	5,1	4,3	3,7a	3,7a	
- sulfato de amônio	24,7	19,8	26,2a	22,5a	4,3	3,4	3,7a	3,2a	
2) Modos de aplicação do N no plantio									
- a lança e incorporado	22,7	23,4	23,1x ⁽¹⁾	26,9x	4,4	4,6	3,0x	3,6x	
- no sulco de plantio	26,3	22,4	26,6y	22,6x	5,0	4,2	4,6y	3,8x	
Coefficiente de variação	..	..	13	23	..	..	33	35

(1) Letra igual, dentro de fontes ou modos de aplicação do N e da mesma parte da planta, indica igualdade estatística.

Tabela 3 - Eficiência de utilização do nitrogênio aplicado (E.U.N.).

Tratamentos	E.U.N.					
	Palha			Grão		
	Plantio	Perfilhamento	Plantio	Perfilhamento	Plantio	Perfilhamento
1) Fontes de N						
- nitrato de amônio	7,7	9,2	6,5a ⁽¹⁾	6,2a	6,9a	6,1a
- uréia	8,5	7,2	6,1a	5,7	6,1a	5,3a
- sulfato de amônio	7,2	5,7	6,2a			
2) Modos de aplicação do N no plantio						
- a lanço e incorporado	7,3	7,6	4,9x		5,9x	
- no sulco de plantio	8,2	7,0	7,6y		6,3x	
Coefficiente de variação (%)	..	..	16		18	

(1) Letra igual, dentro de fontes ou modos de aplicação do N e da mesma parte da planta, indica igualdade estatística.

Tabela 4 - Eficiências de utilização do nitrogênio (E.U.N.) pelo trigo encontrados na literatura.

Fonte de N	60kg N/ha aplicado		60kg N/ha aplicado em cobertura		120kg N/ha Plantio+ cobertura		Autor
	no plantio	Palha	Grão	Palha	Grão	Planta	
Nitrito de amônio	8	32	40	7	34	40	SINHA (1972b)
	13	24	37	17	45	61	HAMISSA et alii (1972)
Uréia	10	24	34	16	36	52	HAMISSA et alii (1972)
	7	26	33	6	37	43	SINHA (1972b)
Sulfato de amônio	6	31	37	5	35	41	SINHA (1972b)
	6	33	42	7	39	46	SINHA (1972a)
	4	24	28	..	..	..	ULGEN et alii (1970)
	8	20	28	..	..	..	HAMID (1968/69)
Salitre do Chile	8	17	25	..	..	..	HAMID (1968/69)
	4	22	26	..	..	..	ULGEN et alii (1970)
	10	42	52	8	46	54	SINHA (1972a)

CONCLUSÕES

- a) As fontes de nitrogênio se comportaram de modo idêntico quanto: à produção de palha e grãos de trigo; à quantidade de nitrogênio total absorvido pelo trigo e ao coeficiente de aproveitamento do nitrogênio aplicado;
- b) os modos de aplicação não causaram diferenças na produção de palha e grãos de trigo e na quantidade de nitrogênio na palha. Porém os fertilizantes aplicados no sulco propiciaram valores maiores nas quantidades de nitrogênio total e maiores coeficientes de aproveitamento de nitrogênio do que quando aplicados a lanço e incorporado;
- c) não houve interação significativa entre as fontes de N e os modos de aplicação das mesmas.

SUMMARY

EFFECT OF WATER DEFICIENCY IN THE UTILIZATION OF NITROGEN (^{15}N) BY WHEAT CROPS

This paper deals with a study of the efficiency of three nitrogen- ^{15}N fertilizers: ammonium sulphate, urea, and ammonium nitrate on wheat crops. The fertilizers were applied by throwing and then incorporated to the soil or in the furrows, at the rate of 120 kg N/ha, half at sowing and half at sowing and half by throwing at the tillering stage. The results were as follows: all fertilizers gave similar effects in straw and grain yields, in the percentage of nitrogen derived from the fertilizers and percentage of fertilizer nitrogen utilized. When the nitrogen fertilizers were applied along the seed rows (5 cm apart and 2 cm deep) it was observed higher values in the nitrogen contents of the grains and in the efficiency of the fertilizers. The mean of all results indicated that 23% of the nitrogen applied was recovered by the wheat plants.

LITERATURA CITADA

- ARVIZU R.; Z.; LAIRD, R.J., 1959-1960. Efeito de diferentes fluentes de nitrogênio sobre el rendimiento y contenido de proteínas en el trigo. Agr. Tec. em México 9: 2-3.
- AVRAM, P., 1970. Efect of different forms of nitrogen fertilizers on wheat, maize and sunflowers at oradea. Anal. Inst. Cerc. pentru cereale si Plante Technice 36: 149-154.
- BARTHOLOMEW, W.N., 1971. ^{15}N in research on the availability and crop use of nitrogen. In: Nitrogen - 15 in Soil-Plant studies. Vienna, FAO/IAEA. Proceeding of a Research Co-ordination Meeting (Sofia), 1-20.
- BREMER, J.M., 1965. Total nitrogen. In: Black, C. A. (ed.). **Methods of Soil Analysis** (part 2), Agronomy 9: 1149-1176.
- EID, M.T.; HAMISSA, M.R.; SERRY, A.; SAMIE, M.A.; EL-BANNA, E., 1970. Progress Report on Co-ordinated programme of use of isotopes and radiation in Wheat Fertility studies, Egito, 23p. (mimio.).
- FERNANDEZ G., R.; LAIRD, R.J., 1957/58 - A umedad del suelo y fertilization nitrogenada su relation con el contenido de proteínas en el trigo. Agr. Tec. em México 5: 31-32.
- GUREVICH, S.M.; BORONIN, N.K., 1969. Effect of different forms of phosphorus and nitrogen fertilizers on winter wheat grain yields and quality with different supplies of moisture in deeo chernozem. Soviet Soil Sci. 3: 308-312.
- HAMID, A., 1968/69. Efficiency of N and P uptake by wheat using labelled fertilizers. Paquistão, Report coordinated winter wheat fertility-programme using fertilizers containing labelled nutrient elements. Atomic Agricultural Research Centre, Tandojam, 19 p. (mimeo.).

- HAMISSA, M.R.; SERRY, A.; SAMIE, M.E.A.; EL-BANNA, E.A. 1972. The efficiency of conversion of fertilizer nitrogen from sources into grain protein as a function of moisture level and time of application. Final report on the Co-ordinated programme on use of isotopes and radiation in wheat fertilization studies, Vienna, Austria.
- HATFIELD, A.I., 1961. Source rate, particle size, and time of application of nitrogen for wheat under field conditions. Results Res. Annu. Rep. Univ. Ky Agr. Sta. **74**: 22.
- HERNANDO, V.; JIMENO, L.; GUERRA, A., 1972. Experimentation con urea y con sulfato amônico en cereales. An. Edafol. Agrabiol. **23**: 363-371.
- LIMA, L.A.; NEPTUNE, A.M.L., 1971. Efeito de diferentes fontes nitrogenadas na produção de trigo. Anais da 1ª Jornada Científica da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Vol. 1, pág. 129.
- MISSÃO AGRÍCOLA ALEMÃ, 1969. Relatório sobre ensaios de adubação com trigo no ano de 1968. Missão Agrícola Alemã junto ao IPEAME, Curitiba, 5p. (mimeo.).
- MURAOKA, T., 1973. **Efeitos da forma, fonte e parcelamento do nitrogênio (^{15}N) na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)**, Dissertação de Mestrado, Piracicaba, ESALQ/USP.
- NEPTUNE, A.M.L., 1967. Uso de isótopos na fertilidade do solo. In: MALAVOLTA, E. - **Manual de Química Agrícola**. 2.a ed., Biblioteca Agronômica Ceres, São Paulo.
- NEPTUNE, A.M.L.; PATELLA, J.F., 1970. Efficiency of fertilizer nitrogen sources applied to wheat on influenced by times and rates of nitrogen applications. Final report, annual meeting-Rabbat, Marrocos, 15p. (mimeo.).

- PATELLA, J.F., 1969. Resultados obtidos com a cultura do trigo no Setor de Solos do IPEAS em 1969, Petolas-RS, 11p. (mímio.).
- PUENTE B., A.; ANAYA G., M.; MORENO D., R.; ORTEGA T., E., 1963/64. Estudio comparativo de cuatro fertilizantes nitrogenados aplicados al cultivo del trigo, en la Comarca Lagunera. Agr. Tec. em Mexico 2(4): 154-155.
- RENNIE, D.A., 1968. ^{15}N as a tracer in crop nutrition studies under field conditions. Symposium on the use of isotopes in fertilizer water-plant relationship, Middle Eastern Regional Radiosotope Center, Cairo.
- SÁ, D.F. de, 1966. Efectos de la humedad del suelo, y diversos niveles de nitrogeno en el rendimiento del trigo. Grupo de Irrigação do São Francisco, SUDENE, Brasil, 32p. (mimeio.).
- SINHA, M.N., 1972a. Efficiency of fertilizer nitrogen uptake by wheat as a function of moisture level and time of application. The final meeting of participants in coordinated programme of 1970/71 experimental plans on use of isotopes and radiation in wheat fertilization studies, 18p. (mimeo.).
- SINHA, M.N., 1972b. Efficiency of Fertilizer nitrogen from three sources as a function of method and time of application under two moisture regimes. The final meeting of participants in coordinated programme of 1971/72 experimental plans on use of isotopes and radiation in wheat fertilization studies, Vienna, Austria, 23p. (mimeo.).
- ÜLGEN, N.; HERA, C.; ATESALP, M.; BICER, Y., 1970. The efficiency of nitrogen uptake by wheat as a function of source, rate and time of application of nitrogenous fertilizers. Annual Meeting, Agr., 1970, Rabbat, Marrocos, Soil and Fertilizer Research Institute, Ankara - Turkey.

VILLA NOVA, N.A.; REICHARDT, K.; ORTOLANI, A.A., 1968.
Principais métodos climáticos de estimativa e de medida de perda de água de superfícies naturais. Piracicaba, ESALQ/USP, 57p. (mimeo.).