



UFMT

Campus Universitário do Araguaia



16 a 20
outubro
2016

Centro de
Convenções de
GOIÂNIA - GO

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical – UFMT - Cuiabá
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFPR - Curitiba

AVANÇOS EM MICRONUTRIENTES NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Prof. Dr. Milton Ferreira de Moraes

D.Sc., M.Sc., B.Sc., Técnico Agrícola
Fertilidade do Solo & Nutrição de Plantas

Goiânia - GO, 20 de outubro de 2016

“Por **micronutrientes** devemos entender aqueles nutrientes que as plantas necessitam em pequeníssimas proporções; são eles: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

Embora as quantidades sejam muito diminutas, nos casos de deficiência muito acentuada as culturas não completam bem seu ciclo vegetativo e, portanto, ou não dão colheita ou produzem muito pouco.”...

“Por **micronutrientes** devemos entender aqueles nutrientes que as plantas necessitam em pequeníssimas proporções; são eles: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

Embora as quantidades sejam muito diminutas, nos casos de deficiência muito acentuada as culturas não completam bem seu ciclo vegetativo e, portanto, ou não dão colheita ou produzem muito pouco.”...

(MALAVOLTA, 1958)

MACRONUTRIENTES

N, P, K, Ca, Mg, S - kg/ha

MICRONUTRIENTES

B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, **Ni**, Zn - g/ha

CRITÉRIOS DE ESSENCIALIDADE?

- direto
- indireto

Lei do mínimo de Liebig



Giessen, Alemanha (maio/2012)

Níveis médios de nutrientes nos tecidos de plantas

Elementos obtidos do solo	Número de átomos	
Macronutrientes	mg kg ⁻¹	
Boro (B)	20	2.000
Cloro (Cl)	100	3.000
Cobre (Cu)	6	100
Ferro (Fe)	100	2.000
Manganês (Mn)	50	1.000
Molibdênio (Mo)	0,1	1
Níquel (Ni)	0,1	2
Zinco (Zn)	20	300

Epstein (1965) e Stout (1961)

Cl ≈ Fe > Mn > B ≈ Zn > Cu > Mo ≈ Ni

Funções dos micronutrientes nas plantas

- ✓ B: síntese de amido.
- ✓ Cu: atividade das peroxidases e catalases.
- ✓ Cl: desdobramento da molécula da água na fotossíntese.
- ✓ Fe: fotossíntese, respiração e síntese do DNA.
- ✓ Mn: síntese da clorofila.
- ✓ Mo: redutase do nitrato.
- ✓ Ni: funcionamento da urease.
- ✓ Zn: síntese de triptofano e de lipídeos.

AVANÇOS RECENTES

COBALTO (Co): comp. da cobamida (vit. B12), essencial para a fixação biológica de N (FBN).

NÍQUEL (Ni): componente da urease e da hidrogenase (FBN). Atua na resposta à doenças.

MOLIBDÊNIO (Mo): participa da enzima nitrogenase.

SELÊNIO (Se) - próxima adição MAPA.

EM COMUM: ambos atuam na FBN e no processo de senescência (Co e Ni).



INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Nº 118 JUNHO/2007

NÍQUEL – DE TÓXICO A ESSENCIAL¹

Eurípedes Malavolta²

Milton Ferreira Moraes³

Níquel – deficiência em campo

Pecã



Fonte: WOOD et al. (2004 a,b,c)

Bétula



Fonte: RUTER (2005)

Brown (2006) – Nickel. In: Handbook of Plant Nutrition



FIGURE 14.2 Leaf tip necrosis in soybean plants (*Glycine max* Merr.) grown in nutrient solution provided with equimolar concentrations of nitrate and ammonium. Solutions were made free from nickel by first passing solutions through a nickel-specific chelation resin. Leaf tip necrosis was observed coincident with the commencement of flowering. (Photograph by David Eskew.)

Deficiência de Ni Soja

Brown (2006) – Nickel.
In: Handbook of Plant Nutrition

Deficiência de Ni Cevada



FIGURE 14.3 Nickel deficiency symptoms in barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Onda) following 50 days growth in nutrient solution containing equimolar concentrations of nitrate and ammonium. Symptoms include leaf-tip chlorosis and necrosis, development of thin 'rat-tail' leaves, and interveinal chlorosis of young leaves. (Photograph by Patrick Brown.)

Níquel – deficiência em campo



Nome comum: Pecã (Pencan)

Nome científico: Carya illinoensis



“Orelha-de-rato”

Níquel – deficiência em campo

Nome comum: River birch
Nome científico: Betula nigra



Fonte: RUTER (2005)

Correção da deficiência de Ni

Bétula



+ Ni

Deficiente

Pecã



+ Ni

Deficiente

Fonte: NIPANLLCC (2006)

FUNÇÕES MAIS CONHECIDAS

- **A essencialidade do Ni para as plantas superiores foi demonstrada por ESKEW et al. (1983) pelos critérios direto (ativador da urease – enzima universal em solos, plantas, animais, microrganismos) e indireto (indução de sintoma de deficiência);**
- **Além de ativar a urease, participa da FBN – hidrogenase (URETA et al., 2005), do metabolismo de aminoácidos, ânions solúveis (BROWN et al., 1990), de ureídeos e ácidos orgânicos (BAI et al., 2006);**

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Nov. 2005, p. 7603–7606
0099-2240/05/\$08.00+0 doi:10.1128/AEM.71.11.7603–7606.2005
Copyright © 2005, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

Vol. 71, No. 11

Rhizobium leguminosarum Biovar viciae Symbiotic Hydrogenase Activity and Processing Are Limited by the Level of Nickel in Agricultural Soils

Ana-Claudia Ureta,¹ Juan Imperial,^{1,2} Tomás Ruiz-Argüeso,¹ and Jose M. Palacios^{1*}

Department of Biotechnology, Universidad Politécnica de Madrid,¹ and C.S.I.C, Ciudad Universitaria s/n,² 28040 Madrid, Spain

Received 15 March 2005/Accepted 16 June 2005

Analysis of levels of hydrogenase processing and activity in *Rhizobium leguminosarum* biovar viciae bacteroids from pea (*Pisum sativum*) plants showed that the oxidation of nitrogenase-evolved hydrogen is limited by the availability of nickel in agricultural soils. This limitation was overcome by using an inoculant strain engineered for higher hydrogenase expression.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Importance du nickel, comme oligo-élément, pour les Rhizobium des nodosités des légumineuses.* Note (*) de MM. **Didier Bertrand**, Correspondant de l'Académie, et **André De Wolf**.

Le nickel, plus abondant dans les nodosités des légumineuses que dans les racines favorise, lorsqu'il est utilisé à des concentrations assez faibles, la croissance du *Rhizobium* cultivé au Laboratoire. Cet oligo-élément favorise aussi à faibles concentrations le nombre des nodosités actives du soja cultivé en pleine terre et par voie de conséquence le rendement en grains lorsque l'on ne met pas d'engrais

La récolte en graines, reflet de l'activité des *Rhizobium*, présente un optimum pour une quantité de nickel ajoutée de 25 g par hectare, avec une augmentation de récolte de 26 %, hautement significative. Cet optimum correspond à un compromis entre les doses de nickel optimales pour le soja et celles optimales pour les *Rhizobium*. Mais la toxicité de l'excès de nickel étant

Rhizobium, l'addition de 40 g de nickel par l

l'augmentation de la récolte (24 % au lieu c

Plant and Soil 88, 245-258 (1985).

© 1985 Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht. Printed in the Netherlands.

Stimulation by nickel of soil microbial urease activity and urease and hydrogenase activities in soybeans grown in a low-nickel soil

DAVID A. DALTON, HAROLD J. EVANS and F. J. HANUS

Laboratory for Nitrogen Fixation Research, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

Received 13 February 1985. Revised April 1985

MICROS SEM ANÁLISE DE SOLO

(Co, Mo e Ni)

CrITÉrios para interpretaÇão em solos e plantas?

Recomendações de adubaÇão:

(Embrapa Soja, 2003)

Mo = 12 - 30 g/ha;

ANÁLISE ECONÔMICA!

Co = 2 - 3 g/ha;

Ni = ? (doses similares as de Co e Mo).

➤ Resposta da soja à fertilizantes contendo Ni, Mo e Co.

Tratamentos	Doses ⁽¹⁾	Modo de aplicação	Produtividade e
	mL ha ⁻¹		kg ha ⁻¹
Testemunha	-	-	2.887d
Co + Mo	200	Trat. sementes (TS)	3.854c
Co + Mo	200	Foliar, estágio V5 (AF)	3.808c
Co + Mo	100 (2 aplicações)	TS + AF (V5)	4.076b
Ni + Co + Mo	200	Trat. sementes	4.209b
Ni + Co + Mo	200	Foliar, estágio V5	4.269b
Ni + Co + Mo	100 (2 aplicações)	TS + AF (V5)	4.441a
CV (%)			3,39

Fonte: MILLÉO et al. (2009).

- **Redução da severidade da severidade da ferrugem em feijão caupi pela adição de níquel na solução nutritiva.**

Ni na solução	Necrose nas folhas	Nº de lesões	Teor de uréia	Conc. Ni foliar
µM		-	µmol g⁻¹ MS	mg kg⁻¹
0	+	904 ± 112***	4,0 ± 0,6	0,03
3,3	-	422 ± 70	0 (n.d.)	1,04

Fonte: GRAHAM et al. (1985).

- **Produtividade e teor de Ni nos grãos de soja em resposta à aplicação foliar de sulfato de níquel visando melhorar a qualidade das sementes (germinação e vigor).**

Tratamentos ⁽¹⁾	Produtividade		Conc. Ni na semente
	2005 ⁽²⁾	2006 ⁽³⁾	2006
	sc ha ⁻¹		mg kg ⁻¹
Testemunha	58,7a	49,5b	0,3
250 g de NiSO₄ ha⁻¹	60,5a	55,7a	3,2
500 g de NiSO₄ ha⁻¹	57,0a	50,2b	3,1
1000 g de NiSO₄ ha⁻¹	57,6a	46,0c	3,6

Fonte: Orlando C. Martins (Comunicação pessoal - outubro/2006)

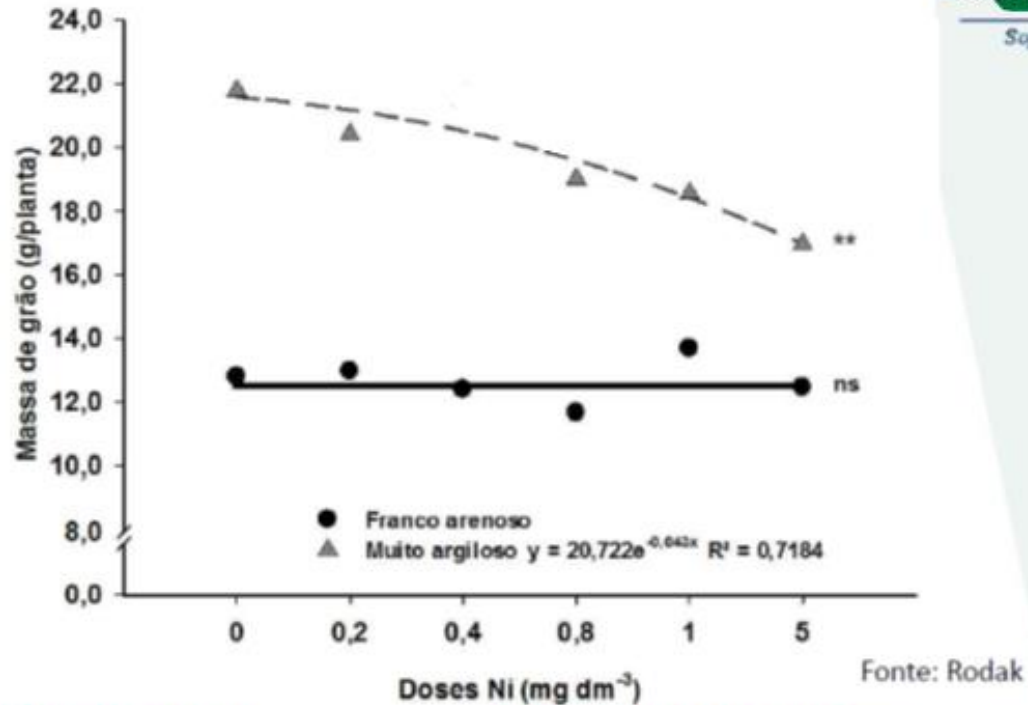
Produção da soja em função da aplicação do níquel foliar.

Doses de níquel (g ha ⁻¹)	Produção (sacos ha ⁻¹)	
	Bela Vista	Itahum
0	60,98 a	32,72 a
22	55,61 a	36,02 a
44	62,90 a	37,99 a
88	58,40 a	39,97 a
132	58,70 a	35,21 a
CV (%)	7,44	18,89
DMS	7,39	11,44

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Alovisi et al. (2011).

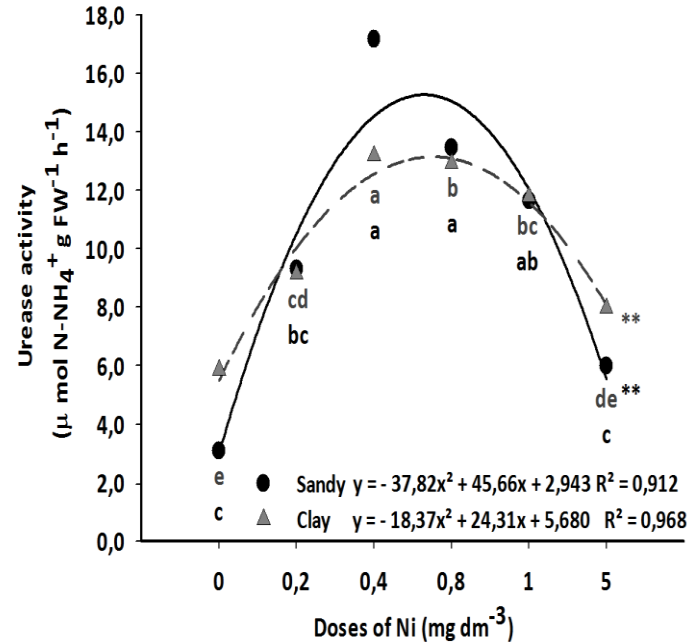
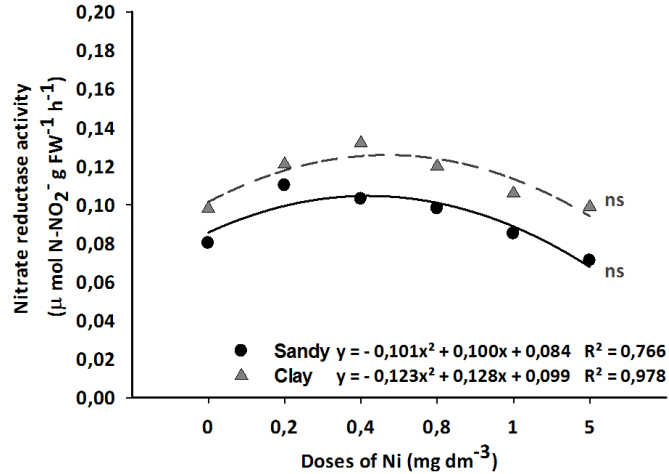
➤ SEM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM Ni



Iporã, LVd, Franco arenoso
(areia: 760; silte: 40; argila: 200 g kg⁻¹)
Ni disponível: < 0,1 mg dm⁻³ (Mehlich-1)
< 0,013 mg dm⁻³ (DTPA)

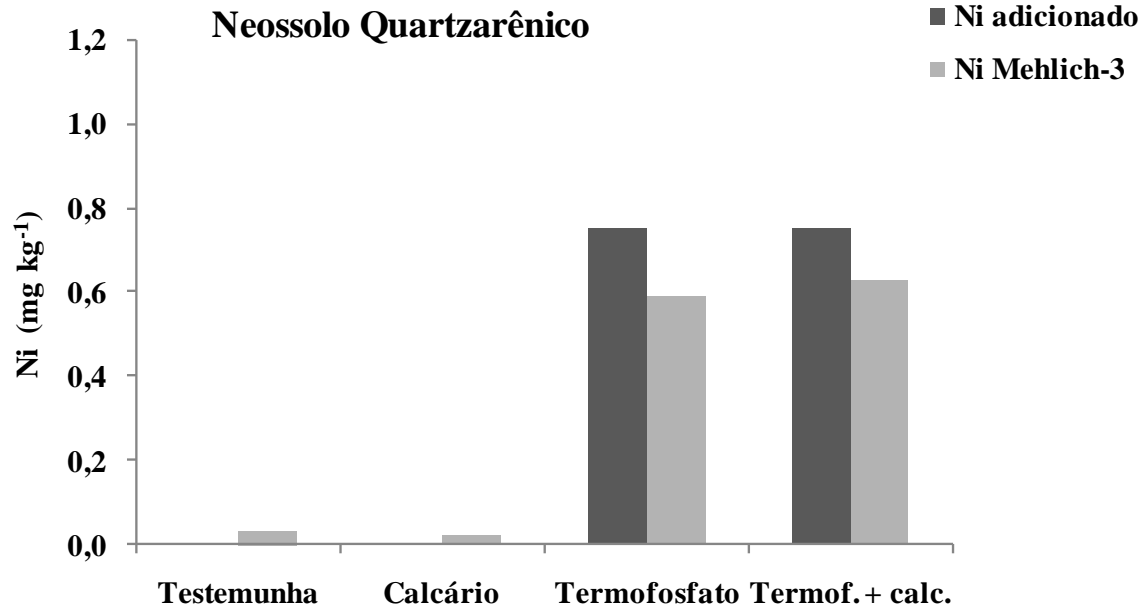
Palotina, LVef, Muito argiloso
(areia: 110; silte: 120; argila: 770 g kg⁻¹)
Ni disponível: 0,36 mg dm⁻³ (Mehlich-1)
0,15 mg dm⁻³ (DTPA)

➤ SEM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM Ni (melhoria na atividade de enzimas!)



Fonte: Rodak et al. (não publicado, 2013).

➤ Disponibilidade do Ni em termofosfatos.

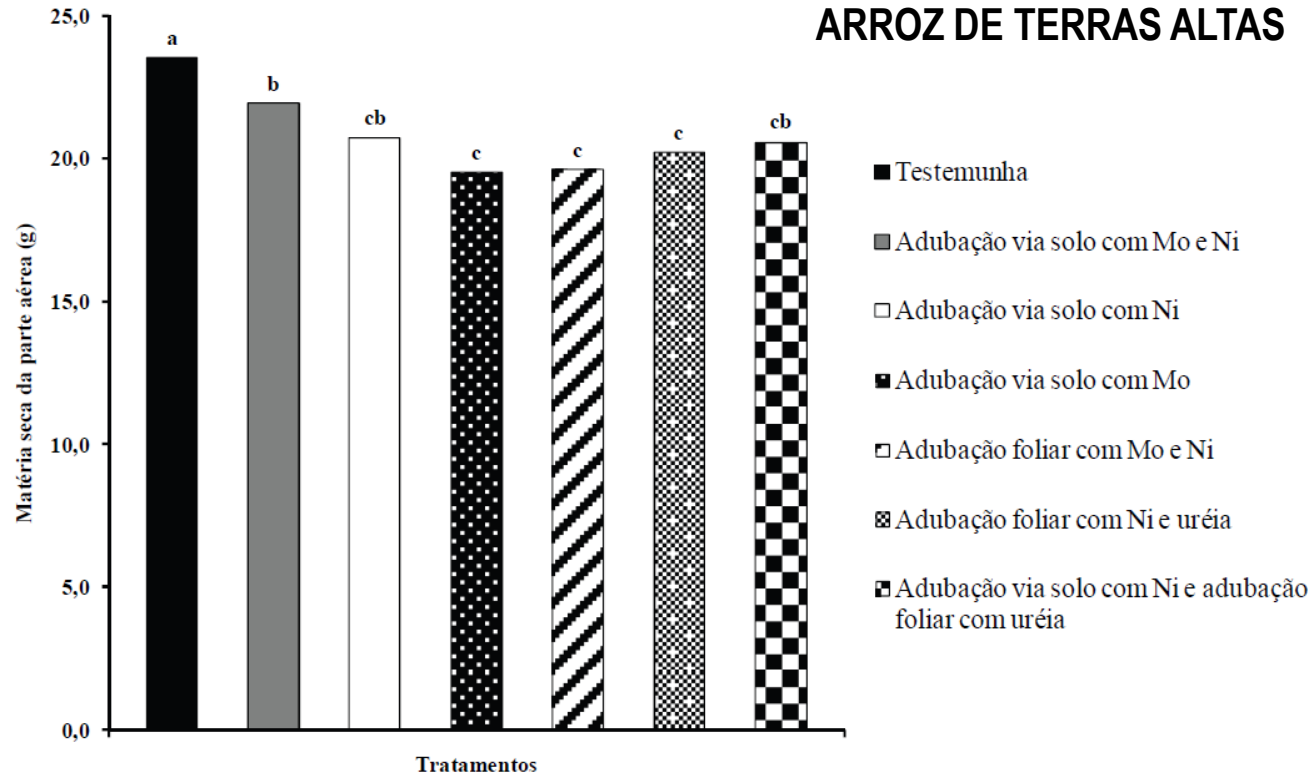


Contribuição das adições via termofosfatos?!

Fonte: Adaptado de GABE (1998).

➤ NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.

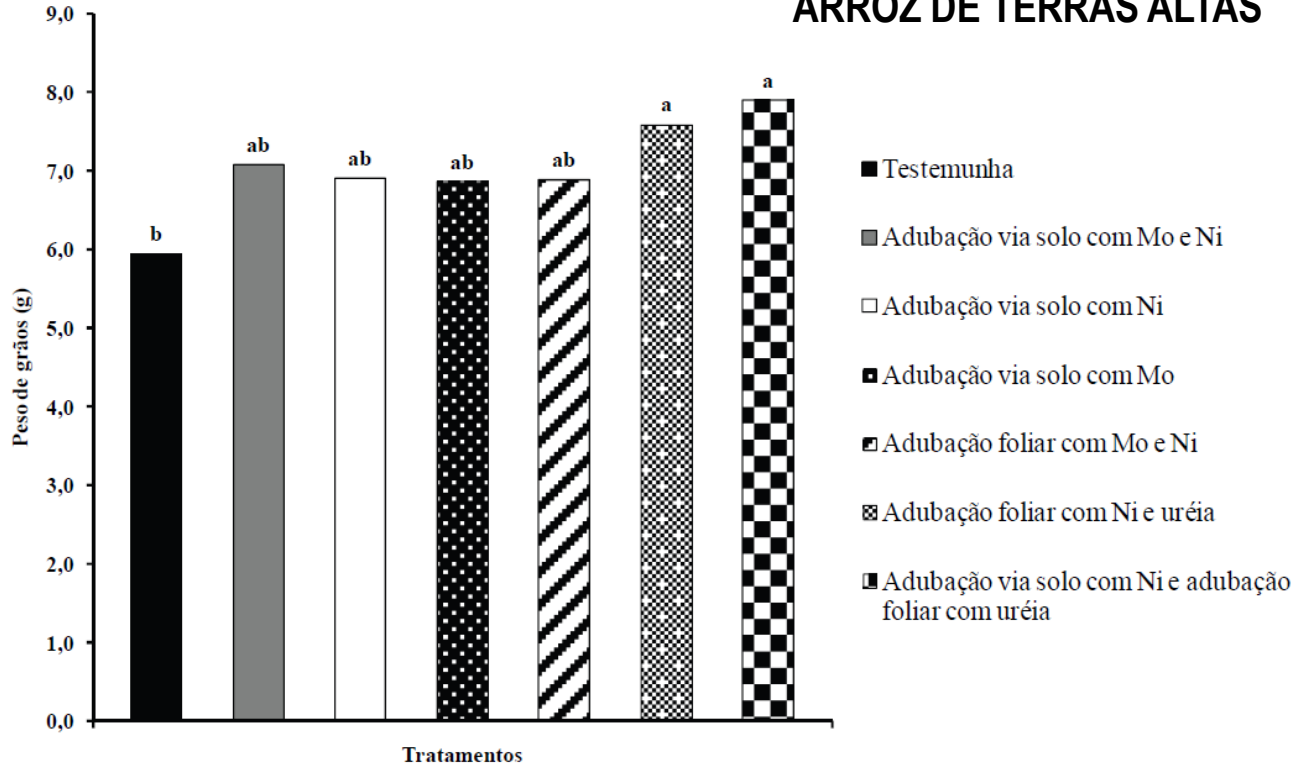
APLICAÇÃO DE Ni EM ARROZ DE TERRAS ALTAS



Fonte: Rodak et al. (2012).

➤ NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.

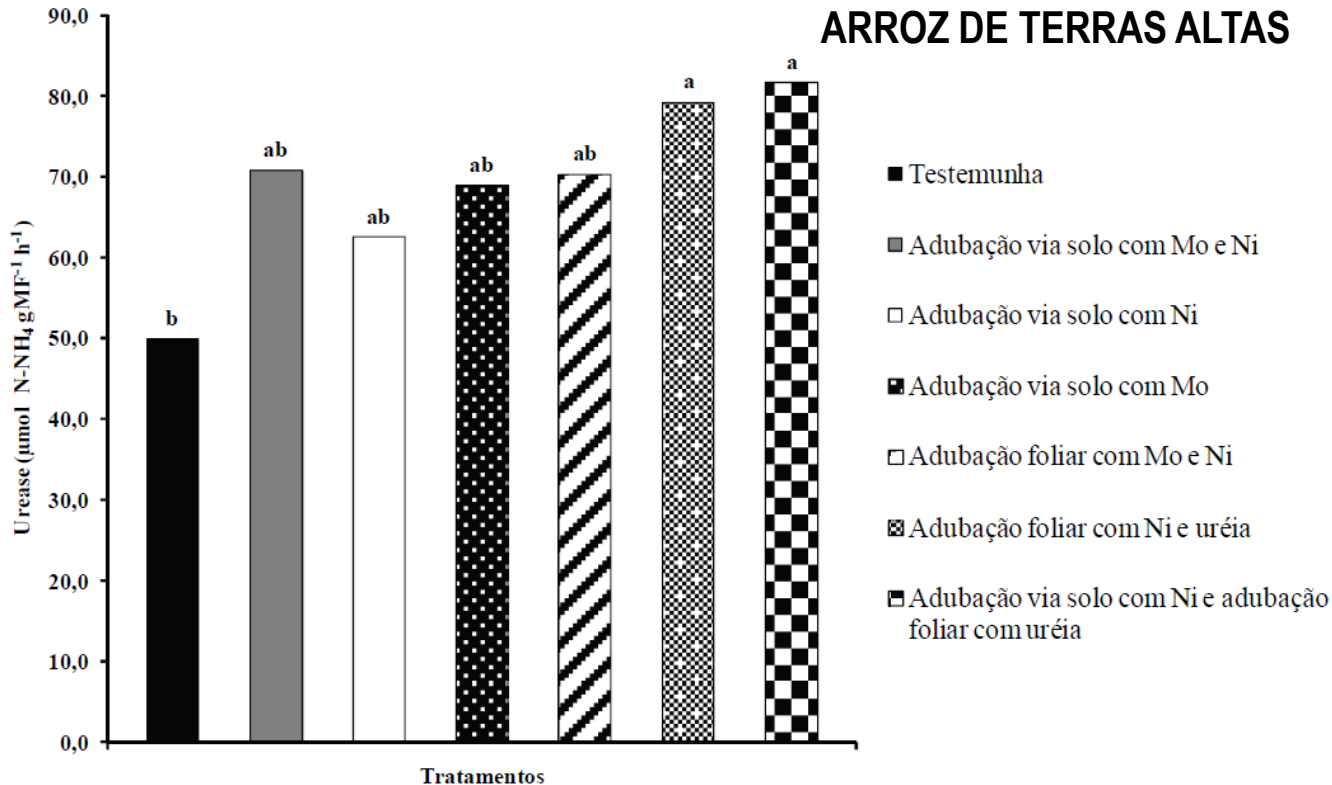
APLICAÇÃO DE Ni EM ARROZ DE TERRAS ALTAS



Fonte: Rodak et al. (2012).

➤ NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.

APLICAÇÃO DE Ni EM ARROZ DE TERRAS ALTAS



Fonte: Rodak et al. (2012).

➤ RISCOS E NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.

600 g planta⁻¹ de Zn



90 g planta⁻¹ de Cd



60 dias



321 dias



660 dias

Fonte: Tezotto (2010).

➤ **RISCOS E NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.**

210 g planta⁻¹ de Ni



Fonte: Tezotto (2010).

➤ **NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.**

Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40: 3238–3251, 2009

Copyright © Taylor & Francis Group, LLC

ISSN 0010-3624 print/1532-2416 online

DOI: 10.1080/00103620903267590

Effects of Molybdenum, Nickel, and Nitrogen Sources on the Mineral Nutrition and Growth of Rice Plants

Milton Ferreira Moraes,¹ André Rodrigues Reis,^{1,4} Larissa Alexandra C. Moraes,² José Lavres-Junior,¹ Rafael Vivian,³ Cleusa Pereira Cabral,¹ and Eurípedes Malavolta¹

➤ NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.

Effect of N sources, Mo, and Ni on SPAD units, chlorophyll, and net photosynthesis rate

Treatments ^a	SPAD units	Chlorophyll a ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Chlorophyll b ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Total chlorophyll ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Net photosynthesis rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
AN + Mo + Ni	40.05abc	1.52c	0.70a	2.22c	24.18ab
AN + Mo - Ni	36.82d	0.57d	0.31b	0.88d	20.27b
AN - Mo + Ni	39.62bc	1.00d	0.33b	1.33d	20.25b
UR + Mo + Ni	41.98a	3.73a	0.62ab	4.35a	28.46a
UR + Mo - Ni	37.98cd	1.92c	0.66a	2.58c	26.99a
UR - Mo + Ni	41.70ab	2.64b	0.58b	3.22b	21.55b
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	3.2	9.3	21.5	8.2	10.6

^aAN, ammonium nitrate; UR, urea.

**Significant at the 1% level.

Note. The same letter in a given column indicates nonsignificant differences at the 5% level by Tukey test.

Fonte: Moraes et al. (2009).

Plant Soil (2013) 362:79–92
DOI 10.1007/s11104-012-1227-2

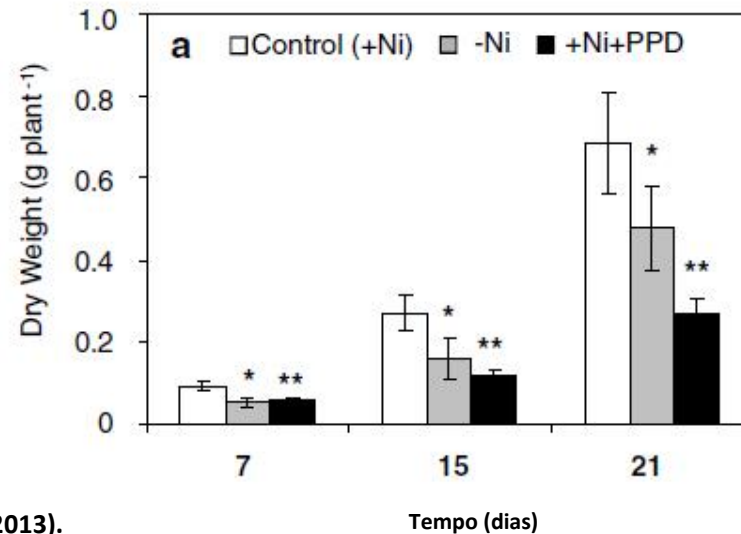
REGULAR ARTICLE

A physiological and molecular study of the effects of nickel deficiency and phenylphosphorodiamidate (PPD) application on urea metabolism in oilseed rape (*Brassica napus* L.)

**Mustapha Arkoun • Laëtítia Jannin • Philippe Laîné •
Philippe Etienne • Céline Masclaux-Daubresse • Sylvie Citerne •
Maria Garnica • José-Maria Garcia-Mina • Jean-Claude Yvin •
Alain Ourry**

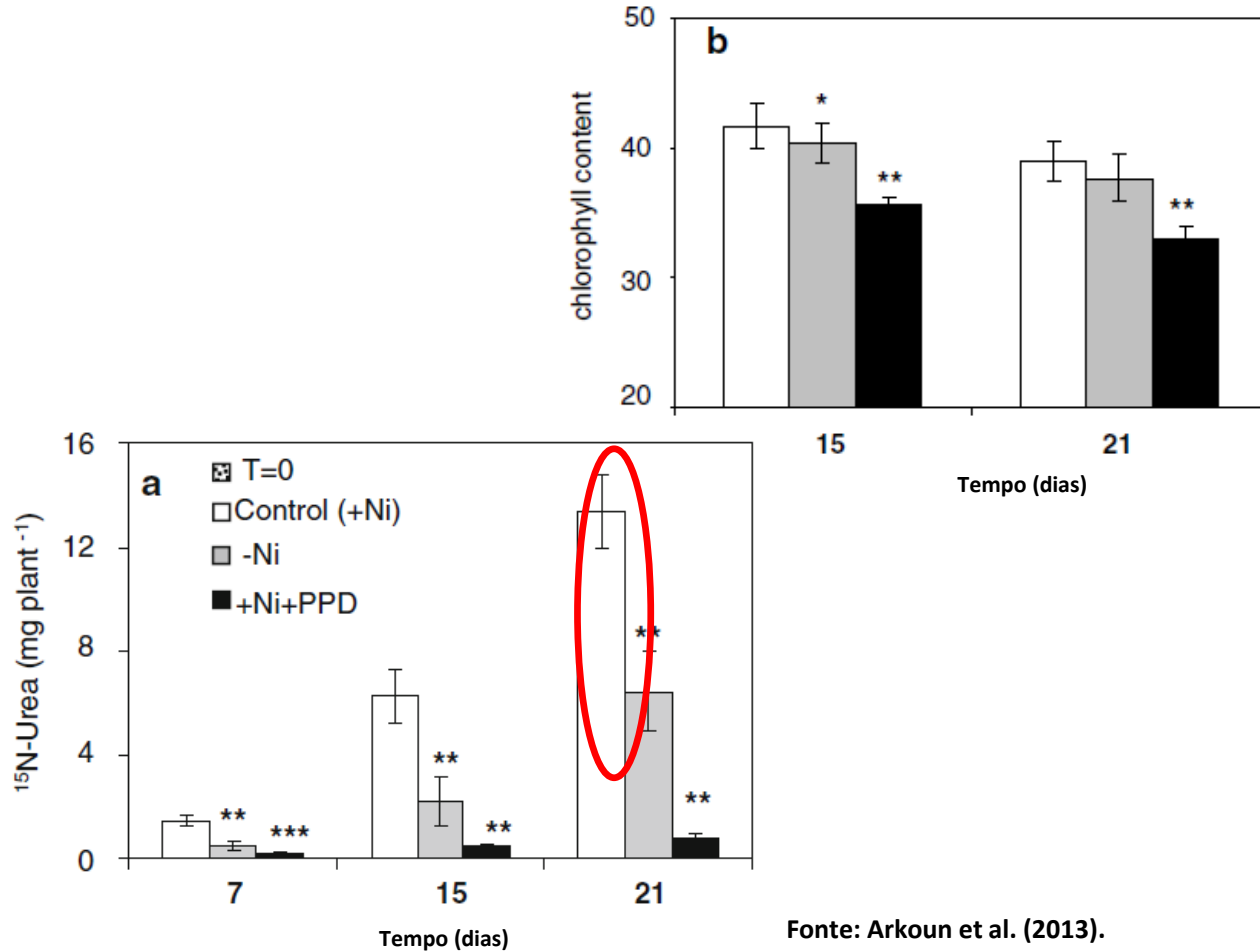
Fonte: Arkoun et al. (2013).

➤ NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.



Fonte: Arkoun et al. (2013).

➤ NECESSIDADE DE MAIS PESQUISAS.



Fonte: Arkoun et al. (2013).

Nickel and Ethylene Involvement in the Senescence of Leaves and Flowers

N.G. Smith and J. Woodburn

Department of Agronomy and Soil Science, University of New England,
Armidale, N.S.W., 2351, Australia

Table 1. Mean longevity of *Chrysanthemum frutescens* flowers in nickel sulphate solutions.

Nickel sulphate conc. [mM]	Days to senescence	Range test letters ^a
0.5	11.1	bc
1.0	14.9	ab
1.5	16.7	a
2.0	11.1	bc
2.5	12.1	b
Controls	7.4	c

^a Means with the same letter are not significantly different at the 5% level in the Studentized Range Test

Lau and Yang (1976) reported that Co^{2+} and Ni^{2+} effectively inhibit ethylene biosynthesis in mung bean and apple tissue. Later, these divalent cations were found to inhibit ACC oxidase activity possibly by replacing Fe^{2+} and forming an inactive enzyme-metal complex (McGarvey and Christoffersen, 1992).



Available online at www.sciencedirect.com



Postharvest Biology and Technology 42 (2006) 98–103

**Postharvest
Biology and
Technology**

www.elsevier.com/locate/postharvbio

Pre-harvest nickel application to the calyx of ‘Saijo’ persimmon fruit prolongs postharvest shelf-life

Qiao-Lin Zheng^{a,1}, Akira Nakatsuka^b, Toshikazu Matsumoto^c, Hiroyuki Itamura^{b,*}

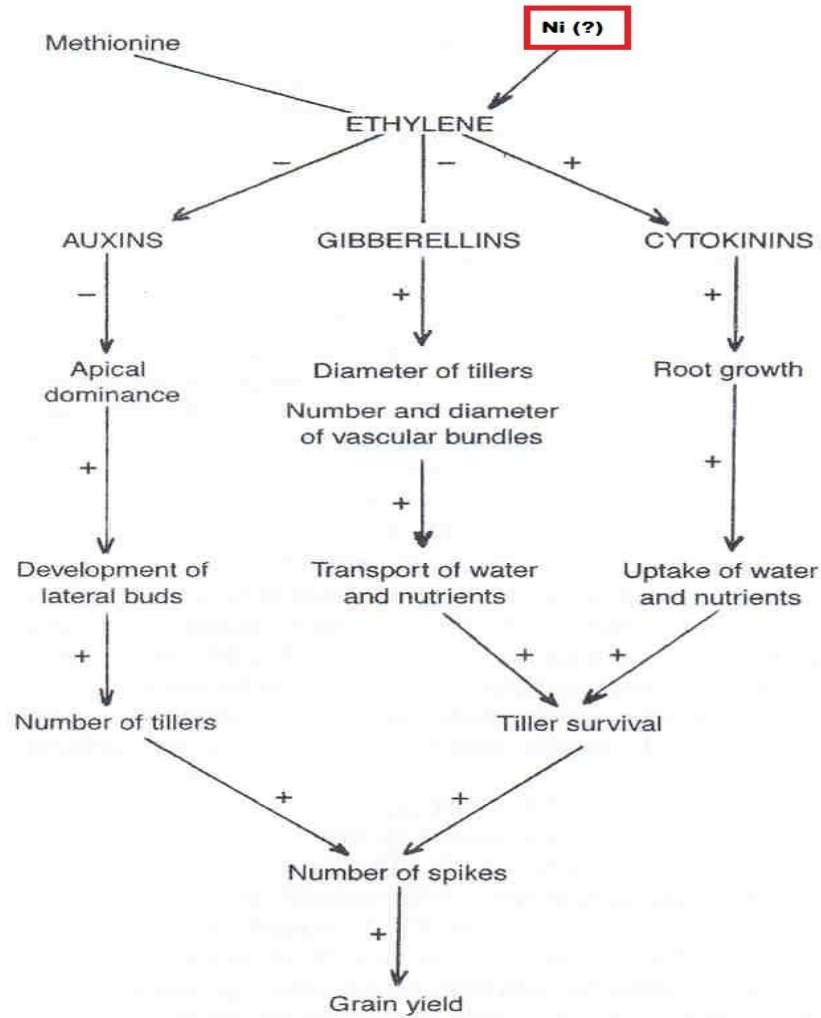
^a The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, Tottori 680-8853, Japan

^b Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan

^c Shimane Agricultural Experiment Station, Ashiwata, Izumo 693-0035, Japan

Received 9 November 2005; accepted 2 May 2006

➤ TENDÊNCIAS





Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Plant Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/plantsci



Review

Opinion – Nickel and urease in plants: Still many knowledge gaps

Joe C. Polacco^{a,*}, Paulo Mazzafera^b, Tiago Tezotto^c

^a University of Missouri, Department of Biochemistry, Interdisciplinary Plant Group, 117 Schweitzer Hall, Columbia, MO 65211, United States

^b Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Vegetal, CP 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brazil

^c Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Produção Vegetal, CP 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brazil

A B S T R A C T

The beneficial effects of Ni at upper concentration limits have not been fully examined. We posit a “Ni strategy” of plants whose growth/performance is stimulated by unusual amounts of soil Ni, for defense and/or for maximal N-use efficiency. While we know little about Ni and urease roles in N metabolism and defense, virtually nothing is known about Ni roles in plant-microbial ‘consortia.’ And, much of what we know of Ni and urease is limited to only a few plants, e.g. soybean, potato and Arabidopsis, and we suggest studies vigorously extended to other plants.

© 2012 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

it appears that both Ni and urease play a role in N metabolism. We propose here to expand the investigations on N recycling by urease under stress conditions that alter the pools of compounds related to the origin of urea in plants. Plants overexpressing structural genes related to the urease gene, the urease, exist in



<http://rcocs.sites.ufms.br/>

MUITO OBRIGADO!

E-mail: moraesmf@ufmt.br

(66) 99651-6169



Universidade Federal
de Mato Grosso