

ニオブ, タンタル処理がクワ根の養水分吸収に及ぼす影響

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
著者	久野, 勝治 大前, 琢子
巻/号	65巻6号
掲載ページ	p. 490-493
発行年月	1996年12月

ニオブ, タンタル処理がクワ根の 養水分吸収におよぼす影響

久野勝治・大前琢子

東京農工大学農学部
(1996年8月1日 受領)

KATSUJI KUNO and TAKUKO OHMAE: Effects of niobium and tantalum on nutrient and water uptake of mulberry roots.

Niobium and tantalum have been used in electronic industries and others in recent years. Their effects on nutrient and water uptake through mulberry roots were studied. In this paper niobium suppressed a little cytochrome oxidase activity of young corn roots at the concentration of 10^{-4} M and inhibited the activity at 10^{-2} M completely. Tantalum suppressed a little cytochrome oxidase activity at 10^{-5} M and inhibited completely at 5×10^{-3} M. Inhibition of the nutrient and water uptake by niobium and tantalum was observed over the concentration of 10^{-3} M. At the concentration of 10^{-3} M, both of niobium and tantalum inhibited nutrient and water uptake in the order; $K \approx N \approx H_4 - N \approx P > H_2O$ and $P > NH_4 - N >> K \approx H_2O$, respectively. From these results, it was considered that the toxicity of tantalum was stronger than that of niobium. *Faculty of Agriculture, Tokyo University and Technology, Fuchu, Tokyo 183.*

Key Words: Niobium, Tantalum, Mulberry, Nutrient Uptake

最近, 新しく開発された資材が多方面で使われるようになってきた。すなわち, ①軽量材料, 超高温材, 超耐熱材などに使用される合金, ②形状記憶合金, 水素吸蔵合金などの機能性合金, ③エレクトロニクス, センサーなどの電子, 感光材料, ④超 LSI や半導体レーザーなどに使用される半導体材料, ⑤核磁気共鳴画像診断装置 MRI の強力磁石用などに使われる超電導材料としての希少元素, などの需要が増えつつある (吉本1990)。これら先端技術を支える材料の主要元素に周期律表の第5族に属するニオブ (Nb) とタンタル (Ta) およびバナジウム (V)

がある。

ニオブ, タンタルともラットやマウス経口毒性で LD 50は $10^{-2} \sim 10^{-3}$ M/kgでズズやアンチモンと同水準の中程度といわれている (森田, 1983)。一方, 植物に対する影響については, 周期律表上ニオブとタンタルと同族のバナジウムについては多くの研究が行われたが (SINGH and WORT, 1969, GALLENGER and LEONARD, 1982, O'NELL and SPANWICK, 1984), ニオブとタンタルについては, 植物に対する毒性や障害の現れ方についてほとんど研究されていない。そこで, 本研究では両元素についての養分吸収への影響を中心に調べたので報告する。

材料と方法

材料として、トウモロコシ (*Zea mays* L. ハニーバンタム) およびクワ (*Morus multicaulis* Perr. ログワ) を選んで、それぞれの種子をシャーレで発芽させた水耕液に移して2週間生育させた後、生長の揃っている個体を選び実験に供した。

トウモロコシの幼植物を、ニオブ [$K_8Nb_6O_{19}$] を 10^{-4} ~ 10^{-2} M, タンタル [$K_8Ta_6O_{19}$] 10^{-5} ~ 5×10^{-3} M を含む水耕液で1週間培養した後、チトクロームオキシダーゼを組織化学的に調べた。すなわち、根の凍結切片を作り、Nadi 試薬 (α -naphtol と N-dimethyl para-diamine を用いて indophenol blue を形成させる Nachalas-Crawford-Seligman の方法 (森, 1967) でに検出した。

つぎに、を 5×10^{-4} ~ 10^{-2} M のニオブと 2×10^{-4} M ~ 10^{-3} M のタンタルの水耕液でクワ幼植物を48時間育てた。N, P, K の植物への吸収量は植物を植えないで4~8時間置いた水耕液中のおよび水の各成分量との差から求めた。なお、ニオブの 10^{-2} M 区では、用いたカリウムがKの吸収に影響をおよぼす高濃度となるため、Kの分析を行わなかった。

なお、水耕液の組成は、245mg/l $CaNO_3$, 2,120mg/l NH_4NO_3 , 102mg/l KNO_3 , 136mg/l KH_2PO_4 , 120mg/l $MgSO_4$, 22.62mg/l Fe · Na-EDTA, 2.86mg/l H_3BO_3 , 1.81mg/l $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, 0.22mg/l $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.08mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0.025mg/l $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ である (東野・今西, 1965)。また、各水耕液は脱イオン水で作製し、0.1M HCl および0.1M NaOH で pH6.0 に調整した。

水耕液中の NH_4-N の分析はケルダール法、リンの分析はモリブデン・ブルー法、カリウムの分析は炎光法によった。

植物の栽培は人工気象室 (明期14時間, 暗期10時間, 明期28°C, 暗期23°C, 光量子密度 $400 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot S^{-1}$) 内で行った。

結 果

トウモロコシ幼植物根のチトクロームオキシダーゼ活性におよぼす影響

対照区では、根端から根冠を除く約0.35mmの部分が灰青色に染まりチトクロームオキシダーゼ活性が

みられた (Fig. 1 の1)。

ニオブ処理の場合、 10^{-4} M 区では、対照区と同様に強い活性はみられるものの、活性を示す領域は根端から約0.15mm, 根端分裂組織から約0.1mmの部位であり、活性を示す部位は対照区の1/3以下に狭くなっていた (Fig. 1 の2)。 10^{-3} M 区では、対照区とほぼ同様な範囲で弱い活性がみられたが (Fig. 1 の3), 根端分裂組織の先端部の活性は特に弱くなる傾向を示した。 10^{-2} M 区では、ほとんど活性がみられなかった (Fig. 1 の4)。

タンタル処理区の場合 10^{-5} M 区では対照区よりも全体に活性が弱くなり (Fig. 1 の5)。 10^{-4} M 区では、さらに弱くなるとともに活性部位も先端から約0.1mmと狭くなっていた (Fig. 1 の6)。 10^{-3} M 区では、活性部位は狭く、根端分裂組織の先端部分に局在していた (Fig. 1 の7)。 5×10^{-3} M では活性が認められなかった (Fig. 1 の8)。

クワ幼植物根の養分吸収におよぼす影響

水分吸収 ニオブの場合 5×10^{-4} M 区では対照区との間に差がみられなかったが、さらに濃度を上

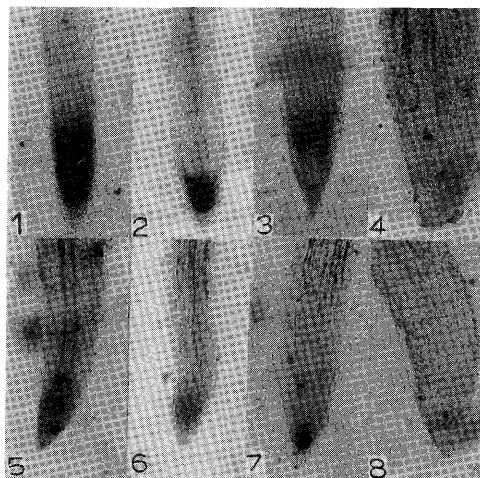


Fig. 1. Cytochrome oxidase activities of corn root treated with Nb and Ta at various concentrations ($\times 40$).

1. Control 2. Nb 10^{-4} M 3. Nb 10^{-3} M
4. Nb 10^{-2} M 5. Ta 10^{-5} M 6. Ta 10^{-4} M
7. Ta 10^{-3} M 8. Ta 5×10^{-3} M

Nb: niobium Ta: tantalum

げると、水分吸収は直線的に低下した (Fig. 2)。対照区にくらべて半減する濃度 (以後、50% 阻害濃度と表記する) はおよそ $7 \times 10^{-3} \text{M}$ と推定された。

一方、タンタルの場合、 $2 \times 10^{-4} \text{M}$ では、水分吸収は対照区の85%であった。それ以上の処理濃度になると、水分吸収はほぼ直線的に低下し、50%阻害濃度は $7 \times 10^{-4} \text{M}$ と推定された。タンタルによる水分吸収阻害の程度はニオブの10倍程度と推定された。

窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) の吸収 ニオブの場合、 $5 \times 10^{-4} \text{M}$ で対照区より25%低下した (Fig. 2)。処理濃度を上げると、窒素吸収量はほぼ直線的に低下していた。50%阻害濃度は 10^{-3}M であった。一方、タンタルの場合には $2 \times 10^{-4} \text{M}$ で対照区の50%に低下した。それ以上濃度を上げると、窒素吸収速度は低下し、 10^{-3}M で対照区の約20%まで低下した。50%阻害濃度でニオブとタンタルの窒素吸収阻害の程度を比較すると、タンタルはニオブの約5倍と推定

された。

リン (P) 吸収 ニオブの場合吸収速度は $5 \times 10^{-4} \text{M}$ では対照区の約90%に低下し、さらに 10^{-3}M 以上に処理濃度を上げると直線的に低下し、 10^{-2}M では、対照区の10%以下になった。50%阻害濃度は約 $3 \times 10^{-3} \text{M}$ と推定された。

タンタルの場合、吸収速度は $2 \times 10^{-4} \text{M}$ でも対照区の40%に低下し、さらに濃度を高めると、直線的に低下して 10^{-3}M では対照のおよそ5%になった。50%阻害濃度は約 $1.2 \times 10^{-4} \text{M}$ であり、タンタルのリン吸収の程度はニオブのおよそ25倍と推定された。

カリウム (K) 吸収 ニオブの場合、吸収速度は $5 \times 10^{-4} \text{M}$ では、対照区の約90%、 10^{-3}M では約70%、 $5 \times 10^{-3} \text{M}$ では約40%と処理濃度を上げると吸収速度はほぼ直線的に低下していた。このことから、50%阻害濃度は約 $2 \times 10^{-3} \text{M}$ と推定された。

タンタルの場合、吸収速度は $5 \times 10^{-4} \text{M}$ でも対照区より約15%低下したにすぎなかったが、 10^{-3}M では、約30%に低下していた。50%阻害濃度はおよそ $7 \times 10^{-4} \text{M}$ と推定され、タンタルの吸収阻害程度はニオブの約3倍であった。

各養分ごとにみると、ニオブの 10^{-3}M における吸収阻害度は $\text{K} \approx \text{NH}_4\text{-N} \approx \text{P} > \text{H}_2\text{O}$ の順であった。また、タンタルの 10^{-3}M における阻害度は、 $\text{P} > \text{NH}_4\text{-N} > \text{K} \approx \text{H}_2\text{O}$ の順であった。

考 察

チトクロームオキシダーゼ活性は脱水素反応により遊離した水素を cytochrome b→c→a をへて cytochrome oxidase で酸化される電子伝達系の最終反応をつかさどっている。今回の試験で高濃度のニオブおよびタンタルはチトクロームオキシダーゼ活性を阻害したことから、両者は呼吸鎖における電子伝達を阻害して、エネルギーの獲得を抑制するとみられる。

重金属元素のうち、カドミウムは酸化的リン酸化反応との脱共役を引き起こすとされている。そのためカドミウムはリン酸代謝と連動するリンの吸収とエネルギー代謝に依存するカリウムの吸収を強く阻害するとされている (本間ら, 1976)。

これに対してニオブ、タンタルにはそのような特異的な作用は認められず、両者の養分吸収阻害は別

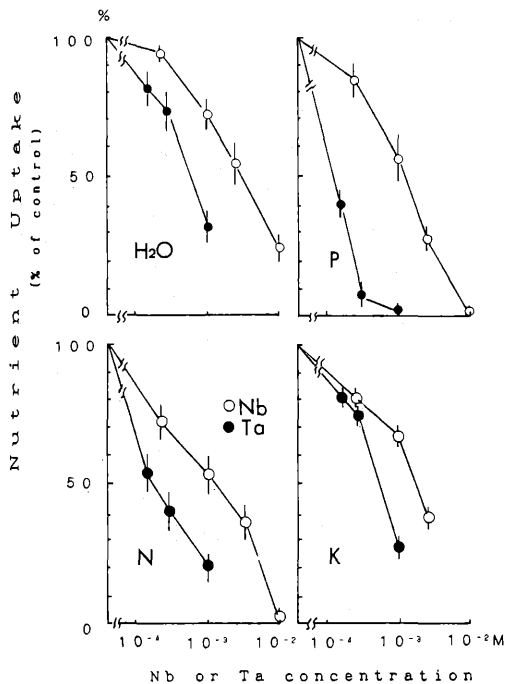


Fig. 2. Effects of Nb and Ta on nutrient and water uptake of young mulberry roots.

の機構によると考えられる。

ニオブは地殻中に $24 \mu\text{g/g}$, 土壌中に $10 \mu\text{g/g}$ また, タンタルは地殻中に $1 \mu\text{g/g}$, 土壌中に $2 \mu\text{g/g}$ (URE and BACON 1978, BOWEN 1983, GEERING and FOWLER, 1991) 存在しているが, タンタルの自然界値はニオブの $1/5 \sim 1/25$ とかなり少ない。しかし, 両者の養水分吸収におよぼす作用を概括するとタンタルはニオブの $3 \sim 25$ 倍の養水分の吸収阻害を示していると推定されることから, 自然界では両者とも同程度の阻害作用を与えているものと考えられる。しかし, タンタルの毒性は, 10^{-4}M レベルで著しい阻害効果を示すカドミウム (本間ら, 1976) にくらべると毒性はかなり低いものである。

一方, 同族元素のバナジウムについては, 膜のカリウムの排出とカルシウムの吸収に参与するATPaseを抑制することが報告されている (GALLENGER and LEONARD, 1982, O'NELL and SPANWICK, 1984)。しかし, 根の養水分の吸収に対する影響について比較して論じるためには, バナジウムを含めた詳細な比較検討が必要である。

ニオブ, タンタルとも単体の形では, 無機酸などにも溶けにくい, 塩類の形では水にも溶けやすい性質をもっている。そのため, 毒性はカドミウムよりもかなり低いとはいえ, 将来これらの元素が環境中に過剰に集積した場合には, クワを含めた植物に養分吸収などの障害をもたらす危険性があると考えられる。

摘 要

エレクトロニクス産業などで使用されているニオブとタンタルの植物に対する毒性について検討ため, クワの養水分の吸収に対する影響を調べた。

チオクロームオキシダーゼ活性にはニオブは 10^{-4}M から抑制しはじめて, 10^{-2}M におは全く活性はみられなかった。タンタルは 10^{-5}M から抑制しはじめて, $5 \times 10^{-3}\text{M}$ には全く活性はみられなかった。

養水分の吸収に対して, ニオブ, タンタルとも 10^{-3}

M および 10^{-4}M を越える濃度で, 養水分の吸収の阻害に関連していると考えられた。

10^{-3}M における各養分の吸収阻害度をみえるとニオブは $\text{K} \approx \text{NH}_4\text{-N} \approx \text{P} > \text{H}_2\text{O}$ の順であったが, タンタルは $\text{P} > \text{N} > \text{K} \approx \text{H}_2\text{O}$ であった。

文 献

- BOWEN, J.M. (1983): 環境無機化学, 浅見輝男, 茅野充男訳, p.292-294. 博友社, 東京.
- GALLENGER, S.R. and LEONARD, R.T. (1982): Effect of vanadate, molybdate, and azide on membrane-associated ATPase and soluble phosphatase activities of corn roots. *Plant Physiol* 70, 1335-1340.
- GEERING, P.L. and FOWLER, B.A. (1991): Tantalum; Metals and their compounds in the environment. edited by Ernest MERRIAN, pp. 1127-1133. 1203-1210. VCH, New York
- 東野正三・今西三好 (1965): 桑の伐採生理に関する研究 (第2報) 伐採程度の差異が桑の生育および養分吸収に及ぼす影響, *日蚕雑* 34, 188.
- 本間 慎・久野勝治・服田春子 (1976): 文部省特定研究 (門司班) 論集 132-150.
- 森雅彦 (1967): 酵素組織化学・武内忠男・清水信夫, 小川和朗編, pp. 118-170. 朝倉書店, 東京
- 森田昌敏 (1983): 生体と微量元素—その必須性と毒性—, *化学の領域* 37, 19-25.
- 日本化学会 (1984): 化学便覧 基礎編 I, pp. 21-29, 191-192. 丸善株式会社, 東京.
- 岡田功 (1991): 化学元素百科—化学元素の発見と由来, pp. 66-67., 83-84. オーム社東京
- O'NELL, S.D. & SPANWICK, R.M. (1984): Effects of vanadate on the plasma membrane ATPase of Red Beet and Corn. *Plant Physiol.* 75, 586-591.
- SINGH, B. and WORT, D.J. (1969): Effects of vanadium on growth, chemical composition, and metabolic processes of mature sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Planta* 44, 1321-1327.
- URE, A.M. and BACON, J.R. (1978): Comprehensive analysis of soils and rocks by spark source mass spectrometry. *Analyst* 103, 807.
- 吉本秀幸 (1990): 先端技術科学技術と希少元素の資源, 農業環境技術研究所編微量元素, 化学物質と農業生態系 pp. 199-211. 養賢堂, 東京