

**STANOVENÍ STOPOVÝCH MNOŽSTVÍ  
2-METHYL-4,6-DINITROFENOLU  
POMOCÍ MODERNÍCH POLAROGRAFICKÝCH  
A VOLTAMETRICKÝCH METOD  
NA RTUŤOVÝCH ELEKTRODÁCH**

**JAN FISCHER\*, JIŘÍ BAREK a JIŘÍ ZIMA**

*UNESCO Laboratoř elektrochemie životního prostředí, Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 43 Praha 2  
e-mail: jfischer@natur.cuni.cz*

Došlo 31.10.02, přepracováno 10.11.02, přijato 28.11.02.

**Klíčová slova:** 2-methyl-4,6-dinitrofenol, polarografie, voltametrie, rtuťová kapková elektroda

## Úvod

2-Methyl-4,6-dinitrofenol (MDNF) je průmyslově vyráběn jako insekticid, fungicid, herbicid a defoliant. Je prodáván pod různými obchodními názvy jako Antinonin, Detal, Dinitrol a u nás Nitrosan 25 (cit.<sup>1</sup>). Jeho použití jako kontaktního insekticidu je omezeno pouze na období vegetačního klidu, obzvláště u ovocných stromů, jako je jablono či broskvoň. Je silně fytotoxický pro dvouděložné plevely, proto byl využit jako kontaktní herbicid k jejich regulaci v obilovinách a k odlišování brambor a luskovin před sklizní<sup>2</sup>.

Toxicita této látky pro člověka je dobře prostudována<sup>3</sup>. Nejpravděpodobnější je inhalační a dermální kontaminace látkou při aplikaci postřiků<sup>4</sup>. Opakovaný akutní kontakt s látkou může vyvolat precitlivělost, astma či chronickou bronchitidu. Jsou také potvrzeny jeho genotoxické účinky<sup>5</sup>, ale podíl na vzniku rakoviny nebyl dosud studován.

Vysoká akutní toxicita vedla v roce 1991 EPA (Environmental Protection Agency) k zahájení jednání o zrušení registrace tohoto pesticidu v USA (cit.<sup>6</sup>). Dnes není 2-methyl-4,6-dinitrofenol zařazen mezi povolené pesticidy ani v České republice<sup>7</sup>. 2-Methyl-4,6-dinitrofenol se objevuje jako meziprodukt při syntézách fungicidů a bioaktivních sloučenin, barviv a léčiv a také jako inhibitor radikálových polymerací vinylaromatických sloučenin<sup>8,9</sup>.

Polarografické a voltametrické vlastnosti nitroskupiny na aromatickém kruhu byly již studovány mnoha autory za různých podmínek na řadě sloučenin. I této sloučenině a jí podobným látkám byla v tomto směru věnována pozornost v několika člancích<sup>10–16</sup>. Cílem práce bylo ověřit použitelnost moderních polarografických a voltametrických metod pro sledování submikromolárních koncentrací této látky a určit meze stanovitelnosti při použití jednotlivých technik.

## Experimentální část

### Reagencie

Zásobní roztok 2-methyl-4,6-dinitrofenolu v methanolu o koncentraci  $1.10^{-3}$  mol.l<sup>-1</sup> byl připraven rozpuštěním 0,0099 g látky v 50 ml tohoto rozpouštědla. Zásobní roztok 2-methyl-4,6-dinitrofenolu ve vodě o koncentraci  $1.10^{-4}$  mol.l<sup>-1</sup> byl připraven rozpuštěním 0,0099 g látky v 500 ml deionizované vody. Roztoky o nižších molaritách byly připravovány přesným ředěním zásobního roztoku příslušným rozpouštědlem. Všechny roztoky byly uchovávány ve tmě za laboratorní teploty. Dále byla použita kyselina boritá, kyselina octová, kyselina fosforečná, hydroxid sodný, chlorid draselný a methanol (vše čistoty p.a., Lachema, Brno, Česká republika). Brittonovy-Robinsonovy (BR) tlumivé roztoky o příslušném pH byly připraveny obvyklým způsobem<sup>17</sup>. pH těchto roztoků i pH jejich směsí s methanolem bylo kontrolováno digitálním pH-metrem Jenway (Jenway Ltd., Essex, Velká Británie) s kombinovanou skleněnou elektrodou, kalibrovaným na standardní vodné roztoky pufrů. Pro přípravu vodných roztoků byla používána deionizovaná voda (Millipore Milli-Q plus systém, Millipore, USA). Používané roztoky byly uchovávány ve skleněných nádobách.

### Aparatura

Byl používán Eco-Tribo polarograf s řídicím programem PolarPro verze 4 (Polaro-Sensors, Praha, Česká republika) pracujícím v operačním systému Windows 98 (Microsoft, USA). Bylo pracováno v tříelektrodovém zapojení s referenční argentchloridovou elektrodou (1 mol.l<sup>-1</sup> KCl) a platinovou pomocnou elektrodou. Při DC tast polarografii (DCTP) a diferenční pulzní polarografii (DPP) byla používána klasická rtuťová kapková elektroda (DME), rychlost polarizace 4 mV.s<sup>-1</sup>, elektronicky řízená doba kapky 1 s a výška rtuťového rezervoáru 49 cm. Při této výšce rezervoáru měla použitá DME dobu kapky  $\tau = 5,1$  s (měřeno v 0,1 mol.l<sup>-1</sup> KCl při vloženém nulovém napětí) a průtokovou rychlost  $m = 1,15$  mg.s<sup>-1</sup>. Při diferenční pulzní voltametii (DPV) a adsorpční rozpouštěcí voltametii (AdSV) byla používána visící rtuťová kapková elektroda (HMDE) typu UM $\mu$ E (Polaro-Sensors, Praha, Česká republika). Velikost kapky byla dána otevřením ventilku po dobu 200 ms. Pokud není uvedeno jinak, byly při pulzních technikách na elektrody vkládány pulzy o šířce 100 ms a modulační amplitudě -50 mV. Při technice DPV byla vždy použita rychlost nárůstu potenciálu 20 mV.s<sup>-1</sup>.

### Pracovní postupy

Při polarografických a voltametrických měřeních bylo postupováno následujícím způsobem: Do 10 ml odměrné baňky bylo odpipetováno příslušné množství roztoku 2-methyl-4,6-dinitrofenolu (0,1–1,0 ml) v methanolu o potřebné koncentraci, byl přidán methanol do 1 ml a roztok byl doplněn Brittonovým-Robinsonovým pufrům o příslušném pH po značku.

\* Jan Fischer se s touto prací úspěšně zúčastnil celostátní soutěže o nejlepší studentskou práci v oboru analytické chemie o cenu firmy Merck v Praze 6.–7. února 2002.

Při přípravě vodných roztoků neobsahujících methanol pro měření metodou AdSV bylo postupováno následujícím způsobem: Do 10 ml odměrné baňky bylo odpipetováno příslušné množství roztoku 2-methyl-4,6-dinitrofenolu (0,1–1,0 ml) v deionizované vodě o potřebné koncentraci, byla přidána voda do celkového objemu 1 ml a roztok byl doplněn Brittonovým-Robinsonovým pufrům o příslušném pH po značku.

Takto připravený roztok byl po promíchání převeden do polarografické nádoby a zbaven kyslíku pětiminutovým probubláváním dusíkem. Před vstupem dusíku do nádoby byla zařazena promývačka obsahující směs vody a methanolu ve stejném poměru jako analyzovaný roztok. Poté byl proveden záznam polarografické či voltametrické křivky. Před každým dalším záznamem byl roztok 30 s probubláván.

Při AdSV byla akumulace prováděna v míchaném roztoku, po skončení akumulace bylo míchání vypnuto a po 10 s byl v ustáleném roztoku proveden záznam. Všechny křivky byly měřeny pětkrát.

Všechna měření byla prováděna za laboratorní teploty.

Mez stanovitelnosti ( $L_Q$ ) byla počítána pomocí programu ADSTAT (TriloByte Statistical Software, Pardubice, Česká republika), který ji počítá jako nejmenší hodnotu signálu, pro kterou je relativní směrodatná odchylka predikce z kalibračního grafu dostatečně malá, rovná hodnotě 0,1 (cit.<sup>18</sup>).

## Výsledky a diskuse

Jak je patrné z tabulky I a obr. 1, poskytuje 2-methyl-4,6-dinitrofenol při DCTP na DME v celé studované oblasti pH dvě vlny. Při pH 2 lze na změřených polarogramech rozlišit

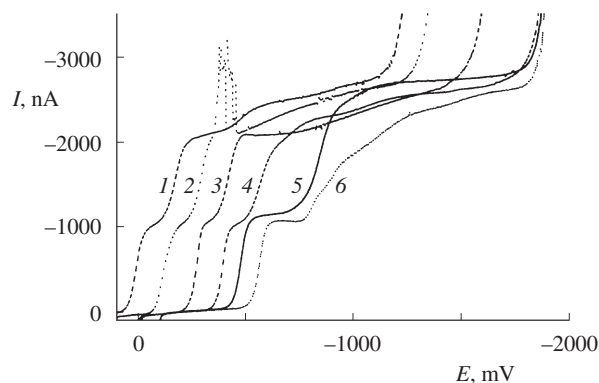
Tabulka I

Vliv pH na DCT polarogramy 2-methyl-4,6-dinitrofenolu ( $c = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$ ), měřeno v prostředí BR pufr–methanol (9:1);  $\text{pH}^{(a)}$  – pH použitého BR pufru,  $\text{pH}^{(t)}$  – výsledné pH směsi BR pufr–methanol,  $E_{1/2}^1$  – půlvlnový potenciál první vlny,  $I_{\text{lim}}^1$  – limitní difuzní proud první vlny,  $E_{1/2}^2$  – půlvlnový potenciál druhé vlny,  $I_{\text{lim}}^2$  – limitní difuzní proud druhé vlny,  $E_{1/2}^3$  – půlvlnový potenciál třetí vlny,  $I_{\text{lim}}^3$  – limitní difuzní proud třetí vlny

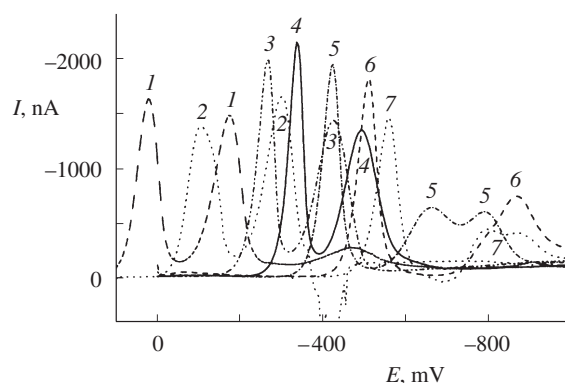
$\text{pH}^{(a)}$	$\text{pH}^{(t)}$	$-E_{1/2}^1$ [mV]	$-I_{\text{lim}}^1$ [nA]	$-E_{1/2}^2$ [mV]	$-I_{\text{lim}}^2$ [nA]
2,0	2,1	12	868	171	825 <sup>a</sup>
3,0	3,2	61	780	237	688
4,0	4,2	116	854	298	705
5,0	5,1	190	934	355	789
6,0	6,2	269	955	425	834
7,0	7,2	343	918	499	882
8,0	8,3	387	903	584	971
9,0	9,3	432	987	740	1330
10,0	10,1	475	1063	848	1452
11,0	11,1	519	1064	894	1326
12,0	12,0	562	1018	930	1297

<sup>a</sup> Při tomto pH byla patrna ještě 3. vlna ( $E_{1/2}^3 = -490 \text{ mV}$ ,  $I_{\text{lim}}^3 = -187 \text{ nA}$ )

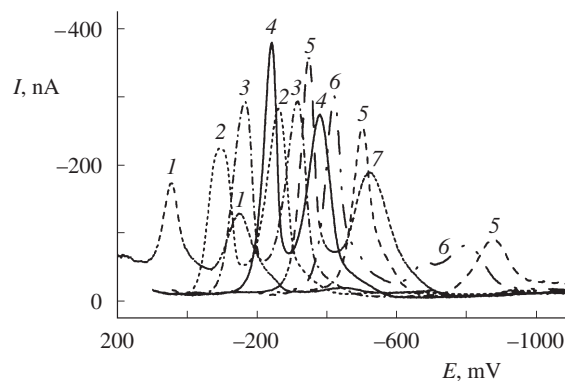
ještě třetí, výrazně nižší vlnu. V silně alkalickém prostředí (výsledné pH vodně-methanolicke směsi  $\text{pH}^{(t)} = 12,0$ ) je druhá vlna silně ireverzibilní a v podstatě se rozpadá na několik po sobě následujících vln. Poměr první a druhé vlny je v oblasti



Obr. 1. Polarogramy 2-methyl-4,6-dinitrofenolu ( $c = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$ ); měřeno technikou DCTP v prostředí BR pufr–methanol (9:1) o výsledném  $\text{pH}^{(t)}$  2,1 (1); 4,2 (2); 6,2 (3); 8,3 (4); 10,1 (5); 12,0 (6)



Obr. 2. Polarogramy 2-methyl-4,6-dinitrofenolu ( $c = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$ ); měřeno technikou DPP na DME v prostředí BR pufr–methanol (9:1) o výsledném  $\text{pH}^{(t)}$  2,1 (1); 4,2 (2); 6,2 (3); 7,2 (4); 9,3 (5); 11,1 (6); 12,0 (7)



Obr. 3. Voltamogramy 2-methyl-4,6-dinitrofenolu ( $c = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}$ ); měřeno technikou DPV na HMDE v prostředí BR pufr–methanol (9:1) o výsledném  $\text{pH}^{(t)}$  2,1 (1); 4,2 (2); 5,1 (3); 6,2 (4); 8,3 (5); 10,1 (6); 12,1 (7)

Tabulka II

Vliv pH na DP polarogramy a DP voltamogramy 2-methyl-4,6-dinitrofenolu v prostředí Brittonův-Robinsonův pufr–methanol (9:1); pH<sup>(a)</sup> – pH použitého BR pufru, pH<sup>(f)</sup> – výsledné pH směsi BR pufr–methanol,  $E_p^1$  – potenciál prvního píku,  $I_p^1$  – proud prvního píku,  $E_p^2$  – potenciál druhého píku,  $I_p^2$  – proud druhého píku,  $E_p^3$  – potenciál třetího píku,  $I_p^3$  – proud třetího píku

pH <sup>(a)</sup>	pH <sup>(f)</sup>	DPP ( $c = 1.10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$ )						DPV ( $c = 1.10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}$ )					
		$E_p^1$ [mV]	$I_p^1$ [μA]	$E_p^2$ [mV]	$I_p^2$ [nA]	$E_p^3$ [mV]	$I_p^3$ [nA]	$E_p^1$ [mV]	$I_p^1$ [nA]	$E_p^2$ [mV]	$I_p^2$ [nA]	$E_p^3$ [mV]	$I_p^3$ [nA]
2,0	2,1	-22	-1,630	-170	-1483	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	45	-120	-151	-101	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
3,0	3,2	-47	-1,445	-247	-988	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-38	-218	-215	-205	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
4,0	4,2	-104	-1,391	-301	-1655	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-99	-209	-267	-257	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
5,0	5,1	-192	-1,601	-360	-1548	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-167	-294	-327	-283	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
6,0	6,2	-268	-1,988	-424	-1440	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-243	-372	-382	-267	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
7,0	7,2	-336	-2,156	-492	-1355	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-306	-359	-447	-233	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
8,0	8,3	-384	-1,914	-560	-960	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-351	-345	-525	-178	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
9,0	9,3	-424	-1,937	-661	-642	-789	-592,5	-382	-322	-618	-119	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
10,0	10,1	-467	-1,854	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-831	-1045,6	-423	-289	-685	-43	-802	-68
11,0	11,1	-513	-1,796	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-867	-761,0	-462	-281	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-858	-96
12,0	12,0	-560	-1,455	-797	-451	-873	-417,7	-501	-248	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>	-877	-79

<sup>a</sup> Pík není patrný

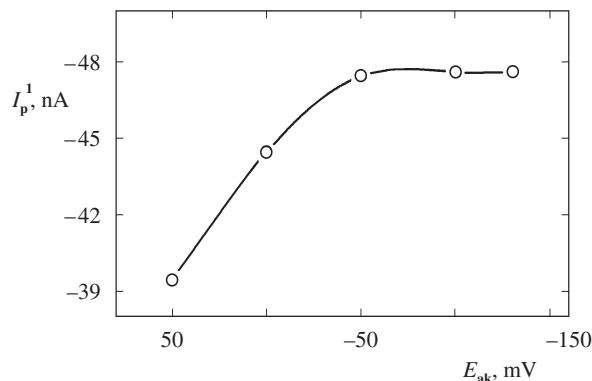
pH 2–8 prakticky 1:1, zatímco třetí vlna odpovídá asi 20 % první či druhé vlny.

V oblasti pH 3–5 se na křivce objevuje vířivé maximum, které lze potlačit přidáním želatiny. Půlvalnový potenciál obou vln se s rostoucím pH posouvá k zápornějším hodnotám.

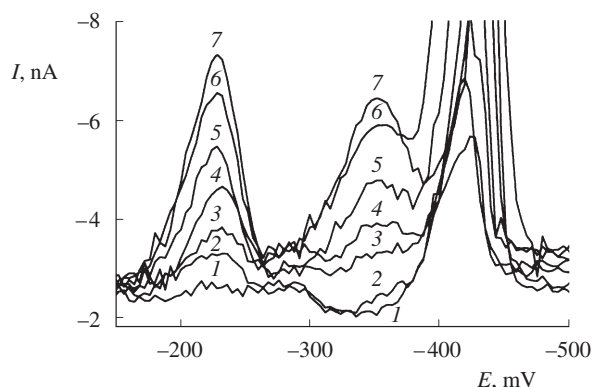
Lze předpokládat, že první dvě vlny odpovídají čtyřelektronové redukci skupiny –NO<sub>2</sub> na skupinu –NHOH a případně další vlny následné dvoelektronové redukci skupiny –NHOH až na skupinu –NH<sub>2</sub>.

Z obr. 2 a 3 i z tabulek I a II je patrné, že chování 2-methyl-4,6-dinitrofenolu při DPP na DME či DPV na HMDE v podstatě odráží jeho chování při tast polarografii. Z obr. 1 až 3 je patrné, že nejlépe vyvinuté a nejsnáze vyhodnotitelné vlny při DCTP na DME byly získány při pH<sup>(f)</sup> 10,1. Naproti tomu optimální píky při DPP na DME byly získány v prostředí o pH<sup>(f)</sup> 7,2 a při DPV na HMDE v prostředí o pH<sup>(f)</sup> 6,2. U všech metod byla lépe vyhodnotitelná první vlna (popř. píky). Kalibrační závislosti pro všechny tyto techniky byly proměřeny u obou vln (píků) ve směsi Brittonův-Robinsonův pufr–methanol (9:1). Parametry proměřených koncentračních závislostí jsou uvedeny v tabulce III, z níž je patrna značná citlivost zejména pulzních metod.

Dále byla věnována pozornost možnosti dalšího zvýšení citlivosti pomocí adsorpční akumulace 2-methyl-4,6-dinitrofenolu na povrchu HMDE. Jelikož přítomnost methanolu negativně ovlivňuje adsorpci látky, byl jako základní elektrolyt použit roztok Brittonova-Robinsonova pufru pH 6,0 s přidáním zásobního roztoku stanovované látky v deionizované vodě. Vliv potenciálu akumulace na výšku píku byl proměřen v rozmezí +50 až –150 mV při koncentraci 2-methyl-4,6-dinitrofenolu  $2.10^{-7} \text{ mol.l}^{-1}$ . Roztok byl při akumulaci míchan a doba akumulace byla 60 s. Jako optimální potenciál akumulace byla zvolena hodnota –50 mV, při níž byly získány nejvyšší, snadno vyhodnotitelné a dobře reprodukovatelné píky (viz obr. 4). Na základě proměření vlivu doby akumulace



Obr. 4. Závislost proudu píku  $I_p^1$  2-methyl-4,6-dinitrofenolu ( $c = 2.10^{-7} \text{ mol.l}^{-1}$ ) na potenciálu akumulace  $E_{ak}$ ; měřeno technikou AdSV na HMDE v míchaném roztoku BR pufru pH 6,0 při době akumulace  $t_{ak} = 60 \text{ s}$



Obr. 5. Voltamogramy 2-methyl-4,6-dinitrofenolu; měřeno technikou AdSV na HMDE v BR pufru pH 6,0, potenciál akumulace –50 mV, doba akumulace 60 s,  $c(\text{MDNF}) = 0$  (1),  $1.10^{-9}$  (2),  $2.10^{-9}$  (3),  $4.10^{-9}$  (4),  $6.10^{-9}$  (5),  $8.10^{-9}$  (6),  $1.10^{-8}$  (7)  $\text{mol.l}^{-1}$

Tabulka III

Parametry kalibračních přímek pro stanovení 2-methyl-4,6-dinitrofenolu moderními polarografickými a voltametrickými metodami

Technika	Prostředí	c [mol.l <sup>-1</sup> ]	1. vlna nebo 1. pík				2. vlna nebo 2. pík			
			směrnice [nA.mol <sup>-1</sup> .l]	úsek [nA]	korelační koef.	L <sub>Q</sub> <sup>a</sup> [mol.l <sup>-1</sup> ]	směrnice [nA.mol <sup>-1</sup> .l]	úsek [nA]	korelační koef.	L <sub>Q</sub> <sup>a</sup> [mol.l <sup>-1</sup> ]
DCTP/DME	BR pufr pH 10 – methanol (9:1, pH <sup>(f)</sup> 10,1)	(2–10).10 <sup>-5</sup>	-1,12.10 <sup>7</sup>	-5,1	0,9964	–	-8,09.10 <sup>6</sup>	-7,4	0,9976	–
		(1–10).10 <sup>-6</sup>	-1,09.10 <sup>7</sup>	0,4	0,9996	1.10 <sup>-6</sup>	-1,22.10 <sup>7</sup>	0,2	0,9994	2.10 <sup>-6</sup>
DPP/DME	BR pufr pH 7 – methanol (9:1, pH <sup>(f)</sup> 7,2)	(2–10).10 <sup>-5</sup>	-2,02.10 <sup>7</sup>	-178	0,9953	–	-1,21.10 <sup>7</sup>	-42,2	0,9994	–
		(2–10).10 <sup>-6</sup>	-2,52.10 <sup>7</sup>	1,14	0,9982	–	-1,42.10 <sup>7</sup>	5,97	0,9995	–
		(1–10).10 <sup>-7</sup>	-2,51.10 <sup>7</sup>	0,33	0,9994	1.10 <sup>-7</sup>	-1,47.10 <sup>7</sup>	0,03	0,9998	4.10 <sup>-7</sup>
DPV/HMDE	BR pufr pH 6 – methanol (9:1, pH <sup>(f)</sup> 6,2)	(2–10).10 <sup>-6</sup>	-3,65.10 <sup>7</sup>	-43,18	0,9912	–	-2,66.10 <sup>7</sup>	-29,49	0,9977	–
		(2–10).10 <sup>-7</sup>	-4,49.10 <sup>7</sup>	0,27	0,9969	–	-3,64.10 <sup>7</sup>	-1,13	0,9995	–
		(1–10).10 <sup>-8</sup>	-4,19.10 <sup>7</sup>	0,03	0,9994	1.10 <sup>-8</sup>	-3,40.10 <sup>7</sup>	-1,34	0,9988	3.10 <sup>-8</sup>
AdSV/HMDE <sup>b</sup>	BR pufr pH 6	(2–10).10 <sup>-8</sup>	-4,52.10 <sup>8</sup>	-0,016	0,9999	–	-3,76.10 <sup>8</sup>	0,859	0,9996	–
		(1–10).10 <sup>-9</sup>	-4,24.10 <sup>8</sup>	0,013	0,9998	1.10 <sup>-9</sup>	-3,91.10 <sup>8</sup>	0,376	0,9993	4.10 <sup>-9</sup>

<sup>a</sup> L<sub>Q</sub> – mez stanovitelnosti, <sup>b</sup> E<sub>ak</sub> = -150 mV, t<sub>ak</sub> = 60 s

na výšku píku byla pro koncentrační rozmezí (1–100).10<sup>-9</sup> mol.l<sup>-1</sup> zvolena jako optimální doba akumulace 60 s. Při této době akumulace byly píky dobře vyvinuté a dostatečně vysoké a další prodloužení doby akumulace již nebylo účelné. Parametry kalibračních přímek proměřených za těchto podmínek jsou uvedeny v tabulce III, odpovídající voltamogramy jsou znázorněny na obr. 5. Prodloužení doby akumulace v míchaném roztoku na 180 s nevedlo přes zvětšení píků ke zvýšení citlivosti metody.

## Závěr

Byly nalezeny podmínky umožňující dosažení co nejnižších mezí stanovitelnosti na použitých rtuťových elektrodách. Jako nejcitlivější se ukázala dle předpokladů technika AdSV na HMDE. Tato metoda vykazuje daleko vyšší nároky na čistotu základního elektrolytu než ostatní metody a je značně citlivá na přítomnost interferujících látek. Proto byla při praktických stanoveních použita technika DPV na HMDE (cit.<sup>19</sup>). Její výhodou je vedle značné citlivosti i rychlost měření.

Autoři děkují za finanční podporu Fondu rozvoje vysokých škol (grant 2291/2002).

## LITERATURA

1. Anonym: *Seznam povolených přípravků*, str. 27. Federální ministerstvo zemědělství a výživy ČSSR, Praha 1981.
2. Worthing C. R.: *The Pesticide Manual*, 8. vyd., str. 326. The Lavenham Press, Suffolk 1987.
3. Brown M. A., Chessin R. L.: *Dinitroresols*, str. 8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Atlanta 1995.
4. Bidstrup P. L., Bonnell J. A. L., Harvey D. G.: *Lancet* 1, 794 (1952).
5. Hrelia P., Morotti M., Scotti M.: *Pharmacol. Res. Commun.* 22, 93 (1990).
6. EPA: *Code of Federal Regulations*. 40 CFR 122.42. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 1983.
7. Kolektiv autorů SRS: *Seznam registrovaných přípravků na ochranu rostlin 2000*. Státní rostlinolékařská správa, Praha 2000.
8. EPA: *Health and Environmental Effects Profile for Dinitroresols*. Environmental Protection Agency, Cincinnati 1988.
9. Hawley G. G.: *The Condensed Chemical Dictionary*, 10. vyd., str. 374. Van Nostrand Reinhold Co., New York 1981.
10. Smyth M. R., Osteryoung J. G.: *Anal. Chim. Acta* 96, 335 (1978).
11. Beňadiková H., Popl M., Jakubíčková V.: *Collect. Czech. Chem. Commun.* 48, 2636 (1983).
12. Vaneesorn Y., Smyth W. F., v knize: *Electroanalysis in Hygiene, Environmental, Clinical and Pharmaceutical Chemistry* (Smyth W. F., ed.). Elsevier, Amsterdam 1980.
13. Nürnberg H. W., Wolf G.: *Z. Anal. Chem.* 216, 169 (2000).
14. Polák J.: *Chem. Listy* 77, 306 (1983).
15. Beňadiková H., Kalvoda R.: *Anal. Lett.* 17, 196 (1984).
16. Kotouček M., Halata M., Růžička J.: *Acta Univ. Palackianae Olomucensis, Chemica* XXXIII 117, 31 (1994).

17. Sýkora V., Zátka V.: *Příruční tabulky pro chemiky*. SNTL, Praha 1967.
18. Meloun M., Militký J.: *Statistické zpracování experimentálních dat na osobním počítači*. FINISH, Pardubice 1992.
19. Fischer J.: *Diplomová práce*. Univerzita Karlova, Praha 2002.

**J. Fischer, J. Barek, and J. Zima** (*UNESCO Laboratory of Environmental Electrochemistry, Department of Analytical Chemistry, Charles University, Prague*): **Determination of**

**Trace Amounts of 2-Methyl-4,6-dinitrophenol Using Modern Polarographic and Voltammetric Methods at Mercury Electrodes**

Optimum conditions are described for the determination of 2-methyl-4,6-dinitrophenol using fast polarography (limit of determination  $L_Q = 1 \times 10^{-6} \text{ mol.l}^{-1}$ ) and differential pulse polarography ( $L_Q = 1 \times 10^{-7} \text{ mol.l}^{-1}$ ) at a classic dropping mercury electrode and differential pulse voltammetry ( $L_Q = 1 \times 10^{-8} \text{ mol.l}^{-1}$ ) and adsorptive stripping voltammetry ( $L_Q = 1 \times 10^{-9} \text{ mol.l}^{-1}$ ) at a hanging mercury drop electrode.