

Бодак Э., Гжегожак А. — Влияние экосистемы промышленной фермы на формирование материнского поведения свиноматок пород пбд и кбп и гибридов

Цель работы состояла в определении, дифференцируют ли условия промышленного выращивания породные группы свиноматок (пбд, кбп, помеси) в отношении материнского инстинкта. Для этой цели подвергнуто анализу поведение свиноматок по отношению к потомству в 3 очередных опоросах. Наблюдала аналогию в поведении между молодыми свиноматками пбд и кбп, показатель материнского поведения для которых в I опоросе составлял 70,2% и 72,2%, по сравнению с группой помесей, показатель которых достиг лишь величины 66,4%. У часто рождающих свиноматок, выращенных в традиционных условиях (пбд и кбп породы) показатель заботливости достиг наивысшей во II опоросе (73,8 и 83,3%) подвергаясь в III репродуктивном цикле деградации до величин I опороса. Свиноматки-помеси показали правильное развитие величин качеств поведения от 66,4 до 80,9% в III репродуктивном цикле.

Bodak E., Grzegorzak A. — The influence of ecosystem of an industrialized farm on the maternal behaviour of sows Polish Landrace, Large-White-Polish breeds and crossbreeds

The purpose of the studies was to establish if the conditions of an industrialized farm influence the maternal behaviour of sows — Polish Landrace (PL), Large-White-Polish (LWP) breed and crossbreeds. For this purpose the behaviour of sows in relation to their progeniture in three successive farrowings was analysed. It was found an analogy in the behaviour between sows of PL and LWP breed. For these groups of sows an index of maternal behaviour after the first farrowing was 70,2% in comparison to the group of crossbreeds in which it reached 66,4%. In multiparous sows in traditional management (PL, LWP) an index of assiduity reached a maximal value (73,8% and 83,3%) after the second farrowing, and in the third reproductive cycle it decreased to the values noted after the first farrowing. Crossbreeds revealed a maximal development of behavioural features from 66,4% to 80,9% at the third reproductive cycle.

PRAKTYKA LABORATORYJNA

JANUSZ WIERCINSKI

Analiza wielopierwiastkowa techniką atomowej spektrometrii emisyjnej, wykorzystującą indukcyjnie sprzężoną plazmę

Centralne Laboratorium Aparaturowe AR, ul. Akademicka 13, 20-033 Lublin

Atomowa spektrometria emisyjna (AES), jako metoda ilościowego oznaczania pierwiastków, wykorzystywana jest od początków naszego stulecia przy stosowaniu takich źródeł wzbudzenia, jak łuki i iskry elektryczne oraz płomień palników gazowych. Metoda ta nie pozbawiona jest jednak pewnych wad ograniczających jej szersze stosowanie. Związane są one głównie ze źródłem wzbudzenia pierwiastków, będącego jednocześnie miejscem emisji ich charakterystycznego promieniowania.

Płomień palników posiada względnie niską temperaturę i nie nadaje się do aktywacji pierwiastków o wysokich energiach wzbudzenia, występujących szczególnie w niskich przedziałach stężeń. Stąd też płomieniowa spektrometria emisyjna umożliwia oznaczenie niewielu tylko pierwiastków — głównie alkalicznych lub ziem alkalicznych. Wydzielające się przy tym produkty spalania i gazy płomienia są przyczyną chemicznych i spektralnych interferencji (19).

Łuki i iskry mogą być źródłem wysokich temperatur wzbudzenia i emisji charakterystycznego dla pierwiastków promieniowania, lecz natura wyładowań elektrycznych jest silnie uzależniona od rodzaju i składu wprowadzanej próby (7). Wprawdzie pozwalają na jednoczesne oznaczenie wielu pierwiastków, lecz pomiary prowadzone przy ich pomocy obciążone są stosunkowo wysokim błędem.

Kiedy w latach 1942—47 (cyt. 33) opracowano warunki bezelektrodowych wyładowań pod działaniem zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego, a w kilkanaście lat potem zbudowano pierwszy palnik indukcyjnie sprzężonej plazmy (ICP) pracujący pod ciśnieniem atmosferycznym, uzyskano inne wysokotemperaturowe źródło wzbudzenia i emisji promieniowania atomów o szerszych możliwościach (30, 32). Dało to początek nowej technice — atomowej spektrometrii emisyjnej z wykorzystaniem indukcyjnie sprzężonej plazmy (ICP-AES — inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy) (20, 22, 34). Tech-

nika ta, we współczesnym rozwinięciu instrumentalnym, posiada szereg zalet, dzięki którym przewyższa w analizie pierwiastków tradycyjne techniki emisyjne i płomieniową metodę atomowej spektrometrii absorpcyjnej (6, 11, 12, 15, 22).

Dane techniczne

Zasadniczą część aparatury wykorzystywanej w technice ICP-AES stanowi palnik plazmowy (plazmotron). Jest to zestaw 3 rur kwarcowych, ustawionych koncentrycznie, owiniętych 3—4-krotnie cewką indukcyjną generatora częstotliwości radiowej. Próba — najczęściej w formie roztworu — zostaje wprowadzona przez układ rozpylacza (zwykle pneumatycznego, pobór próby ok. 1 ml/min), w postaci subtelnego aerozolu, do rury środkowej przy pomocy argonu, jako gazu nośnego, pobieranego w tempie 0,2 — 0,8 l/min (8). Dwie pozostałe rury służą do przepływu argonu z różną wydajnością. Do rury zewnętrznej gaz ten wprowadzany jest po stycznej, w ilości 10—15 l/min. Przepływy argonu i jego wirowy kierunek mają za zadanie stabilizować i centrować położenie plazmy, a także izolować ją termicznie i chłodzić ścianki palnika.

Przepływający w cewkach prąd wysokiej częstotliwości generuje zmienne pole magnetyczne (H), którego linie sił przebiegają po torach eliptycznych (ryc. 1). Standardowa częstotliwość generatora wynosi 27,12 MHz, a moc 1—3 kW. Pod działaniem samego tylko pola magnetycznego plazma nie może się wytworzyć, dopóki argon nie zostanie zjonizowany. W celu doprowadzenia go do tego stanu, dokonuje się w jego atmosferze wyładowań teslowych, wytwarzających „elektrony nasienne” („seed electrons”) i jony. Zmienne pole magnetyczne wywołuje cyklotronowy ruch wyzwolonych elektronów (w mniejszym stopniu cięższych jonów) wokół osi rur kwarcowych (wiroprąd). Na rycinie ruch ten jest zaznaczony strzałką (pole

„e”). Rozpędzone oraz przyspieszane elektrony napotykać na opór obojętnych atomów i jonów, z którymi się zderzają. Powoduje to w konsekwencji silny wzrost temperatury osrodka (ogrzewanie oporowe lub omowe) i dalszą jego jonizację. Plazma pojawia się niemal natychmiast i rozszerza do wymiarów określonych działaniem pól, parametrami przepływów argonu i konstrukcją palnika. Stanowi w wysokim stopniu zjonizowany gaz, posiadający temperaturę 6000 — 10 000 K, z maksymalną jej wartością w obszarze wiropądowym (cewki indukcyjnej) (ryc. 2).

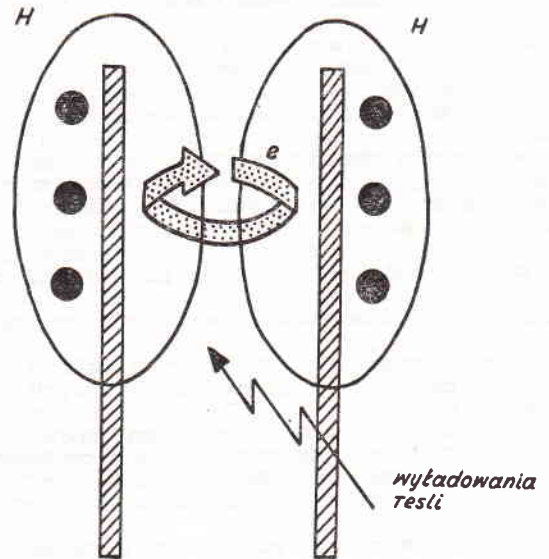
Temperatura strefy analitycznej ICP jest znacznie wyższa od temperatury płomieni gazowych i pieców grafitowych (2000 — 4000 K), nieco wyższa od stałoprądowych łuków elektrycznych (4000 — 7000 K) i niższa niż temperatura iskier elektrycznych (10 000 K) (19).

Aerozol próby nie przechodzi przez obszar palnika o największej gęstości plazmy, lecz raczej przez otwarty rdzeń w jego wnętrzu, gdzie wartość temperatury waha się od 8000 K (w obszarze cewki indukcyjnej) do 6000 K (w górnej części — „ogonie” plazmy, 20—25 mm ponad szczytem cewki indukcyjnej). Najczęściej wykorzystywanym w analizie miejscem tego rdzenia plazmy jest obszar leżący w odległości 15—20 mm od cewki indukcyjnej. W obszarze tym zmniejszona jest już intensywność ciągłego promieniowania, efektu wzajemnej przemiany argon-jon, a plazma jest optycznie bardziej przezroczysta.

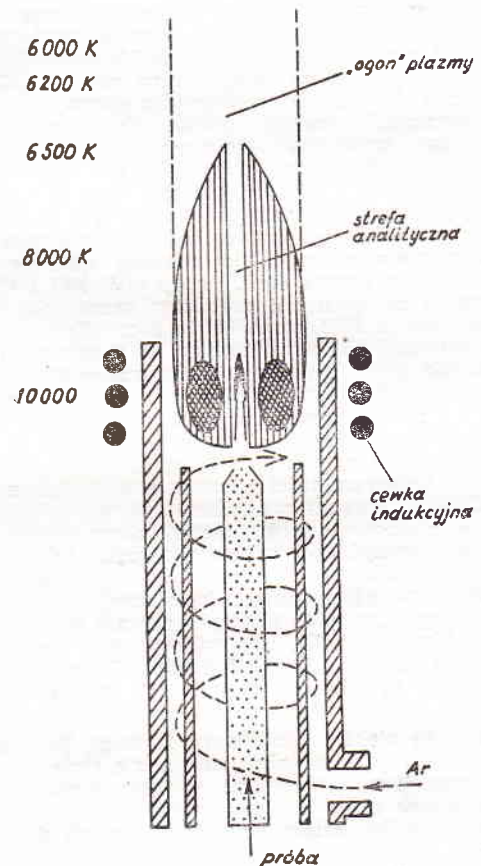
Wysoka temperatura palnika ICP przyczynia się w pierwszym rzędzie do całkowitego rozkładu związków chemicznych wprowadzanej próby do wolnych atomów, przeciwdziałając powstawaniu się innych połączeń, a następnie jest powodem emisji energii świetlnej o charakterystycznej długości fali, pozwalającej na identyfikację i oznaczenie stężenia pierwiastków.

Technika ICP-AES, podobnie jak inne techniki emisyjne oparte na łuku lub iskrach elektrycznych, charakteryzuje się tym, że może być wykorzystana do analizy wielopierwiastkowej. Przeprowadza się ją sposobem sekwencyjnym lub w pomiarze jednorazowym. Oznaczenia sekwencyjne polegają na tym, że światło emitowane przez próbę w palniku plazmowym przechodzi do monochromatora, po którym intensywność interesującej nas długości fali w uzyskanym spektrum, charakterystycznej dla danego pierwiastka, jest określana fotometrycznie w określonym czasie (integrowana). Po typowym okresie integracji wynoszącym 2 sek. wybiera się inne pasmo, właściwe innemu pierwiastkowi i dokonuje się pomiaru jego natężenia. W ten sposób staje się możliwe oznaczenie w czasie 1 minuty kilku pierwiastków, jednego po drugim (22). Większość aparatów do przeprowadzania tego typu analizy używa lampy rtęciowej, jako wzorca, do kalibracji długości fali.

Prawdziwa analiza wielopierwiastkowa polega na jednoczesnym oznaczeniu w tej samej próbce wielu pierwiastków. Sposób ten wymaga użycia tzw. polichromatora lub kwantometru (spektrofotometru bezpośrednio rejestrującego wyniki, spektromonitora). Emitowane z palnika ICP promieniowanie składników próby zostaje zogniskowane i przechodzi do układu optycznego pierścienia Rowlanda przez szczeliny wejściowe (pierwszego stopnia) i pada na wklęsłą siatkę dyfrakcyjną (ryc. 3). Siatka wywołuje rozszczepienie tego promieniowania na poszczególne linie spektralne, ugięcie ich i skupienie w szczelinach wyjściowych (drugiego stopnia), za którymi znajdują się układy pomiarowe kwantometru. Każda szczelina wyjściowa jest tak umieszczona, że przepuszcza tylko promieniowanie charakterystyczne dla jednego pierwiastka. Zlokalizowane za nimi zwierciadła zbierają rozproszone światło i ogniskują je na katodzie fotopowielacza. W urządzeniach tych energia świetlna przekształcana jest w elektryczną, proporcjonalnie do intensywności emitowanej energii promieniowej uwolnionej przez dany pierwiastek. Sygnały elektryczne z fotopowielacza są przetwarzane przez układ elektroniczny aparatury i mogą być odczytane bezpośrednio w jednostkach stężeniowych (ng/g, µg/g lub %). Cały



Ryc. 1. Indukowane pole magnetyczne i elektryczne w palniku ICP



Ryc. 2. Rozkład temperatur w palniku ICP

proces, od momentu zadozowania próby, przeprowadzany jest już automatycznie. Jeżeli droga optyczna układów spektrofotometrycznych umieszczona jest w komorach próżniowych, aparatura umożliwia oznaczenie stężeń S, P, B, chlorowców i innych pierwiastków, których charakterystyczne linie emisyjne leżą poniżej 200 nm (1, 2, 21).

Zalety i wady techniki

Niewątpliwie największą zaletą techniki ICP-AES jest możliwość jednoczesnej analizy 56–60 pierwiastków, znajdujących się w układzie okresowym od litu do uranu. Wiąże się to z wyższą temperaturą palnika ICP (5000 – 10 000 K), która wzbudza te pierwiastki do wydzielania charakterystycznego promieniowania. Względnie wysoki czas przebywania próby w płazmie (2–3 m sek.) oraz wysoka temperatura wzbudzenia w nieaktywnej chemicznie atmosferze argonu, wywołują całkowitą dysocjację i atomizację próby (całkowity rozkład związków do pojedynczych atomów). Ta właściwość źródła wzbudzenia likwiduje znaczną część interferencji spotykanych w innych technikach emisyjnych i płomieniowych.

Cienka warstwa aerozolu próby w palniku ICP ogranicza do minimum zjawisko samoabsorpcji emitowanego promieniowania. W związku z tym analizy charakteryzują się wysokim stopniem liniowej zależności otrzymanego sygnału (natężenia emitowanego promieniowania charakterystycznego) od stężenia oznaczanego pierwiastka w próbce (4 – 6 rzędów wielkości). Oznacza to, że można określać obok siebie pierwiastki, bez zmiany parametrów aparaturowych i rozcieńczania próby, których stężenia w roztworze sięgają od ng/ml do 50% (19). Źródło wzbudzenia charakteryzuje się wysoką stabilnością i umożliwia osiągnięcie niższych granic detekcji w porównaniu z innymi technikami emisyjnymi oraz płomieniową metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (tab. 1) (3, 33).

Współcześnie produkowana aparatura z zastosowaniem ICP charakteryzuje się wysoką wydajnością. W ciągu 1 godziny można dokonać 1000 do 3000 oznaczeń (3, 4, 9). Wyższa temperatura palnika ICP, w porównaniu do warunków palników gazowych, umożliwia oznaczenie szeregu pierwiastków, ważnych z biologicznego punktu widzenia, np. B, P, S, Se, chlorowców i innych. W zwykłej strefie analitycznej palnika spektralne tło plazmy jest stosunkowo mało złożone, szczególnie w obszarze między 190 a 300 nm, gdzie znajduje się większość linii analitycznych pierwiastków metalicznych. Tło zawiera głównie linie argonu i słabe pasma emisji grup OH, NO i CN. W porównaniu do płomieni palników gazowych, łuków i iskier, palnik ICP przedstawia szczególnie stabilne źródło wzbudzenia pierwiastków w stosunkowo długim okresie pracy i nie wymaga potrzeby ciągłej jego standaryzacji. W palniku ICP nie stosuje się żadnych elektrod i nie napotyka na trudności wyniki z elektrodowych zanieczyszczeń, jak to ma miejsce w technikach opartych na łukach i iskrach.

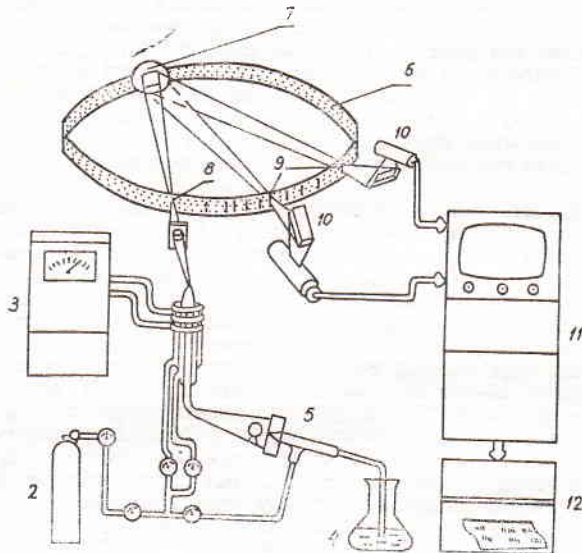
Granice wykrywalności pierwiastków osiągane techniką ICP-AES są na ogół niższe niż w płomieniowej metodzie atomowej spektrometrii absorpcyjnej oraz technikach emisyjnych wykorzystujących łuki i iskry elektryczne (tab. 1). W szeregu przypadków nowa technika przewyższa nawet bezplamieniową metodę atomowej spektrometrii absorpcyjnej nie tylko czułością (Ba, Mn, P, Ti, V), lecz także możliwością dokonywania oznaczeń, trudnych lub niemożliwych do przeprowadzenia tą ostatnią metodą (K, B, Ca, Sc, Zr) (15, 33).

Obok prób ciekłych (roztworów) mogą być poddawane analizie gazy, a także substancje stałe (proszki) charakteryzujące się niskim oporem elektrycznym. Analiza takich prób wymaga jednak stosowania specjalnych układów celem wprowadzenia ich do palnika ICP.

Dużym problemem w technikach atomowej spektrometrii analitycznej są tzw. interferencje (efekty matrycowe, oddziaływania międzypierwiastkowe), które wpływają na obniżenie dokładności i precyzji wyników. Posiadają one naturę fizyczną lub chemiczną i można je podzielić na 3 kategorie: spektralne, procesu odparowania i atomizacji oraz jonizacyjne.

Interferencje spektralne polegają na tym, że nie udaje się całkowicie oddzielić linii promieniowania charakterystycznego dla oznaczanego pierwiastka od

prążków widma emitowanego przez inne składniki próby (matrycy). Detektor w takich przypadkach błędnie ocenia stężenie oznaczanego pierwiastka. Interferencje tego rodzaju występują we wszystkich technikach emisyjnych, w oznaczeniach wielopierwiastkowych i są likwidowane w miarę poprawy rozdzielczości spektrofotometrów. Występowanie spektralnych



Ryc. 3. Schematyczne ujęcie budowy aparatury w atomowej spektrometrii emisyjnej, opartej na plazmowym źródle wzbudzenia pierwiastków

Objaśnienia: 1 – palnik ICP; 2 – butla z argonem i regulatorami przepływu; 3 – generator prądu wysokiej częstotliwości; 4 – naczynie z próbą; 5 – rozpylacz; 6 – pierścien Rowlanda spektrofotometru; 7 – wkłosa siatka dyfrakcyjna; 8 – szczelina wejściowa; 9 – szczeliny wyjściowe; 10 – fotopowielacze; 11 – zespoły elektroniczne urządzeń pomiarowych i przetwarzania sygnałów; 12 – drukarka wyników.

Tab. 1. Granice wykrywalności pierwiastków różnych technik analitycznych dla prób w roztworach wodnych w µg/ml (15, 33)

Pierwiastek	Techniki analityczne						
	NAA	XRFS	DCA	ASA	F-less ASA	ICP-AES	ICP-AES
Ag	0,004	0,03	0,02	0,003	0,0004	0,002	0,001
Al	0,004	0,12	0,3	0,05	0,001	0,2	0,01
As	0,005	-	3	0,2	0,01	0,4	0,015
B	1	-	0,1	5	-	0,5	0,002
Ba	0,02	0,003	0,1	0,02	0,008	0,05	0,0002
Ca	4	0,003	0,01	0,001	-	0,0004	0,0001
Cd	0,005	0,02	0,2	0,002	0,0002	0,0005	0,001
Co	0,01	0,001	0,5	0,01	0,001	0,003	0,002
Cr	0,3	0,006	0,1	0,205	0,001	0,008	0,002
Cu	0,002	0,003	0,05	0,003	0,001	0,001	0,002
Fe	0,2	0,002	0,2	0,01	0,0006	0,01	0,001
Gd	0,007	-	0,5	5	-	-	0,008
Hf	0,0005	-	4	2	-	-	0,005
K	0,2	-	200	0,003	-	0,0008	0,08
La	0,005	0,003	0,3	10	-	-	0,006
Mn	0,0001	0,001	0,8	0,003	0,001	0,003	0,0005
Ni	0,7	0,002	0,8	0,01	0,002	0,005	0,005
P	0,2	0,03	5	-	2	-	0,03
Sc	0,001	-	0,05	-	-	-	0,0008
Si	1	-	1	0,2	0,01	0,2	0,01
Ti	0,1	0,002	0,1	0,08	0,05	0,3	0,001
V	0,002	0,001	0,2	0,08	0,02	0,1	0,002
Zn	1	0,001	4	0,003	0,0002	0,0004	0,001
Zr	0,8	-	0,2	5	-	-	0,002

Objaśnienia: NAA – metoda aktywacji neutronowej; XRFS – rentgenowska spektrometria fluorescencyjna; DCA – spektrometria emisyjna oparta na łuku prądu stałego; ASA – płomieniowa metoda atomowej spektrometrii absorpcyjnej; F-less ASA – bezplamieniowa metoda ASA; ICP-AES – atomowa spektrometria fluorescencyjna wykorzystująca indukcyjnie sprężoną plazmę; ICP-AES – atomowa spektrometria emisyjna oparta na ICP.

efektów matrycowych wymaga dodatkowych zabiegów w celu określenia współczynników korekcyjnych dla każdego pierwiastka i rodzaju prób oraz uwzględnienia ich w prowadzonych analizach. Natomiast interferencje spektralne pochodzące z emisji tła, gazów płomienia, produktów spalania oraz efekty matrycowe natury cząsteczkowej są niemal całkowicie wyeliminowane z analiz prowadzonych przy pomocy ICP-AES.

Interferencje, których źródłem jest proces odparowywania i atomizacji próby, są powodowane zmniejszeniem populacji wolnych atomów w fazie gazowej i wywołują obniżenie intensywności sygnału emisyjnego. Wiąże się one głównie z tworzeniem trudno- i topliwych związków, tlenków metali i okluzją w tych związkach oznaczanych pierwiastków. Te zjawiska są problemem najczęściej w układach płomieniowych i eliminacja ich w plazmie jest jedną z zalet spektrometrii emisyjnej opartej na palniku IOP (4, 19, 23).

Interferencje jonizacyjne wynikają z przesunięcia równowagi jonizacji oznaczanego pierwiastka w wyniku obecności innych składników próby. Pojawiają się one zwykle w technikach płomieniowych, szczególnie wobec łatwo jonizujących się pierwiastków alkalicznych. Te efekty nie odgrywają większej roli w ICP-AES (19).

Z uwagi na możliwość występowania omawianych interferencji, precyzja oznaczeń w technice ICP-AES sięga tylko 1 — 2%, co stawia ją w sytuacji gorszej w porównaniu z techniką płomieniową atomowej spektrometrii absorpcyjnej (0,5 %) (8). Niekorzystnie także — obok wysokich cen aparatury ICP-AES — kształtują się jej koszty eksploatacyjne (zużycie stosunkowo dużych ilości czystego Ar), które przekraczają rocznie, w warunkach krajów zachodnich, 10 000 dolarów.

Podobnie jak w innych technikach emisyjnych (15), w spektrometrii wykorzystującej palnik plazmowy trwają ciągle prace na usprawnieniu aparatury, źródła wzbudzenia i procesu atomizacji prób, w celu zupełnej eliminacji interferencji oraz poprawy czułości i precyzji pomiarów (11, 15). Obiecujące wyniki daje zastosowanie palnika ICP w atomowej spektrometrii fluorescencyjnej (ICP-AFS — ICP-atomic fluorescence spectroscopy). Przy czym występują tu 2 możliwości: 1 — promieniowanie z palnika ICP może być wykorzystane jako źródło wzbudzenia widma fluorescencyjnego atomów próby znajdującej się w osobnej celi, np. w płomieniu palnika gazowego i 2 — palnik ICP może zostać użyty jako cała atomizacyjna i źródło fluorescencji pod działaniem zewnętrznego źródła światła, takiego jak wnękowa lampa katodowa (HCL — używana w metodzie ASA) lub laser (14, 16, 18, 27, 29). Ta druga technika, jak się wydaje, może doprowadzić do niemal całkowitej eliminacji problemów interferencyjnych z uwagi na to, że fluorescencyjne linie emisyjne pierwiastków są mniej złożone, intensywne, wąskie i stabilne.

Palnik ICP z układem spektrofometrycznym może być wykorzystany jako detektor w chromatografii gazowej (GC) oraz w wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC), po bezpośrednim podłączeniu końca kolumny chromatograficznej z rozpylaczem i strumieniem gazu nośnego palnika plazmatycznego (10, 11, 19, 35). Takie sprzężenie technik prowadzi do uzyskania wielopierwiastkowych chromatogramów, przedstawiających skład pierwiastkowy frakcji i może znaleźć praktyczne zastosowanie w biochemii i innych dziedzinach nauki. Istnieje także możliwość użycia ICP jako źródła jonów w kwadropulowej spektrometrii masowej (13, 24).

Równie obiecujące wyniki, głównie ze względu na łatwiejsze wzbudzenie i analizę pierwiastków niemetalicznych (P, Se, Si, chlorowce, a nawet C-org.) oraz możliwość oznaczenia par rtęci, lotnych wodoroków metalicznych, daje inna technika emisyjna oparta o tzw. indukowaną plazmę mikrofalową (MIP — microwave induced plasma) (11). Przy użyciu palników

o innej konstrukcji, helu jako gazu nośnego oraz generatorów o wyższej częstotliwości (2450 MHz), proces analityczny staje się bardziej ekonomiczny z uwagi na stosowanie niższej mocy prądu elektrycznego i znacznie mniejsze zużycie drogich gazów.

Parę tych przykładów ilustruje wyraźnie rozwojowe cechy atomowej spektrometrii emisyjnej, posługującej się — jako źródłem wzbudzenia pierwiastków — indukcyjnie sprzężoną plazmą.

Piśmiennictwo

1. Alder J. F., Jin Q., Snook R. A.: *Anal. Chim. Acta* 120, 147, 1981.
2. Alder J. F., Jin Q., Snook R. A.: *Anal. Chim. Acta* 123, 329, 1981.
3. Applied Research Laboratories. The 34000 ICP Spectrometer Automation System, Vienna 1980.
4. Barnes R. M.: *Anal. Chem.* 7, 203, 1978.
5. Barnes R. M.: *Wissenschaft. Zeit Karl-Marx-Univ.* 28, 383, 1979.
6. Barnes R. M.: *Trends Anal. Chem.* 1, 2, 1981.
7. Barnes R. M.: *Developments in Atomic Plasma Spectrochemical Analysis*. Heyden, Philadelphia, 1981.
8. Barnes R. M.: *Chemia Analit.* 28, 179, 1983.
9. Boumans P. W. J. M.: *Opt. Pur. Apl.* 11, 143, 1978.
10. Brown R. M. Jr. i wsp.: *Anal. Chem.* 53, 934, 1981.
11. Carnahan J. W.: *Intern. Lab.* 13 (8), 36, 1983.
12. Cerino A. C.: *Instrument News* 33, 8, 1983 (Perkin-Elmer).
13. Dale A. R., Gray A. D.: *Analyst* 106, 1255, 1981.
14. Demers D. R., Allemand C. D.: *Anal. Chem.* 53, 1915, 1981.
15. Demers D. R., Busch D. A., Sulanovska M.: *Intern. Lab.* 14 (4), 40, 1982.
16. Epstein M. S. i wsp.: *Anal. Chem.* 51, 2071, 1979.
17. Epstein M. S. i wsp.: *Anal. Chem.* 52, 284, 1980.
18. Epstein M. S. i wsp.: *Anal. Chim. Acta* 113, 221, 1980.
19. Faires L. M.: *Intern. Lab.* 13, (3), 14, 1983.
20. Fassel V. A.: *Science* 202, 183, 1978.
21. Fassel V. A.: *Anal. Chem.* 51, 1290A, 1979.
22. Greenfield S., Jones I. L., Berry C. T.: *Analyst* 89, 713, 1964.
23. Greenfield S.: *Analyst* 105, 44, 1980.
24. Houk R. S. i wsp.: *Anal. Chem.* 52, 2283, 1979.
25. Montaser A.: *Spectrosc. Lett.* 12, 725, 1979.
26. Montaser A., Fassel V. A.: *Anal. Chem.* 52, 1523, 1980.
27. Omenetto N. i wsp.: *Spectrochim. Acta* 35 B, 507, 1980.
28. Pavlović B. V.: *Chemia Analit.* 28, 199, 1983.
29. Pollard B. D. i wsp.: *Appl. Spectrosc.* 33, 5, 1979.
30. Reed T. B.: *J. Appl. Phys.* 32, 821, 1961.
31. Reed T. B.: *J. Appl. Phys.* 32, 2534, 1961.
32. Robin J.: *ICP Inf. Newsl.* 4, 495, 1978.
33. Ward A. F.: *Intern. Lab.* 9 (3), 160, 1978.
34. Wendt R., Fassel V. A.: *Anal. Chem.* 37, 920, 1965.
35. Windsor D. L., Denton M. B.: *Anal. Chem.* 51, 1116, 1979.

Adres autora: doc. dr habil. Janusz Wierciński, ul. Sołwińskiego 8 m. 31, 20-040 Lublin

Верцинский Я. — Многоэлементный анализ техникой атомной эмиссионной спектроскопии, использующей индукционно сопряженную плазму

В работе описаны принцип и перспективы развития новой техники многоэлементного анализа, использующего как источник возбуждения индукционно сопряженную плазму. Ее содержание рассматривает также преимущества и недостатки этой техники, междуэлементные влияния, а также пределы обнаруживаемости элементов по сравнению с другими аналитическими техниками.

Wierciński J. — Multi-element analysis by means of inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES)

In the article are presented the principles and expanding horizons of a new technique for multi-element analysis by atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma excitation source. The author discusses also the advantages and disadvantages of this technique, interelement effects, as well as, the detection limits for elements in comparison to other analytical techniques.