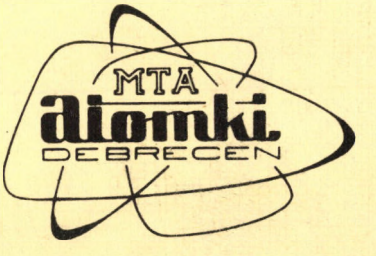
310 565
IV.
25/83

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

25. kötet / 1. szám



MTA
ATOMMAGKUTATÓ INTÉZETE, DEBRECEN / 1983

ATOMKI Report B/1 (1983)

RESEARCH ON ATOMIC COLLISION PROCESSES AND ITS IMPORTANCE FOR FUTURE ENERGY SOURCES*

D. Berényi

Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences (ATOMKI), Debrecen, Hungary

A b s t r a c t

First the energy claims and resources of the society will be shortly surveyed, including one of the most important one, the controlled nuclear fusion. Then the importance of the atomic collision data to solve the different tasks in realisation of the controlled fusion processes will be outlined. Finally some results obtained in this field in ATOMKI (Debrecen), Hungary will be shortly presented.

1. Energy needs and possibilities for their satisfaction

1.1. Energy demand of the world presently and in the future. It is well-known that the energy consumption of the world is increasing, contrary to the measures to economize energy. It seems to be inevitable, first of all, because of the energy demand of the developing countries. The actual estimations are rather different but several percents per year increase seems to be very probable till 2000 and after it (for these problems in detail see e.g. ref. 1-3).

At the same time, while the needs are increasing, the resources of the fossile fuels (crude oil, natural gas, coal), which cover the present world demand for energy (except some percents from hydroelectric power and nuclear fission reactors) are decreasing. The extent of the resources for the different fuels, of course, are rather different e.g. for coal the reserves are substantial but the geographical share of them is very capricious.

In such a situation, the search for new sources of energy and the research on the phenomena which are important for energy generation by new methods are of high priority from the point of view of the mankind.

1.2. Search for new sources of energy. There are several candidates for the new energy sources to satisfy the future energy demand (see some detaile e.g. in ref. 2 and 4). Such new possibilities for energy production are:

---

*Invited talk on 2nd Joint Meeting of Roland Eötvös Phys.Soc. and the Austrian Vacuum Society.
Brunn am Gebirge, Austria, Oct. 27-29, 1981

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

- solar energy (heat, mechanical energy, electricty from solar energy)
- wind
- biomass
- tidel and wave power
- thermal power of the see
- geothermal heat and finally
- controlled thermonuclear fusion.

In addition, the storage and transmission of energy are also investigated intensively.

Nevertheless, all these new sources of energy do not mean a real alternative in meeting all the energy claims during the next two decades. Even after 2000 the controlled fusion seems to be the only candidate which would be able to become the primary energy source for the mankind in the long run.

1.3. Realization of the controlled thermonuclear energy production. As a function of the years, there is a continuous progress in the direction of the realization of self-sustaining thermonuclear process i.e. towards achieving thermonuclear energy production using the process

$$^2H + {}^3H \rightarrow {}^4He\ (3.52\ MeV) + n\ (14.06\ MeV)$$

which seams to be the most promising of several possible fusion reactions. (See some details e.g. in ref. 5-7.).

Two main approaches are investigated for the realisation of the controlled fusion processes. One of them is the magnetic confinement where the fusion reactions of deuterium and tritium are produced in a magnetically confined plasma. In the inertial confinement, which is the other main approach, deuterium and tritium are compressed to a small pellet of very high density and temperature by very intense laser light or charged particle beam. In both directions different actual devices have been designed.

To realize a self-sustaining fusion process, and still more, a fusion reactor, different serious scientific and technological problems should be solved. Most of these problems, however, are connected with the phenomena of the ion-solid interactions and the ion-atom collisions (or more broadly the atomic collision processes). The latter will be treated in some detail in the followings. As regards the ion-solid interactions, the requirements are very high for the fusion reactor materials in general, including the interactions concerned (cf. e.g. the "first wall" effects). The literature on the related effects and phenomena is rather rich, here only the Proceedings of the Second Conference on Surface Effects in Controlled Fusion Devices are referred.[8]

It seems to be quite proper here to emphasize the importance of the high vacuum in all these devices. The 10^{-5} torr is a minimum requirement[7] but a 10^{-9} torr or better as a background pressure is not an uncustomary requirement in this field.

2. The role of atomic collisions in the controlled fusion devices

2.1. Magnetic confinement. Most of the efforts for the realization of controlled thermonuclear processes have been applied to devices with magnetic confinement (tokamaks, magnetic mirrors etc.). In the following some of the most important processes in these devices will be shortly surveyed. Here the atomic collision phenomena are playing an important role. To design and control all these processes in the devices, the knowledge of the cross-sections and other features of the atomic collision interactions and the mechanism of them (e.g. ionization, excitation, charge changing, stripping etc.) is indispensable. (See e.g. ref. 7 and 9-11.)

2.1.1. Energy and particle loss. In the plasma there are heavy ion (from carbon to tungsten) impurities first of all due to the plasma-wall interactions, and their collision processes are one of the main reasons of energy losses and so cooling the plasma.

Thus, electron transfer from highly ionized impurity ions in charge exchange processes

$$Z^{n+} + H^{+} \rightarrow Z^{(n+1)+} + H$$

leads to radiation emission from the excited states of the impurity ion with particle losses (H) at the same time, because the neutral hydrogen atoms will escape from the magnetic confinement. The recombination and bremstrahlung processes are also of high probability in case of impurities of higher atomic number. It is interesting to mention that the presence of 0.1 % W impurity in the plasma increases the value of the product $n_e\tau_E$ needed to the ignition by nearly an order of magnitude (n_e=electron density, τ_E=energy confinement time)[11].

Similarly, energy and particle loss originates from the collision processes of alpha particles emitted in the deuterium-tritium nuclear fusion reaction.

2.1.2. Plasma heating. In addition to the ohmic heating mechanism of the plasma, it is indispensible to use another heating, too. The injection of a fast neutral beam of the necessary hydrogen isotopes (or molecules of them) seems to be the most appropriate. In this case the fast neutral atoms will be ionized by the following processes

$$H\ (\text{fast}) + H^{+}\ (\text{plasma}) \begin{cases} \rightarrow H^{+}\ (\text{fast}) + H\ (\text{slow}) \\ \rightarrow H^{+}\ (\text{fast}) + H^{+}\ (\text{slow}) + e \end{cases}$$

and so the energetic particles (hydrogen-ions) are trapped in the plasma.

It is obvious that the high cross section of interactions with impurity ions (of. 2.11) decreases the effectivity of this type of heating.

In the production of these heating beams, a lot of other atomic collision processes are involved including electron projectiles, hydrogen molecular ions (H_2^+, H_3^+), negative ions (H^-) etc.

2.1.3. Plasma fueling. A problem still to be solved in thermonuclear devices is the supply of fuel to the plasma. It is envisaged to be managed by injecting neutral atomic-molecular beams into the plasma.

The atomic and molecular collision processes involved here are about the same as those at plasma heating (cf. 2.12) except first of all the lower beam energy.

2.1.4. Diagnostics of the plasma. In plasma diagnostics data are acquired for spatial distribution of electron-ion density, of temperature, of electric and magnetic fields etc. Similarly, information is received here on the ionisation state of the plasma, on the impurities etc.

To attain this aim, light and X-ray spectra from the plasma are observed and the knowledge of the corresponding transition rates is indispensable.

The other applied method here, the usage of hydrogen and heavy ion beams as probes or laser beams. By the study of the phenomena of electron capture at H^+ ion beams values of plasma temperature and those for spatial ion densities can be acqured. At the same way.

$$Tl^{+} + H^{+} \rightarrow Tl^{++} + H^{+} + e$$

and similar processes at high energy heavy-ion beam probes, give information on the spatial distribution of absolute ion densities if the absolute cross section of the above type processes is known.

2.2. Inertial confinement. Although in the majority of the devices for controlled fusion processes the magnetic confinement is applied, a progress

also was attained at the other approach where a ^2H - ^3H pellet is compressed and heated by irradiation with the light of a powerful laser source from all sides (inertial confinement).[6,7,10,11] The system works in pulsed operation.

Recently, however, more and more efforts are made for inertial confinement by charged particles: electrons, protons and heavy ions.[12,13] Special, high intensity accelerators are designed for this aim.[14,15] Not long ago a whole vorkshop was devoted to this latter topic in Berkeley.[16]

It is quite clear that the atomic collision processes have an important role also in the inertial confinement approach. It is quite natural that complicate collision processes take place in the pellet and around it not only in the case of compression and heating by charged particle beams but even at the application of laser light.

In the high current heavy-ion beams e.g. the

$$Z^+ + Z^+ \rightarrow Z + Z^{2+}$$

type processes occur and so results loss in the ion beam.

In diagnostics of the plasma in inertial confinement, the situation is similar to that in magnetic confinement. E.g. the analysis of the radiations from heavy ion impurities is very informative for data on density, temperature and charge state. The profile of spectrum lines from impurity atoms give a possibility to determine the magnetic field strength.[9,11]

2.3. Impact energies of collisions in thermonuclear devices. Practically no mention has been made on the impact energy regions of the atomic collisions concerned, in the earlier two sub-sections.

The most important collision energy region at magnetic confinement approach (and this is also important in the case of inertial confinement too) is that from about several hundreds eV to several hundrede keV, except He for which data up to 5 MeV impact energies are interesting.[9, 17-19]

There is a tendency, however, towards the higher collision energies involved not only in inertial but even in magnetic confinement approach. It is well known today e.g. that in practical fusion reactors with magnetic confinement the energy of the beams injected into the plasma for heating and fueling should be rather higher than the present range.[10] In a recent data request[20] e.g. for

$$H^+, H_2^+, H_3^+ + H_2 \rightarrow H^- + \ldots$$

and similar processes, the cross sections are requested for 0.1 eV - 2 MeV impact energy region.

In the case of inertial confinement by charged particle beams, however, the beam energies are for electrons and protons in the MeV region, but they are for heavy ions in the much higher range.[12,13] (The beam currents are very high here - in 100-0.01 MA region).

3. Some related results in ATOMKI

In Debrecen several measurements have been carried out on atomic collisions in the higher impact energy region. Some of them will be introduced here shortly.

3.1. Electron impact inner shell ionization. A number of studies with electron impact ionization in the 60-600 keV region were performed to determine K-, L- and M-shell ionization cross sections, X-ray intensity ratios and angular distributions of the X-rays (e.g. ref. 21-25). (Angular distributions were also investigated at H^+ and He^+ impact.[26]) In Fig. 1 the K-shell ionization cross-section is shown as a function of the target atomic number for two impact energies. Such kind of information might be useful in the inertial confinement by means of electron beams.[12,13]

3.2. Inner shell ionization by heavy ion projectiles of medium energy. Protons, alpha particles[27] and different ions of lighter elements were also used in our atomic collision studies. Some results of the recent measurements will be reported here shortly.

3.2.1. K-shell X-ray production by N^+ bombardment. For light elements from Ti to Ge, the K_β/K_α intensity ratios and the energy shifts for these lines were measured and interpreted at 2.8 MeV bombarding energy of N^+. The shift of X-ray wavelength provide information - among others - on ionization/recombination relationships in the plasma.[9] Fig. 2 shows the energy shifts of K_β X-rays in a scaled plot where both the bombarding energy of the projectile and the atomic number of the target are included in the values of the abscissa. Our data (designated by the indication of the error bars) are these measured at the lowest region of the medium range of the impact energy up till now. The analysis of the experimental data from the present study shows that the average number of vacancies on L- and M-shell simultaneously with K-shell ionization is 1.0 and 2.5 for Ti, and 0.5 and 1.5 for Cu, respectively under the conditions in this study.

3.2.2. L-shell X-ray production by H^+, He^+, C^+, N^+, O^+ impact. The L X-ray production cross sections, the intensity ratios of the L X-rays, as well as L subshell ionization cross sections were determined for Au target in the impact energy range from 0.4 - 3.4 MeV. In Fig. 3 the total L X-ray production cross sections are shown compared with two theoretical calculations. Similar data might be useful for the estimation of plasma cooling by the presence of impurities in the plasma and for plasma diagnostics.[9,16,18,19]

3.3. Electrons from atomic collision processes. In the measurements reported here up till this point, the X-rays from the collision processes were detected and analysed. For electrons from simple colliding systems (H^+, H_2^+, $He^+ \rightarrow H_2$, He) investigations were performed in Debrecen in the last years[30], partly in collaboration with Frankfurt/M University[31].

Recently however, a special new low energy electron spectrometer[32] has been constructed for the study of the spectra of electrons at thirteen different angles at the same time. An example of this series of spectra is shown in Fig. 4. Such data can be interesting in the solution of problems in connection with plasma heating and fueling, as well as in diagnostics (cf. e.g. ref. 9, 10 and 18).

The special electron spectrometer mentioned above is being used now to investigate high energy ion-atom collision processes in the beam of the heavy ion cyclotrons of JINR, Dubna[33].

References

1. "Nuclear Energy and the Environment". UN Economic and Social Council, EP/CE.4R.27/Add.1, 26 April 1979
2. L. B. McGown and J. O'M. Bockris, "How to obtain abundant clean energy". Plenum Press, New York, London, 1980
3. D. Bodansky, Science, 207, 721, 1980
4. "Solar 2000". US Environment Programme. UNEP Report 8 (1979). Nairobi, March 1979
5. R. S. Pease, Phys. in Technology, 18. 144, 1977
6. P. L. Kapitza, Science, 205, 959, 1979
7. G. L. Kulcinsky, Contemp. Phys., 20, 417, 1979
8. "Surface Effects in Controlled Fusion Devices". Proc. 2nd Conf. Surface Eff. Contr. Fusion Devices. San Francisco, 16-20 February, 1976. (Ed. W. Bauer, C. R. Fingeld, M. Kaminsky). North Holland Publ. Co. Amsterdam, 1976

9. A. Lorenz, J. Phillips, J. J. Schmidt and J. R. Lemley, INDC /NDS/-72/LNA. IAEA Nuclear Data Section, Vienna, January 1976
10. H. B. Gilbody, Adv. in Atomic and Molecular Phys., 15, 293, 1979
11. D. Palumbo, Physica Scripta, 23, 69, 1981
12. J. D. Lawson, ATOMKI Közlemények, 21, 195, 1979
13. T. F. Godlove, IEEE Transactions on Nuclear Sci. NS-26 2297 1979
14. A. Faltens, D. Keefe and S. S. Rosenblum, IEEE Transaction on Nuclear Sci., NS-28 1335 1981
15. W. L. Talbert, Jr. and G. A. Sawyer, IEEE Transactions on Nuclear Sci., NS-28 1331, 1981
16. Proc. of the Heavy Ion Fusion Workshop, Berkeley, Calif. Oct. 29 - Nov. 9., 1979. (Ed. Herrmannsfeldt). Lawrence Berkeley Lab., Berkeley, Calif. and Stanford Linear Accelerator Center, Palo Alto, Calif., 1980
17. R. K. Janev and L. P. Presnyakov, Phys. Reports, 70, 1 1981
18. International Bulletin on Atomic and Molecular Data for Fusion IAEA, Vienna, No 10. p. 36, 1979
19. K. Katsonis and R. A. Langley, "Proposal for a Coordinated Research Programme, Atomic Collision Data for Diagnostics of Magnetic Fusion Plasmas". IAEA, Vienna, November 1980
20. International Bulletin on Atomic and Molecular Data for Fusion, IAEA, Vienna, No. 16. p. 35. 1981
21. D. Berényi, G. Hock, S. Ricz, B. Schlenk and A. Valek, J. Phys. B: Atom. Molec. Phys., 11 709 1978
22. B. Schlenk, D. Berényi, S. Ricz, A. Valek and G. Hock, J. Phys. B: Atom. Molec. Phys. 10 1303 1977
23. J. Pálinkás and B. Schlenk, Z. Physik A, 297 29 1980
24. J. Pálinkás and B. Schlenk, J. Phys. B: Atom Molec. Phys., 13 1831 1980
25. J. Pálinkás, B. Schlenk and A. Valek, J. Phys. B.: Atom, Molec Phys. 12 3273 1979
26. J. Pálinkás, L. Sarkadi and B. Schlenk, J. Phys. B.: Atom. Molec. Phys. 13 3829 1980
27. E. Koltay, D. Berényi, I. Kiss, S. Ricz, G. Hock and J. Bacsó, Z. Physik, A 278 299 1976
28. T. Mukoyama, L. Sarkadi, D. Berényi and E. Koltay, J. Phys. B: Atom. Molec. Phys. 13 2773 1980
29. L. Sarkadi and T. Mukoyama, J. Phys. B: Atom. Molec. Phys. 13 2255 1980
30. A. Kövér, S. Ricz, Gy. Szabó, D. Berényi, E. Koltay and J. Végh, Phys. Lett., 79A 305 1980
31. J. Schader, H. J. Rischkorn, P. Koschar, R. Lutz, J. Pfenning, K.-O. Groeneveld, D. Berényi, A. Kövér and Gy. Szabó, Book of Abstracts. Part II. Europen Conf. on Atomic Phys., Phys. Inst., Heidelberg Univ., Heidelberg, 1981, p. 820.
32. D. Varga, J. Végh, Á. Kövér, S. Ricz and A. Domonyi ATOMKI Közlemények, 23 40 1981
33. D. Berényi, "Ion-Atom Collisions of High Energy" Invited papers at the International Seminar on High Energy Ion-Atom Collision Processes, Debrecen, 17-19 March, 1981. (Ed. D. Berényi and G. Hock). Elsevier-Academy, Amsterdam - Budapest, 1981. p. 131

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. K-shell ionization cross sections for $_{26}Fe$, $_{27}Co$, $_{28}Ni$, $_{29}Cu$, $_{34}Se$ and $_{39}Y$ in case of two impact energies. The curves are the results of different calculations (figure taken from ref. 21 and see details there).

Fig. 2. Energy shifts of K_β X-rays ($\Delta E\beta$) as a function of the reduced energy (figure from ref. 28; see details there). Values determined in ATOMKI are indicated by error bars.

Fig. 3. Total L X-ray production cross sections for different bombarding ions (figure from ref. 29; details in ref. 29).

Fig. 4. Spectra of electrons from He^+ (3.2 MeV) - Ar collision at differnt emission angles.

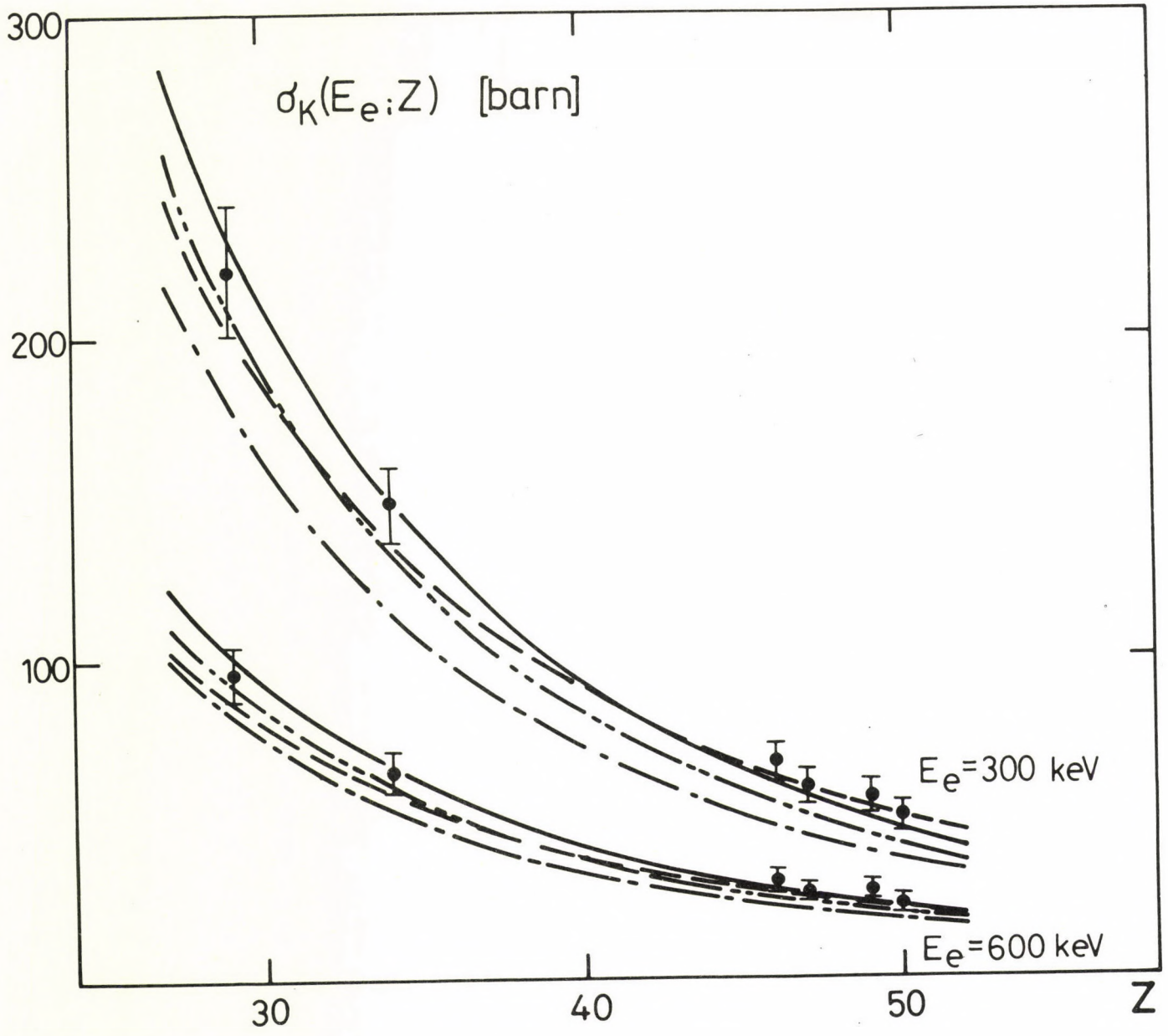


Fig.1.

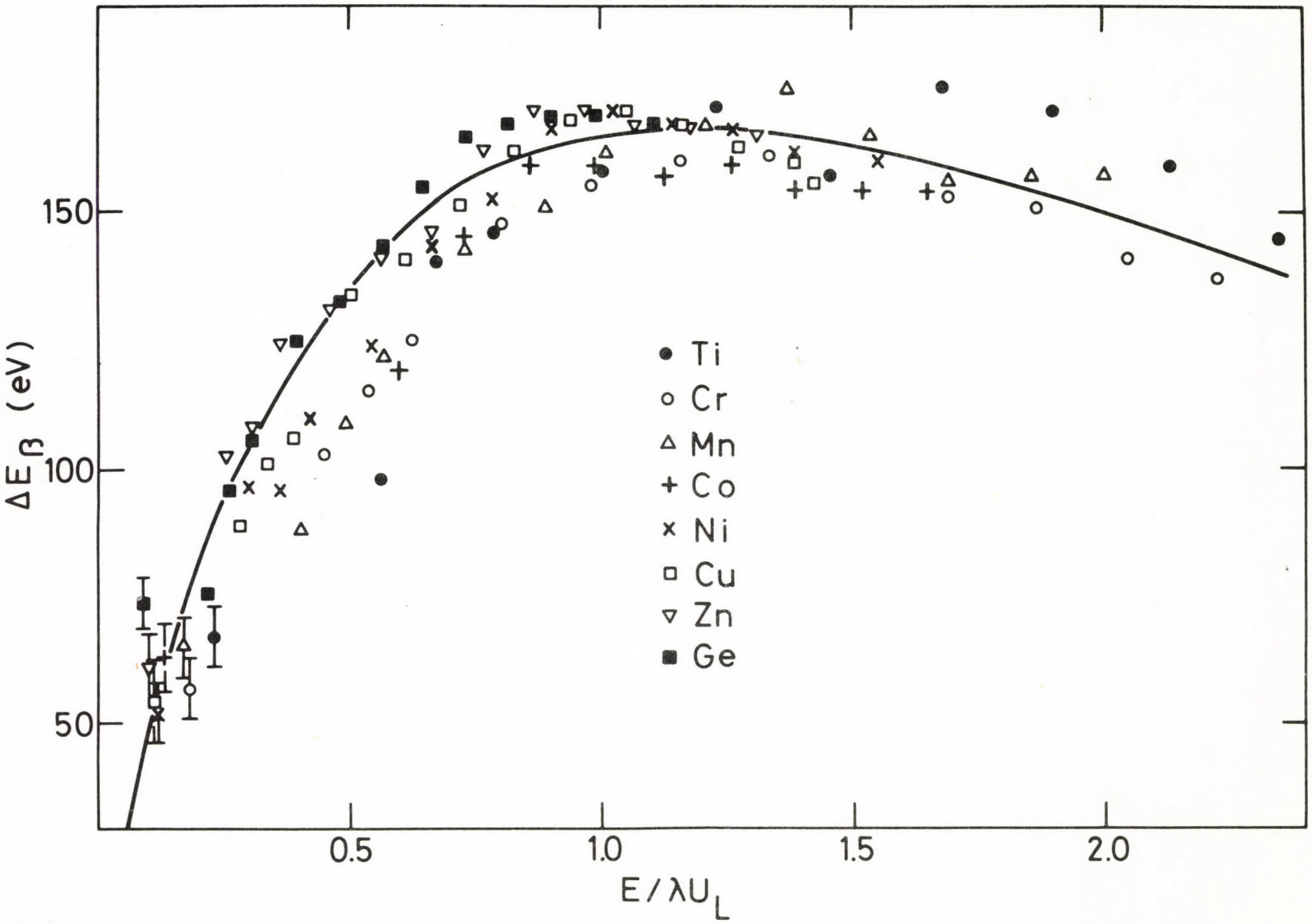

150
100
50
ΔE_β (eV)
0.5
1.0
1.5
2.0
$E/\lambda U_L$
Ti
Cr
Mn
Co
Ni
Cu
Zn
Ge

Fig. 2.

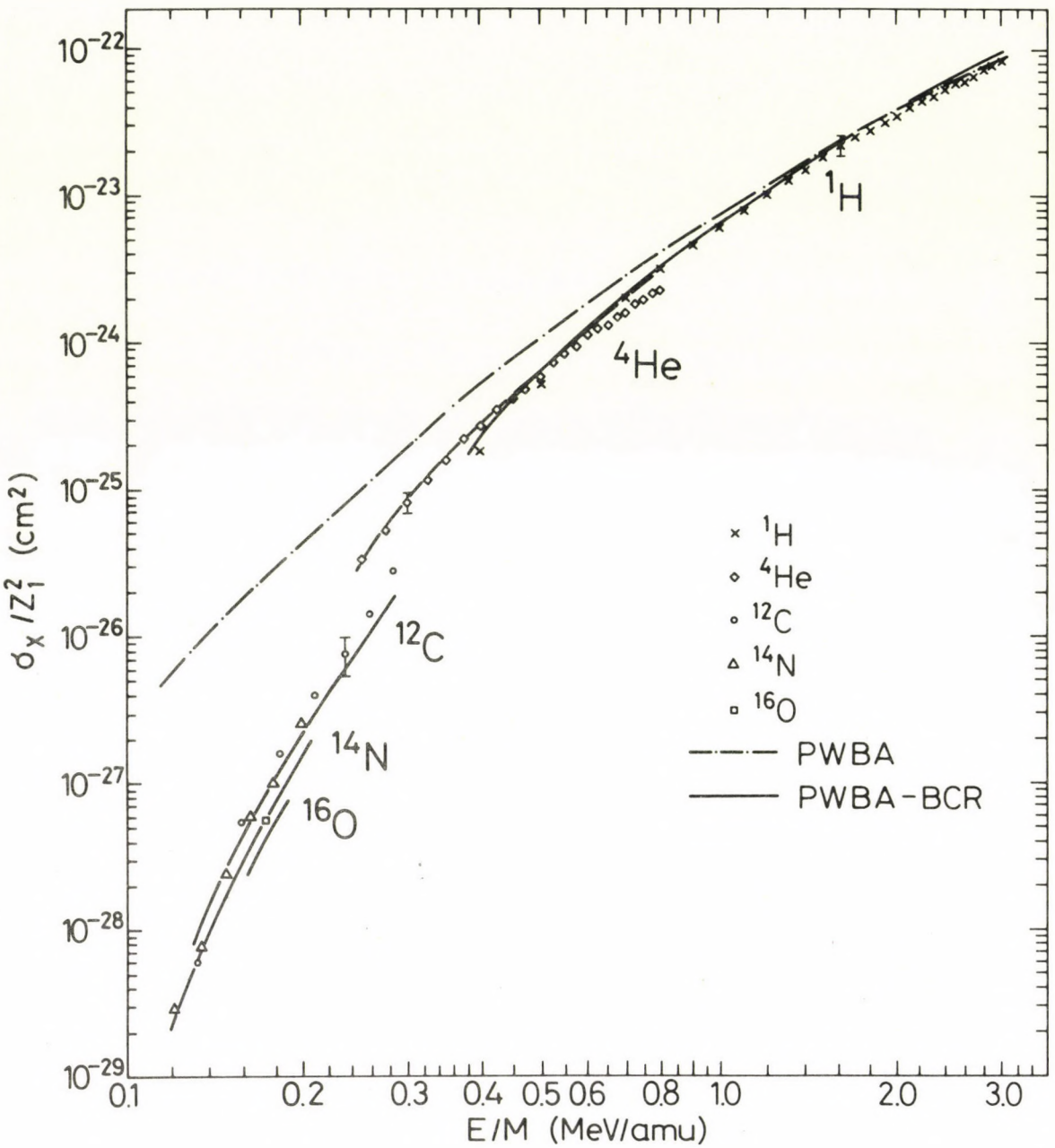

10^{-22}
10^{-23}
10^{-24}
10^{-25}
10^{-26}
10^{-27}
10^{-28}
10^{-29}
σ_x / Z_1^2 (cm²)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.8
1.0
2.0
3.0
E/M (MeV/amu)
^{1}H
^{4}He
^{12}C
^{14}N
^{16}O
PWBA
PWBA-BCR

Fig. 3.

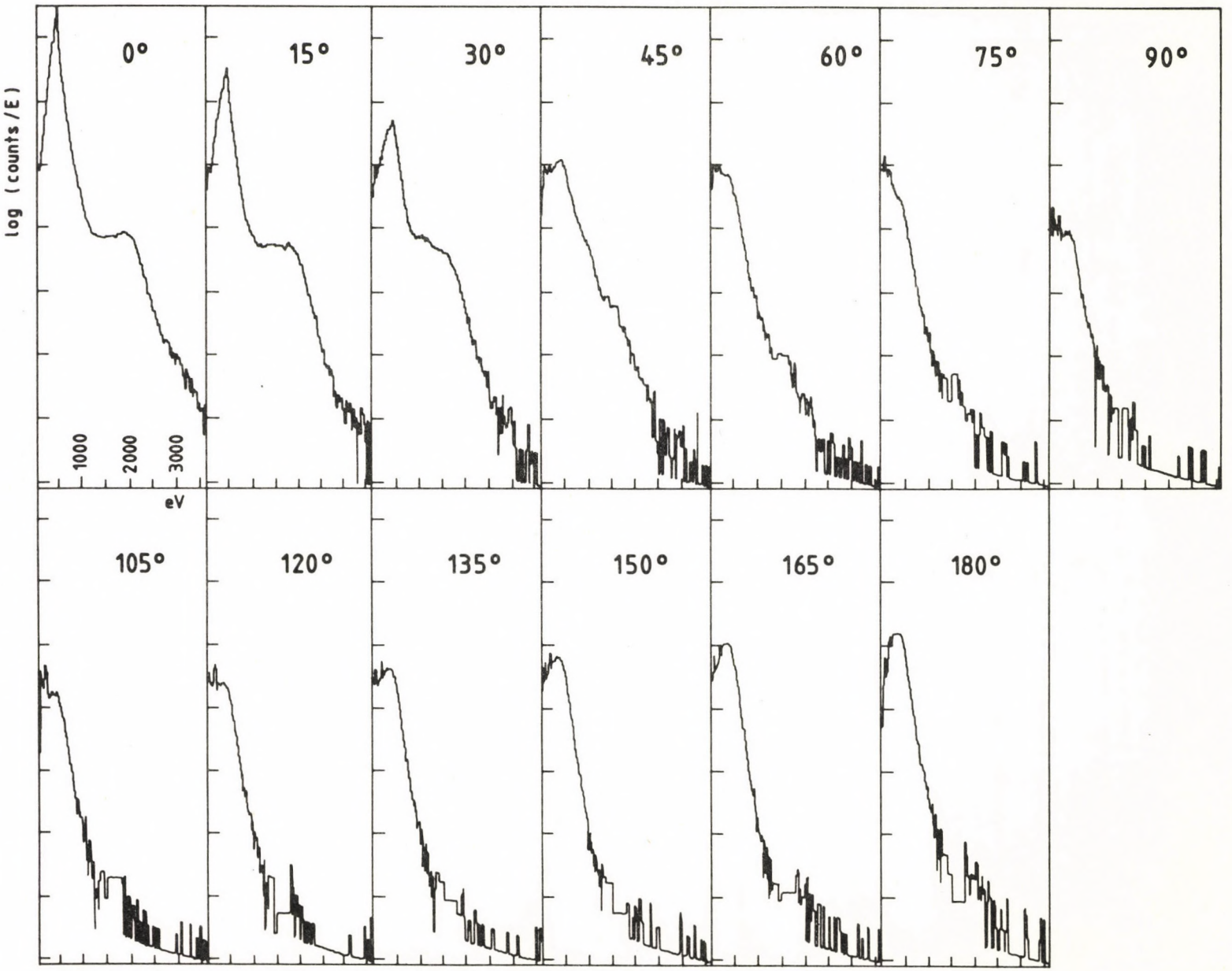

log (counts/E)
0°
15°
30°
45°
60°
75°
90°
1000
2000
3000
eV
105°
120°
135°
150°
165°
180°

Fig. 4.

ATOMKI REPORT E/1 (1983)

DETERMINATION OF NUCLEAR LEVEL LIFETIME ON THE BASIS OF THE LSS ANALYSIS OF DOPPLER BROADENED γ-LINES

B. NYAKÓ, GY. SZABÓ, Á. Z. KISS

Institute of Nuclear Research of the Hungarian Acad. of Sci. (ATOMKI), H-4001 Debrecen, Hungary

Abstract

A FORTRAN programme is presented for deducing level lifetimes on the basis of fitting Doppler-broadened γ-lines by using the LSS stopping theory as introduced by Lindhard, Scharff and Schiott and modified by Blaugrund.

1. Introduction

The determination of the lifetime of excited nuclear states through Doppler shift attenuation (DSA) is based on the measurement and evaluation of the energy shift observed in the γ-radiation emitted during the decay of the level.

In the case of measurements on the centroid shift of the gamma line, performed at a number of detection angles, the lifetime τ can be derived from a comparision of the experimental $F_e(\tau)$ value with a calculated function $F(\tau)$ [1]. A computer code developed for the calculation of $F(\tau)$ functions has been published in our earlier paper [2].

The broadening of the gamma line appears in the cases when the lifetimes of the corresponding excited levels are similar to the slowing down time of the recoil nuclei. In such cases the lifetimes can be derived through a theoretical shape analysis of the broadened lines, provided by a gamma spectrometer of high energy resolution, used during the measurements. For this type of evaluation to be described in the present paper a single detection angle close to the recoil direction should be selected.

The accuracy of lifetime determination, based on the DSA method, is mainly determined by the correctness of the theory used in describing the slowing down procedure. The treatment given by Blaugrund [4] in the frame-work of the theoretical description developed by Lindhard, Scharff and Schiott [3] makes use of the average value of the large angle scattering of the recoiling ions in calculating the Doppler shifts. The accuracy of the results obtained in this way are estimated to be about 20 % depending on the actual target+backing systems as well as on the recoil velocities. The inaccuracies are mainly arising from the limitations in the description of the nuclear stopping and in the approximate treatment of the scattering processes. In order to get free from most of the difficulties in this respect, Monte-Carlo (MC) calculations are often used in generating $F(\tau)$ functions and broadened line-shapes (see e.g. [5]). Systematic comparisions of line shapes calculated by the Blaugrund and Monte-Carlo methods led several authors to the conclusion [5,6] that the strong differences obtained at low

recoil velocities - where Blaugrund values can be as low as 50 % of the actual ones - are disappearing for higher velocities.

In the present paper a FORTRAN program is described which fits the calculated line shapes to the experimental ones. The slowing down process is treated following the formalism of Blaugrund. Short calculation times, compared to those typical for the Monte Carlo programs, make this type of calculations very useful mainly in the case of higher recoil velocities where good accuracies can be reached. The physical conditions of the experiments to be performed in the energy region of a cyclotron would fully correspond to the above ruquirement.

2. The calculation of γ-line broadening

A Doppler shift is often observed in the energy of a gamma radiation emitted by an excited recoil nucleus during its slowing in the target layer and/or in its backing. The excited recoils decay statistically, when moving with a velocity $\beta(t)$, determined by the slowing down conditions. The corresponding energy shift of the unshifted energy can be written as

$$\Delta E_\gamma(t) = E_{\gamma 0}\beta(t)\cos(t) \qquad (1)$$

with $\beta(t)=v(t)/c$ where c is the velocity of the light, $\Theta(t)$ is the angle of the recoil nucleus at time t, with respect to the detector axis. The description of the γ-line broadening for a general case was given in the paper [7]. In this paper we limit the treatment for the time-dependent Doppler effect caused by the slowing down process. The gamma detector will be considered to be situated at zero detection angle and we neglect the small additional line broadening caused by the finite solid angle of the detector.

The time dependence of the energy can be given by using the equation (1), if the time dependent velocity is calculated from the slowing mechanism and taken $\beta(0)$ from the reaction kinematics. Both the absolute value and the direction of the initial velocity are uniquely defined in the radiation capture processes and near the threshold energies of endoerg reactions, where practically all recoils are moving in 0° direction. For other processes the 0° recoil direction can be fixed in concidence measurements, where γ-detection is gated by the signals obtained from a detector measuring light end products at an angle appropriately selected.

The time dependent velocity needed for calculating $\Delta E_\gamma(t)$ is deduced from the expression

$$\frac{d\varepsilon}{d\rho} = f_e\left(\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)_e + f_n\left(\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)_n \qquad (2)$$

given for the specific energy loss dE/dx in the LSS theory [3]. Here f_e and f_n are factors correcting inaccuracies in the treatment of the electronic and nuclear stopping, respectively. The dimensionsless ε and ρ correspond to the energy and length, respectively, and contain the transformation into center-of-mass system, too. Further dimensionless parameters introduced by Blaugrund [4] are v and ϑ, defined by the relations

$$\varepsilon = \frac{1}{2}\mathcal{M}v^2 \qquad\qquad v = \frac{d\rho}{d\vartheta}.$$

For the determination of $\Delta E_\gamma(t)$ the following ε-dependent functions are used:

$$t(\varepsilon) = \left(\frac{1}{2}\mathcal{M}\right)^{1/2} T \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} \frac{d\varepsilon}{\sqrt{\varepsilon}\,\frac{d\varepsilon}{d\varrho}} \quad ; \quad \beta(\varepsilon) = \frac{e^2}{\hbar c}\sqrt{\frac{2\varepsilon}{\mathcal{M}}} ;$$

$$\cos\theta(\varepsilon) = \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{A_2}{A_1} G(r) I(\varepsilon)\right] \qquad (3)$$

with the notations

$$\mathcal{M} = \frac{1.63 \cdot 10^3 A_1 A_2}{Z_1 Z_2 (Z_1^{2/3} + Z_2^{2/3})^{1/2} (A_1 + A_2)} , \qquad T = \frac{\hbar}{e^3} \frac{(A_1 + A_2)^2}{4\pi a^2 N A_1 A_2}$$

$$I(\varepsilon) = \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} \frac{(d\varepsilon/d\varrho)_n}{\varepsilon (d\varepsilon/d\varrho)} d\varepsilon$$

$$G\left(r = \frac{A_1}{A_2}\right) = \begin{cases} 1 + \frac{2}{3} r - \frac{7}{15} r^2 + 8 \sum_{n=3}^{\infty} \frac{(-r)^n}{(2n+1)(2n-1)(2n-3)} & \text{if } r < 1 \\ \frac{2}{3} + \frac{8}{15}\frac{1}{r} - 8 \sum_{n=3}^{\infty} \frac{(-1/r)^{n-1}}{(2n+1)(2n-1)(2n-3)} , & \text{if } r > 1 \end{cases}$$

In the above formulae

Z_i are the atomic numbers,
A_i are the mass numbers,
$i = 1$ and 2 stand for the recoil and stopping nucleus, respectively,
N is the number of stopping atom in 1 cm^3 volume,
e and m are charge and mass of the electron, respectively.

$$\varepsilon_0 = \varepsilon(t=0) , \quad a = 0.8853 (\hbar^2/me^2)(Z_1^{2/3} + Z_2^{2/3})^{-1/2}$$

$\cos\theta$ gives the average scattering direction resulting from the multiple scattering suffered by the recoil during slowing down.

The energy distribution of the γ-line under the above detection conditions (i.e. the number of decays in the energy interval ΔE_γ , $\Delta E_\gamma + d\Delta E_\gamma$) is given by the law of radioactive decay and equation (1). Using the expressions $t = t(\varepsilon)$ and $\Delta E_\gamma = \Delta E_\gamma(\varepsilon)$ the distribution function reads

$$\frac{dN[\Delta E_\gamma(\varepsilon)]}{d\varepsilon} = \frac{dN}{dt} \cdot \frac{dt}{d\varepsilon} \qquad (4)$$

with

$$\frac{dN}{dt} = -N_0 R(t)$$

Here N_0 denotes the number of excited recoils at t=0, R(t) is the decay law generalized for the case of additional feeding of the decaying state through levels other than the resonance one. $dt/d\varepsilon$ is given by (3). Part of the recoils will stopped at the time t_r; their decay contributes to the spectrum with the intensity $NP(t_r)$ at $\Delta E_\gamma \to 0$. The functions R(t) and

$P(t_r)$ are, according to [8]

$$R(t) = \frac{1}{\tau_1}\left\{ f_1^o e^{-t/\tau_1} + \sum_{i=2}^{n} f_i^o \frac{\tau_1}{\tau_i - \tau_1}\left(e^{-t/\tau_i} - e^{-t/\tau_1}\right),\right.$$

$$P(t_r) = \sum_{i=1}^{n} f_i^o e^{-t_r/\tau_i} + \sum_{i=2}^{n} f_i^o \frac{\tau_1}{\tau_i - \tau_1}\left(e^{-t_r/\tau_i} - e^{-t_r/\tau_1}\right)$$

with

$f_i^o = N_o^i / N_o$ denoting the contribution of the levels with lifetime τ_i to the generation of the investigated bound level with τ_1 lifetime.

The function to be compared with the experimental lineshape is given by the convolution of equation (4) with the spectrometer function f_s characteristic for the actual detector response

$$N(\Delta E_\gamma) = \int_{\varepsilon_o}^{\varepsilon} \frac{dN[\Delta E_\gamma(\varepsilon)]}{d\varepsilon} f_s[\Delta E_\gamma - \Delta E_\gamma(\varepsilon)]\, d\varepsilon +$$

$$+ N_o P(\varepsilon_r) f_s[\Delta E_\gamma - \Delta E_\gamma(\varepsilon_r)]$$

where ε_r denotes the energy corresponding to t_r.

3. Program FTVON

The program FTVON and the FORTRAN code of overlay structure represent the extension of the earlier code FTAV [2] to the calculation of Doppler broadened lineshapes. The approximate formulae used for the electronic and nuclear stopping as well as the target-backing combinations are treated in [2].

The function (6) generalized for (multilayer target - single layer backing) combination is given as

$$N(\Delta E_\gamma) = \sum_{k,t,h=1}^{m} B\left\{ \sqrt{\frac{M_{t,h}}{2}}\, T_{t,h} \int_{\varepsilon_o,\varepsilon_k}^{\varepsilon_k,\varepsilon_r} \frac{R_{t,h}(\varepsilon,\tau_i)}{\sqrt{\varepsilon}\; d\varepsilon/d\rho} f_s[\Delta E_\gamma - E_{\gamma o}\beta(\varepsilon)\cos\theta(\varepsilon)]\, d\varepsilon + \right.$$

$$\left. + P(\varepsilon_r^k, \tau_i) f_s(\Delta E_\gamma - \Delta E_{\gamma o}) \right\}$$

where
- B is a normalization factor
- indices k,t,h refer to the serial number of the target layer, to the target and backing, respectively,
- ε_k denotes the energy of the recoil emitted from the k-th target layer when entering the backing,
- fs is the spectrometer function as described in [9].

For the determination of the lifetime τ_1 the program performs a fitting of the spectrum line given by the equation (7) to the experimental one by the minimization of the value given as

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{[Y_i - N(\Delta E_\gamma^i, P)]^2}{\sigma_i^2}$$

For this purpose the function (7) is linearized by a Taylor-expansion for the parameter vector $\underline{P} \equiv (\mathcal{B}, \tau_i)$ and the normal system of equation obtained from (8) is minimized for its solution vector $\delta\underline{P}$.

Because of the several order of magnitude difference between the parameters τ_i and $\mathcal{B}$, the convergence of the fitting procedure is slow. In order to speed up the convergence and to avoid the possible oscillations, a modified Newton-Gauss algorithm was used [10].

The integrations are performed by the trapezoidal formula, the values independent of the fitting steps are stored in arrays.

The parameters characterizing the background of the spectrum in the energy interval of the broadened line were obtained by fitting a linear function to the channel contents under and above the line. The minimization of (8) is then performed by comparing experimental values with calculated "lineshape+background" function. The maximum number of experimental points to be used is 130. The calculation time is greatly reduced if the generalized R(t) function given in (5) is replaced by the function

$$R(t) = \frac{1}{\tau} e^{-t/\tau}$$

representing the simple basic case. The typical calculation time is about 1 minute/target layer. (The accuracy of the results can be enhanced by increasing the number of the layers.)

The parameters characterizing the actual detection conditions are those present in the spectrometer function f_s (energy $E_{\gamma 0}$, energy resolution σ and tail parameter p) and in the energy calibration curve of second order. The parameter values can be obtained from a near-by gamma line uneffected by Doppler broadening [11]. The program also performs the operation of summing up spectra taken in different runs of the experiment provided that the above parameters are the same for the different cases.

For representing the effect of Doppler broadening at different lifetimes τ an example is given in Fig. 1.

The program works on a computer PDP-11/40 under the operation system RSX-11M.

4. Input data of the code FTVON

The input data are to be stored in card form according to the following descriptions in Table I. Notation "a" with the serial numbers refers to the optional use of the cards needed in the case of special values for other input parameters.

The spectra should be stored in binary files on the logical periphery LGC. As an example a set of output data of the code FTVON are shown.in Table II.

References

[1] Kiss Á.: ATOMKI Közl. 13 (1971) 121

[2] Nyakó B., Szabó Gy., Kiss Á.: ATOMKI Közl. 19 (1977) 327

[3] J. Lindhard, M. Scharff and H.E. Schiott, Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk. 33, No 14 (1963) 1

[4] A. E. Blaugrund, Nucl. Phys. 88 (1966) 501
[5] W. M. Currie: Nucl. Instrum. Meth. 73 (1969) 173
[6] W. G. Hanson and B. C. Robertson; Nucl. Instrum. Meth. 122 (1974) 447
[7] Nyakó B.: A Doppler-hatás mérése és kiértékelése magreakciókban (Egyetemi doktori értekezés). Debrecen, 1979. 3.1 fejezet
[8] E. J. Hoffman, D. M. van Patter, D. G. Sarantites and J. H. Barker; Nucl. Instrum. Meth. 109 (1973) 3
[9] Szabó Gy., Nyakó B., Kiss Á.; ATOMKI Közl. 19 (1977) 335
[10] G. C. Kossakes and N. Kyriakopoulos: IEEE Transaction on circuits and systems, CAS-24 (1977) 271
[11] Székely G.: ATOMKI Közl., 15 (1974) 355

Referee: E. Koltay

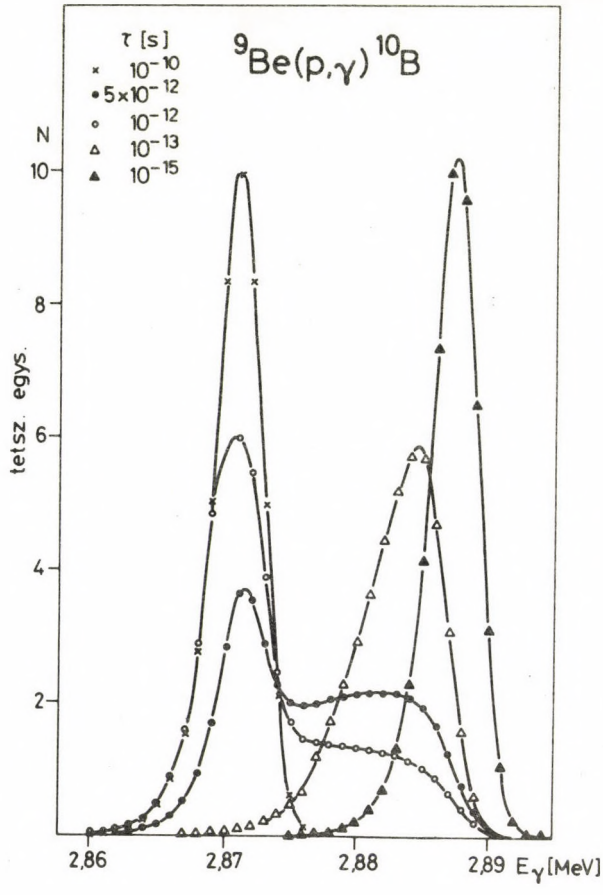


Fig. 1.

Table I. List of input cards to the code FTVON

Card No	Code	Variables Definition	FORMAT
1.	MOD	MOD=T lineshape; MOD=F(τ)-calculation	2L4
	KIN	KIN=T $\beta(o)$ from input card; KIN=F $\beta(0)$ calculated	
2.	EREZ	Resonance energy, MeV	8F10.6
	EX	level energy, MeV	
3.	E	bombarding energy, MeV	8F10.6
	Q	Q value	
	T1,T2, T3,T4	masses in the reaction $T_2(T_1,T_3)T_4$, AMU	
4.	AE, AN	f_e and f_n values for the target	8F10.6
	AEH,ANH	f_e and f_n values for the backing	
5.	VT, VH	thickness of the target and backing in g/cm^2	8F10.6
	ST, SH	density of the target and backing in g/cm^3	
6.	TO1	initial value of τ in sec.	8F10.6
	EGO,SI,P	values of $E_{\gamma o}$, σ and tail parameter p in the spectrometer function /ineffective when calculating F(τ) /.	
7,	IZ1	atomic number of the recoil	8I4
	IZH	atomic number of the backing	
	MH	mass number of the backing	
	IR	number of target layers	
	IN	= 0 nuclear stopping calculated as (7) in[2]	
		= 1 nuclear stopping calculated as (8) in[2]	
		= 2 nuclear stopping calculated as (9) in[2]	
	L1	the number of sorts of stopping atoms in the target	
	IY	the number of higher levels feeding the level investigated,	
8.-8a	M/I/	mass number of the I-th target component	8I4
	IZ/I/	atomic number of the I-th target component	
	L/I/	relative number of the I-th target component	
	I=1,..,L1	e.g.: for CaF_2 target LA=2; card 8. 40,20,1 card 8a. 19, 9,2	
9	Y(I) (I=1,..IY)	Lifetimes of the higher excited levels (see card 7)	8E10.2
10	YY(I) (I=1,..1Y)	Branching ratios corresponding to card 9.	8F10.6
11.a	BO	$\beta(o)$ value for KIN=T	8F10.6

11	LO, LV	the number of the first and last channel	8I4
	K1, K2	in the number of background points below and above the spectrum line	
	ISP	=1 or 2; number of spectra to be summed up	
	IFT	the shift of the second spectrum (if any) given in channel number	
12-12a	LGC, TW,	logical periphery and file name spectrum tag word	2(16A1)
13	PA(1)	initial value of normalization factor B	4F10.5
	QC,AC,CC	parameters for the energy calibration function E = QC x^2 + AC x + CC (with channel number x)	

Table II. List of output data from the code FTVON

```
 LASSITASI VONALALAK:

 DEPSRO FORMULA: BLAUGRUND

E-BOMBAZO:      E-REZONANCIA:  E-GERJESZTESI:      Q-0          Q-ERTEKEK:
  0.115000E+01    0.861800E+01    0.620350E+01    0.755070E+01    0.134720E+01

REAKCIO-TOMEGEK    0.100783E+01    0.130034E+02    0.259212E-02    0.140031E+02

Z-MEGLOKOTT MAG:    7 Z-HATLAP:   28 M-HATLAP :   59 RETEGSZAM:    5 OSZTOPONT: 401

 FEKEZOE ATOMOK     TOEMEGE: RENDSZAMA: SULYA:
                       13          6          1

 FIGYELEMBE VETT ATMENETEK:    1    ELETIDOEK  ELAGAZASI VISZONYOK:
                                  0.0000E+00          1.000000

             VASTAGSAG:          SURUSEG:          FE:              FN:
TARGETRE:   0.595000E-05   0.180000E+01   0.100000E+01   0.100000E+01
HATLAPRA:   0.100000E+02   0.890000E+01   0.100000E+01   0.100000E+01
BETA-0:     0.35604E-02
   0.11500E-12     0.38906E+01     0.16000E-02     0.11000E+01
       EPSO:             T:             RO:             AK:
  0.11680E+02    0.55384E-14    0.12118E-05    0.10418E-02
        AM:      NORMALT AM:          W:      ERTEKEK
  0.98129E+02    0.10000E+01    0.12318E+00
 0.29176E-01

HATOTAVOLSAG [MG/CM**2]:    0.444149E-04
   0.119000E-05     0.130412E-05     12
   0.238000E-05     0.249492E-05     22
   0.357000E-05     0.357083E-05     31
   0.476000E-05     0.477089E-05     41
   0.595000E-05     0.597570E-05     51
       EPSO:             TH:            RHO:            AK:
  0.11680E+02    0.15148E-13    0.33144E-05    0.20258E-02
       AMH:     NORMALT AMH:          WH:      ERTEKEK
  0.25951E+02    0.10000E+01    0.34999E+00
K1:NB1264.DAT TW:90126E+4
K1:NB1291.DAT TW:90129E+1
MITELESITES: 0.000000E+00*CH**2 +  0.788027E-03*CH +  0.121538E+01
```

Table II. Continued

CH11=	CHI=	NORM.CHI=
0.24553E+01	0.12031E+03	0.24552E+01

NORM.= 149.605

ENERGY	YIELD	TH.YLD	YD-TYD
3.87812	40.	51.24	-11.24
3.87891	59.	51.19	7.81
3.87970	55.	51.17	3.83
3.88049	54.	51.22	2.78
3.88128	43.	51.37	-8.37
3.88206	49.	51.71	-2.71
3.88285	68.	52.37	15.63
3.88364	62.	53.58	8.42
3.88443	76.	55.73	20.27
3.88522	78.	59.50	18.50
3.88600	76.	66.07	9.93
3.88679	106.	77.42	28.58
3.88758	131.	97.01	33.99
3.88837	183.	130.78	52.22
3.88916	195.	187.70	7.30
3.88994	241.	256.00	-15.00
3.89073	310.	306.28	3.72
3.89152	320.	318.62	1.38
3.89231	287.	296.13	-9.13
3.89310	241.	259.14	-18.14
3.89388	227.	226.65	0.35
3.89467	159.	206.01	-47.01
3.89546	187.	195.67	-8.67
3.89625	174.	191.64	-17.64
3.89704	184.	190.94	-6.94
3.89782	175.	192.03	-17.03
3.89861	190.	194.28	-4.28
3.89940	188.	197.59	-9.59
3.90019	185.	202.18	-17.18
3.90098	201.	208.64	-7.64
3.90176	248.	218.04	29.96
3.90255	247.	230.72	16.28
3.90334	235.	236.02	-1.02
3.90413	239.	219.78	19.22
3.90492	203.	181.17	21.83
3.90570	169.	133.02	35.98
3.90649	126.	91.81	34.19
3.90728	89.	65.81	23.19
3.90807	62.	53.36	8.64
3.90886	53.	48.73	4.27
3.90964	49.	47.34	1.66
3.91043	56.	46.95	9.05
3.91122	54.	46.80	7.20
3.91201	41.	46.69	-5.69
3.91280	53.	46.58	6.42
3.91358	35.	46.48	-11.48
3.91437	48.	46.37	1.63
3.91516	42.	46.27	-4.27
3.91595	44.	46.16	-2.16
3.91674	56.	46.06	9.94
3.91752	46.	45.96	0.04

0.13015E+00	0.14369E+13	0.11920E+30	
0.99853E+00	-0.11163E-01	0.99853E+00	
0.14960E+03	0.14960E+03	-0.12317E-03	0.37169E+00
0.11988E-12	0.11989E-12	0.25300E-02	0.34525E+15

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Az ATOMKI Közlemények a Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézetének riportjait gyüjti egybe, és negyedévenként jelenik meg. Terjeszti az ATOMKI Könyvtára (Debrecen, Postafiók 51, 4001). Tudományos intézetek és könyvtárak kiadványaikért cserébe vagy ellenszolgáltatás nélkül is megrendelhetik. Egyes számokat a Könyvtártól, egyes riportokat közvetlenül a szerzőktől (gyüjteményes riportok esetén a riportok szerkesztőitől) lehet kérni.

Szerkesztő Bizottság: Szalay Sándor elnök, Lovas Rezső titkár, Berényi Dénes, Cseh József, Csikai Gyula, Gyarmati Borbála és Medveczky László.

Kiadja a
Magyar Tudományos Akadémia
Atommagkutató Intézete

A kiadásért és szerkesztésért felelős
dr.Berényi Dénes, az intézet igazgatója

Készült az ATOMKI nyomdájában

Törzsszám: 21
Debrecen, 1983. március

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

Volume 25 / Number 1

CONTENTS

D. Berényi: Research on atomic collision processes and its importance for future energy sources 1

B. Nyakó, Gy. Szabó, Á.Z. Kiss: Determination of nuclear level lifetime on the basis of the LSS analysis of Doppler broadened γ-lines 13

539

HU ISSN 0004-7155

310 565

IV.

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

25. kötet / 2. szám

MTA
ATOMMAGKUTATÓ INTÉZETE, DEBRECEN / 1983

9

ATOMKI Riport X/1 (1983)

KUTATÓ INTÉZET, MINT ALKOTÓMÜHELY*

Berényi Dénes

A tudományos alkotómühely fő vonásai

Kétségtelenül van igazgaság abban, amikor a mai tudományos kutatást, a maga szervezetével, apparátusával együtt uj "iparágként" emlegetik. Hiszen, ha csak a létszámot tekintjük is, a kutató intézmények összes létszáma (kutatók és segédszemélyzet együttesen) hazánkban nincs nagyon messze a százezertől (beleszámitva az egyetemi és főiskolai kutatóhelyeket). De erre látszik mutatni a munkastilus is: nagy kisérleti berendezések, sokszor két, három müszakos kiszolgálással, és egyáltalán a munka szervezettsége, tervszerüsége: a különböző részlegek, csoportok fogaskerékként való kapcsolódása. A Nobel-dijas Kapica a vezető kutatót, egy-egy nagy kisérlet, vagy kisérlet-sorozat szervezőjét a filmrendezőhöz hasonlitja. És ez egyáltalán nemcsak a magfizikában, vagy az ürkutatásban van igy, de egyre inkább a természettudományos kutatás egész területén, sőt a társadalomtudományok számos ágában (pl. szociologia, régészet stb.) is. Másrészről a kutató intézmények nem ritkán az iparvállalatokkal szoros kapcsolatban vannak, sőt maguk is bekapcsolódnak a termékgyártásba (müszerelőállitásba). Nem hiába kesergett Szilárd Leó a neves magyar származásu fizikus is azon, hogy a fizika "nagyméretü vállalkozássá fejlődött". "A harmaincas évek fesztelen hangulatu fizikáját szerettem," - jelentette ki - "amikor kigondoltam egy kisérletet ma, és másnap már végre is hajthattam. Az én neutronforrásom egy csipetnyi berillium volt rádiummal keverve, egy hosszu üvegpálca végén. Bejöttem a szobába, eltartottam a sugárforrást a testemtől, s ezt mondtam: Jól van fiuk! És milyen kisérletet végzünk legközelebb?"

Bármennyi igazság is van a modern tudományos kutatás "iparszerü" felfogásában, a lényeg mégis máshol van. Tul minden felszerelésen és megelőzve minden szervezettséget: a kutató intézet mindenek előtt elhivatott kutatók alkotó közössége. E nélkül lényegében holtak a berendezések és minden tudományszervezés csak üresjárathoz vezet. A tervek és az eredmények közös megvitatása, az intézeten belül kialakult tudományos fórumok, szemináriumok rendszere, de főleg az életképes kutatócsoportok kialakulása - amelyek a kutatómunka igazi sejtjei és amelyek eredményes müködéséhez az intézetnek az optimális szubsztrátumot kell biztositania - teszik a kutató intézetet valójában alkotó mühellyé. Ezen tulmenően kétségtelenül nagyon fontos szerepe van a könyvtárnak, az ebben megtalálható könyv, de főleg folyóiratállománynak. Az intézet külső kapcsolatai: együttmüködése bel- és külföldi kutató intézményekkel, az intézet munkatársainak részvétele nemzetközi tudományos konferenciákon, az intézetben dolgozó vendégkutatók és a hosszabb- rövidebb kiküldetések jelentik a tudomány élő áramába történő bekapcsolódást. Az elszigetelődés biztos lemaradást, értelmetlen energiapazarlást jelent. Pl. külön "magyar" tudomány, mondjuk "magyar fizika" nincs. Ez utóbbi azt jelentené, hogy bizonyos eredményeket később és pontatlanabbul produkálunk (reprodukálunk!). Értelme csak olyan kutatásnak és eredménynek van, amelyik a természetre, a természet jelenségeire vonatkozó

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

---

* A cikk az Alföld cimü folyóiratban is megjelenik.

tudásunkat bármilyen kis lépéssel, de világméretben előre viszi. Hiszen tudományos eredménynek valójában csak azt lehet tekinteni, amelyet a tudományos közvélemény annak elfogad. Ezért az elfogadásért szóban és irásban, folyóiratokban, konferenciákon és személyes vitákban persze sokszor nagyon, sőt "véresen" meg kell küzdeni. De ezt "megspórolni" nem lehet. Ha az "eredményt" valaki beteszi a fiókjába és évek mulva, - amikor más már megküzdött a szóban forgó eredmény elfogadtatásáért - előveszi, mondván, hogy övé az elsőbbség, ez majdnem szánalmas dolog. Aki - bármilyen kis lépéssel is - , de ténylegesen hozzájárult az egyetemes tudomány, a természet jelenségeire vonatkozó ismereteink előreviteléhez, azé az eredmény és az érdem.

A tudományos alkotómühely vonásainak elemzésénél a szálak mindjárt elég messzire vezettek. Talán az is megbocsátható, hogy a kérdéseket a természetkutató, közelebbről a fizikus szemszögéből nézem. Ettől, ha akarnék, se tudnék teljesen megszabadulni, de ugy gondolom ez nem is szükséges, mert ebből a szemszögből is nagyon sok olyan megállapitást lehet tenni, ami nagyon is általános érvényü. A másik "háttér-információ", amit mindjárt itt az elején meg kell adnom, helyesebben be kell vallanom, hogy nem egy vonatkozásban - e sorokat irva - intézetünk: az ATOMKI (MTA Atommagkutató Intézete), annak tapasztalatai lebegtek szemeim előtt, még akkor is, ha sok tiz, vagy akár száz más kutató intézmény életébe volt módomban beletekinteni, sőt részben munkájában részt is venni.

Végül még egy vonást hadd emlitsek meg itt: a hagyományokat. A kutatóintézet még nem alkotómühely, amikor bizonyos számu státuszt megnyitnak és betöltenek, még akkor se ha felszerelésben nincs hiány. Ki kell alakulnia egy sajátos atmoszférának, kezdetét kell vegye egy, a kutatóhely sajátos "arcélét" megadó "szerves" fejlődés, amely alkotómühellyé, sőt tudományos iskolává érleli a "státuszokat" és berendezéseket. Nem kétséges, hogy ebben a folyamatban alapvető szerepe van a kivételes, iskolateremtő kutatói egyéniség(ek)nek és a más alkotómühelyekkel való kapcsolatoknak, azok hagyományaiból való meritésnek, az arra való támaszkodásnak. A tehetségek felismerése, kiválogatása, ezek nevelése, számukra a megfelelő "kifutás" biztositása szintén alapvető fontosságu a "mühely" szempontjából és - bár ez a megállapitás "curculus vitiosus"-ként hat - ugyanakkor ez a tudományos mühelylyé formálódás feltétele is. Erről a későbbiekben még más vonatkozásban is szólunk.

Az sem kétséges, hogy éppen ez utóbbi vonatkozásban a fizika és konkrétan az ATOMKI igen szerencsés helyzetben van Debrecenben. Elsősorban Szalay Sándor iskolateremtő egyéniségére kell itt gondolni, de utalnunk kell az általa hozott Cambridge-i hagyományokra és nem lehet figyelmen kivül hagyni a Hatvaniig, Maróthyig visszanyuló debreceni kollégiumi hagyományt sem a fizikában.

A természettudományos kutatás gyökerei és alapvető módszerei

Ha a kutatóintézeti alkotómühelybe mélyebben be akarunk tekinteni, foglalkoznunk kell a természettudományos kutatás mozgató rugóival. Alapvető emberi igényekről van itt szó. Az ember meg szeretné ismerni és meg szeretné érteni az őt körülvevő valóságot.

Az emberiség történelme folyamán - a gyakorlati élet felvetette mindennapi kérdéseken tulmenően - elsősorban olyan nagy, átfogó kérdésekre akart feleletet kapni még filozófiai - tudományos vizsgálódásai során is, mint az anyag mibenléte, a világmindenség keletkezése és kialakulása és hasonlók.

A mintegy háromszáz éves természettudomány merőben más uton indult el. A legegyszerübb jelenségek pontos megfigyelését tekintette elsőrendü feladatának. Hogy esik a golyó, hogy gurul a kerék, mi történik az eldobott kővel? Megfigyelt, mért, kisérleteket végzett. Igaz, hogy egyszerü jelenségek-

kel foglalkozott, de nem elégedett meg általánosságokkal, kvalitativ megállapitásokkal.

És ez az "egyszerü" ut igen messzire vezetett. Már viszonylag hamar olyan távolinak látszó jelenségekről, mint a kő esése és az égitestek mozgása, kimutatta, hogy ugyanazon erőhatás, a gravitáció következményei. Majd jöttek a további meglepetések, amikor az elektromosság, a mágnesesség és a fény mind ugyanazon jelenségeknek, nevezetesen elekromágneses jelenségeknek mutatkoztak. Kiderült, hogy ahol elektromos töltés mozog, ott mágnesség lép fel és ha a töltés gyorsul, vagy lassul: elektromágneses rezgés, amelynek a fény csak az egyik válfaja. Napjainkban pedig ugyanezen az uton jutottunk el a táguló világegyetemig, az ősrobbanásig és az anyagszerkezet bámulatos mélységéig.

De bármilyen messze jutottunk is el, az alap a természettudományokban (nemcsak a fizikában!) a pontos megfigyelés, a kisérletezés és a mérés maradt. Fizikusok között ez nem lehet kétség, vagy vita tárgya. "A fizika felépitése méréseken alapszik ..." - irja Planck. "Az összes okoskodásnak csakis a tapasztalat ad polgárjogot, s még a legcsalogatóbb gondolatokat is el kell vetnünk, mihelyt a tényekkel nincsenek összhangban" - hangsulyozza Einstein. Végül idézzük Max Bornt: "A fizikában a ‚tapasztalatok' müszerek elkészitéséből és mutatóállások leolvasásából állanak." "A legabsztraktabb elméletnek sincs egyetlen olyan állitása sem, amelyik végső soron ne megfigyelések közötti relációkat fejezne ki." A hasonló idézeteket nagyon sokáig lehetne még folytatni.

Az emlitett módszerekkel a természettudomány hihetetlenül kitágitotta látókörünket. Nemcsak arról van szó, hogy a csillagrendszerektől, feketelyukaktól és kvazároktól le az atomok és részecskék mikrovilágáig, a makrokozmosztól a mikrokozmoszig egy elképzelhetetlenül nagy és gazdag világot mutat meg nekünk. Sokkal inkább arról, hogy müszerei és módszerei segitségével messze tulmutat érzékszerveink közvetlen lehetőségein. A fényt észleljük szemünkkel, de tudjuk, hogy a látható fény az elektromágneses sugárzási spektrum elhanyagolhatóan kis része. Sugárözönben élünk: körülvesz bennünket a röntgensugár, a gamma-sugár, hirt hoznak a való világról a rádióhullámok, de ezekre nincsenek érzékszerveink. A denevér az ultrahang segitségével tájékozódik, de a mi fülünk nem érzékeli ezeket a levegő rezgéseket. Végigsimitjuk ujjunkkal az asztal lapját. Simának és folytonosnak észleljük. A simaság és folytonosság mögötti atomi világról érzékelésünk nem ad információt.

A természettudomány tehát soha el nem képzelt gazdag világra nyit ablakot, olyan valóságra, amelynek számos részlete akár évtizedekkel, sőt évekkel ezelőtt is teljesen ismeretlen volt számunkra. Legyen bár költő, vagy iró valaki, vagy egyszerü mindennapi ember, ha mindezekről nem vesz tudomást, szegényebb lesz, bezárja magát egy a valóságosnál szükebb világba.

Arról van-e tehát szó, hogy szembeállitsuk egymással a költészetet- müvészetet, a humán kulturát a természettudománnyal. Nem, erről szó sincs! A tudomány is, a legkülönbözőbb müvészetek is a környező valóságot ismerik meg a maguk módszereival. Kétségtelen azonban, hogy minél teljesebb képet erről a valóságról együttesen, egymást kiegészitve adnak. Egyik a másik nélkül csak csonka és semmiképpen sem korszerü képet tud nyujtani. Valahogy ugy van ez, ahogy Čapek irta: "Nekünk, embereknek a világegyetem egy darabkája adatott, hogy azt megismerjük; mélységeinek nem egyetlen uton gyürkőzünk neki. Szondázzuk cselekedeteinkkel, tudománnyal, költészettel, szerelemmel és vallással, különböző módszerekre van szükségünk, hogy megmérjük velük világunkat."

Hogy mit lát a költő és mit a tudós a világból, arra igen jó és - tegyük hozzá - pozitiv példa, ha összehasonlitjuk a Nobel-dijas fizikus,

Feynman gondolatait Tóth Árpád örökszép költeményével: a "Lélektől lélekig"-gel. "A kötők azt mondják - irja Feynman -, hogy a tudós elhatárolja magát a csillagok szépségétől - egyszerüen gázatomokból álló gömböknek tartja őket. Semmi 'egyszerüen'. Magányos éjszakákon én is látom a csillagokat és érzem szépségüket. Többet vagy kevesebbet látok-e, mint a költők? Az égbolt végtelensége kiterjeszti a képzeletemet, s mintegy csodahintón utazgatva, saját kis szememmel akár egymillió éves fényt is megláthatok a végtelen csillagrendszerben, amelynek én is része vagyok... talán az én testem anyaga éppenugy dobódott ki valamilyen elfelejtett csillagból, mint ahogyan lám, most is anyag lökődik ki ott, abból a csillagrobbanásból. De a Palomárhegyi nagyobb 'szememmel', a teleszkóppal még jobban megfigyelhetem a csillagokat, amint széditő sebességgel távolodnak valami közös kiinduló pontból, ahol valaha talán együtt voltak."
És most hadd idézzünk a kor szinvonalán álló, nagy müveltségü költőtől:
"Állok az ablak mellett éjszaka
S a mérhetetlen messzeségen át
Szemembe gyüjtöm össze egy szelid
Távol csillag remegő sugarát."
(Tehát a tudós is, a költő is felnéz a csillagos égre és elgondolkodik.)
"Billió mérföldekről jött e fény
Jött a jeges, fekete és kopár
Terek sötétjén lankadatlanul
S ki tudja, mennyi ezredéve már."

"Tanultam én, hogy általszürve a
Tudósok finom kristálymüszerén
Bús földünkkel s hús testemmel rokon
Elemekről ád hirt az égi fény."

"Óh, csillag, mit sirsz!
Messzebb te se vagy
Mint egymástól itt a földi szivek!
A Sziriusz van tőlem távolabb,
Vagy egy-egy társam, jaj, ki mondja meg?"

Tóth Árpád gyönyörü versének gondolatai nagyon jól összecsengenek a Feynmanéval. A költő is tudja, hogy testét ugyanazok az elemek alkotják, mint amiből a távoli csillagok felépülnek, de a csillagok távolságának az ismerete embertársai és közte, és egyáltalán az emberek közötti távolság gondolatához vezeti. A tudóst pedig örömmel és csodálkozással tölti el, hogy a müszerek "kipótolta" tökéletesebb szemével és értelmével időben és térben olyan messze lát, hogy az egészen az ősrobbanásig vezet. És mindezekbe a távlatokba maximum 70-80 éves kis életéből tud belelátni az ember a tudomány segitségével.

A költészet, müvészet és a tudomány gyökereiben, tehát alapvető célkitüzéseiben, de - állithatjuk - még legalapvetőbb munkamódszereiben sincs nagyon messze egymástól, sőt éppen ezek a gyökerek nagyon is közösek.

Ami a "munkamódszereket" illeti - talán sokan meglepődnek ezen -, a tudományos felfedezéseknél is a képzelet, a megérzés, az ihlet döntő szerepet játszik. "Sulyos, mégis gyakori tévedés azt hinni, hogy a tudományban egyedül a logika, valamint a meghatározott törvények megértése és helyes alkalmazása érvényesül. Hiszen a képzeletnek a tudományban is döntő szerepe van, méghozzá elsősorban a természettudományban. Igaz ugyan, hogy csak józan és gondos kisérletek során át juthatunk a tények felismeréséhez, de az elszigetelt tények egységes képpé rendezésekor nagyobb hasznát vesszük megérzé-

seinknek, mint a gondolkodásnak." Pauling a Nobel-dijas kémikus és Einstein - ha lehet - még tovább megy. "A fantázia egyszerüen az egyik munkaeszközünk. Fantázia nélkül a tudós nem talál ki semmi ujat. A tudományos felfedezés lényege, hogy az ember ugyanazt nézi, amit mindenki lát, és észrevesz valamit, amit eddig nem látott meg senki. Ehhez sok fantázia kell" (Pauling). "A fizikusoknak fő feladata tehát azoknak a legáltalánosabb elemi törvényeknek a felfedezése, amelyekből a világkép tiszta dedukcióval levezethető. Ezekhez az elemi törvényekhez nem vezet logikus ut, csak a tapasztalatba való beleérzésre támaszkodó intuició visz oda" (Einstein).

A természettudomány "mondanivalója" az embernek

Mint látjuk a természettudomány mindenek előtt látókörünket tágitja ki, vagy más közelitésben: a látszattól elvezet bennünket a valósághoz, legalább is a valóság ismeretének egy jobb közelitéséig. Mindenki látja, hogy a Nap "felkél" és "lenyugszik", azaz "megkerüli a Földet". Tudjuk, - a természettudomány tanitott meg rá -, hogy a valóság egészen más. Hasonlóan vagyunk a csillagok, vagy az atomok világával is.

Ez a "látókör kitágitás", a látszattól a valósághoz vezetés a "tartalmi" mondanivalója a természettudománynak az ember számára. Van azoban számos "formai" mondanivalója is. Ezek közül itt csak egyet ragadok most ki, éspedig a nyiltságot az uj felé.

Az emberben van valami hajlam, amelyik végleges világképet és világmagyarázatot, tehát valamilyen lezárt világot akar magának kialakitani. Ez a magatartás mindig ugy tartja, hogy már mindent tudunk, amit csak tudni lehet, hogy már eljutottunk tudásunk végső határáig. Illusztráció képpen hadd álljon itt három idézet. Az i.e. V. században élt görög bölcs sirfelirata a következő: "Itt nyugszik Anaxagorasz, aki elérte az igazság legszélső határait, megismerve a világegyetem felépitését." Max Plancknak, a XX. századi fizikai forradalom későbbi elinditójának ezt mondta 1870 körül fizika tanára: "Nem érdemes a fizikusi hivatást választania. A fizika tudományának kiépitése a befejezéséhez közeledik. Ismerjük az alapvető törvényeket. Legfeljebb néhány zugból kell még elüzni a homályt."

"Rendszerint azt látjuk - irja a már korábban idézett Nobel-dijas Kapica -, hogy az emberek hajlamosak azt tartani, hogy már mindent tudnak a természetről, amit csak tudni lehet. Ez mindig igy volt. Elegendő elolvasnunk Newton kortársainak munkáit ahhoz, hogy meglássuk, hogy abban a korban is sokan azt tartották, hogy a klasszikus mechanika törvényeinek felfedezésével az élettelen természet megismerése befejeződött."

A természettudományos magatartás és világkép merőben más. Alapvető vonása a nyiltság az uj felé, alapállása a készség nézetei revidiálására, elméletei módositására, amint uj kisérleti tények merülnek fel. Az emberiség története folyamán ez az első olyan világkép, amelynek lényege, meghatározó jegye ez a nyiltság. Más kérdés, hogy az ember, az emberiség mennyire jutott abban az irányban, hogy ez a természettudományos magatartás tényleg "vérévé" váljon. Milyen távol van ettől a magatartástól a mindent tudás gőgje. A természettudomány azonban igazi emberi szerénységre nevel, tehát erkölcsi "mondanivalót" is hordoz.

A természettudomány csak "beszél"?

Térjünk ki röviden arra is, amit most éppen csak érinteni kivánok itt, hogy a tudománynak van egy másik arca is, tehát nemcsak "mondanivalója" van, de a szó szoros értelmében és - tegyük hozzá - a szó pozitiv értelmében átalakitotta és folyamatosan formálja a világot. Hány betegség tünt el csak a mi életünkben hazánkban és a Földön! Nincs már feketehimlő és a multé hazánkban a TBC, a morbus Hungaricus, eltünt a gyermekbénulás, szülők és

gyermekek réme századunk közepéig.

De meg lehet-e oldani a világ energia problémáit, a környezetvédelmet globálisan és helyileg vagy a világ élelmezési problémáit természettudomány, a tudomány eredményei és müszerei nélkül. Nem lehet.

Senki sem állithatja, hogy csak a tudománnyal és a tudomány eredményeivel meg lehet oldani az ember és az emberiség problémáját. De nélküle se!

És ez akkor is igaz, ha a tudományos fejlődés számos veszély forrása is, akkor is, ha a tudás olyan ma az emberiség kezében, mint - Einstein szerint - a hároméves gyerek kezében az éles borotva. Ezt tagadni nem lehet. De ezekhez a veszélyekhez "fel kell, hogy nőjjön" az emberiség. Erkölcsiekben és felelősségben kell tudjon élni és nem visszaélni a tudomány eredményeivel. Az egyéni és különböző csoport önzések zárt világából ki kell emelkednie és meg kell tanulnia már az óvodától kezdve globálisan, emberiségben gondolkodni. Ez igen nagy, de emberhez méltó feladat. Ehhez is a tudomány vezetett el minket és visszafelé nincs ut. Azaz tudomány nélkül nem tudjuk megoldani problémáinkat, de ha a tudománnyal visszaélünk, elpusztithatjuk az életet a Földön.

Magfizikai alkotómühely Debrecenben

Hogy a természet kutatása mélyen emberi igény az - ugy gondolom - az eddigieken tulmenően nem szorul bizonyitásra. A magfizikai kutatás része ennek az emberi erőfeszitésnek, amely szorosan összefonódik a fizika és a természettudomány más ágaival. A fizika másik nagy modern ágában, a szilárdtest fizikában pl. a modern kisérleti módszerek többsége magfizikai eredetü, de a geológiától a növényélettanon keresztül az orvostudományig és az orvosi gyakorlatig megtaláljuk ma a nukleáris, vagy "nukleáris ihletésü" módszereket, sőt ezek nem egyszer döntő szerepet játszanak a szóban forgó területeken.

Ha ez mind igy van is, lehet-e Debrecenben, egy kis ország kis intézetében, az ATOMKI-ban eredményes magfizikai kutatást folytatni. Hiszen a magfizikai kutatáshoz nagy gyorsitók kellenek, nagyon drága, komplikált berendezések és egyáltalán: a magfizikai kutatás nagyon drága.

Mint sok más esetben is, a "közhit" nem egészen igaz. Rengeteg függ a magfizikán belüli témaválasztástól. Hogy a kis intézet a nemzetközi tudományos versenyben helyt tudjon állni, annak - többek között - a következő feltételei vannak:

- megfelelő témaválasztás,
- interdiszciplináris szemlélet,
- kapcsolatok kiépitése,
- gondos tehetség kiválasztás,
- több oldalu közelités, az ötletek előtérbehelyezése.

Mindegyikről csak néhány szót. A témaválasztást illetően például. Olyan vagy hasonló kis nukleáris gyorsitó (Van de Graaff), amilyen az ATOMKI-ben van, a világon biztosan van több, mint száz. Olyan kiegészitő berendezéseket (szupravezető mágneseket, speciális detektorokat stb.) kell hozzá konstruálnunk és ezek kombinációit, amelyek a világon egyedülállóak, ill. olyan uj megközelitéseken, ötleteken kell gondolkoznunk, amelyek eltérnek a szokásostól. Igy az atommagfizikai gyorsitót használjuk kutatásokra a modern atomburok fizikában, ion-atom ütközések vizsgálatára, amely ma a fizikának egy ujra előtérbe került, gyorsan fejlődő ága. Valahogy hasonlóan van ez itt is, mint a biológiában, ahol nem az adja meg a kutatások értelmét, jelentőségét, hogy pl. elektronmikroszkópot használnak-e, amelyből ma már sok ezer van a világon.

Nyilvánvaló, hogy ilyen "ötletes", invenciózus munkához elsőrendü fontos-

ságu a tehetséges, kutatásra alkalmas fiatalok kiválasztása már a középiskolától kezdve. Igy érthető, hogy - már csak ilyen szempontból is - miért igyekszik az ATOMKI számos csatornán keresztül szoros kapcsolatot kiépiteni a középiskolákkal, a középiskolásokkal pályázatok, intézetlátogatások, rendhagyó fizikaórák révén, továbbá részvétellel a tanári továbbképzésben stb. Még fontosabb a kapcsolat az egyetemi hallgatósággal: diplomamunkások, nyári gyakorlatosok, tudományos diákkörösök stb. vállalásával az intézetben.

A kapcsolatok széleskörü kiépitése is döntő jelentőségü. Élő, munkakapcsolatra van szükség mindenek előtt a debreceni egyetemekkel. Köztük is különös figyelemmel és szorosan a Kossuth Egyetem Kisérleti Fizikai Tanszékével, amelyik ugyanazon "tőről fakadt", ugyanazok a hagyományai és ugyanugy a Szalay-iskolához tartozik, mint az ATOMKI. De ezen tulmenően igen fontosak a kapcsolatok számos más magyar kutatóhellyel a Központi Fizikai Kutató Intézettől a Miskolci Nehézipari Egyetemen keresztül a Gödöllői Agrártudományi Egyetemig. Ezeknél is döntőbbek azonban a nemzetközi kapcsolatok, a nemzetközi munkakapcsolatok: közös kutatások. Ezeken keresztül nemcsak másképp hozzáférhetetlen tapasztalatokhoz juthatunk hozzá, de olyan berendezésekhez, gyorsitókhoz is, amelyek itthon nem állnak rendelkezésre. Intézetünk életében igen nagy szerepe van az ilyen Japántól (Kyotó-i Egyetem) Finnországig (Turku-i Egyetem) és a Szovjetuniótól (Dubna) az NSZK-ig (Frankfurt-i Egyetem) terjedő tudományos együttmüködéseknek.

Az ötletek és tehetségek szerepéről már szóltunk előbb. Az inter- és multidiszciplináris szemlélet és megközelités ma már nemcsak a kis intézetek sajátja, hiszen csak ezzel remélhetjük a komplex természeti jelenségek felderitését. Az ATOMKI tematikájában igen nagy szerepet játszanak az ilyen jellegü kutatások. Alkalmazzuk a tömegspektrometriai módszereket geológusokkal együttmüködésben kőzetek életkorának meghatározására, meteorológusokkal közös kutatásokban - kihasználva a Van de Graaff gyorsitó, mint analitikai eszköz érzékenységét - vizsgáljuk a levegő szennyezettségét, ill. a szennyezések elemi összetételét, ismét más technikát - un. maradék gáz analizátort - alkalmazva tanulmányozzuk a növények reagálását besugárzásokra, ill. növényvédőszerekre és i.t. Ezek általában alapkutatás jellegü feladatok (azaz elsősorban a természeti jelenségek megismerésére irányulnak), de nem az atomburok- vagy az atommagizikában, hanem a természettudományok más ágaiban. Kétségtelen azonban, hogy a kifejezetten gyakorlati feladatok megoldásához a magfizikától igen sokszor az interdiszciplináris kutatásokon keresztül vezet az ut az intézetben.

Már szó esett korábban a kutató csoportról, mint a tudományos munka sejtjéről. Arra törekszünk az intézetben, hogy ezek a "sejtek" minél sokoldalubb funkciókat lássanak el. Az öt- tizenöt fős létszámu csoportban általában együtt van az atom- vagy magfizikai kutatás és az interdiszciplináris kutatás, továbbá a müszer- és módszerfejlesztés, sőt legtöbb esetben a szerződésen alapuló, gyakorlati céllal az ipar számára végzett kutatás is. Ugyancsak csaknem minden csoport végez valamilyen formában, oktató, tudománynépszerüsitő munkát is (diplomamunkás, tudományos diákkörös vagy nyári gyakorlatos egyetemi hallgató fogadása, középiskolai tanár fogadása továbbképzésre, rendhagyó fizikaórák vállalása középiskolásoknak stb.). Ugy gondoljuk, hogy ez a modell a "legszorosabb csatolást" biztositja a különböző feladatok között és a leggyorsabb, legrugalmasabb alkalmazkodást a sokrétü feladatokhoz.

A bevezetésben emlitettük a hagyományok szerepét az alkotómühely formálódásában. Hadd emlitsünk meg néhányat itt a mi intézeti hagyományaink közül, pontosabban azokat a vonásokat, amelyek az intézeti kutatásokat, a (Szalay-iskolában kialakult) kutatási stilust hagyományosan jellemzik:

- a kisérleti, empirikus megközelités előtérbe helyezése,

- a müszer- és módszerfejlesztés a kutatási tematika szerves része,
- a magfizikai és a magfizikai kutatás során elért insztrumentális eredmények alkalmazása más tudományokban és a gyakorlatban,
- az intézeti munkatársak, különösen a kutatók folyamatos, gondos kiválasztása és nevelése.

Nem kell különösebb kommentár ahhoz, hogy meglássuk, hogy tradicióink mennyire összecsengenek azokkal a kritériumokkal, amelyeket feltételként jelöltünk meg ahhoz, hogy egy kis ország kis intézete helyt állhasson a nemzetközi tudományos versenyben.

Itt csak egy dolgot emelnék ki. A munkatársak, messze elsősorban a kutatók minősége és képzettsége minden kutató intézetben a legfontosabb. Intézetünkben ez döntő fontosságu és az ATOMKI legnagyobb értéke a hosszu évek alatt kiválogatott, jól képzett, széles látókörü és lelkes kutató gárdája.

Mit jelent Debrecenben az ATOMKI, mint kutató intézeti alkotómühely jelenléte?

Debrecen városa hosszu évszázadok óta kulturális központ. Messze kisugárzó iskolaváros, ma három egyetemmel és számos más fő- és középiskolával. Az emberiség kulturális-tudományos fejlődésének uj tipusu hajtása a kutató intézet. Ez uj szint ad a kulturában az egyetemek, könyvtárak, muzeumok, színházak és müvésztelepek képviselte kisugárzás mellé.

Ugy gondolom, csak örülnünk kell annak, hogy Debrecenben ez az uj, lényeges "szin" nem hiányzik, hanem itt van az ATOMKI, a vidék egyik legnagyobb kutató intézete hazánkban.

Igaz az ATOMKI funkciói elsősorban országosak, sőt nemzetköziek, azonban az intézet mégis erősen kötődik Debrecenhez és számos szállal szövődik bele a város életébe.

Mindenekelőtt mindhárom egyetemmel szocialista szerződésben van, ami igen szoros együttmüködést jelent tul az oktatáson a legkülönbözőbb kutatási témákban és az élet minden területén. Az ATOMKI-ben lévő nagy berendezések (ez még nő jelentőségben a ciklotron 1985-ös beindulásával) a Tiszántulon egyedülálló mechanikus és elektronikus mühely (az intézet kb. 300-as létszámából 100-on felül van a kutatók száma - főleg fizikusok, de kémikusok, matematikusok és kutatómérnökök is -, és közel 100 a válogatott, tapasztalt szakmunkás és mintegy 30 a mérnök) komoly és koncentrált tudományos- müszaki hátteret képez a Debrecenben és a Tiszántulon folyó felsőszintü oktatás és kutatás számára.

Az emlitett bázis azonban tulmutat az oktatási és kulturális szférán. Ahogy az ATOMKI tudományos-müszaki eredményei és tapasztalatai alapján a Csepel Müvek, a MEDICOR Müvek, az Ajkai Timföldgyár és Aluminium Kohó számára old meg szerződéses keretben anyagvizsgálati, müszerelőállitási és automatizálási feladatokat (az elmult tiz évben több mint száz iparvállalattal és intézménnyel volt az intézetnek ilyen szerződéses kapcsolata), ugy ilyen együttmüködésünk van debreceni és tiszántuli üzemekkel is (Magyar Gördülőcsapágy Müvek, Hajdusági Iparmüvek stb.; az elmult években különösen szoros kapcsolatba kerültünk, szoros kooperációt folytatunk a Debreceni Finommechanikai Vállalattal). De tulmenően a konkrét szerződéses kapcsolatokon, az intézet Debrecen és a régio ipara szempontjából sok tekintetben fontos háttér szerepet tölt be. Gondolok itt pl. azokra a tanfolyamokra, amelyeket annak idején a számitástechnikáról, a mikroprocesszorokról tartottunk, utalok a szakmunkásképzésben való részvételünkre, a különböző konzultációs lehetőségekre. Csak egy konkrét példa: az üvegtechnika meghonositása a Tiszántulon intézetünk tevékenységével kapcsolatos. Itt képeztük ki annak idején az első üvegtechnikus szakmunkásokat. Ma ennek csak egyik

eredménye többek között egy ilyen gyártmányprofilu, nagy dollár bevételt hozó üzem Nyiregyházán.

Más vonatkozásban már emlitettük a középiskolákkal való kapcsolatunkat. Az intézetlátogatásokat azonban nemcsak részükre biztositjuk. Számos más szerv közremüködésével Fizikus Napokat és ennek keretében intézeti Nyilt Napokat szervezünk a városban. Számos csatornán keresztül arra törekszünk, hogy az intézetben "megtermelt" tudást, kulturát a város lakosságának minél szélesebb rétegeihez eljuttassuk. Ezért ipari nyereségeinkből külön Közmüvelődési és külön Oktatási Dijat alapitottunk az intézet munkatársai számára, hogy elismerjük az ezeken a fontos területeken végzett kiemelkedő munkát.

Az ATOMKI-ben a világ számos országából, köztük igen távoli országokból is igen sok vendég megfordul, sőt hosszabb-rövidebb ideig (esetleg több évig is) itt dolgozik. Az intézet hazai és nemzetközi tudományos tanácskozásokat, konferenciákat szervez. Lehet, hogy az idegenforgalom statisztikáiban nem nagy számok ezek. De ne felejtsük el, hogy valamikor nagy dolog volt, hogy debreceni diákok és tanárok Wittenberg, Leyden és Anglia egyké egyetemére eljuthattak. Ma már nemcsak debreceni kutatók jutnak el Kyotótól Texasig, de ide hozzánk is jönnek tapasztalatokat szerezni, közösen dolgozni a távoli országokból.

Az intézet mindig is érezte a város, Debrecen társadalma támogatását, együttérzését. Ez az a közeg, amiben dolgozunk és ez az a háttér, amely nélkül nem lehet eredményes kutatómunkát végezni.

ATOMKI Riport X/2 (1983)

INTÉZETI HIREK '82

Kovách Ádámné

MTA Atommagkutató Intézete (ATOMKI) Debrecen, Pf. 51. 4001.

Az intézet igazgatója - az MTA Természettudományi Főosztályával egyetértésben - 1982. február 15-től megszüntette az intézeti Osztályvezetői Értekezlet müködését. Az Osztályvezetői Értekezlet korábbi funkcióit az ujjászervezett és kibővitett IGAZGATÓ TANÁCS vette át. Az Igazgató Tanács általában havonta egyszer ül össze. 1982. évi ülésein az IT megvitatta az intézet 1983. évi tudományos terveit, foglalkozott az egyes kutatási és szervezeti egységek munkájával, megtárgyalta az intézetben épités alatt lévő ciklotronnal kapcsolatos projekteket, az ATOMKI Közlemények c. kiadvány uj formáját és egyéb aktuális kérdéseket. Az Igazgató Tanács ülésein az MTA Természettudományi Főosztály megbizottja több alkalommal résztvett.

Az intézet Könyvtárbizottsága az év folyamán két alkalommal ült össze.

A Közmüvelődési Bizottság változatlan célkitüzéssel, ujjászervezett formában, módositott személyi összetételben 1982-ben is eredményesen látta el feladatait. A személyi összetételben történt változás elsősorban uj, fiatal munkatársak bevonását jelentette az intézeti közmüvelődési munkába.

Az intézet szervezetében korábban végbement változások szükségessé tették a Müszerbizottság személyi összetételének változását. 1982. októberétől eredményesen folytatja munkáját a bizottság, kibővitett létszámmal.

1982. októberétől a Ciklotron Osztálytól levált a Ciklotron Ipari és Orvosi Alkalmazások Csoportja, amely egyelőre önálló csoportként folytatja munkáját. A szervezeti változást a ciklotron beruházás és a létesülő ciklotron kihasználásával kapcsolatos előkészitő munkák tették indokolttá.

1982. november 10-16 között megrendezésre került a "FIZIKUS NAPOK a számitástechnika jegyében" c. rendezvénysorozat. Az ATOMKI és a Kölcsey Ferenc Müvelődési Központ mellett rendező szervek voltak a Debreceni Akadémiai Bizottság, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, a Neumann János Számitógéptudományi Társaság és a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat Hajdu-Bihar megyei Szervezete. A FIZIKUS NAPOK sikerét a rendezvények iránti nagy érdeklődésen és az egyidejüleg rendezett "Mindenki számitástechnikája" c. kiállitás nagyfoku látogatottságán lehetett lemérni.

A Debreceni Orvostudományi Egyetem és az MTA Atommagkutató Intézete VI. évi együttes tudományos ülését 1982. november 26-án rendeztük meg intézetünkben. A tudományos ülés programjában az ATOMKI kutatói két előadás társszerzőjeként szerepeltek.

Hazánk felszabadulásának 37. évfordulója alkalmából a Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa eddigi tudományos munkássága és közéleti tevékenysége elismeréseképpen dr. Varga Dezső tudományos munkatársnak a Munka Érdemrend ezüst fokozatát adományozta. A Munka Érdemrend bronz fokozatát dr. Mórik Gyula főmérnökhelyettes (1982. július 1-től intézeti főmérnök) kapta, eddigi műszaki-tervezői és közéleti tevékenysége elismeréseként.

Az MTA Főtitkára Vanka János gépkocsivezetőnek sokéves munkája elismeréseképpen a "Kiváló Munkáért" kitüntető jelvényt adományozta.

Az 1982. évi ATOMKI-dijak ugyancsak hazánk felszabadulásának évfordulója alkalmából kerültek kiosztásra.

Az ATOMKI Intézeti dijat - egyenlő megosztásban - dr. Fényes Tibor önálló tud. csoportvezető és dr. Novák Dezső tudományos csoportvezető kapták a szupravezető mágneses spektrométer (SMS) kifejlesztéséért és eredményes alkalmazásáért.

Az ATOMKI Interdiszciplináris Dijat dr. Balogh Kadosa tudományos csoportvezető kapta a K/Ar kőzet-kormeghatározási módszer eredményes alkalmazásaiért.

Az ATOMKI Közművelődési Dijat dr. Kiss Károly mérnök kapta, az éveken keresztül eredményesen végzett közművelődési tevékenységéért.

1982-ben másodizben került sor az intézeti "Kiváló Dolgozó" cim odaitélésére. 1982-ben ezt a cimet az intézet két technikus munkatársa, Katona György és Márta László kapták intézeti feladataik megoldásában nyujtott kiemelkedő teljesitményükért.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 1982. évi Bródy Imre diját dr. Balogh Kadosa tudományos munkatárs kapta.

MTESZ-dijat kapott dr. Medveczky László tudományos tanácsadó.

A Magyar Tudományos Akadémia által kiirt Alkotó Ifjuság pályázaton dr. Dajkó Gábor tudományos munkatárs elnyerte az Akadémiai Ifjusági Dijat.

Az intézet hagyományainak megfelelően 1982-re is meghirdette az intézeti Alkotó Ifjuság pályázatot. A pályázatra összesen 12 pályamunka érkezett be. A pályázók közül 2.000,- Ft-os pályadijban részesültek: dr. Sarkadi László, dr. Gulyás János, dr. Krasznahorkay Attila, dr. Juhász Katalin és dr. Kiss Károly; 1.500,- Ft-os pályadijban részesültek: Pálvölgyi Jenő, Molnár József és Szabó Béla (ez utóbbiak egyenlő arányban megosztva); 1.000,- Ft-os pályadijban részesültek: dr. Langer Gábor és Gál István (egyenlő arányban megosztva), továbbá Pál Károly és Kiss László.

1982-ben is megrendezésre került a Szakma Ifju Mestere vetélkedő. A vetélkedő a mechanikai müszerész és elektronikai müszerész kategóriákban került lebonyolitásra, 2, illetve 5 fő részvételével. A Szakma Ifju Mestere cimet mechanikai müszerész kategóriában Lakatos Károly és Kelemen Tibor, elektronikai müszerész kategóriában pedig Barta László II., Magyarné Gargya Éva, Szakácsi János, Tóth László és Szathmári János nyerték el, s a cimen kivül egyenként 1.300,- Ft pénzjutalmat is kaptak.

Az 1981/82-es tanévben az ATOMKI-ben ösztöndijas szerződéses megbizással 4 középiskolai fizika tanár dolgozott. Az intézet igazgatójának javaslatára a Magyar Tudományos Akadémia Budai Zoltán, Kertes János, dr. Sztaricskai Ferencné és Vályi Attila középiskolai tanárokat munkájuk elismeréseként pénzjutalomban részesitette.

1982. márciusában került sor az 1981. évi őszi FIZIKUS NAPOK középiskolások részére kiirt pályázatának eredményhirdetésére. A meghirdetett három témában összesen 13 dolgozat érkezett be. A pályázatok között három I. dij, két II. dij és három III. dij került kiosztásra, 1.000,-; 750,-, illetve 500,- Ft pályadijakkal. Dicséretet egy tanuló, könyvjutalmat pedig hat tanuló kapott.

1982. évben az intézet kutatói és mérnökei közül öt fő szerzett egyetemi doktori cimet. Kandidátusi fokozatot egy fő, cimzetes egyetemi docens cimet ugyancsak egy fő kapott.

1982. junius 9-én a Budapesti Müszaki Egyetem Mechanikai Technológiai, Anyagszerkezettani Tanszékének vezetője, Prohászka János tanszékvezető akadémikus és nyolc munkatársa látogatást tettek az ATOMKI-ben. A látogatás célja szakmai kapcsolatfelvétel és tapasztalatcsere volt.

1982. julius 2-án a Budapesti Hiradástechnikai Gyár Debreceni Gyáregységének vezető munkatársai látogatást tettek az ATOMKI-ben Kovács Béla igazgató vezetésével. A látogatás célja az intézet és a BHG jövőbeni kapcsolata és együttmüködési lehetőségeinek megvitatása volt.

1982. november 5-én az ATOMKI-be látogatott P. Nyeporozsnyij, a Szovjetunió energetikai és villamositási minisztere, dr. Kapolyi László ipari minisztériumi államtitkár kiséretével. A vendégek a KGST Villamosenergia Állandó Bizottságának 61. ülésszakán vettek részt Debrecenben, és rövid látogatásra érkeztek az intézetbe.

1982. december 10-én a Litván Szovjet Szocialista Köztársaság politikai delegációja látogatást tett az ATOMKI-ben. A küldöttség vezetője Lionginasz Sepetisz, a Litván Kommunista Párt Központi Bizottságának titkára, a küldöttség másik tagja Félix Strumilasz, a Litván Kommunista Párt KB Külügyi Osztályának vezetője volt. A vendégek a megyei pártbizottság vezető munkatársai kiséretében érkeztek az ATOMKI-be.
A vendégek a litván hét rendezvénysorozatára érkeztek Debrecenbe, és itt a kulturális és tudományos programban szerepelt az ATOMKI és egyéb tudományos intézmények meglátogatása.

1982. tavaszán - a kisvállalkozások szervezésének lehetőségeiről szóló rendeletek megjelenését követően - megalakult az ATOMKI-ben az első két intézeti gazdasági munkaközösség. A következő hónapokban még további három munkaközösség kezdte meg müködését. Az uj szervezeti forma elsősorban a fiatalabb dolgozók körében népszerü. Az elmult hónapok tapasztalatai azt igazolták, hogy a várt eredmények nem maradtak el. A munkaközösségek tagjai

számára előnyös a többletkereset, de a munkaközösségek tevékenysége előnyt jelent az intézet számára is. A munkaközösségek átvállalják az eddigi külső kooperációk jelentős részét, a korábban fizetett árnál olcsóbban. A munkaközösségek szervesen illeszkednek az intézet strukturájába.

1982. folyamán az ATOMKI összesen 79 külföldi vendéget, illetve külföldi látogatócsoportot fogadott.

Az intézetben hosszabb-rövidebb ideig tartózkodó vendégek közül az alábbiakat emlitjük meg név szerint:

1982-ben folytatta aspiránsi munkáját Mahboub Abd el Hady egyiptomi fizikus, az Elektrosztatikus Gyorsitók Osztályán, dr. Koltay Ede aspiránsvezető irányitása alatt.

1982. juliusában kezdte meg négyéves aspiránsi munkáját Abdel Fattah Hafez Abdel Rehim egyiptomi fizikus dr. Somogyi György aspiránsvezető irányitásával.

A finn-magyar akadémiai együttmüködés keretében négy finn kutató töltött az ATOMKI-ben 7-10 napot; dr. Mikko Hautala tanársegéd (Helsinki Egyetem Fizikai Tanszék), Dr. M. Brenner professzor (Abo Akademi, Department of Physics), Dr. A. Anttila tud. főmunkatárs (University of Helsinki, Dept. of Physics, Accelerator Laboratory), Dr. A. Passoja adjunktus (University of Jyväskylä, Department of Physics), ez utóbbi vendég két alkalommal egy-egy hetet töltött az ATOMKI-ben.

A Csehszlovák Tudományos Akadémiával kötött akadémiai együttmüködési egyezmény keretében hat csehszlovák kutató volt hosszabb-rövidebb ideig tanulmányuton az ATOMKI-ben, névszerint: V. Brabec mérnök, Z. Treibal és M. Csigak fizikusok, A. Kovalik, Dr. D. Szrnka és S. Kellnerova mérnökök, valamennyiben a Csehszlovák Tudományos Akadémia Magfizikai Intézetének (Prága, Rez) munkatársai.

A leningrádi NIIEFA munkatársainak munka-látogatásai egyre gyakoribbá válnak az ATOMKI-ben. A leningrádi intézet munkatársai épitik az ATOMKI-ben beruházásra kerülő uj ciklotront, az aktuális problémák megtárgyalására több szovjet vezető kutató érkezett az intézetbe az elmult évben. Igy 5-7 napos, programszerü látogatáson voltak: Sz. P. Sztalnov tudományos osztályvezető, M. P. Vaszilev tudományos osztályvezető, A. V. Galcsuk tudományos csoportvezető L. E. Koroljov tudományos segédmunkatárs és V. I. Shakov tervezési osztályvezető.

1982. folyamán az intézet kutatói és mérnökei összesen 117 alkalommal utaztak külföldre, konferenciákon, szemináriumokon vagy tudományos tanácsülésen való részvétel, illetve hosszabb-rövidebb tanulmányut, tapasztalatcsere vagy együttmüködéssel kapcsolatos tanulmányok, közös kutatások céljából.

Hosszabb külföldi munkavállalással a Dubnai Egyesitett Atomkutató Intézet Magreakciók Laboratóriumában az alábbi intézeti munkatársak dolgoznak (összesen kilencen):

Végh János, dr. Ricz Sándor, dr. Sulik Béla, dr. Kádár Imre és dr. Varga Dezső tovább folytatták 1981-ben megkezdett munkájukat. 1982-ben kezdték meg munkavállalás keretében munkájukat Kormány Zoltán, Mikecz Pál, dr. Gulyás János és Barta László.

Dr. Kruppa András külföldi munkavállalással 1982. januártól egy évet töltött a Karlsruhei Magfizikai Kutató Központban (Karlsruhe, NSZK), ahol a könnyümagok szerkezete és ütközéses vizsgálata témával foglalkozott.

Dr. Hunyadi Ilona meghivással utazott Kanadába 1982. májusában, négy hónapig dolgozott a Laval Egyetem Fizikai Intézetében müködő 7,5 MV-os Van de Graaff generátornál, magreakciók vizsgálata és ionokkal végezhető radiográfiai vizsgálatok területén.

Dr. Nyakó Barna 1982. októberében ösztöndijjal 5 hónapra utazott Angliába, itt a Liverpool-i Egyetem Oliver Lodge Laboratóriumában dolgozik magszerkezeti kutatások gamma-spektroszkópiai módszerekkel témában.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség felkérésére szakértőként az intézet két munkatársa utazott Bangladeshbe, illetve Zambiába.

Dr. Koltay Ede 1982. december közepétől két hónapig dolgozott szakértőként a Bangladeshi Atomenergia Bizottság Dhakai Atomenergia Központjában. Részt vett a NAÜ által támogatott mikroanalitikai kutatási projekt apparativ-metodikai hátterének és alkalmazási körének továbbfejlesztésében.

Dr. Bacsó József 1982. november elejétől 6 hétig dolgozott szakértőként Zambiában a National Council for Scientific Research lusakai intézetében. Feladata az ottani röntgenfluoreszcenciás laboratórium beinditása, szakemberek betanitása és egy hosszutávu program kidolgozása volt a röntgenfluoreszcenciás módszer gyakorlati alkalmazásának bevezetése érdekében.

ATOMKI Report A/1 (1983)

DIRECT TEST OF THE TIME-INDEPENDENCE OF FUNDAMENTAL NUCLEAR CONSTANTS USING THE OKLO NATURAL REACTOR*

A. I. Shlyakhter

Leningrad Nuclear Physics Institute,
Gatchina, Leningrad district 188350, USSR

---

* Lecture given at ATOMKI, 18 November, 1982.

1. INTRODUCTION

The following eight quantities enter the basic laws of physics and are generally regarded as the "fundamental constants" (I follow Dyson's review [1] in this section).

1) $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm·sec^{-1}, velocity of light
2) $\hbar = 1.05 \cdot 10^{-27}$ erg·sec, Planck's constant
3) $e = 4.8 \cdot 10^{-10}$ erg$^{1/2}$cm$^{1/2}$, elementary charge
4) $m_p = 1.6 \cdot 10^{-24}$ gram, mass of the proton
5) $g = 1.4 \cdot 10^{-49}$ erg·cm^3, Fermi's constant of weak interactions
6) $G = 6.7 \cdot 10^{-8}$ erg·cm·gram^{-2}, constant of gravitation
7) $H = 1.6 \cdot 10^{-18}$ sec^{-1}, Hubble's constant ($1/H \approx 2 \cdot 10^{10}$ years gives the "age" of the Universe)
8) $\rho = 10^{-31}$ gram·cm^{-3}, mean density of mass in the Universe.

This list is not extensive, of course. In particular, the constants of strong interactions could be added to it.

The "cosmological" quantities H and ρ, which refer to the Universe as a whole, vary as it expands: they are decreasing at the rate of about $5 \cdot 10^{-11}$ yr^{-1}. On the other hand, the "laboratory" quantities 1)-6) are generally believed to be exactly constant. Milne [2] and Dirac [3] were the first to notice that this is no more than a hypothesis, requiring experimental confirmation.

I'd like to emphasize that only those variations of fundamental constants which change at least one dimensionless ratio of the dimensional quantities have physical meaning. The reason is that only such ratios do not depend on the choice of units and standards.

From the dimensional quantities 1) - 8) five dimensionless ratios can be formed

1) $\alpha = e^2/\hbar c \approx 1/137$
2) $\beta = (g m_p^2 c)/\hbar^3 = 9 \cdot 10^{-6}$
3) $\gamma = (G m_p^2)/(\hbar c) = 5 \cdot 10^{-39}$
4) $\delta = (H \hbar)/(M_p c^2) = 10^{-42}$
5) $\varepsilon = (G\rho)/H^2 = 2 \cdot 10^{-3}$.

Note that the inverse of δ gives $\delta^{-1} = 10^{42}$ which is the age of the Universe measured in "tempons" (atomic units of time).

*) Lecture given at ATOMKI, 18 November, 1982.

According to the conventional view the ratios of the "laboratory" quantities α, β, and γ did not change their numerical values during the 20 billion years since the "Big Bang".

The Conventional View: α, β, γ = const; $\beta \sim t^{-1}$, $\gamma \sim t^{-1}$.

Dirac [3] introduced the "Numerological Principle" (or "The Large Numbers Hypothesis" (LNH)) which states that "all very large dimensionless numbers which can be constructed from the important natural constants of cosmology and atomic theory are connected by simple mathematical relations involving coefficients of the order of magnitude unity" [3b]. For example, the large value of γ^{-1} could prove compatible with the numerological principle if it was proportional to δ^{-1} and thus was time-dependent.

The majority of the proposed versions of the possible variation of constants is based on similar arguments. Three of them are listed below (see [1, 3-5]).

Dirac (1937): $\alpha, \beta, \varepsilon$ = const; $\gamma \sim t^{-1}$, $\delta \sim t^{-1}$.

Teller (1948): β, ε = const, $\alpha^{-1} \sim \ln(\gamma^{-1})$, $\gamma \sim t^{-1}$, $\delta \sim t^{-1}$.

Gamow (1967): $\beta, \gamma, \varepsilon$ = const, $\alpha \sim t$, $\delta \sim t^{-1}$.

These versions predict the rate of variation of constants at the present epoch about $10^{-10} - 10^{-12}$ yr^{-1}.

2. EXPERIMENTAL LIMITS ON THE RATE OF VARIATION OF "NUCLEAR" CONSTANTS [1)]

Direct experimental evidence comes either from astrophysics or from geophysics. Astrophysical data allow judgment on the large-scale uniformity of physical laws in space (at distances up to 15 billion light years). Geophysical ones provide evidence on the absence of variation of constants along the world-line of the Earth since its crust became solid ($\approx$4.5 billion years ago).

The data on the absorption spectra of the distant quasars show that the numerical value of the dimensionless quantity $|\alpha^2 \cdot g_p \cdot m_e/m_p|$ is the same throughout the observable Universe with the accuracy of about 10^{-4} [8]. If one assumes the Friedman model, this limit restricts the possible rate of variation of α by $\approx 10^{-14}$ yr^{-1}.

The decay rate λ of radioactive nuclide depends on nuclear constants. For example, in the case of high Z and small decay energy Δ the β-decay rate λ_β is highly sensitive to the value of α. The estimate of the "sensitivity" s gives [1]

$$s \equiv \frac{\delta\lambda_\beta}{\lambda_\beta} \Big/ \frac{\delta\alpha}{\alpha} = -(2Z+1)\left(2 + \sqrt{1-\alpha^2 Z^2}\right) \cdot A^{-1/3} \cdot 0.6 \left[\mathrm{MeV}/\Delta\right]$$

---

1) The limits of the possible change of the constant of gravitation are discussed in [1,6,7,25].

For the transition $^{187}_{75}Re \longrightarrow ^{187}_{76}Os$ ($T_{1/2} \approx 40$ billion years, $\Delta = 2.5$ keV), this estimate gives $s = -2 \cdot 10^4$. Using the data on the abundances of rhenium and osmium isotopes, Dyson [1] obtained the following upper limit on the rates of variation of α and β

Dyson (1972): $\left|\frac{\dot{\alpha}}{\alpha}\right| \lesssim 2 \cdot 10^{-14}$ yr^{-1}, $\left|\frac{\dot{\beta}}{\beta}\right| \lesssim 10^{-10}$ yr^{-1}.

If one assumes that β does not change with time the limit for α is: $|\dot{\alpha}/\alpha| \lesssim 5 \cdot 10^{-15}$ yr^{-1}

3. NEUTRON RESONANCES AS THE SENSITIVE INDICATORS OF THE VARIATION OF NUCLEAR CONSTANTS

Several years ago I have noticed that because of the sharp resonances in its absorption cross section, the heavy nucleus is a highly tuned detector of neutrons. Resonances will shift along the energy scale if there is a change in the nuclear potential by analogy with the shift in the reception frequency in an ordinary radio receiver when there is a change in the parameters of the resonance circuit [9].

For the incident neutron the nucleus presents a potential well with the depth about $V_0 = 50$ MeV. At low neutron energy the cross section exhibits sharp resonances (Fig. 1). Their positions are measured with the accuracy $\Delta_{exp} \sim 10^{-2}$ eV. Thus, there are two energy scales: V_0 and Δ_{exp}. Any change of V_0 by ΔV_0 would cause the shift of all nuclear levels including the levels of compound nucleus, i.e. neutron resonances (Fig. 2).

The dimensionless quantity entering this problem is the ratio of the **depth of the potential well** V_0 to the uncertainty in the resonance energy Δ_{exp}. This suggests that variations of the basic nuclear parameters are amplified in the **shift of resonances** by an enormous factor $s \sim 10^{10}$.

Unfortunately, it seems very difficult to calculate consistently the shift of a given neutron resonance caused by the variation of the fundamental nuclear constants. Here I shall use the simplest assumption that neutron resonances are shifted by ΔV_0 like single-particle levels in a potential well. Then the experimental evidence showing that the shift of the resonances during the time period T have not exceeded Δ_{exp} imposes the following limits on the possible variation of the interaction constants.

Strong: $|\dot{V}_0/V_0| \lesssim \Delta_{exp}/(V_0 T) = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \Delta_{exp}(\text{eV})/T(\text{yrs})$

electromagnetic: $|\dot{\alpha}/\alpha| \sim 20 |\dot{V}_0/V_0|$

weak: $|\dot{\beta}/\beta| \sim 5 \cdot 10^6 |\dot{V}_0/V_0|$.

I follow Gamow [5b] in assuming that the variation of the strong interaction constants is adequately reproduced by the change in the depth of the nuclear potential well.

The estimate for $|\dot{\alpha}/\alpha|$ is based on the equation of nuclear compressibility [10]. For nuclei with A ~150 the change in the radius appears to be 40 times less than the change in α and the corresponding shift of the levels is 20 times less. The limit for $|\dot{\beta}/\beta|$ is obtained assuming that the contribution of weak interactions to the nuclear binding energy is of the order of $2 \cdot 10^{-7}$ [11,12].

These estimates demonstrate that if there existed a Precambrian physicist who could measure the energies of the neutron resonances about a billion years ago with an accuracy about 10^{-2} eV then the limits of the possible variation of the fundamental nuclear constants could be improved by several orders of magnitude. The striking discovery of the "Oklo natural nuclear reactor" proves that such seemingly improbable experiment had been actually performed nearly 2 billion years ago and the results had been reliably "recorded" in the isotopic composition of the elements in the reactor core.

4. THE OKLO PHENOMENON

Oklo is the name of a locality in the Gabon Republic (West Africa) where the open-pit uranium mine is situated. About 1.8 billion years ago within a rich vein of uranium ore "the natural reactor" went critical, consumed a portion of its fuel and then shut down. The total amount of energy produced by the reactor is estimated as $1.5 \cdot 10^4$ megawatt years which seems to be enough for a city like Budapest for about a year. You now may have a question: how could it appear that even in the design of nuclear reactors, which is generally considered to be one of the most impressive achievements of science and technology of our century, "the man was not an innovator but an unwitting imitator of nature" [17].

In fact, no natural reactor could operate today with uranium containing only 0.72 percent of the fissile isotope ^{235}U. The ratio of ^{235}U to ^{238}U, however, has not been constant throughout the history of the Earth. The half-life of ^{235}U is about 700 million years, that of ^{238}U about 4.6 billion years. Thus, 2 billion years ago the abundance of ^{235}U was about 3 percent (note that in the contemporary power-producing reactors uranium is enriched up to the same value). In 1956 Kuroda [13] showed that at that epoch under favourable conditions (i.e. concentration of water must be high enough and that of strong absorbers of neutrons low enough) the spontaneous nuclear chain reaction could take place in rich uranium deposits. However, until 1972 no traces of a natural reactor had been found.

In June, 1972 the uranium slightly depleted in ^{235}U was first detected at the French uranium - enrichment plant. The anomaly was traced through the numerous stages of the manufacturing process right back to the ore-enriching plant at Mounana near Franceville in Gabon. The original ore with mean ^{235}U abundance 0.4-0.5 % was mined at Oklo. The French Atomic Energy Comission (CEA) then initiated the investigation of this "Oklo Phenomenon". The analysis of

the numerous samples obtained by drilling revealed the distribution of isotopic anomalies in detail. The results were discussed at the IAEA symposiums [14,15] and reviewed in [16-19].

Altogether 6 reaction zones (Fig.3) were found over a distance of a few dozens meters. The spectrum of fission products (especially of the rare-earths) gives the quantitative evidence that a natural reactor once operated there. Both the absolute amounts of these elements and their isotopic composition can be explained only by their origin in fission (Table 1). The fluence (the flux integrated over time) of thermal neutrons, which can be determined e.g. from the $^{144}Nd/^{143}Nd$ ratio, reaches the value of $1.5 \cdot 10^{21} n/cm^2$ (Fig.4). This means that the strong absorbers of thermal neutrons (having capture cross sections $\sigma_\gamma \gtrsim 2 \cdot 10^3$ barn) must become heavily depleted. At the same time the concentration of the next (in A) isotope will increase. This phenomenon has been observed experimentally (Fig.5). This in itself shows immediately that a chain reaction initiated by thermal neutrons has taken place.

5. THE "MEASUREMENT" OF THE ENERGIES OF NEUTRON RESONANCES 2 BILLION YEARS AGO USING THE OKLO DATA

In the strong absorbers of thermal neutrons their large capture cross sections are determined in each case by a single resonance which is occasionally located near zero neutron energy. The cross section is given by the Breit-Wigner formula

$$\sigma_\gamma = g \cdot \pi \lambda^2 \cdot \frac{\Gamma_n \cdot \Gamma_\gamma}{(E-E_r)^2 + (\Gamma/2)^2} \cdot$$

Here g is the statistical factor, E is the neutron energy and λ is the corresponding wavelength, Γ_n and Γ_γ are the partial elastic and capture widths, and Γ is the total width of the resonance. The cross section changes sharply when the resonance is shifted along the energy scale. Fig. 6 shows this effect for the maxwellian-averaged (at kT = = 0.025 eV) capture cross section of ^{149}Sm. From the relative concentrations of samarium isotopes and the neutron fluence independently determined at the same points of the reactor one can extract the value of the capture cross section at the epoch of chain reaction. For example, R.Naudet et al., [14], have measured the isotopic composition of uranium, neodymium and samarium in 50 samples and have managed to determined the fluence Ψ from U and Nd data reliably for 36 of them. Then the cross section of ^{149}Sm is given by the following equation

$$\frac{N_{147} + N_{148}}{N_{149}} = \frac{\gamma_{147}}{\gamma_{149}} \cdot \frac{\bar{N}_{235}}{N_{235}} \cdot \sigma_{149} \cdot$$

Here N_i denotes the final concentrations of samarium

isotopes, $\bar{N}_{235}/N_{235}$ is the ratio of the average ^{235}U concentration during the period of the reaction to its final value, γ_i are the yields of $^{147,149}Sm$ from the fission of ^{235}U (γ_{148} is negligible).

The analysis of samarium data for the same 36 samples where ψ is known gives the value of σ_{149}^{Oklo} "measured" 2 billion years ago

$$\sigma_{149}^{Oklo} = (55 \pm 8)\cdot 10^3 \text{ barn}$$

the contemporary value being $\approx 60\cdot 10^3$ barn (this value depends on the spectrum of thermal neutrons, here I use the maxwellian spectrum at T = 300°K). Taking into account two standard errors we obtain [9a]

$$|\Delta_{exp}| \leq 20\cdot 10^{-3} \text{ eV}.$$

If one takes into account also the data for europium (which are less precise) with three standard errors the result is [9b]

$$|\Delta_{exp}| \leq 50\cdot 10^{-3} \text{ eV}.$$

Note that the effect of such a small shift of resonances upon the capture cross sections of uranium and neodimium is negligible, so the fluence ψ is determined reliably.

Yu. V. Petrov [18] has pointed out that one could avoid determining ψ if the relative concentrations of two strong absorbers were available. In this case the absence of a shift in the resonance of one absorber relative to the other can be verified directly.

The absence of an appreciable shift of near-threshold resonances also follows qualitatively from the fact that all the contemporary strong absorbers were strongly burnt up in the Oklo reactor whereas the weak absorbers were weakly burnt up [18]. In addition to the cadmium data (Fig. 5) the results of the measurements of the concentration of rare-earth elements relative to ^{143}Nd in one of the Oklo samples [20] are reproduced in Fig. 7. The dips in the distribution correspond to strong absorbers: ^{149}Sm, ^{151}Eu, ^{155}Gd and ^{157}Gd. The burn-up depth, calculated using the contemporary values of absorption cross section is in excellent agreement with experiment, especially if we recall that the neutron spectrum over which the cross section has to be averaged is not known well enough.

We therefore conclude once again that, over the 1.8 billion years since the operation of the Oklo reactor, the resonances or, in other words, the compound-nucleus levels, have shifted by less than $\Gamma/2 \sim 50\cdot 10^{-3}$ eV, i.e. the mean rate of the shift did not exceed $3\cdot 10^{-11}$ eV/year. This is by three orders of magnitude less than the experimental limit on the rate of change in the transition energy in the decay of ^{187}Re. Unfortunately, at present there are no consistent calculations that would have connected the position of

each neutron resonance with the nuclear potential parameters reliably. However, even the preliminary estimates of Sec.3 can be used to improve the limits obtained by other authors substantially (Table 2). These estimates evidently rule out a power law or a logarithmic asymptotic dependence of the strong and electromagnetic interaction constants on the lifetime of the Universe.

6. THE PROBABILITY OF AN OCASSIONAL COINCIDENCE

I have assumed above that the variation of nuclear constants (if any) has been very small so that the shift of resonances would have appeared much less than their average separation. One could imagine, however, a case in which even after a considerable variation of the constants all the strong absorbers would have remained strong. This could occur if some other resonance appeared near the threshold and dominated in the capture cross section. In this section I shall estimate the probability of such a coincidence using the recently developed statistical approach to estimating of the unknown thermal cross sections. [21]

For each nuclide one calculates the "expected" capture cross section σ_γ^* using the average values of its resonance parameters. The universal distribution function $S_\gamma(z)$ had been calculated using the generally accepted distribution laws for these parameters. It gives the probability for the ratio of the actual cross section σ_γ to its expected value $\sigma_\gamma/\sigma_\gamma^*$ not to exceed z.

Table 3 which is taken from [23] gives the probability for each strong absorber to remain strong after a large variation of constants. I assumed that its new cross section will be at least half of its old value. Those nuclides for which this probability is small appear to be sensitive "indicators" of the variation of constants (e.g. ^{113}Cd and ^{157}Gd). On the other hand ^{151}Eu will remain a strong absorber with the probability of about 0.3, thus being rather useless in this respect. The product of the values $1-S_\gamma(z)$ for all nuclides gives for the probability of a simultaneous coincidence the estimate $P \sim 4 \cdot 10^{-7}$. Note that this estimate is rather conservative since if the resonances have shifted considerably some weak absorbers could have been strong ones 2 billion years ago, giving rise to some mysterious isotopic anomalies at Oklo none of which have been seen.

7. CONCLUSIONS

The analysis of the Oklo data provides a very strong evidence in favour of the invariability of nuclear constants. The shift of neutron resonances during the last 2 billion years does not exceed $50 \cdot 10^{-3}$ eV or $3 \cdot 10^{-11}$ eV/yr. This is so far the most precise limit and simple estimates

of the rate of variation of the interaction constants shown in Table 2 were cited on several occasions (see e.g. [24-27]) I must note, however, that these estimates should not be taken too seriously. More accurate theoretical calculations of the influence of the fundamental constants on the parameters of the neutron resonances are required.

On the other hand, Oklo is the only place on the Earth where the variability of nuclear constants (if any) could be detected. For this reason it would be very interesting to carry out special measurements in order to improve the limit Δ_{exp}.

However, at present all the available data support the conventional view according to which the values of constants have not changed since the "Big Bang". How could then the "Large Numbers" coincidences be explained ? Zel'dovich [28] has noted that within modern quantum field theory spontaneous topology change can readily give rise to large numbers which are comparable to those considered by Dirac. An alternative answer is suggested by the so called "anthropic principle" [29-31] which states that only those universes can ever become observable where the "observers" can survive. The very possibility of life appears remarkably sensitive to the numerical values of physical constants. Following this line of argument all "Large Numbers" can be derived without any appeal to the variation of constants.

It was a great honor for me to win the international competition of young scientists in 1979 and to be invited to ATOMKI. I would like to express here my deep gratitude to V.A.Nazarenko and Yu.V.Petrov for their interest and support.

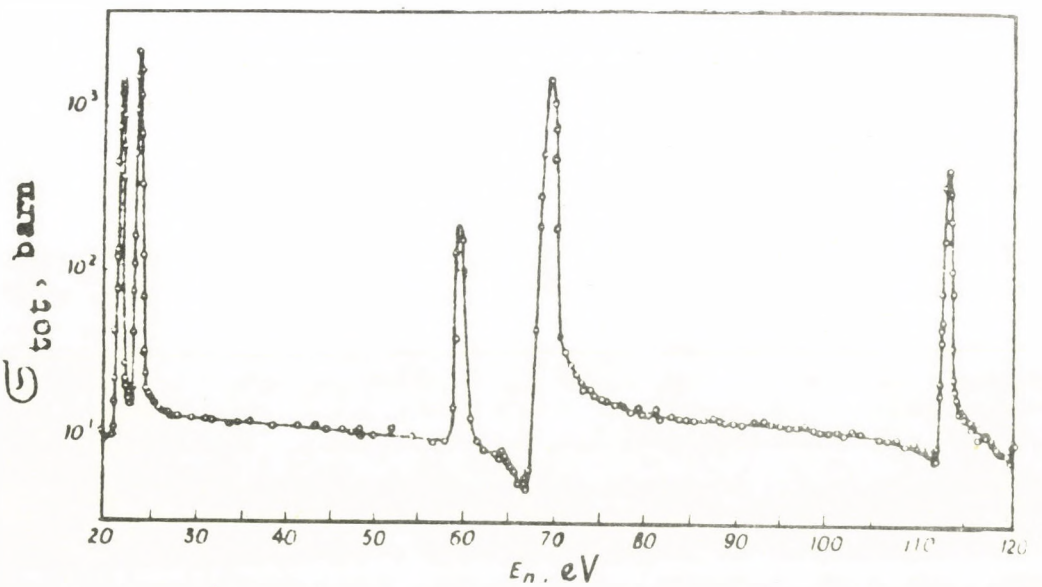


Fig. 1. Resonances in the energy dependence of the total neutron cross section of ^{232}Th [10].

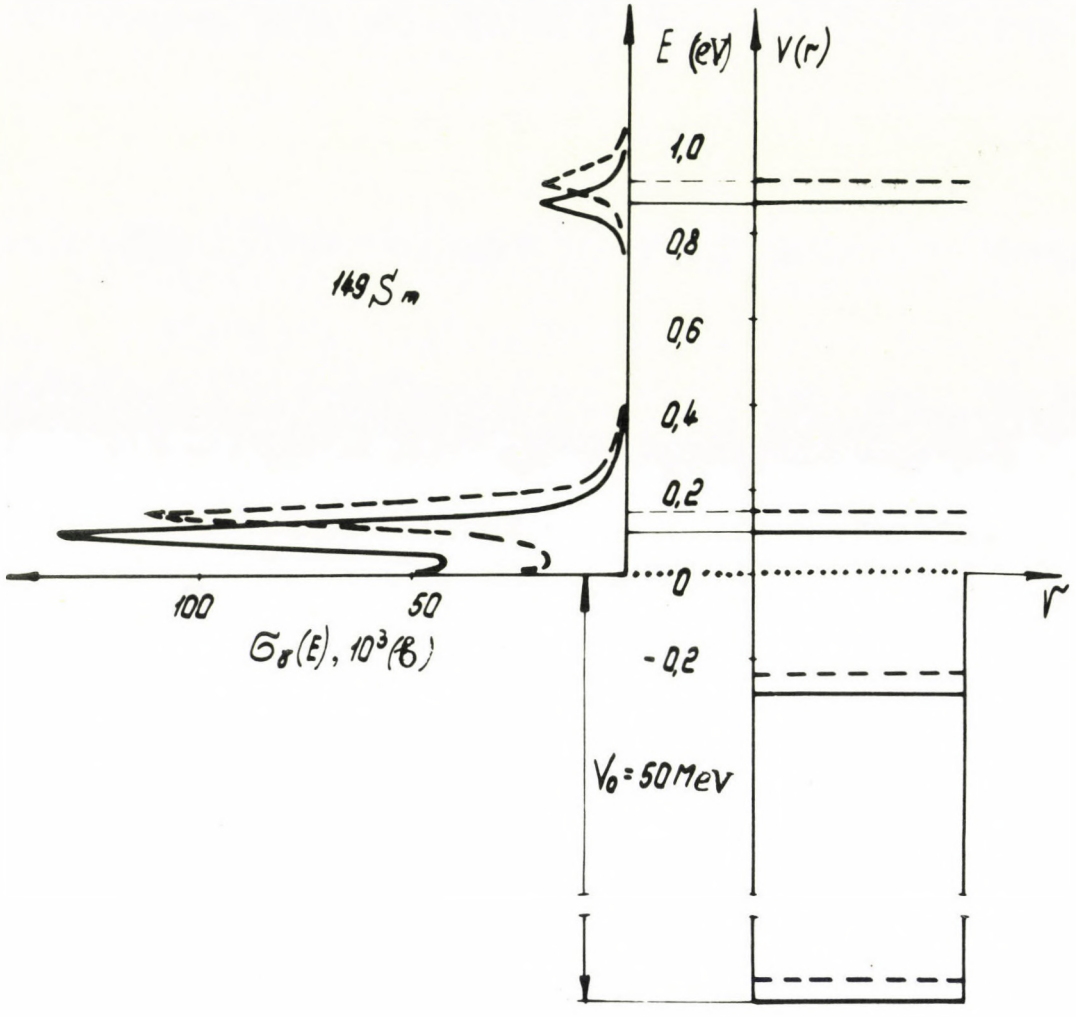


Fig.2. Two energy scales in the nucleus: the eV scale of neutron resonances and MeV scale of the potential well. Solid lines show actual positions of resonances and the energy dependence of capture cross section for ^{149}Sm. The dashed ones demonstrate the effect of the variation of nuclear constants.

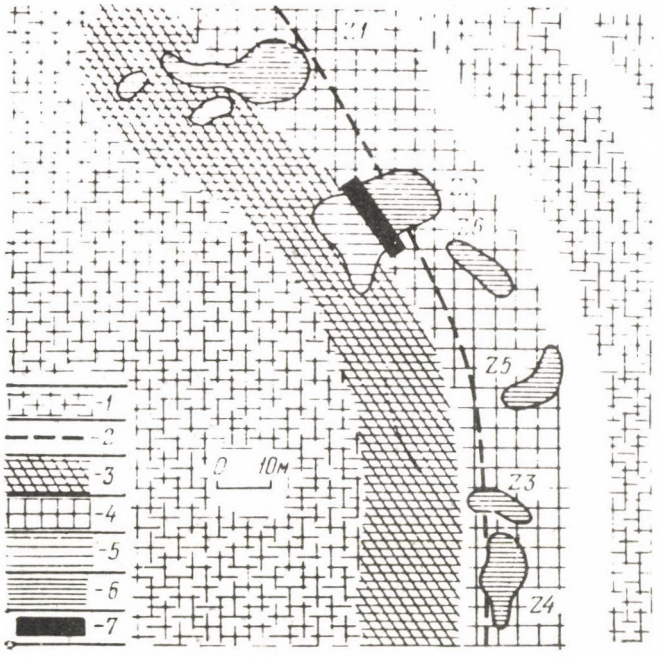


Fig. 3. Disposition of the active zones in the Oklo reactor [18]: 1 - sandstone; 2 - boundary of mined ore; 3 - sandstone wall; 4 - floor of pit; 5 - mined part of reactor; 6 - explored part of reactor; 7 - area to be preserved for future studies.

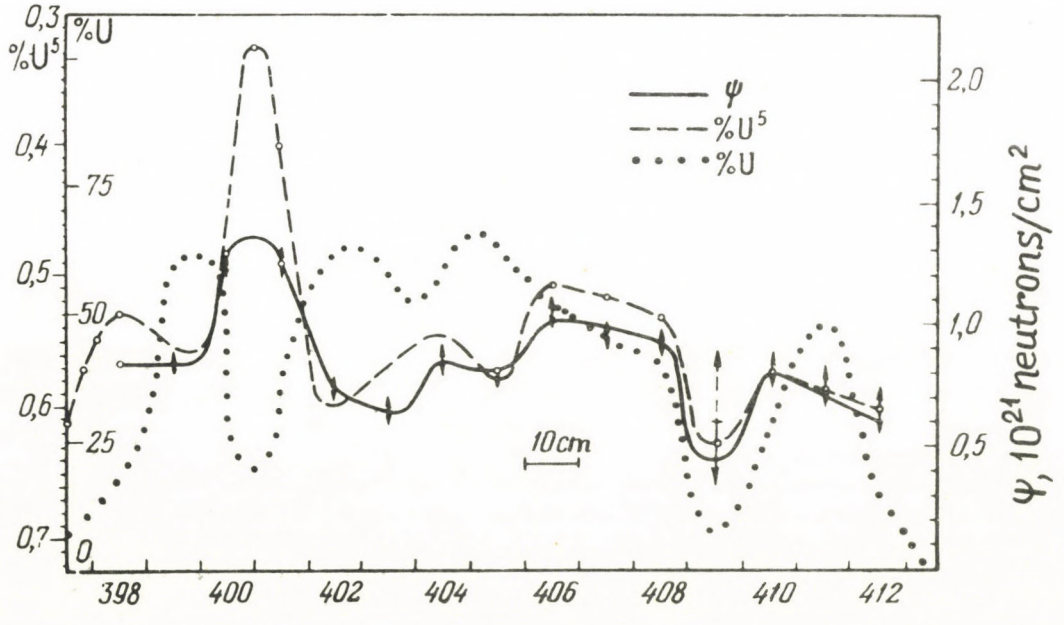


Fig. 4. Distribution of the integrated neutron flux ψ, ^{235}U concentration in uranium and the concentration of uranium in the ore. Sample numbers are plotted along the abscissa axis. [18]

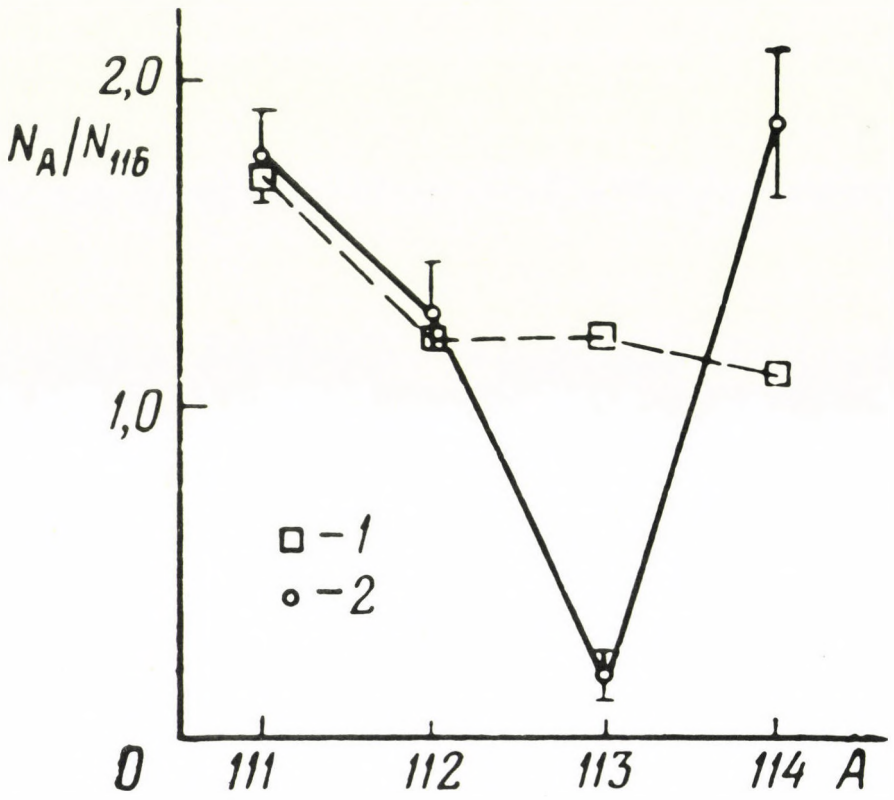


Fig. 5. Burn-up of ^{113}Cd in the Oklo reactor: 1- yield of Cd isotopes relative to ^{116}Cd during fission; 2 - data for the Oklo sample [18,20].

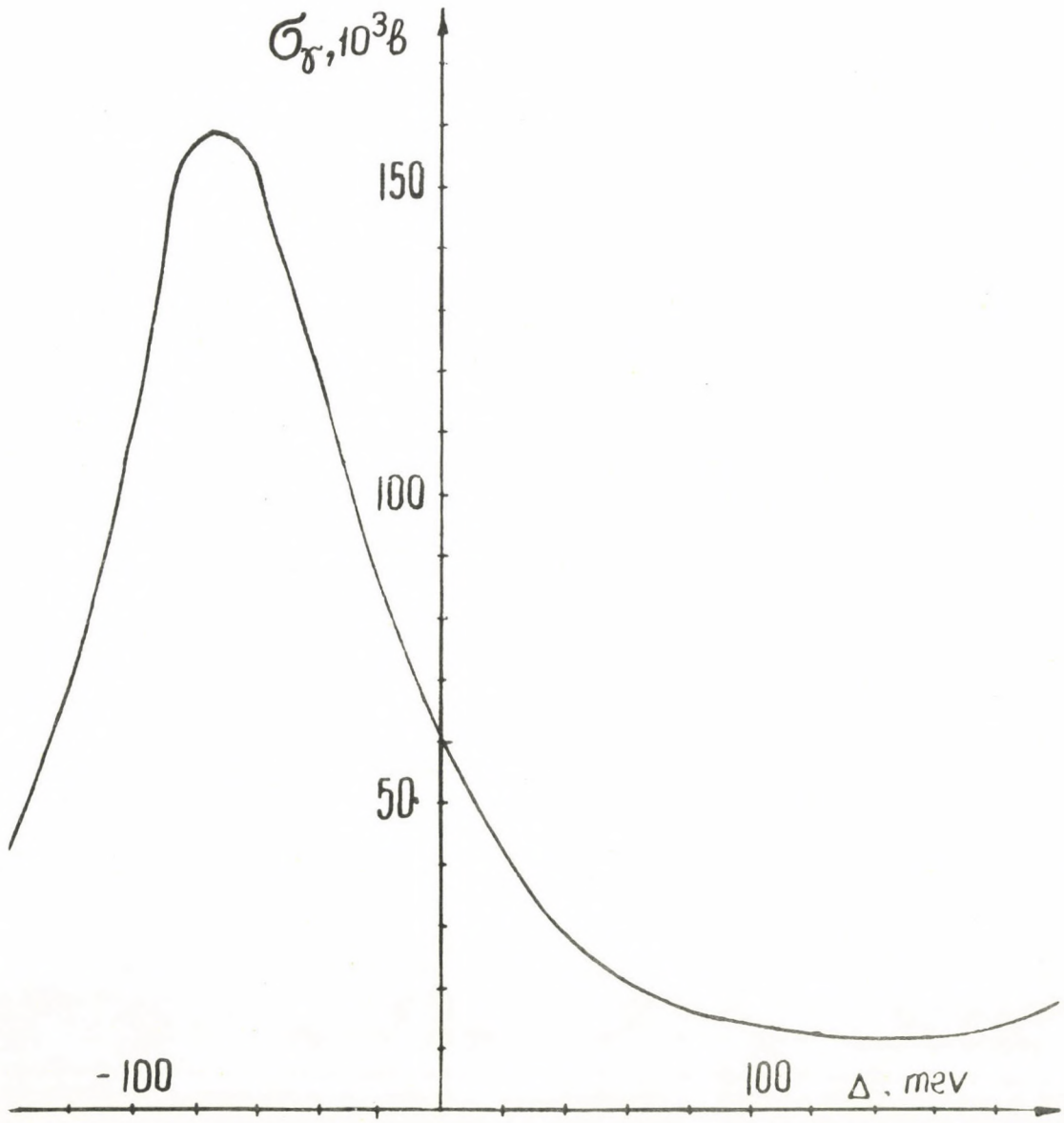


Fig. 6. The variation of the ^{149}Sm capture cross section (averaged over the maxwellian, spectrum of neutrons with kT = 0.025 eV) when the resonances are shifted by Δ [9a].

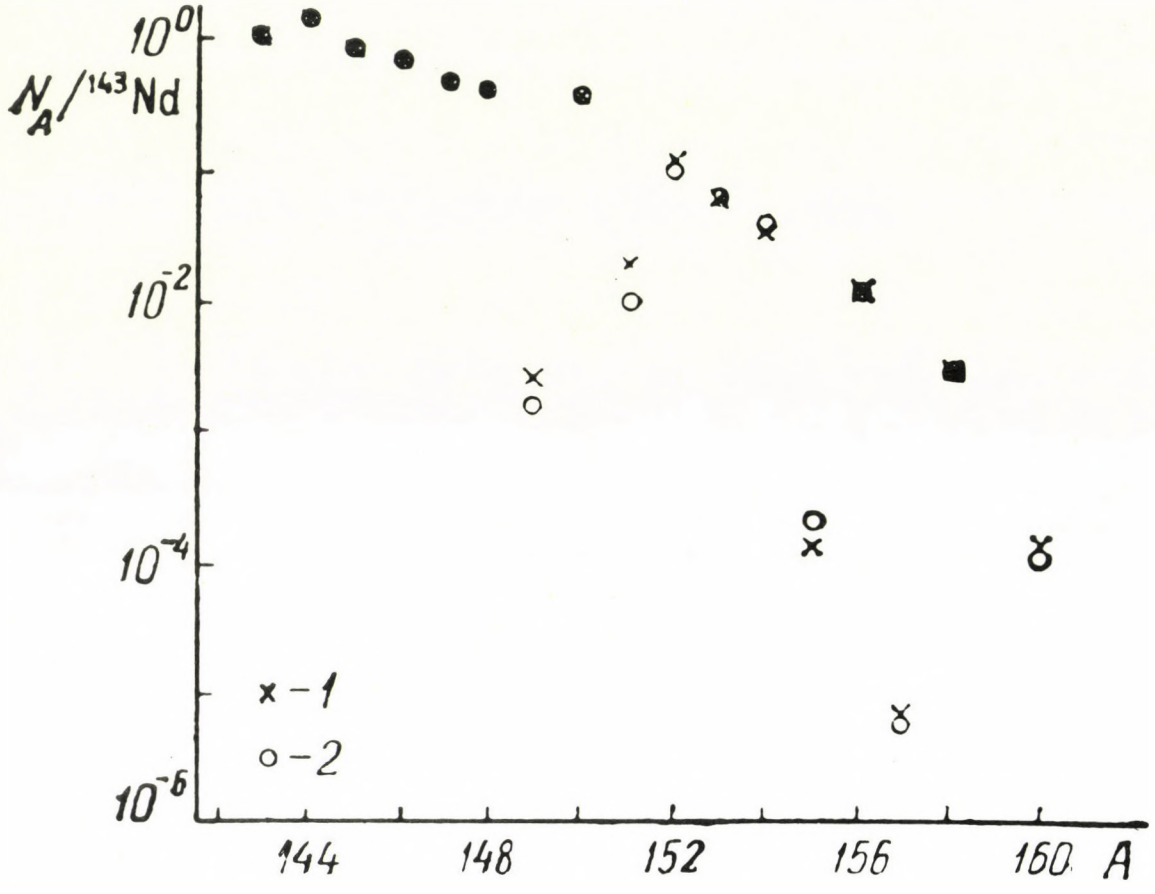


Fig. 7. Comparison of calculated (1) and measured (2) concentrations of fission products relative to the ^{143}Nd concentration for one of the Oklo samples.[20]

Isotopes of Nd	142	143+144	145+146	148	150
Natural concentration, %	27.11	36.02	25.52	5.73	5.62
Fission of ^{235}U, %	0	55.18	33.53	8.16	3.13
Oklo samples, %	0	54.95	33.46	8.25	3.34

Table I. [18] The agreement of the isotopic distribution of Nd with the fission yields. Fission products do not contain ^{142}Nd, so that its amount was used to determine the concentration of natural neodimium in the ore, and to introduce corrections for it.

Interaction	Dyson, Davies [1,22]	Present work
strong, yr^{-1}	$2\cdot10^{-12}$	$5\cdot10^{-19}$
electromagnetic, yr^{-1}	$2\cdot10^{-14}$	10^{-17}
weak, yr^{-1}	10^{-10}	$2\cdot10^{-12}$

Table II. Comparison of upper bounds of the variation of nuclear constants.
Estimates of Sec.3 at Δ_{exp}=50 meV and T=$1.8\cdot10^{9}$yrs are used.

Nuclide	σ_γ^*, b	$\sigma_{\gamma\,exp}$, b	z_{exp}	$\sigma_{\gamma\,min}^{Oklo}$	z_{min}^{Oklo}	$1-S_\gamma$ (z_{min}^{Oklo})
^{113}Cd	5.5	$(19.9\pm0.3)\cdot10^3$	$(3.6\pm0.9)\cdot10^3$	10^4	$2\cdot10^3$	0.01
^{149}Sm	$5.6\cdot10^2$	$(41\pm2)\cdot10^3$	73 ± 16	$2\cdot10^4$	35	0.09
^{151}Eu	$1.9\cdot10^3$	$(9.2\pm2)\cdot10^3$	4.8 ± 0.9	$5\cdot10^3$	2.6	0.33
^{155}Gd	$5.7\cdot10^2$	$(61.0\pm0.5)\cdot10^3$	108 ± 18	$3\cdot10^4$	50	0.07
^{157}Gd	$1.6\cdot10^2$	$(254\pm2)\cdot10^3$	$(1.6\pm0.3)\cdot10^3$	10^5	$6\cdot10^2$	0.02

Table III. The probability for a strong absorber to remain strong after a large variation of constants [23].

References

1. F.J.Dyson, The fundamental constants and their time variation, in: Aspects of Quantum Theory, Ed. A.Salam and E.P.Wigner, Camridge Univ.Press, p.213 (1972).
2. E.A.Milne, Relativity, Gravitation and World Structure, Oxford, Clarendon Press, p. 292 (1935).
3. P.A.M.Dirac, a) The Cosmological Constants, Nature, v.139, p.323 (1937); b) A New Basis for Cosmology, Proc.Roy.Soc., vol. A165, p. 199 (1938).
4. E.Teller, On the change of physical constants, Phys.Rev., vol.13, p.801 (1948).
5. G. Gamow, a) Electricity, Gravity and Cosmology, Phys. Rev.Lett., vol.19, p.759 (1967); b) Variability of Elementary Charge and Quasisteller Objects, ibid, p.913.
6. J.D.Barrow, A cosmological limit on the possible variation of G, Mon.Not.R.Astr.Soc., vol.184, p.677 (1978).
7. T.C.Van Flandern, Is the gravitational constant changing?, Astrophys.J., vol.248, p.813 (1981).
8. A.D.Tubbs and A.M.Wolfe, Evidence for large-scale uniformity of physical laws, Astrophysical J.(Lett.), vol.236, p. L105 (1980).
9. A.I.Shlyakhter, Direct test of the constancy of the fundamental nuclear constants using the Oklo natural reactor, Preprint of LNPI-260, (September, 1976); b) Nature, vol.260, p.340, November 25, 1976).
10. A.Bohr and B.Mottelson, Nuclear Structure, vol.1, N.Y., 1969 (Russian transl.,"Mir", 1971).
11. I.S.Shapiro, Parity-violating nuclear forces, Usp.Fiz. Nauk, vol.95, p.647 (1968).
12. R.J.Blin-Stoyle, Fundamental interactions and the nucleus, Amsterdam-New York, 1973 (Russian transl."Mir", 1976).
13. P.K.Kuroda, On the nuclear physical stability of the uranium minerals, J.Chem.Phys., vol.25, p.781, 1295 (1956), see also ref. [14] , p.479.
14. The Oklo Phenomenon, Vienna, IAEA, 1975.
15. Natural Fission Reactors, Vienna, IAEA, 1978.
16. M.Maurette, Fossil Nuclear Reactors, Ann.Rev.Nucl.Sci., vol.26, p.319 (1976).
17. G.A.Cowan, A natural fission reactor, Sci.American, vol.235, p.36 (July 1976).
18. Yu.V.Petrov, The Oklo natural nuclear reactor, Usp.Fiz. Nauk, vol. 123, p. 473 (1977); (Engl.transl.: Sov.Phys. Usp., vol.20, p.937 (1978)).
19. Yu.A.Shukolyukov, Fission - products of the heavy elements on the Earth, M., Energoizdat, 1982.
20. J.C.Ruffenach et al., Chemical and isotope studies of uranium, lead and several fission-products in ore sample from Oklo fossil reactor, Earth Planet.Sci.Lett., vol.30, p.94 (1976).
21. Yu.V.Petrov and A.I.Shlyakhter, The distribution of thermal neutron cross sections, a) Preprint LNPI-456 (January, 1979), b) Nucl.Sci.Eng., vol.77, p.157 (1981).
22. P.C.W.Davies, Time variation of the coupling constants, J.Phys.A., vol.5, p.1296 (1972).

23. A.I.Shlyakhter, Calculation of neutron cross sections for isomeric nuclei, Thesis, LNPI, 1979.
24. V.P.Chechev and Ya.M.Kramarovsky, Radioactivity and the evolution of the Universe, M., "Nauka", 1978.
25. F.J.Dyson, Variation of constants, in Current trends in the theory of fields, ed.by J.E.Lanutti and P.K.Williams, Amer.Inst.of Physics, N.Y., 1978, p.163.
26. F.J.Dyson, Time without end: physics and biology in an open Universe, Rev.Mod.Phys., vol.51, p.447 (1979).
27. B.Bertotti, Status of experimental gravitation, in: Recent Developments in Gravitation, ed.by M.Levy and S.Deser (N.Y., 1979). I must note that my results (ref. [9]) are used in this paper without the customary acknowledgement of the source.
28. Ya.B.Zel'dovich, The gravitation, charges, cosmology and coherence, Usp.Fiz.Nauk, vol. 123, p.487 (1977), (Engl.transl. Sov.Phys.Usp., vol.20, p.945 (1978)).
29. R.H.Dicke, Dirac's cosmology and Mach's principle, Nature, vol.192, p.440 (November 4, 1961).
30. B.Carter, Large number coincidences and the anthropic principle in cosmology, in: Confrontation of Cosmological Theories with the Observational Data,ed.by M.S.Longair, p. 291 (1974).
31. B.J.Carr and M.J.Rees, The anthropic principle and the structure of the physical world, Nature, vol.278, p.605, (1979).

Az ATOMKI Közlemények a Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézetének riportjait gyüjti egybe, és negyedévenként jelenik meg. Terjeszti az ATOMKI Könyvtára (Debrecen, Postafiók 51, 4001). Tudományos intézetek és könyvtárak kiadványaikért cserébe vagy ellenszolgáltatás nélkül is megrendelhetik. Egyes számokat a Könyvtártól, egyes riportokat közvetlenül a szerzőktől (gyüjteményes riportok esetén a riportok szerkesztőitől) lehet kérni.

Szerkesztő Bizottság: Szalay Sándor elnök, Lovas Rezső titkár, Berényi Dénes, Cseh József, Csikai Gyula, Gyarmati Borbála és Medveczky László.

Kiadja a
Magyar Tudományos Akadémia
Atommagkutató Intézete

A kiadásért és szerkesztésért felelős
dr.Berényi Dénes, az intézet igazgatója

Készült az ATOMKI nyomdájában

Törzsszám: 24

Debrecen, 1983. junius

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

Volume 25 / Number 2

CONTENTS

Berényi Dénes: Kutató intézet, mint alkotómühely 23
Kovách Ádámné: Intézeti hirek '82 33
A. I. Shlyakhter: Direct test of the time-independence of fundamental nuclear constants using the Oklo natural reactor 39

539

HU ISSN 0004-7155

Bio 365

IV.

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

25. kötet / 3. szám

MTA
ATOMMAGKUTATÓ INTÉZETE, DEBRECEN / 1983

9

HU ISSN 0231-3685

ATOMKI Riport X/3 (1983)

AZ ESCA MÓDSZER ALKALMAZÁSA FÉLVEZETŐ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSÁBAN*

Kövér László

1. Bevezetés

A félvezető eszközöket, integrált áramköröket gyártó elektronikus iparban rohamosan nő a felület-érzékeny mikroanalitikai technikák jelentősége és felhasználása. Ezekkel a módszerekkel a félvezető eszközök készitésében, megbizhatóságában, a gyártás során a jó minőségü alkatrészek kihozatalának növelésében igen sokszor döntő szerepet játszó felületi atomi rétegeket lehet vizsgálni, fémek, félvezetők, szigetelők, szervetlen vagy szerves anyagok esetében.

A röntgen-fotoelektronspektroszkópiai (XPS, ESCA) módszer különösen alkalmas felületi szennyezők, vékony oxidrétegek összetételének, a különböző kémiai kötésállapotu összetevők mélységi eloszlásának a vizsgálatára. Igy a félvezető eszközök gyártása során a kémiai előkészitő müveletek hatásosságát lehet például a módszerrel ellenőrizni, az esetleges felületi szennyezők azonositása segitséget nyujt a tisztitó eljárás és a technológia tökéletesitéséhez. A félvezető eszközökben alkalmazott szilárd kötések, védőrétegek, bevonatok határfelületeinek vizsgálata lehetővé teszi a felületi korróziós folyamatok nyomonkövetését, a kötések és védőrétegek minőségének javitását.

Különös fontosságu a félvezető anyagokon kialakitott oxidréteg vastagságának, összefüggésének és egyenletességének, valamint a félvezető-oxid és a fém-félvezető átmeneti határrétegek vizsgálata, nemcsak a félvezető eszközök minőségének ellenőrzése szempontjából, hanem a határrétegek környezetében a valóságban lezajló folyamatok jobb megértése, esetenként felderitése céljából is. A következőkben az ESCA módszer elvének ismertetése után a teljesség igénye nélkül néhány alkalmazási példával szeretnénk bemutatni a módszerrel kapható információk jellegét és felhasználási módját, elsősorban azokat az eseteket, amelyek az ATOMKI-ban lévő vizsgálati lehetőségek határain belül esnek.

2. Az ESCA módszer

Az ESCA (XPS) módszer igen hatékony és sokoldalu korszerü felületvizsgálati módszer. Az 1. ábrán a vizsgálat elve, a kisérleti elrendezés és néhány

*Készült: az OKKFT A/4 (1.11) program keretében

jellemző adat láthatók.

A szilárd minták vizsgálata nagyvákuumban történik, a minta atomjainak elektronhéjairól kilépő fotoelektronok kinetikus energiaeloszlását jó energiafeloldásu elektronspektrométerrel vizsgáljuk. Az energiamérés pontossága a fotoelektronspektrumban jelentkező csucsok helyzetének (a megfelelő atomi alhéjak kötési energiájának) nagypontosságu meghatározását teszi lehetővé, melynek segitségével nemcsak a vizsgált atom rendszáma, hanem pl. a kémiai kötésállapota, kémiai, fizikai környezete is azonositható. A különböző összetevőkhöz tartozó fotoelektroncsucsok intenzitásarányaiból pedig a felületi koncentrációarányokra lehet következtetni (a módszer részletes leirását l. pl. [1]-ben).

A kisenergiáju elektronok kis kilépési mélysége következtében az XPS módszernek nagy a felületi érzékenysége. Az információs mélység (5 nm) elegendő ahhoz például, hogy a nemesfémeken, vagy ötvözeteken levegőn kialakuló oxidrétegnek teljes vastagságából és az alatta lévő fém felső rétegeiből egyidejüleg szerezzünk információt.

Argon-ionmarásos felületporlasztással (a vizsgált felület Ar^+ ionokkal vákuumban történő bombázásával) kombinálva az XPS módszert, lehetőség nyilik a felületi rétegek mélységi analizisére is, olymódon, hogy a felületi összetevők fotoelektronspektrumának felvétele után argon-ionmarással néhány (v. néhány tized) nm vastag felületi réteget eltávolitunk, és ismét felvesszük az összetevők spektrumát. A spektrumok analizisével meghatározható a felületi réteg vastagsága és összetételének változása a felülettől mért mélység függvényében.

Az argon-ionmarás alkalmazásával történő mélységi analizis lehetőségeinek határt szab az a körülmény, hogy az ionmarás (különösen nagy ionáramsürüségeknél vagy hosszu marási időtartamnál) hatására megváltozhat a felület kémiai és fizikai állapota.

3. Felületi szennyezők és korróziós termékek vizsgálata

A gyártásból hibásan, vagy nem megfelelő elektronikus paraméterekkel kikerülő félvezető eszközöknél a hibák forrásai gyakran a rossz kötések.

Torrisi és munkatársai [2] XPS módszerrel vizsgálták az integrált áramkörök kötéseinek a határfelületét.

A 2. ábrán látható fotoelektronspektrumok egy integrált áramkörben a sziliciummorzsát körülvevő védő gyanta (2b) és a bázis nikkel (2c) határfelületének állapotát mutatják. A gyantát és a fém alapot előzőleg mechanikusan választották szét. A 2a. spektrum a gyanta külső felületére jellemző.

Látható, hogy mindhárom spektrumban a gyanta anyagának tulajdonitható vonalak (Si, C, O) dominálnak, a fém jele nem észlelhető a nikkel határfelületén, ami azt bizonyitja, hogy a gyanta jól megtapadt a fémfelületen. A 2a. spektrummal ellentétben azonban mindkét határfelületen megjelenik az ólom, amelynek kiválása mind a gyanta tapadását, mind a szigetelőképességét befolyásolhatja.

A sziliciummorzsát forrasztással rögzitik a nikkel alaphoz, a rossz kontaktus szintén selejtet eredményez. Az ESCA vizsgálatok [2] kimutatták, hogy a nikkel felületén képződött, széntartalmu szennyezőket tartalmazó, NiO-ban gazdag oxid-hidroxid réteg az egyik oka, hogy a megolvadt forrasz nem nedvesiti a nikkel felületét, s igy megbizhatatlan lesz a kötés. Megfelelő kémiai kezelés után, lecsökkentve a széntartalmu szennyezőket és az oxidréteg NiO tartalmát [2] jelentősen sikerült javitani a kötések minőségét. Hasonló probléma jelentkezett a sziliciumlapka hozzávezető huzaljaival kapcsolatosan. A rossz kötést okozó, részben elszineződött felületü huzalok ESCA spektrumai erős széntartalmu szennyezést mutattak, amit sikerült a sziliciumlapkák toluolos tisztitásával kapcsolatba hozni [2].

A toluolos művelet elhagyása javulást eredményezett a kihozatalban. A rossz kötést másrészről a lágyforrasz korrózióját okozhatja.

Okamoto és munkatársai [3] ón-ólom forraszt tanulmányozva ESCA vizsgálattal kimutatták, hogy a korróziós termék - amely nagyrészt $Pb(NO_3)_2$ - képződését elsősorban a levegő NO_2 és nedvességtartalma idézi elő.
A 3. ábrán NO_2+H_2O reakciójának kitett PbSn forrasz ESCA spektrumai láthatók.
A spektrumok is alátámasztják azt az állitást, hogy az NO_2^- kulcsszerepet játszik a felületi korrózió folyamatában. Torrisi és munkatársai [2] a sziliciumlapkát a bázislaphoz rögzitő, nagy (92 %) Pb tartalmu forrasz esetében ESCA módszerrel kimutatták az ón nagymértékü szegregációját, és hogy a kötések megbizhatóságát kétlépcsős eljárás (kémiai maratás, majd közvetlenül a sziliciumlapocska rögzitése előtt a forrasz redukáló gázban történő megolvasztása) alkalmazásával nagymértékben lehet növelni.

Egy másik gyakori probléma a félvezetőiparban egyes fémek interdiffuzója védőrétegeken keresztül. A 4. ábra ESCA spektrumai 100 nm vastagságu Au rétegen már szobahőmérsékleten is átdiffundáló Ni jelenlétét mutatják az Au réteg felületén [2]. Az arany más anyaggal történt helyettesitésével sikerült elkerülni az interdiffuziókból eredő problémákat.

A szabályozott körülmények között a felületbe juttatott "szennyezők" azonban a félvezető iparban sok esetben döntően hasznosak lehetnek. A rövid csatornás MOS tranzisztorok termikus oxid rétegeiben fellépő töltéscsapda centrumok káros küszöbfeszültség eltolódást okoznak. Foszfor ionok implantációjával, majd az azt követő hőkezeléssel (950°C) azonban a töltéscsapdák száma erősen csökkenthető. A hőkezelés azonban csak száraz oxigén atmoszférában végezve sikeres, száraz nitrogén atmoszféra alkalmazása nem hat a töltéscsapdákra.

Hoh és munkatársai [4] ESCA vizsgálatokkal kideritették, hogy az oxigénben történő hevités következtében a P-Si kötések P-O kötésekké alakulnak a szilicium kristályban, mig a N_2 hatására nem történik ilyen kötéskonverzió (5. ábra).

4. Fém-félvezető (Pt-Si, Au-Si, Ag-Si, Ni-Si, Pd-Si, Ag-Ge, Ni-Ge, Au-GaSb, Cs-GaSb) átmenetek vizsgálata

A fém-félvezető átmeneti rétegek szerkezete nagymértékben megszabja az átmeneti rétegek legfontosabb tulajdonságának, a Schottky zárórétegnek a minőségét. A felületvizsgálati módszerekkel a fém és a félvezető határán kialakult kémiai szerkezet tanulmányozható, ellenőrizhetők a határrétegről eddig alkotott elképzelések.

Grunthaner és munkatársai [5] a Pt-Si határrétegben keletkező Pt_2Si és PtSi vegyületek (a Pt-Si rendszereknél ez a két stabil tömbi - bulk - vegyület ismeretes) tulajdonságait vizsgálták ESCA módszerrel. Ultrahangos, oldószeres mosással tisztitott n-tipusu Si(100) kristály felületére kb. 50 nm Pt réteget párologtattak, majd a felületi oxidréteget kémiai maratással, illetve a spektrométer vákuumrendszerében történt in situ hevitéssel eltávolitották [5]. Először a fémfelület fotoelektronspektrumát mérték, majd a megfelelő in situ hőkezelésekkel [5] kialakitott Pt_2Si és PtSi felületi rétegekét.
A megfelelő Pt $4f_{5/2,7/2}$ fotoelektronspektrumok láthatók a 6. ábrán.
Mig a Pt vonalai a Pt_2Si és a Pt-Si esetében jól megkülönböztethető kémiai eltolódást mutatnak, a Si 2p spektrumok esetén [5] eltolódás nem, csak a felületi határrétegben akkumulálódott Si oxidok járuléka tapasztalható.
A szerzők arra a következtetésre jutottak a spektrumok analizise alapján, hogy a Pt vonalak különböző eltolódását nem elsősorban a Pt-Si kötések,

hanem a Pt-Pt kötések számának a megváltozása okozza.
Összehasonlitva a fém-szilicium kölcsönhatás erősségét, a tapasztalt sorrend: $Ni_2Si<Pd_2Si<Pt_2Si$ [5].

Rossi és munkatársai [6] a Pt-Si (111) átmeneti réteg kialakulásának kezdeti fázisát tanulmányozták, különös tekintettel az igen kis Pt boritottságu tartományra. A fotoelektronspektroszkópiai vizsgálatok kimutatták, hogy a sziliciumkristály felületének igen kis ($\theta \sim 0.1$ monoréteg) Pt boritottsága lényegesen megváltoztatja a Si felületi elektronállapotait. Néháhy monoréteg ($\theta \sim 10$) boritottságig szilicidszerü átmeneti réteg képződik, és nagyobb boritottság értékeknél ($\theta < 40$) is van jelen kis koncentrációban Si a felső Pt rétegekben. Ez a szerkezet tükröződik a Pt 4f és a Si 2p fotoelektronvonalainak a Pt boritottság függvényében mért energiaeltolódásértékeiben (7.a. ábra). Mig a Pt 4f vonalak eltolódásaiból megállapitható az átmeneti réteg vastagsága és a koncentrációgradiens folytonossága (az eltolódás a Pt atomok közvetlen Si szomszédjai számával hozható összefüggésbe), a Si esetében a koncentráció monoton csökkenésével van összhangban a 2p vonalak energiaeltolódásának a változása. A 7. b. ábrán összehasonlitásul az Au-Si rendszerre vonatkozó eredmények [7] láthatók. A Pt-Si átmenetnél jelentkező három tartomány ez esetben is megkülönböztethető, azonban a Si 2p energiaváltozásából arra lehet következtetni,hogy az átmeneti réteg változó összetételü ötvözet [7]. A spektrumok nagyobb Au boritottságnál is felületi Si kiválásról tanuskodnak és sikerült kimutatni, hogy kis mennyiségü oxigén csökkentheti az Au és Si keveredését a határfelületeken [7]. A határfelületi atomok keveredését, véges vastagságu átmeneti réteg kialakulását bizonyitják az Ag-Si(111) [8], Ag-Ge(111) [9], Ni-Ge(111) és a Pd-Ge(111) [10] rendszerek fotoelektronspektroszkópiai vizsgálatai során kapott eredmények is.

A fentiekben ismertetett fém-félvezető kölcsönhatások, kölcsönös diffuzió felerősödhet, ha a félvezető nem azonos atomokból épül fel. A 8. ábrán arany rétegekkel fedett GaSb(110) kristály [11] fotoelektronspektrumai láthatók. Növekvő Au fedettségnél a Ga 3d vonala csökken, majd eltünik, mig a Sb 4d vonal intenzitása csak kismértékben csökken, még több, mint 100 monoréteg Au esetében is. Ez egyértelmüen bizonyitja a Sb kiszakadását a GaSb kristály felületi rácspontjaiból, és feldusulását az Au réteg felületén.

A felsorolt példák tanusitják, hogy a fém-félvezető átmenetek fotoelektronspektroszkópiai vizsgálatai már eddig is több lényeges eredménnyel jártak. Minden esetben sikerült átmeneti réteg jelenlétét kimutatni, többé-kevésbé felderiteni az átmeneti réteg szerkezetét. Kiderült, hogy a félvezetők felületén már jóval monoréteg alatti boritottsággal jelenlévő fém erőteljes változásokat okoz (pl. hibahelyek), amelyek később (nagyobb boritottságoknál) stabilizálódnak. Ugyanakkor a félvezető atomjai egyes esetekben többszáz monoréteg fémen is keresztüldiffundálnak, és a felületen kiválnak. Az előző eredmények egyrészt azt jelentik, hogy a megfelelő elektromos tulajdonságok legtöbb esetben igen vékony fémrétegeknél kialakulnak, tehát nem szükséges vastag fémréteg alkalmazása, másrészt pedig azt, hogy az eddigi, tökéletes sikok közötti éles atomi átmeneteket feltételező elméletek helyett a félvezető felületének megváltozott állapotát, az átmenetiréteg vastagságát és szerkezetét is figyelembevevő, a Schottky-záróréteg valódi viselkedését jobban közelitő modelleket kell kidolgozni.

5. Oxid-félvezető határrétegek vizsgálata

A fém-oxid-félvezető (MOS) áramkörök müködése és előállitása szempontjából fontos az oxid-félvezető határréteg szerkezetének ismerete. Az ESCA módszert már kiterjedten alkalmazzák a termikusan növesztett SiO_2 és a Si alap-

anyag határrétegeinek vizsgálatára. Általában kémiai vagy argon-ionmarásos módszerrel távolitják el a vizsgálatokhoz az oxidréteg nagy részét, hogy az ESCA módszer átkutatási mélysége átfogja a Si-átmeneti réteg - SiO_2 tartományt. A 9. ábra bemutatja Si2p és az Ols fotoelektronspektrum változását különböző vastagságu felületi oxidrétegek esetén (az oxidrétegek vastagságát ellipszometriai módszerrel határozták meg) [12]. A spektrumok komponenseinek az intenzitásarányait analizálva, következtetni lehet az átmeneti réteg vastagságára, kémiai összetételére. Hattori és Nishina [13] módszert dolgoztak ki a határréteg vastagságának és a termikusan növesztett SiO_2 réteg vastagság-eloszlásának meghatározására a fotoelektronspektrumok analizisével. A határréteg vastagságára 1-2 nm értéket kaptak, ellentétben Ishizaka és Iwata [14] által mért 0.2-0.3 nm értékkel. Vasquez és Grunthaner [15] módszert dolgozott ki az oxidréteg egyenletességének az ellenőrzésére, és az átmeneti rétegvastagságot 2-3 nm-re becsülték a fotoelektron-intenzitások analizisébol. Az átmeneti réteg kémiai szerkezetére vonatkozóan fő komponensként SiO [12], illetve SiO_x [15] jelenlétére következtettek a határfelületen.
Grunthaner és munkatársai [16] kimutatták, hogy a sugárzásnak jobban, illetve kevésbé ellenálló MOS eszközök Si/SiO_2 határrétegének fotoelektronspektrumai a Si-O-Si kötések különbözőségét tükrözik. Ebel és munkatársai [17] pedig rámutattak, hogy az oxidréteg felületi egyenetlenségeinek figyelmen kivül hagyása az XPS rétegvastagságmérések megbizhatóságát csökkenti.

6. Egyéb alkalmazások

A 10. ábrán egy MNOS (fém/Si_3N_4/SiO_2/Si) átmenet szerkezetét jellemző Si2p fotoelektronspektrumok [18] láthatók. A szerzők, előző vizsgálatokkal ellentétben, a sziliciumnitrid filmben nem találtak szabad sziliciumatomokat.

Cocito és munatársai [19] Josephson átmenet öregedését követték nyomon XPS módszerrel, azonositva a PbO és Nb_2O_5 összetevőket a Nb film felületén. Az ESCA módszer elektronikus eszközökkel kapcsolatos alkalmazásának egész sorát lehetne még emliteni, a felsoroltak csak önkényesen kiragadott példák a módszer sokoldaluságának érzékeltetésére.

Végül az ATOMKI ESCA berendezésével [1] végzett vizsgálatainkból mutatunk be két példát. A 11-12. ábrákon a gyöngyösi félvezető üzemből kapott tokozatlan tranzisztor minták fotoelektronspektrumai láthatók. A spektrumokban jól azonosithatók a szerkezeti anyagok (Au, Ag, Al), illetve a felületi szennyezők (Na, Cl, O, C) vonalai.

A vastagréteg hibrid integrált áramkörök vastagréteg pasztáinak kötőanyagaként használatos Bi_2O_3-ból elektrokémiai folyamat során fém Bi dendrit képződhet, ami migrációs rövidzárakat okoz. Ennek igazolására szolgál a 13. ábra. Az ábrán egy kerámia lapkára felvitt vastagréteg paszta [20](13. a. ábra), illetve egy Bi_2O_3 minta (13. b. ábra) Bi 4f fotoelektronspektrumai láthatók, különböző vastagságu felületi rétegek Ar^+ ionmarással (4 keV, 7 μA) történt eltávolitása után.

A Bi_2O_3 minta vonalai az ionmarás következtében létrejövő redukciónak megfelelően, a fém komponens jelenléte miatt kismértékü eltolódást mutattak, amely azonban az ionmarás időtartamának függvényében nem változott (egy idő után ugyanannyi fém Bi atom porlasztódott le, mint amennyi keletkezett), mig a paszta Bi 4f vonalainál kb. 20-30 nm (nagyrészt szennyező) réteg eltávolitása után a vonalaknak a csaknem teljesen fémes állapotnak megfelelő energiahelyzetbe történt eltolódását tapasztaltuk. Ilyen mértékü eltolódást nem okozhatott az ionporlasztás miatti redukció, vagyis a szigetelőre felvitt réteg Bi dendriteket tartalmazott.

Hivatkozások

[1] Berényi D., A szilárdtestkutatás ujabb eredményei, 5 (1979) 131
[2] A. Torrisi, S. Pignataro, G. Nocerino, Applications of Surface Sci. 13 (1982) 389
[3] Y. Okamoto, W. J. Carter, D. M. Hercules, Applied Spectroscopy 33 (1979) 287
[4] K. Hoh, M. Saitoh, Y. Miura, J. of the Electrochem. Society 128 (1981) 1613
[5] P. J. Grunthaner, F. J. Grunthaner, A. Madhukar, J. Vac. Sci. Technol. 20 (1982) 680
[6] G. Rossi, I. Abbati, L. Braicovich, I. Lindau, W. E. Spicer, Phys. Rev. B. 25 (1982) 3627
[7] L. Braicovich, C. M. Garner, P. R. Skeath, C. Y. Su, P. W. Chye, I. Lindau, W. E. Spicer, Phys. Rev. B. 20 (1979) 5131
[8] G. Rossi, L. Caliari, I. Abbati, L. Braicovich, I. Lindau, W. E. Spicer, Surface Science 116 (1982) L202
[9] G. Rossi, I. Abbati, L. Braicovich, I. Lindau, W. E. Spicer, Phys. Rev. B25 (1982) 3619
[10] I. Abbati, G. Rossi, L. Braicovich, I. Lindau, W. E. Spicer, Applications of Surface Sci., 9 (1981) 243
[11] W. E. Spicer, Nondestructive evaluation of semiconductor materials and devices, Ed.: J. N. Zemel, Plenum (1979)
[12] A. Ishizaka, S. Iwata, Y. Kamigaki, Surface Sci. 84 (1979) 355
[13] T. Hattori, T. Nishina, Surface Sci. 86 (1979) 555
[14] A. Ishizaka, S. Iwata, Appl. Phys. Lett. 36 (1980) 71
[15] R. P. Vasquez, F. J. Grunthaner, Surface Sci. 99 (1980) 681
[16] F. J. Grunthaner, B. F. Lewis, N. Zamini, J. Maserjian, IEE Transactions on Nuclear Science, NS-27 (1980) 1640
[17] M. F. Ebel, H. Ebel, J. Wernisch, Advances in X-Ray Analysis, 3 (1980) 223
[18] T. N. Wittberg, J. R. Hoenigman, W. E. Moddeman, C. R. Cothern, M. R. Gulett, J. Vac. Sci. Technol. 15 (1978) 348
[19] M. Cocito, V. Lacquaniti, S. Palumbo, S. Sturlese, Proc. of the VIII. Internat. Vacuum Congress, Sept. 22-26, 1980, Cannes, Vol. I. p. 495.
[20] Harsányi G., Egyetemi doktori disszertáció, BME Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Technológia TSz., 1983

Lektor: Kalinka Gábor

Ábraszövegek

1. ábra Az ESCA (XPS) módszer mérési elve, kisérleti elrendezés és jellemző adatok

2. ábra IC tokozásához használt gyanta és nikkel alaplap határfelületeinek ESCA (AlK_α) spektrumai (b., c.) [2]. Összehasonlitásul a) jelzi a gyanta külső felületének a spektrumát.

3. ábra NO_2 (100 ppm 1 atm N_2-ben)+H_2O (50 % páratart.) reakciójának kitett PbSn 1:1 forrasz Nls ESCA spektruma [3]. A reakció ideje (alulról fölfelé): 0; 5 és 320 min.

4. ábra 100 nm vastagságu Au rétegen átdiffundáló Ni ESCA (MgK_α) $Ni2p_{3/2}$ spektrumai. a: 180 °C-on száraz levegőn hevitve 0, 1 és 2 h időtartamig, b: az elektronspektrométer vákuumában (10^{-6} Pa) 200 °C-on 15 percig hevitett ugyanazon mintának a $Ni2p_{3/2}$ spektrumai [2].

5. ábra a.) implantált; b.) N_2 atmoszférában hőkezelt, c.) O_2 atmoszférában hőkezelt termikus SiO_2 rétegbe implantált P ionok P2p ESCA spektrumai [4].

6. ábra A Si(100) felületére rétegzett Pt, illetve a felületen kialakitott Pt_2Si és PtSi Pt 4f fotoelektronspektruma (AlK_α) [5].

7. ábra a.) Si2p és Pt4f kötési energiaváltozások Si(111) különböző Pt boritottságainál [6]. A kisérleti pontokra legjobban illeszkedő görbét folytonos vonal jelöli.
b.) Si2p és Au4f kötési energiák Si(111) különböző Au boritottságainál [7]. Az ábrán feltüntetett sürüségérték a felületegységre eső Au atomok számát jelöli.

8. ábra Különböző vastagságu Au rétegekkel fedett GaSb(110) felület fotoelektron spektruma 123 eV gerjesztő fotoenergiánál [11].

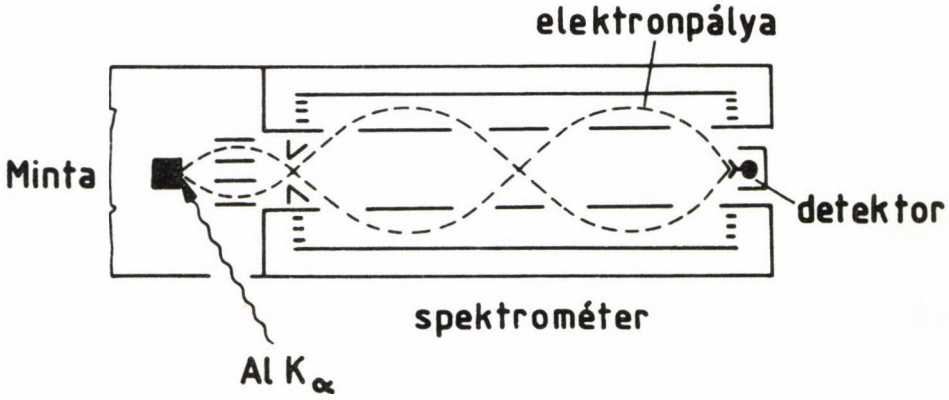
9. ábra Különböző vastagságu felületi sziliciumoxidrétegek Ols és Si2p fotoelektronspektrumai (a vastagságmérés ellipszometriai módszerrel történt):
(1) 0.60 nm (frissen mart Si); (2) 1.00 nm; (3) 1.50 nm; (4) 2.14 nm; (5) 2.99 nm; (6) 4.03 nm; (7) 4.90 nm; (8) 200 nm [12]

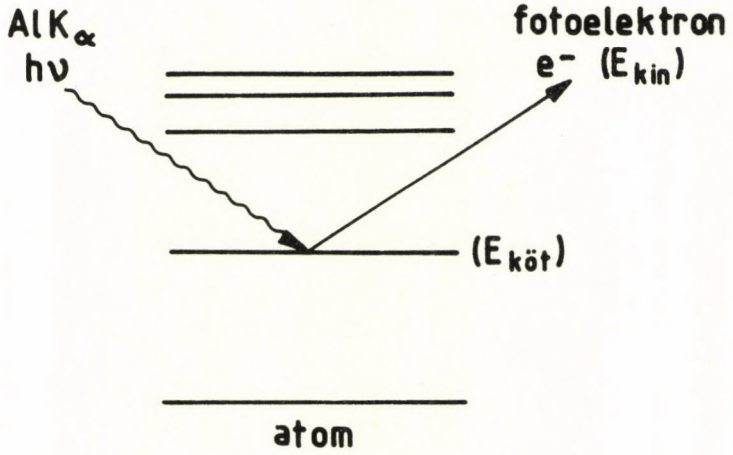
10. ábra MNOS átmenet Si2p XPS spektruma. (a) felület, (b) nitrid, (d) fém, (c) átmeneti réteg [18]

11. ábra Au alapra felragasztott aluminiumozott szilicium lapkák áttekintő XPS spektruma

12. ábra Au alapra felragasztott, aluminiumozott, termokomprimált, NaCl-al szennyezett felületü Si lapkák áttekintő XPS spektruma.

13. ábra A bizmut 4f spektrumvonalainak eltolódása Ar^+ ionmarás (4 keV, 7 μA) hatására, vastagréteg (a.,), illetve Bi_2O_3 (b.,) minták esetében (T: az ionmarás időtartama).





$E_{kin} = h\nu - E_{köt}$ ← információ a kötésállapotra

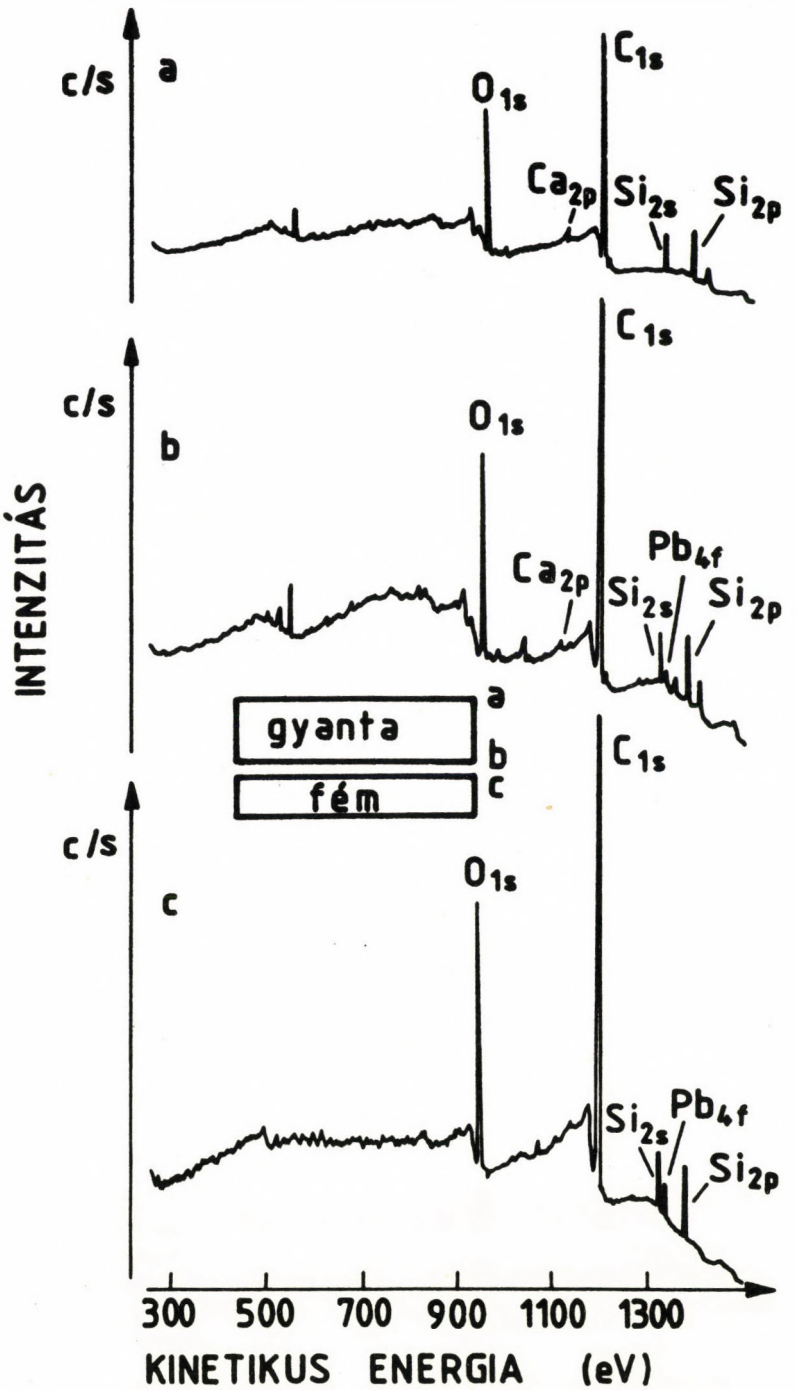
Érzékenység : $\sim 10^{-9}$ g ($Z > 1$)

Felületi érz.: ~0,1% monoréteg

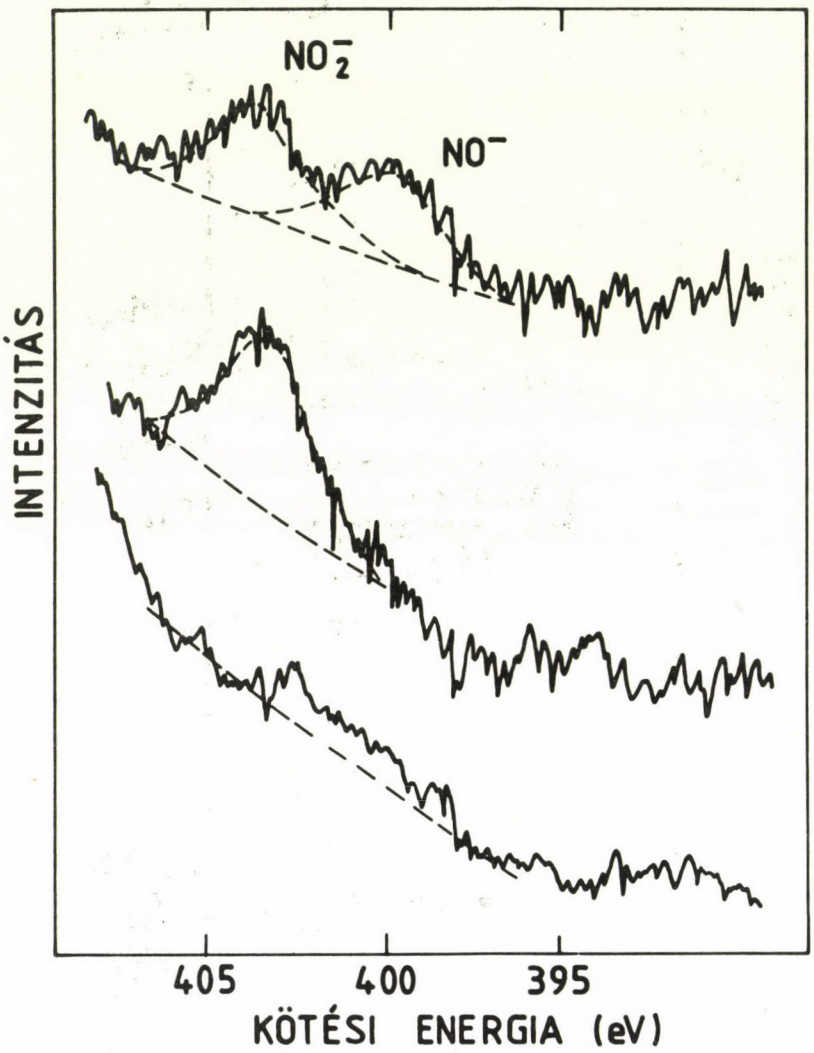
Inform. mélys.: 10 - 100 Å

$p < 10^{-7}$ torr

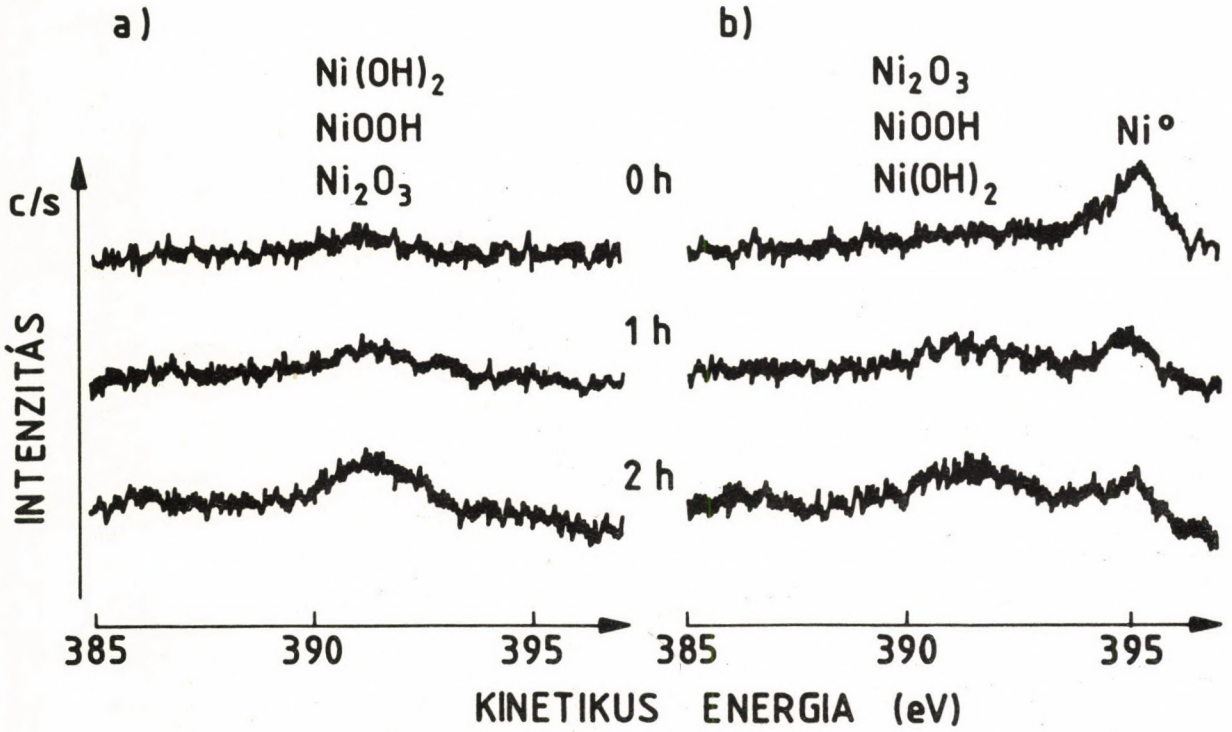
1. ábra


c/s
a
O1s
C1s
Ca2p
Si2s
Si2p
c/s
b
O1s
C1s
Ca2p
Pb4f
Si2s
Si2p
INTENZITÁS
a
gyanta
b
fém
c
C1s
c/s
c
O1s
Si2s
Pb4f
Si2p
300 500 700 900 1100 1300
KINETIKUS ENERGIA (eV)

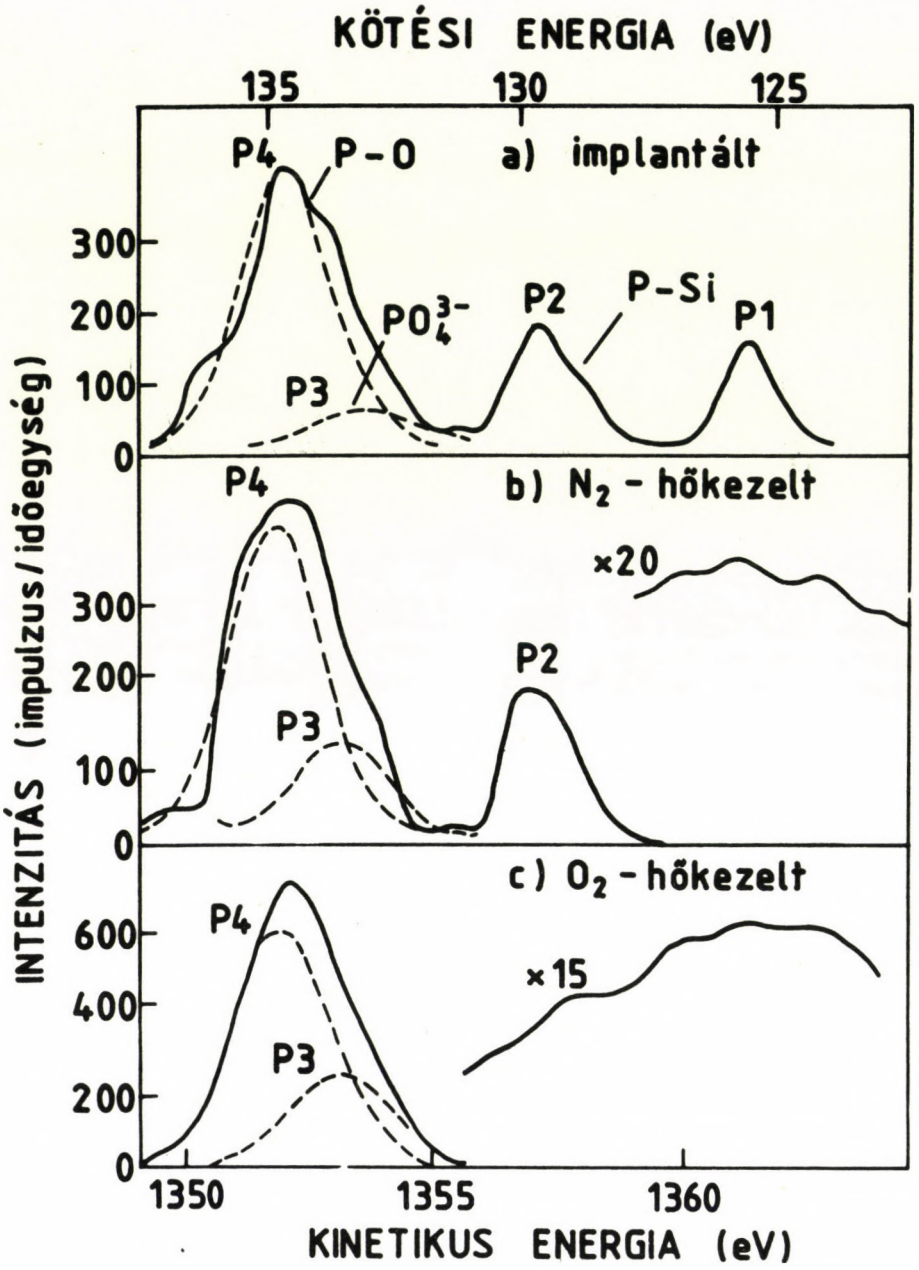
2. ábra



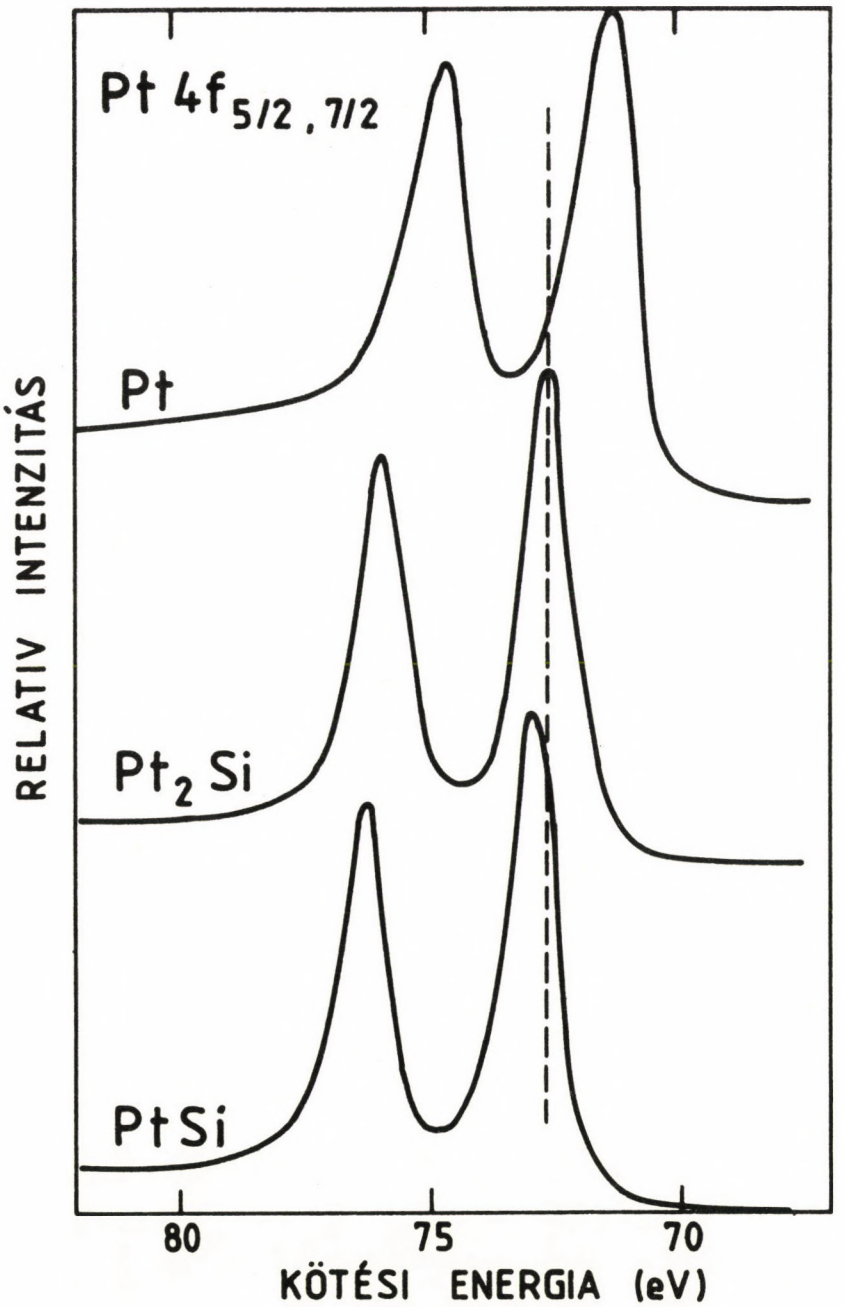
3. ábra


a)
b)
Ni(OH)2
NiOOH
Ni2O3
Ni2O3
NiOOH
Ni(OH)2
Ni°
0 h
1 h
2 h
c/s
INTENZITÁS
385
390
395
385
390
395
KINETIKUS ENERGIA (eV)

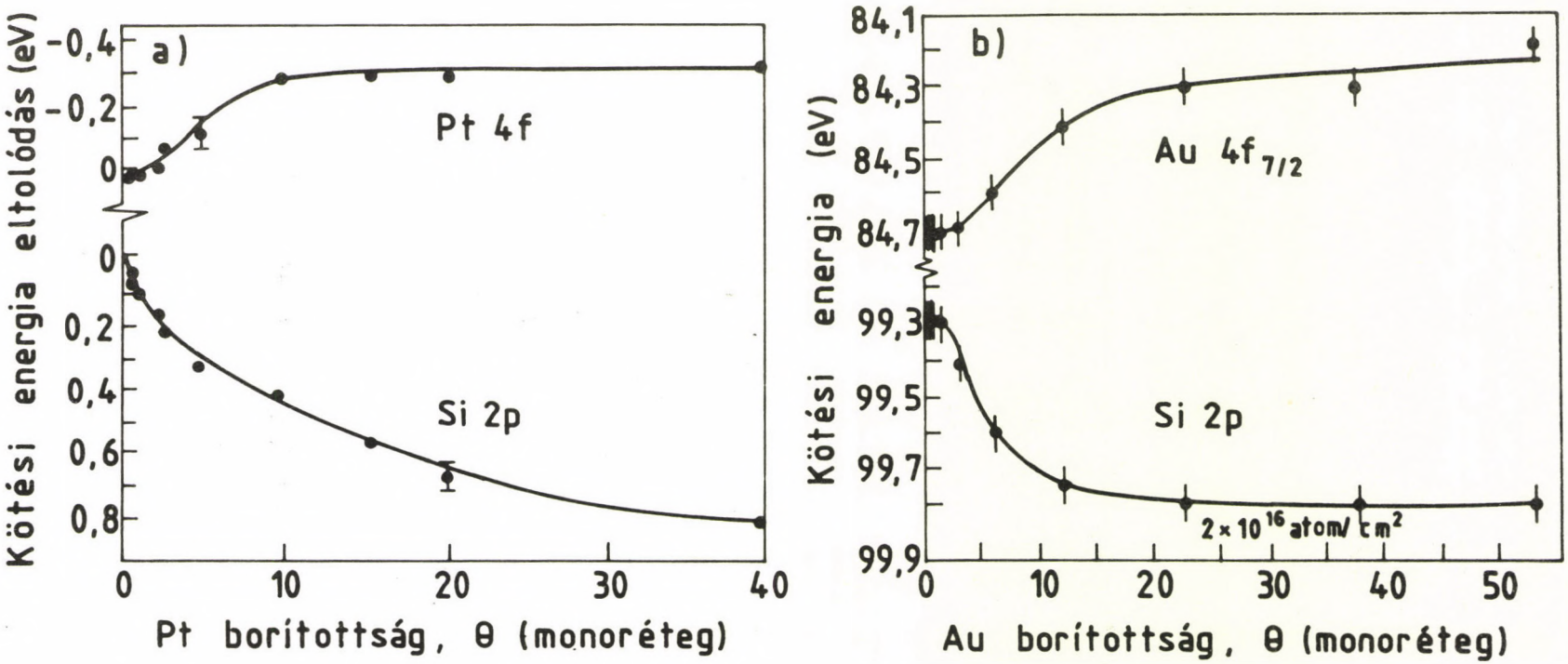
4. ábra


KÖTÉSI ENERGIA (eV)
135
130
125
P4
P-O
a) implantált
300
200
100
0
PO_4^{3-}
P3
P2
P-Si
P1
P4
b) N_2 - hőkezelt
×20
300
200
100
0
P2
P3
c) O_2 - hőkezelt
P4
600
400
200
0
×15
P3
INTENZITÁS (impulzus/időegység)
1350
1355
1360
KINETIKUS ENERGIA (eV)

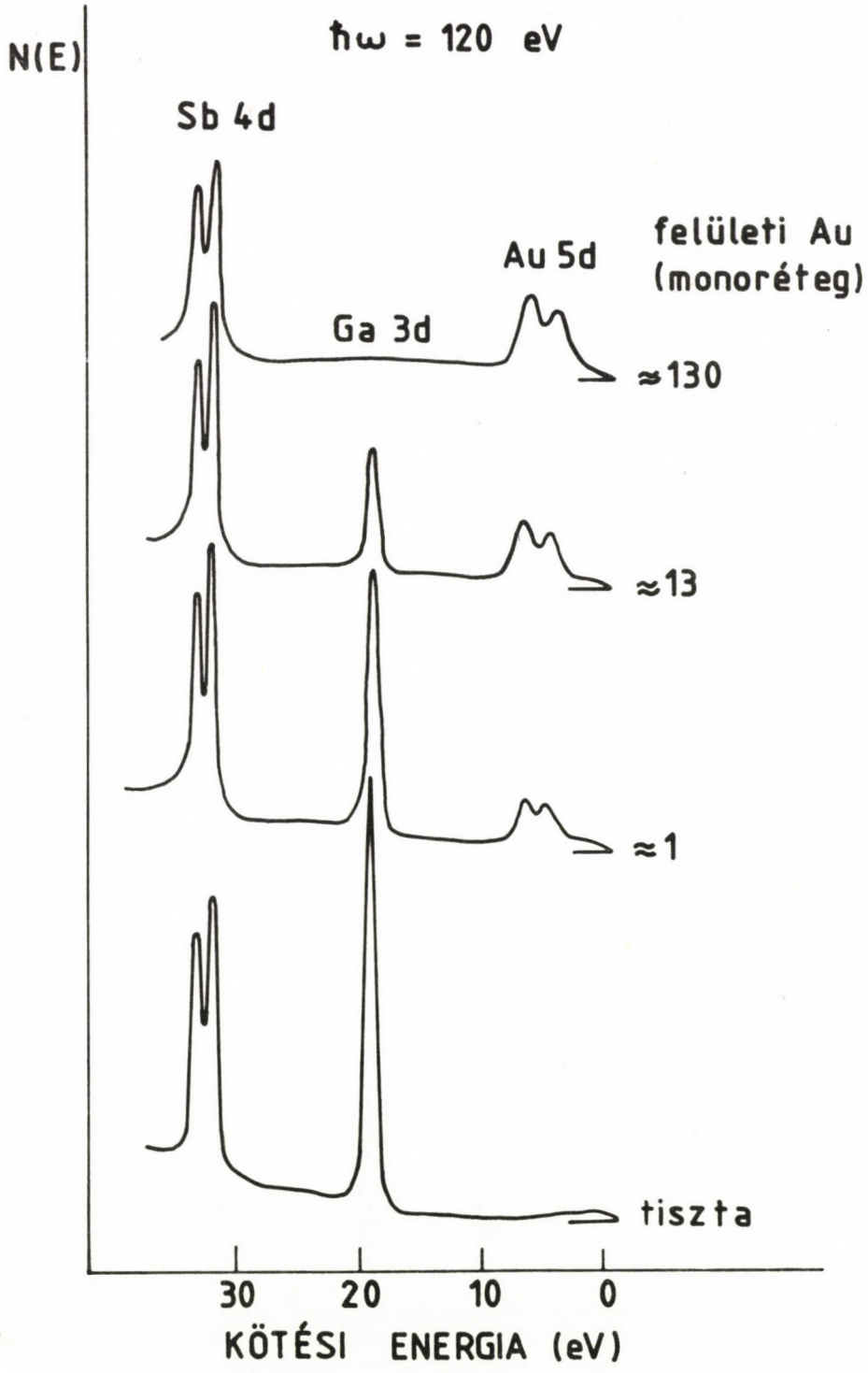
5. ábra


Pt 4f5/2 , 7/2
Pt
Pt2 Si
PtSi
RELATIV INTENZITÁS
80
75
70
KÖTÉSI ENERGIA (eV)

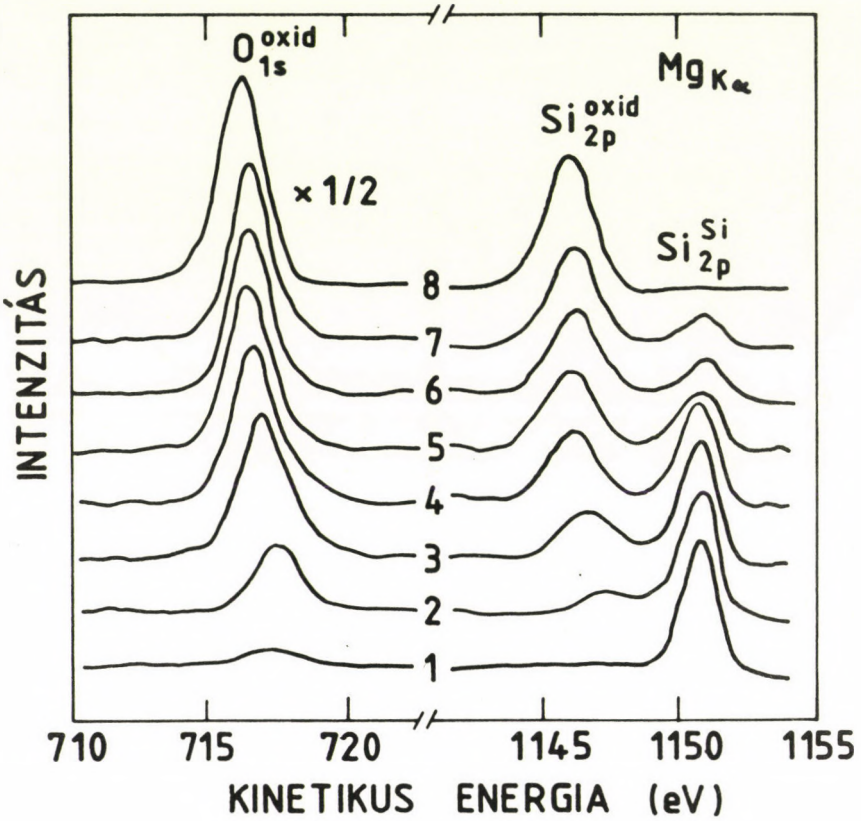
6. ábra


a)
Pt 4f
Si 2p
Kötési energia eltolódás (eV)
-0,4
-0,2
0
0,2
0,4
0,6
0,8
0
10
20
30
40
Pt borítottság, θ (monoréteg)
b)
Au 4f7/2
Si 2p
Kötési energia (eV)
84,1
84,3
84,5
84,7
99,3
99,5
99,7
99,9
2 × 10^16 atom/cm^2
0
10
20
30
40
50
Au borítottság, θ (monoréteg)

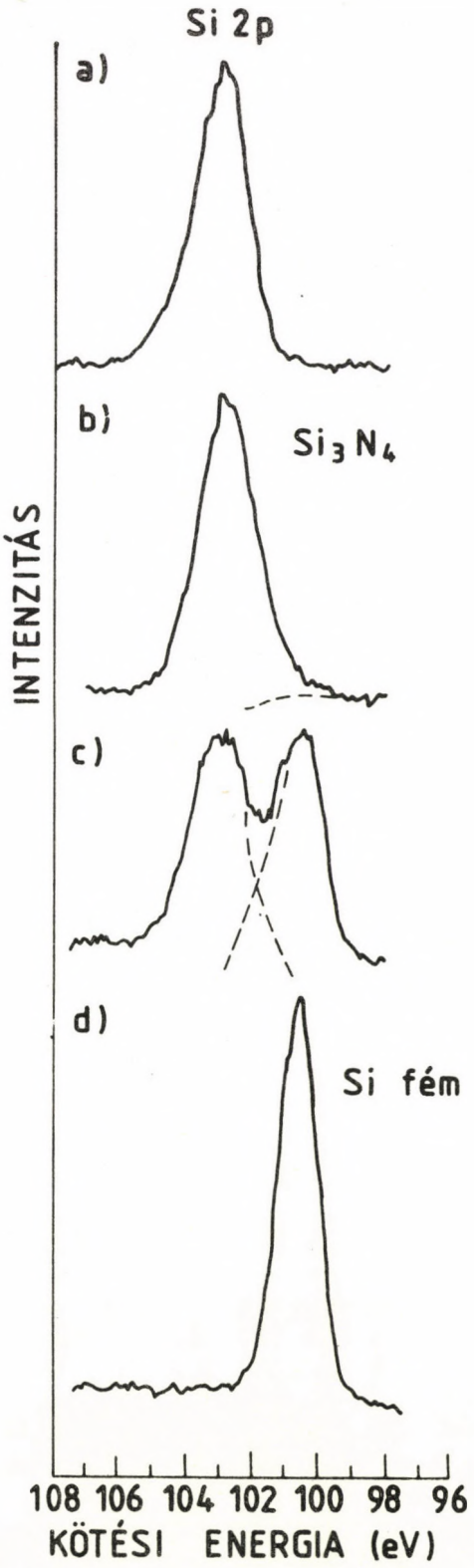
7. ábra


N(E)
ħω = 120 eV
Sb 4d
Au 5d
felületi Au
(monoréteg)
Ga 3d
≈130
≈13
≈1
tiszta
30
20
10
0
KÖTÉSI ENERGIA (eV)

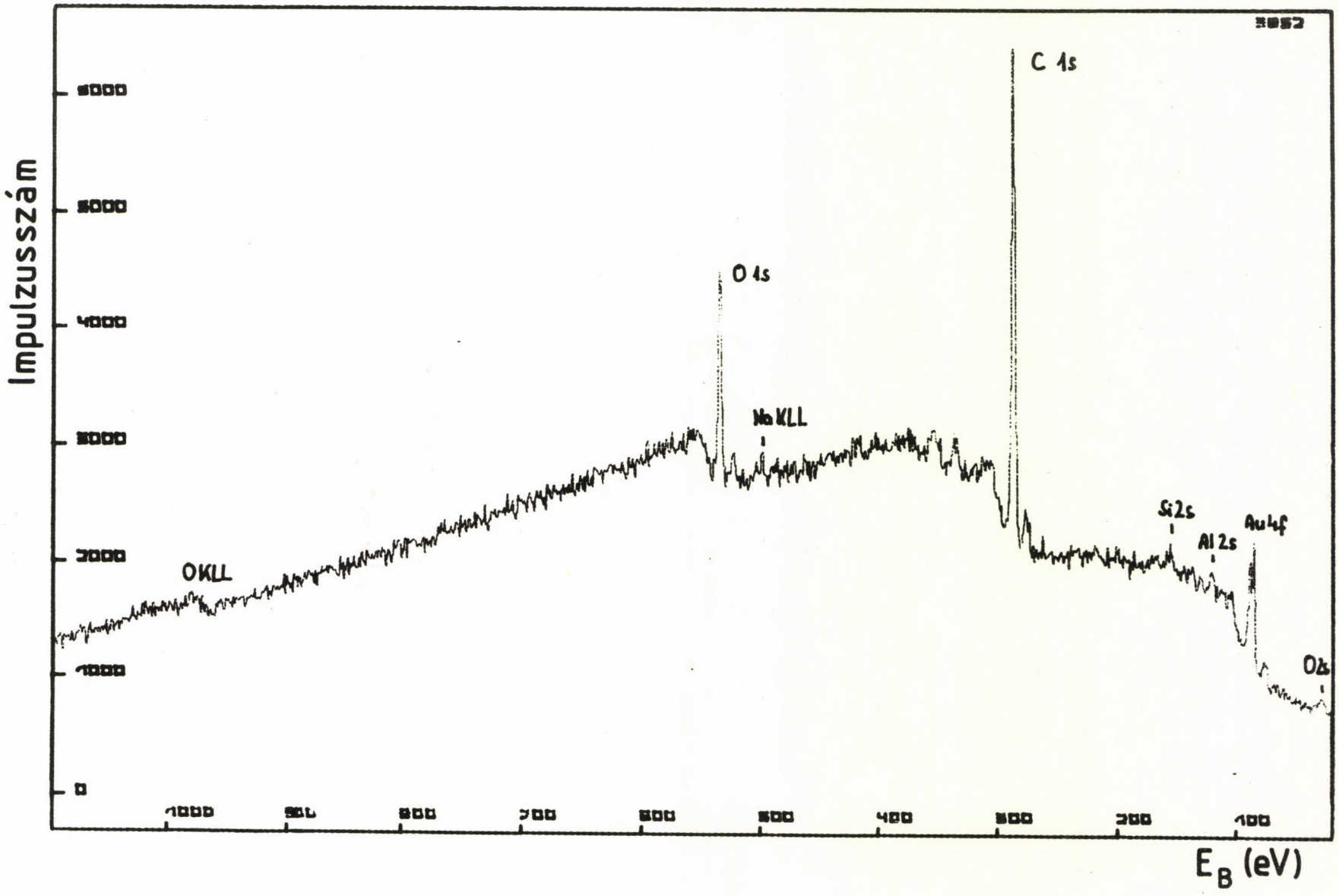
8. ábra


O 1s oxid
Mg Kα
Si 2p oxid
× 1/2
Si 2p Si
8
7
6
5
4
3
2
1
INTENZITÁS
710
715
720
1145
1150
1155
KINETIKUS ENERGIA (eV)

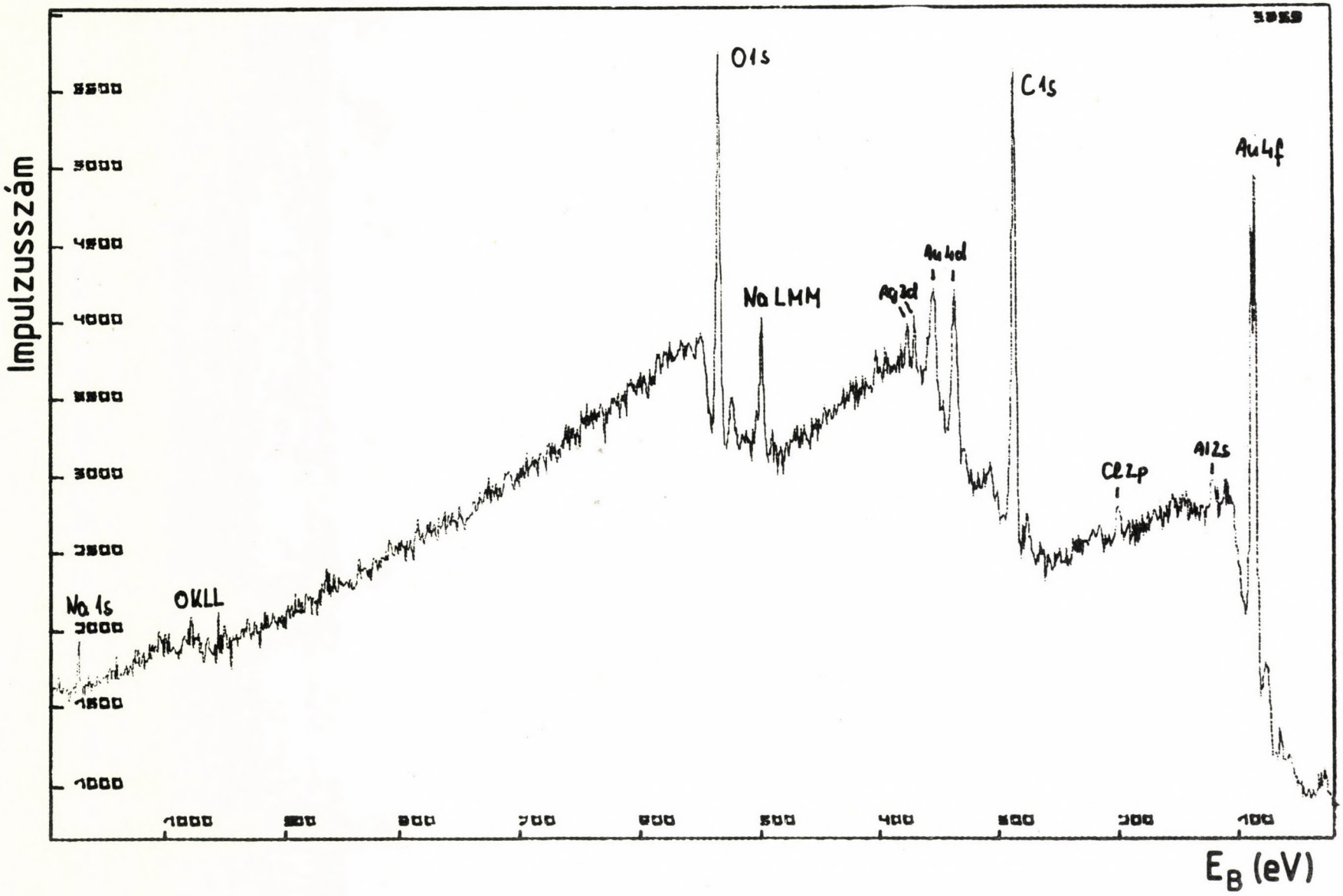
9. ábra


Si 2p
a)
b)
Si_3N_4
c)
d)
Si fém
INTENZITÁS
108 106 104 102 100 98 96
KÖTÉSI ENERGIA (eV)

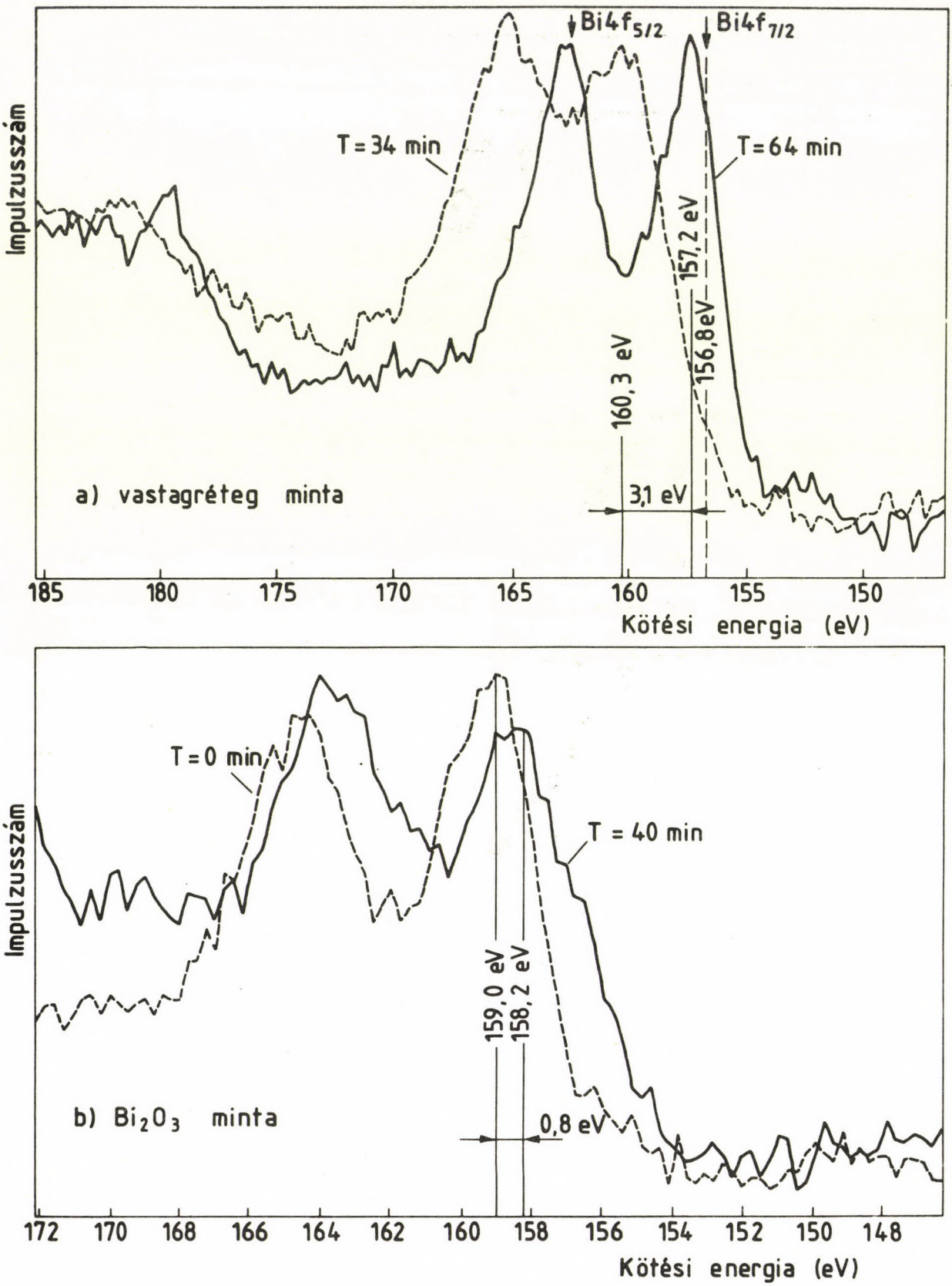
10. ábra


Impulzusszám
5000
4000
3000
2000
1000
0
C 1s
O 1s
Na KLL
O KLL
Si 2s
Al 2s
Au 4f
O 2s
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
E_B (eV)

11. ábra


Impulzusszám
O1s
C1s
Au4f
Na LMM
Ag3d
Au4d
Cl2p
Al2s
Na 1s
OKLL
E_B (eV)

12. ábra


Bi4f5/2
Bi4f7/2
T = 34 min
T = 64 min
157,2 eV
156,8eV
160,3 eV
3,1 eV
a) vastagréteg minta
Impulzusszám
185 180 175 170 165 160 155 150
Kötési energia (eV)
T = 0 min
T = 40 min
159,0 eV
158,2 eV
0,8 eV
b) Bi2O3 minta
Impulzusszám
172 170 168 166 164 162 160 158 156 154 152 150 148
Kötési energia (eV)

13. ábra

HU ISSN 0231-3685

ATOMKI Riport X/4 /1983/

REMOVAL HATÁSKERESZTMETSZET BECSLÉSE MONTE-CARLO MÓDSZERREL

Divós Ferenc

KLTE Kisérleti Fizikai Tanszék, Debrecen, 4001 Pf 105

A gyorsneutron sugárvédelmek tervezésénél a removal hatáskeresztmetszet fontos szerepet játszik. A különböző geometriákban mért hatáskeresztmetszetek összehasonlitása érdekében Monte-Carlo számitásokat végeztünk paraffinra. A számitott hatáskeresztmetszet-értékek sima függést mutattak a maximális neutronszórási szög függvényében. Közeli minta-detektor helyzetekben, 40°-nál nagyobb maximális szórási szögeknél a removal hatáskeresztmetszet nem függ lényegesen a további geometriai adatoktól.

Estimation of the Removal Cross Section by Monte Carlo Method. The removal cross sections have an important role in fast neutron shielding designs. In order to compare results obtained at different geometries a Monte Carlo calculation has been performed for paraffin wax. The calculated removal cross sections show a smooth dependence on the maximal neutron scattering angle. In close sample-detector positions with a maximal scattering angle higher than 40°, the removal cross section does not depend strongly on further geometrical details.

1. Bevezetés

Napjainkban egyre több területen hoznak létre 14 MeV-os neutronforrásokat. A legfontosabb felhasználási területek: magfizika, fuziós anyagprogram, neutronterápia, aktivációs analizis és radiográfia. A fuziós erőművek - amennyiben elkészithetők - igen intenziv 14 MeV-os neutronforrások lesznek. A sugárvédő falak jelentős épitési költségei miatt gazdaságilag is fontos a 14 MeV-os neutron-árnyékolással kapcsolatos adatok és ismeretek pontositása, különös tekintettel a szerkezeti anyagokra.

Reaktorok sugárvédelmének egyszerübb tervezésére vezették be a removal hatáskeresztmetszetet. Ezt a fogalmat Albert és Walton alkalmazta először gyorsneutronokra. A makroszkópikus hatáskeresztmetszetet a következő képlettel definiálják:

$$\phi = S \frac{exp(-\Sigma X)}{4\pi r^2}$$

ahol ϕ Az E_k küszöbenergiánál nagyobb energiáju neutronfluxus a pontforrástól r távolságra,

S A neutronforrás hozama,

x Az árnyékoló réteg vastagsága,

Σ Makroszkópikus removal hatáskeresztmetszet.

Az irodalomban fellelhető removal hatáskeresztmetszet adatok szórnak [1]. Ennek részben az az oka, hogy a fenti definició nem tartalmaz feltételeket a neutronforrás-detektor távolságára, az árnyékoló réteg méretére és helyzetére. A következőkben ennek szükségességére fogunk rámutatni.

A makroszkópikus removal hatáskeresztmetszet gyakorlati fontosságára való tekintettel a KLTE Kisérleti Fizikai Tanszékén több ilyen mérés történt aluminiumra, acélra, betonra, ólomra, paraffinra [2] és más szerkezeti anyagra [3]. A mérések egyrészt folyamatos üzemü neutrongenerátorral és $^{63}Cu(n,2n)^{62}Cu$ aktivációs küszöbdetektorral, másrészt 2 ns-os impulzusüzemü neutrongenerátorral és repülési idő spektrométerrel történtek [4]. A két különböző mérési módszer eltérő geometriai elrendezést követelt meg. A küszöbdetektoros méréseknél a forrás detektor távolsága 62 cm volt, a Cu fóliát az árnyékoló lap felületére helyeztük el. A repülési idő spektrométerrel történt méréseknél a forrás-detektor távolsága 283 cm, az árnyékoló lapok a forrástól 40 cm-re voltak elhelyezve. Mindkét méréshez ugyanazokat az árnyékoló lapokat használtuk, ennek ellenére a repülési idő spektrométerrel mért értékek 20-25 %-kal nagyobbnak adódtak mint a küszöbdetektorral mértek. Ez a jelentős eltérés csak részben indokolható a detektálási küszöb különbözőségével, a minta méretéből eredő időszórással és a primer neutronok energiájában levő különbséggel /14.1 és 14.6 MeV/. Az eltérés további okainak tisztázására egyszerü matematikai modell alapján becsléseket végeztünk a removal hatáskeresztmetszet geometria-függésére.

2. A Monte-Carlo modellszámolás leirása

A removal hatáskeresztmetszetet egyértelmüen meghatározzák a geometriai feltételek, a primer neutronok energiája és a vizsgált anyagra vonatkozó szórási- és reakció-hatáskeresztmetszetek.

Egyszeres szórások figyelembevétele esetén felirható egy viszonylag egyszerü integrálformula. Ez azonban csak kis rétegvastagságok becslésére alkalmas. A kétszeres és többszörös szórási folyamatok figyelmen kivül hagyása a neutron szabaduthosszánál nem vastagabb rétegek becslésére ad lehetőséget. Sugárvédelmi szempontokból érdekes közegekre ez 10-15 cm-es felső korlátot jelent, ami lehetetlenné teszi a legtöbb valós probléma modellezését.

A többszörös szórások figyelembevételére már nagyon nehéz zárt integrálformulát felirni. Ilyen esetekben nyujt segitséget a Monte-Carlo módszer. A számoláshoz a folyamatszimulációs módszert használtuk. Véletlenszámok segitségével neutron pályákat generálunk az előzetesen ismert eloszlásoknak /szabaduthossz, szórási szög.../ és a geometriai elrendezésnek megfelelően. Rendelkezésünkre áll egy a (0,1) intervallumon egyenletes eloszlást generáló, pszeudo-véletlenszám generátor. A továbbiakban ezeket a véletlenszámokat "z"-vel fogjuk jelölni. A modellszámolás fontosabb lépései a következők:

2.1 Izotróp iránykijelölés

Az árnyékoló minta felé izotróp módon inditjuk a neutronokat a pontszerü forrásból, igy mindegyik neutron eléri a mintát. A levegő atommagjaival történő kölcsönhatásokat elhanyagoljuk. Az induló neutronok irányát gömbi polárkoordinátákkal adjuk meg. A polár-tengely a forrástól a minta középpontja felé mutat. A szokásos jelöléseket használva [5]:

$$\vartheta = \arccos[\cos\alpha + (1-\cos\alpha)z] \; ; \quad \varphi = 2\pi z .$$

ahol α a neutronforrás és az árnyékoló lap által meghatározott kup félnyilásszöge.

2.2 Szabaduthossz generálása

A vizsgált közeg álljon m komponensből. Ismerjük az egyes komponensek atommagjainak sürüségét (n_i) és a vizsgált energiánál a totális hatáskeresztmetszetet (σ_i^{tot}.) Ebben a közegben a neutron szabaduthosszának eloszlásfüggvénye:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-x \sum_{i=1}^{m} n_i \sigma_i^{tot}\right).$$

A rendelkezésünkre álló z egyenletes eloszlásu valószinüségi változóból F(x) eloszlásu valószinüségi változót kell generálni. Legyen G(y) az y=F(x) folytonos függvény inverz függvénye. Az inverz függvények módszere szerint [5] a G(z) valószinüségi változó eloszlásfüggvénye F(x). Ezt felhasználva a neutron szabaduthosszát a következő módon generáljuk:

$$X = \frac{-\ln(Z)}{\sum_{i=1}^{m} n_i \sigma_i^{tot}}$$

Itt kihasználtuk, hogy 1-z helyettesithető z-vel.

Ha a szabaduthossz befutása során az árnyékoló rétegen áthalad a neutron, akkor a korábbi irányának megfelelően repül tovább. Amennyiben a neutron pályája metszi a detektort jelképező korongot, ugy detektáltnak tekintjük, különben nem. Ezután a program nem modellezi tovább a neutron pályáját, hanem egy ujabb neutront indit el a forrásból.

2.3 Kölcsönhatási mód sorsolása

Ha a szabaduthossz végpontja az árnyékoló réteg belsejébe esik, akkor a neutron kölcsönhatásba lép a közeggel. A programot paraffinra futtattuk, igy a következő kölcsönhatásokat kell figyelembe venni:

a/ rugalmas szórás hidrogénen,
b/ rugalmas szórás szénen,
c/ rugalmatlan szórás szénen,
d/ $^{12}C(n,\alpha)$,
e/ $^{12}C(n,3\alpha)$,
f/ $^{1}H(n,\gamma)$.

A detektálási küszöböt E_K= 12 MeV-ra választottuk, ezért a c/,d/,e/,f/ tipusu reakciók során a neutron kiesik a vizsgált energiatartományból. Ez a reakcióban elveszett neutronok csoportja. Legyen:

$$A = \frac{n_C \sigma_C^{rug}}{n_C \sigma_C^{tot} + n_H \sigma_H^{tot}} \quad ; \qquad B = \frac{n_C \sigma_C^{rug} + n_H \sigma_H^{rug}}{n_C \sigma_C^{tot} + n_H \sigma_H^{tot}} \quad ;$$

ahol n_C a szén atommagjainak sürüsége,
n_H a hidrogén atommagjainak sürüsége,
σ_C^{rug} a szénen történő rugalmas szórás hatáskeresztmetszete,
σ_H^{rug} a hidrogénen történő rugalmas szórás hatáskeresztmetszete,
σ_C^{tot} a szén totális hatáskeresztmetszete,
σ_H^{tot} a hidrogén totális hatáskeresztmetszete.

Tekintsünk egy ujabb z véletlen számot. Ha $z \in (0,A]$ akkor rugalmas szórás következik be szénen, ha $z \in (A,B]$ akkor rugalmas szórás következik be hidrogénen, ha $z \in (B,1)$ akkor a vizsgált neutront reakcióban-elveszettnek tekintjük és egy ujabb neutront inditunk el a forrásból.

2.4 A rugalmas szórás modellezése

A rugalmas szórás során a neutron eredeti haladási iránya és energiája megváltozik. Feladatunk az uj haladási irány és energia meghatározása.

Ismerjük tömegközépponti /tk/ rendszerben a szórás szög szerint differenciális hatáskeresztmetszetét. Ezt általában Legendre polinom együtthatóiként szokták megadni [6]. A differenciális hatáskeresztmetszetből normálással és integrálással kapható tk rendszerben a szórási szög valószinüségi eloszlásfüggvénye. Ezt a függvényt a gyorsabb számolás érdekében táblázatos formában őrzi a program. Az inverz függvények módszerének felhasználásával kisorsolható a ϑ_s^{tk} szórási szög. Ez a táblázatból való visszakereséssel oldható meg.

Ha E_o^{lab} energiáju neutron A tömegszámu magon ϑ_s^{tk} szögben rugalmasan szóródik, akkor energiája a szórás után:

$$E^{lab} = \frac{A^2 + 2A\cos\vartheta_s^{tk} + 1}{(A+1)^2} E_o^{lab} .$$

Ha a szórás után $E^{lab} < 12$ MeV, akkor a neutron további sorsa a removal hatáskeresztmetszet szempontjából érdektelen, ellenkező esetben tovább "kisérjük" utján a neutront. A következő képlettel a szórási szög átszámolható labor koordinátákra.

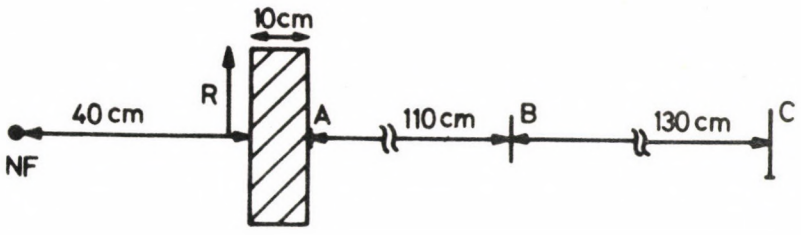
$$\vartheta_s^{lab} = \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{\frac{1}{A} + \cos\vartheta_s^{tk}}{\sin\vartheta_s^{tk}}\right)$$

A szórás irányát gömbi polárkoodrinátákkal adjuk meg, ahol a szórócentrum az origó és az ütközés előtti sebesség iránya jelöli ki a polártengelyt. Az azimutális szórási szög $2\pi z$ alakban állitható elő. A további számolásokhoz szükséges, hogy a fenti gömbi polárkoordinátákról visszatérjünk a korábban használatos koordinátarendszerbe. Egy ilyen koordináta transzformáció mátrixa található Bődy Zoltán doktori disszertációjában [7].

Ezután visszatérünk a 2.2 ponthoz, azaz uj szabaduthosszat sorsolunk. Ez a ciklus mindaddig ismétlődik mig a neutron el nem hagyja az árnyékoló közeget, vagy reakcióban el nem veszik, vagy energiája rugalmas szórás következtében 12 MeV alá csökken. A számolást mindaddig folytatjuk, mig N - a detektált neutronok száma - olyan naggyá nem válik, hogy az $\frac{1}{\sqrt{N}}$ relativ statisztikus hiba elfogadhatóan kicsi lesz. A fent közölt program BASIC nyelvü listája megtalálható a [8] irodalomban.

3. Eredmények

A programot COMMODORE-3000 kisszámitógépen 6 hétig futtatva közel három millió "neutront inditottunk el." A számolást 0.835 g/cm^3 sürüségü paraffinra, az 1. ábrán feltüntetett geometriai elrendezésre végeztük el. Az R=15 cm sugaru minta és az "A" detektor a küszöbdetektoros mérést, az R=15 cm és a "C" detektor a repülési idő spektrométeres mérés geometriáját modellezi.



1. ábra A program által modellezett geometriai elrendezés.
Az A, B, C detektorok sugarai rendre 1, 4, 6 cm.
NF: neutronforrás.

15 cm sugaru minta esetében az inditott neutronok
- 48.62%-a áthaladt az árnyékoláson, de nem detektálódott,
- 25.58%-ának rugalmas szórás következtében 12 MeV alá csökkent az energiája,
- 13.00%-a reakcióban elveszett,
- 11.65%-a az árnyékoló lap két sikja által meghatározott keskeny térrészbe szóródott,
- 0.15%-a detektálódott.

A makroszkópikus removal hatáskeresztmetszet a következő formulával határozható meg:

$$\Sigma = \frac{1}{d} \ln \frac{n_i e}{n_d} ,$$

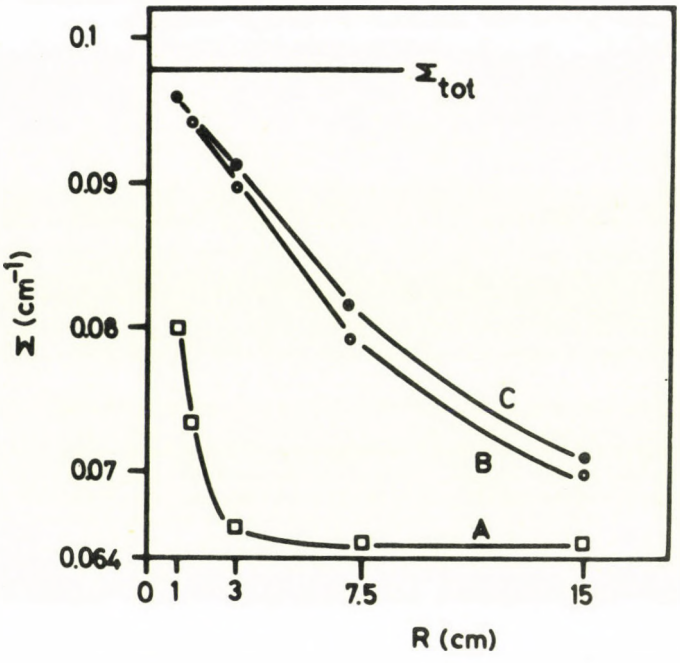
ahol
- d a réteg vastagsága,
- n_i az inditott neutronok száma,
- n_d a detektált neutronok száma,
- e a detektor térszöge/árnyékoló lap térszöge a neutronforrásból nézve.

A 2. ábra a fenti képlettel számoltmakroszkópikus removal hatáskeresztmetszet-értékeket tünteti fel az árnyékoló lap sugarának függvényében. Az egyes adatok számolásból eredő relativ statisztikus hibája kisebb mint 2%. A felhasznált hatáskeresztmetszet-adatok pontatlanságából eredő hibát nem becsültük.

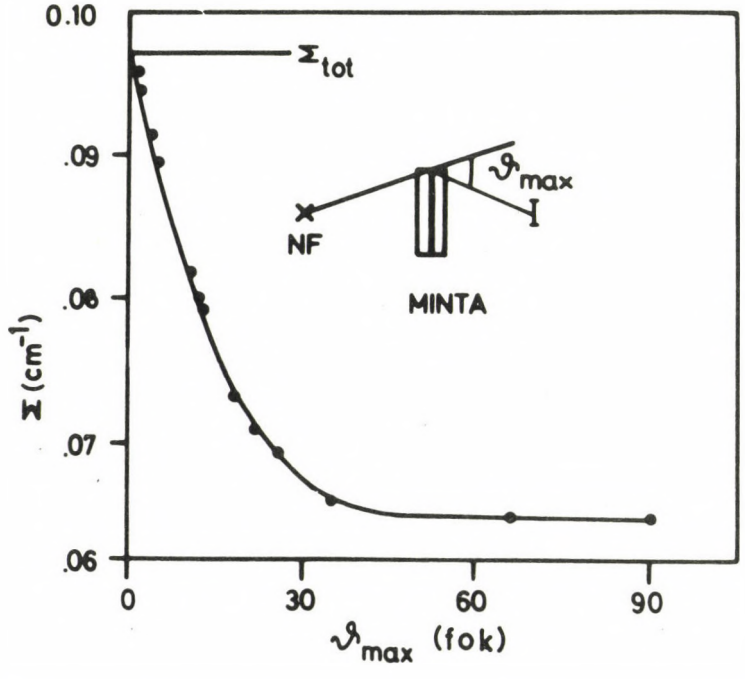
Az ábra pontjai egy görbére rendezhetők, ha a vizszintes tengelyen a minta sugara helyett a maximális szórási szöget tüntetjük fel. Helyettesitsük a mintát a minta középvonalába elhelyezett körlappal. A körlap széléről a detektor geometriai középpontjába szóródó neutron szórási szögét tekintjük maximálisnak. A 3. ábrán a maximális szórási szög függvényében ábrázoltuk a számolt hatáskeresztmetszet-adatokat.

Világosan látszik, hogy a removal hatáskeresztmetszet definicióját ki kell egésziteni geometriai feltételekkel. A 2. és 3. ábra alapján a következő kiegészitő feltételeket tehetjük: a detektor az árnyékolás felületén legyen elhelyezve, vagy 40°-nál nagyobb legyen a maximális szórási szög. Az utóbbi feltételben a 40° kissé önkényes. A 3. ábra görbéje 40° felett már konstansnak tekinthető. /A határszög függ az árnyékoló réteg anyagi minőségétől./ Csakis a fenti kiegészitő feltétel teljesülése esetén várható, hogy a különböző laboratóriumok removal hatáskeresztmetszet-adatai ösz-

szehasonlithatók lesznek.



2. ábra. Paraffinra számolt makroszkópikus removal hatáskeresztmetszet-értékek az árnyékoló lap sugarának függvényében. Σ_{tot} a makroszkopikus totális hatáskeresztmetszet.



3. ábra. Paraffinra számolt makroszkópikus removal hatáskeresztmetszet-adatok a maximális szórási szög függvényében.

A közölt program felhasználható még a removal hatáskeresztmetszet definiciójában szereplő exponenciális függés ellenőrzésére, továbbá alapja lehet az áthaladt neutronok spektrumát számoló programnak [9]. Az ilyen vizsgálatokhoz azonban nagy számolási sebességü gép szükséges.

4. Köszönetnyilvánitás

Köszönetet mondok dr. Pető Gábornak, hogy munkámat figyelemmel kisérte és ötleteivel segitette.

Hivatkozások

[1] A.G. Elayi, J. Rad. Chem. 45 /1978/ 181
[2] J. Csikai, A. Bonfraqueck and G. Pető, Act. Phys. Hung. Megjelenőben.
[3] Pető G. Személyes közlés
[4] L. Vasváry, F. Divós, G. Pető. Közlése előkészületben
[5] I.M. Szobol, A Monte-Carlo módszerek alapjai, Müszaki Könyvkiadó, Budapest 1981.
[6] G. Haouat, J. Kachkar, J. Sigaid, Y. Patin, F. Cocu CEA-R-4641
[7] Bődy Z. doktori értekezés, KLTE Debrecen 1972
[8] Divós F. Diplomamunka, KLTE Debrecen 1983
[9] L.F. Hensen et al, Nucl. Sci. Eng. 51 /1973/ 278

Lektor: Bődy Zoltán

HU ISSN 0231-3685

ATOMKI Riport X/5 (1983)

Előadások és poszterek a

SUGÁRZÁSTECHNIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A MEZŐGAZDASÁGBAN ÉS AZ ÉLELMISZERIPARBAN

c. szimpoziumon

DAB Székház, Debrecen
1983. junius 20-21.

Rendező szerv:
a **DEBRECENI AKADÉMIAI BIZOTTSÁG**

Szervezőbizottság:

Dr. Pál István
Növénytani és Növényélettani Tanszék,
Agrártudományi Egyetem, Gödöllő

Dr. Simon József
"Március 15." MTSZ
Multiradiáció, Hernád

Dr. Schlenk Bálint
Atommagkutató Intézet, Debrecen,
a DAB Agrofizikai Munkabizottságának
társelnöke

Dr. Pásztor Károly
Agrártudományi Egyetem, Debrecen,
a DAB Agrofizikai Munkabizottságának
társelnöke

Bornemisza Györgyné dr.
Atommagkutató Intézet, Debrecen

Dr. Nagy János
Agrártudományi Egyetem, Debrecen,
a DAB Agrofizikai Munkabizottságának
titkára

A kinyomtatott szöveg a szerzői kéziratoknak változatlan lenyomata

Szerkesztette Bornemisza Györgyné

TARTALOMJEGYZÉK

Megnyitó

Berényi Dénes, 90

Borsos János 91

Pethes György: Radioizotóp-technika hazai eredményeiről az állatorvostudományok területén 95

Simon József: A sugárzástechnika szerepe és trendjei a mezőgazdasági kutatásban és gyakorlatban 99

"A" SZEKCIÓ

1./ RADIOAKTIV IZOTÓPOK, NYOMJELZŐ TECHNIKA ALKALMAZÁSA A MEZŐGAZDASÁGBAN

Vezető: Zsoldos Ferenc

Zsoldos F.: Különböző tipusu herbicidek fitotoxikus hatásának vizsgálata nyomjelző technika segitségével 112

Bujtás K.: Növényi tápanyagfelvételi rendszerek vizsgálata 114

Füleky Gy. - Osztoics A-né - Pappné K. E.: A talajba került foszformütrágya felvehetőségének vizsgálata ^{32}P izotóp segitségével 116

Osztoics A-né - Füleky Gy.: ^{32}P izotóp alkalmazása a talaj foszforadszorpciós képességének meghatározásánál 118

Dombovári J. - Kiss A. S.: A foszfor és nitrogénmütrágyák értékesülésének vizsgálata ^{32}P és ^{15}N izotóppal 120

Varró, T.: Tápanyagok mozgása talajokban 122

Benedekné L. M. - Bárdos J.: ^{14}C-izotóppal jelzett karbamid levélen és gyökéren keresztüli felvételének, hasznosulásának vizsgálata 124

Krakkai I. - Bárdos J.: A gamma sugárzás és a klóramino-triazinok hatása a kukorica levél ^{32}P és ^{65}Zn felvételére 125

Szabó S. A.: Növényi és állati szervezetek diszkriminációs képességének vizsgálata egyes radionuklidokra 126

2./ ALACSONY SUGÁRDÓZISOK ALKALMAZÁSA STIMULÁCIÓS CÉLOKRA

Vezető: Pál István

Pál I.: A vetés előtti magbesugárzás termés összetevőkre gyakorolt hatásának előrejelzési lehetősége 128

Benedekné L. M. - Kőrösi F. - Pál I.: Gamma- és neutron besugárzás növényekre gyakorolt hatásának összehasonlitó vizsgálata 130

Bagi Gy. - Hidvégi E. - Bornemiszáné P. P. - Véghné Cs. M.:
Neutron és gamma sugárzás hatása a borsó csiranövény degradativ enzimeire 131

Nagy I. - Borbély F. - Nagy J. - Dézsi Z.:
Stimulációs kezelések nagymagvu hüvelyesekkel
I. Alacsony dózisu röntgenbesugárzás hatása a csirázásra és a csiranövények fejlődésére 133

Szőke P. - Bornemiszáné P. P. - Benedekné L. M. - Maulné P. O. - Kiss K. - Véghné Cs. M.:
Csiranövények légzésintenzitásának mérése tömegspektrométerrel 135

Oncsik M. - Dombovári J.:
A tartós besugárzás hatásának vizsgálata paradicsom növénynél 136

Manninger E. - Kővári B. - Bornemiszáné P. P.:
Gyors neutronok hatása rhizobiumok szimbiozisára 138

Simon J. - Scholz T.:
Kis dózisu sugárenergiák alkalmazása növényi és állati életfolyamatok serkentésére a mezőgazdasági termelésben *

Bakos J. - Simon J. - Csepregi Z-né:
A halsperma besugárzásának hatása az ikra termékenyülésére és az ivadék fejlődésére 140

Gertner M. - Simon J. - Sándor F.:
Tájékozódó vizsgálatok a csirkeembrió fejlődésének stimulálására kisdózisu röntgen besugárzással 141

3./ RADIOMUTÁCIÓS VIZSGÁLATOK ÉS GYAKORLATI EREDMÉNYEK

Vezető: Bálint Andor

Bálint A.: A mutációs nemesitás helyzete, problémái 142

Pásztor K. - Pepó P.:
A növekedés-analizis indexei mutáns vonalakkal előállitott kukorica hibrideknél és szülőtörzseknél 148

Pepó P. - Pásztor K. - Egri K.:
A kombinálódóképesség és egyéb genetikai tulajdonságok vizsgálata mutánsvonalakkal előállitott hibridekben 150

Simonné K. I.: Radiomutációs kisérletek és eredmények a rizsnemesitésben 152

Simon J. - Sajó Z.: A nukleoryza neutronmutáns magyar rizsfajta elterjedése a nagyüzemi termesztésben 154

Pásztor K. - Egri K. - Török Z. - Bornemiszáné P. P.:
A besugárzás hatása a szója termeléselemeinek a változékonyságára 156

Hódosné K. G.: Gammasugárzás alkalmazása mutánsok indukálására szójában (Glycine max/L./Merr.) 158

Ratkos J-né - Borbély F. - Bornemiszáné P. P. - Dézsi Z. - Nagy J. - Véghné Cs. M. - Kiss K.:
Csillagfürt (Lupinus sp.) besugárzása mutáció előállitása céljából.
I. dozimetriai vizsgálatok 160

Lazányi J.: A gamma besugárzás hatása olajlen anyatövek variabilitására M_3 nemzedékben 162

Földes D. - Tétényi P. - Stenger V.:
Az egyelés és a palántanevelés kiküszöbölésének lehetősége sugárkezelt vetőmagkeverék használatával 164

"B" SZEKCIÓ

1./ TARTÓSITÁSI, RAKTÁROZÁSI ÉS VÉDEKEZÉSI MÓDSZEREK JAVITÁSA SUGÁRZÁSTECHNIKAI ELJÁRÁSOKKAL

Vezető: Biacs Péter

Biacs P.: Tartósitási, raktározási és védekezési módszerek javitása sugártechnikai eljárásokkal 165

Kiss I. - Kovács S. - Kovácsné D. H. - Zachariev Gy.:
Huszkészitmények és baromfihus mikrobaszámának csökkentése besugárzással 167

Kispéter J. - Cséfalvay I-né - Fenyvesi J. - Hidegkuti Á. - Szöllősi É.:
A gamma-sugárzás hatása a tejpor tulajdonságaira 168

Kovács E. - Pénzes B-né:
A sugárkezelt csiperke és laskagomba árusitási eredményei ill. gazdaságosságának elemzése 170

Vörös Zs. - Kovács E. - Pénzes B-né - Kiss I.:
A sugárkezelt szamóca értékesitési eredményei és a sugárkezelés költségkihatása 172

Beczner J.: Tárolási kisérletek besugárzással kihajtásgátolt burgonyával 173

Hamed H. B. - Mézes M.:
Eltérő besugárzási formák hatása a szója egyes biológiailag aktiv vegyületeinek mennyiségére 175

Somogyi L. - Kálmán B.:
Import takarmány alapanyagok csiraszám csökkentése ionizáló sugárzással *

Mahfouz Al Bachir - Sass P.:
Gammabesugárzás hatásának vizsgálata kertészeti termények tárolása során 176

Pásztor M.: Gammasugarak vegyszerhelyettesitő lehetősége gyümölcsösök kártevőivel szemben 178

2./ DOZIMETRIA, BESUGÁRZÓ BERENDEZÉSEK, KÖRNYEZETVÉDELEM

Vezető: Koltay Ede

Koltay E.: Elektrongyorsitó berendezés mezőgazdasági és élelmiszeripari célokra 180

Falvi L. - Hargittai P.:
Az MTA Izotóp Intézetében működő lineáris elektrongyorsitó 184

Kovács A. - Stenger V. - Földiák G.:
Kémiai dozimetriai rendszerek alkalmazása mezőgazdasági termékek sugárkezelésénél 187

Szalay L.:
GIGANT-18 tipusu mezőgazdasági célu röntgen besugárzó berendezés felépitése 189

Zalabai B.: Husipari minták radioaktivitása 1977 és 1982 között 193

POSZTEREK

Somorjai Gy. - Kulcsár M. - Huszenicza Gy. - Pethes Gy.:
A progeszteron és a béta-karotin koncentráció interrelációja szarvasmarhában 195

Rudas P.: A pajzsmirigyhormonok perifériás metabolizmusának vizsgálata csirkében májperfuziós kisérletekben 196

Frenyó S. - Frenyó V. László - Rudas P.:
A shock-tüdőhöz társuló sejtszintü metabolikus trauma hátterében lévő néhány endokrinologiai változás vizsgálata 197

Csorba I. - Fodor L. - Németh G. - Bornemiszáné P. P. - Kiss K. - Véghné Cs. M.:
A dózishatás vizsgálata zöldségmagvak gyorsneutronokkal végzett kezelése után 198

Szabóné J. E. - Pál I.:
Gamma besugárzás hatása a paradicsom gyökérképződésére in vitro és in vivo körülmények között 199

Maulné P. O. - Pál I. - Lövei I.:
Fizikai és kémiai kezelések hatása eltérő burgonyafajták termésalakulására 200

Nagy J. - Ratkos J.: Kis dózisu ultrahang besugárzás és csávázószer hatása a napraforgó csirázására és olajtartalmára 201

Dőry I. - Hegyi K. - Nagy Á. - Vince Gy.:
Nucleáris módszerrel előállitott membránszürők mezőgazdasági alkalmazásának lehetőségei 202

Schulik B. - Bornemiszáné P. P. - Fekete S. - Kertész Zs. - Máthé Gy.:
Egyszerü módszer és berendezés sugárzó izotópok intenzitásának pontos mérésére 203

Mahunka I.: Kisméretü ciklotronok mezőgazdasági alkalmazásának lehetőségei 204

* Lapzártáig a kézirat nem érkezett be.

Bevezető gondolatok

A mai világban a mezőgazdaság, az élelmiszer termelés és tartósitás szerepe rendkivül megnőtt. Érthető tehát, hogy a tudományos kutatásban és különösen eredményeinek alkalmazására irányuló törekvésekben mennyire előtérbe kerültek ezek a területek.

Nem véletlen tehát, hogy a fizikai kutatásokban és azok alkalmazásaiban is egyre nagyobb szerep jut a mezőgazdaságnak, és az élelmiszerekkel összefüggő problémáknak. Az agrokémia, az agrobiológia után, amelyek már régóta "polgárjogot" nyertek, világszerte egyre jobban előtérbe kerül, egyre nagyobb jelentőségre tesz szert és hovatovább megszokottá válik az agrofizika kifejezés is és mind az ami mögötte van, azaz az ilyen irányu kutatások.

Hazánkban is megállithatatlanul elkezdődött ez a folyamat és nem lehet eléggé hangsulyozni ennek jelentőségét éppen ebben az országban, ahol a mezőgazdaságnak és ennek megfelelően az agrártudományoknak olyan alapvető a szerepe.

Minden bizonnyal a Debrecenben, az ATOMKI-ban beruházás alatt lévő ciklotron ujabb lendületet fog adni a nukleáris módszerek és általában a fizika, valamint a tudományos és gyakorlati agrárkutatások interdiszciplináris összefonódásának. Akár a ciklotronnal előállitható, és eddig Magyarországon egyáltalán nem, vagy csak igen korlátozottan előállitható izotópok növényélettani alkalmazásait, akár a ciklotron segitségével végrehajtható mikroelem meghatározásokat, akár az ujabb besugárzási lehetőségeket tekintjük, kétségtelenül mindez egyenként és összességében uj utakat nyit, uj lehetőségeket teremt a szóban forgó területeken.

A jelzett folyamat egyik állomása az a debreceni szimpózium, amelynek az anyagát ebben a kötetben közreadjuk. Kétségkivül nem véletlen, hogy ez a szimpózium Debrecenben került megrendezésre, mint ahogy semmiképpen sem véletlen az sem, hogy a magyar agrofizikai kutatásokban, azok megalapozásában Debrecennek kétségtelenül igen nagy szerepe van (hazánkban egyedül a Debreceni Akadémiai Bizottságnak van pl. Agrofizikai Albizottsága). Debrecen ugyanis évszázadokra visszamenő hagyományokkal rendelkezik, mind a fizika oktatásában-kutatásában, mind az agrártudományok müvelésében és felsőfoku oktatásában. Ugy látszik, hogy most e két hagyomány, e két értékes tapasztalat egyre inkább egymásra talál, hogy eleget tegyen a kor igényeinek, hogy feleljen napjaink kihivására.

Berényi Dénes akadémikus
az MTA ATOMKI igazgatója
a DAB Matematikai és Fizikai Szakbizottságának társelnöke

SUGÁRZÁSTECHNIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A MEZŐGAZDASÁGBAN ÉS AZ ÉLELMISZERIPARBAN

A tudomány egyetemes fejlődésének üteme rendkivül felgyorsult, uj diszciplinák keletkeztek, interdiszciplináris kapcsolatrendszerek épültek ki. Az agrártudományok területén egyre több uj módszer kerül alkalmazásra, ilyen pl. a sugárzástechnika is. Mint uj eljárás felhasználására az agrártudományok és agrártermelés területén nagy figyelmet kell forditani, azonban az alkalmazásból nem szabad uj tudományt kifejleszteni, ugyanis ebben az esetben elsikkadna az alkalmazás igazi célja, az hogy:

- stimulációval nagyobb terméseredményt érjünk el,
- sterilizálással jobban eltartható árut kapjunk,
- mutációval értékesebb fajtákat állitsunk elő,
- a nukleáris méréstechnika alkalmazásával pontosabb mérésekre, az élettani folyamatok mélyebb megismerésére nyiljon lehetőség.

Természetesen az alkalmazás igen sokrétü szakismeretet igényel, ezért a sugárzástechnikai módszerek mezőgazdaságban és élelmiszeriparban történő felhasználása tipikusan team-munkát igénylő, s valóban interdiszciplináris terület.

A szakirodalom a legtöbb tudomány területén ugy felduzzadt, hogy számos esetben még a referáló folyóiratok nyomon követése is nagy erőfeszitést igényel. Ezért is szükséges 4-5 évenként konferenciákat, szimpoziumokat rendezni, ahol az egyes szakterületek képviselői számot adhatnak kutatási eredményeikről s informálódhatnak mások munkáiról. Ma még ezen a területen folyik az utkeresés, több esetben találkozunk hasonló megközelitésekkel, párhuzamos kutatásokkal. Szokták mondani, hogy nem az a baj, hogy párhuzamos kutatások folynak, hanem az, ha a kutatók nem is tudnak egymás tevékenységéről. A sugárzástechnika agrártudományi alkalmazásának információcseréjében sokat segithet a mai szimpozium, különösen akkor, ha érdemi viták is kialakulnak, s a gondolkodás szellemi energiája az alkotás javára szabadul fel.

A mezőgazdasági és élelmiszeripari sugárzástechnikai kutatások eredményeiről 1979-ben a Phylaxia által szervezett szimpoziumon hallhattunk. Ugy vélem, 4 év elégséges arra, hogy a sugárzástechnika alkalmazását, illetve ennek ujabb eredményeit, a módszerek tökéletesitését ujra áttekintsük és megvitassuk a fejlődést, kijelölve a követendő utakat.

A szimpozium témaköre átfogja lényegében az élelmiszergazdaságban alkalmazásra kerülő sugárzástechnikai módszerek teljes körét. Igy foglalkozik

- a radiostimulációs és radiomutációs kutatásokkal,
- a különböző izotóptechnikai,
- radioökológiai,
- dozimetriai,
- nukleáris analitikai,
- élelmiszerbesugárzási eljárásokkal.

Engedjék meg, hogy e témakörök közül kiemeljek néhányat, azokat elsősorban, amelyekben már az elmult V. ötéves tervidőszak során is koordinált kutatómunka folyt. Az 1976 és 1980. közötti években "Az ionizáló sugárzások élettani hatása biológiai objektumokra és alkalmazása a mezőgazdaságban" c. kutatási főirány keretében folyt programos kutatás, elsősorban a radiostimuláció és radiomutáció területén.

A radiostimuláció gyakorlati felhasználása /az eredmények reprodukálhatósága/ terén azonban gondot okoz, hogy ma még - a sugárhatáskémia és sugárhatásbiológia meglehetősen összetett volta következtében nem ismerjük eléggé a morfológiai változást előidéző biokémiai okokat, s az őket befolyásoló tényezőket. Éppen ezért a kutatómunkának a jövőben elsősorban a biokémiai és fiziológiai alapok tisztázására kell irányulnia. A különféle növényeknél további vizsgálatot igényel az optimális stimulációs dózis megállapitása.

Régóta ismert, hogy besugárzással uj fajták, az eredetinél jobb tulajdonságu mutánsok /is/ hozhatók létre. A radiomutációs

nemesitésnél a besugárzás /ami az utóbbi években már nem csupán gamma és röntgensugárral, hanem neutronokkal, protonokkal és más részecskékkel is történt/ lényegében az a segédeszköz a nemesitő kezében, amellyel egy stabil fajta vagy egyéb populáció spontán bekövetkező mutációs gyakorisága megsokszorozható, s az érdemi munka a besugárzást követő szelekcióban jelentkezik. Azt hiszem elég megemliteni a Nucleoryza nevü rizsfajtát, amely mutációs nemesités eredménye.

Feltétlenül szólni kell még a nukleáris analitikai módszerekről, amelyek a jövőben várhatóan az eddiginél jelentősen szélesebb körben kerülnek majd a mezőgazdaság illetve az élelmiszeripar területén is felhasználásra. Lehetőség nyilik igy fiziológiai folyamatok nyomonkövetésére, összetételi paraméterek, beltartalmi jellemzők esetleg roncsolásmentes meghatározására, számos ipari irányitástechnikai, szabályozástechnikai probléma megoldására. Ugy vélem elsősorban ez a terület az, ahol a mezőgazdaságnak, s az élelmiszeriparnak az MTA Atommagkutató Intézete a legnagyobb segitséget nyujthatja. Mint e tudományos szimpozium megrendezése is ujólag bizonyitja az ATOMKI, mint akadémiai intézmény nem csupán alapkutatásokat folytat, hanem nyitott a mezőgazdasági termelés és az élelmiszeripari feldolgozás kifejezetten gyakorlati problémái iránt is.
A mezőgazdasági és élelmiszeripari sugárzástechnika területén sok, világviszonylatban is ujszerü megoldást alkalmaznak, amelynek előnyeit nemzetközi együttmüködésekben feltétlenül érdemes kihasználni. Uj, korszerü technika pl. a mobil gépi sugárforrások alkalmazása, amely számos előnnyel jelentkezik az izotópos forrást alkalmazó besugárzó berendezésekkel szemben. E technika kifejesztésében ugy gondolom meg kell emliteni a TRAKISZ-Hernádi MTSZ kooperációt s e létrehozott Gigant-berendezést, annál is inkább, mert a készülék továbbfejlesztése, a nagyobb teljesitményü változat kialakitása megkezdődött.

Befejezésképpen ismételten hangsulyozni szeretném, hogy a sugárzástechnika mint alkalmazott módszer nagy jelentőségü az agrártudományokban, s a technika gyakorlati elterjedését a gazdaságossági paraméterek döntik el. Nagyon remélem, hogy

a közvetlen gyakorlati célu, bevezetés előtt álló módszerekről szóló előadások az izgalmas gazdaságossági kérdésekre is kitérnek. Nyilvánvaló azonban, hogy a gazdaságosság kérdése nem lehet korlátozó tényező a sugárzástechnika alkalmazási lehetőségeinek feltárásában, mivel ezen a területen ugy vélem még sok a fehér folt. A felmerülő kérdések tisztázásához, a sugárzástechnikai módszerek, eljárások megvitatásához kívánok sikeres munkát a minisztérium vezetése nevében.

Dr.Borsos János
főosztályvezetőhelyettes
a MÉM Müszerbizottság elnöke

ATOMKI Riport X/5 (1983) 95-98

A RADIOIZOTÓP-TECHNIKA HAZAI EREDMÉNYEI AZ ÁLLATORVOSTUDOMÁNYOK TERÜLETÉN

Pethes György
Állatorvostudományi Egyetem, Élettani Tanszék

1955-ben rendezték meg a budapesti Müegyetemen 32 szakember részvételével az első, számos tudományszak képviselői számára rendezett izotóp tanfolyamot. Ezt követően a nemzetközi irodalom áttekintése alapján az állatorvostudomány müvelői számára is sok új lehetőséget igért e módszer alkalmazása /1,2/. Az izotóp módszer hazai alkalmazásának lehetőségét előbb 1958-ban az Állatorvostudományi Egyetem Élettani Tanszékén, egy C-szintü, majd 1964-ben B-szintü radioizotóp laboratórium létesitése /5/ teremtette meg. Az egyetem Belgyógyászati Tanszékén és a Phylaxia Oltóanyagtermelő Vállalatnál akkortájt ugyancsak néhány éven át üzemelt C-szintü laboratórium.

A szakterületen belül a kutatás 1958-ban indult meg /6,7/. Elősegitette ezt, hogy rövid időn belül az Orsz.Atomenergia Bizottság, amely sokáig kizárólagos támogatója volt az izotópmódszer alkalmazásának, három szakembert küldött hosszabb tanulmányútra.

A módszert kezdetben zárt sugárforrások alkalmazása /szarvasmarha szemhéj-daganat terápiája, csont-minerália tartalmának mérése élő állatban/, továbbá a kisérletes körülmények között végzett kutatások jellemezték. Az utóbbiak elsősorban a pajzsmirigy müködésének, a radiojód-anyagcseréjének vizsgálatát célozták. Ismeretes, hogy élő állatban radioizotóp-vizsgálatokat lehetetlenné tették a sugárvédelmi megkötöttségek /8,9/.

Az állatorvostudományi kutatások fő irányai korábban már több izben összefoglalást nyertek /1,3,4,7,9/. Ezekből kitünt, hogy az "in vivo" /élő állaton végzett/ kisérletek mellett nagy hangsúlyt kaptak a neutron aktivációs analizissel /NAA/ nyert nyomelem-vizsgálatok /10,11/. A kérdést az állattenyész-

tés nagyüzemesitése kapcsán jelentkezett minerália- és nyomelem hiány felismerése, annak diagnosztizálása és terápiája ill.megelőzése tette aktuálissá /12/. Említést érdemel, hogy e kérdés jelentőségét a debreceni ATOMKI /Szalay Sándor és mcsoportja/ korán felismerte, amikor a lápi tőzegtalajokon jelentkező szekundér nehézfém-hiányokra rámutatott.

A sokelemes analizisre alkalmas roncsolásmentes NAA-módszer több biológiailag fontos mikroelem meghatározására nem volt alkalmas. Jelentős versenytársként fejlődött ki az atomabszorpciós spektrofotometria /AAS/ térhóditása e területen.

Az állatorvostudományok területén a "frontáttörést" a radioligand /"in vitro"/ eljárások megjelenése jelentette /13/. Ezeket kezdetben mint kompetitiv fehérjekötési analizis /CPBA/, majd mint különböző radioimmun-analizist /RIA/ használták. A RIA módszer alkalmazása hazánkban is elsősorban az anyagcsere és a szaporodási folyamatokban jelentős szerepet játszó hormonok kimutatásával kezdődött. Gyakorlati szempontból elsősorban a gazdasági állatok szaporodási folyamatainak követésére alkalmas RIA-módszerek kerültek kidolgozásra /14/. A szarvasmarha tenyésztés hatékonyságát ugyanis a progeszteron teszt alkalmazásával fokozni lehet /15/. Az eljárás a vemhesség korai megállapitását lehetővé teszi, minthogy a mesterséges termékenyitést követő 21.-nap körül magas progeszteronkoncentráció a termékenyités sikerességét /=vemhesség/ jelzi. Hasonló diagnózis egyéb úton /fizikális vizsgálattal/ csak legkorábban a 42.nap körül állitható fel. A módszer egyben lehetővé teszi a tehénben átlagos 15-20%-os korai embrionális elhalás felismerését, továbbá azoknak a tényezőknek azonositását, amelyek ezt kedvezőtlenül befolyásolják. Az utóbbira kitünő példát szolgáltat az üszők és a tehenek béta-karotinellátottsága a téli-koratavaszi hónapokban. A siló kukoricaszilázs tömegtakarmányozásra alapozott szarvasmarhatartás során ugyanis szükségszerüen béta-karotin hiány jelentkezik, amely per se a placenta retenciók fokozódását, a méhinvolutio és a fertilitás zavarait eredményezi /16,17/. A progeszteron analizis segitségével a mesterséges termékenyitést vég-

ző inszeminátor munkájának hatékonysága is ellenőrizhetővé válik /18/. Említést érdemel, hogy saját vizsgálatainkban a helytelen időpontban inszeminált állatok aránya 15-20% között adódott /19/.

A progeszteron analizise még az embrió átültetés sikerének előrejelzésében, a recipiens üszők kiválogatásában is jól alkalmazható /20/. Az embrióátültetést megelőző ivari ciklus u.n."sárgatest"- fázisában észlelt progeszteron szintből /$>$1,6 nmol/l/ következtetni lehet a megtermékenyülés valószinüségére; ennek alapján sikeresen választhatók ki a megfelelő recipiensek.

A pajzsmirigy müködés általában jól jelzi az anyagcsere aktuális szintjét /21/. Müködésének vizsgálata szarvasmarhán /22/ sertésen /23,24/ és házimadárban jól felhasználható egyes primér v. szekundér hypothyreosisok kimutatására, továbbá a szarvasmarha egyes anyagcsere zavarainak /25/ kimutatására.

A fenti két tipusos, és népgazdasági szempontból is rendkivül jelentős terület mellett a radioizotóp módszer alkalmazása, egyéb területeken is terjedőben van. Példaként emlithető a kiskérődzőkben végzett Na^+ és K^+ anyagforgalmi vizsgálatok /Juhász és mtsai/ és a bendőbeli zsirsavképződés megismerésére irányuló kutatások /Kutas és mtsai/. Aláhúzza a fenti megállapitást az is, hogy az utóbbi években ujabb diszciplinák területén /AOTE Gyógyszertani-, ill. Járványtani Tanszékei/ alakitottak ki C-szintü izotóp laboratóriumokat. Emellett elterjedőben van még a szabadszintes izotóp alkalmazás.

Nem lehet emlitetlenül hagyni azonban azt, hogy a nemradioizotóp módszerek számos esetben megfelelnek a radoiizotóp módszer érzékenységének, igy alkalmazásukkal számolni kell. Példaképpen emlithető az oestrus-megállapitása a nyálkahártya elektromos ellenállás mérése segitségével, továbbá a progeszteron analizise enzimimmun módszer segitségével /26/.

Az állatorvostan hallgatók képzésében a radioizotóp módszer lehetőségeire, 1960-tól kezdődően, "Az állatorvostudományokban alkalmazott főbb izotóp módszerek" c. fakultativ tárgy hivja fel a figyelmet.

1. Kemény,A.-Pethes,Gy.: M.Áo.Lapja 11, 374, 1956. - 2. Kemény, A.-Pethes,Gy.: Agrokémia és Talajtan 6, 271, 1957. - 3. Pethes, G.: Use of radioisotopes and radiation in animal science and veterinary medicine. Lectures, IAEA/FAO Training Course. Zemun 1970. - 4. Pethes, Gy.: Izotóptechnika 15, 561, 1972. - 5. Pethes,Gy.: M.Áo.Lapja 20, 429, 1965. - 6. Kemény,A.-Pethes,Gy.: Felsőoktatási Szemle 8, 176, 1959. - 7. Pethes,G.-Kemény,A.: Abstr. 175th Anniversary. Budapest, College of Vet.Sci., 58, 1962. - 8. Pethes,G.: Problems associated with isotope experiments on animals. Lectures, IAEA/FAO Training Course, Zemun 1970. - 9. Pethes Gy.: A sugárzástechnika gyakorlati alkalmazásának trendjei az állatorvostudományokban és az állattenyésztésben. Phylaxia Szimpozium, Budapest /szerk.: Simon J./ 23, 1979. - 10. Kertész,L.-Pethes,Gy.-Szabó,E.: Atomtechnikai Tájékoztató 10, 663, 1967. - 11. Pethes,Gy.: Izotóptechnika 15, 380, 1972. - 12. Pethes,G.: The need for trace element analyses in the animal sciences. Chapter I., IAEA Technical Report Series N° 197: Vienna 1980. - 13. Pethes,Gy.: Izotóptechnika 21, 18, 1978. - 14. Pethes,Gy.: M.Áo.Lapja 30, 806, 1975. - 15. Pethes,Gy.: Jub.tud.ülésszak, ÁOTE.Budapest, Előadáskivonatok 1977. okt., 27. old. - 16. Huszenicza,Gy.-Pethes,Gy.-Kulcsár,M.-Somorjai,Gy.-Szabó,Z.-Lakatos,J. M.Áo. Lapja /közlés alatt/. - 17. Pethes,Gy.-Huszenicza,Gy.-Kulcsár, M.-Somorjai,Gy.: M.Áo.Lapja /közlés alatt/ - 18. Oltner,R. - Edqvist,L.E.: Brit.Vet.J. 137, 78, 1981. - 19. Pethes,Gy.-Kulcsár,M.: /nem közölt adat/. - 20. Pethes,Gy.-Kulcsár,M.-Huszenicza,Gy.-Soós,P.-Sándor,I.: M.Áo.Lapja /közlés alatt/. - 21. Pethes,G.: Concluding remarks on thyroid function. Adv.Physiol.Sci.,Vol.33. Recent Advances of Avian Endocrinol. /eds.:G.Pethes,P.Péczely,P.Rudas./ p 305.,Akad.Kiadó Pergamon Press, 1980. - 22. Gürtler,H.-Pethes,G.-Körber,R.-Rudas,P.-Türcke,R.M.: Monatshefte Vet.Med. /közlésre elfogadva/. - 23. Pethes,Gy.: MÉM Kisérletügyi Közlemények 47/B, 127, 1974. - 24. Kovács,F.-Rafai,P.-Sallai,I-né,-Pethes,Gy.: Agrártud. Közl. 31, 407, 1972. - 25. Kapp,P.-Pethes,Gy.-Zsiros,M.-Schuster,Z.: M.Áo.Lapja 34, 458, 1979. - 26. Solti,L.-Molnár, L.-Huszenicza,Gy.-Arnstadt,K.I.: M.Áo.Lapja 37, 549, 1982.

ATOMKI Riport X/5 (1983) 99-111

A SUGÁRZÁSTECHNIKA SZEREPE ÉS TRENDJEI A MEZŐGAZDASÁGI KUTATÁSBAN ÉS GYAKORLATBAN

Simon József
"Március 15." MTSZ MULTIRADIÁCIÓ Hernád

Az a forradalom és robbanás ami a biológia terén az elmult három évtizedben lezajlott, törvényszerüen éreztette hatását a mezőgazdaságban is. Ha ehhez még hozzászámitjuk az iparban és a müszaki fejlesztésben végigszáguldott viharos fejlődést és ennek járulékos hatásait, akkor érthetővé válik, hogy a mezőgazdasági módszerek évszázadokig tartó lassu előremozgása mint csapott át lázas tempóju termelés-fejlesztésbe és a módszerek (gyakran kapkodásszerü) váltogatásába. Mindenesetre a termések ugrásszerüen növekedtek a sokszor még kőkorszakbeli hagyományos termelési módszerek megváltoztatása után, s történt ez éppen a 24. órában, amikor az emberiség létszámának gyarapodása is hihetetlenül felgyorsult.
Természetesen ezt a termelési fejlődést önkényesen mindenféle csoportokba lehet kategorizálni, de talán nem járunk messze az igazságtól, ha azt mondjuk, hogy a gyors változás első fejezete a mezőgazdaság általános mechanizálása volt, ezt követte az igen széleskörü kemizálódási folyamat, mely aztán tulzásokba csapott át, kezdte sulyosan fenyegetni az emberi környezetet és a természeti-biológiai egyensulyt. Ez utóbbi jelenségre felfigyelve, a tulzott vegyszerfelhasználó módszereket kiküszöbölendő és helyettesitendő, kezdenek megjelenni a fizikai hatásokon alapuló módszerek a mezőgazdaság és élelmiszeripar legkülönbözőbb ágazgataiban. Azt hiszem tanui - sőt közremüködői - leszünk a szakma "fizikálódásának", hogy ezt a kényszerképzett szót használjam, mivel hirtelen jobb nem jutott eszembe.
A fizikai módszerek egyre szélesebb területen képesek kiváltani a környezetszennyező, vagy éppen gazdaságtalan hagyományos termelési és kutatási módszereket, hogy csak a tárolás technikára, a fertőtlenitési eljárásokra és a serkentési módszerekre utaljak egyelőre, de emlithetjük a méréstechnikát, detektálástechnikát is.
A különböző jellegü sugárzások felhasználása is a szakterületen ilyen fizikai módszer és szinte naponta bukkannak fel ujabb alkalmazási lehetőségek, ezzel együtt persze az idevágó kutatási feladatok is sokszorozódnak.
Gondolni kell a kombinált módszerekre is ahol vegyszeres és sugártechnikai módszereket ötvözhetnek egymással szinergikus hatások kiváltása végett. A paletta egyre tarkább, s emiatt a sokszinüség miatt most már valóban időszerü volt áttekintenünk az egész területet, hogy kirajzolhassuk azokat az erővonalakat melyeknek mentén az egyes irányzatok elhelyezkednek. A jövő szempontjából ugyanekkor hasznos felmérnünk, hogy milyen irányzatok előremutatók, melyek stagnálnak és azokat is amelyek már elvesztették jelentőségüket. A szakma legyezőszerüen szétnyilik, de határozottan kézben kell

tartanunk, mert különben az átfedések, az egymás eredményeinek nem ismerése (vagy lebecsülése) az amugy is korlátozott erők, s a még korlátozottabb anyagi lehetőségek szétforgácsolódásához vezethetnek.
A sugárzástechnikai szakterület többféle szempontból csoportositható, rendszerezhető.
Ilyen beosztás lehet: a. Sugárzások fajtája, jellege, energiája szerint
b. A dózisok és dózisteljesitmények nagysága alapján
c. A besugárzó gépek és berendezések jellemzőihez mérten
d. A sugárhatással elérendő célokhoz viszonyitva.
Nevezhetnénk fellengzősen az egyes szakágazatokat Radioagronómiának, Radioentomológiának vagy fitopatológiának, de még Radioalimentariának is, stb. De ez másodrendü kérdés. Vegyük talán elsőként a sugárzástechnika feladatait, céljait és lehetséges területeit az élelmiszergazdaságban, összefüggésben a növekvő dózisokkal. Előre kell bocsájtani, hogy ma már minden ágazatnak olyan szerteágazó tevékenysége, felduzzadt irodalma van, hogy egy ilyen szükreszabott beszámolóban kizárólag jelzésekre tudunk csak szoritkozni. Ezért sértődés ne essék!
Hosszu évtizedekig a sugárzások káros, bionegativ hatásait vizsgálták, elsősorban a nagy dózisok kiváltotta tüneteket elemezve. Ezekből a káros tünetekből kezdtek azután kikristályosodni azok a másodlagosan praktikusnak, felhasználhatónak látszó sugárbiológiai és sugárgenetikai információk, melyekből lassanként hasznos gyakorlati módszerek, eljárások alakultak ki. Gondoljunk csak a nagy dózisok sejt-pusztitó letalizáló hatására, melyből a különböző fertőtlenitő, tartósitó eljárások származnak, alapulvéve a káros mikroorganizmusok, kórokozók, kártevők letális dózisait. Ugyancsak innét ered a mutációs-technika, hiszen a kromoszómák törésére majd átrendeződésére alapozó módszer a korábbi elvont kutatások ismereteit használta fel. Amint azután a kutatók kezdtek a létrán lejjebb szállni, és egyre alacsonyabb dózisok hatásait vizsgálták ugyanazokon az organizmusokon, az élettani hatások merőben uj, sokszor ámulatba ejtő szféráját fedezhették fel: a serkentő dózisok tartományát. Ennek a területnek a kitárulkozása még folyamatban van, s szinte naponta szolgál uj meglepetésekkel, s ezzel együtt uj lehetőségekkel. Mivel a területek felsorolását a dózisnagyság haladványában igértük, kezdjük tehát a kisdózisok mezején, a stimulációs tartományban felsorolásunkat.
TUCKLEY a Missouri State University professzora évtizedes kutatásokkal megállapitotta, hogy gyakorlatilag valamennyi élő szervezetnek megvan a saját minimális sugárdózis igénye mely elengedhetetlen a normális kezdeti fejlődéshez. Ugyanekkor azt is behatárolta, hogy minden organizmusnak van egy optimális sugárdózis-tartománya, melynek indukálása esetén (különösen az élőlény induló fázisában) energikusabb, gyorsabb fejlődést produkál mint a kezeletlen kontrollok, s ennek eredményeként vitálisabb kifejlett egyedeket hoz létre.
Ha az optimálisnál nagyobb dózist adagolunk az induló szervezetnek, akkor fejlődése lelassul, funkciózavarok lépnek fel, majd reverzibilis, később irreverzibilis károsodások jelentkeznek. Az optimális serkentő dózis prognosztizálása, ma már nem tartozik az utópiák birodalmába, ez évben már szántóföldi, üzemi méretü vetőmag stimulációs programunkat olyan optimálisnak jelzett dózisokra alapoztuk az egyes növényeknél, melyeket közvetlenül a vetés előtt állapitottak meg az üzemek által küldött vetőmagok vizsgálatával, a gödöllői Agrártudományi Egyetem Növénytani- Növényélettani Tanszékén. Ezeknek a napraforgó, kukorica, lucerna, zab, cukorrépa, stb. vetőmagmintáknak olyan dózis sorozatot adtunk mobil röntgenbesugárzó berendezésünkkel, melyek a korábbi években már optimálisnak talált dózishatár körül

mozogtak. A mintákat laboratóriumi körülmények között elvetették és fiziológiai, morfológiai-, qualitativ és quantitativ jellemzőkre megvizsgálták néhány hetes korban. Az igy kapott viszonyszámok közül meglehetős biztonsággal lehet az esetek többségében kiemelni az optimálisnak mondható serkentő dózist. Erről a témáról egyébként Pál professzor külön előadásban fog beszámolni a stimulációs-mutációs munkacsoport ülésén. Az utóbbi öt esztendőben kifejlesztettük ehhez a technikához a TRAKISZ Szövetkezettel közösen azt a többcélu és mobil megoldásu röntgenbesugárzó alagutat, mely pillanatnyi ismereteink szerint a leginkább megfelelő a radiostimulációs hatások kiváltásához. A gép részletezésére még az előadásban visszatérek. A vetőmagstimuláció jelenségének ténye és gyakorlatban való üzemi használhatósága hosszu ideig vitatott volt. A vitára az adott okot, hogy a hatás kialakulását számos befolyásoló faktor módosithatja. Ilyen például a vetőmag nedvességtartalma, a besugárzás és a vetés (tehát az élet meginditása) között eltelt idő, a besugárzás dózis-homogenitása stb.
Ha az ezekre megadott optimális értéket nem veszik figyelembe, nem tartják be az akció során, a várt hatások erősen szórhatnak, reverzibilissé válhatnak és nem mindig reprodukálhatók.
A hatásmechanizmus tanulmányozása során az is kederült, hogy a kisebb energiáju sugárzások hasznosabbak a stimulációs kezelésekre, minden bizonnyal a rezonancia viszonyok kedvezőbb alakitása miatt. Ezért tértünk vissza a röntgenberendezésekhez. KÖTELES és munkatársainak vizsgálatai kimutatták, hogy a különböző organizmusok sejtfejlődésének indulásánál már egészen kis dózisok is olyan rezonancia jelenségeket produkálnak a sejtmembrán felületén, melyek energiaimpulzust adnak a sejt osztódásához, a tartaléktápanyagok gyorsabb feltáródásához és a jobb kezdeti fejlődéshez. Kimutatták, hogy a Golgi-membránokon a glikoproteinek glikolizálása az idő és a sugárzási dózis függvényében érzékenyen változik; az igen korai szintézisgátlást jelentős stimulálás követi az első 24 órában 100-500 rad dózistartományban. Ugy gondolják, hogy a fokozott glikoprotein szintézisnek szerepe lehet a sejtmembránok sugárzást követő regenerációjában. Ez azonban csak akkor következik be, ha a membránok ionizáló sugárzás okozta igen korai izgalmi állapota, a membránkomponensek átmeneti átrendeződése már lezajlott. Ugy tünik, hogy a membránok sugárreakciói több fázisu folyamattal jellemezhetők. Ezt a kérdést tavaly részletesen tárgyaltuk az ESNA Brno-i kongresszusán KÖTELES összefoglalóját alapul véve, a stimulációs Munkacsoport vitájába bevonva a fiziológusokat is. Ennek során is megállapitották, hogy a membránrezonancia jelenség is reverzibilis és az energia impulzus okozta változások, átrendeződések visszaállnak egy idő után eredeti állapotukba, ha az élet meginditásának feltételei elmaradnak.
Az elmult öt esztendőben üzemi körülmények között sikerült igazolnunk a radiostimulációs hatásnak néhány jól körülhatárolható jelenségét, melyek komoly gazdasági haszonnal járhatnak. Ezek közül három jelenséget ismertetnék:
- az igen gyakran, szinte rendszeresen reprodukálható koraiság
- a stimulációs kezelés olyan meglepő hatása, mely igen határozottan egalizálja, uniformizálja a növényállományt
- és a gyökérszférának megnövekedése, ezáltal a tápanyag és vizfelvétel lehetőségének fokozódása.

Mindössze egy esztendeje figyeltünk fel a kis dózisok tartósitó hatására mely radikálisan módosithatja a sugárzásos tartósitásról eddig kialakitott álláspontot és technológiát. A módszer már be van jelentve szabadalmaztatásra igy már nyugodtan ismertethetünk néhány részletet a témáról. Az egész felismerés tulajdonképpen melléktermeke egy olyan vizsgálatnak, ahol a besugárzásos rovarfertőtlenités legalsó dózishatárait kerestük. A munka

során feltünt, hogy üvegbura alatt tartott, rovarfertőzött kontroll és besugárzott kukorica-minták rövid idő alatt megpenészedtek egyetlen, s igen alacsonynak mondható dózis kivételével. Felfigyelve a jelenségre többizben megismételtük nagyobb mennyiségekkel és több dózissal a vizsgálatokat, sőt a kukorica magok induló nedvességtartalmát is fokoztuk egészen 35 %-ig. A hatás konzekvens volt, mindig ugyanannál a dózisnál kaptuk a fertőtlenitő hatást. Végül Hernádon néhány köbméter nedves kukoricát silóztunk le földsilóban, szemes állapotban, fólia és föld takarással. Ez év áprilisában felbontva négy hétig nyitva hagytuk a silót, hogy teret adjunk a gyors romlásnak, s ezután kezdtük meg a minták részletesebb vizsgálatát. A felbontáskor végzett laboratóriumi minőségvizsgálat azt mutatta, hogy a sugárkezelt mintákban magasabb volt a fehérje szint (mintegy 1 %-kal), ugyanakkor alacsonyabb a keményitő % és a nedvességtartalom. A negyedik héten etetési próbát tartottunk malacokkal, mely egyértelmüen bizonyitotta, hogy az állatok nem nyultak a már teljesen penészes kontrollhoz, de elfogyasztották a még jó állapotban lévő besugárzott kukoricát.

Milyen jelenséggel állunk itt szemben?

Már a hetvenes évek elején is megfigyeltük a KÉKI-ben a paradicsomtartósitási kisérletek során, hogy meglepő módon néhány tiz Gy-s nagyságrendü dózis ugyanolyan tartósitó hatást mutatott, mint a lényegesen nagyobb dózisok. A két tartósitó szint között egy hatástalan skála huzódott. Kézenfekvőnek látszott a magyarázat, hogy a nagy dózisok a kórokozó mikroorganizmusokat kárositják s igy fokozzák a tartósitóhatást, a kis dózis pedig mobilizálja a gyümölcs természetes phytoimmunitását, immunanyagok képzését serkenti, melyek gátolják a kórokozók behatolását, illetve elszaporodását. A kukorica esetében a legfrisebb adatok - melyek csak néhány naposak és a Növényvédelmi Kutató Intézetből származnak - azt mutatják, hogy a röntgenkezelt mintákban csökkent a flavonoidok és karitonoidok szintje, ugyanakkor aminósavnál a prolin és a hydroxiprolin mennyisége lényegesen növekedett. Megállapitották azt is, hogy sugárhatásra a kukoricaszemben bizonyos stressz anyagok keletkeznek - esetleg phytoalexinek - melyek közismerten gombaölő, illetve növekedésgátló hatásuak. Természetesen a vizsgálatok mégcsak most indulnak, részletes eredmények jövő évre várhatóak.

Azt hiszem hangsulyoznom sem kell mit jelent besugárzási költségben, időnyereségben, árukimélésben az ha nem extrém nagy dózisokkal kell dolgoznunk, hanem ezeknek tört részeivel!

Ez a tény szinte kötelezővé teszi számunkra, hogy a kis dózisok tartományával kiemelten foglalkozzunk és tovább fejlesszük eddigi ismereteinket, módszereinket, gépeinket.

A stimulációs témakörben uj fejezet az állattenyésztési jellegü alkalmazások jelentkezése és gyors előretörése. A 70-es évek derekán inditottuk az első vizsgálatokat - akkor még a Phylaxia keretében - a Haltenyésztési Kutató Intézet bevonásával, halsperma és kacsatojás stimulációs kezelésére. A mesterséges megtermékenyités előtti sperma kezelés halak esetében igen sikeresnek bizonyult, ma már rutinmódszerré vált és éppen szimpóziumunk keretében tart erről részletes előadást Bakos János kollégánk Szarvasról. 1983 elején a módszerre megkaptuk a szabadalmi jogot a Találmányi Hivataltól.

Az elmult évek során többször is erőfeszitéseket tettünk kisérletek beállitására sertés, nyul, birka és kakas-sperma stimulációjával kapcsolatban. Sajnos csak sertés esetében jutottunk el az inszeminálásig (az ISV-vel együttmüködve), de a kisérleti körülmények nem tették lehetővé az egzakt értékelést. Legujabban a HAGE mutatott érdeklődést a téma iránt szarvasmarha, birka és sertés vonatkozásában, s van a jövőre nézve egy előzetes megállapodásunk is. - Ugyancsak együttmüködés bontakozik ki ebben a témában

az Állattenyésztő Közös Vállalattal. A másik gyorsan szélesedő állatélettani alkalmazás a keltető tojások inkubáció előtti stimulációs kezelése. -
Már második éve folytatnuk ezen a területen igen széleskörü vizsgálatokat, miután a hetvenes években előbb kacsa, majd fürjtojásokkal biztató hatásokat értünk el a kelési % fokozásában.
Értelemszerüen - hernádi alkalmazottak lévén - broiler baromfi sikján dolgozunk a legintenzivebben, s már most is elgondolkodtató eredmények mutatkoznak, melyek alapkutatási szinten is egyre inkább megerősitést nyernek.
A Gödöllői Agrártudományi Egyetem Állatélettani Tanszékén GERTNER adjunktus megbizásunkból csirke embrió fejlődésében mutatkozó serkentési lehetőségeket vizsgálja és erről itt a szimpózium keretében, előzetes jelleggel beszámol.
Jól megfigyelhető volt a vizsgálatok során, hogy a kontrollnál a mellüreg még teljesen nyitott, az optimális felé közelitő dózissal kezelt tojásoknál viszont két hetes korban már teljesen bezáródott. Amint ezek a kisérletek szignifikánsan bizonyitható eredményeket produkálnak, megkezdjük félüzemi, majd üzemi adaptálásukat.
1977-ben az ESNA uppsalai kongresszusán közöltük erről a stimulációs lehetőségről szakmánkban, az első adatokat. Azóta - ebből kiindulva - az NSZK-ban, Csehszlovákiában, Bulgáriában és Izraelben történtek ilyen jellegü próbálkozások, többnyire igen kis egyedszámmal, pulyka és tyuktojásokkal.
Továbblépve témánkban, végeredményben még a kis dózis szférájába tartozik a nyomjelzéstechnika, melyet ezuttal szimpóziumunk ujból programjára tüzött, ellentétben 1979-ben tartott tanácskozásunkkal.
Ez a módszer a szakma indulásának kezdeti éveiben alapozó jelentőségü volt, hiszen a mezőgazdasági izotóplaboratóriumok hálózata mely az ötvenes évek végén, hatvanas évek elején és közepén alakult, majd gyarapodott ugrásszerüen, szinte kizárólag a tracer technikára rendezkedett be. Hamarosan tisztázódott, hogy elsősorban a ^{32}P és a ^{14}C izotópokkal praktikus dolgozni felezési idejük kedvező sajátosságai miatt. A nitrogén ellátás vizsgálatára ^{15}N-nel jelzett mütrágyákat használtak fel. Igen nagyszámu alapkisérletet folytattak le a különböző mezőgazdasági Kutató Intézetekben, majd egyes egyetemi és akadémiai intézetekben müködő laboratóriumok a mütrágya hasznosulás, az elemek tápanyag forgalomban való mozgásának, felhalmozódásának tisztázására. Tömegspektrométeres vizsgálatok is kezdődtek, egy időre előtérbe kerültek a stabil izotópok, sőt volt egy lendületes időszak amikor a neutronszóródásos elven müködő talajnedvességmérők hazai szerkesztésével, sőt mezőgazdasági üzemekben való elterjesztésével is kisérleteztek hazai kutatóink, elsősorban a Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet munkatársai.
Nagyon hatékonyak voltak - mint az előbb hallottuk Pethes professzortól - az állatorvosi terület ilyen irányu kutatásai, gondoljunk csak a radio immun essay módszer kiszélesitésére. Ezek a törekvések egy idő után egysikuvá, formálissá váltak, számos korábban lendületesen müködő izotóplaboratórium szinte alibi munkát végzett, igy szinte törvényszerü volt, hogy a hetvenes évek közepe táján már sorozatban szüntették meg müködésüket és csak néhány olyan területen maradtak meg és fejlődtek tovább a tracer munkák melyeknél a gyakorlat is igényelte ezt a technikát, igy elsősorban az állatorvostudomány és az agrokémia, valamint a növényvédelem-környezetvédelem területén.
Kitünően használható a módszer a növényvédelmi kutatásokban, főként a növényvédőszerek hatásmechanizmusának vizsgálatára.
Kicsit önkényesen ehhez a területhez számithatjuk még talán az aktivációs analizist is, mellyel nagypontosságu elemzéseket, méréseket végezhetünk egészen kis, elemi mennyiségekkel a minőségi analizis során.
Áttérve a relative közepes nagyságu dózisok tartományába, itt is olyan széles a spektrum és olyan nagy gyorsasággal bővülnek a lehetőségek, hogy egy ilyen rövidlélegzetü előadás keretében szinte csak jelzésekre szoritkozatunk.

Egyre differenciáltabbak a lehetőségek a mutációs-technika mezején.
A mezőgazdasági gyakorlatból érkező jelzések nyomán a kezdetben főleg növénynemesitési indukált mutációs munka apránként kiterjedt az állattenyésztésre, majd a mikroorganizmusokra és végül a sejt és szövetkulturákra, érdekeltté téve az élelmiszeripart és a növényvédelmet is. - A részletekbe nem kívánok nagyon belemerülni, mert erről a szakterületről Bálint professzor fog feltehetőleg igen áttekintő képet adni. -
Csak a trendeket és a fejlődési emeleteket szemlélve elmondhatjuk, hogy az egészen korai mutációs növényi próbálkozások után melyet még a negyvenes, majd ötvenes években GYŐRFFY BARNA, majd SEDLMAYR KURT végzett. Itthon, az ötvenes évek közepétől már szisztematikus radiomutációs tevékenység folyt Magyarországon is. BEKE, BALINT, TAMÁSSY, SIMON, SZILÁGYI, BARABÁS, LELLEY, VÁGÓ, KOVÁCS, PÁSZTOR, KISS IBOLYA majd a fiatalabbak közül később LAZÁNYI, NAGY és még sokan mások felismerték a mutációs nemesitésben rejlő gyors és alapvető változtatási lehetőségeket és szabályszerü programok keretében kezdték meg az ilyen jellegü nemesitési munkát. Kezdetben ehhez csupán röntgen készülékek álltak rendelkezésre, majd az első kobalt (^{60}Co) készülékek megérkezésével, a gamma sugárzás felhasználása került előtérbe.
Külföldi kutatók - főleg Gustaffsonék Svédországban, Scarascia-Mugnosa Casacciában-Olaszországban; Sparrow Amerikában és Hoffmann az NSZK-ban - kezdték összehasonlitgatni a különböző sugárzások hatékonyságát a pozitiv mutánsok megjelenésének gyakoriságára. - Ugy találták, hogy a röntgen, a gamma és a gyors, valamint a lassu neutronokkal végzett sugárkezelések közül a tiszta gyors neutron kezelés adta a legtöbb pozitiv mutánst. Ezek után a szakmai érdeklődés gyorsan ebbe az irányba fordult, megalkották a SNIF berendezést, mely képes volt a kisérleti reaktorok biológiai csatornájában elhelyezve leárnyékolni a kevert sugárzás valamennyi komponensét, s csak a tiszta gyors neutron fluxust engedte át. A magyar nemesitők először a seibersdorfi IAEA-FAO létesitményben jutottak ilyen kezelési lehetőséghez (itt sugároztattuk be mi is Sajó Zoltánnal a Nucleoryza rizsfajtánk alapanyagát), majd a KFKI csillebérci reaktorában is hozzáférhetővé vált ilyen készülék. -
Az eredmények igazolni látszottak a megállapitásokat, világszerte felgyorsult a mutációs növénynemesitési munka és sokasodtak a szántóföldi eredmények is.
Mivel az élet azonban nem áll meg, a kutatók egyre ujabb, még eredményesebb megoldásokat keresnek. Igy került előtérbe a Pi-mezonokkal, a lézer sugárzással, a gyorsitott elektronokkal való kezelés, melyekről már egyre többször olvasunk a szakirodalomban.
Nemzetközi vonalon már az ötvenes években megjelentek a szántóföldeken a radiomutáns növényfajták. Először a svédek árpája aratott kisebb sikert, majd SCARASCIA-MUGNOSA hóditotta meg a Földközi-tenger melléki buzatermő területeket igen bőtermő, szárszilárd és jó minőségü Durum buzájával a Cappelli-vel. Átütő sikereket ért el gammamutáns rizsfajtáival MARIE Franciaországban; tőle kaptuk mi is 1963-ban a Cesariot fajta rizsmintáit, melyből a Nucleoryzát előállitottuk.
Az IAEA genetikai részlege előbb MIKAELSEN majd MICKE irányitásával világszerte összefogják a radiomutációs növénynemesités programjait és az eredményeket különböző szimpóziumokon, workshop üléseken demonstrálják, majd a Mutation Newsletter hasábjain publikálják. A magyar növénynemesitők is igen sok segitséget kaptak már tőlük.
Az első magyar államilag elismert radiomutáns növényfajta a SIMON és INCZE által kinemesitett "Gamma" elnevezésü krizantém volt, mely a halvány rózsaszin "Rózsika" nevezetü fajta gyökeres dugványainak kezeléséből jött létre gamma sugárzással, és egy óarany szinü változatot produkált.

A második államilag elismert mutáns a Nucleoryza rizsfajta volt; ez ma már közel 90 %-ban boritja a magyar rizs vetésterületet. Elterjedéséről itt a szimpóziumon rövid előadásban számolunk be. A rizsmutáció frontján SIMONNÉ KISS IBOLYA mutatott fel sikereket a közelmultban. Több korai és bőtermő uj rizsmutánst nemesitett melyek közül néhány már elismert fajta, s köztük van az Oryzella elnevezésü u.n. tü-rizs, mely különleges minőségével ma már a pesti élvonalbeli szállodák konyhájának kedvence lett.
Talán az egyik legnagyobb hazai mutációs siker füződik SZILÁGYI GYULA nevéhez, aki a martonvásári MTA kutató Intézetben két radiomutáns buza-vonal keresztezésével állitotta elő a Martonvásári 8-as fajtát, mely napjainkban az egyik vezető hazai buzafajta és jelentős %-át foglalja el a magyar buza vetésterületnek. Martonvásár egyébként is már korán magáévá tette ezt a módszert, gondoljunk csak Polhammer árpáira. Eredményes mutációs tevékenység folyik évtizedek óta Gödöllőn az Agrártudományi Egyetem Növénynemesitési Tanszékén, ahonnan már számos fajtajelölt származott és itt Debrecenben is, ahol PÁSZTOR prof. és csoportja végez változatos módszerekkel látványos munkát. Ezeknek gyakorlati haszna, fajtajelöltekben jelentkezik.
A kertészeti nemesités sem maradt tétlen az uj módszerek területén. Fertődön már az ötvenes években végeztek mutációs kezeléseket PORPÁCZYék, majd az un. "Sugárkert" beindulásával ez a munka a Kertészeti Egyetemen lendült előre. TAMÁSSY professzor és csoportja széleskörü programot inditott mutációs technikával. Számos uj fajtát produkáltak és tulajdonképpen eredményeik java majd most kezd jelentkezni.
A kertészeti kutatás (közelebbről a disznövény nemesités) legujabb sikerei közé tartozik KOVÁCS ZOLTÁN mutáns virágfajtáinak megjelenése és elterjedése. Hosszan sorolhatnám még a hazai tevékenység gyümölcseit, de erről a szakmai előadáson BÁLINT professzor ugy is részletesen beszámol. Nekem inkább még a trendekről és a módszerekről kellene néhány mondatot szólnom.
Pillanatnyilag ugy tünik, hogy nem a direkt mutánsok keresése és szelektálása a legcélravezetőbb ut, hanem a vonalakra bontott tipusok konstans változatainak keresztezése, esetleg him-steril vonalak közbeiktatásával heterózisnemesitési megoldásokkal. Ez ugyan kicsit meghosszabbitja a nemesitési eljárást, (igy veszit legfőbb előnyéből a rövid nemesitési határidőből), de feltétlenül növeli hatékonyságát és gyakoriságát. Izgalmasan alakul a szövet és sejtkulturákkal való mutációs manipuláció területe. Ennek egyik fő bázisa az MTA Szegedi Biológia Központja, ahol az elméleti munka mellett a gyakorlati megvalósitásra is odafigyelnek.
Valószinüleg ez lesz a jövő utja, hiszen sejt szinten és embrionális állapotban a hatások érzékenyebben indukálhatók és irányithatók, majd nyomon követhetők, szelektálhatók.
A hollandok már több mint 15 éve kidolgozták kalluszréteg mutációs technikájukat, ahol levéldugványok metszésfelületének első uj kallusz sejtsorát kezelik és ebből tudják nagy biztonsággal kiválogatni a mutálódott sejtsorokat.
Emlitettem még az élelmiszeripar területén feltárulkozó lehetőségeket a különböző termelőtipusu mikroorganizmusok mutációs uton való fejlesztésére, de az időből erre már végképp nem futja és nyilván szó kerül erről az élelmiszertechnikai munkacsoport ülésén.
Tovább folytava a néhány 100 Gy-ig terjedő közepes nagyságu dózisok célszerü felhasználásának felsorolását több apró, de hatásában és jelentőségében naggyá válható módszert kell megemlitenünk. Ilyen pl. a sugárkezeléses-rovartalanitás lehetősége is. A módszer jelentősége rohamosan növekszik, mert már csaknem valamennyi nyugati országban megtiltották (vagy folyamatosan betiltják) a hagyományos gázkezeléses fertőtlenitést a szermaradványok veszélye miatt és amiatt is, mert a szaporitóképletekre kifejtett hatásuk

nem tökéletes, igy nagy az ujrafertőződés veszélye. A kutatások során, - igy saját vizsgálatainkban is - megállapitást nyert, hogy a különböző rovarkártevők és mikroparaziták sugárérzékenysége meglehetősen nagy és számos esetben különösen érzékenyek a szaporitóképletek különböző alakja tojások, peték, bábok stb. Már 100 Gy-hez közelálló értékek azt mutatták egyes esetekben, hogy a kifejlett rovar azonnal beszüntette táplálkozását, mozgását, szaporodását és fokozatosan elpusztult. Elpusztultak viszont azonnal a szaporitó képletei. 200-300 Gy-nél a kitinpáncél védelme ellenére is, már a kifejlett rovar is gyorsan elpusztult.

Tekintve, hogy a sugárkezelés szintelen, szagtalan, szermaradványt nem képez, jelentős hőt nem termel, ezért igen praktikusnak látszik élelmiszergabonák rovarkárositás elleni fertőtlenisétésre, csak meg kell hozzá találni a célszerü és gazdaságos besugárzó berendezéseket, programokat.

Ebben az esetben is leginkább praktikusnak látszik olyan nagyenergiáju, mobil besugárzó géprendszer, mely futószalagos megoldással igen nagy tömeg ömlesztett gabonafélét tud fertőtleniteni rövid idő alatt, nagy hatékonysággal. A kártevő rovarok elleni küzdelem másik - sokat vitatott és sokat publikált - módszere, az ugynevezett autocid technika. Ennek lényege, hogy mesterséges körülmények között óriási tömegben elszaporitják a programban szereplő kártevőket, majd a himeket kiválasztva, ezeket kibocsátják a fertőzött területekre olyan mennyiségben, hogy az előzetesen besugárzott s igy terméketlenné tett himek 10:1 arányban felülmulják létszámban, a helyszinen található eredeti him populációt. A párzóképességüket megtartott, de már termékenyitésre képtelen himek kiszoritják a párzásból a sértetlen himeket, s igy steril szaporulat keletkezik, azaz a létrejött tojásokból és egyéb szaporitóképletekből nem kelnek ki utódok. Ilyen megoldással néhány generáció alatt a helyszinen szokásos kártevő populáció létszámát a minimálisra lehet csökkenteni.

Hátránya a módszernek, hogy csak kis távolságokra mozgó, helyben maradó tipusu rovaroknál eredményes és igen kényes a mesterséges szaporitási technikája is.

Nálunk a hatvanas években foglalkozott a módszer hazai kifejlesztésével az NKI, OMFB támogatással. Elsősorban kukoricamoly, almamoly és babzsizsik voltak a céltárgyak. A program lassan abba maradt, főleg a mesterséges szaporitás nehézségei miatt, pedig szerepe lehetne az integrált növényvédelem rendszerében.

Külföldön elsősorban a gyümölcslegyek leküzdésében, a huslegyek elleni harcban és a moszkitó elleni küzdelemben értek el sikereket, de látványos programok folytak az USA-ban almamollyal is.

Látványos szinfoltja a szakmának a vágott virágok tartósitásának besugárzásos módszere. Ezt a módszert a 70-es években dolgoztuk ki, majd szabadalmaztattuk is, de a besugárzás módjának gazdaságtalan volta miatt, nem tudott a praxisban és főleg virág exportunkban elterjedni. Főleg az áru besugárzó központokba való oda-vissza szállitgatása, többszöri rakodása és igy rongálása rontotta az esélyeket. Mindjárt más lesz a helyzet ha valóban mobil, helyszinre könnyen szállitható, de mégis nagyteljesitményü sugárforrások tudják majd felkeresni a vágott virág exportőröket a szezonban. A módszer lényege egyébként az, hogy még virágnyitás előtti, zöldbimbós állapotban sugározzák be a már utrakészen becsomagolt virágokat a fajonként (sőt sokszor fajtánként) előre meghatározott optimális dózissal. Ez a besugárzás olyan alapvető változásokat okoz a virág nyilását irányitó enzimrendszerben, mely egészen lassu, fokozatos virágnyitást eredményez. Ezen az uton 6-7 nappal tovább lehetett hervadásmentesen tartani a kisérletekbe bevont rózsa, tulipán, kardvirág, peonia, szegfü és egyéb virágfajokat és fajtákat.

Sok egyéb lehetőség van még a közepes dózisok terrénumában, de lassan kifutok az időből, s még be kell számolnom a nagy dózisok tartományáról, az ott kiaknázandó lehetőségekről, módszerekről. Természetesen itt már elsősorban fertőtlenitő hatásokról, kezelésekről van szó, hiszen a Megard (10 kGy) közeli nagyságrendek már valamennyi élő szervezetre pusztitó hatásuak. Ebben a tartományban fokozottan figyelembe kell vennünk a gazdaságosságot és lépést kell tartanunk az igen gyorsan fejlődő berendezésekkel.
Az élelmiszeripar - tartósitóipar és a környezetvédelem érdekelt itt kiváltképp.
A sugárzásos élelmiszertartósitás problematikája volt az egyik első olyan területe az élelmiszergazdasági sugárzás technikának, ahol a nagyipar megmozdult. Az eltelt 30 év alatt több könyvtárra rugó könyv, szakcikk és egyéb publikáció jelent meg erről a módszerről, százmilliókat áldoztak kimunkálására, látványos sikerek és még látványosabb bukások kisérték a bevezetésére tett erőfeszitéseket.
Anélkül, hogy a részletekbe belemennék (ez majd a szekció dolga lesz), azért meg kell kisérelnem egy helyzetelemzést adni.
Köztudomásu, hogy az élelmiszertartósitás témája akkor vett nagy lendületet amikor az amerikai hadsereg fantáziát látott ebben a módszerben. óriási besugárzó központok épültek már az alapkutatások lebonyolitására is és az első látványos sikerek eufóriás hangulatba hozták az élelmiszeripari tőkét is. Gombamód szaporodtak az ötvenes évek végétől az olyan magáncégek mint pl. a francia Conservatom, s ennek kanadai, holland, de főleg amerikai megfelelői. Nagy besugárzó központok tervei kerültek rajzasztalra sebtiben, s ezek egy része meg is valósult. Terveket dolgoztak ki nagy besugárzó berendezésekkel felszerelt hajók elkészitésére, melyek hivatva voltak a halfeldolgozás forradalmasitására, sőt megszülettek az első camionba épitett mobil besugárzó egységek is Amerikában, melyeknek sulya az első nekifutásra 72 tonna volt.
Az optimizmust fokozta, hogy az ipar lendülete hatással volt az eljárást közfogyasztásra engedélyező állami hatóságokra is és a hatvanas évek elejére számos élelmiszer sugárkezelése megkapta az illetékes egészségügyi hatóságoktól a zöld utat. 1958-ban már engedélyezték pl. a Szovjetunióban a burgonya kihajtásgátlását 100 Gy dózis határral, közvetlen ezután az Egyesült Államokban ugyancsak a burgonyát, majd a hagymát, később a dobozos bacon kezelését lényegesen nagyobb dózisokkal. Aztán jöttek sorba a gabona rovartalanitásának engedélyezése, különböző gyümölcs és zöldségfélék, száritott zöldségek, füszerek stb. Többnyire nem korlátozás nélkül, hanem nagyobb mennyiségü kisérleti tételekre.
Alig egy évtized multán a hetvenes évek elejére a lendület megtört, a magántőke kezdett visszahuzódni, néhány engedélyt is visszavontak, vagy ujabb kisérletektől tették függővé és látványosan megbukott néhány sugárzásos élelmiszertartósitásra berendezkedett cég. Ezek kénytelenek voltak már meglévő létesitményeiket gyógyszer-kötszer, orvosi müszer sterilezésére átállitani, esetleg kórházi célu, korlátozott mennyiségü készítelek fertőtlenitését rendelték meg náluk, külön engedélyek alapján.
Nem váltak be a konténer tipusu mobil gamma sugárforrások sem, mint pl. az IRMA elnevezésü ^{137}Cs töltetü francia gyártásban elkészült változat, amelyik pedig szorgalmasan járta az EGK országait bemutatókat tartva a többcélu besugárzás lehetőségeiről.
Mik voltak a törés okai?
Egyrészt a robbanásszerü fejlődéssel járó megalapozatlanság, másrészt az, hogy nem vették a korai szakaszban figyelembe a gazdaságossági vonatkozásokat. A mezőgazdaság is, az élelmiszeripar is erősen szezonális ingadozásu; nagytömegü áru mozgatására kényszeritett, s ez nem kedvez a stabil helyre telepitett nagy besugárzó központoknak, főleg ha radioaktiv töltettel müködnek,

mely éjjel-nappali kihasználtságot feltételez. A rendkivül nagy tömegü és sulyu, ugyanakkor sérülékeny, de önmagában kis értékü áru (mint pl. burgonya, hagyma, egyes gyümölcsök, zöldségek) nehezen birják el a ma már horribilis szállitási, mozgatási, rakodási költségeket. Ezek a folyamatok még mindig igen nagy kézi munkaerőt igényelnek, ez pedig ma már luxus.
A magyar szakemberek kezdettől fogva ennek a szakmának az élvonalában haladtak, többen nemzetközi tisztségviselői voltak, vagy azok jelenleg is. Hamar felismerték a józan realitásokat és igyekeztek a szisztematikus fejlesztés irányába vinni a fejlődést.
Partner volt ebben az egészségügyi hatóság is, mert nálunk már igen korán engedélyezték forgalombahozatalra az egyes élelmiszereket (elsősorban zöldség és gyümölcsféléket), de csak olyan kisérleti mennyiségekben, melynek igényét az ipar és kereskedelem igazolta. Igy pl. már a 70-es évek legelején forgalomba hozott a KÉKI mintegy 60 tonna sugárkezelt és kihajtásmentes burgonyát az Élmunkás téri piacon, a ZÖLDÉRT Vállalat megrendelésére.
A pszichotesztnek is szánt akciónak nagy sikere volt, azonnal elkert az egész készlet, hiszen május lévén a szokványburgonya már töppedt és csirás volt, a sugárkezelt viszont turgorban lévő, lédus és hibátlan. A siker fő oka persze az volt, hogy a szép kezelt árut is ugyanannyiért adták, mint a csunya szokványkrumplit, tehát haszon nem volt rajta. Ezt az akciót még több követte szamócával, őszibarackkal, főleg nagymennyiségü hagymával, majd füszerkeverékekkel. És itt álljunk meg egy pillanatra. Jelenleg ez az élelmiszeripari termék az amely leginkább elbirja a besugárzási költségeket és járulékait. Ugyanis tipikusan olyan áru, mely kis mennyiségben is nagy értéket képvisel. A probléma csupán az, hogy komoly, egész üzemet lekötő mennyiség kezelésére még nincs igény.
A Dubrovnikban 1982 októberében, tehát egészen a közelmultban megtartott nagy nemzetközi sugártechnológiai kongresszuson olyan trend látszott, hogy óvatos formában az érdeklődés kezd visszatérni az élelmiszertartósitás meghatározott ágazatai felé, elsősorban a fejlődő országokban, ahol nem épültek még ki sok milliárdos költséggel a mindent átfogó hütőláncok, mint a fejlett ipari országokban. Az egészségügyi engedélyezés is tett néhány határozott lépést, igy pl. WHO-IAEA határozat és ajánlás született a tagországok felé (igen erős magyar kezdeményezéssel és együttmüködéssel), hogy 1 Mrad (10 kGy) dózis nagyságrendig számos élelmiszer ujabb kisérletek nélkül forgalomba hozható, a helyi hatóságok engedélyével.
Ugy tünik, hogy a továbbiakban elsősorban a besugárzó berendezések gazdaságossága, a technológiák célszerüsége, az intenzivebb piackutatás és a jobb nemzetközi munkamegosztás fogja eldönteni ennek a szakágnak is a lehetőségeit, a közeljövőben. Mindenképpen nagy szerepe lehet a mobil és szemistabil besugárzóknak.
Még három témakört kell röviden érintenünk:

- a környezetvédelmi célu sugártechnika mezőgazdasági vonatkozásait
- a gépek és berendezések müszaki kérdéseit
- és végül ennek a szakmának hazai, szervezeti problémáit.

A környezetvédelem hirtelen napirendre került és egyre sulyosabb gondjai a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban is jelentkeztek, és a sugárzástechnika számos olyan lehetőséget kinált, ahol beavatkozási pontok mutatkoztak, hatékonyabban mint a hagyományos módszerekkel. Természetesen ezek a pontok főleg a fertőtlenités vonalán mutatkoznak, de itt szinte korlátlanok a lehetőségek.
Emlitettük már a rovartalanitást, az immun reakciók stimulációs serkentését, de betegségellenállóságra való rezisztencianemesitést is.
A direkt beavatkozásoknak egyik igen jó lehetősége a mezőgazdasági és élelmiszeripari szennyvizeknek, iszapoknak, hulladékoknak sugárzásos fertőtlenitése, majd ujrahasznositása.

Ezen a területen a sugárzásos módszer számos előnnyel rendelkezik a hagyományos hő és gázkezeléses vagy más vegyszeres eljárásokkal szemben. Elsősorban is szermaradvány mentes fizikai módszer, igy nem szennyezi tovább kémiailag az amugyis már igen töményen szennyezett hulladékokat, további előnye, hogy hatása igen effektiv, tulélő mikroorganizmusok, vagy paraziták kiküszöbölhetők, ezért zárt technológiában a visszafertőződés lehetősége csekély. A büzképzést nem fokozza, hanem igen nagy mértékben csökkenti, tehát a levegőszennyezést kiküszöbölheti. Az intenziv sugárzónáknak nagy a vegyi lebontóképessége is. Igy pl. amerikai és nyugatnémet vizsgálatok megállapitották, hogy egyes fenolszármazékok, cianidok, festékanyagok igen jól bonthatók hatástalanithatók voltak viszonylag nem magas dózisokkal.
Közel tiz évig vizsgáltuk a hazai higtrágya problémakör radiációs uton való fertőtlenitésének lehetőségeit, még a Phylaxia keretein belül. A MÉM megbizásából az NSZK-ban, a München melletti Geiselbullachban egy radioaktiv töltettel müködő szennyvizüzemet, illetve ennek iszapfrakcióját tanulmányozták, majd egy ugyanilyen célu kommunális szennyiszapot fertőtlenitő, de elektrongyorsitóra alapozott üzemet néztünk meg a Boston közelében lévő Deer Islanden.
A helyszini szemlék, saját higtrágya fertőtlenitési kisérletek, az irodalom tanulmányozása és a tanulmányutak konzekvenciáit összefoglalva a MÉM és az érdekelt Tárcák részére 1979-ben munkacsoportunk tanulmánytervet készitett. Ebben egy nagyfeszültségü elektrongyorsitóra alapozott higtrágyafertőtlenitő berendezést javasoltunk, mely egy 52.000 férőhelyes sertéshizlalda higtrágyájának komplett fertőtlenitését volt hivatva megoldani.
Időközben a Szovjetunióban Moszkva közelében is felépült egy elektrongyorsitóra alapozott higtrágya fertőtlenitő üzem, melynek sikeres müködéséről már két izben is hallottunk beszámolót az ESNA kongresszusain. Ugyancsak a Szovjetunióban müködik egy elektrongyorsitós komplexum Odessza környékén gabonafertőtlenitési feladattal, de számos ilyen lépett már üzembe a nyugati féltekén is elsősorban Amerikában.
Valószinü, hogy ennél az ágazgatnál a gépi sugárforrásoké a jövő, mert a kezelendő közeg vékony rétegben terithető igy jól scannelhető produktum.
Egyébként a berendezések szerepe olyan mértékben alapvető az egész kérdéskomplexumban, hogy - ha csak néhány mondat erejéig is - de külön kell vele foglalkoznunk. A korábbiakban már elszórtan szó esett róla, hogy az élelmiszergazdaság szezonális jellege, területileg szétszórt volta és nagy transzport igénye miatt erősen igényli a mobil egységeket s ezek kezdetben ^{60}Co majd ^{137}Cs töltetü, camionos, vagy tréleres megoldásu berendezések voltak.
Az ilyen egységek nagy sulyuk, nehezen megoldható sugárvédelmük, meglehetősen rossz dózishomogenitásuk és kicsi áteresztőképességük miatt gyorsan elavultak.
Uj és fejlettebb megoldást jelentett STENGER és csoportjának semi mobil szerkezete, mely részben stabil kiszolgáló épitményt emelt a betakaritás vagy tárolás helyszinén, részben odaszállitotta szezonban és beszerelte a szükséges radioaktiv forrásközegeket. Ezzel a módszerrel sikeresen teljesitettek viszonylag nagy mennyiségü hagyma kihajtásgátlási-tartósitási programokat.
A rendszer viszonylagos hátránya, hogy épitményeket kell emelni, valamint az, hogy a források ki és beszerelési majd szállitási processzusa körülményes és költséges.
Mindaddig azonban amig nagyteljesitményü modul gépi sugárforrások nem lépnek be a gyakorlatba, ez a megoldás képviselheti a jelent.
A kis dózisok területén már megjelentek a jövőt képviselő mobil, elemesen összeszerelhető, jól szállitható, könnyü és egyszerü sugárvédelmü besugárzó

gépek. Itt a röntgentechnika reneszánszának lehetünk tanui, hiszen a TRAKIS és a Hernádi MULTIRADIÁCIÓ együttmüködésében kialakitott GIGANT-18-as márkajelü sugárzóna kommersz röntgencsövekre van alapozva, s a gyakorlatban már jól bevált. Előnye a berendezésnek, hogy szállitása nem igényel különleges óvintézkedésket, mert sugárzást csak akkor produkál, amikor összeszerelve áram alá helyezik. Igy kihasználtsági foka is javul a radioaktiv forrásokkal összehasonlitva. Épitményt nem igényel bármilyen mezőgazdasági farmon, vagy tanyaközpontban üzemeltethető, ahol áramforrás és vizvezeték van. Részleteire nem térek ki, mert poszterünk bemutatja a gépet és külön szekció előadás is foglalkozik vele. Továbbfejlesztési lehetőség a nagyobb teljesitményü metall keramikus csöveket tartalmazó alagut, mely teljesitményét mintegy 10-szeresére emeli. Nagy előny az is, hogy magyar gyártásban és alkatrészekből épül, ezért valuta kiadást nem jelent az alkalmazónak, ugyanakkor hazai szervize is megoldott a TRAKIS Vállalatnál.
Már készül a TRAKIS és az ATOMKI együttmüködésében az a nagyteljesitményü, mezőgazdasági célu gépi besugárzó szerkezet, mely már a közepes dózisok tartományában tud üzemi méretü munkát végezni. Ennek vonatkozásairól KOLTAY EDE előadásában hallunk majd egy-két részletet. Ezt a változatot is mobil-semimobil formában tervezik elkésziteni. A technológiát ehhez a MULTIRADIÁCIÓ adná. Végleges megoldást majd a nagyteljesitményü élelmiszergazdasági célu, mobil elektrongyorsitóra alapozott rendszer hozhat, remélhetőleg már a közeljövőben.
Ha summázni akarnánk a besugárzó szerkezetek közötti arányokat, jelenlegi és a fejlődési lehetőségeket, akkor - óvatos fogalmazással - az alábbiakat mondhatjuk. Továbbra is jelentősége van a Gamma sugárforrásoknak olyan termékeknél, ahol egész éves üzemben megy a feldolgozás és nagy rétegvastagságot kell átsugározni. Nagy tömegü, kis dózisigényü áru sugárkezelésénél igen praktikusak lesznek a mobil röntgen szerkezetek együttesei és ezek változatai.
Kétségtelenül a nagy teljesitményü, de kevésbé monstruózus gyorsitóké, illetve ezek sorozataié a jövő és a gazdaságosság. A legpraktikusabb megoldás természetesen a stabil, mobil és semimobil variánsokat magában foglaló gyártmánycsalád volna, amilyen családot jelenleg az alacsony dózistartományban a TRAKIS-ATOMKI-MULTIRADIÁCIÓ összefogás igyekszik kialakitani.
Befejezésül a szakma összefogásának, áttekinthetőségének és célszerü továbbfejlesztésének rendszeréről kellene valamit mondani. Kezdetben vala a Mezőgazdasági Minisztérium keretében egy izotóptechnikai Bizottság, mely megkisérelte összefogni a területen müködő kutatókat és gyakorlati szakembereket sőt a társtárcák képviselőit. Mivel ennek a Bizottságnak sem hatásköre, sem pénzügyi kerete nem volt, igy csak malaszttal rendelkezett, mely irott maradt. Több feltámasztási kisérlet is eredménytelenül végződött, egy ideig megpróbáltuk a Phylaxia keretében müködő sugárzástechnikai Főosztályunkon összefogni a szakmát, ugyancsak MÉM megbizás alapján. A Phylaxia átszervezése után ez is megszünt, ujból a Gödöllői Agráregyetem kapott megbizást, mely korábban is gazdája volt a témakörnek, de anyagi háttér és hatáskör nélkül ők sem tehetnek sokat. Voltak még kisérletek a hatvanas években az OAB részéről is: az u.n. izotópalkalmazási csoport keretében mezőgazdasági részleget szerveztek, ezt néhány évi müködés után megszüntették, mert ugy értékelték, hogy nincs jövője a mezőgazdasági sugárzástechnikának.
Igazán nem a vendéglátónak kijáró udvariasság mondatja velem, de jelenleg a területnek legmozgékonyabb - és mint ez a szimpozium is bizonyitja - egyik leghatékonyabb összefogója a Debreceni Akadémiai Bizottság Agrofizikai Munkabizottsága. Az elmult négy esztendőben példamutató rendszerességgel és friss szemléletü tematikával hivta össze rendezvényeire az egész érintett szakterületet. Segitséget nyujt a Gödöllői Egyetemnek is a MÉM

témacsoport munkájához és különösen előremutató az a készség amellyel az ATOMKI - mely egy erősen elvont kutatási terület letéteményese a mezőgazdasági gyakorlat felé fordul. Ennek számos konkrét példáját már emlitettem, de évek óta önzetlen segitséget nyujtanak a nemesitőknek is vetőmagok mutációs célu neutron besugárzásával, a gyorsitójuk is rendelkezésünkre áll, uj módszereket dolgoznak kis és adnak át részünkre a méréstechnikában, s már most ismertetik a jövőben belépő ciklotronjuk számunkra megnyiló lehetőségeit.
A Debreceni Agrártudományi Egyetemmel összefogva olyan magot alkotnak szakmánkban, mely jelenleg missziót lát el és segiti a kibontakozást.

Ennyi volt amit bele lehetett préselni egy plenáris előadásba erről a gazdag és szép, de ugyanakkor nem könnyü szakterületről. Persze szinte csak félszavakra volt itt lehetőség, de a szakma vájtfülü ismerői ebből is megértették a mondanivaló lényegét.

Kivánom, hogy legközelebbi hasonló gyülekezetünkön már a messzelátó tervek megvalósulásáról is be tudjunk számolni.

ATOMKI Riport X/5 (1983) 112-113

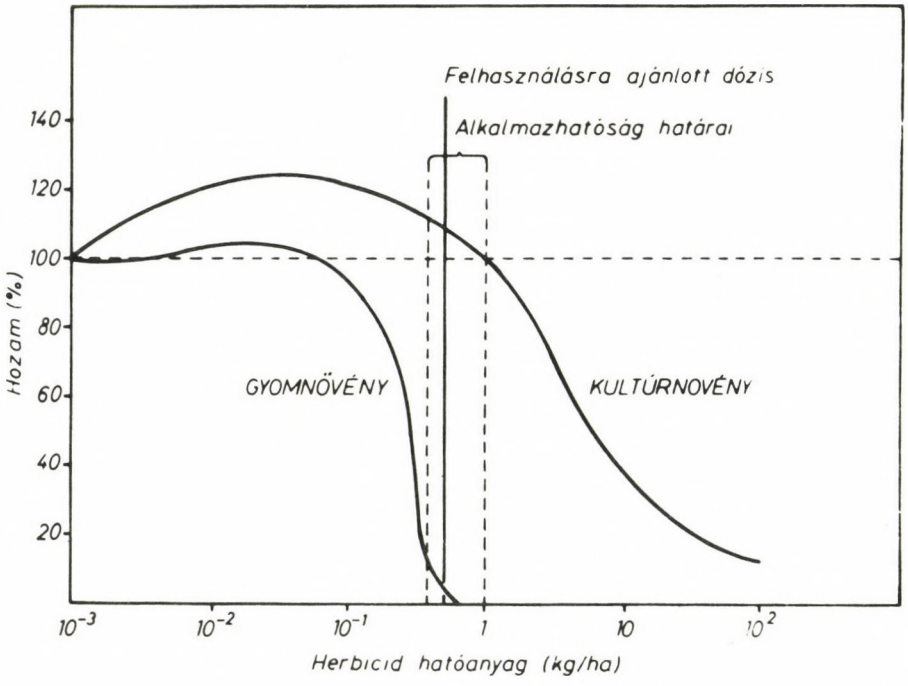
KÜLÖNBÖZŐ TIPUSU HERBICIDEK FITOTOXIKUS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA NYOMJELZŐ TECHNIKA SEGITSÉGÉVEL

Zsoldos Ferenc

József Attila Tudományegyetem Növényélettani Tanszék, Szeged

A növénytermesztésben a biológiailag aktiv vegyületek széleskörü felhasználása jól ismert. Ugyanakkor viszonylag keveset tudunk ezen anyagoknak a termesztett növények tápanyagcseréjére gyakorolt hatásáról. Pedig e kérdés elméleti érdekessége mellett gyakorlati fontossággal is bir, hiszen pl. a herbicidek alkalmazása során terméseredményt befolyásoló kedvezőtlen /fitotoxikus/ és kedvező /stimuláló/ effektusok egyaránt előfordulhatnak.

A stimuláló, vagy fitotoxikus hatások, amint azt az alábbi ábra is jól szemlélteti, elsősorban a hatóanyag koncentrációjától függ. Ennek megfelelően vegyszer tuladagoláskor a termesztett növények károsodásával, mig ellenkező esetben bizonyos stimuláló hatással lehet számolni. Ez utóbbi esetben azonban a kivánatos herbicid hatás már mérséklődik, ezért a fokozódó gyomosodás okozhat terméscsökkenést.



Herbicidek hatásának általános ábrázolása Linser /1976/ szerint.

Különböző herbicidek ionfelvételre gyakorolt hatását vizsgálva mi is azt tapasztaltuk, hogy míg alacsony koncentrációk /10^{-6}-10^{-7} M/ többnyire kismértékben kedvező, addig a magasabb koncentrációk /10^{-3}-10^{-4} M/ gátló hatásuak. Bár a hatóanyag mindenkori koncentrációja kétségtelenül döntő módon befolyásolja a herbicidek hatását, mindazonáltal egyes környezeti tényezők a fitotoxicitást jelentősen módosithatják.

A kérdés vizsgálatára - izotóptechnika felhasználásával - mi is fokozott figyelmet forditottunk. Elsősorban a pH szerepével foglalkoztunk, többek között azért is, mivel termesztett növényeink - nem utolsó sorban a kemizálás /mütrágyázás/ következtében - meglehetősen változó pH-hatásoknak vannak kitéve.

Összesitett eredményeket bemutató táblázatunk adataiból megállapitható, hogy az általános növekedészavarokat előidéző auxin hatásu 2,4-D herbicid felvétele és ennek eredményeképpen fitotoxikus hatása alacsony pH-nál szembetünően fokozódik. Hasonló kisérleti körülmények között a nem auxin tipusu /fotoszintézist gátló/ atrazin felvétele és fiziológiai hatása nem változik, sőt magasabb koncentrációk alkalmazásakor ugy az ionfelvételben, mint az ásványi anyag tartalomban kedvező effektusok tapasztalhatók.

A pH HATÁSA KULONBOZÓ IONOK ÉS HERBICIDEK FELVÉTELÉRE

/A kukorica gyökerek N, P és K felvételét a kezeletlen kontroll %-ban kozoljuk/

pH	N		P		K		μM ^{14}C-herbicid/g szárazsúly	
	2,4-D	ATRAZIN	2,4-D	ATRAZIN	2,4-D	ATRAZIN	2,4-D	ATRAZIN
4	40	119	78	131	57	105	3,7	2,5
7	96	131	94	158	97	127	0,2	3,1

Összefoglalva eredményeinket megállapitható, hogy az un. auxin /hormon/ hatásu herbicidek felvétele és fiziológiai hatása kritikusan függ a pH-tól. Igy azok helyes alkalmazásánál a mindenkori talaj kémiai tulajdonságait is szem előtt kell tartani. Nem auxin tipusu vegyszeres gyomirtók herbicid- ill. fiziológiai hatását a pH változása különösebben nem befolyásolja. Éppen ezért az ilyen vegyületek, még szélsőségesebb kémhatásu talajok előfordulása esetén is, nagyobb biztonsággal alkalmazhatók.

NÖVÉNYI TÁPANYAGFELVÉTELI RENDSZEREK VIZSGÁLATA

Bujtás Klára
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete

Mezőgazdasági termelésünk növelése nem képzelhető el agrokémiai ismereteink fejlődése nélkül. Ehhez fokozottabban kell kutatnunk a talaj-növény rendszerben lejátszódó folyamatokat. A továbblépés egyik feltétele, hogy a növényi tápanyagfelvételt az alapkutatás szintjén is egyre jobban megismerjük. Az utóbbi évek irodalmi adatai alapján ugy látszik, hogy a növények tápanyagfelvételében központi szerepe van a növényi sejt külső membránjában, a plazmalemmában elhelyezkedő elektrogén H^+-pumpának, illetve az ehhez kapcsolt K^+-felvételi rendszernek. Ennek a müködéséhez kapcsolódik/-hat/ egyéb kationok /többértékü fémionok - mikroelemek illetve nehézfémek, pl. Ni^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}/ és anionok felvétele is. A K^+-felvétel mechanizmusáról nagyon sok részadat van az irodalomban, a kutatás további iránya elsősorban a folyamat szabályozottságának /belső és környezeti tényezők/ vizsgálata, illetve más ionok felvételével való összefüggésének, kölcsönhatásának tanulmányozása.

A mikroelemek és nehézfémek felvétele ennél sokkal kevésbé ismert, a legtöbb esetben még a felvételi mechanizmus alapjai sem tisztázottak. Ezt a technikai nehézségeken kivül sokszor a kérdés hibás megközelitése okozza.

A többértékü fémek felvételi mechanizmusának vizsgálatához csak olyan koncentrációban használhatjuk az illető elemet, amely még nem kárositja az életfolyamatokat. Toxikus koncentrációk hatásának méréséből nem következtethetünk általánosságban a felvétel mechanizmusára. Ezért még a radioaktiv nyomjelzés használatakor is technikai nehézséget jelent, hogy olyan kis koncentrációkat kell alkalmazni, amelyekben a többértékü fémionok kötődése a különböző felületeken /laboratóriumi edény, növényi sejtfal, stb./ erősen meghamisithatja az általunk ismertnek vélt koncentrációviszonyokat.

Az MTA TAKI Központi Izotóplaboratóriumában 2 irányban végzünk növényi tápanyagfelvételi vizsgálatokat. Mérjük esszenciális mikroelemek /Cu, Fe/ illetve környezetszennyező, toxikus nehézfémek /Cr, Cd, Hg/ felvételét és transzlokációját a hajtásba; és kutatjuk a fenti ionok hatását a K^+-felvételre, illetve magára a K^+-felvételi rendszerre. A kisérletekben Cr-51, Cu-64, Rb-86, Cd-115 izotópokat használtunk, Fe-59 és Hg-203 alkalmazását tervezzük. Ezeket az izotópokat nyomjelzőként használjuk a megfelelő mennyiségü inaktiv komponens mellett. A kisérletek egy részét kettős jelöléssel végezhetjük, a Cu-64 felezési ideje alapján, a Cr-51 és Cd-115 energiája alapján különithető el a Rb-86-tól.

Kisérleteinket vizkulturában nevelt növényekkel végezzük, mert csak igy tudjuk mérni a gyökérbe felvett ionok mennyiségét.

A külső tényezők hatását is modellezni tudjuk, külön-külön vizsgálva az egyes tényezőket /koncentrációviszonyok, több ion kölcsönhatása, pH, Ca-hatás, komplexképző szerves vegyületek pl. aminosavszármazékok, huminsavak jelenléte, stb./. Eredményeinkből néhány példát mutatunk be.

A Cr/III/ felvételével kapcsolatban csak szórványos irodalmi adatokra támaszkodhattunk. Ezért méréseinkhez olyan Cr-koncentrációt választottunk, mely kisérleti növényünk /GK Szeged őszi buza/ növekedését 7 napos kezelés során sem gátolta. Mértük, hogy a radioaktiv felvételi periódus után mennyi ideig kell inaktiv Cr-oldattal mosni a gyökereket, hogy eltávolitsuk a szabad helyre /sejtfal kationcserélő kapacitása/ adszorbeált Cr-ot. Ennek alapján további kisérleteinkben 3o perces inaktiv mosást alkalmaztunk.

A növények tápanyagellátottsága és Cr-felvétele között összefüggést keresve kiderült, hogy a Cr-abszorpció változik a jelenlévő tápoldat koncentrációjának függvényében. Ennek valószinüleg az oldatban végbemenő komplexképzés az oka. Ezt azonban ilyen alacsony koncentráción nagyon nehéz kimérni. Mértük a Cr-mal egyidejüleg adott különböző komplexképzők /L-aszkorbinsav, N-foszfonometil-szarkozin - FMSz, etilén-diamin-tetraecetsav - EDTA /hatását is. Ezek a vegyületek -feltételezésünk szerint komplexképzésük erősségével arányosan - csökkentették a Cr-abszorpciót. Cr-EDTA komplexből gyakorlatilag nincs Cr-felvétel, a vegyület komplexként sem jut be a növénybe/FeEDTA pl. állitólag bejut/.

Egy ion felvételére következtethetünk a növényben mérhető biológiai hatásból is. Rézzel - a technikai nehézségek miatt - elsősorban ilyen vizsgálatokat végeztünk: részletesen tanulmányoztuk a Cu^{2+} hatását a gyökér K^+-felvételére, remélve, hogy ebből információt kapunk magára a Cu felvételére is.

A K^+-felvételi periódus előtt különböző ideig /1o-18o perc/ végzett Cu-előkezelés gátolta a gyökér K^+-felvételét, a gátlás a Cu-koncentrációval nőtt, időben pedig 3 lineáris szakaszra bontható görbét adott. A 3 szakasznak a Cu^{2+}-ionok 3 különböző helyre kötődése felelhet meg. Pusztán ilyen kinetikai módszerekkel azonban nem tudjuk eldönteni, hogy ez a 3 hely minek felel meg az élő rendszerben/membránnal elválasztott kompartmentek vagy csupán pl. a K^+-szállitó 3 különböző affinitásu csoportja/?

Vizsgáltuk a K^+-felvétel Cu-gátlásának feloldhatóságát is komplexképzőkkel /FMSZ, EDTA/, amelyeket vagy a Cu-zel együtt a K^+-felvétel előtt, vagy a Cu-kezelés és a K^+-felvétel között adtunk. A kétféle kisérletből következtethetünk a Cu-előkezelés ideje alatt felvett Cu mobilizálhatóságára.

Rendkivül érdekesnek tartjuk azokat a kisérleteket, amelyekben a többértékü fémionok hatását mérjük a K^+mozgására, transzlokációjára a növényben. A K^+-transzlokációt befolyásoló tényezőknek a vizsgálatából alapkutatás szinten is fontos eredmények származhatnak.

A TALAJBA KERÜLT FOSZFORMŰTRÁGYA FELVEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA ^{32}IZOTÓP SEGITSÉGÉVEL

[x]Füleky György, [x]Osztoics Andrásné és [xx]Papné Kránitz Erzsébet

[x]MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

[xx]Keszthelyi Agrártudományi Egyetem Izotóplaboratóriuma,Mosonmagyaróvár

Napjainkban az energia és a mütrágya alapanyagárak jelentős megnövekedése következtében nem mindegy, hogy a talajba került mütrágya hatóanyaga milyen mértékben marad a növények számára hozzáférhető állapotban.

Munkánkban a talajba került foszformütrágya felvehetőségét a legilletékesebb mérőeszköz, a növény segitségével határoztuk meg, ^{32}P izotóp felhasználásával. Vizsgálataink során két talajjal dolgoztunk: a Mosonmagyaróvárról származó karbonátos öntéstalajjal, amelynek pH/H_2O/-ja 7,2, $NaHCO_3$-oldható, foszfortartalma 6 mg P/1000 g talaj; illetve a Hosszuhátról származó réti talajjal, amelynek pH/H_2O/-ja 6,0, $NaHCO_3$ oldható foszfortartalma 22 mg P/1000 g talaj volt. A tenyészedénykisérletben használt növény az angolperje /Lolium perenne L./ volt, melyet több alkalommal, általában 3 hetente vágtunk és a hajtás foszfortartalmát illetve a ^{32}P aktivitását használtuk a talajban lévő foszfor felvehetőségének a jelzésére. Foszfortrágyázáskor 120 mg P/tenyészedény szuperfoszfát adagot alkalmaztunk. A talajba adott jelzett ^{32}P aktivitása kb. 10 µC/tenyészedény volt. A tenyészedények térfogata 1 liter volt, melyet talajjal vagy talaj és homok különböző arányu keverékével töltöttünk meg.

Növénnyel végzett kisérleteink értékelése során az alábbi törvényszerüségeket feltételeztük:

- a növény nem tesz különbséget a sugárzó és a stabilis foszforizotóp között a tápanyagfelvétel során,
- a talajba vitt sugárzó foszfor atomok egyenletesen oszlanak el a talaj felvehető foszfortartalmában,
- a növény a foszfort egy adott felvehető foszfortartalmu talajból állandó fajlagos aktivitással veszi fel.

Az un. L érték meghatározása során növény segitségével határoztuk meg a talajba juttatott sugárzó foszforatomok higitásában részt vevő talajfoszfor mennyiségét, mely utóbbi érték éppen a talaj felvehető foszforkészletét képezi:

$$L = P_{talaj} = \left(\frac{\text{a mütrágya P tartalmának fajlagos aktivitása}}{\text{a növény P tartalmának fajlagos aktivitása}} - 1\right) \cdot P_{\text{mütrágya}}$$

ahol: - a mütrágyával a talajba juttatott foszfor fajlagos aktivitása=

$$\frac{^{32}P \text{ a talajba juttatott aktivitás}}{P_{\text{mütrágya mennyisége}}}$$

- a növény Ptartalmának fajlagos aktivitása =

$$\frac{^{32}P \text{ a talajba juttatott aktivitása}}{P_{\text{mütrágya}} + P_{\text{talaj}} \text{ mennyisége}}$$

A fenti összefüggések alapján további következtetéseket vonhatunk le: a talaj felvehető foszfortartalmának növekedése - például foszformütrágyázással - egyfelől csökkenti a növénybe került foszfor fajlagos aktivitását, másfelől viszont növeli a növény foszfor tartalmát és ezzel együtt a sugárzó ^{32}P atomok mennyiségét is. A növény segitségével nyert aktivitásra vonatkozó vizsgálati eredmények igy magukban hordozzák e két egymással szemben érvényesülő tendencia hatását.

A talaj L érték segitségvel meghatározott felvehető foszforkészlete a tenyészedényben lévő talaj tömegétől függő érték. A kisérletben szereplő mosonmagyaróvári talaj esetében 1000 g talajon mérve 120 mg P/1000 g talaj, 500 g talaj + 500 g homokon mérve 172 mg P/1000 g talaj, 250 g talaj + 750 g homokon mérve 215 mg P/1000 g talaj volt az értéke. Ebből következik, hogy az L érték segitségével meghatározott felvehető foszforkészlet nagyságát az összehasonlithatóság érdekében mindig azonos talaj/homok arány mellett kell meghatározni.

Az angolperje hajtásának hamujából meghatározott egységnyi növényi szárazanyagban lévő aktivitás összes talajba adott aktivitáshoz viszonyitott %-os értéke /táblázat/ is jelzi a tenyészedényben lévő talaj tömege illetve a talaj foszforral történő trágyázásának hatását.

	Mosonmagyaróvár				
P-trágyázás	1000g talaj 0g homok	750g talaj 250g homok	500g talaj 500g homok	250g talaj 750g homok	0 g talaj 1000 g homok
P_0	0,56%	0,82%	0,89%	1,23%	3,44%
P_{120}	1,05%	1,29%	2,18%	2,89%	5,01%

A növényi aktivitás összes aktivitás %-ában kifejezett értéke relativ érték, nagysága nem függ a különböző időpontokban beállitott tenyészedényekben mért aktivitás értékektől.

Az angolperje első vágásának hajtását vizsgálva a 120mg P/1000 g talaj adagu szuperfoszfát mütrágyával trágyázott mosonmagyaróvári és hosszuháti talajon az egységnyi növényi szárazanyagban lévő aktivitás összes talajba adott aktivitáshoz viszonyitott %-os értéke az érlelés időtartamának növekedtével csak kismértékben csökkent, jelezve, hogy a talajban lévő foszformütrágya hatóanyagának felvehetősége az érlelés 0-1/12-1-2 éve során csak kismértékben változik.

Talaj	Érlelés ideje, év			
	0	1/12	1	2
Mosonmagyaróvár	3,48%	2,86%	3,08%	3,01%
Hosszuhát	5,22%	5,52%	3,90%	3,59%

Emellett látható, hogy a mosonmagyaróvári talajon meghatározott %-os növényi aktivitás értékek minden esetben kisebbek voltak, mint a hosszuháti talaj megfelelő értékei - feltehetően a mosonmagyaróvári talaj kisebb felvehető foszforkészlete következtében - .

Összefoglalva elmondható, hogy a talajba juttatott aktivitás, valamint a növényekben mért aktivitás ismeretében következtetéseket vonhatunk le a talaj foszfortartalmára, valamint a talajba került foszformütrágya növények számára való felvehetőségére vonatkozóan.

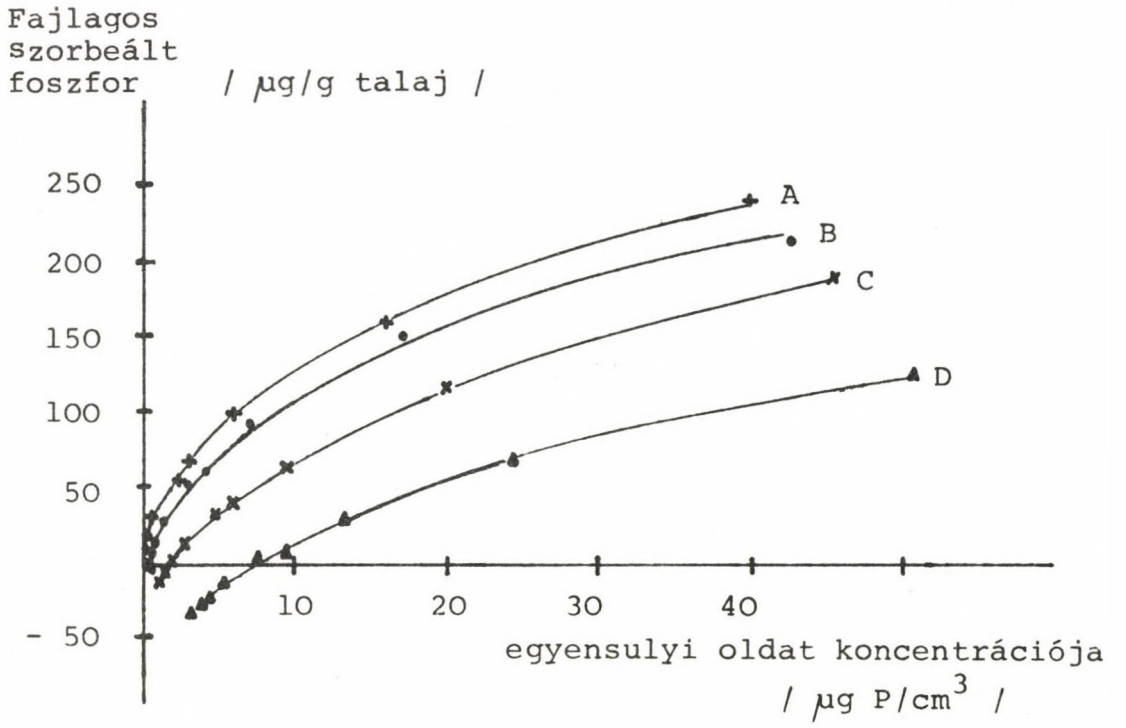
^{32}P IZOTÓP ALKALMAZÁSA A TALAJ FOSZFORSZORPCIÓS KÉPESSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSÁNÁL

Osztoics Andrásné - Füleky György
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete

Munkánk célja olyan szorpciós paraméterek keresése volt, melyek segitségével talajaink foszforszorpciós képessége - a talajban már eredetileg jelenlévő szorbeált foszfor mennyiségétől függetlenül - jól jellemezhető.

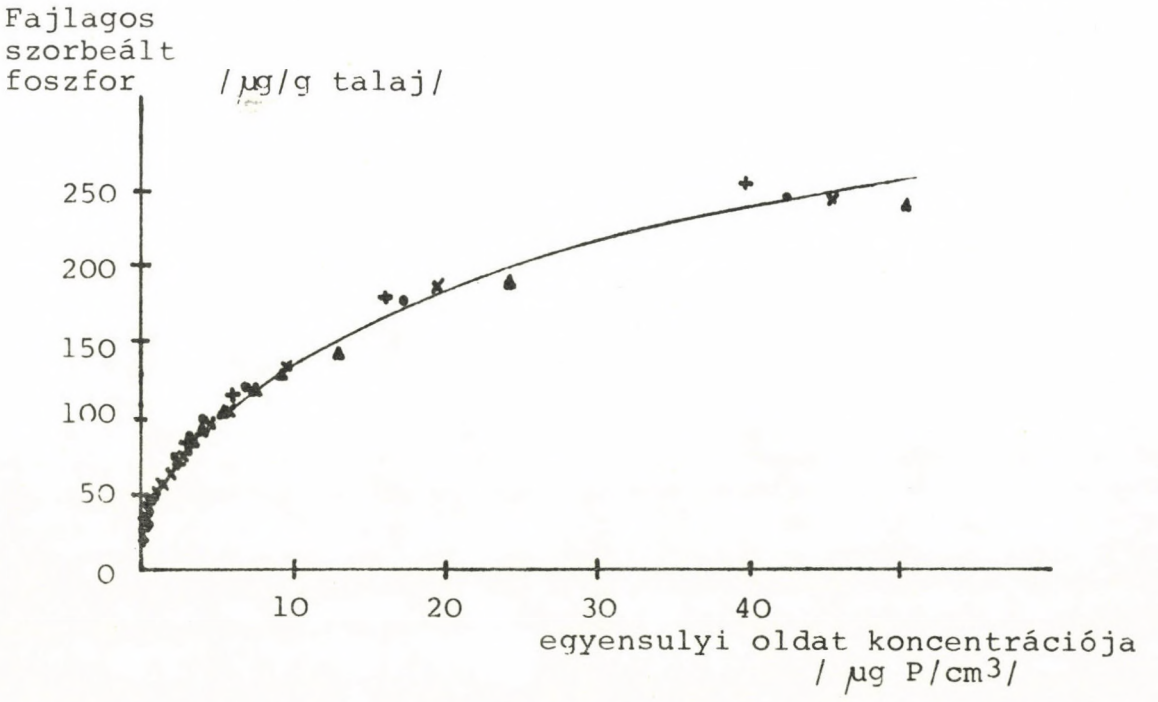
A szorpció leirására a leggyakrabban a Freundlich, a Langmuir, a Gunary és a két tagra bontott Langmuir összefüggést alkalmazzák.
Munkánk során megvizsgáltuk, hogy a nyirlugosi kovárványos barna erdőtalaj és az őrbottyáni csernozjom jellegü homoktalaj foszforszorpciójának leirására ezek az egyenletek miképpen alkalmazhatók. Az irodalomhoz hasonlóan mi is azt tapasztaltuk, hogy a szorpció leirására a két tagra bontott Langmuir összefüggés a legmegfelelőbb.
Munkánk további részében egy csernozjom talaj különböző mértékben foszformütrágyázott mintáinak foszforszorpcióját vizsgáltuk. A foszformütrágyázás mértékétől - tehát a mütrágyázott talaj foszfortartalmától - függő szorpciós izotermákat kaptunk. Az izoterma paraméterek igy csak egy adott foszfortartalmu talaj foszforszorpciójára jellemzőek /1. ábra/.

Megvizsgáltuk, hogy miképpen vehető tekintetbe a szorpciós vizsgálatok során a talajban már eredetileg jelenlévő foszfortartalom. Ezt izotópcserével határoztuk meg /Paneth módszer/.
A különböző mütrágyázási szinteken izotópcserével meghatározott foszfortartalmat ugy tekintettük, mint a talajban eredetileg jelenlévő szorbeált foszformennyiséget, mely szintén résztvesz a megoszlási folyamatban, a szorpciós egyensuly kialakitásában.
Ezáltal a különböző mértékben foszformütrágyázott talajok foszforszorpciója egyetlen szorpciós izotermával is leirható lett /2. ábra/. A szorpció leirására a két tagra bontott Langmuir összefüggést alkalmaztuk.
Eredményeink alapján megállapitható, hogy a talajok izotópcserével meghatározott foszfortartalmának figyelembevétele lehetővé teszi a különböző mértékben foszformütrágyázott talajok szorpciós képességének a talajok eredeti szorbeált foszfortartalmától független jellemzését. Ennek alapján a szorpciót leiró összefüggés paraméterei segitségével különböző talajok foszforszorpciós képességeit összehasonlithatjuk.



1. ábra Az orosházi csernozjom talaj különböző mértékben foszformütrágyázott talajmintáinak foszforszorpciója

Mütrágyázási szintek: / mg P/kg talaj / A=Ø;
B=40;
C=160;
D=320;



2. ábra Az orosházi csernozjom talaj különböző mértékben mütrágyázott talajmintáinak foszforszorpciója az izotópcserével meghatározott foszfortartalom figyelembevételével

A FOSZFOR ÉS NITROGÉNMŰTRÁGYÁK ÉRTÉKESÜLÉSÉNEK VIZSGÁLATA ^{32}P ÉS ^{15}N IZOTÓPPAL

Dombvári János és Kiss A. Sándor
Öntözési Kutató Intézet Borsodi Vegyi Kombinát
Szarvas Kazincbarcika

A műtrágyák hatóanyagának érvényesülését a termés mennyiségének növekedésével szokták jellemezni. A termésnövekedés - bár a termelő számára ez a legfontosabb - nem nyújt felvilágosítást arra, hogy az egyes tápelemek hányad része származik a talaj eredeti tápanyagkészletéből és mennyi a műtrágyából. A műtrágyából származó tápelem mennyiségének és így hasznosulásának meghatározása csak az izotóptechnika segítségével lehetséges. Kisérleteinkben vizsgáltuk a műtrágya foszfortartalmának érvényesülését különböző talajok és növényfajok esetében, míg a nitrogén hatékonyságát őszi búzánál dózis és alkalmazási idő függvényében állapítottuk meg. Dolgozatunkban a kisérletek eredményéről számolunk be.

Anyag és módszer

A nitrogénműtrágyás kisérleteinket Bezosztája-1 őszi búzával kisparcellás méretben, négyszeres ismétléssel végeztük. A parcellák talaja felvehető nitrogénben szegény és AL-PK-val jól ellátott réti talaj volt. Nitrogénműtrágyául karbamidot használtunk, amelyhez 2 % koncentrációban 15N stabil nitrogénnel jelzett karbamidot adtunk. A területet vetés előtt 75 kg P_2O_5/ha és 60 kg K_2O/ha hatóanyagú szuperfoszfáttal, illetve 40 %-os kálisóval trágyáztuk. A kisérletben a növény számára kedvező talajnedvességet öntözéssel biztosítottuk.

A műtrágya nitrogénhasznosulásának vizsgálatához a termés (szem és szalma) mennyisége mellett mértük a szem, illetve a növény nitrogéntartalmát. Az összes nitrogént mikro Kjeldahl módszerrel határoztuk meg. A műtrágyából származó nitrogént a 15N izotóptartalom alapján állapítottuk meg. A 15N mennyiségét NO 1-5 típusú 15N analizátorral, illetve a Nemzetközi Atomenergia Ügynökségen tömegspektrométerrel mértük. Ehhez a szilárd növényi mintát a szokásos kalcium- és rézoxidos égetéssel készítettük elő.

A foszforműtrágya érvényesülését 2 kg-os tenyészedénybe vetett növényekkel vizsgáltuk. Minden esetben azonos mennyiségű szuperfoszfát műtrágyát használtunk és izotóp foszforu kálium-dihidrogén-foszfáttal ($KH_2{}^{32}PO_4$) jeleztük, melynek fajlagos aktivitása 3,7 MBq volt. A növények összes foszfortartalmát molibdénkékké való alakítás után Spektronom 204 típusú fotométerrel határoztuk meg. A foszfor-izotóp mennyisé-

gét végablakos GM-csővel és NK-350 számlálóval mértük.

A talajok típusai: réti talaj, szikes, javított szikes, és csernozjom voltak. Jelzőnövényként kukorica, cirok, rizs és lucerna szolgáltak.

A foszforkezelés mellett esetenként nitrogénműtrágyázást (100 kg N/ha) és meszezést (1,5 t/ha $CaCO_3$, illetve 5,0 t/ha $CaCO_3$) is alkalmaztunk, összehasonlításul a csak foszforműtrágyázással.

Eredmények:

A nitrogénműtrágyázási kisérleteknél azt a megállapítást tettük, hogy a 180 kg N/ha műtrágyadózis egyszeri, vagy megosztott kiadása bár szignifikánsan nem, de tendenciájában mégis befolyásolta a szemtermés alakulását. A 120 kg N/ha nitrogéndózisnál szembetűnő, hogy a megosztva kiadott műtrágya hatékonysága csökkent.

A 15N jelzett vizsgálatok alapján azt találtuk, hogy a megosztva kiadott 120 és 180 kg N/ha nagyobb szerepet játszott a növény nitrogénfelvételében, mint az egyszerre, a vetés előtt végzett műtrágyázás.

A foszforműtrágya réti talajon jobban értékesült mint a csernozjomon vagy a szikesen. A nitrogénadagolás minden esetben növelte a foszfor érvényesülését. A kisadagú mész ($CaCO_3$) általában kedvezett a foszforfelvételnek, de a nagyadag csökkentő hatású volt. Ez utóbbit a mész és foszfor kölcsönhatásával magyarázzuk, mikoris nehezen oldódó kalciumfoszfátok keletkeznek.

A szakemberek egy részének az a véleménye, hogy a növény elsődleges foszforforrása a talaj kicserélhető foszfortartalma, az un. izotóposan "hígítható" foszfor. E folyamatban a talajhoz adott 32P izotóp csereakció útján helyet cserél a talajrészecske felületén adszorbeált PO_4 ionnal. Vizsgáltuk a csernozjom talaj izotóposan kicserélhető foszfortartalmának meghatározási idejét, amit 48 órának találtunk. Egyben az így felvehetőnek ítélt foszfortartalmat is mértük.

Összefoglalóan a következőket állapítjuk meg:

1. Búzánál a megoszva adott nitrogéntrágya jobban értékesült, mint az egyszerre kijuttatott mennyiség. A megosztott kezelés nemcsak a termés mennyiségét, hanem beltartalmát is növelte.
2. A műtrágya nitrogén hasznosulását dózis és megosztás függvényében 33-53 % közöttinek találtuk, ami jó egyezést mutat az irodalmi 40-50 %-kal. A megosztva adott, illetve a kisebb dózisoknál volt jobb a hasznosulás.
3. A foszforműtrágya hasznosulása talaj és növényfüggő. Függ a foszfor érvényesülése a talaj mésztartalmától (meszezés) és a nitrogénműtrágyázástól is. A kisadagú meszezés fokozta, a nagyadagú csökkentette a hatást. A nitrogén minden esetben növelte a foszfor értékesülését.
4. A talaj izotóposan kicserélhető foszfortartalmának meghatározása egy új lehetőség a felvehető foszfor megállapítására.

TÁPANYAGOK MOZGÁSA TALAJOKBAN

Varró Tibor

Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóp Laboratóriuma,
Debrecen

A növények termelési folyamatába elsősorban a talaj fizikai, kémiai és biológiai paraméterein keresztül lehet és kell beavatkoznunk. A beavatkozás csak akkor lehet hatékony, ha számszerűen ismerjük ezeket a paramétereket. Jelenleg a paraméterek nagy többségéről csak kvalitatív információink vannak.

A tápanyagok talajban végbemenő mozgásáról is kevés számadat áll rendelkezésünkre. Jóllehet a növények mindenkori tápanyagellátottsága döntően függ a talaj tápanyagszállító képességétől, a diffúziótól és a tömegáramlás sebességétől.

A talajokban végbemenő tápanyagtranszport mezőgazdasági jelentősége közismert, de kísérleti vizsgálata az eddig alkalmazott módszerekkel nehézkes és hosszadalmas. Az alkalmazott módszerek kísérletileg nehezen kivitelezhetőek, időigényesek, egy-egy méréshez gyakran 1 - 5 év szükséges. Ez az oka, hogy viszonylag kevés számadat áll rendelkezésünkre. Pedig a mezőgazdaság, a mai fejlettségi szintjén, már igényli ezeket az adatokat.

A tápanyagok mozgásának mérésére olyan eljárást és mérőkészüléket fejlesztettünk ki, amely alkalmas a tápanyagok talajban végbemenő mozgásának nyomonkövetésére, a transzportfolyamat kinetikai paramétereinek (diffúziós együttható, aktiválási energia) meghatározására.

A mérés elve a radioaktív sugárzás abszorpcióján alapul. Ezt a módszert Hevesy és Seith használta először 1929-ben a fémekben lejátszódó transzportfolyamatok tanulmányozá-

sára.

A méréstechnikát továbbfejlesztettük és alkalmassá tettük a termőtalajokban végbemenő tápanyagmozgások mérésére.

A mérési eljárás lehetővé teszi a legfontosabb tápanyagok és mikrotápanyagok (K, P, Ca, Fe, Zn, Mn, Cu, Co .....) mozgásának mérését. Meghatározható termőtalajokban a tápanyagok effektív diffúziós együtthatója, kötéserőssége, koncentrációeloszlása. Számszerű információt ad arról, hogyan befolyásolhatjuk a talajokban végbemenő tápanyagmozgást talajmegmunkálással, talajjavító adalékokkal, komplexképző kompozíciókkal.

A mérési eljárás igen érzékeny. Abban az esetben is mérhető a tápanyag transzportja, ha az elmozdulás néhány mikrométer egy nap alatt. A mérések gyorsan elvégezhetőek, jól reprodukálható eredményeket adnak. Lehetővé teszi a tápanyagok mozgására jellemző diffúziós együttható meghatározását 10^{-9} - 10^{-17} m^2 s^{-1} tartományban. A diffúziós együttható meghatározásának hibája 20-30 %.

^{14}C IZOTÓPPAL JELZETT KARBAMID LEVÉLEN ÉS GYÖKÉREN KERESZTÜLI FELVÉTELÉNEK, HASZNOSULÁSÁNAK VIZSGÁLATA

GATE Központi Laboratórium

Benedekné, Lázár M. - Bárdos Judit

Mint ismeretes, a karbamidot talaj- és levéltrágyaként széles körben alkalmazzák a gyakorlati növénytermesztésben. Kísérleteink célja volt megállapitani, hogy a különböző korú kukorica és bab növények milyen formában és mértékben veszik fel a ^{14}C-gyel jelzett karbamidot, továbbá, hogy milyen gyorsan hidrolizálódik és épül be a szerves vegyületekbe.

A jelzett karbamid levélen keresztüli felvételének többféle útja lehetséges: karbamid vagy CO_2 ill. NH_3 formájában, amennyiben már a levél felületén hidrolizálódik. Az utóbbi esetben számitásba jöhet a sztómákon keresztüli felvétel is, amely sokkal gyorsabb, mint a kutikulán való átjutás. Kísérleti adataink is ezt igazolják. A karbamid lebomlásának kimutatására zárt térben tartottunk kukorica és bab növényeket különböző ideig, miután a levelekre jelzett karbamidot vittünk fel. A keletkezett $^{14}CO_2$-ot $Ba(OH)_2$-ban elnyeletttük, majd radioaktivitását NZR 601 tip. lágy-béta sugárzásmérő müszerrel mértük. Az adatokból kitünik, hogy a levélre adagolt karbamidból származó $^{14}CO_2$ kimutatható volt már 10 perc mulva mind a 4 leveles kukorica, mind a 3 leveles bab növény esetében.

A továbbiakban megvizsgáltuk, hogy a jelzett karbamid milyen gyorsan transzlokálódott a növény különböző szerveibe. Megállapitottuk, hogy a fiatal kukorica leveléből jelentős mennyiségü jelzett anyag jutott el a szárba és a gyökérbe a kezelést követően fél óra mulva, ami tovább fokozódott egy ill. két órás expoziciós idő alatt. Hasonló korú bab növényeknél szintén kimutatható volt a szárban és a gyökérben a ^{14}C, azonban sokkal kisebb mennyiségben, mint a kukoricánál. Az idősebb kukorica és bab növényekben a felvétel és a transzlokáció jelentősen csökkent.

Összehasonlitást végeztünk, hogy levélen és a gyökéren keresztüli jelzett karbamid felvétel esetén mennyi ^{14}C épül be a növényi szervekbe. A vizsgálati adatok azt mutatják, hogy a gyökérre adagolt jelzett karbamid transzlokálódása a szár és a levél részekben már a kezelést követő fél- egy óra mulva kimutatható volt. A levelekből a gyökérbe történő transzlokáció idősebb növényeknél forditott tendenciát mutatott, ami arra utal, hogy a karbamid mindig a gyorsabban növekvő szervek felé transzlokálódik.

Végül kromatográfiás módszerrel meghatároztuk a jelzett C beépülését a szerves vegyületekbe. Mind a levélre, mind a gyökérre adagolt karbamid esetében kimutatható volt a radioaktivitás az aminosavakban a kezelés után egy óra mulva. Nagyobb aktivitást a lizin és aszparaginsav mutatott.

A GAMMA SUGÁRZÁS ÉS A KLÓRAMINO-TRIAZINOK HATÁSA A KUKORICALEVÉL ^{32}P ÉS ^{65}Zn FELVÉTELÉRE

Dr. Krakkai István - Bárdos Judit

GATE Központi Laboratórium

Kisérleteinkben /I/ megvizsgáltuk a gamma sugárzás stimulációs hatását a kukorica tápanyagfelvételére, terméshozamára és beltartalmi értékére.

Megállapitottuk, hogy a 10 Gy magbesugárzás keléstől számitva mintegy három hétig fokozta a tápanyag felvételét mind a gyökéren, mind a levélen keresztül. A besugárzás hatására a jelzett foszfor transzlokálódása egyenletesebb volt, mintha "áteresztőbb" lenne a szállitószövet. A termés 8-11 %-kal növekedett a kontrollhoz viszonyitva. Egyes kisérletekben a terméstöbblet nem volt szignifikánsan kimutatható. A termés beltartalmi értékét a sugárhatás nem változtatta meg.

Megállapitottuk továbbá /II/, hogy a klóraminotriazin származékok /Atrazin, Satecid/ kukoricában keletkező bomlástermékei /metabolitjai/ ugyancsak stimulativ hatást okoznak, amely végig megmarad a vegetáció során, amint azt a levélen át adagolt P-32 felvétele valamint a nitrát-reduktáz enzim aktivitásának mintegy 3-5 %-os növekedése is igazolta. A kukorica termése a gyomirtószerek hatására mintegy 11-15 %-kal növekedett.

A termés N-tartalma 29, P tartalma 28, K tartalma 37 %-kal növekedett. A három éven keresztül végzett vizsgálatok kisérleti adatai szignifikáns különbségeket mutatnak.

A kisérleti adataink alapján a gyakorlat számára ajánljuk a gamma sugárzásos kezelést, valamint a triazin származékok gyomirtószerként való alkalmazását, mint jelentős stimulációs hatást biztositó tényezőket a kukoricatermesztésben.

NÖVÉNYI ÉS ÁLLATI SZERVEZETEK DISZKRIMINÁCIÓS KÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA EGYES RADIONUKLIDOKRA

Szabó S. András

MÉM Szakoktatási és Kutatási Főosztály,1055 Bp.Kossuth tér 11.

A bioszféra tartós radioaktiv kontaminációja döntő részben a stroncium és a cézium radioaktiv izotópjainak jelenlétére vezethető vissza. A talajból a növénybe, illetve a növényből az állati szervezetbe irányuló anyagtranszportot tekintve - fiziológiai, radioökológiai szempontból - nagyon lényeges az un. diszkriminációs faktorok ismerete. A diszkriminációs faktorok ismeretében megbecsülhető a biológiai lánc egyes elemeiből a lánc következő elemeibe jutó aktivitás mértéke.

A növény: talaj diszkriminációs faktorok értéke /csak talajból történő felvétel esetén/ méréseink szerint a vizsgált növényekre /sóska, paraj, saláta, bab, buza, kukorica, lucerna/ a következő:

$$D_{Sr} = \frac{\text{Sr/Ca a növényben}}{\text{Sr/Ca a talajban}} = \frac{^{90}\text{Sr/Ca a növényben}}{^{90}\text{Sr/Ca a talajban}} = 0{,}92 \pm 0{,}24$$

$$D_{Cs} = \frac{\text{Cs/K a növényben}}{\text{Cs/K a talajban}} = \frac{^{137}\text{Cs/K a növényben}}{^{137}\text{Cs/K a talajban}} = 0{,}014 \pm 0{,}006$$

Az állat : növény, illetve állat : takarmány diszkriminációs faktorok értéke vizsgálataink szerint szarvasmarhára vonatkozóan a következő:

$$D_{Sr} = \frac{Sr/Ca \text{ az állatban}}{Sr/Ca \text{ a növényben}} = \frac{^{90}Sr/Ca \text{ az állatban}}{^{90}Sr/Ca \text{ a növényben}} = 0,103 \pm 0,019$$

$$D_{Cs} = \frac{Cs/K \text{ az állatban}}{Cs/K \text{ a növényben}} = \frac{^{137}Cs/K \text{ az állatban}}{^{137}Cs/K \text{ a növényben}} = 0,90 \pm 0,40$$

Irodalom

1. Szabolcs L, Szabó A, Bende E.: Főzeléknövények és takarmányok radioaktivitásának alakulása Győr-Sopron megyében. Agrokémia és Talajtan, 23/3-4/, 361-375, 1974.
2. Szabó A, Bende E.: A radioaktiv szennyezettség alakulása a talaj-növény rendszerben. Növénytermelés, 24/1/, 21-26, 1975.
3. Szabó A, Bende E.: A sugárszennyezettség alakulása a takarmány-állat rendszerben. Állattenyésztés, 24, 163-167, 1975.
4. Szabó A, Bende E.: Adatok az állati szervezetek ^{90}Sr-ra vonatkozó diszkrimináló képességéről. Magyar Állatorvosok Lapja. 32/8/, 493-495, 1976.
5. Szabó A, Mezei I.: Adatok a tej és a takarmány radioaktiv kontaminációja közötti összefüggésről. Állattenyésztés, 26/5/, 455-460, 1977.
6. Szabó S.A.: Adatok a szarvasmarha szervezetének - a tej radioaktiv szennyezettségét befolyásoló - ^{137}Cs iránti diszkrimináló képességéhez. Magyar Állatorvosok Lapja, 38/5/, 277-179, 1983.

ATOMKI Riport X/5 (1983) 128-129

A VETÉS ELŐTTI MAGBESUGÁRZÁS TERMÉS ÖSSZETEVŐKRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK ELŐREJELZÉSI LEHETŐSÉGE

PÁL ISTVÁN

GATE Növénytani és Növényélettani Tanszék

Korunkban, amikor a mezőgazdaságban a kémiai anyagok sokoldalu felhasználása a termés fokozása érdekében általánossá vált, felvetődik a kérdés, hogy lemondhatunk-e az olyan, ma még vitatott fizikai módszerek, kezelések gyakorlati felhasználásáról, amelyek segitségével a termés kedvező alakulását közvetlenül vagy közvetve szintén befolyásolhatjuk.

A GATE Növénytani és Növényélettani Tanszék Növényélettani Részlegén 1962 óra foglalkozunk az ionizáló sugárzás /gamma, röntgen, neutron/ növényekre gyakorolt hatásának vizsgálatával. Ismeretes, hogy a sugárforrás minőségétől, erősségétől, a kezelés körülményeitől függően a magvak vetés előtti sugárkezelése nyomán a kikelő növényekben serkentő vagy gátló hatások lépnek fel. A növekedés-fejlődés, az anyagcsere folyamatok serkentése vagy gátlása, a termés kedvező mennyiségi-minőségi megváltozását eredményezheti. Létrejöhetnek azonban olyan előnyös, a gazdasági cél elérését megkönnyitő egyéb közvetett változások is, amelyek fokozzák a növények ellenállóképességét a kedvezőtlen külső hatásokkal szemben, s amelyek közvetlenül vagy közvetve fokozzák a termés biztonságát. Egyre erősödik az a felismerés, hogy a növények növekedésének, fejlődésének tudatos irányitása fizikai vagy fizikai-kémiai kombinált kezelésekkel csak a növényélettani alapösszefüggések feltárásával érhető el. Kutató munkánk arra irányul, hogy az egyes növényfajok, fajták sugárérzékenységének, a kezelés optimális feltételeinek ismeretében olyan fiziológiai mutatókat dolgozzunk ki, amelyek lehetővé teszik a besugárzás következtében várható hatások előrejelzését.

Ilyen mutatóknak tekinthetők a magvak, termések tartalékanyagainak mobilizálódása, a lebontásban szereplő enzimek aktivitása, a csirázási erély, a csirázási százalék értéke.

Hasonlóképpen a csiranövények gyorsabb növekedése, a szervek /gyökér, hajtás, gyökér-hajtás, levél, szár stb./, friss- és száraz tömege, a szervek egymás közötti arányának változása. E tekintetben legkedvezőbbnek az a kezelés tekinthető, amely a csiranövények friss- és száraz tömegében ugyanazon idő alatt ugyanazon felnevelési körülmények között a növények tömegében többletet eredményez. Ide sorolhatók még a csirázás kezdetén és annak befejeződésekor mért légzésintenzitás, majd azt követően a levélfelület, az egységnyi levélfelületre jutó szinanyagok kedvező megváltozását jelző értékek.

A pozitiv hatások összevetése, értékelése alapján javasolható az optimális dózis érték, amellyel a vetés előtti kezelés elvégezhető.

A fiatal csiranövény korban megállapitott és fiziológiai mutatókkal jelzett változások realizálódása a termésben azonban számos, egyéb környezeti tényező módositó hatásától függ, amelyeknek vizsgálata hasonlóképpen indokolt. Terveink szerint a szántóföldi összehasonlitó kisérleti táblák adatfelvételezése, amely növényfajonként kezelt és kezeletlen növényállományok kelésére, a m^2-kénti növényszámra, a kezdeti növekedésére, kiegyenlitettségére, a növények fejlődésére /virágzás időpontja, virágok száma, termések mennyiségi-minőségi mutatói/ vonatkoznak, alapul szolgálhatnak a csiranövényeknél laboratóriumi körülmények között tapasztalt hatások realizálódásának nyomon követésére.

Mindezek együttesen járulhatnak hozzá a vetőmag vetés előtti besugárzásának széleskörü elterjesztéséhez. A gyors fajtaváltás, a kémiai anyagok /herbicidek, inszekticidek/ ujabb és ujabb változatainak szántóföldi felhasználása esetenként a fizikai és a kémiai kezelések együttes alkalmazását is indokoltá teheti.

GAMMA- ÉS NEUTRON BESUGÁRZÁS NÖVÉNYEKRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK ÖSSZEHASONLITÓ VIZSGÁLATA

Benedekné, Lázár M. - Kőrősi F. - Pál I.
GATE Növénytani és Növényélettani Tanszék

Gamma-besugárzásnak a növények növekedésére, fejlődésére és termésképzésére gyakorolt hatása többnyire ismert. A neutron besugárzás élettani hatása viszont még kevésbé tisztázott. Irodalmi adatok szerint a neutron besugárzás sokkal nagyobb mértékben hat az RNS-DNS struktúrára azáltal, hogy a besugárzás nyomán keletkezett radioaktiv anyagok által kibocsájtott sugárzások /α, β, γ/ sürübb ionizációt okoznak az élő szervezetben.

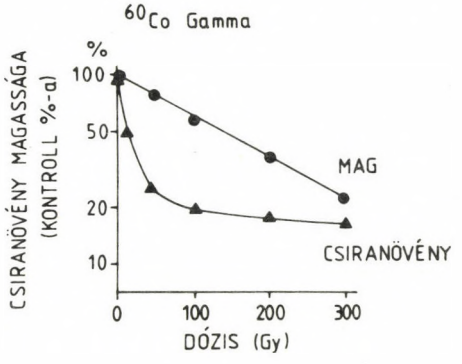
Összehasonlitó vizsgálatunkhoz "Tryton" borsó fajtát használtunk. A vetőmag gamma besugárzását Cs-137 /661,6 keV/ sugarforrással, 2,5-5-10-25 és 50 Gy dózisokkal, a neutron besugárzást megközelitően 0,25-0,50-1-2,5 és 5 Gy dózisokkal végezték. A növényeket klimaszobában, Knop-féle tápoldatban nevelték fel. Meghatároztuk a növényi szervek /gyökér, szár, levél, hüvely, mag/ friss- és száraztömegét. Az adatok azt bizonyitják, hogy a növények növekedésére a gamma- és neutron besugárzás hatása az alkalmazott dózisok esetében nagyon eltérő. Amig a gamma-besugárzás a növények növekedését szignifikánsan nem gátolta, sőt emelkedett a gyökerek friss tömege, valamint a hüvely és a magtermés friss- és száraztömege 5-10 és 25 Gy kezeléseknél, addig a neutron besugárzás jelentősen gátolta valamennyi szerv növekedését. Különösen szembetünő a gátlás 5 Gy dózis esetében.

A gamma besugárzasnal a legnagyobb mértékben a 25 Gy dózis növelte a borsómag tömegét. A minőségi mutatók /nyers-fehérje, makro- és mikroelem tartalom/ vizsgálata folyamatban van.

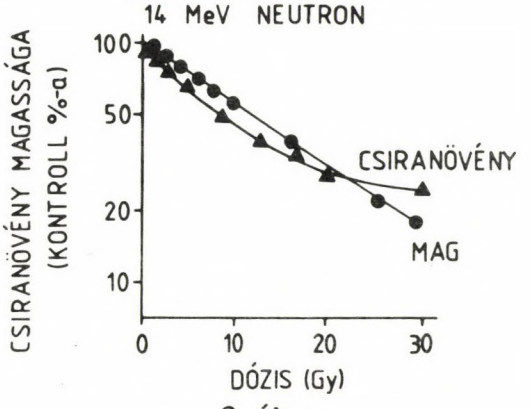
NEUTRON ÉS GAMMA SUGÁRZÁS HATÁSA A BORSÓ CSIRANÖVÉNY DEGRADATIV ENZIMEIRE

Bagi Gy. Hidvégi E. Bornemiszáné P.P.+ Véghné Cs. M.+
Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, +MTA Atommagkutató Intézet,Debrecen

Légszáraz borsó magvakat és négy napos csiranövényeket sugaraztunk be 0-300 Gy dózisu ^{60}Co gamma, ill. 14MeV neutron sugárral. Mértük a növekedés mértékét és az enzimaktivitás változásokat az egy hetes csiranövényen. Magvak gamma sugárzása esetén a csiranövény nagysága a dózis növekedésével lineárisan csökkent 300 Gy-ig, mig a csiranövény besugárzása után gyors csökkenést észleltünk 0-50 Gy között, majd további csökkenést 300 Gy-ig /1.ábra/. Magvak neutron besugárzására a csiranövény növekedése tizszer jobban gátlódott, mint gamma besugárzásra, mig a csiranövény besugárzása esetén a gátlás a másfélszerest sem érte el a gamma sugárzáshoz viszonyitva /2.ábra/.

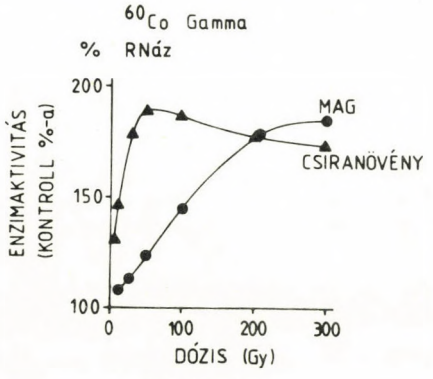


1.ábra

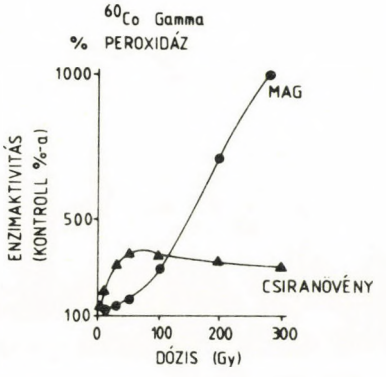


2.ábra

Korábban kimutattuk, hogy növények gamma sugárzása után a degradativ enzimek /pl. ribonukleáz/ aktivitása emelkedik, mig másoké /pl. RNS polimeráz/ csökken. Összehasonlitva az RNáz /3.ábra/ és peroxidáz /4.ábra/ enzimaktivitás változásai-

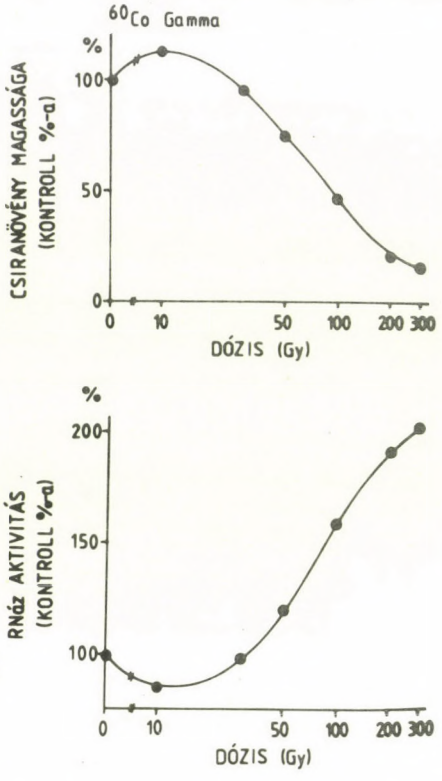


3.ábra



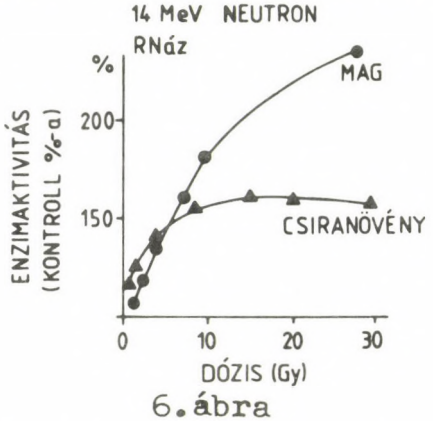
4.ábra

nak dózis-hatás görbéit, a magvak és a négy napos csiranövény besugárzása után azt találtuk, hogy a magvak gamma besugárzása után mind az RNáz mind a peroxidáz aktivitás a dózissal arányosan növekedett egészen 300 Gy-ig, mig a csiranövény besugárzását követően az enzimaktivitás kis dózisoknál hirtelen emelkedett, 50 Gy-nél maximumot ért el, majd lassan csökkent 300 Gy-ig. Az enzim aktivitás változás és a növekedés változás dózis-hatás görbéi szoros összefüggést mutattak. Összevetve a dózis-hatás görbéket akár a magban, akár a csiranövény állapotban történő besugárzás esetén azt látjuk, hogy minél nagyobb a növekedés gátlás annál jobban nő az enzimaktivitás, tehát a dózis-hatás görbék egymásnak tükörképei. Ez a szoros korreláció akkor is megmutatkozott ha kis dózisnál /10 Gy/ növekedés serkentést /10 %/ észleltünk /5.ábra/. Ebben az esetben az RNáz aktivitás a be nem sugárzott kontrollnál kisebb értéket mutatott. Az enzimaktivitás és növekedésváltozás közötti szoros összefüggés jó lehetőséget adhat a sugárstimuláció korai kimutatásához.

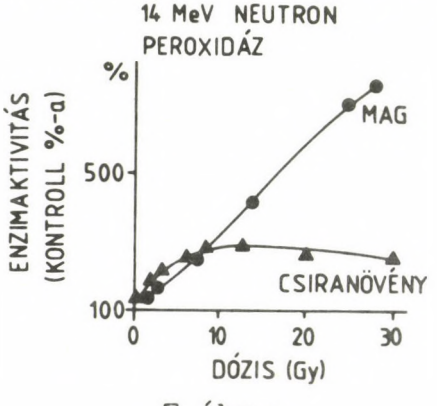


5.ábra

Magvak neutron besugárzásának hatására a gamma sugárzáshoz hasonló változásokat tapasztaltunk az enzimaktivitás változásban de a neutron sugárzás az RNáz esetén mintegy tizenötször



6.ábra



7.ábra

/6.ábra/ a peroxidáz esetén tizszer /7.ábra/ hatásosabbnak bizonyult. A csiranövény neutron besugárzása után is hasonló változásokat észleltünk mint gamma sugárzás esetén de itt a neutron sugárzás csak mintegy másfél-háromszor bizonyult hatásosabbnak.

STIMULÁCIÓS KEZELÉSEK NAGYMAGVU HÜVELYESEKNÉL.

I. Alacsony dózisú röntgenbesugárzás hatása a csirázásra és a növények kezdeti fejlődésére.

Nagy István - Borbély Ferenc - Nagy János[+]- Dézsi Zoltán[++]

Vetőmag V. Kutató Központja, Nyiregyháza; DATE Fizika Tanszék, Debrecen[+]; DOTE Radiológiai Klinika, Debrecen[++]

Általánosan ismert tény, hogy az ionizáló sugárzások alacsony dózisainak a növények produktivitására, a beltartalmi értékek javulására stb. kifejtett kedvező hatása azon alapul, hogy a besugárzott növények már fejlődésük korai szakaszában olyan fiziológiai előnyre tesznek szert, melyet a tenyészidőszak végéig megtartanak.
Ezen tapasztalatokon alapulnak azok a vizsgálatok, amelyek a fiatal növények növekedésének, vagy fiziológiai folyamatainak kvantitativ meghatározásával a stimuláció előrejelzését, vagyis a termést legnagyobb mértékben növelő dózistartomány meghatározását célozzák.

Vizsgálataink során az alacsony dózisú röntgenbesugárzásnak a csirázásra, valamint a besugárzott magvakból fejlődött növények kezdeti fejlődésére kifejtett hatását vizsgáltuk borsó, bab, csillagfürt és lóbab növényeknél. A röntgen besugárzásokat /200 kV, 15 mA/ 1,0 mm réz-lemezszürő alkalmazásával, 10 x 15 cm-es besugárzó tubus alatt végeztük. A dózisteljesitmény 73 R/min. /43,8 Gy/óra/ volt.

A csiráztatáshoz kezelésenként 4x50 magot nedves szürőpapir tekercsben 20 ^{0}C hőmérsékletü termosztátba helyeztük. A mintákat a 7. napon értékeltük. A életképes csiranövények leszámolása /csirázási %/ mellett, mértük a csiranövények nyerstömegét és szárazanyag mennyiségét. Egyedenként meghatároztuk a gyökér-, a hajtás-, és a teljes csiranövény hosszakat, ezek átlagát és szórását. Mértük a magvakból kiáramló elektrolitok mennyiségét /24 órás elektromos vezetőképességi érték/, valamint eredeti száraz magtömegre vonatkoztatva a 24 órás vizfelvételt.

Nem találtunk összefüggést a kezelések és a csirázási % között, valamint nem volt szignifikáns különbség sem az egységnyi magtömegre vonatkoztatott vezetőképesség-, sem a vizfelvételi értékek között. Az alkalmazott kezelések tehát nem okoztak olyan durva elváltozást a magvak határhártyáinak strukturállapotában, amely a fenti mérésekkel kimutatható lenne.

A vizsgált paraméterek közül a csiranövény-hossz mutatott legszorosabb összefüggést az alkalmazott kezelésekkel/1.tábl./ Megállapitottuk, hogy a besugárzás hatására megváltozott a minták variációsszélessége. A stimulativ dózistartományokban olyan pluszvariánsok is megjelentek, amelyek a kiindulási populációból hiányoztak. Az adatokból megfigyelhető,hogy a megváltozás nem mindig egyértelmü. A változás tendenciája a várakozásnak megfelelően alakult a kifejtőborsónál /Aurália/, de a különbségek nem szignifikánsak, ugyanakkor a velőborsónál valamennyi kezelés hatására szignifikánsan csökkent a csiranövények hossza. Nem mutatkozott pozitiv eltérés a sárgavirágú

csillagfürtnél és a lóbabnál. Ezeknél a fajoknál valószinü, hogy a stimulativ dózis kivülesik az általunk vizsgált tartományon.

A csiranövények hossza 7 napos korban /1. táblázat/

Dózis	Pisum sativum convar. sativum	Pisum sativum convar. medullare	Phaseolus vulgaris	Lupinus albus	Lupinus luteus	Lupinus angustifolius	Vicia faba
Gy	Aurália	Earliroy	R.King.	Nyirs.	HD-7	Sj.	K-22
0	16,23	17,79	17,85	14,78	15,74	16,83	15,99
1	17,67	14,81	13,75	15,64	15,20	17,13	15,84
2	17,91	15,81	17,75	15,57	15,58	15,64	13,38
4	16,78	13,61	17,56	17,20	15,19	17,04	14,70
6	16,04	9,841	20,55	17,76	15,16	17,71	15,27
8	16,07	13,382	18,99	17,85	14,12	19,03	14,97
$SzD_{5\%}$	2,49	1,55	1,79	1,64	1,31	2,11	2,14

Üvegházi 4 ismétléses tenyészedény kisérletünkben 6 hetes korig neveltük a növényeket, majd meghatároztuk a növények magasságát és a föld feletti részek nyerstömegét. /2.tábl./

Növénymagasság és nyerstömeg 6 hetes korban. /2. táblázat/

Dózis Gy	Pisum sativum /Aurália/		Phaseolus vulgaris /R.Kinghorn/		Lupinus albus /Nyirségi/		Lupinus luteus /HD-7/	
	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g
0	20,14	1,27	35,13	1,18	22,00	1,91	22,26	2,01
2	25,66	1,94	34,18	1,12	25,76	2,23	19,15	2,15
4	24,00	1,45	34,56	0,99	26,73	2,54	19,43	1,64
6	18,19	0,74	37,62	1,44	25,40	1,92	18,43	1,65
8	19,46	1,11	31,25	0,84	25,61	2,55	19,08	1,61
10	25,09	1,53	32,00	1,15	25,93	2,81	17,50	1,58
12	28,18	1,16	29,53	0,94	26,76	2,87	18,66	2,08
14	27,40	1,29	23,73	1,06	22,27	2,23	19,62	1,63
$SzD_{5\%}$		0,49		0,21		0,88		0,56

Az adatok arra mutatnak, hogy a növények fejlődésének ebben a szakaszában is azokban a dózistartományokban van a legnagyobb mértékü vegetativ növekedés, amelyek a csiráztatási vizsgálatokban is a leghatékonyabbaknak bizonyultak.

A közölt eredményeinket előzetes tájékoztatásnak tekintjük olyan átfogóbb kisérletsorozat szempontjából, melynek célja, hogy a különböző hüvelyes fajok, változatok és fajták sugárérzékenységét megállapitsuk. Továbbá,hogy újabb/élettani-biokémiai/ vizsgálatok bevonásával tovább növeljük a stimuláció előrejelzésének reprodukálhatóságát, hogy minél nagyobb biztonsággal következtethessünk a szántóföldi körülmények között alkalmazható stimulativ dózisra.

CSIRANÖVÉNYEK LÉGZÉSINTENZITÁSÁNAK MÉRÉSE TÖMEGSPEKTROMÉTERREL

Szőke P.*, Bornemiszáné P. P.**, Benedekné L. M*, Maulné P. O*, Kiss K.**, Véghné Csatlós M.**

*GATE Növénytani és Növényélettani Tanszék

**MTA Atommagkutató Intézete

Megvizsgáltuk, hogy az ATOMKI-ben kifejlesztett kvadrupol tömegspektrométer [1] megfelelő mintavevővel [2] alkalmas-e csiranövények légzés intenzitásának mérésére. A vizsgálatokhoz egyhetes kukorica, ill. borsó csiranövényeket használtunk 45, ill. 30 db-ot. A mérés ugy történt, hogy a csiranövényeket egy literes üvegbe helyeztük, amit a tömegspektrométer mintavevőjéhez jól záróan csatlakoztattunk. Ebben a légtérben vizsgáltuk a növények légzésének következtében megváltozott gázösszetételt az idő függvényében. A CO_2 koncentráció az időben lineárisan változott és fél óra alatt a szén-dioxid csucs a kukorica esetében a hétszeresére, a borsó esetében ötszörösére nőtt.

A mérés ismétlését a literes üveg átszellőztetése után el lehetett végezni, igy háromszor megismételve a mérést a szórás 5 % volt.

A spektrométerrel az oxigén koncentrációt is tudjuk mérni, de erre nézve a jelenlegi elrendezésben a berendezés érzékenysége kisebb. Az időegységre eső CO_2 termelés abszolut meghatározásához különböző ismert összetételü gázokkal hitelesiteni kell és meg kell határozni a hitelesitésnek a relativ nedvességtartalomtól való függését is.

Ezenkivül a fenti összeállitásban (de kisebb térfogatban) vizsgáltuk a csiranövények légzésintenzitásának változását magállapotban történt különböző besugárzások hatására a kontroll növényekéhez képest. Az 5 és 10 Gy gamma és a 0,5 és 1 Gy-s gyorsneutronokkal történt besugárzások a légzés intenzitást fokozták, ami a gyorsabb tartalékanyagok mobilizációja következtében a kezdeti növekedés serkentésére utal 7 napos korban. 10 napos korban már légzés csökkenést észleltünk. Nagyobb dozisoknál 300 Gy gamma 30 Gy gyorsneutron besugárzás hatására már minden esetben csökkent a légzés intenzitása. Ilyen jellegü mérésekhez folyamatban van egy olyan mérési elrendezés kifejlesztése, ahol a kezelt és a kontroll növényeket felváltva gyors egymásutánban tudjuk mérni, a vizsgálatok gyorsaságát és pontosságát ezzel növelni lehet.

[1] Berecz I., Bohátka S., Gál J., Paál A.: ATOMKI Közlemények 19 (1971) 123

[2] Langer G.: ATOMKI Közlemények 21 (1979) 221

A TARTÓS BESUGÁRZÁS VIZSGÁLATA PARADICSOM NÖVÉNYNÉL

Oncsik Mária
radiológiai szakmérnök

Dr. Dombovári János
tud. osztályvezető, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa

Öntözési Kutató Intézet, Szarvas

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Öntözési Kutató Intézet Sugárkertjében 1981-ben kisérletet végeztünk annak megállapitására, hogy a radioaktiv oldattal történő öntözés milyen változást okoz a paradicsom fontosabb mennyiségi és minőségi mutatóiban.

A talaj- és növénybesugárzás Sr-85 radioaktiv vizes oldatával történt. A kisérlet eredményei alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

1./ A paradicsom bogyóérése, koraisága nem változott.

2./ A paradicsom szine sem változott, minden kezelésben egyszinü, intenziv piros volt. Alakja a fajtára jellemző maradt, azaz gömbölyü volt.

3./ A paradicsom minőségi tulajdonságai közül a szárazanyagtartalmat vizsgáltuk. Ez a minőségi tényező ugyancsak független volt a besugárzástól.

4./ A kisérlet egyes kezeléseiben szignifikáns terméstöbbletet mutattunk ki. /Lásd. 1. táblázat/

5./ A paradicsom növényrészenkénti radioaktivitása nem volt egyenletes, a szárrészben nagyobb mértékü felhalmozódást tapasztaltunk, mint a termésben.

A talaj- és növénybesugárzás termésre gyakorolt hatása

1. táblázat

Kezelés jele	Fajl. rad. konc. /MBq/m²/	APRÓ*	KÖZEPES* / db/m² /	NAGY*	Termés a kontroll %-ában
I./T.	9,250	49	150	36	119,57
II./T.	18,500	41	117	41	117,36
III./T.	27,750	44	95	42	115,87
IV./T.	37,000	49	113	40	115,72
V./T.	92,500	38	66	41	100,15
VI./N.	4,625	48	74	45	110,72
VII./N.	9,250	46	85	40	102,55
VIII./N.	13,875	63	88	37	101,71
IX./N.	18,500	36	109	36	106,32
X./N.	46,250	52	91	37	106,56
KONTROLL	-	58	134	20	100,00

APRÓ: 100 g/db alatt
KÖZEPES: 100-150 g/db között
NAGY: 150 g/db fölött

GYORS NEUTRONOK HATÁSA RHIZOBIUMOK SZIMBIÓZISÁRA

Manninger E.[1], Kővári B.[2] és Bornemiszáné P. P.[3]

[1] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest
[2] Takarmánytermesztési Kutató Intézet, Bicsérd
[3] MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A növényi teszt alapján egy nagy teljesitőképességünek bizonyult lucerna rhizobium-törzset 14 MeV-es neutronokkal sugároztunk be az ATOMKI 150 kV-os neutrongenerátoránál. A baktériumszuszpenziókat a targettől (a neutronok keletkezési helyétől) különböző távolságokban helyeztük el, igy azok különböző dózisu kezeléseket kaptak. Egy hitelesitett gyorsneutronszámláló mérési adatából számitottuk a dózis értékeket. Ennek alapján megállapithattuk a baktérium-törzs sejtjei pusztulásának mértékét a dózis függvényében. Abból a szuszpenzióból izoláltunk baktérium törzseket, amelyben a sejtek legalább 80 %-a elpusztult. Ez 180 Gy-nél következett be. Az életben maradt sejtekből szélesztéses módszerrel baktériumtelepeket tenyésztettünk babagar felületen 28°C-on.
Az ilyen módon izolált 300 tenyészet és a kezeletlen (kontroll) törzs baktérium sejtjeivel kétnapos lucerna csiranövényeket oltottunk. A lucernanövényeket agart tartalmazó Gipson-táptalajon, kémcsövekben neveltük. A csiranövényekhez oly módon jutottunk, hogy a sterilizált magvakat 0,6 %-os agarra helyeztük. E módszerrel a csiranövények sterilitása is ellenőrizhető volt.

G i p s o n - t á p t a l a j ö s s z e t é t e l e

1000 ml vízhez:	K_2HPO_4	0,50 g	Nyomelemek egyenként 1000 ml H_2O-ban oldva	H_3BO_3	2,86 g
	KH_2PO_4	0,50 g		$MnSO_4$	2,03 g
	$Ca_3(PO_4)_2$	0,40 g		$ZnSO_4$	0,22 g
	$FePO_4$	0,13 g		$CuSO_4$	0,08 g
	NaCl	0,10 g		Na_2MoO_4	0,11 g
	$MgSO_4$	0,20 g			
	$FeCl_3$	0,01 g			
	nyomelemenként	0,2 ml			
	agar	12,00 g			
	pH	6,6			

Hat hét után mértük a növények földfeletti részeinek és gyökérgümőinek sulyát. Ezeket az adatokat az 1. és 2. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat. Egy rhizobium-törzs teljesitőképességének megváltozása a neutronsugárzás hatására

Rhizobium-törzs	10 növény		10 gümő
	földfeletti részeinek	összes gümőinek	
	s ú l y a (mg)		
53.	783	29	4,143
131.	849	35	35,000
241.	903	26	6,500
284.	756	16	5,333
293.	1146	15	3,000
Kezeletlen	502	10	3,727

2. táblázat. Egy rhizobium-törzs teljesitőképességének megváltozása a neutronsugárzás hatására (súlykülönbségek a kezeletlenhez viszonyitva)

Rhizobium-törzs	A növény		A gümő
	földfeletti részeinek	összes gümőinek	
	s ú l y k ü l ö n b s é g e (%)		
53.	56	182	11
131.	69	240	839
241.	80	152	74
284.	51	55	43
293.	128	46	-19

Öt olyan baktérium-vonalat sikerült előállitanunk, amelyek a rhizobium és a magasabbrendü növény szimbiózisát kedvezően befolyásolták. Ezeknek a vonalaknak a telepei morfológiailag nem különböznek a kiinduló törzs kolóniáitól.
E nagyobb teljesitőképességü törzseknek a növények földfeletti részére gyakorolt termésnövelő hatása és a törzsek által képezett gümők száma, illetve sulya között nem tapasztaltunk összefüggést.

A HALSPERMA BESUGÁRZÁSÁNAK HATÁSA AZ IKRA TERMÉKENYÜLÉSÉRE ÉS AZ IVADÉK FEJLŐDÉSÉRE

Dr. Bakos János Haltenyésztési Kutató Intézet, Szarvas
Dr. Simon József "Március 15." MTSz, Hernád
Csepregi Zoltánné Haltenyésztési Kutató Intézet, Szarvas

Az alacsony sugárdózis alkalmazása az életfolyamatok serkentésére különösen a növénytermesztés területén ismert. A haltenyésztésben már rutinszerüen alkalmazott mesterséges szaporitás nagy lehetőséget kinál az ivartermékek, illetve a termékeny petesejt sugárkezelésére. Több külföldi és hazai kutató beszámolt a 60_{Co} alacsony és magas sugárdózisainak alkalmazásáról mesterséges mutációk előidézésére. Intézetünkben 1976.óta több kisérletben vizsgáltuk a 60_{Co} gammasugárzás és a röntgen sugárzás stimuláló hatását a pontysperma termékenyitő képességére, az ivadék életképességére és növekedőképességére. Vizsgálatainkat 3-20 Gy sugártartományban végeztük.

Az 5 Gy sugárkezelés hatására következetesen jobb eredményt kaptunk az ikra termékenyülésében, 5.1 - 27.0 % pozitiv irányu eltéréssel a kontrolhoz viszonyitva. A pontyivadék életképessége az első évben 15.3 %-kal multa felül a vele közös tóban nevelt standard kontrolét, mig a nem besugárzott csoport eltérése a standard kontroltól csak 8.6 % volt. Első éves sulygyarapodásban a standard kontrolhoz viszonyitva a besugárzott csoport + 12.4 %, a besugárzás nélküli csoport + 3.5 % többletnövekedést adott. A második évben 60 napos tenyészidő értékelése alapján a növekedésben a sugárkezelés utóhatásaként az ivadék kihelyezési sulyának 5.6-szeresét érte el, a nem sugárkezelt csoport ez idő alatt csak 4.1-szeresére növekedett.

TÁJÉKOZÓDÓ VIZSGÁLATOK A CSIRKEEMBRIÓ FEJLŐDÉSÉNEK STIMULÁLÁSÁRA KISDÓZISU RÖNTGEN BESUGÁRZÁSSAL

Gertner Mihály - Simon József [x]- Sándor Erika

GATE Állatélettani és Állategészségtani Tanszék, Gödöllő

[x]Március 15. MGTSZ, Hernád

Különböző kisdózisu /25-50-75 és 100 RAD/ röntgenbesugárzás hatását tanulmányoztuk a csirkeembrió fejlődésére. A besugárzott tojásokat Ragus 200-as keltetőgépban, a szokásos hőmérséklet és páratartalom biztositásával inkubáltuk.

A négy besugárzott kisérleti és egy besugárzást nem kapott kontroll csoport embrióit 7, 14 és 18 napos korban hasonlitottuk össze. Ennek során vizsgáltuk az embriók fejlettségi állapotát, sulyát, csontozatuk fejlődésének mértékét.

Vizsgálati eredményeink értékelését nagymértékben nehezitette a keltetett tojások eltérő biológiai értéke. A szóródás mértéke - mely a kontrol csoportnál is észlelhető volt, nem annyira a fejlettség fokában, inkább az embrió méretében és sulyában mutatkozott.

Vizsgálati eredményeink azt mutatták, hogy a 75 és 100 RAD dózis az embriók fejlődésére károsan hatott. Az 50 RAD besugárzással némely esetben stimulációs hatást, több esetben azonban a 75 RAD-hoz hasonló kóros elváltozást észleltünk.

A 25 RAD-dal besugárzott tojásokban az embriók egy része mind fejlettségben, mind sulyban a besugárzást nem kapott kontrolokénál jobbnak bizonyult.

A vizsgálatok eredménye a keltetett tojások kevés száma és heterogén biológiai értéke miatt egyértelmü következtetés levonását nem teszi lehetővé. Jelen munkánkat tájékozódó jellegünek tekintjük. Ha további vizsgálatainkban az alacsonyabb sugárdózisok stimulativ hatásával kapcsolatos észleleteink megerősitést nyernek, lehetőség nyilik egy optimális stimulativ dózis megállapitására.

ATOMKI Riport X/5 (1983) 142-147

A MUTÁCIÓS NEMESITÉS HELYZETE, PROBLÉMÁI

Dr. Bálint Andor
Agrártudományi Egyetem, Gödöllő

A mutációk indukálhatóságának felfedezése óta a témakörben sokszáz genetikai és nemesitési jellegü kisérletet végeztek el. Ennek eredményeként egyes mutáns fajták /hazánkban a Nucleoryza rizs és az Mv 8-s buzafajta/ nagy területen terjedtek el. A világhelyzetről a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ad tájékoztatást. Adataik arra utalnak, hogy a gyakorlati eredmények száma gyorsan emelkedik, becslésem szerint legalább 400 olyan mutáns fajta van - nem számitva bele a disznövényeket, amelyek a termelésben elterjedtek, vagy elterjedőben vannak. Ez a szám arra utal, hogy a lehetőségeket még igen kis mértékben aknáztuk ki.

Vose /1981/ szerint egy meglehetősen uj felmérés azt mutatja, hogy 188 intézetben 130 növényfajból 31.000 mutánst állitottak elő és tartanak fenn a különböző intézetek. Ezek között buzából 11,000, rizsből 3,400, árpából 4500, szójából 3250 mutáns van. Pollhamer /1967/ Martonvásáron az MFB 104-s tavaszi árpafajtából több, mint 1000 mutánst állitott elő. Ezek közül 771-nek a botanikai csoportositását is elvégezte.

A nagyszámu mutáns meglétéből következő egyik lehetőség: a meglevő mutánsok jobb hasznositása. Ehhez le kell számolnunk azzal a hiedelemmel, hogy a mutáció csak a vizsgált tulajdonság megváltozását jelenti. Gottschalk /1981/ véleménye szerint a legtöbb mutált gén pleiotróp hatásu, több tulajdonság változik meg egyszerre.

A mutánsok közvetlen gazdasági haszna növelhető azáltal, hogy eltérő ökológiai viszonyok között vizsgáljuk meg őket. Gottschalk /1981/ borsó mutánsait a világ legkülönbözőbb részein állitotta kisérletbe, ahol azok jelentős mértékben eltérően reagáltak a "földrajzi vetésekre", mint a szülő formák. Egy korai, Közép-Európai viszonyok között gyenge termőképességü mutáns Indiában még korábbinak, szárazságtürőbbnek és jobb termőképességünek mutatkozott. A terméstöbblet a 30 %-ot is elérte.

Az Mv 8-s példája arra utal, hogy a mutánsok jól használhatók a kombinációs nemesitésben. A sok helyen meglevő mutáns sorozatok erre a célra jól felhasználhatók. Ez azért is érdekes, mert egyik-másik növényfajban a mutánsok a nagy fajtagyüjtemények tételszámával vetekednek.

Módszertani vonatkozásban a sugárforrások bővülésére számithatunk az ATOMKI-ben felépülő U 130-s ciklotron révén. Ennek előnye Pásztor /1983/ összeállitása szerint az,

hogy a ciklotronban a neutronok közepes energiája háromszor olyan nagy, mint a reaktorneutronoké. A növényi magvakat, polleneket kedvezőbb körülmények között lehet besugározni.

A sejt- és kallusztenyészetek a szelekciós bázis nagyarányu mennyiségi növelésére nyujtanak lehetőséget.

Az első eredmény Carlson /1970 in Maliga, 1980/ nevéhez füződik, aki dohányban olyan mutánsokat állitott elő és szelektált, amelyek a Pseudomonas tabacival szemben rezisztensek voltak. A szelekció közvetett uton, nem a baktérium toxinjával, hanem a metionin-szulfoximin rezisztencia alapján történt.

Gegenbach et al /1977 in Maliga 1979/ a Helminthosporium maydis gomba toxinjának ellenálló sejtvonalakat állitottak elő. "A gomba T-rassza a citoplazmásan steril kukorica vonalakat fertőzi, a normál vonalak ellenállnak a fertőzésnek. A szerzők az érzékeny, himsteril növények kallusztenyészetében toxinrezisztens sejtvonalakat szelektáltak, majd belőlük a gombafertőzésnek ellenálló növényeket regeneráltak. Ezek döntő többsége /52 db. 65-ből/ termékeny pollent produkált. A rezisztencia és a pollen termékenység is anyai uton öröklődött, ezért valószinü, hogy a két tulajdonságot ugyanaz a gén szabályozza. A 13 himsteril rezisztens növény morfológiája nem egyezett meg az eredeti texas citoplazmáju növényekével. A rezisztens vonalakból izolált mitokondriumok, csakugy mint a természetes rezisztenciát mutató növények mitokondriumai, a toxin adásra nem károsodtak, igy a rezisztencia kialakulása, figyelembe véve az anyai öröklődést is, valószinüleg a mitokondrium-DNS mutációjának következménye "/Maliga,1979/. A káposztában embrionális szövetekből az endoparazita Plassmodiophora brassicaevel szemben állitottak elő ellenálló vonalakat, illetve uj fajtákat /Maliga, 1980/

A cukornádban gyakorlati értékü betegségellenálló szubklórokat állitottak elő szövettenyésztéssel /Heinz et al. 1977 in Maliga, 1980/. Ezek a klónok rezisztensek a Helminhosporium sacchari, a Fiji-betegség, a Celerospora sacchari ellen. Egyes esetekben a rezisztens szubklónok a szövettenyészetek sejtjeinek genetikai instabilitásából származnak, amely a heterozigóta genom nem specifikus megváltozására vezet /Maliga, 1980/.

Lehetséges volt a dohányban /Chaleff és Parsom 1978 in Maliga, 1980/ Picloram herbiciddel szemben ellenálló mutáns vonalak szelektálása. A sejtvonalakból regenerált növényekkel elvégezve a keresztezéseket kiderült, hogy a tulajdonságokat egy dominans gén határozza meg.

Walther /1981/ kisérletei a hidegtürőképesség fokozására irányulnak. Az NSZK-ban az Euphorbia pulberrima Wild. ex Klotzsch /paprikavirág/ tenyésztésére, szaporitására a 20-25 C^{o} fok hőmérsékletü üvegházak a legalkalmasabbak. Energiatakarékossági szempontból ezt a hőmérsékleti igényt 12 C^{o} -ra szeretnék leszállitani. Szuszpenziós kulturában sejt- és kis kalluszokból álló tenyészetet állitottak elő és ezeket 2,5 Gy, 2,5 Gy+2,5 Gy gamma besugárzással kezelték és utána 12 C^{o} -n tartották.

Speciális lehetőségek

A nemesités sokirányu fejlődésében - megitélésem szerint - a jövőben fontos szerepet kapnak a termőképességet megalapozó élettani tulajdonságok.

Mutagénkezeléssel előállithatók a fotoszintézis intenzitása tekintetében eltérő törzsek. Yamaguchi et al. /1976/ rizzsel végzett kisérletei erről tanuskodnak. A Meitoku 5 fajtákban féltörpe mutánsokat /G 26, G 29, G 31 és G 32/ állitottak elő. A kisérletben két ellenőrző fajta is szerepelt.
A zászlós és két felső levél felülete 40-50 %-al kevesebb volt a mutánsoknál, mint a Sasanishiki fajtában. Ennek ellenére dm²-re számitott szárazanyag, összes és fehérje N mennyisége felülmulta annak értékeit /1. táblázat/

1. táblázat

A fotoszintézis intenzitása nemcsak a Sasanishiki, hanem a szülőfajták értékeit is felülmulta. Módszertanilag értékes az a megállapitásuk, hogy az egységnyi levélfelületre /dm²/ viszonyitott fotoszintézis rátája 1 %-os szinten 0,9097 korrelációs összefüggést mutat a levél szárazanyagtartalmával és r = + 0,9325-t a N-tartalommal.
1981-ben Yamaguchi et al a G31 mutánssal végzett ujabb kisérletekről is beszámol. Az NF-1 és G31 mutánsokat a Fukunishiki és Meitoku 5 fajtával hasonlitották össze. A fotoszintetikus intenzitás /CO_2 mg. dm² h/ értéke a mutánsokban 26,8 ± 2,7 és 32.0 ± 2.3, a fajtákban 24.0 ± 1,2 és 21.8 ± 1,2-s volt. Sürübb vetésben a G 31-s mutáns a Sasanishiki 4,88 t/ha - termésével szemben 6.01 t/ha-s termést adott.
Vose /1981/ foglalkozik azzal a lehetőséggel, hogy C_3 rendszerben fotoszintetizáló növényeket a hatékonyabb C_4-s tipusuvá alakitsák át. Ennek alapja az a közlés, hogy a Panicuam /köles/ alfajban és egyes tengeri füvekben C_3/C_4 intermedier tipusokat találtak. Lehetségesnek tartja C_3 fajokban olyan mutánsok előállitását, amelyek C_4 reakció uttal rendelkeznek.

A mutánsok között a Mungo-babon a kisebb levelü mutáns nagyobb, a széles levelü kisebb fotoszintézis intenzitását állapitották meg. Thakare et al. /1981/ vizsgálati eredményeit a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat

Egyes mutánsok leveleinek produktivitása gyengébb, az M71- mutánsé nagyobb.

Mutánsok előállitása szövettenyészetekben

A növényi sejtgenetika és a szövettenyésztés uj lehetőségeket nyujtott az indukált mutánsok előállitására.

170 napos stressz helyzet után a kezelt variánsokban a gyökeres palánták aránya 5,4-szer multa felül a kontrollt. A mutánsok ellenőrzését és szelektálását tovább folytatják.

Nitrogénfixálás

Az N_2 fixálás külön problémákat vet fel a pillangós- és nem pillangós növényeknél.

A pillangós növényfajoknál a nemesitett fajták N_2 fixálása - amely szoros kapcsolatban van a termőképességgel - egy fajon belül is nagy eltéréseket mutat /3. táblázat Rennie, 1981/

3. táblázat

A táblázat a folyamat összefüggését a hőmérséklettel is bemutatja a fajtakülönbségek mellett.

A Rhizobium oldaláról nézve a kérdést közismertek a fajon belül az effektiv és nem effektiv törzsek közötti különbségek. Ezt a helyzetet még a törzs x kulturfajta interakciók is variálják.

Bár Stern /1940/ az Azotobacter, Jordan /1952/ a nem effektiv lucerna Rhizobium törzsekből nagy nitrogénkötő képességü formákat állitott elő /ez utóbbit 45 kr= 45 000 r dózissal/, eddig kevés munka folyt a nitrogéngyüjtő baktériumok nemesitése területén. Eredményekről Jemcev /1962/ számol be. Csillagfürt, vöröshere és szója Rhizobium törzseket sugárzott be 50, 150, 250 kr-rel. Minden fajnál legjobb eredményt az 50 kr-rel végzett besugárzás+kiválogatás adta. A kontrollal beoltott csillagfürtnövények átlag 15-200, a besugárzott törzsekkel beoltottak átlag 350, a legjobb egyedek 500 g sulyuak voltak. A fehérjetermelés növelésének ez is egy lehetséges tartaléka.

A nem pillangós növényekben nagyarányu kisérleti munkával kivánják elérni, hogy az N gyüjtő baktériumok megtelepedjenek bennük. Ugyanakkor kevés figyelem fordult eddig nálunk a talajban szabadonélő mikroszervezetek N fixáló tevékenységére. Rennie /1981/ ezt a tevékenységet kontrollált betegségnek tekinti.

A nem pillangósok gyökérzónájában /nem a növényeken/ a következő fajok épitik be a légköri N_2 -t.:

Klebsiella pneumoniae	Bacillus polymixa
Erwinia herbicola	Bacillus macerans
Enterobacter cloacae	Azospirillium brasilense
Derxia gummosa	Azotobacter vinelandii

Ezeknek a baktériumoknak a tevékenységét a gyökérzóna acetilén redukáló aktivitása, vagy N^{15} -ös technikával állapitják meg.

A legmeglepőbb az, hogy ezek tevékenysége a különböző fajok és fajták genotipusával, gyökérzete élettani sajátságaival szoros kapcsolatban van.

Egy cukornáddal végzett kisérletben ez az érték a P_1 szülőre 114,9 n mol C_2H_4 /óra/ növény, a P_2-nél 831,5 volt. Az F_1 a P_1 x P_2 kombinációban 194,2, a P_2 x P_1 -ben 397,4-t ért el, ami bizonyos fokig anyai öröklődésre utal. A Chinese spring x Atlas 66 5 diszóm kromoszóma szubotituciós vonalában a kontroll 6,7-s értékszámával szemben /gyökérdarab mérése alapján/ a szélső értékek 6,8 és 191,3 voltak.

A jelenséget a Cesariot rizsfajta indukált mutáns altörzseiben is tanulmányozták. /4. táblázat/

4. táblázat

A kontroll gyökérzónájában mért 2120-s értékkel szemben a szélső értékek 5320 és 80 voltak.

Érdekes volna a hazánkban előállitott Cesariot mutánsokon is megvizsgálni a gyökérzóna acetilén redukáló aktivitását.

E néhány megjegyzés azt bizonyitja, hogy a mutációs nemesités régi és uj utakon egyaránt eredményesen fejlődik tovább.

TÁBLÁZATOK:

1. táblázat

FAJTAKÜLÖNBSÉGEK A LEVÉLFELÜLETEGYSÉGRE /dm²/ ESŐ SZÁRAZANYAG ÉS NITROGÉN TARTALOMBAN

/Yamaguchi et al. 1976/

	Sasanishiki	Reimei	Meitoku 5	NF-1	G-26	G-29	G-31	G-32
Szárazanyag /g/	0,467	0,502	0,535	0,654	0,794	0,763	0,699	0,792
Összes nitrogén /mg/	11,5	15,2	15,1	25,3	26,6	22,1	26,2	28,9
Fehérje-N /mg/	10,2	13,9	13,8	22,9	22,9	19,2	22,9	26,8

2. táblázat

MUNGO-BAB MUTÁNSOK LEVELÉNEK HATÉKONYSÁGA VETÉS UTÁN 45 és 60 NAPPAL

/Thakare et al./

Mutánsok	Szárazanyag 1 dm² levél felületre		Szemtermés q 1 dm² levél-felületre
	45 napos	60 napos	
S-8 /szülő/	0,791	1.580	0,52
M-7	0,947 /119,7/	1.776 /112.4/	0,48
M-76	0.731 /92.4/	1.185 /75.0/	0,30
M-78	0.875 /110.6/	1.923 /121.7/	0,34
M-60	0.775 /97,9/	1.99 /125,9/	0,58
M-71	0,841 /106,3/	2,564 /162,3/	0,70

A zárójelben lévő számok az S-8 kulturfajta értékének százalékos eltérései

3. táblázat

Az N_2 FIXÁLÁS SZÁZALÉKA BABFAJTÁKBAN KÉT HŐMÉRSÉKLETEN

/Rennie, 1981/

Fajta	Fixált N /%/	
	10 13 C°	13 18 C°
Redkloud	85	95
Limelight	38	77
P.I. 136701	22	79
P.I. 136745	39	75
P.I. 304064	36	77
P.I. 304819	43	78
Great Northern 1140	43	88
Kentwood	20	80
Comtesse de Chambord	50	80
P.I. 207229	58	87
Aurora	56	88

Sz.D. /P= 0.05/ Fajta: 9
Hőmérséklet: 4
F x T: 12

4. táblázat

A CESARIOT RIZSFAJTA MUTÁNSAI RIZOSZFÉRÁJÁNAK ACETILÉN REDUKÁLÓ AKTIVITÁSA

/Rennie, 1981/

Genotipus	Acetilén redukáló aktivitása /nmol C_2H_4/h/g root/
Rampant 2	5320 ± 5010
Crible glumelles bicolores	4890 ± 2770
Grain tres long, non perle	3310 ± 2190
Rampant 1	2890 ± 1670
Cesariot /original cv./	2120 ± 1470
Petit pois	2020 ± 1800
Raide 1	1560 ± 1250
Crible	1550 ± 860
Glumelles chamois	1270 ± 680
Rachis noir	860 ± 470
Piment	690 ± 580
Glumelles chocolat	500 ± 310
Court a grain gross	80 ± 40

NÖVEKEDÉS-ANALIZIS INDEXEI MUTÁNS VONALAKKAL ELŐÁLLITOTT KUKORICA HIBRIDEKNÉL ÉS SZÜLŐTÖRZSEKNÉL

Pásztor Károly - Pepó Pál
Agrártudományi Egyetem,Debrecen

A növénytermesztésben a fotoszintézis során elérhető növényi produkciónak kis hányada realizálódik. A növénynemesités feladata, hogy korszerü genetikai összetételü fajtákkal a fotoszintézis intenzitását növelje.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A növekedés-analizis KVET et al. /1971/ szerint alkalmas arra, hogy a növényi genotipus produktiv kapacitását és a belső tényezők közötti összefüggéseket, valamint a környezeti tényezők produkcióra és növekedésre kifejtett hatását vizsgálhassuk. A növekedés-analizishez használt jellemzőket /indexeket/ BRIGGS et al., 1920/, KVET et al. /1971/, PRÉCSÉNYI /1975/, PRÉCSÉNYI et al. /1977/, CHAMPMAN /1976/, HUNT /1978/, VIRÁGH /1980/ munkái alapján állitottuk össze.

A VIZSGÁLATOK ANYAGA, MÓDSZERE

A növekedés-analizis indexeit WESTLAKE /1963/ szerint a fitomassza föld feletti részének és a MONTGOMERY képlettel számitott levélfelület figyelembe vételével határoztuk meg.

A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A mutánsvonalakkal létrehozott kukorica hibridkombinációk napi szárazanyagtömeg gyarapodása /CGR/ meghaladja a szülői vonalakét és a standardokét is. Ez a produktivitással azonos mutató /ODUM, 1971/ a hibridkombinációkban a generativ fázis időszakában, a szemképződéskor is kedvező értékeket mutat. A meglevő egységnyi tömegre jutó tömegnövekedés aránya /RGR/ a gyors fejlődésü mutánsvonalaknál a legnagyobb, amely azonban a hibridjeiknél is megjelenik.

A netto asszimilációs ráta /NAR/, vagyis a tiszta elsődleges produktivitás /OLSON, 1964/ a mutánsvonalak felhasználásával előállitott SC és TC hibridkombinációkban nagyobb a standardhoz képest. Faktor-analizissel megállapitottuk, hogy a NAR-t a levélfelületen kivül a levélfelület-index /LAI/ is befolyásolja.

Egy adott mérési intervallumon belül a levélterület és a tömeg viszonyát kifejező LAR a tenyészidő végéig folyamatosan csökken. A mutánsok igen nagy asszimilációs felülettel rendelkeznek, ugyanakkor egységnyi hajtás szárazanyagtömeg előállitásához is igen nagy levélfelületre van szükségük. A legkisebb ez az érték a hibridkombinációknál, ami arra utal, hogy az asszimilációs felületnél és a fitoprodukciónál egyaránt jelentke-

ző heterózishatás közül ez utóbbi mértéke a nagyobb. Az alacsony LAR érték a fotoszintézis kedvező hatásfokára utal.

Egy adott mérési időpontban a levélterület és a tömeg arányát kifejező SLA értéke a növekedés kezdeti időszakában lényegesen nagyobb a mutánsvonalaknál és az anyaként alkalmazott beltenyésztett törzseknél, alapegyszereseknél, mint az általuk létrehozott hibridekben. A magas SLA érték arra utal, hogy a kezdeti időszakban az asszimilációs felület nagyobb mértékben gyarapszik az emlitett esetekben, mint a növény szárazanyagtömege. Ezt bizonyitja az is, hogy a levélterület relativ növekedési sebessége /RLGR/ az anyai és az apai szülőpartnereknél a leggyorsabb a tenyészidő első felében.

A vizsgált növekedési jellemzőkre és a fontosabb meteorológiai tényezőkre vonatkozóan korreláció számitást végeztünk. A korrelációs táblázatot vizsgálva megállapithatjuk, hogy a hajtás szárazanyagtömegének napi gyarapodását /CGR/ a környezeti tényezők közül a hőmérséklet befolyásolja a legnagyobb mértékben. Ezzel szemben a szárazanyagtömeg gyarapodási sebessége /RGR/ az asszimilációs felület relativ növekedési sebességével /RLGR/, valamint az egységnyi szárazanyagtömegre jutó levélfelülettel /SLA, LAR/ mutat szoros pozitiv összefüggést.

Az egységnyi tömegre jutó levélfelület /LAR, SLA/ pedig 0,1 %-os valószinüségi szinten szoros összefüggésben van és egyenes arányban áll a lehullott csapadék mennyiségével, a napfényes órák számával, valamint a hőmérséklettel.

IRODALOM

1./ BRIGGS, G.E.-KIDD,F.-WEST,C. /1920/: A quantitative analysis of plant growth. I-II. Ann. Appl. Biol. 7: 103-123, 202-223. 2./ CHAMPMAN, S.B. /1976/: Methods in Plant Ecology: 4-12. Blackwel Scientific Publications Oxford. 3./ HUNT,R. /1978/: Plant growth analysis: 6-32. Edward Arnold Limited, London. 4./ KVET,J.-MARSHALL,J.K. /1971/: Assesment of leaf area and other assimilating plant surfaces. In: Plant photosynthetic production. Manual of methods. Ed. by Sesták, Z., Catsky, U., Jarvis, P.G. 517-555. 5./ ODUM,E.P. /1971/: Fundamentals of ecology. 3rd ed., Saunders: 31-36. Philadelphia-London. 6./ OLSON, J.S. /1964/: Gross and net production of terrestrial vegetation. J.Ecol. 52: 99-118. 7./ PRÉCSÉNYI, I. /1975/: Szikespusztai rétek növényzetének produktivitása: 5-25. Akadémiai Kiadó, Budapest. 8./ PRÉCSÉNYI, I.-CZIMBER, Gy.-CSALA, G. /1977/: Kukorica hibridek /OSSK-218 és DKXL-342/ növekedés-analizise: 3-25. Keszthelyi Agrártudományi Egyetem /Mosonmagyaróvár/ Közleményei. 9./ VIRÁGH, K. /1980/: Növekedés analizis mint ökológiai módszer. I. Elméleti alapok. Botanikai Közlemények 67: 67-77. 10./ WESTLAKE, D.F. /1963/: Comparison of plant productivity. Biol. Rev. 38: 345-425.

A KOMBINÁLÓDÓKÉPESSÉG ÉS EGYÉB GENETIKAI TULAJDONSÁGOK VIZSGÁLATA MUTÁNSVONALAKKAL ELŐÁLLITOTT HIBRIDEKBEN

Pepó Pál - Pásztor Károly - Egri Katalin

Agrártudományi Egyetem, Debrecen

A kukorica hibridek genetikai termőképességének fokozása érdekében megvizsgáltuk a korábbi években előállitott igen változatos mutánspopulációból szelektált vonalak kombinálódóképességét és egyéb tulajdonságainak öröklődését a hibridkombinációkban.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A növénynemesités eredményességének fokozása érdekében ismernünk kell a felhasznált növényanyag genetikai szerkezetét /MATHER - JINKS, 1971/, valamint a SPRAGE és TATUM /1942/ által megalkotott általános és specifikus kombinálódóképességet /DANIEL-BASTAY, 1975/. A kombinálódóképesség vizsgálatára alkalmas diallél keresztezési módszer pedig a szülőpartnerek kiválasztására ad lehetőséget /JOHNSON, 1963/.

A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

Az egyik diallél kisérletünkben a különböző beltenyésztett törzsek és a mutánsvonal /M-93/ általános kombinálódóképességének alakulását az 1. táblázatban mutatjuk be.

Amint a táblázat adataiból látható, a mutánsvonal csökkentőleg hat általában a 14 %-os szemtermés mennyiségére /1/. Ez abból fakad, hogy az M-93-as vonal alacsony morzsolási %-át /3/, kevés csövenkénti szemsulyát /5/ és ezermagtömegét /6/ az általa létrehozott hibridkombinációkban is örökiti. A hektáronkénti csőszám /2/ magas általános kombinálódóképesség értéke viszont arra utal, hogy a mutánsvonal kedvező a produktivitás genetikai fokozása szempontjából.

1. sz. táblázat

Belt. vonalak	Vizsgált tulajdonságok 1 kg/ha	2 db/ha	3 %	4 db	5 g	6 g
WF-9	-2276	-2937	-0,46	0,38	-28,2	-36,4
W-18/4	2496	359	0,93	1,52	33,8	15,5
Sz 2351	1566	-3456	1,12	0,33	30,2	48,2
M-93	-1786	6034	-1,60	-2,23	-35,9	-27,2
	7 cm	8 cm	9 cm^2	10 kg/ha	11 kg/ha	12 %
WF-9	-1,2	-0,3	-572	-6950	-2638	-0,33
W-18/4	3,5	0,0	-309	4989	1491	-1,21
Sz 2351	0,5	1,1	165	4171	1322	-0,53
M-93	-2,8	-0,8	717	-2210	- 174	2,08

Az M-93-as mutánsvonal a levél hosszuságát /7/ és szélességét /8/ általánosságban csökkenti a hibridkombinációiban, a teljes kifejlettség állapotában mért asszimilációs felület nagyságát /9/ viszont növeli a kedvező levelességet átörökitő hatása miatt.

A vizsgált mutánsvonal zöld- /10/ és szárazanyag termésének /11/ általános kombinálódóképesség értéke kismértékben negativ. A W-18/4 beltenyésztett törzs igen nagy általános teljesitőképessége és a W-18/4 x M-93 hibridkombinációban megnyilvánuló magas specifikus kombinálódóképesség és reciprok hatás következtében az adott keresztezéssel egységnyi területről a legtöbb zöld- és szárazanyagtermés hozható le. Az összes szárazanyag %-ot /12/ a mutánsvonal növeli kedvező általános és specifikus kombinálódóképessége következtében a hibridkombinációiban.

A kombinálódóképesség értékek alakulása mellett figyelembe kell venni azt is, hogy a beltenyésztett törzs és mutánsvonal keresztezésével előállitott hibridek szemtermése 20-30 %-kal elmarad a köztermesztésben levő kukoricákhoz képest. A silókukorica terméseredmények pedig a standard kukoricáknál még nagyobbak abban az esetben, ha a mutánsvonalakat a beltenyésztett törzsekkel előállitott egyszeresekre apaként keresztezzük rá.

IRODALOM

1./ DANIEL, L.-BAJTAY, I. /1975/: Néhány mennyiségi tulajdonság alakulása 11 csemegekukorica /Zea mays L. conv. saccharata Koern./ beltenyésztett törzs diallél keresztezésében. Növénytermelés. 24.4: 285-294. 2./ JOHNSON L.P.V. /1963/: Application of the diallél-crosses techniques to plant breeding. In statistical genetics and plant breeding. Nat. Res. Council Publ. 982. Washington, D.C.p. 561-569. 3./ MATHER,K.-JINKS,J.L. /1971/: Biometrical Genetics. London. Champman and Hall. 382.p. 4./ PÁSZTOR K. /1978/: Effect of mutagens on the variability of morfological characters of maize. Acta Agron. 27:481-488. 5./ PÁSZTOR K. /1979/: Applicability of morfological maize mutants in plant breeding. Acta Agron. 28:452-458.

RÁDIÓMUTÁCIÓS KISÉRLETEK ÉS EREDMÉNYEK A RIZSNEMESITÉSBEN

Simonné dr. Kiss Ibolya
Öntözési Kutató Intézet, Szarvas

A rizsnemesités területén ötven éve jelent meg az első eredményközlés a röntgen sugárzással indukált mutációról. Azóta a világ csaknem valamennyi rizstermesztő országában elterjedtek a rádiómutációs kisérletek.

Az utóbbi 10-15 év publikációi szerint a rizs esetében az indukált hasznos mutáció igen széles skáláju. A mutáns fajtáknál a szárszilárdság, koraiság, betegségrezisztencia, termőképesség és termésminőség pozitiv változására egyaránt van példa, ezen kivül a himsterilitás sikeres indukciójára is találhatók közlések /Haq, 1971; Hiraiwa, 1980/. A kisérletek többségénél a gamma /10-40 kR/ és a gyorsneutron /1,2 - 2,2 kR/ dózisvariációit alkalmazták a pelyvás mag kezelésére. Az M_2 - M_3 generációkban izolált hasznos mutációkat ma már mindenütt a nemesités értékes alapanyag forrásának tekintik /Rutger, 1982/.

Országunkban - a rizstermesztés északi határán - különösen kevés elfogadható /beérő/ alapanyag állt a nemesitők rendelkezésére. A legfontosabb nemesitési célkitüzést /betegségrezisztencia, tenyészidő, szárszilárdság/ számos külföldi fajta introdukciójával, ill. hibridizációjával is csak részben sikerült elérni. Ezért az indukált mutációs módszer kipróbálása is indokoltnak mutatkozott.

A mutációs nemesités első, gyakorlati jelentőségü eredménye a neutron mutáns NUCLEORYZA fajta /Sajó - Simon, 1976/, mely főként a koraiság, termőképesség és szárszilárdság tekintetében multa felül a köztermesztésben lévő fajtákat.

Intézetünkben az 1960-as évek végén kezdtük meg a fizikai és kémiai mutagének hatásának tanulmányozását a Dunghan Shali fajtával /Karunakaran - Simonné, 1971/. A gamma /16-22 kR/ és gyorsneutron /1,6 - 2,2 kR/ magkezelések eredményeként legnagyobb gyakorisággal a származagasság és levélfelület megváltozását értük el, de ezenkivül a tenyészidő, a szempergés, a buga- és szemforma jellegeknél is izoláltunk hasznos mutációt. A Dunghan Shali kiinduló fajtánál lényegesen jobb Piriculária rezisztenciát csak egy, a gyorsneutron 2,0 kR kezeléséből származó mutánsnál kaptunk, mely a rezisztencián kivül még szárszilárdságban, a termés /szem/ nagyságában és minőségében is pozitiv mutánsnak bizonyult. A szelekciós vizsgálatok eredményei alapján e mutánstörzset 1976-ban az országos fajtakisérletekbe MUTASHALI néven bejelentettük. A vizsgálati eredmények alapján 1980-ban állami minősitésben részesült, és azóta nagyüzemi feltételek között is bizonyitotta mutációs jellegeinek stabilitását és termelésének eredményességét /Simonné, 1981/.

A sugárkezelésekkel indukált mutáció nagyobb része nem volt alkalmas a direkt felhasználásra, de mint alapanyagokat

a hibridizációs programunkban - egyik v. mindkét szülőként - folyamatosan felhasználtuk. Ezek utódai között már több jó eredményt mutató fajtajelölt vizsgázik, igy pl. a KAROLINA fj., mely két korai érésü rádiómutáns hibridszármazéka. Az utódgenerációk gyorsitott szaporitása és szelekciója /évi két generáció/ e szuperkorai, jó termőképességü és vitalitásu hibridtörzs előállitását lényegesen leröviditette, igy ez évben már nagyüzemi kisérletekben is vizsgázhat. E fajtajelöltön kivül több igéretes mutáns x fajta származásu törzsanyag bizonyitja a kombinált módszer eredményességét.

Rizstermesztésünkben jelenleg 5 hazai nemesitésü minősitett fajta áll a termelők rendelkezésére. Közülük három /Nucleoryza, Mutashali, Oryzella/ a mutációs módszer alkalmazásának eredménye. A vetésterület mintegy 9o %-át e fajták foglalják el /legnagyobb arányban a Nucleoryza/.

Az ismertetett eredmények alapján olyan következtetésre juthatunk, hogy a hazai fajtakövetelmények nagyobb valószinüséggel és gyorsabban közelithetők meg a már jól adaptálódott fajtáink v. hibridszármazékaik mutációs nemesitésével, mint a külföldről, különösen a távoli földrészekről beszerzett fajták direkt vagy indirekt felhasználásával.

I r o d a l o m

Haq, M. S. et al., 1971: Breeding for early, high yielding and disease - resistant rice varieties through induced mutations. Rice Breeding with induced Mutations III. Technical Rep. Series N°131, 35-46.

Hiraiwa, S.; Tanaka, S., 198o: Induction of male steril mutation in rice. Gamma Field Symposium N°19, 1o3-115.

Karunakaran, K.; Simonné Kiss, I., 1971: Effect of low doses of fast neutrons and gamma rays on the Hungarian rice variety Dunghan Shali. Acta Agronomica 2o, 67-7o.

Rutger, I. N., 1982: Use of induced mutants in rice genetics and breeding. Internat. Rice Comission Newsletter 31 /1/ 31-33.

Sajó, Z.; Simon, J., 1976: A mutant rice variety in Hungarian rice production. Mutation Breeding Newsletter. IAEA N°8, 4-6.

Simonné Kiss, I., 1981: Uj korai érésü rizsfajtánk a Mutashali. MÉM Információs Kp. Kutatási eredmények /21o/

A NUCLEORYZA NEUTRONMUTÁNS MAGYAR RIZSFAJTA ELTERJEDÉSE A NAGYÜZEMI TERMESZTÉSBEN

Simon J.*, Sajó Z.

*"Márc. 15." MTSZ MULTIRADIÁCIÓ Hernád

Az ötvenes években egyeduralkodó Dunghan Shali rizsfajta totális pusztulása után - melyet a rizs bruzone betegsége szinte lesöpört a rizsvetésterületekről - a hatvanas évektől kezdve betegségellenálló, de közepesen hosszu tenyészidejü fajták terjedtek el nálunk. A hetvenes évek elejére kiderült (néhány korai, hüvös ősz hatására), hogy ezek beérési biztonsága nem megnyugtató és egyes években katasztrofális terméscsökkenések jelentkeztek. Ekkor nyilvánvalóvá vált, hogy olyan korai érésü, de betegségellenálló és bőtermő uj fajtát kell sürgősen kinemesiteni, mely szeptember első- második hetére beérik. Tehát át kellett törni a rövid tenyészidő és az ehhez párosuló kis termések közötti igen szoros korrelációt.

Néhai JÁNOSSY ANDOR akadémikus biztatására akkor fogtunk neki SAJÓ ZOLTÁNnal Tápiószelén az Agrobotanikai Intézet falatnyi kis rizstelepén egy rövid lejáratu mutációs program kidolgozásához és megvalósitásához. Nyilvánvaló volt, hogy egy olyan igen bőtermő, betegségellenálló, jóminőségü fajtát kellett alapanyagnak kiválasztanunk, melynél csak egyeteln gént kellett megváltoztatnunk: a hosszu tenyészidőt motiváló gént. Ezt az alapanyagot a Cesariot nevü francia fajtában találtuk meg, mely rendkivüli terméseket produkált (jó minőséggel párosulva) csak éppen a mi viszonyaink között október végére érett be.

Az IAEA seibersdorfi reaktorában sugároztattuk be a kiindulási anyagot gyors neutronfluxussal, 25 krad-nak megfelelő dózissal. A besugárzás 1966-ban történt. Már a második generációban kiugrott egy tő, mely 24 nappal korábban virágzott mint az anyafajta. Ezt a tövet kiemelve az M_3-ban még kismértékben hasadt és szétbontásra szorult, de M_4-ben már konstans volt és 1972-ben már bejelentettük az állami rizs-fajtaversenybe.

A hároméves OMFI kisérletekben végig az élvonalban haladt igy a negyedik kisérleti évben már megkapta az előzetes elismerést, majd kétévi üzemi kisérletek után az állami fajtaelismerést. Ezek után hihetetlen gyorsasággal terjedt el a közterjesztésben kiszoritva a korábbi uralkodó fajtákat, s gyakorlatilag a 80-as évek beköszöntével, már elfoglalta az egész üzemi rizsvetésterületet. Ezt a táblázatok jól mutatják. Ma már csak a kipróbálás alatt álló uj fajták területe nincs Nucleoryzával boritva, s ez mintegy 10 %. Ennek a gyors elterjedésnek nyilván meg volt a maga alapvető közgazdasági oka. Ez pedig a korreláció-törés volt, mely biztositotta, hogy a korai érés ellenére is, jó agrotechnika mellett nagyüzemileg is tudta hozni az 5 tonnás átlagokat, de különösen jól vezetett rizstermesztő üzemekben rendszeresen 6-7 tonnát is produkált. Sajnos központi intézkedéssel elvették a fajtafenntartás és szaporitás jogát a Haltenyésztési Kutató Intézettől - ahol ezt igen gondosan és nagy hozzáértéssel végezték. Ennek következménye az lett, hogy ma már a fajta erősen fertőzött vörös szemekkel, mely rontja a fajta értékét és minőségét. Országos érdek - és a nemesitők kivánsága is az - hogy

szüntessék meg ennél a ma még uralkodó fajtánál, az alapanyagfenntartás és szaporitás monopol jellegét és adják oda olyan gazdaságoknak is, melyek ezt korábban megnyugtatóbban csinálták.
A Nucleoryzánál jobb, hasznosabb uj fajták megjelenése és térhóditása még néhány évet igénybe vesz, addig is érdemes ezt a bizonyitottan jó fajtát magas minőségi szinten tartani.

1. Táblázat

A Nucleoryza országos vetésterülete és termésátlaga 1978 - 82 években

Év	Vetésterület		Termésátlag	
	ha	%	t/ha	
1978	7.964	33,2	1,28	(0,96)*
1979	10.157	50,7	2,13	(2,05)*
1980	8.587	54,8	1,68	(1,51)*
1981	9.305	71,7	3,15	(3,01)*
1982	10.585	82,75	3,86	(3,80)*

*országos átlag

Az országos rizsvetésterület 23.990 hektárról 12.792 hektárra csökkent 1978-82 évek alatt.

A BESUGÁRZÁS HATÁSA A SZÓJA TERMÉSELEMEINEK VÁLTOZÉKONYSÁGÁRA

PÁSZTOR, K. - EGRI, K. - TÖRÖK, Z.
Agrártudományi Egyetem, Debrecen

BORNEMISZÁNÉ, P.P.

Atommagkutató Intézet, Debrecen

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Dozimetriai vizsgálatok valamint mutánsok indukálása céljából 1980 és 1981 évben Merit és S-1346 szójafajták magvait gyors neutronokkal kezeltük. A besugárzást a debreceni MTA Atommag Kutató Intézetének neutron generátorával végeztük 4-174 Gy közötti dózisokkal. A kisérleteket a DATE Növénytermesztéstani Tanszékének bemutató kertjében állitottuk be. Több kutató megállapitása szerint besugárzásokkal sok olyan tulajdonság kiváltható, amelyek hagyományos nemesitési eljárással nem valósithatók meg, ugyanakkor a növények formagazdagságát növelni lehet /BACQ-ALEXANDER, 1955; GREGORY, 1955; BREBES 1970; GREEN-PHILLIPS, 1974; PÁSZTOR, 1978/. A szójánál alkalmazott kritikus sugárdózisok közül ZACHARIAS /1956/ 60-120 Gy, SZEBEK /1972/ szerint 150-200 Gy röntgendózis a kritikus. NICOLAE /1969/, GIOSAN és NICOLAE /1970/, KILLION és mtsai /1971/, DUMITRU és mtsai /1972/ gamma és termikus neutronokkal kezelt növényekből fehérjékben és olajtartalomban gazdag tipusokat tudtak szelektálni. Japánban pedig ISHIKAWA /1966, 1969/ 100 Gy gamma sugárzással korai érésü, alacsony növésü, nagy termőképességü, megdőléssel és nematódával szemben rezisztens tipusokat állitott elő. GIOSAN és NICOLAE /1970/ besugárzással kezelt szójánál M-2-ben proteinben gazdag formákat szelektáltak. Hasonlóképpen DIMITRU és munkatársainak /1972/ termikus neutronokkal kezelt szójánál sikerült fehérjetartalmat és főleg az olajtartalmat növelni.

KISÉRLETI EREDMÉNYEK

A kezelt szójafajták M_1 nemzedékénél a kalászban a kontrollhoz viszonyitva a dózis nagyságától függően 1-15 napos eltérést észleltünk. A Merit szójafajta 131 Gy dózissal kezelt növényeknek egy részénél, valamint a 174 Gy dózissal kezelt valamennyi növénynél a gyökér képződés nem indult be. Ezek a növények csak addig maradtak életben, amig a sziklevelekben lévő tápláló anyagok biztositottak voltak. Hasonlót tapasztaltunk az 1981-ben kezelt Merit és S-1346 fajtánál is, de ezeknél a letalitás alacsonyabb dózisoknál /57 Gy és 78 Gy/ jelentkezett. A vizsgálatok alapján megállapitható, hogy a sugárdózisok nagyságától függően másképpen reagál a hajtás és másképpen a gyökérképző szervek. A tenyészidő során végzett fenológiai megfigyelések alapján növekedésbeli és tenyészidőbeli eltéréseket tapasz-

taltunk. A kisebb dózisu kezeléseknél a tenyészidő 9 nappal csökkent, a nagyobb dózisu kezeléseknél 8-21 nappal nőtt. A növénymagasság optimum görbét ir le. A kisebb dózisoknál kezelt növényeknél stimulációs hatás mutatkozott, a nagyobb dózisoknál a növénymagasság csökken. Ez a csökkenés elérheti a 23 cm-t is. Az alsó hüvelyeknek a talaj felszinétől mért magassága az M_1 nemzedéknél az alkalmazott dózis nagyság függvényében párhuzamosan növekszik egy bizonyos dózis nagyságig, utána csökken. A kontrollhoz viszonyitott hüvelyszám a dózis nagyság függvényében csökken. Az M_2 nemzedékben megfigyeltük azt is, hogy a fehérjetartalom növekedésével párhuzamosan csökken az olajtartalom, de előfordult olyan kezelés is, ahol a fehérje és olajtartalom azonos arányt mutat.
A Merit M_3 nemzedékénél a kontroll 34 %-os fehérjetartalmához viszonyitva egyes vonalaknál 8,9 %-kal nőtt a fehérjetartalom, de előfordultak olyan vonalak is, ahol 5,4 %-os csökkenés következett be.
Az olajtartalom vonatkozásában a kontroll 29,4 %-os olajtartalmához viszonyitva egyes vonalaknál csak 1,1 %-os növekedést tapasztaltunk, mig másoknál 5 %-kal csökkent az olajtartalom. Előfordultak olyan vonalak is, ahol a fehérje - és olajtartalom egyaránt 31 %-os értéket mutatott.

IRODALOM

1./ BACQ, Z.M.-ALEXANDER, D. /1955/: Fundamentales of radiobiology. New York. Acad. Press 389.p. 2./ BRIGGS, R.W. /1970/: Radiation types and sources /In Mannal on Mutation Breeding/ IAEA, Vienna, 9-21. 3./ DUMITRU és mtsai /1972/: Influenta iradierii cu neutroni termici osupra variabilitatii la soia, in si ricin in M_2 Probleme de genetica teorentica si si aplicata, IV.k.4.sz. 4./ GIOSAN,N.-NICOLAE,I. /1970/: Variatia unor insusiri biochimice la soia in generatia M_2 Lucrari stiintifice Seria A., XIII. Agronomie, Inst. Aeronomic "N. Balcescu"
5./ GREGORY, W.C. /1955/: The comperative Effects of Radiation and Hybridization in Plant Breeding. Proc. 1.stg. Intern. Conf. Peacenfuluses. Atomic Energy 12. 48-51.p. 6./ GREEN, C.E.-PHILLIPS, R.L. /1974/: Potential Selection System for Mutans with Increased Lysine, Threonine and Methione in Cereal Crops. Crop. Science 14.sz. 827-830.p. 7./ KILLION, D.D.-CONSTANTIN,M.J.-SIEMER,E.G. /1971/: Acute gamma irradiation of the soybean plant: Effects of exposure, exposure rate and developmental stage on grouth and yield. Radiat Bot,Oxford, 11.K.3.sz. 225-232.p. 8./ NICOLAE, I. /1978/: Mutagenesa experimentala. Edit. Ceres. Bucuresti. 205.p. 9./ PÁSZTOR, K./1978/: Effect of mutagens on the variability of morphological characters of maize. Acta Agronomica. Sci. Hungarice 27. 481-488.p. 10./ SZEBEK, K. /1972/: Nyekatorüje rezultatii iszbedovaniz po experimentalnomu polucsenijü mutacij u szoji. Experimentalnüje mutagengez v szelekcii, 331-333.p. 11./ ZACHARIAS, M. /1956/: Mutation sversuche an Kulturpflanzen VI. Röntgenbestrahlungen Der sojabohne /Glicine soja L. Sieb. et. Zucc./ Züchter, 26.k. 11.sz. 321-338.p.

GAMMASUGÁRZÁS ALKALMAZÁSA MUTÁNSOK INDUKÁLÁSÁRA SZÓJABABBAN /GLYCINE MAX /L./ MERR./

Hódosné dr.Kotvics Gizella

A szójatermesztés kiterjesztésének és a termések növelésének fontos feltétele, hogy olyan fajtaválaszték álljon rendelkezésre, amely lehetővé teszi a szélesebb ökológiai spektrumhoz való alkalmazkodást.

E feladat megoldásához kapcsolódik az a mutációs program, amelyet a Gödöllői ATE Növénynemesitéstani Tanszéken 1971-1972 években kezdtünk el.

Célkitüzésünk volt elsősorban korai érésü mutánsok indukálása. E mellett vizsgáltuk a mutációs populációkban a terméskomponensek alakulását, a magtermés beltartalmi minőségi tulajdonságainak változását a besugárzás hatására.

Több hazai és külföldi szójafajta magját Co^{60} gammasugár különböző dózisaival / 1o-3o Kr / kezeltük. Dózisintenzitás 627 r/h volt. A besugárzás a Növénynemesitéstani Tanszék Sugárkertjében történt. Az M_2, M_3 és későbbi generációkban szelekciót végeztünk elsősorban koraiságra és termőképességre, pedigree módszer alkalmazásával.

Kisérleteinket és ezek eredményeit három téma köré lehet csoportositani:

1.Témakör: Szabadföldi kisérletekben a mutáns vonalak koraiságának, termőképesség ének értékelése. Mutációs kisérleteinket 23 hazai és külföldi szójafajtával inditottuk. A koraiságra és termőképességre történő szelekció alapján 1978-ban több olyan perspektivikus mutáns törzset állitottunk elő, amely 2 héttel koraibb volt mint a kiindulási alapanyag. A részletes eredmények az alábbi publikációkban találhatók meg:

- Mutációs kisérletek különböző szójafajtákkal.Diplomamunka 1974. Gödöllő ATE./Pálfy J.Csaba/
- Mutation breeding in soybean. Acta biológica Jugoslavica 1976:8:2:129-135.
- Selection for higher yield in early maturing mutants of soybean. Mutation Breeding Newsletter 1981:18:12-13.

2.Témakör: Koraiságra szelektált mutáns törzsek beltartalmi értékeinek vizsgálatát 1977-ben kezdtük meg. A vizsgálatok eredményeinek egy részét diákkörös hallgatónk Diplomamunkájában foglaltuk össze:/

- Szójafajták és mutánsok beltartalmi vizsgálata. Diplomamunka 1977.Gödöllő ATE./Kiss Mária /.

- A gammasugárzás hatása a szójára,különös tekintettel a beltartalmi értékek változására. Diplomamunka. 1978. Gödöllő.ATE. / Kovács Csaba./

Olajtartalomban / M-115, M-68 mutánsok 24% felett/, methionintartalomban / M-39 vonal/ és lysintartalomban / 4 vonal/ tünt ki néhány mutáns vonal. A fehérjetartalom ezeknél a vonalaknál kéveseb b volt mint a Sandard fajtánál.

3.Témakör: 1976-ban ujabb külföldi fajtákat vontunk be a mutációs programba. Ebből származó koraiságra szelektált törzsek termőképességét, a magtermés fehérje-, olaj-, és lysintartalmát kéttényezős kisérletben vizsgáltuk /egyik tényező a genotipus azaz a fajták, mutánsok, másik tényező a Rhizóbiumos oltás /. A kisérletek eredményeinek egy részét diákkörös hallgatók Diplomamunkájában foglaltuk össze:

- Aszójabab /Glycine max /L./ Merr./quantitativ tulajdonságait befolyásoló tényezők /fajta,oltás/ hatásának vizsgálata. 1981. Diplomamunka. Gödöllő.ATE. - /Ramiro Villalpando A./
-A szójabab /Glycine max /L./ Merr./ quantitativ és qualitativ tulajdonságait befolyásoló tényezők /fajta,oltás / hatásáanak vizsgálata. 1983.Diplomamunka. Gödöllő, ATE. /Kanyavong Bounphavanh /.

A fehérjetartalomvizsgálatok azt mutatták, hogy az oltás szignifikáns mértékben növelte a fehérjetartalmat valamennyi fajtánál és mutánsnál /kivétel a Merit/ fajta/.
Az oltásnak nagyobb hatása volt a fehérjetartalom alakulására mint a genotipus-tényezőnek.

CSILLAGFÜRT /Lupinus sp./ BESUGÁRZÁSA MUTÁCIÓ ELŐÁLLITÁS CÉLJÁBÓL.
I. Dozimetriai vizsgálatok

Ratkosné,B.M.- Borbély F.[+]- Bornemiszáné,P.P.[++]- Dézsi Z.[++]- Nagy J.[+++]- Véghné,Cs.M.[+]- Kiss K.[+]

Vetőmag V. Kutató Központja Nyiregyháza; ATOMKI Debrecen[+]; DOTE Radiológiai Klinika[++]; DATE Fizika Tanszék Debrecen[+++]

Nemesitési munkánk fontos része a csillagfürt fajok /L.albus, L. angustifolius, L. luteus/ kvantitativ és kvalitativ tulajdonságainak megváltoztatása, a genetikai variabilitás fokozása.Ennek érdekében 1982-ben sugárzástechnikai módszerek kipróbálását kezdtük meg. Az irodalom kevés adatot ismer a csillagfürtben e tulajdonságok besugárzással történő megváltoztatására vonatkozóan. Elsődlegesen ezért a mutációs dózistartomány meghatározását tüztük ki célul.

A magvak kezeléséhez neutrongenerátorból származó gyorsneutronokat és Co 60 sugárforrásból származó sugarakat használtunk, 9-130 Gy, ill. 100-600 Gy közötti dózistartományban. 1982-ben mindhárom fajnál egységesen alacsonyabb, 1983-ban - a tapasztalt érzékenységi sorrendhez igazodva - magasabb dózisokat alkalmaztunk. 1982-ben "száraz" /12-14 % nedvességtartalmú/ és "áztatott" /24 órán át szobahőmérsékleten csapvizben duzzasztott/ magvakat kezeltünk. Kezelésenként 100-100 magot sugároztunk be és a magvakat szántóföldön vetettünk el.

A kisérletekben regisztráltuk a keléskori-, virágzáskori-, és éréskori növényszámot. A vetést követő 6. héten vizsgáltuk a növények magasságában és levélszámában bekövetkezett változásokat. A vegetáció során figyelemmel kisértük a növények valamennyi fenofázisát és folyamatosan kijelöltük a fenotipusos változást mutató egyedeket.

Az 1982-ben alkalmazott /9; 12; 20; 25; 30 Gy/ a gyorsneutron dózisok a L.albus és L.angustifolius fajoknál lényeges változást egyik vizsgált tulajdonság esetében sem okoztak. A L.albusnál a kelési %-ban bizonyos mértékü stimuláció mutatkozott. A L.angustifoliusnál a növényenkénti levélszámban tapasztaltunk csökkenő tendenciát a növekvő dózisok függvényében. Legérzékenyebbnek a L.luteus bizonyult. A 6.hetes korban mért átlagos növénymagasság a kontrollnál 4,56 ± 1,25 cm,a 25 Gy dózisnál 3,03 ± 1,22 cm és a 30 Gy dózisnál 2,80 ± 1,26 cm.

Az áztatott magvak sugárérzékenysége fokozottabb volt mindhárom fajnál. Ez elsősorban a növények magasságának átlagértékeiben mutatkozott meg. A szórás nem mutatott nagyobb változatosságot a kontrollhoz viszonyitva, mint a száraz magvak esetében.

Az 1982-ben alkalmazott/150; 200; 250; 300; 350 Gy/Co 60-nal történő besugárzások közül csupán a 350 Gy dózis okozott egyedül a L.luteusnál az éréskori növényszámban 50 %-ot meghaladó csökkenést.

Az 1983. évi gyorsneutron besugárzások /lásd táblázat/ a L.albus magvaknál a kelési %-ban nem okoztak eltérést. 6 hetes korig több mint 50 %-os kipusztulást a 130 Gy dózis idé-

zett elő. A növénymagasságban a növekvő dózisok sorrendjében határozott csökkenő tendencia érvényesült. A levélszámban lényeges csökkenést csak a 130 Gy dózis okozott.

A L.angustifoliusnál alkalmazott kezelések közül a 74 és a 120 Gy a kelési %-ot jelentősen csökkentette. Ez a tartomány a növénymagasságban is lényeges változást idézett elő. A levélszám alig változott, csupán a legnagyobb dózisnál.

Gyorsneutron besugárzás hatása a kelésre és a kezdeti növekedésre három csillagfürt fajnál.

Faj	Dózis Gy	Kikelt növ.sz. Ø %-ában	6 hetes növ.sz. Ø %-ában	Növ.m. cm $\bar{x}$	Szórás $\pm s$	Var. koeff. CV %	Lev. szám db $\bar{x}$	Szórás $\pm s$	Var. koeff. CV %
L.a.	0	100,0	100,0	29,14	1,80	6,2	13,68	1,55	11,3
	57	87,2	84,5	22,22	1,85	8,3	12,76	1,64	12,9
	70	91,7	88,6	18,61	2,50	13,4	12,30	1,79	14,5
	100	87,6	80,4	12,98	2,80	21,6	11,17	2,09	18,7
	130	88,6	38,1	6,94	2,91	41,9	8,48	2,64	31,0
L.an.	0	100,0	100,0	36,11	6,40	13,8	23,97	4,16	17,3
	35	93,5	92,4	37,07	5,12	17,7	23,64	4,58	19,4
	47	83,7	75,0	33,79	6,65	19,7	23,03	5,49	23,6
	74	55,4	52,2	26,75	6,31	23,6	22,33	6,45	28,9
	120	43,5	31,5	13,19	6,98	52,9	11,03	6,19	65,2
L.l.	0	100,0	100,0	8,79	1,90	21,6	17,13	3,49	20,4
	30	90,1	40,9	5,43	1,86	34,2	7,80	4,76	61,0
	40	94,5	23,9	3,45	1,65	47,2	4,14	1,62	39,1

A L.luteusnál alkalmazott dózisok közül a 74 és 110 Gy letálisnak bizonyult. A magvak kikeltek, de a gyököcske és rügyecske olyan mértékben károsodott, hogy egyetlen lomblevél kezdemény sem jelent meg. A 30 és 40 Gy dózisoknál is jelentősen csökkent az átlagos növénymegasság és az átlagos levélszám.

Az 1983-ban alkalmazott /100; 200; 400; 500; 600 Gy/ sugárdózisok közül a 400 Gy-től kezdődően tapasztaltunk jelentősebb változást.

A sugárkezelések nagyobb, mutációs tartományba eső dózisai hatására mindhárom faj esetében nött a növénymagasság és levélszám szórása, ami a genetikai variabilitás kiszélesedésére utal. A sugárkezelések esetenként jól megfigyelhető makroszkópikus morfológiai elváltozásokat, - pl. klorofillaberráció, kettős virágzatitengely stb. - is okoztak.

Vizsgálati eredményeink alapján a gammasugárzás mindhárom fajnál 400-600 Gy tartományban, a gyorsneutron sugárzás L.albusnál 100-130 Gy; L.angustifoliusnál 90-120 Gy; L.luteusnál 30-40 Gy dózistartományban alkalmasnak mutatkozik mutációk kiváltására. A L.albusnál az Atomenergia Ügynökség /1977/ kézikönyvében javasolt 20-30 Gy-vel szemben, mi a Nyirségi fehérvirágú édes fajta esetében e dózisok 3-4-szeresét tartjuk mutáció kiváltására alkalmasnak.

A GAMMA BESUGÁRZÁS HATÁSA AZ OLAJLEN ANYATÖVEK VARIABILITÁSÁRA M_3 NEMZEDÉKBEN

Lazányi János

DATE Kutató Intézete, Karcag

Növénynemesitésben a szelekció hatékonyságát a kiindulási populáció variabilitása nagymértékben meghatározza, ezért a legtöbb kvantitativ nemesitési eljárás az additiv genetikai variancia növelését tüzi ki célul. Az additiv variancia növelésére - több szerző együttes véleménye szerint - hasznos lehetőséget nyujtanak a különböző mutagénekkel végzett kezelések.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Indukált mutációval előállitott populáció genetikai elemzéséről először GREGORY /1955/ közölt adatokat, és megállapitotta, hogy a röntgen-sugárral kezelt populációban nőtt a genotipusos variancia /in FREY 1966/. Hasonló eredményre jutott GRIFFITHS, JOHNSTON /1962/ buzánál.

BOROJEVICS /1965/ röntgen és neutron besugárzott őszi buza törzsek M_2 és M_3 nemzedékében a kalászonkénti szemszám vizsgálatakor négyszeres variáció növekedést tapasztalt. Kisérleteiben a besugárzott populáció átlagtermése megegyezett, vagy nagyobb volt, mint a kontroll populációé.

KRULL, FREY /1961/, GAUL /1965/ aprómagvak besugárzásakor nem tapasztalt változást az ezermagtömegben, ugyanakkor gamma besugárzás hatására nőtt a populáció variabilitása.

Gamma besugárzással előállitott törpe olajlen mutánsok előállitásáról számolt be GEORGE, NAYAR /1973/. Az 50 Krad dózissal kezelt állományban egy 25 nappal korábban virágzó egyedet találtak.

VIZSGÁLATOK ANYAGA, MÓDSZERE

Az olajlen vetőmagvak besugárzását a Phylaxia Sugárhasznositási Csoportja végezte el 1975-ben 5, 10, 20, 40 Krad dózis alkalmazásával. A dózis teljesitmény 10 Krad/óra volt és a vetőmagot a sugárforrástól 100 cm távolságra helyezték el. A besugárzott vetőmagot 25 cm sortávolságra és 100 mag/m vetőmag normával vetettük el. Az első évben csak a kelési százalékot értékeltük, és a termést szelekció nélkül takaritottuk be. A következő évben a fajta kisérletekben alkalmazott módszer szerint az olajlen felszaporitását tovább folytattuk. M_3 nemzedékben a kontroll és besugárzott olajlenből vissza anyatöveztünk. Az anyatöveket tág térállásban 25x4 cm kötésben neveltük fel, és elvégeztük egyedi megfigyelésüket.

Az anyanövények feldolgozása során meghatároztuk a növénymagasságot, a növényenkénti tokszámot, a megtermékenyülési százalékot és az ezermagtömeget. A növények egyedi felvételezését minden kezelésben 600-600 anyatőnél végeztük el.

A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A 30 Krad dózissal kezelt Maros olajlen M3 nemzedékének átlagos magassága, megtermékenyülési százaléka és ezermagtömeg nem különbözött szigniflikánsan a kontrolltól. Ennél nagyobb dózisu kezelésnél a különböző mennyiségi tulajdonságok tekintetében még M3 nemzedékben is csökkent a szelektálatlan populáció átlaga. A kis dózisu kezelések hatását M3 nemzedékben nem tudtuk kimutatni.

1. táblázat

A gamma besugárzás hatása az olajlen anyatövek variabilitására

	Átlag		Szórás		Variációs coefficiens		Szórás a kontroll százalékában
	30 Krad	Kont.	30 Krad	Kont.	30 Krad	Kont.	
Szármagasság /cm/	60,72	60,68	8,27	5,13	13,62	8,45	161,2
Tokszám /db/növ./	29,04	35,09	6,57	6,32	23,24	18,01	129,0
Megtermékenyülés /%/	59,60	60,32	7,86	5,91	13,18	9,79	134,6
Ezermagtömeg /g/	7,54	7,64	0,97	0,55	12,86	7,19	178,8

A kontroll populációban a növényenkénti tokszámnak volt legnagyobb a szórása. A hozzátartozó CV érték 18 %. A legkisebb szórása az ezerszemtömegnek volt /CV=7,19 %/. Az M3 nemzedékben a legnagyobb változást a 30 Krad dózissal kezelt populáció ezermagtömegében találtuk. A tulajdonság variabilitásának növekedése 78,8 %. Hasonlóan nagy variáció növekedést tapasztaltunk a növénymagasságnál is.

A növényenkénti tokszám és a megtermékenyülési százalék variabilitásának növekedése lényegesen kisebb, ez a két tulajdonság nagyobb környezeti érzékenységével magyarázható. A növényenkénti tokszám csökkenés ugyanakkor rámutat, hogy a besugárzásnak a későbbi nemzedékekre is lehet káros hatása, amit csak több éves szelekciós munkával ellensulyozhatunk.

IRODALOM

1./BOROJEVIC, K. /1965/: The effect of irradiation and selection after irradiation on the number of kernels per spike in wheat. The use of induced mutations in plant breeding, Suppl. to Rad. Bot. V. 5. 2./ FREY, K.J. /1966/: Plant Breeding: The Iowa state university Press. Ames, Iowa. 3./ GAUL, H. /1965/: The concept of macro- and micro-mutations, Suppl. to Rad. Bot. V. 5. 4./ GEORGE, K.P. - NAYAR, G.G. /1972/: Early-Dwarf mutant in linseed induced by gamma-rays. Current Science 1972. 42. 137-140. 5./ GREGORY, W.C. /1965/: X-ray breeding of peanuts /Arachis hypogaea L./. Agron. J. 47: 396-399. 6./ GRIFFITHS, D.J. - T.C. JOHNSTON /1962/: The use of an irradiation technique in oat breeding. Radiat. Bot. 2: 41-52.

AZ EGYELÉS ÉS A PALÁNTANEVELÉS KIKÜSZÖBÖLÉSÉNEK LEHETŐSÉGE SUGÁRKEZELT VETŐMAGKEVERÉK HASZNÁLATÁVAL

Földesi Dezső[1]-Tétényi Péter[1]-Stenger Vilmos[2]

[1]GYÓGYNÖVÉNY KUTATÓ INTÉZET kv, BUDAKALÁSZ

[2]MTA IZOTÓP INTÉZETE, BUDAPEST

A gyógynövények nemesitési kutatásainak során alkalmazott mutációs sugárdózisok keresésekor felfigyeltünk arra, hogy e mutációs dózis feletti C06o sugárzás hatására a kezelt magvak még nem veszitik el csirázóképességüket, de tenyészcsúcsaik annyira megsérülnek, hogy a sziklevelek megjelenése után már továbbfejlődni nem tudnak, hanem elpusztulnak. Ez a megfigyelés adta azt az ötletet, hogy az igy kezelt magvak - mint aktiv ballasztanyag - felhasználhatók lehetnek az aprómagvú növények kelésének segitésére. /Az eljárás a 154369 számon megadott magyar szabadalommal védett./

E technológiai módszert a mák egyelésnélküli termesztésénél alkalmaztuk először sikerrel. A gyenge csirázási erejü, apró mák magvak szemenként elvetve nem tudják biztonságosan áttörni a felettük lévő talajréteget. Azonban ha az ép magvak mennyiségéhez négyszeres-ötszörös mennyiségü sugárkezelt mák magot homogénen hozzákeverünk, akkor ezek, az ép magvakkal együtt kelve, segitik az ép magvak kelését. Igy a kelés biztonsága megmaradt, az egyelési munka pedig kiküszöbölhető volt, mert a sugárkezelt magból kelt növények elpusztultak.

Hasonló technológia alkalmazásával lehetett a káposztaféléknél a palántázási munkát elhagyni, és e növényeknél a biztonságos helybevetést megoldani. Az általában magas értékü káposztafélék magjának a palántanevelésnél használatos mennyiségéhez négyszeres-nyolcszoros mennyiségü, olcsó sugárkezelt mustármagot keverünk, amely a biztonságos kelést elősegiti, a kártevők kárositását mérsékeli, és a palántanevelés munkájának kiküszöbölésével a káposztafélék termesztési költségét jelentősen csökkenti.

A módszernek jelentős előnye, hogy a hagyományos mezőgazdasági eszközökkel - vetőgépekkel - a technológia megvalósitható.

Hazánkban ma már több ezer hektár területen, nagyüzemi körülmények között eredményesen alkalmazzák a sugárkezelt vetőmagkeveréket a mák egyelésnélküli termesztésénél, valamint a káposztafélék helybevetéses telepitésénél.

ATOMKI Riport X/5 (1983) 165-166

TARTÓSITÁSI, RAKTÁROZÁSI ÉS VÉDEKEZÉSI MÓDSZEREK JAVITÁSA SUGÁRTECHNIKAI ELJÁRÁSOKKAL

Dr. Biacs Péter, Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet, Budapest

Az élelmiszerek, élelmiszeripari nyersanyagok jelentős része megy veszendőbe a tárolási veszteségek következtében. Egyes számitások szerint a világon évente összesen megtermelt élelem 35 %-a vész el a védekezés hiányosságai miatt. Minden olyan uj eljárás, amely ezt csökkenti, fontos az élelmiszertartósitás fejlesztésében, növeli az élelmiszerkészleteket.

Az élelmiszertartósitási eljárások között viszonylag uj az ionizáló sugárzás alkalmazása. Fizikai eljárás, hasonlóan mint a hőkezelés vagy a hütés, igy vegyszermaradvány szennyezettség nem merül fel. A környezetvédelem szempontjából ez fontos tényező, és azokat a fogyasztókat is megnyugtatja, akik az u.n. bio-élelmiszereket előnyben részesitik a kemizálással és gépesitéssel megtermelt élelemmel szemben.

A hagyományos tartósitási eljárásokkal összevetve, ez a kezelés kisebb energia-felhasználást igényel. Az uj energiatakarékos eljárás ugyanakkor lehetővé teszi, hogy olyan hagyományos, fosszilis energiahordozókat /kőolaj, földgáz/ megtakaritsunk, melyek felhasználása a mezőgazdaság és élelmiszeripar egyik jelentős költségforrása. A kezelés során hőmérsékletemelkedés, igy a termékben hőkárosodás nem következik be.

A sugárdózis nagyságával a hatás jól szabályozható. A nyersanyagok, élelmiszerek és csomagolt áruk kezelése megoldható és a besugárzó berendezés a gyártási technológiai vonalba jól illeszthető.

A sugárkezelés sok terméknél az eddig alkalmazott eljárásokkal szemben különös előnyökkel, nagyobb hatékonysággal rendelkezik /vöröshagyma, fokhagyma, gabonafélék, gomba, füszerek, husfélék, stb./. A károkozó mikroorganizmusokat a besugárzás nagy biztonsággal elpusztitja. A besugárzás kombinálása más tartósitási eljárással növeli az eljárás hatékonyságát és javitja a termék minőségét.

Az eljárás bevezetésének egyik fontos tényezője a hatékonyság mellett a gazdaságosság. Ezt esetenként és helyenként külön meg kell vizsgálni a gyártás teljes keresztmetszetében, a nyersanyag termeléstől a kezelésen át a tárolásig, a minőség kérdéséig és az egyenletes élelmiszer-ellátás biztositásáig.

A jó eredmények alapvető feltétele a jó minőségü nyersanyag. A besugárzásos kezelés is igényli a jó nyersanyag-minőséget, fizikai, kémiai és biológiai /mikrobiológiai/ szempontból egyaránt. Mechanikai sérüléseket szenvedett, földes és mikroorganizmusokkal alaposan szennyezett anyagon az ionizáló sugárzás sem segithet. Sugárkezelt élelem értékesitésének lehetőségeit az eljárás legalizálása itthon és a külföldi piacokon nagymértékben befolyásolja.

A fogyasztók fogadókészsége az uj eljárás elterjedésében szakszerü felvilágositó munkával, ismeretterjesztéssel elősegithető.

A WHO/FAO/IAEA Szakértői Bizottság állásfoglalása /Genf, 1976, 1980/ jelentősen megkönnyiti munkánkat. Hazánkban már eddig közel 25 tonna burgonyát, 400 tonna hagymát és 5 tonna füszert kezeltek ionizáló sugárzással: az előbbieket a csirázás gátlására, az utóbbiakat pedig a mikrobiológiai szennyezettség csökkentésére.

A Codex Alimentarius Bizottság tevékenysége a besugárzott élelmiszerek és a besugárzás kodifikálása érdekében jelentős sikerekre tekinthet vissza több országban. A Bizottság munkájának kiszélesitését szolgálja a jövőben, ha sikerül nemzetközi szabványjavaslattal élni és az egyes országokban az ionizáló sugárzásra vonatkozó jogszabályozást összehangolni.

A nemzetközi kereskedelemben azonban gondot jelent, hogy a sugárkezelés feltüntetése az élelmiszereken nem egyértelmü és eddig még nem találtak olyan kimutatási, analitikai eljárást, amellyel a sugárkezelés bizonyitható lenne.

Nemzetközi együttmüködés további fokozását jelenti a "Nemzetközi Élelmiszerbesugárzási Konzultativ Tanács" létesitésére tett javaslat /1983 február, Bécs/, melynek egyik fő feladata, hogy különböző országokban növelje az engedélyek és az élelmiszeripari besugárzó létesitmények számát. Az ionizáló sugárzás biztonságos és hatékony eljárássá fejlesztésével olyan technológiák kialakitására nyilt lehetőség, melyet hazánkban időben felismertek, alkalmaztak és továbbfejlesztettek, ezért joggal bizhatunk a további fejlődésben,

HÚSKÉSZITMÉNY ÉS BAROMFIHÚS MIKROBASZÁMÁNAK CSÖKKENTÉSE BESUGÁRZÁSSAL

Kiss, I.,[x] Kovács, S.,[xx] Kovácsné-Domján, H.,[xx] Zachariev, Gy.[x]

[x]Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet, Budapest

[xx]Állategészségügyi és Élelmiszer Ellenőrző Központ, Bpest

A húsok és húskészitmények a romlást okozó mikroorganizmusokon kivül feltételezett kórokozó és kórokozó mikrobákat is tartalmazhatnak. A higiénes feldolgozási és tárolási technológiák alkalmazása mellett is ezek a mikrobák jelen vannak. Számuk csökkentésére, illetve teljes eliminálásukra megvizsgáltuk az ionizáló sugárzás hatását és alkalmazhatóságának lehetőségét. Húsról izolált néhány élelmezésegészségügyi szempontból kifogásolható mikroorganizmus D_{10} értékét állapitottuk meg model oldatban, ill. sugárérzékenységét húsban.

Megállapitottuk, hogy a hamburger tipusu készitmény tárolhatósága 2 kGy sugárdózis hatására +4°C hőmérsékleten tárolva, legalább 3-4 szeresére nő meg a nem-besugárzottéval szemben. A készitmény jó minőségü volt.

A zsigerelt, tisztitott baromfi nagyon gyakran szennyezett szalmonellával. A fagyasztva tárolás során számuk gyakorlatilag nem változik, ezért további szennyező forrás lehet.

A nem-vákuum és a vákuum csomagolt, fagyasztott állapotban 3 és 5 kGy sugárdózissal kezelt csirkénél megállapitottuk néhány mikroorganizmus /mezofil aerobok, hidegtürők, S.aureus, enterokokkusz, stb./ pusztulását. Az enterobaktériumok és a koliformok száma 2-3 nagyságrendet csökkent, illetve már nem lehetett őket kimutatni. A természetes szennyeződésből származó szalmonellák pedig eliminálódtak, s velük együtt a kampilobakter is. A szalmonellákkal mesterségesen szennyezett csirkéknél 4, illetve 7 nagyságrend csökkenést állapitottunk meg.

A tárolás során több alkalommal végzett érzékszervi vizsgálatok alapján megállapitást nyert, hogy a különböző-képpen készitett ételek minősége között /kezeletlen és besugárzott/ szignifikáns különbség nem volt.

A GAMMA-SUGÁRZÁS HATÁSA A TEJPOR TULAJDONSÁGAIRA

Kispéter József, Cséfalvay Ignácné, Fenyvessy József,
Hidegkúti Ágnes, Szöllősi Éva

Élelmiszeripari Főiskola, Szeged

Az ionizáló sugárzással történő élelmiszertartósítás ipari bevezethetőségének, közegészségügyi engedélyezésének alapját kiterjedt toxikológiai, kémiai, mikrobiológiai és fizikai vizsgálat képezi.

Ismeretes, hogy a sugárkezelésekkel szemben a zsírok és a zsírtartalmú élelmiszerek igen érzékenyek, Így célul tűztük ki, hogy a zsírok sugárrezisztencia tulajdonságával kapcsolatban komplex vizsgálatot végezzünk; amelyhez modellanyagnak a zsíros tejport választottuk.

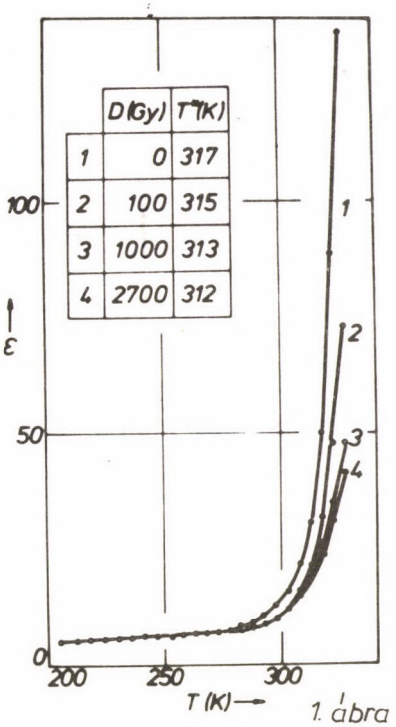
Vizsgáltuk a Kobalt-60 gamma sugárforrással különböző mértékben (50-2700 Gy) besugárzott,porlasztva szárított, kereskedelmi forgalomba kerülő zsíros tejpor kémiai, mikrobiológiai, fizikai és mutagenetikai tulajdonságait, amelyet részleges érzékszervi (íz, szag) vizsgálattal egészítettünk ki. Ezek az alábbi jellemzők meghatározására terjedtek ki. A kémiai: savfok, nedvességtartalom, oldhatóság és peroxidszám; a mikrobiológiai: Salmonella, Staphylococcus aureus, Enterococcus, Koliform, E.coli, szulfitredukáló Clostridium, penész és mezofil aerob élőcsíraszám (mikróbaszám); a fizikai: váltóáramú elektromos vezetőképesség és dielektromos állandó. A fizikai jellemzőket tejporból készült, ezüst elektróddal ellátott, préselt rétegeken, TESLA gyártmányú BM 484 tipusú félautomata preciziós híddal mértük 1591 Hz frekvencia mellett, 200-325 K hőmérséklettartományban.

A mutagenetikai vizsgálattól arra a kérdésre vártuk a választ, hogy a zsíros tejporban sugárkezelés hatására képződnek-e olyan radiolitikus termékek, amelyek kiválthatják az örökítő anyag (DNS) maradandó változását; van-e mutagén és/ /vagy rákkeltő hatásuk. Ezt a kérdsét a Drosophila mozaik testtel vizsgáltuk meg /1/. A mozaik test lényege azon a megfigyelésen alapul, hogy a szülőktől öröklött lappangó tulajdonságok mutagén és/vagy rákkeltő hatás esetén mozaik foltok formájában jelennek meg; esetünkben a muslicák szárnyain.

Meg kell jegyezni, hogy vizsgálatainkat a tejporgyártás után közel azonos időszakban végeztük. A tárolás közben bekövetkező változásokkal most nem foglalkoztunk.

A kémiai vizsgálatok eredményei: A savfok az alkalmazott dózis függvényében 8-9,3 SH^{o} között - nem tendencia jelleggel - változott. A nedvességtartalom 4,5 % körül ± 0,4 %-os statisztikai szórást mutatott. Az oldhatóság és a peroxidszám változását az alábbi táblázat mutatja:

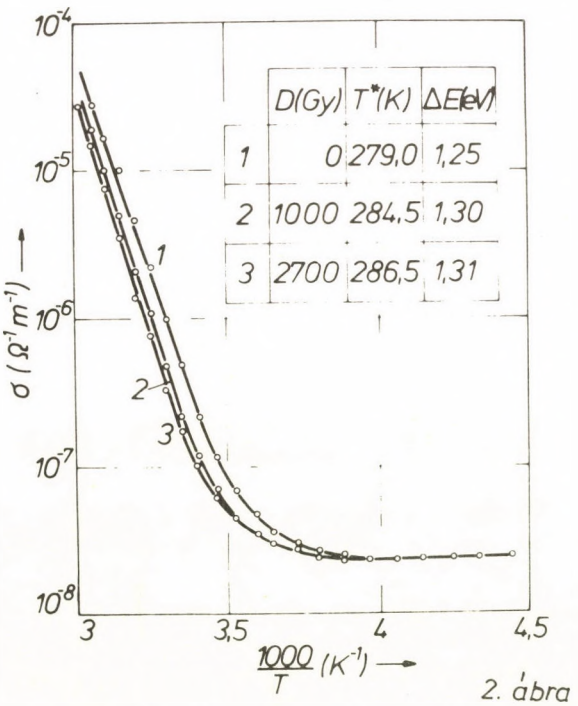
DÓZIS (Gy)	0	50	100	200	500	1000	2700
OLDHATÓSÁG (%)	89,4	87,6	87,0	83,5	82,2	79,9	79,2
PEROXIDSZÁM	3,1	6,0	7,4	8,1	9,9	11,8	17,1
MIKRÓBASZÁM	2300	2300	2300	2300	240	140	21



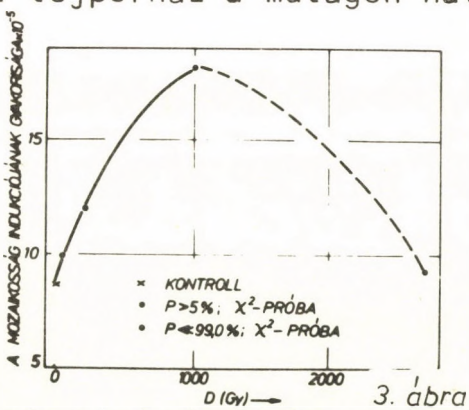
1. ábra

A legjellemzőbb kémiai változás a peroxidszámnál tapasztalható.
A vizsgált mikrobiológiai jellemzők mintáinknál "kifogástalannak" minősültek, csak a mikróbaszám mutat egyértelmű csökkenést (l. táblázat).
A dielektromos állandó hőmérsékletfüggését az 1. ábra, a váltóáramú elektromos vezetőképességét a 2. ábra mutatja.
A mutagenitás dózisfüggése a 3. ábrán látható.
Az érzékszervi vizsgálat szerint 200 Gytől az ízhatás, míg ennél nagyobb dózisnál a szag is kellemetlen volt.

Eredményeinket értékelve megállapíthatjuk:
- A tejporban az emulgeált zsír mellett a szabad zsír a sugárérzékeny, az oxidációs elváltozás a dózissal fokozódik, ami jól jellemezhető a peroxidszámmal.
- A dielektromos állandó és a váltóáramú elektromos vezetőképesség a "magasabb" hőmérsékleteken egyértelmű korrelációban van az elnyelt sugárdózissal.
-Az előzetes vizsgálatok eredményei azt jelzik,hogy a sugárkezelt tejpor mintáknak rendkívül kis mértékű, biztosan kimutatható mutagén hatása van.Az ismert - etil-metánszulfonát - mutagént több mint 20-szor hatékonyabbnak tapasztaltuk. Ez azt jelenti, hogy a sugárkezelt tejpornál a mutagén hatás



2. ábra



3. ábra

mértéke rendkívül csekély, a kimutathatóság határán mozog és a tejpornak humán fogyasztása szempontjából elhanyagolható.

Irodalom:

/1/ János Szabad, István Soós, Gyula Polgár and Györgyi Héjja: Testing the mutagenicity of malondialdehyde and formaldehyde by the Drosophyla mosaic and the sex-linked recessive lethal test; Mutation Reseach, 113, 117-133 /1983/.

KÖZPONTI ÉLELMISZERIPARI KUTATÓ INTÉZET

Kovács,E. - Pénzes, B-né.

A sugárkezelt csiperke- és laskagomba árusitási eredményei, ill. gazdaságosságának elemzése

A csiperke- és laskagomba sugárkezeléssel történő tárolhatóságának meghosszabbitásával intézetünk több mint 15 éve foglalkozik. A gombáknál a sugárkezelés, a szedés és a piaci értékesités között fellépő veszteségeket a nyersanyag fiziológiai folyamatainak lassitása utján mérsékli.

A csiperkegomba a sugárkezelést követően nem szineződik el, a gombakalap nem nyilik ki, a spórák nem fejlődnek, a tönk nem nyúlik meg, a micéliumsejtek nem növekednek. A sugárkezelt gomba érzékszervi jellemzői és beltartalmi értéke jobb, mint a kezeletlen gomba megfelelő jellemzői. A tárolási súlyveszteség is csökken a kezelést követően.

A laskagomba a sugárkezelés után kevésbé öregedik, spórái nem fejlődnek, nincs micéliumképződés a gomba felületén, a gombakalap nem szakadozik be.

Mindkét gomba tárolhatósága jelentősen /2-3 szoros/ megnövekedik a kezelést követően. A tárolási súlyveszteség csomagolás alkalmazásával tovább csökkenthető.

Az eljárás bevezethetőségére és gazdaságosságára vonatkozólag is végeztünk felméréseket.

1981 és 1982 kb. 1.5 tonna sugárkezelt gombát árusitottunk Budapesten. A tétel nagyobbik részét csomagolatlanul, kisebb részét csomagolva, a kereskedelemben ismert kiszerelésben, értékesitettük, a ZÖLDÉRT Vállalaton keresztül.

Az értékesitésbe bevont nyersanyagot 5°C-on, 7 napig tároltuk. Ezt követően, mint I.osztályú nyersanyagot értékesitettük.

Felmérést végeztünk abból a célból, hogy megállapitsuk, milyen gombamennyiség sugárkezelésére lesz a jövőben szükség.

A világ összes gombatermelése jelenleg mintegy 900-1000 ezer tonna, ennek kb. 2/3 része csiperkegomba. Magyarországon évente 3.4 - 3.7 ezer tonnát, laskagombából 120 tonnát termesztenek.

A csiperkegomba termeltetés irányitását, integrálását Gombatermesztési rendszer látja el. A legnagyobb arányu termelés Budapesten és környékén összpontosul. A megtermelt mennyiség kb 90 %-a a szövetkezeti és állami kereskedelem útján kerül a fogyasztókhoz. A fentiek miatt sugárkezelés alkalmazása esetén a szállitási távolságot kb. 20 km-re becsülhetjük.

A raktározás és hütőtárolás alatt a gomba súlyvesztesége naponta kb. 1 %. Becsléseink szerint a sugárkezelést követő tárolás költségei kb. 3 Ft-tal növelné a forgalomba kerülő gomba költségét.

A sugárkezelés költségeit 2.5 kGy sugárdózisra /ez a dózis szükséges a tárolhatóság megfelelő növeléséhez/ vonatkoztatva, kg-onként 4 Ft-ban állapitották meg.

Ha csak a tárolási veszteséget vesszük figyelembe, akkor a sugárkezelt gomba termelési, tárolási és forgalmazási költségei kb. 1.5 %-kal magasabbak, mint a hagyományosan tárolt gomba költségei.

Ha figyelembe vesszük a hagyományosan tárolt és a sugárkezelt és tárolt gomba minőségi és beltartalmi értékeit, akkor a sugárkezelés költségei megtérülnek, és nem növelik a gomba forgalmazási árát.

Adataink a belföldi forgalmazásra vonatkoznak, de megjegyezzük, hogy a kezelés bevezetésével gomba exportunk jelentősen növekedhetne, és az exportnál a sugárkezelés alkalmazása a gazdaságosság szempontjából igen jelentős lenne.

A sugárkezelt szamóca értékesitési eredményei és a sugárkezelés költségkihatása

Vörös,Zs. - Kovács,E. - Pénzes, B-né - Kiss, I.

KÖZPONTI ÉLELMISZERIPARI KUTATÓ INTÉZET

A szamóca sugárkezelésével az életfolyamatok lassitása által a szedés és a piaci értékesités között jelentkező veszteségeket mérsékelni lehet. A szamócatermés döntő többsége, friss fogyasztásra kerül, viszont a szamóca egyike a legromlékonyabb gyümölcsöknek. A forgalmazásnál a szállitási időtől és tárolási idő hosszúságától függő veszteségek 10-15 %-ra becsülhetők.

A szamóca tárolási kisérletek eredményei alapján 2.5 kGy sugárdózis és hűtőtárolás /5°C, 80-90 % RP/ alkalmazásával a szamóca 7 napig teljesen romlásmentesen tárolható. Tizennégy napos tárolás után a veszteségeket a felére-negyedére lehetett mérsékelni. A dobozos csomagolás /Resinit VF 71 fólia/ fajtától függetlenül azonos mértékben lassitotta a tömegcsökkenést és csökkentette a tárolási veszteségeket. Az érzékszervi birálatok azt bizonyitották,hogy a kezeletlen és a sugárkezelt szamóca ize, szine, illata, állománya között nem volt különbség.

A "Marketing teszt"-eken az egészségügyi engedélyek birtokában 1981-ben 0.4 t, 1982-ben pedig 0.6 t, 7, illetve 9 napos besugárzott szamócát árusitottunk a ZÖLDÉRT üzletekben.A vevők nem idegenkedtek a besugárzott szamócától, a vásárlási szándékot a termék minősége döntötte el.

A gazdasági számitások elvégzéséhez figyelemmel kisértük a világ és a hazai termelési nagyságrendeket,a területi termelési megoszlást, a termelés szektorális arányát, a fogyasztási bázis nagyságát, a sugárforrás elhelyezkedését.

Számszerüleg meghatároztuk a tárolás és forgalmazás veszteségeit és megállapittottuk,hogy a kiskereskedelmi forgalomban képződik a nagyobb veszteség.

Meghatároztuk a sugártartósitás céljára számitásba vehető mennyiségeket.

Árúpálya árkalkulációkat készitettünk a hagyományosan tárolt és forgalmazott, másrészt a sugártartósitással kiegészitett forgalmazási költségekre vonatkozóan.

A szamócánál az árúpályák különbözősége arra engedett következtetni, hogy az árrés összege ugyan azonos a variációknál, de fedezeti funkciója változó volt. Sugárkezelt szamóca esetében az árrés fedezetet biztositott a sugárkezelésre és a technológiát kiszolgáló munkafolyamatokra.

Gazdasági számitásaink alapján a sugárkezelt szamóca besugárzási költségeit kompenzálta, illetve meghaladta a veszteség csökkenéséből adódó megtakaritás.

TÁROLÁSI KISÉRLETEK BESUGÁRZÁSSAL KIHAJTÁSGÁTOLT BURGONYÁVAL

Dr. Beczner Judit

KÖZPONTI ÉLELMISZERIPARI KUTATÓ INTÉZET Bp.

Az 5 éven keresztül, félüzemi méretekben folyó burgonyabesugárzási kisérletek eredményei azt bizonyitották, hogy a 100 Gy sugárdózis eredményesen gátolja a burgonya kihajtását.

A spontán romlás vizsgálata során megállapitottuk, hogy a fertőzött gumók száma a tárolás során rendszerint nő, a kontroll és a sugárkezelt gumók romlása - megfelelő tárolási körülmények között - nem különbözik egymástól szignifikánsan.

A sugárkezelés növeli a gumók in vitro betegségfogékonyságát mind a gombás, mind a baktériumos betegségekkel szemben, azonban ennek in vivo jelentkezését a fajta, a fiziológiai állapot, valamint a tárolási és kezelési körülmények nagymértékben befolyásolják.

Az ütés hatására bekövetkező szürkülés mértékét elsősorban a fajta, az agrotechnika és a tárolási technológia határozza meg.

A burgonya érzékszervi tulajdonságait a sugárkezelés nem befolyásolja.

A szacharóz és a redukáló cukor-tartalom nő közvetlenül a sugárkezelés után, de 3 hónapi tárolás után a kontroll szintjére csökken. A cukor-tartalom további alakulása inkább függ a fajtától, mint a besugárzás tényétől.

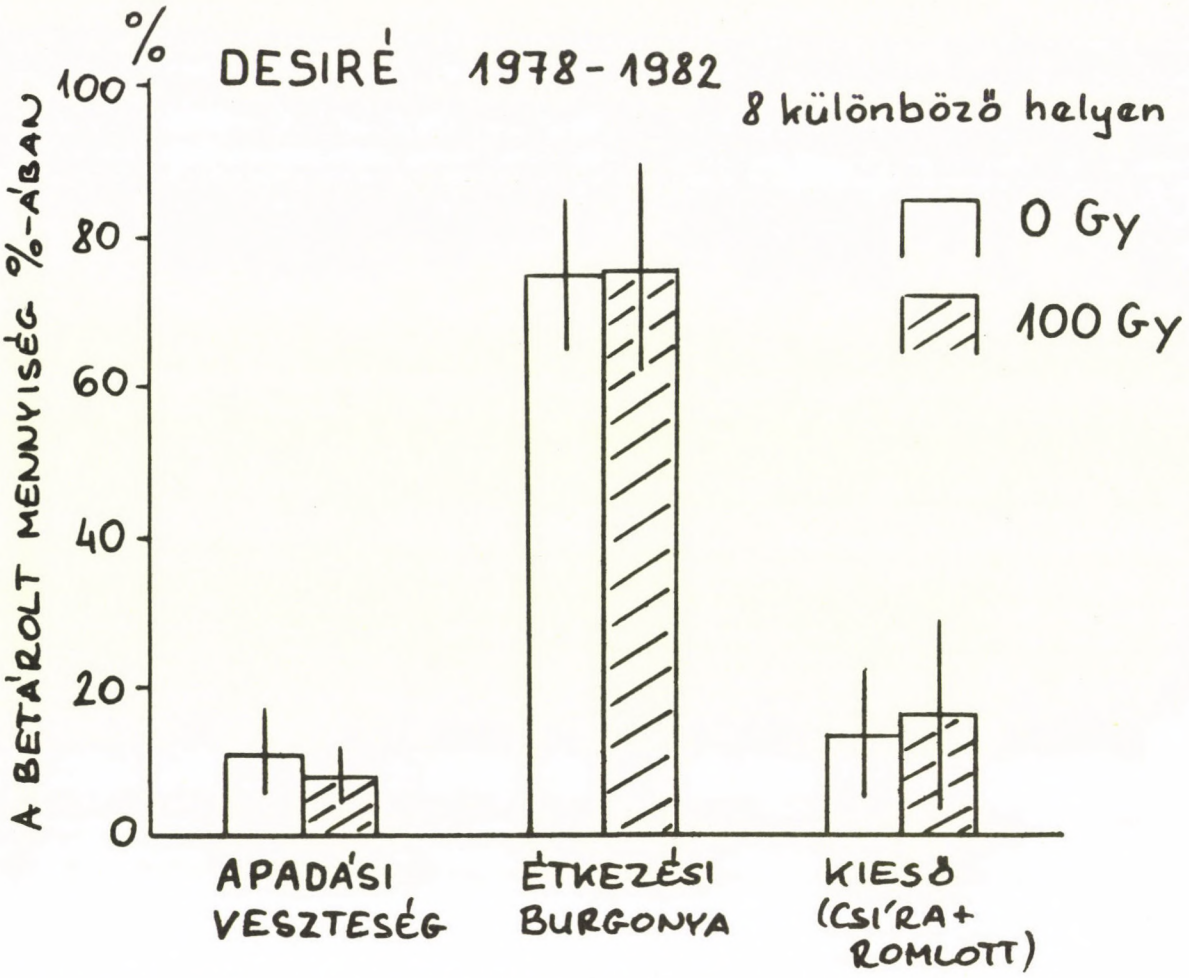
Az állományban bekövetkező változásokat müszeres /INSTRON M 1140/ méréssel követtük nyomon. Valamennyi fajta esetében a sugárkezelt minták tulajdonsága kedvezőbb volt, mint a kontrolloké.

A sugárkezelt gumók hámozási vesztesége szignifikánsan kisebb volt, mint a kontrolloké.

A sugárkezelt gumók tárolási súlyvesztesége általában kisebb, mint a kezeletleneké, az egészséges gumók mennyisége gyakorlatilag azonos a kontrollokéval.

Az egészséges sugárkezelt gumók szebbek, tetszetősebbek, mint a kontroll gumók, s kedvezőbb állományuk miatt feldolgozásra is alkalmasabbak.

A legkedvezőbb eredményeket a Desiré fajtával értük el.



1. ábra: Tárolási kísérletek összefoglalása

2. ábra: Kontroll és sugárkezelt burgonya 8 hónapos tárolás után

ELTÉRŐ BESUGÁRZÁSI FORMÁK HATÁSA A SZÓJA EGYES BIOLÓGIAILAG AKTIV VEGYÜLETEINEK MENNYISÉGÉRE

Hassan Barakat Hamed és Mézes Miklós
"Március 15"MTSZ, Hernád MULTIRADIÁCIÓ
GATE Állatélettani és Állategészségtani Tanszék

Eltérő formáju besugárzások- röntgen,gyorsitott elektronok -hatását vizsgáltuk különböző sterilizációs dózisoknál /5,10,15 KGy/ a szójalisztre illetve szójadarára. A vizsgált paraméterek a szója biotin, E-vitamin tartalma, illetve tripszin inhibitor aktivitása voltak.
Ugy találtuk, hogy a szója biotin tartalma mindkét besugárzási forma alkalmazása esetén csökkent a dózis függvényében. A biotin degradáció mértéke a röntgenbesugárzás hatására kifejezettebb volt. A liszt illetve dara formában történő besugárzás hatásában lényegi eltérés nem volt kimutatható.
Az E-vitamin tartalom szintén dózisfüggően csökkent. A csökkenés mértéke a röntgenbesugárzás alkalmazása esetén nagyobb volt, amelynek oka megitélésünk szerint a besugárzás hosszabb időtartama és az ezzel összefüggő tartósabb lipidperoxidképződési időtartam. A liszt illetve dara formában történő besugárzás hatását összehasonlitva megállapitottuk, hogy a liszt formában történt besugárzás mindkét alkalmazott sugárzási formánál erőteljesebb E-vitamin tartalom csökkenést eredményezett, amelynek oka megitélésünk szerint a liszt nagyobb aktiv felületével hozható összefüggésbe. Ehhez társul természetesen a nagyobb szabad oxidációs felület okozta fokozott peroxidációs hányados is.
A tripszin inhibitor aktivitásban is kimutattunk értékelhető változásokat a besugárzás hatására. A csökkenés mértéke a röntgenbesugárzás alkalmazása esetén nagyobb volt. Ez a változás szintén összefügghet a korábban már emlitett sugárzás indukálta peroxidképződési folyamatokkal, amelyek az -SH csoportot tartalmazó biotin illetve a több telitetlen kettőskötéssel rendelkező E-vitamin molekula mellett a fehérjetermészetü tripszin inhibitor vegyületet is kárositja. A liszt illetve dara formában történt besugárzás hatását összehasonlitva itt is a már korábban emlitett jelenséget, a liszt esetében kifejezettebb degradáció, találtuk.
Az eredmények alapján levonható az a következtetés, hogy nagysebességü elektronokkal /elektrongyorsitó alkalmazásával/ történő besugárzás alkalmazásával azonos sterilizációs hatás elérése mellett a szója biológiailag aktiv vegyületei kevéssé károsodnak. Ugyanakkor viszont említést érdemel, hogy a takarmányozás,- illetve táplálkozásélettani szempontból káros tripszin inhibitor aktivitás sem csökken olyan mértékben, hogy elérje a kivánt szintet.

GAMMABESUGÁRZÁS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA KÉRTÉSZETI TERMÉNYEK TÁROLASA SORÁN

Mahfouz Al Bachir - Sass P.
Kertészeti Egyetem, Budapest

A Gyümölcstermesztési Tanszéken már 20 éve kutatjuk az egyes gyümölcsfélék tárolhatóságának lehetőségeit. Figyelmünk az utóbbi években a besugárzás hatásának vizsgálatára is kiterjedt, tekintettel arra, hogy ma már mobil sugárforrások használatára /mint pl. a Magyarországon gyártott Gigant 18 tipusu berendezés/ is lehetőség nyilik.

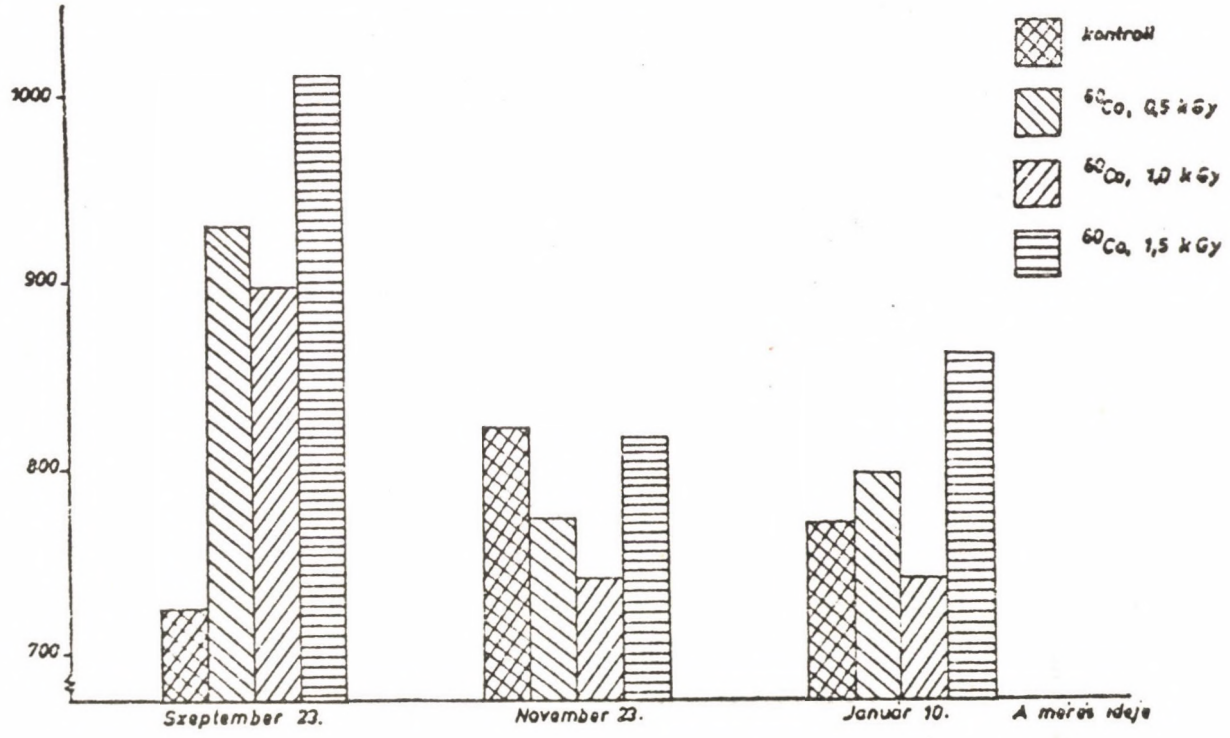
Kisérleteinket 1982-ben kezdtük meg különböző alma, téli körte és csemegeszőlő fajtákkal. A besugárzást az MTA Izotóp Intézetében végezték ^{60}Co-tal 0,5; 1,0 és 1,5 kGy dózissal. A besugárzott gyümölcsö-ket változatlan és szabályozott légterü tárolóban tartottuk 3-4 hónapig.

Mértük az apadási veszteséget, az élettani és gombás betegségek nagyságát. Ezen kivül a gyümölcsök tárolás alatti minőségi változásának nyomon követése céljából több intézet /BME Biokémiai Tanszéke, Faipari Kutató Intézet/ és egyetemi egységünk /Központi Laboratórium, Élelmiszerkémiai Tanszéki Csoport/ bevonásával a következő vizsgálatokat végeztük el:

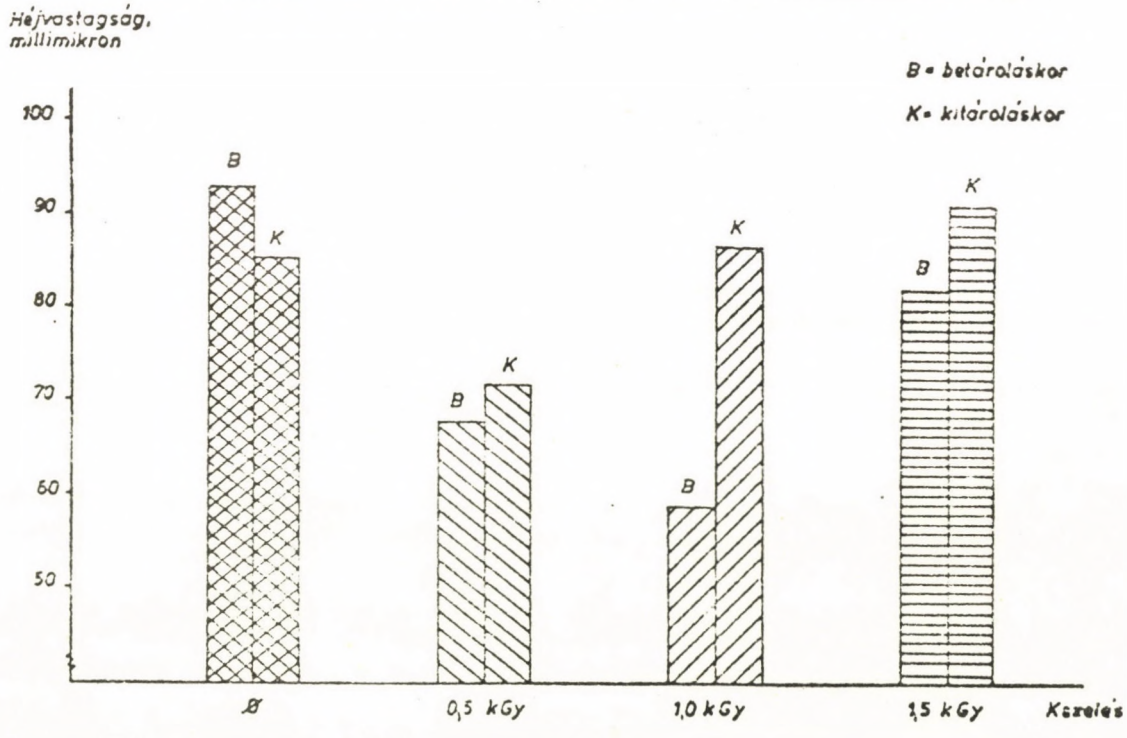
- beltartalomra /cukor, sav, szárazanyagtartalom, keményitő-tartalom, aromaanyagok, aminosav-tartalom/,
- fizikai vizsgálatok /huskeménység, szineződés/,
- légzésintenzitás vizsgálatok,
- enzimaktivitás vizsgálatok /pl. PE, PG, MDH, PPO, ICDH/,
- elektronmikroszkópos héjvastagság-vizsgálatok.

Nagy eredménynek könyvelhetjük el, hogy a besugárzott Jonatán lényegesen csekélyebb mértékben foltosodott. A romlási veszteség alakulása már nem volt ilyen egyértelmü; legkevésbé a kontroll és az 1,0 kGy-vel besugárzott alma romlott. A minőségi változásra utaló faktorok közül megemlithető az alapszin és a huskeménység kedvezőtlen alakulása. A légzésvizsgálatok /1.ábra/ egyértelmüen azt adták, hogy betárolás-kor a besugárzott kezelésekben légzésnövekedés állt be, de a tárolás során ez lényegesen csökkent, mig a kontrollé emelkedett. A héjszerkezet vizsgálata azt mutatta, hogy a sugárkezelt alma tárolása során a héj vastagodott /2.ábra/. A besugárzatlan alma PE aktivitása jóval a besugárzottaké felett volt, a PG aktivitása változásában pedig nem mutatkozott különbség a kezelés hatására. A sugárkezelt Jonatán almákban a Krebs-ciklusban szereplő néhány /MDH, ME, ICDH/ dehidrogenáz enzim aktivitása a tárolás során lecsökkent, azonban a különböző sugárdózisoknak megfelelő csökkenés nem egyértelmü.

1. ábra A ^{60}Co besugárzás hatása a Jonatán alma tárolás alatti légzésére



2. ábra A ^{60}Co besugárzás hatása a Jonatán alma héjvastagságának változására



GAMMASUGARAK VEGYSZERHELYETTESÍTŐ LEHETŐSÉGE GYÜMÖLCSÖSÖK KÁRTEVŐIVEL SZEMBEN

Pásztor Mihály
Állattenyésztési és Takarmányozási Kutató Központ,
Gödöllő

Az utóbbi években szinte naponta értesülünk szenzációkról, amelyek arra utalnak, hogy különös korszakban, az atom korszakában élünk. A demográfiai robbanás, a technikai eredmények, a csodálatos biológiai és genetikai felfedezések, az életkor ugrásszerű kitolódása a ma emberét egyúttal a holnap emberévé is teszik. Az ismeretlen jövőt a jelennel formálhatjuk. Az új tudományos eredmények egyaránt szolgálhatják az emberiség sohasem látott fejlődését, de okozhatják pusztulását is.

Földünk népei sok és súlyos problémával küszködnek. Ezek közül talán a legfontosabb, hogy lesz-e elegendő élelem az egyre sokasodó emberiség számára?Az élelmiszeralapanyagok termelésének növelése nem látszik könnyű feladatnak. A termőterületek jobb kihasználása, a genetikailag nagyobb termőképességű fajták termesztése, stb. mellett különös gondot kell fordítani a talaj intenzív tápanyag-visszapótlására, valamint a kártevők és a betegségek elleni szakszerű védekezésre.

A növényvédelem elmulasztása esetén a termés kb. 20%-át elpusztítanák a kártevők. A termés megmentésére a kereskedelem világszerte a növényvédőszerek egész arzenálját kínálja. Joggal mondhatjuk, hogy a mezőgazdaság a kemizálás virágkorát éli. Az állatok okozta károk leküzdésében is a vegyszeres védekezési módok dominálnak. Sokan úgy vélik, hogy a "mérgek" totális alkalmazása nélkül napjainkban és a jövőt illetően elképzelhetetlen az intenzív és magas színvonalú mezőgazdasági termelés folytatása. A növényvédőszerek nagyfokú alkalmazása egyrészt környezet- és egészségvédelmi okok, másrészt a rezisztencia jelensége miatt egyre kétségesebbé válik.

Magyarországon, ahol a növényvédelem a korszerű vegyszeres védekezésen alapul, kb. 32 ezer tonna hatóanyagot használnak fel évente. Gyümölcsösökben, szőlőkben évente 15 permetezésre is sor kerülhet, aminek következtében 5-6 kg vegyszer kerül 1 ha területre. A vadállomány, a hasznos fauna, a méhek különösen ki vannak szolgáltatva a mérgek hatásának. Szermaradékok előfordulhatnak a növényekben, az állatokban,a talajban, az álló- és folyóvizekben, a légkörben, a takarmányban és az élelmiszerekben.

A peszticidterhelések veszélyeit felismerve olyan kutatásokat folytattunk, amelyek lehetővé teszik a növényvédőszerek korlátozását, illetve kiiktatását a védekezés bonyolult rendszeréből. A kártékony rovarok besugárzással, illetve vegyi úton történő sterilizálása az ember és a haszonállatok védelme szempontjából veszélytelen védekezési

mód és az integrált növényvédelem egyik legperspektivikusabb irányzata. Ennek figyelembevételével vizsgáltuk az almamoly elleni genetikai módszer lehetőségeit. A laboratóriumban mesterséges táptalajon tömegtenyésztett hímlepkéket egynapos imágókorban kezeltük ionizációs gammasugárral /Cs 137/ és a rákgyógyításban alkalmazott Dimatif /dietilénimid amidotiofoszforsav/ elnevezésű kemosterilens 1%-os vizes oldatával. A besugárzás "Genetik-1" rovarbesugárzó berendezésen történt speciális konténerben, ahol a sugárintenzitás 1500 r/min volt. Meghatároztuk a lepkék optimális sterilizációs dózisát, amely gamma-besugárzás esetében 35 krad, Dimatif /kontakt kezelés/ esetében 4 órás expozició volt. Az optimális sterilizáló ágensek a hímlepkék nagyfokú /94-96%-os/ sterilitását eredményezték, ugyanakkor a kezelt állatok életkora, életfunkciói és reprodukciós képességei jelentéktelen mértékben változtak meg. A kísérleti állatoknál ellenőriztük a lerakott peték mennyiségét, a párzáskor átadott spermatofórák számát és mikropreparátumokban analizáltuk a sterilizált hímek által átvitt sperma mennyiségét és minőségét a fiatalabb és idősebb lepkéknél. Továbbá a sterilizált hím lepkéket természetes körülmények között is teszteltük olymódon, hogy gyümölcsösökben kirakott feromonos szexcsapdák segítségével ivari reagálásukat figyeltük meg.

A kapott kísérleti eredmények igazolták, hogy a laboratóriumban, mesterséges táptalajon tömegtenyésztett és imágókorban ionizáló sugárzással, illetve kemosterilenssel sterilizált hím almamolylepkék megőrzik életfunkcióikat, ivari aktivitásukat a normális szinten. Ez lehetővé teszi gyakorlati felhasználásukat a természetben található fertil hímekkel szemben a nőstényekért való versengésben. A sterilizált lepkék alkalmazásával, különösen izoláltabb gyümölcsösökben, a kártevők populációsűrűségének nagyfokú gyérítését lehet elérni, az ember és a hasznos fauna veszélyeztetése nélkül, a kémiai szerek mellőzésével, illetve azok jelentős redukálásával.

ATOMKI Riport X/5 (1983) 180-183

ELEKTRONGYORSITÓ BERENDEZÉSEK ALKALMAZÁSA MEZŐGAZDASÁGI ÉS ÉLELMISZERIPARI CÉLOKRA

Koltay Ede

MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen, 4001. Pf.51.

Bevezetés

A sugárzástechnikai módszerek széleskörü alkalmazásának egyik kulcskérdése megfelelő fizikai paraméterekkel rendelkező sugárforrások és besugárzó berendezések előállitása. A mezőgazdasági és élelmiszeripari felhasználások szempontjából sok esetben előnyös a kikapcsolható és mobil sugárforrás felépités. Ez a megoldás ugyanis jól alkalmazkodik a vetési és betakaritási munkák által meghatározott igen egyenlőtlen időbeli kihasználtsághoz és nagy vetőmag- illetve termékmennyiségek mozgatása helyett lehetőséget ad a besugárzó berendezésnek a mezőgazdasági üzemekbe való telepitésére. Ilyen célokra a széleskörben elterjedt radioizotóp forrásokkal szemben előnyösen alkalmazhatók a magfizikai gyorsitó laboratóriumokban szerzett gyorsitófizikai ismeretekre épülő nagyteljesitményü elektrongyorsitó berendezések. Ezeknél a besugárzást vagy közvetlenül az igen rövid hatótávolságu nagyenergiáju elektronnyalábbal, vagy az elektronok által nagy rendszámu céltárgytömbből kiváltott fékezési röntgen sugárzással lehet elvégezni [1].

A sugárzástechnikai célokra szolgáló elektrongyorsitó berendezések müködési elvéről, fizikai és technikai részleteiről más helyeken olvasható beszámoló a hazai irodalomban [2,3,4,5]. Jelen összefoglalóban a kétféle üzemmód jellegzetes vonásait ismertetjük, s hazai felépités lehetősége szempontjából fontos épitési elveket tekintünk át vázlatosan.

Elektron és röntgen üzemmód

A sugárzástechnikai eljárások fizikai alapjait az az ionizációs folyamat képezi, amely a besugárzásnak alávetett anyagrétegben az abszorbeálódott röntgensugárzás vagy a sebességét fokozatos ütközésekben elvesztő nagyenergiáju elektronok hatására végbemegy. A röntgen- és elektrontechnológia tulajdonságai lényegesen eltérőek, a számitásba veendő részfolyamatok alapján.

ELEKTRON ÜZEMMÓDban a végenergiának megfelelő feszültségkülönbségen gyorsitott elektronnyaláb gyakorlatilag intenzitásveszteség nélkül kihozható egy titán fólia ablakon a gyorsitó vákuumteréből az atmoszférára, s itt a besugárzandó anyagban (munkatér) 1 MeV-onként 0,465 g/cm^2 hatótávolságnak megfelelő igen rövid utszakaszon leadja teljes energiáját. Tekintettel arra, hogy ebben a rétegben a relativ dózis a mélység függvényében változik, az előirt minimális dózisnak a teljes besugárzott vastagságban való biztositása csak mintegy 50 %-os nyalábkihasználás mellett érhető el. Példaként álljon itt a következő adat: 300 keV-on gyorsitott 1 kWatt teljesitményü nyalábból igy kihasználható 500 Watt teljesitmény 34 kCi ^{60}Co forrás által leadott dózisteljesitménnyel azonos hatást képvisel.

RÖNTGEN ÜZEMMÓDban az elektronnyaláb a nehézfém céltárgy bombázása során az elektronenergiától függő, 0,1-5 % tartományban változó hatásfokkal kelt fékezési röntgen sugárzást. További veszteséget jelent, hogy szemben a jól fókuszált elektronok párhuzamos, nem feltáguló terjedésével a röntgen sugárzás pontszerü források esetén $1/r^2$ törvény szerint csökkenő intenzitással éri el a munkateret. A két effektus együttesen kb. 0,05 %-os hatásfokot eredményez gyakorlatilag megvalósitott 300 kVoltos berendezéseknél [6, 7] azaz a példaként emlitett 1 kW nyalábteljesitmény esetén a teljes sugárzási teljesitmény mindössze 0,5 W. Mezőgazdasági és élelmiszeripari alkalmazások szempontjából előnyös a keletkező röntgensugárzásnak az elektronokénál nagyságrendekkel nagyobb áthatolóképessége. Az 1. ábrán 1 g/cm^3 sürüségü munkatérben a relativ dózis változását mutatja be különböző elektronenergiákra és 250 keV-es elektronokkal gerjesztett fékezési sugárzásra.

Az emlitett alacsony hatásfok ellenére a röntgen üzemmódban használt elektrongyorsitók versenyképesek maradnak a radióaktiv forrásokra alapozott besugárzó berendezésekkel. További előnyt jelent ebben az összehasonlitásban a kikapcsolt állapotban teljesen megszünő sugárzás.

Felépités

A sugárzástechnikai célokra épitett nagyfeszültségü gyorsitó berendezések elektrongyorsitó csöve a röntgentechnikában megszokott egy gyorsitóközös csőkonstrukció, vagy a gyorsitótechnikában meghonosodott többfokozatu gyorsitócső konstrukció alapján épül fel. Az előbbi egyszerübb elrendezés alacsonyabb, 150-300 kV feszültségek tartományában szokásos. Ilyen feszültségek ugyanis egyetlen elektródközben is fenntarthatók, a magasabb feszültségek irányába történő előrelépés azonban csak a teljes gyorsitó feszültségnek több gyorsitóközre való elosztásával oldható meg. Másik alapvető különbséget a gyorsitócső felépitésében az jelenti, hogy a cső a röntgentechnikában szokásos leforrasztott elrendezésü-e, vagy saját önálló vákuumrendszerre épül fel. Ebből a szempontból is elsősorban a feszültség nagysága a mérvadó, másrészt az a körülmény, hogy kihozott elektronnyalábbal müködő gyorsitó a kilépő ablak korlátozott élettartama miatt nem oldható meg leforrasztott kivitelü gyorsitócsővel.

A leforrasztott röntgencsövek között magas, 5-20 mA anódáramuk és 160 kV-420 kV anódfeszültségük révén kiemelkedő teljesitményt nyujtanak a Philips cég által kidolgozott fémkeramikus röntgencsövek [8]. Saját vákuumrendszerre épülő ugynevezett tégelyanódos röntgencsövek további lépést jelenthetnek előre sugárzástechnikai területen [6]. Itt a katód- illetve anódfelületek koaxiális hengerek, a belső anódhenger üregében helyezhető el a besugárzandó anyag. A kedvező besugárzási geometria ellenére az ilyen berendezések teljes besugárzáskapacitását az anódüregben elhelyezett töltet cseréjéhez szükséges idő erőteljesen korlátozza, az egyik megoldásban ennek gyorsitására speciális revolver rendszerü töltetcserélő berendezéseket épitettek a henger alaku patronokban elhelyezett besugárzandó anyagnak a henger elrendezésü anód üregében történő gyors cseréjéhez [7]. Az egyréses csövek másik speciális esetét a hosszukatódos felépités jelenti, ahol széles besugárzási mező előállitására hosszu vonalkatódot helyeznek el egy vele közös tengelyü anódcsőben. A két elektród megfelelő kialakitása gondoskodik a nyaláb formálásáról, eredményül egy ablakon kivonható vonalfókuszált elektronnyaláb áll elő.

A 150 kV fölötti feszültségektől a több millió Voltos tartományig terjed a többfokozatu gyorsitócsövek alkalmazási területe. Itt a rendszerint egyenlő lépésekben előállitott vagy ilyenekre leosztott gyorsitófeszültséget egy olyan, a nagyfeszültségen lévő és a földpotenciálu vákuumrendszer közé illesztett fém-üveg szerkezetü gyorsitócső fokozataira kapcsolják,

amelynek egy-egy fokozata 50 kV-200 kV közötti feszültséglépésre van igénybevéve, s a teljes gyorsitócső hosszát az a követelmény határozza meg, hogy az átlagos tengelymenti gyorsitótér erőssége ne haladja meg az 1 MV/m értéket [9].

A vonalalaku források kialakitásának előbb ismertetett vonalkatódos felépitésü módszere az egyréses csövek esetén alkalmazható, a gyorsitócsöves megoldásoknál az előállitott néhány mm átmérőjü elektronnyalábot egy mágneses eltéritő rendszerrel lehet vonalra széthuzni. A szokásos méreteknél a teljes eltéritési szélesség 0,5-1,5 méter lehet, a besugárzandó anyag szélességi méreteinek, illetve az optimális besugárzási geometria követelményeinek megfelelően.

Az emlitett röntgen- illetve elektronforrás rendszereket a 2. ábrán adott vázlatok szemléltetik, az elektroneltéritő rendszer vázlatát a sokfokozatu gyorsitócsöves elrendezéssel együtt mutatjuk be.

Dózisteljesitmény, kapacitás

A sugárzástechnikai alkalmazásokban elérhető besugárzási kapacitást elektronüzemben a nyalábteljesitmény határozza meg elsősorban, mig a besugározható anyagvastagság az elektronenergia egyértelmü függvénye. Ezért ilyen alkalmazásoknál az elektrongyorsitó feszültségének növelése az anyagréteg vastagságának növekedésén keresztül befolyásolja a besugárzási kapacitást, a gyakorlati alkalmazások körét a hatótávolság korlátozza.

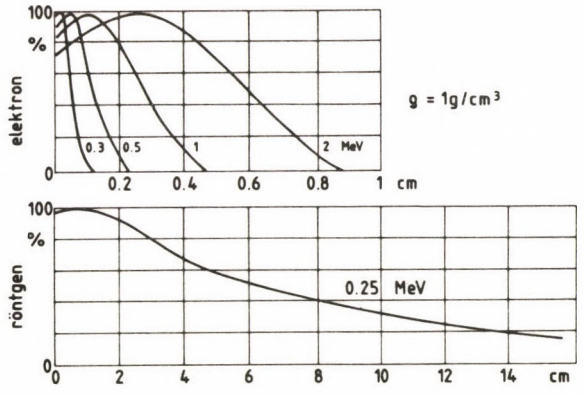
Röntgen üzemmódban az elektronenergia növelésével a fékezési sugárzás keltésének hatásfoka erőteljesen növekszik, egyuttal nő a fékezési sugárzás átlagos energiája s ezzel a sugárzás áthatoló képessége is. Ennek megfelelően a besugárzási kapacitást és a gyakorlati alkalmazások körét a gyorsitófeszültség növelésével lehet emelni. Az elérhető dózisteljesitmény értékeket 50 mA elektronáram, wolfram target és 0°-os irányban 10 cm távolságra elhelyezett besugárzandó mintára a 3. ábrán adjuk meg az elektronenergia függvényében.

A 4. ábrán az előbbiekben hivatkozott tégelyanódu röntgencsőre [6], a nagyobb nyalábteljesitményü, töltettcserélő revolverekkel ellátott rendszerre [7] és a [4]-ben tárgyalt 1 MV-os, 75 mA teljesitményü többfokozatu HVEC gyártmányu elektrongyorsitóra megadjuk a röntgenüzemmódra jellemző dózis - besugárzási kapacitás karakterisztikákat. Feltüntettük a hasonló nyalábteljesitmények mellett elérhető adatokat elektron üzemmódra is, a besugározható rétegvastagsággal együtt, 1 g/cm^3 sürüség mellett. A két üzemmód közötti jelentős kapacitáskülönbség közvetlenül szembetünő. Szaggatott vonallal bejelöltük azokat az egyeneseket is, amelyek az ATOMKI és a TRAKIS közötti együttmüködés keretében készült gyorsitó előtervekben felvett 300 kV, 50 mA-es elektrongyorsitó berendezés hasonló tervezési adatait tükrözik. Egy felépitett berendezésben megvalósuló tényleges adatok az itt feltüntetettektől erőteljesen eltérhetnek a tervezésnél választott konkrét besugárzási geometriától függően. Ennek optimális megoldása a röntgen üzemmódu elektrongyorsitó berendezések tervezésének egyik alapvető problémáját jelenti.

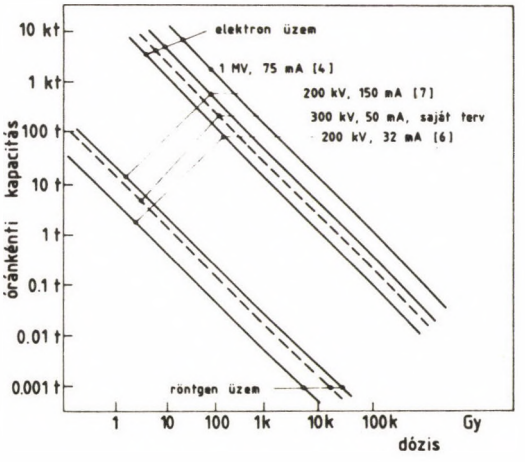
Hivatkozások

1 E.A. Abramyan, Atomic Energy Review 16. 3 (1978) 427
2 Dobó J. Magyar Kémikusok Lapja 34 (1979) 747
3 Klopfer E., A besugárzástechnika gyakorlati alkalmazásának lehetőségei a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban. Phylaxia szimpozion. Budapest 1979. 113
4 Simon J., Di Gleria M., Klopfer E. Az atomenergia- és magkutatás ujabb eredményei I. Gyorsitóberendezések gyakorlati alkalmazásai. Akadémiai Kiadó Budapest, 1983. 38

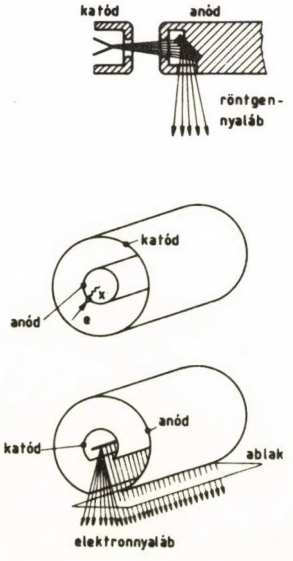
5 Koltay E. Fizikai Szemle 32 (1982) 325
6 Manual of Food Irradiation Dosimetry. Technical Report Series No 178. IAEA, Vienna. 1977, 60. oldal
7 ugyanott, 61. oldal
8 The world's only 160 kV metal-ceramic X-ray tube. Philips gyártmányism.
9 Koltay E., Mórik Gy., Szabó Gy. ATOMKI Közl. 22 (1980) 155

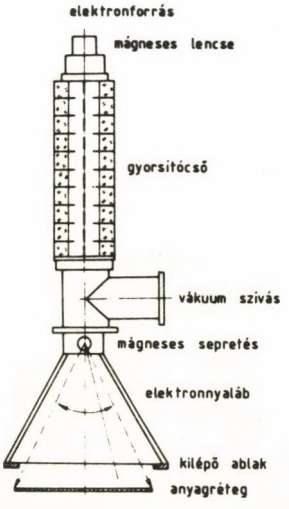


Ábra 1.

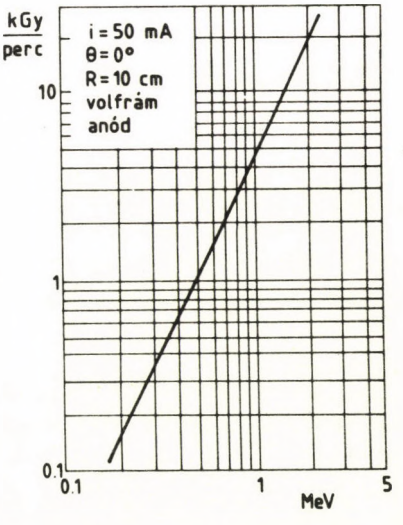


Ábra 4.





Ábra 2.



Ábra 3.

Az MTA Izotóp Intézetében müködő lineáris elektron-gyorsitó

Falvi L., Hargittai P.

MTA Izotóp Intézete
1525. Budapest, Pf.77

Intézetünkben 1983 elején helyeztük üzembe a csehszlovák TESLA cég Linac LPR-4 tipusu lineáris elektrongyorsitóját. Az elektronok gyorsitására szolgáló nagyfrekvenciás teret egy 2865 MHz-en müködő, 3,2 MW csucsteljesitményü impulzusüzemü magnetron állitja elő. A gyorsitó felépitésének vázlata az 1. ábrán látható.

A gyorsitócső felső pontján elhelyezett elektronágyuból kilépő elektronok kb. 50 kV-os előgyorsitás után kerülnek a gyorsitócsőbe, amelyet 4 MeV energiával hagynak el egy 100 µm vastag aluminium ablakon keresztül.

A gyorsitott elektronnyaláb impulzusainak hossza 2,6 µsec vagy 100 nsec lehet, ismétlődési frekvenciájuk 6,25, 12, 25, - 50 Hz, illetve lehetőség van 1,2,4,8 impulzusból álló sorozat kibocsátására is.

A gyorsitó két, egymástól függetlenül vezérelhető eltéritő rendszerrel müködik, egy elektrostatikus és egy elektromágneses rendszerrel.

Az elektromágneses eltéritő rendszer lehetőséget ad az elektronsugár periódikus, kb. 1 Hz-es frekvenciáju pásztázására is.

A gyorsitó két, egymástól független vákuumszivattyurendszerrel rendelkezik.

A gyorsitóhoz tartozó nagyfeszültségü impulzusgenerátor és egyéb kiegészitő áramkörök egy külön modulátor egységben vannak elhelyezve.

Ez a két fő egység a gyorsitó helyiségben van, mig a vezérlő helyiségben a vezérlőegység és a mérő-kiértékelő rendszer kerül elhelyezésre.

A gyorsitóhelyiséget a mikrohullámu zavarvédelem céljából egy zárt Faraday-kalitka burkolja, ez egyben a gyorsitóhelyiségben elhelyezett detektálórendszer és az épület szomszédságában lévő számitógép zavarvédelmét is biztositja.

A gyorsitó biztonságos müködését és a kezelőszemélyzet sugárvédelmét külön biztonsági jelző és reteszelő rendszer biztositja. A gyorsitóhelyiség és labirintus alaprajzi elrendezését a 2. ábra szemlélteti.

A gyorsitóhelyiséget egy sugárvédő labirintuson keresztül lehet megközeliteni, melynek bejáratánál egy 1,5 t tömegü ólombetétes sugárvédelmi ajtó van.

A gyorsitó üzembehelyezését követően az üzemeltetéssel kapcsolatos alapvető méréseket megkezdtük, igy a különböző sugáráramokhoz tartozó elektronspektrumok felvételeit, továbbá elvégeztük a gyorsitó müködése során kialakuló sugárszintek felmérését is.

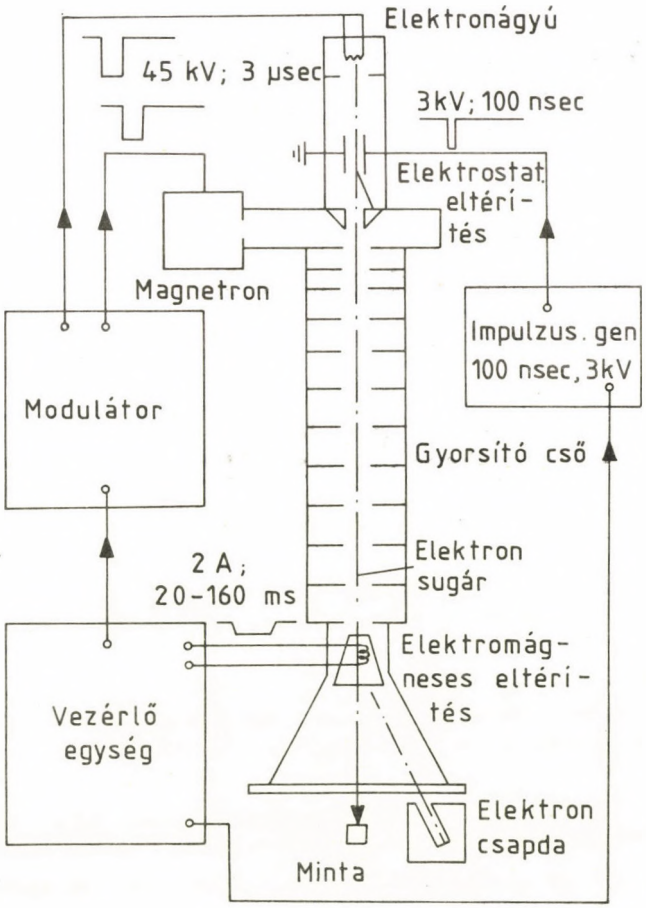
A gyorsitott elektronok energiaspektrumát mutatja a 3. ábra.

A gyirsitó alkalmazási területét a 100 W nagyságu sugárzási teljesitmény, illetve az impulzusonként elérhető 2 J energia alapvetően meghatározza.

Ennek megfelelően különböző impulzus radiolizis kisérletek elvégzését, sugártechnikai és sugártechnológiai eljárások fejlesztését teszi lehetővé számunkra ez a gyorsitó berendezés.

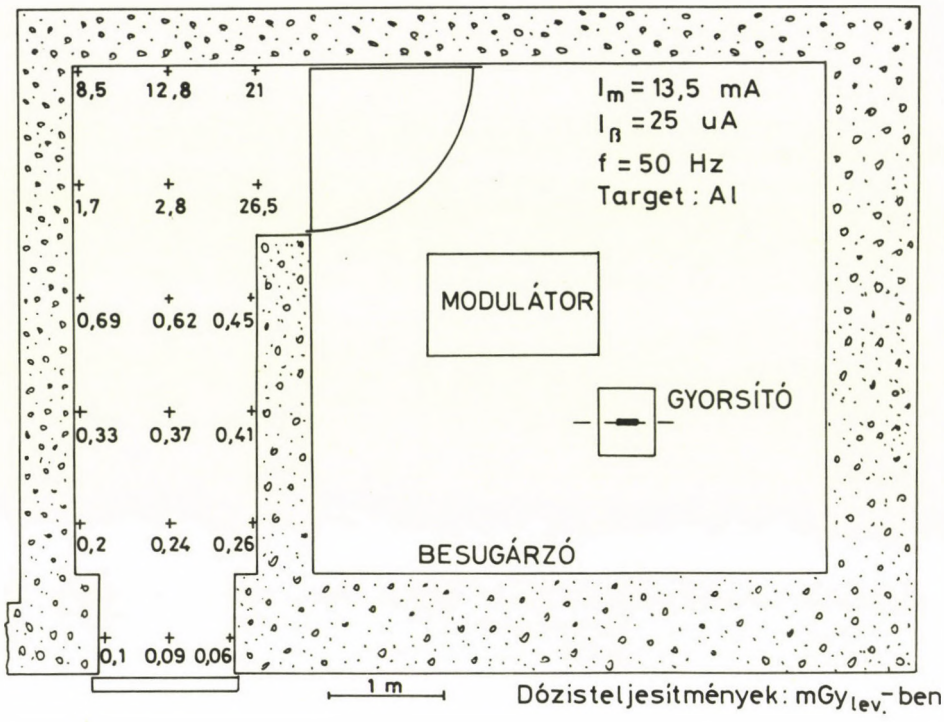
Viszonylag kis teljesitménye ellenére a magas elektronenergia számos uj területen történő alkalmazást tesz lehetővé az eddigi hazai gyorsitóberendezésekkel szemben.

Természetesen lehetőség van arra is, hogy - hasonlóan az Intézet K-120 tipusu gamma besugárzójánál már régóta kialakult rendszer szerint - a gyorsitó berendezést külső partnereink is igénybevegyék.



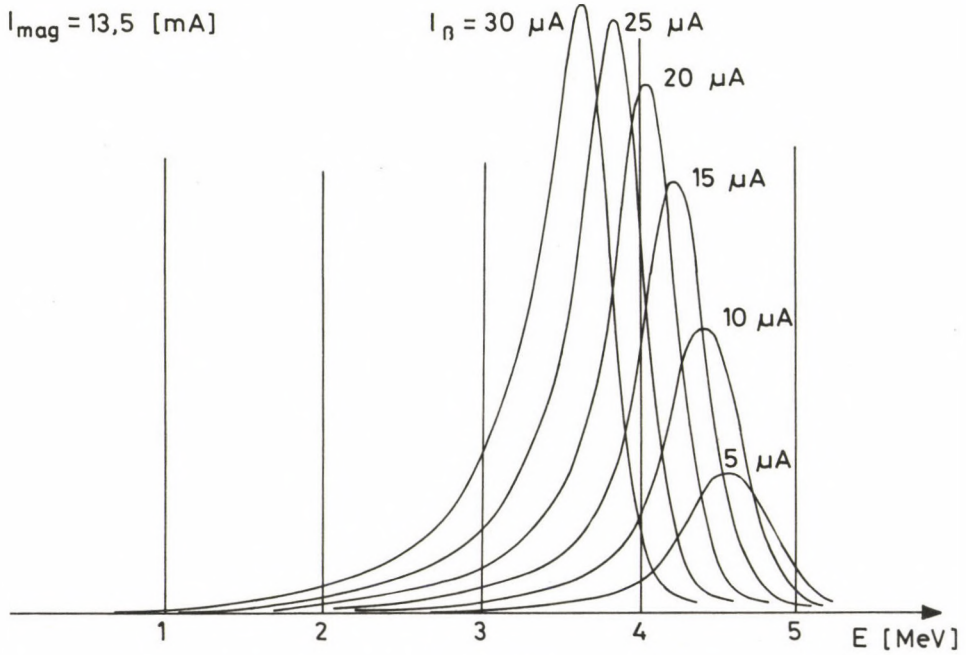
1. ábra

A LINAC LPR-4 tipusu gyorsitó felépitésének vázlata



2. ábra

Az Elektron Besugárzó Laboratórium alaprajzi elrendezése



3. ábra

A gyorsitott elektronok energiaspektruma

Kémiai dozimetriai rendszerek alkalmazása mezőgazdasági termékek sugárkezelésénél

Kovács A., Stenger V., Földiák G.

MTA Izotóp Intézete
1525. Budapest, Pf.77

A mezőgazdasági termékek sugárkezelése iránt ujabban megnyilvánuló fokozott érdeklődést jelentős mértékben megnövelte az ENSZ három szakositott szervének /FAO, WHO, IAEA/ 1981-ben közzétett közös állásfoglalása. E javaslat az ENSZ minden tagállama részére korlátlan engedélyezésre javasolta az élelmiszerek, 10 kGy /1 Mrd/ dózisnál nem nagyobb átlagos dózissal történő, sugárkezelését. E, hazánkban is érzékelhető, fokozott érdeklődés meggyorsitotta az élelmiszerek sugárkezelésével kapcsolatos kutató-fejlesztő tevékenységet, a különféle termékek sugárkezelési technológiájának kidolgozását. E technológiák alapvető fontosságu része a megbizható technológiai dozimetriai módszerek alkalmazása a termékek elnyelt dózisának mérésére.

Intézetünkben hosszabb ideje folynak vizsgálatok a különféle mezőgazdasági termékek sugárkezelési eljárásainál alkalmazható technológiai dozimetriai módszerek kidolgozására, illetve rutinszerü alkalmazására.

A kis dózistartományban /50-400 Gy/ végzett besugárzási folyamatoknál, igy elsősorban a hagyma, burgonya, mák csirázásgátlási célu sugárkezelésénél a Fricke dozimétert[1] alkalmaztuk a termék által elnyelt dózis meghatározására. A Rákóczifalván 1979-ben felépitett hagymabesugárzó berendezésen eddig besugárzott /1979, 1980 és 1982-ben összesen mintegy 750 t /hagyma sugárkezelése során a Fricke dozimétereket teniszlabdában, illetve hagymában helyeztük el és a dozimétereket rögtön a besugárzás után, a helyszinen értékeltük. Az átlagdózis az egyes években 54, 70, illetve 58 Gy volt. Több éven keresztül sugároztunk be burgonyát is kisérleti jelleggel a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet részére. A burgonyát aluminium konténerekben sugároztuk be az Intézetünk K-120 tipusu[2] ^{60}Co γ-besugárzó berendezésével. A termék által elnyelt dózis 100 ± 20 Gy volt, amit Fricke dozimeterrel ellenőriztünk. Hosszu évek óta végezzük a Gyógynövény Kutató Intézet részére évi kb. 10-12 t mák sugárkezelését. E technológia során igen pontos dózisteljesitmény és szük dózishatárok /280 ± 28 Gy/ biztositják a kivánt hatást.

Az alkoholos klórbenzol dozimétert eddig a közepes- és nagy dózistartományban alkalmaztuk az elnyelt dózis mérésére oszcillometriás kiértékeléssel[3]. A Radelkisz ujtipusu oszcillotitrátora /OK-302/1/, valamint az Intézetünkben kifejlesztett uj ampullatartó feltét révén sikerült kiterjesztenünk az oszcillometriás módszer méréshatárát a kis dózistartományba /0,4 - 4 kGy/ is. Ez elsősorban egyes gyümölcs-

és zöldségfélék, gomba, mélyhütött baromfi, stb. sugárkezelési dózisának ellenőrzése szempontjából jelentős. Az elmult évek során e termékekből több tonna kisérleti tételt sugároztunk be a KÉKI részére.

A módszer ugyancsak kiválóan alkalmas egyes, pl. a Bábolnai Mezőgazdasági Kombinát, Szegedi Biológiai Központ, NEVIKI, stb. részére végzett állattápok besugárzásánál, a termék által elnyelt dózis mérésére.

A besugárzott alkoholos klórbenzol doziméterek vezetőképességének közvetlen mérésével uj módszert vezettünk be. Ezzel a módszerrel az elnyelt dózis mérése az 60 Gy - 1MGY dózistartományban lehetséges. Egyuttal meghatároztuk a besugárzott dozimeter oldatok vezetőképességének hőmérséklettől való függését is.

Összefoglalásképpen kiemelhető, hogy a laboratóriumunkban alkalmazott kémiai doziméterek felölelik a 30 Gy - 1 MGy dózistartományt, biztositva ezáltal az élelmiszerbesugárzás, sugársterilezés és egyéb termékek sugárkezelési dózisának megbizható ellenőrzését.

Irodalom

1. Fricke,H., Philos.Mag. 7/1929/729
2. Hirling.J., Stenger,V.: Energ. Atomtechn. 22/1969/446
3. Dvornik,I., Zec,V., Ranogajec,F.: Food Irradiation /Proc. Symp., Karlsruhe, 1966 IAEA, Vienna /1966/81.
4. Földiák,G., Horváth,Zs., Stenger,V.: In Dosimetry in Agriculture, Industry, Biology and Medicine /Proc. Symp. Vienna, 1972/, IAEA, Vienna /1973/367.

GIGANT - 18 berendezés felépitése

Szalay László
TRAKIS Szövetkezet

A konstrukció kialakitásának főbb szempontjai:

- Mobilizálhatóság
- Szállitási egységek emberi kézzel mozdithatók, szerelhetők legyenek.
- Folyamatos kezelési lehetőség.
- A suágrdózis fokozatmentes állithatósága.
- Munkavégzés biztonságossága.
- Központi vezérelhetőség.

Mielőtt a fenti szempontoknak eleget tevő berendezést kialakitottuk volna korábban egy un. laboratóriumi készüléket épitettünk. Tipusa: GIGANT - 4. E berendezés rendeltetése, hogy laboratóriumi körülmények mellett lehetőség legyen arra hogy a kezelendő magra megállapithassuk az optimális dózisértéket.
Ugyanakkor a további épitéshez, tervezéshez, tapasztalatokat gyüjtöttünk különös tekintettel a sugárvédelemre. A GIGANT - 4 már eltér az eddig épitett sugárzóegységtől, mert a megszokott egy darab sugárgenerátor helyett 4 db kerül beépitésre. Elrendezésük egy kezelősikra vonatkoztatva kétoldalu.
Két generátor felülről két generátor alulról sugároz.

Miután a GIGANT - 4 igazolta a hozzáfüzött reményeket, elkezdődhetett a "sugárzó alagut" GIGANT - 18 tervezése, épitése. A kiindulási feltételek már a bevezetésben ismertetésre kerültek.

A GIGANT - 18 főbb részei:

Vezérlőpult
Feszültségszabályzó
Sugárvédett alagut
Vizhütő egység

Tartozékok

-Vezérlőpult

mint ahogy a nevéből is kitűnik, formája pultszerü, kerekekreszerelt, hordfogantyuval ellátott egység, melynek patentzárral rögzithető felnyitható teteje, védőburkolata van. Tartozéka még egy állitható napernyő.

Ez az egység csatlakozik a hálózatra, amelyik: 3x38oV 5o Hz 3o kVA teljesitmény rákapcsolására alkalmas.
A hálózati csatlakozó földelő csatlakozó főbiztositó, és egyéb áramköri biztositók a pult baloldalán lévő nyitható ajtó mögött találhatók. Valamilyen üzemzavar esetén gyorsan, könnyen áttekinthető a védelmi rész.

A generátorhoz menő szekunder kábelek számszerint 18 a hátoldalra szerelt tizenkét pólusu aljzathoz csatlakoznak. A számozott csatlakozók mellett találhatók az egyes generátorok fütésáramkörének, illetve hütőmotorjának G-2o tipusu olvadó biztositója.

A nyitható fedél alatt, a kezelő elemek vannak elhelyezve. Egyértelmüen elhatároltan, a hálózati mágneskapcsolót müködtető nyomógombok Be - Ki és a bekapcsolt állapotot jelző R,S,T, illetve zöld, sárga, piros szinü jelzőlámpák. Az illetéktelenek beavatkozásának biztositása céljából a "Hálózat Be" nyomógomb kulcsos kialakitásu. A készülék bekapcsolását, csak a kulccsal rendelkező, arra hivatott személy végezheti.

Egy keretben van a szalagmozgató motor és az a agut hütőventillátorok nyomógombja.
Az anódfeszültség szabályozását egy külön toroid egység végzi a vezérlőpultról történő szabályozással. A háromfázisu szabályozott feszültségek pillanatnyi értékét V-mérőkön lehet ellenőrizni és a kivánt érték elérését, vagy az esetleges korrekciót a "Fel ill. "Le nyomógomb benyomásával lehet szabályozni.

A röntgencső fütőfeszültségét központilag egy potenciométerrel lehet állitani és a beállitott értéket a pot.méter feletti müszeren, V-mérőn láthatjuk.

Az anódáram beállitására a fütőkörben sorosan, potenciométerek vannak generátor áramkörönként beépitve, igy lehetőség van a röntgencső különbségekből adódó eltéréseket kompenzálni, a pontos anódáramértékbe való állitást a mA mérőkön lehet látni.

Feszültség szabályozó

Egy zárt, kocsiraszerelt háromfázisu toroid transzformátor, amelyre szerelt hajtómotor a vezérlőpultról szabályozható. A bemeneti és a kimeneti csatlakozás 5 pólusu erősáramu csatlakozók segitségével lehetséges.
A vezérlőpultról kapott parancsnak megfelelően a kivánt anódfeszültség beállitására alkalmas.

Sugárvédett alagut

Felépitése: szerelősinre, szintezősinre kerekeken gördithető modulelemeket kell összetolni, majd egymáshoz csavarkötéssel rögziteni. Az "aktiv" modulelemek száma: 6, a modulok közepére és a két végére kerül az un. ventillátoros egység, segitségükkel az intenziv hütést biztositja a sugárgenerátorok számára.
A modul elemek egyenként 3 db MXR-2o3 tipusu generátort tartalmaznak, amelyek max. 2oo kV 8 mA teljesitményüek. A generátorok beerősitése a burkolat felső részéhez történik, egy forgatókeretben. A forgatókeret lehetővé teszi, hogy a különböző helyzetben beerősitett generátorok sugárkévéje ugyanarra a felületre vetitődjenek.

A modul elemkehz történő csatlakozás, - ami áll a villamos kábelekből és a hütőviz csatlakozásából - az oldalon kialakitott sugárvédett nyiláson keresztül lehetséges.

A modulok külső fala szolgál a sugárvédelemre ezért a vaslemez burkolaton belül ólomlemez van beépitve, igy a berendezés sugárvédelme kisebb mint a szabványban megengedett érték.

Amikor a modul elemek az alapsinen rögzitve vannak, a viz és villamos csatlakozás megtörtént, akkor lehetséges a szállitószalag alagutba helyezése.

- **Vizhütő egység**

  A csapokkal ellátott egység a vizhálózatra csatlakozik, melynek 3/4"-os a tömlővég kialakitás.
  A csapok kimeneti ága a generátorok bemeneti tömlőjére van kötve. A generátorok kimeneti oldala egy gyüjtőcsőre csatlakozik, majd egy külön tömlővel történik a melegviz elvezetése. A hütővizhálózatnak legalább 6 l/perc kapacitásunak kell lennie.

- **Tartozékok**

  A biztonságos üzemeltetés feltételeként szükséges a környezet figyelmét felhivni a veszélyes üzem jelenlétére, ezt szolgálja a sugárzó alagut köré oszlopokra kifesztitett védőláng és az oszlopokon elhelyezett sárgán villogó sugárveszélyt jelző lámpák.

A fent ismertetett berendezés szállitására egy kb. öt tonnás rakodófelülettel rendelkező teherautó alkalmas. A berendezés üzembehelyezése az autóról történő lerakodást is beleértve kb. 4 óra. A munkavégzéshez 4 személy szükséges.

HÚSIPARI MINTÁK RADIOAKTIVITÁSA 1977 ÉS 1982 KÖZÖTT

Zalabai Béla

B.A.Z. megyei Állatforgalmi és Húsipari Vállalat
radiológiai laboratóriuma, Miskolc

1945-től, nagyobbrészt az északi félgömbön végrehajtott légköri nukleáris robbantásokból nagy mennyiségű radioaktív anyag került a légkörbe és a Föld felszínére. A hatvanas évek második felében, a Kínai Népköztársaság és Franciaország folytatódó légköri kísérletei ellenére jelentősen csökkent a radioaktív kihullás. Európában főleg a nagy kínai robbantások után mértek jelentősebb radioaktivitás-szint emelkedéseket különböző környezeti mintákban.

A maghasadásból származó radioaktív izotópok közül különösen veszélyes a stroncium-90 és a cézium-137. Mindkét radioizotóp gyakran kimutatható a takarmányokból és ezen az úton könnyen eljuthatnak a háziállatok szervezetébe.

1977 és 1982 között a Kelet-Magyarországról származó sertés és marhahús minták radiocézium aktivitásában jelentősebb eltérést nem találtunk. A legnagyobb cézium-137 aktivitásokat 1978-ban mértük. Különböző vizsgálatok szerint ebben az évben volt az 1976 november 17-én végrehajtott nagy hatóerejű kínai nukleáris robbantás radioaktív kihullásának maximuma. Ezt követően gyorsan csökkent a minták radiocézium szennyezettsége. A csontok stroncium-90 aktivitásának változása nem volt olyan gyors, mint a radiocézium koncentráció változása az izmokban. Mérési adataink alapján megállapítható, hogy a szarvasmarha csontokba a stroncium-90 beépülése még akkor is számottevő, amikor az izmok cézium-137 aktivitása már jelentősen csökkent. Feltűnő, hogy a sertés csontmintákban, a szarvasmarha csontokhoz hasonlítva közel egy nagyságrenddel kisebb stroncium-90 aktivitásokat mértünk. Az 1980 október 16-án végrehajtott közepes hatóerejű kínai légköri robbantás után a minták radioaktivitásában jelentősebb változást nem találtunk.

Mérési eredményeinket - az átlag és a szórás, vagy a terjedelem feltüntetésével - a következő két táblázatban foglaljuk össze:

Sertés és szarvasmarha húsminták ^{137}Cs aktivitása:

Évek	Minta-szám	Sertés	Szarvasmarha
1977	10^{+} 10^{++}	0,05±0,04 Bq/100 g hús (0,15±0,10 Bq/1 g K)	0,01(0-0,11)Bq/100 g hús (0,04(0-0,27)Bq/1 g K)
1978	15^{+} 5^{++}	0,16±0,03 Bq/100 g hús (0,49±0,09 Bq/1 g K)	0,11±0,02 Bq/100 g hús (0,34±0,08 Bq/1 g K)
1979	15^{+} 20^{++}	0,10±0,07 Bq/100 g hús (0,31±0,20 Bq/1 g K)	0,10±0,08 Bq/100 g hús (0,32±0,25 Bq/1 g K)
1980	25^{+} 22^{++}	0,05±0,04 Bq/100 g hús (0,15±0,11 Bq/1 g K)	0,01(0-0,10)Bq/100 g hús (0,03(0-0,26)Bq/1 g K)
1981	25^{+} 22^{++}	0,03±0,03 Bq/100 g hús (0,09±0,08 Bq/1 g K)	0,03(0-0,18)Bq/100 g hús (0,09(0-0,54)Bq/1 g K)
1982	25^{+} 22^{++}	0,03±0,02 Bq/100 g hús (0,09±0,08 Bq/1 g K)	0,02(0-0,07)Bq/100 g hús (0,04(0-0,15)Bq/1 g K)

Sertés és szarvasmarha csontminták ^{90}Sr aktivitása:

Évek	Minta-szám	Sertés	Szarvasmarha
1977	10^{+} 10^{++}	0,61±0,33 Bq/100 g csont (0,07±0,03 Bq/1 g Ca)	4,79±1,24 Bq/100 g csont (0,46±0,14 Bq/1 g Ca)
1978	15^{+} 5^{++}	0,73±0,69 Bq/100 g csont (0,07±0,07 Bq/1 g Ca)	4,97±2,54 Bq/100 g csont (0,38±0,15 Bq/1 g Ca)
1979	15^{+} 20^{++}	0,86±0,79 Bq/100 g csont (0,07±0,06 Bq/1 g Ca)	6,02±2,95 Bq/100 g csont (0,40±0,21 Bq/1 g Ca)
1980	25^{+} 22^{++}	0,61±0,32 Bq/100 g csont (0,05±0,03 Bq/1 g Ca)	3,72±0,22 Bq/100 g csont (0,24±0,14 Bq/1 g Ca)
1981	25^{+} 22^{++}	0,63±0,53 Bq/100 g csont (0,05±0,05 Bq/1 g Ca)	3,67±2,26 Bq/100 g csont (0,24±0,14 Bq/1 g Ca)
1982	25^{+} 22^{++}	0,48±0,37 Bq/100 g csont (0,04±0,03 Bq/1 g Ca)	4,37±2,26 Bq/100 g csont (0,26±0,12 Bq/1 g Ca)

$^{+}$ sertés

$^{++}$szarvasmarha

A PROGESZTERON ÉS A BÉTA-KAROTIN KONCENTRÁCIÓ INTERRELÁCIÓJA SZARVASMARHÁBAN

Somorjai Gy.-Kulcsár M.-Huszenicza Gy.-Pethes Gy.

Állatorvostudományi Egyetem
Élettani Tanszék, Budapest

A szerzők két szarvasmarha állományt etettek a téli-koratavaszi időszakban magas béta-karotintartalmú szintetikus készitménnyel. Folyamatosan vizsgálták az etetés hatására végbemenő plazma béta-karotin szint változásokat, továbbá a tejprogeszteron koncentrációkat és az ezzel összefüggő szaporodásbiológiai paraméterek alakulását.

Az etetett béta-karotin mennyiségét az előzetes felmérő analizisek alapján határozták meg. Az etetést az ellést megelőzően 15-20 nappal kezdték meg és ellés utáni 60. napig folytatták.

A béta-karotin meghatározás vérszérumból történt, az extrakció után kromatográfiás módszerrel nyert tiszta béta-karotint fotometriásan mérték. A tejprogeszteron koncentráció mérését direkt RIA módszerrel, ^{3}H-mal jelölt progeszteron segitségével fölözött tejből végezték.

Eredményeink szerint béta-karotin kiegészités hatására, a kontrollokhoz viszonyitva, jelentős mértékben megemelkedett a tej progeszteron szintje a lutealis fázisban. Ennek következtében a szaporodásbiológiai paraméterek az etetett csoportokban lényegesen jobbak voltak.

A PAJZSMIRIGYHORMONOK PERIFÉRIÁS METABOLIZMUSÁNAK VIZSGÁLATA CSIRKÉBEN MÁJPERFÚZIÓS KISÉRLETEKBEN

Rudas P.

Állatorvostudományi Egyetem Élettani Tanszéke, Budapest

A pajzsmirigyből a keringésbe juttatott két hormon a tiroxin (T4) és a trijódtironin (T3) a periférián átalakulhat: dejodációval kisebb jódatomszámú hormonmetabolittá változik. A tiroxin az emlösökön végzett kísérletek ereménye szerint fokozottan aktivvá válhat (T3 képzödés) vagy inaktiválódhat (reverz-T3 képzödés).

Munkánkban azt vizsgáltuk, hogy a tyúk fajban (Gallus domesticus) végbemennek-e hasonló folyamatok és, hogy a máj milyen mértékben vesz részt a perifériás hormonátalakításban.

Kísérleteinkben 4-5 hetes csirkéket használtunk. Az állatokat 5-7 napon át szoktattuk új környezetükhöz majd négy csoportot alakítottunk ki: I. álmütött, II. álmütött és PTU* kezelt, III. pajzsmirigyirtott, IV. pajzsmirigyirtott és PTU kezelt. Egy nappal a mütét után izolált folyamatos májperfúziós technikával (Miller, 1951, Matkovics és mtsai, 1978) vizsgáltuk, hogy a máj milyen mértékben képes átalakítani a perfundáló oldathoz adott exogén tiroxint. Eredmények [nmol T3/30 perc/g májszövet, $\bar{x} \pm SEM(n)$]: I: 88,1 ± 4,3(12); II: 61,3±3,8(12); III: 3o2,7±48,3(12); IV: 188,0±21,2(12). [$p < o,ooi$: I. vs. III., II. vs. IV. ; $p < o,ol$: I. vs. II., III. vs. IV.]

Eredményeink szerint: a. tiroxin tyúk fajban is átalakul trijódtironinná, b. a hormonhiányos állapotban (pajzsmirigyirtott csoportok) a máj fokozza dejodációs tevékenységét és nagyobb menynyiségben állítja elö az aktív T3-at, c. a PTU madár fajban is gátolni képes a dejodációs rendszert, d. az alkalmazott in vitro perfúziós rendszer alkalmas a perifériás hormonmetabolizmus vizsgálatára.

* PTU=propiltiouracil, emlösben a dejodáció specifikus gátlója

A SHOCK TÜDŐHÖZ TÁRSULÓ SEJTSZINTŰ METABOLIKUS TRAUMA HÁTTERÉBEN LEVŐ NÉHÁNY ENDOKRINOLÓGIAI VÁLTOZÁS VIZSGÁLATA

Frenyó S. dr.[+], Frenyó V.L.dr. és Rudas P. dr.

Országos Traumatológiai Intézet[+],Budapest
Állatorvostudományi Egyetem,Élettani Tanszék,Budapest

A shock-tüdő különböző traumás behatásokhoz kapcsolódóan jelentkező komplex kórtanú jelenség,amelynek patomechanizmusa korántsem tekinthető tisztázottnak.A kérdés hátterében olyan sejtszintű metabolikus folyamatok feltételezhetők,amelyek szoros kapcsolatban állnak bizonyos endokrinológiai változásokkal.

Kísérleteinkben haemorrhagiás shock-modellen vizsgáltuk a pajzsmirigy hormonok,az inzulin ill. aPGF_2 koncentráció változását kontroll állatokban ill. különböző - protektiv szándékkal adott - gyógyszerek alkalmazása során.

Vizsgálatainkat 50 vegyesivaru kutyán végeztük.Az I.csoportban csupán haemorrhagiás shockot hoztunk létre,a további csoportokban az arteriás nyomás 40 Hgmm-re történö csökkentését követöen cseppinfúzióban az alábbi gyógyszereket alkalmaztuk: II.cs. 5 mg/kg Diphenylhydantoin, III.cs.: 15 mg/kg Methylprednisolon, IV.cs.: 1 mg/kg Dibenylin, V.cs.: 0,2 mg/kg Arfonad.A vérmintákat a narkózis beálltakor ,majd két óra múlva (véreztetés vége) ezt követöen a reinfúzió pillanatában ,majd 2, 5, 1o és 30 perccel ezt követöen vettük.A hormonmeghatározásokat radioimmunoassay-vel végeztük.

Az I.és III.csoportban a pajzsmirigyhormonszint alakulása a perifériás T4 - T3 konverzió fokozódására utal.A II. és IV.csoportban a T4 nem csökken szignifikánsan a véreztetés végére. Ennek alapján feltételezzük itt a pajzsmirigy keringési viszonyainak javulását.A IV. csoportban változatlan T4 mellett szignifikáns T3 szint emelkedés tapasztalható,ami a Dibenylin közvetlen T4 -T3 konverziót gátló hatásából adódik.Az V.csoportban mind a T4 mind a T3 szint szignifikáns csökkenését tapasztaltuk ami a konverzió reverz-T3 (r-T3) irányba történö eltolódásával magyarázható.

A plazma inzulin koncentráció az I.,II. és IV.csoportban a kisérlet ideje alatt lényegében nem változott,ami arra utal,hogy a véreztetéssel járó hyperglycaemiát nem követte fokozott pankreász aktiválódás az Adott idö alatt.A III. és V.csoportban ezzel szemben a véreztetés végére jelentös emelkedés volt,ami a III.csoportban a szénhidrátanyagforgalomra gyakorolt hatásnak, az V.-ben pedig direkt gyógyszerhatásnak tudható be.

A tüdöben inaktiválódó PGF_2 egyik kísérleti csoportban sem mutatott lényeges változást az adott idöszakban,így feltételezzük,hogy a pulmonális inaktiváció mértéke itt nem változott.

A DÓZISHATÁS VIZSGÁLATA ZÖLDSÉGMAGVAK GYORS - NEUTRONOKKAL VÉGZETT KEZELÉSE UTÁN

Csorba I., Fodor L., és Németh G.
Vetőmag Vállalat Kutató Állomása, Szentes

Bornemiszáné, P. P., Kiss K. és Véghné Cs.M.
MTA Atommag Kutató Intézete, Debrecen

A kulturnövények különféle stresszhatásokkal szembeni ellenállóképességének fokozása napjaink fontos nemesitési célkitüzése. Az ehhez felhasználható keresztezési partnerek re zisztencia-gén készleteinek növelése mutagén kezelésekkel lehetőséget kinál olyan ujszerü tulajdonságkombinációk kialakitására, melyeknek genetikai hordozói egyébként ismeretlenek, vagy hozzáférhetetlenek a nemesitők számára. Valamely mutagén kezelés és a kezelési dózis megválasztásakor fontos szempont a toxikus hatások minél alacsonyabb szintre szoritása, illetve magas mutációs gyakoriság elérése. Irodalmi adatok szerint paprikamagvak kémiai mutagénnel (etilmetilszulfonát, röviditve: EMS) történt kezelése után a kórokozókkal szembeni fokozott ellenállóképességet mutató mutációk gyakorisága 0,05 %, mig gyorsneutronokkal végzett besugárzás után 0,54 % volt.

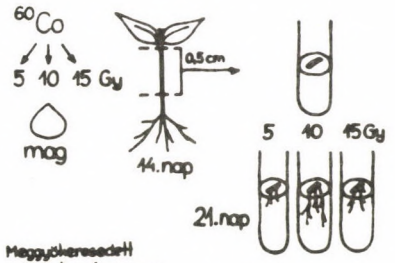
A helyes kezelési dózis megválasztásakor mindenekelőtt az ún. félletális dózist (L 50) kell meghatározni, amely nem feltétlenül az eredeti definicióból adódó 50 % túlélési arányhoz tartozó dózisértéket jelenti. A magas dózisoknál fellépő toxikus hatások ugyanis olyan fiziológiai változásokhoz vezethetnek, amelyek nagyon lecsökkentve az élő szervezet vigorját, az egyed pusztulását eredményezhetik. Az életképesség ilyen jellegü csökkenése független a genetikai állomány öröklődő megváltozásától, a mutáció fellépésétől. Mutációról ugyanis csak akkor beszélhetünk, ha valamely hatásra olyan új tulajdonság vagy tulajdonságkombináció jelentkezik, amely az utódgenerációkban változatlanul öröklődik a genotipus szintjén. Ez viszont feltételezi az egyedek túlélő- és szaporodóképességét egyaránt, vagyis a mutagén kezelés nem érintheti ezeket az alapvető életfolyamatokat. Ezért a túlélés helyett célszerünek tünik olyan biológiai paraméterek dózisfüggését vizsgálni, mint pl. a növekedés, amely tulajdonképpen a szervezet tömeggyarapodása.

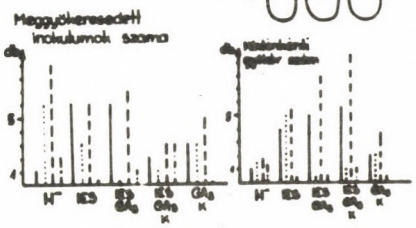
Néhány közismert zöldségfajon (paprika, fejeskáposzta, kelkáposzta, karalábé, sárgarépa) végzett vizsgálataink szerint a túlélőképesség lassabban csökken ugyanazon dózistartományban, mint a tömegproduktivitás. Ezést a túlélőképesség alapján mért félletális dózis (Ls 50) magasabb, mint a produktivitás alapján mért érték (Lp 50) ami azt eredményezheti, hogy az Ls 50 -hez közeli dózisértékeknél végzett mutagén kezelések hatására sok olyan egyedet kapunk, amelyek fejletlenek, alkalmatlanok a túlélésre és igy előbb vagy utóbb kiesnek a kisérleti programból.

A gamma-besugárzás hatása a paradicsom gyökérképződésére és fejlődésére in vitro és in vivo körülmények között

SZABÓ LÁSZLÓNÉ - PÁL ISTVÁN
GATE, Növénytani és Növényélettani Tanszék

IN VITRO





Kísérleteinkhez Kecskeméti Jubileum paradicsom-fajtát használtunk. A mintákat különböző hormontartalmú Murashige-Skoog féle táptalajon inkubáltuk. Összesen 24 kombinációt vizsgáltunk meg.

Megállapítások: Legtöbb inokulum 10 Gy dózisú kezelésre és a hormonokat nem tartalmazó táptalajon gyökeresedett meg. Különböző hormonkombinációjú táptalajokon a 10 Gy dózis eltérő mértékben serkentette az inokulum gyökeresedését. Nagyobb dózis (15 Gy) az esetek többségében letálisnak bizonyult. Az egyes inokulumon kifejlődött gyökerek számát tekintve a 10 Gy dózisú kezelés valamennyi táptalajon hatékonyabb volt. Külön figyelmet érdemel a mindhárom fitohormont (IE5, GA_3, K) tartalmazó táptalaj, amelyen a 10 Gy dózis stimuláló hatása a legjobban érvényesült. A fenti megállapítások bizonyítják, hogy a 10 Gy γ-sugárdózis mind a gyökérképződést, mind a gyökerek fejlődését serkentette a paradicsomnál in vitro feltételek között.

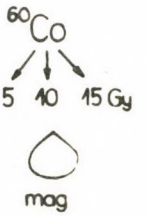
Arra következtetünk, hogy a besugárzás hatására megváltozik az egyes hormonok koncentrációja és egymáshoz való aránya.

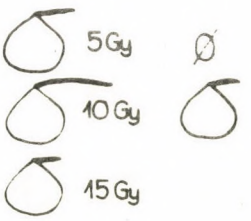
IE5 — β-indol-ecetsav
GA_3 — gibberellinsav
K — kinetin

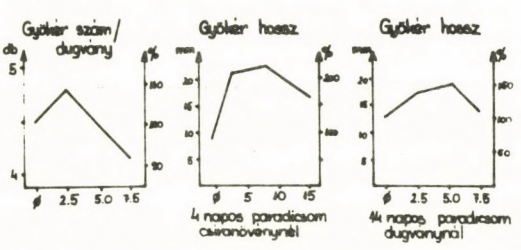
	H⁻	IE5	IE5 + K	IE5 + GA_3	GA_3 + K	IE5 + GA_3 + K
Ø	40 db	40 db	40 db	40 db	40 db	40 db
5 Gy	•	•	•	•	•	•
10 Gy	•	•	•	•	•	•
15 Gy	•	•	•	•	•	•

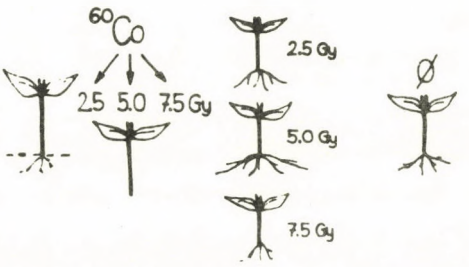
1. γ-sugárral kezelt paradicsom magvakat csíráztattunk. Négy nap elteltével mértük a csírázási erélyt és a gyökerek hosszát. Megállapítottuk, hogy mind a csírázási erély, mind a gyökér hossz a 10 Gy hatására jelentősen nőtt.
2. A kezelést nem kapott 14 napos növények dugványait 2,5, 5,0, 7,5 Gy dózissal besugároztattuk. Az így előkészített dugványokat desztillált vízben, klímaszobában gyökereztettük 2 héten át. A 7,5 Gy dózissal kezelt dugványokon a legtöbb és leghosszabb a járulékos gyökér. Az in vivo feltételek között végzett kísérletek megerősítik a szövettenyésztési eredményeket.

IN VIVO









Fizikai és kémiai kezelések hatása eltérő burgonyafajták termésképzésére

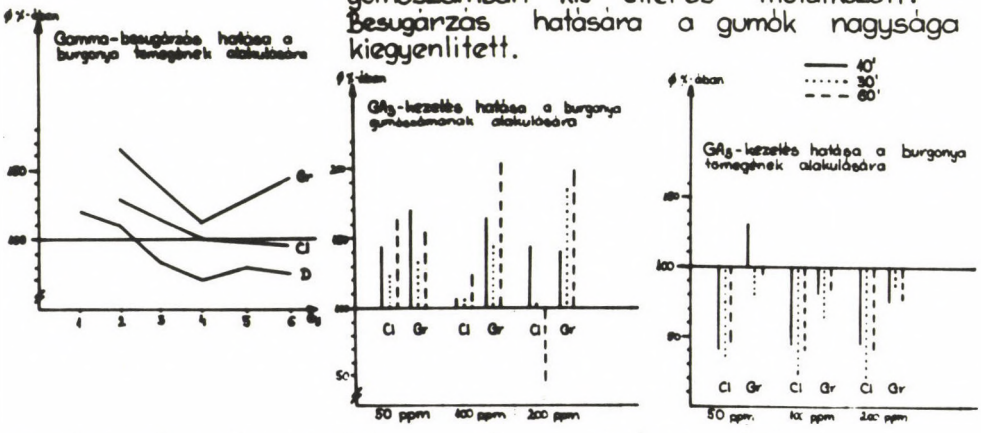
MAULNÉ P.O. – PÁL I. – LÖVEI I.
GATE, Növénytani és Növényélettani Tanszék

A kisérlet célja:
Összehasonlitani a gamma-besugárzás és fitohormon – kezelés hatását különböző tenyészidejü burgonya fajták gumószámának és tömegének alakulására.

Munkamódszer:
Véletlen blokk elrendezésü szántóföldi kisérletben vizsgáltuk a Cleopátra, Grácia és Desirée burgonya fajták termésalakulását.

Kezelések:
- ^{60}Co gamma – besugárzás dózisok: 1.2.3.4.5.6 Gy
- GA_3 : 50, 100. 200 ppm-es oldat
- KINETIN: 20. 40, 80 ppm-es oldat

A kisérlet eredményei:
A kontrollhoz viszonyitva a gumószámban kis eltérés mutatkozott. Besugárzás hatására a gumók nagysága kiegyenlitett.



Kinetines kezelés hatására csak a Grácia fajta gumószáma és tömege emelkedett.

Következtetések:
A fajták eltérően reagáltak a különböző kezelésekre.
A Grácia fajta mind a fizikai, mind a kémiai kezelésekre kedvezőbben reagált.

Az eredmények alapján az eltérő burgonya fajták vetőgumó előállitására a GA_3 – kezelés, mig a gumók tomegének növelésére a gamma – besugárzás lehet célravezető.

KIS DÓZISÚ ULTRAHANG BESUGÁRZÁS ÉS CSÁVÁZÓSZER HATÁSA A NAPRAFORGÓ CSIRÁZÁSÁRA ÉS OLAJTARTALMÁRA

Nagy János
DATE.Fizika Tanszék
Debrecen

Ratkos József
Vetőmag V. Kut. Közp.
Nyiregyháza

A napraforgó termésveszteségét /az esetenként 50-80 %-os terméskiesést/ a mind gyakoribbá váló betegségek okozzák,amelyek közül egyik legelterjedtebb a peronoszpóra.
Az ellene való védekezés a vetőmag csávázásával kezdődik. A hagyományos csávázás során a fungicidek a kaszatok felületére kerülnek. Ez azonban nem jelent védelmet a mag belső fertőzöttsége ellen.
A fungicidek eredményesebb bejuttatása érdekében ultrahangteret alkalmaztunk. Az ultrahang nyomás hullámok segitségével a kaszat felülete alá juttattuk be a fungicidek szuszpenzióját egy 4 literes, KLN-gyártmányú uh-kádban.

Az alkalmazott technológia sorrendje a következő volt

1/ Az ultrahang-stimuláció kedvező tartományának megállapitása a csirázási dinamizmus alapján /optimális érték 0,7 W/cm² és 5 min/.
2/ A GK-70-es napraforgó fajta vetőmagjának ultrahangos csávázása 14 féle növényvédő szer felhasználásával /4 ismétlésben/.
3/ A csávázott kaszatokból fejlődött csiranövények inokulációja peronoszpóra szuszpenzióval Cohen-Sackston módszerével /az inokulum koncentrációja 10^4 - 10^5/cm³ volt/.
4/ A növények fiziológiai reakcióinak vizsgálata postinfekcionálisan /fenoltartalom, átlagos növénymagasság, a gomba sporulációja a növények felületén stb. vizsgálata/.
5/ A szisztemikus fertőzöttség mértékének megállapitása a vegetáció végén provokációs kertben.

Eredmények

a/ A felhasznált növényvédő szerek közül legalkalmasabbnak mutatkoztak a következő metalaxil és réztartalmú szerek: Ridomil 50 WP, Ridomil Plus, Cuprosan SP és a Cursate Super CZ, amelyek az alkalmazott infekciós terhelés mellett /a természetben ilyen magas százalék arányú fertőzés valószinütlen/ a szabadföldi kisérletben védettséget biztositottak.
b/ Az ultrahang-kezelés a vetőmag biológiai értékét is megnövelte /a fiziológiai magvigor értékének növelése kimutatható volt/.
c/ Az optimális ultrahang dózis stimulálóan hatott a napraforgó olajtartalmára is, amely kezeléstől függően néhány százalék növekedést mutatott.
d/ Az ultrahangos-bevitel lehetőséget nyújt a legkedvezőbb hatású csávázó szerek kiválasztására a magvak belső fertőzöttségének megszüntetésénél.

NUKLEÁRIS MÓDSZERREL ELŐÁLLITOTT MEMBRÁNSZŰRŐK MEZŐGAZDASÁGI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Dőry István Hegyi Károly Nagy Árpád Vincze Gyula

GATE, Fizika Tanszék, Gödöllő

A nukleáris szürők elnevezésüket a polimer membránokat ionizáló sugárzásokkal roncsoló nukleáris gyártástechnológiáról kapták.

A kb. 10-20 /um vastagságu müanyag hártyában 10-20 nm átmérőjü, erősen roncsolt csatornákat hoznak létre nehézionos besugárzással, majd lugos fürdőben való maratással 0,1-10/um átmérőjüre szélesitik. Dubnában az U-300-as nehézion gyorsitó berendezésen készitenek ilyen membránokat.

Az ilyen módon határozott méretü köralaku nyilásokkal átjárhatóvá tett membránanyag egyre nagyobb tért nyer a finomabb szüréstechnológiai alkalmazásokban a hagyományos szürőkhöz viszonyitott előnyei miatt. Az aktuális alkalmazási lehetőségek a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban: tejsavó besürités, pasztörizálást helyettesitő sterilszürés, enzimreaktorokban a termék és az enzim elválasztása, stb.

Laboratóriumi felhasználásban is előnyös -- a hagyományos szürőkkel szemben -- a kapilláris pórusú membrán határozott pórusméretéből adódó nagy szelektivitása, a sima, közömbös felülete.

A szürő vékonysága miatt a lineáris szürőegyenletet pontositottuk a belépési, beállási és kilépési veszteségek figyelembevételével. A gyakorlatban előforduló nagy szürési sebességeknél ezek a nemlineáris effektusok jelentősek.

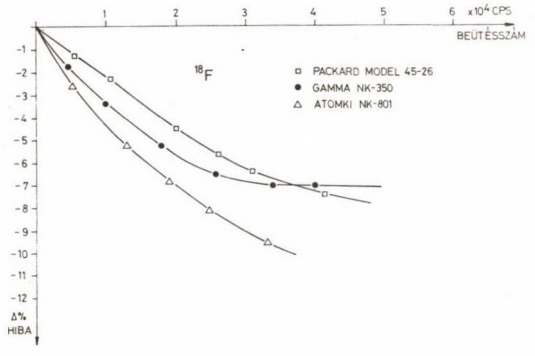
Végül köszönetünket fejezzük ki Szabó S. Andrásnak az alkalmazásokban nyujtott hasznos információiért.

EGYSZERŰ MÓDSZER ÉS BERENDEZÉS SUGÁRZÓ IZOTÓPOK INTENZITÁSÁNAK PONTOS MÉRÉSÉRE*

Schulik B., Bornemiszáné P. P., Fekete S., Kertész Zs., Máthé Gy.

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A növények ásványi táplálkozása és anyagcsere folyamatai közötti összefüggések vizsgálatához, stimulációs célokra végzett neutron besugárzásoknál, a neutron sugárdózis meghatározásához, sugárzó izotópok intenzitásának pontos mérése szükséges.



PROBLÉMA:

A mérési hiba az intenzitás növelésével gyorsan nő, és az egész módszer pontosságának korlátjává válhat. Különösen időszerűvé teszi a problémát, hogy a debreceni ciklotron beindulásával egy sor rövid felezési idejű izotóp alkalmazására is lehetőség nyilik. Itt kisebb fajlagos aktivitások mellett is nagyobb intenzitások mérése válik szükségessé. Célunk az volt, hogy az intenzitás mérésének hibáját széles energia és beütésszám tartományban a 10-15 %-ról 1 % alá szoritsuk.

ÖTLET:

ALKALMAZZUNK ÉLŐIDŐ KORREKCIÓT!

- **A valódi intenzitás a mért beütésszámból és az élőidőből egyszerű osztással meghatározható:**

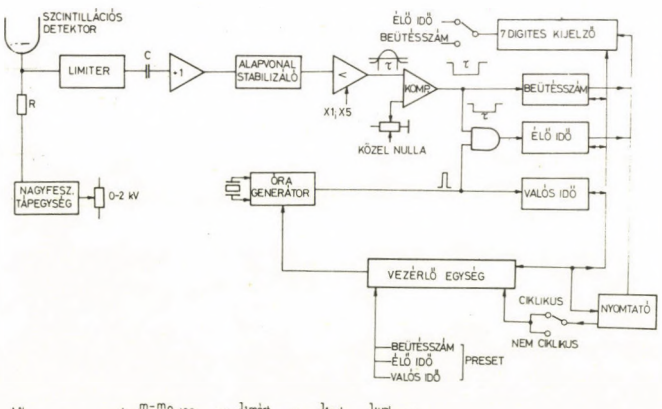
$$I = \frac{I_{mért}}{T_{élő}}$$

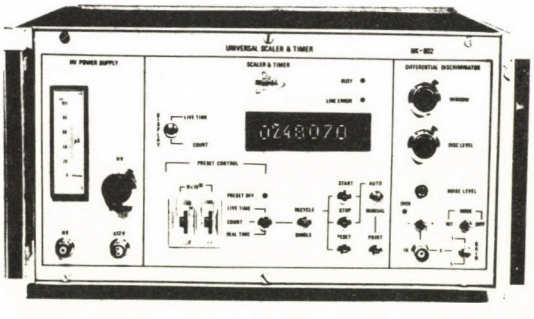
MÉRJÜNK INTEGRÁLISAN!

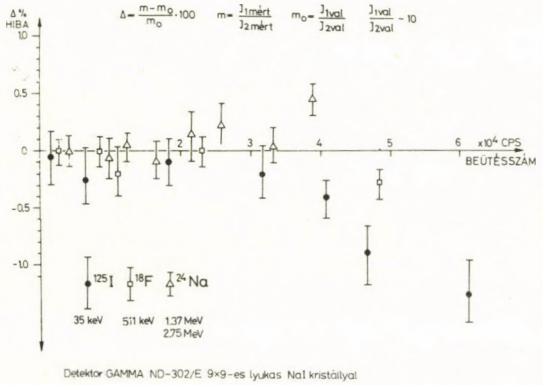
- **Rövidebb mérési idő alatt jobb statisztika - kisebb sugár terhelés**
- **A stabilitás nő - reprodukálhatóság javul**
- **A spektrum alakjától független, egyszerű élőidő korrekció alkalmazható**

MEGVALÓSITÁS: UJ BERENDEZÉS

NK-802 UNIVERZÁLIS SZÁMLÁLÓ ÉS EGYCSATORNÁS ANALIZÁTOR ELVI VÁZLATA







$\Delta = \frac{m - m_o}{m_o} \cdot 100 \qquad m = \frac{J_{1mért}}{J_{2mért}} \qquad m_o = \frac{J_{1val}}{J_{2val}} \qquad \frac{J_{1val}}{J_{2val}} \sim 10$

Detektor GAMMA ND-302/E 9×9-es lyukas NaI kristállyal

EREDMÉNY:

Mérlegeléssel beállitott intenzitási arányu mintákat mértünk. A mérési hiba a 35-4100 keV tartományban, 4×10^4 cps intenzitásig a kezdeti 10-15% helyett 0.5% alatt maradt!

*Az MTA Atommagkutató Intézet szolgálati szabadalma

KISMÉRETŰ CIKLOTRONOK MEZŐGAZDASÁGI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Mahunka Imre
MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

Az izokrón ciklotronok nyalábadatai és épitésének gazdasági mutatói ma már lehetővé teszik, hogy ezen gyorsitókat ne csak a magfizikában, hanem különböző multidiszciplináris témákban és gyakorlati feladatok megoldásában is eredményesen és gazdaságosan használjuk. A világon jelenleg már több mint száz ciklotron müködik, amelyek nagy részénél jelentős az alkalmazási és ezen belül a mezőgazdasági célu felhasználás.

Magyarország első ciklotronját 1985-ben helyezik üzembe Debrecenben. A ciklotron laboratórium szervezeti és felhasználási tervében figyelembe vannak véve a mezőgazdaság várható igényei is [1,2,3].

A mezőgazdaság kutatási és gyakorlati feladatainak megoldásánál a debreceni ciklotron uj lehetőségeket nyujt a következő témakörökben:

Besugárzásos alkalmazások. Sugárkezelési célokra a ciklotron felhasználható elsődleges (proton, deuteron, alfa-részek) vagy másodlagos (neutronok, gamma-sugarak) sugárforrásként. A másodlagos sugárforrásként előállitható nagy intenzitásu és különböző energiáju neutronforrások jó lehetőséget adnak mutációs nemesitési és stimulációs problémák vizsgálatára.

Analitika. A ciklotron nyalábjai felhasználhatók mind a "prompt", mind a "késleltetett" nukleáris analitikai módszereknél. Biológiai minták nyomelem koncentrációinak meghatározásánál sok esetben csak ezen módszerekkel érhető el a szükséges érzékenység.

Radioaktiv izotópos nyomjelzés. Ciklotron nyalábok segitségével szinte minden elemnek előállitható néhány radioaktiv izotópja. Az izotópok felezési ideje és előállitásuk hatáskeresztmetszete természetesen bizonyos korlátozást jelent. A korlátozások ellenére is a nyomjelzésre felhasználható izotópok tartománya kiszélesedik és ez uj lehetőségeket nyit pl. a növénytáplálkozási és tápanyagforgalmazási kutatások területén. A mellékelt táblázat a kisméretü ciklotronokkal termelhető izotópokról és a kisérletileg mért termelési hozamaikról ad áttekintést.

[1] Mahunka I., ATOMKI Közl., 22/1 (1980) 108
[2] Bornemisza Gyné, Fizikai Szemle, 32 (1982) 427
[3] Bornemisza Gyné, Buzás I., Melioráció és tápanyaggazdálkodás (1982) 73-74 No. 3.

Áttekintés a kisméretu ciklotronokkal termelhető izotópokról
és előállitásuk kisérletileg mért hozamairól

Izotóp	Felezési idő	Magreakció	Bombázó energia /MeV/	Céltárgy	Termelési hozam /μCi/μAh/	Irod.
^{7}Be	53 d	$^{7}Li/p,n/$	22	Li	170	a
^{11}C	20 m	$^{14}N/p,\alpha/$	15	N_2/gáz/	19000	b
		$^{10}B/d,n/$	14	B_2O_3	300000	c
		$^{12}C/^{3}He,\alpha/$	15-18	CaC_2	2500	c
^{13}N	10 m	$^{16}O/p,\alpha/$	18	H_2O	24000	c
		$^{12}C/d,n/$	8	CO_2/gáz/	3200	b
		$^{14}N/^{3}He,\alpha/$	30	N_2/gáz/	15000	c
^{15}O	2 m	$^{14}N/d,n/$	8	N_2/gáz/	4600	b
^{18}F	110 m	$^{20}Ne/d,\alpha/$	8	Ne/gáz/	10000	c
		$^{16}O/^{3}He,p/$	22	H_2O	6000	c
		$^{16}O/\alpha,d/$	30	H_2O	1100	c
^{22}Na	2,6 y	$^{25}Mg/p,\alpha/$	22	Mg	0,4	a
		$^{23}Na/p,pn/$	22	Na	3,1	a
^{30}P	2,5 m	$^{27}Al/\alpha,n/$	15	Al	10000	b
^{43}K	22 h	$^{40}Ar/\alpha,p/$	17	Ar/gáz/	57	c
^{51}Cr	28 d	$^{51}V/p,n/$	15	V	340	b
^{52}Mn	5,7 d	$Cr/p,xn/$	22	Cr	80	a
^{52}Fe	8,2 h	$^{52}Cr/^{3}He,3n/$	23	Cr	0,7	b
		$^{50}Cr/\alpha,2n/$	30	Cr	3,3	c
^{56}Co	77 d	$Fe/p,xn/$	22	Fe	70	a
^{65}Zn	244 d	$^{65}Cu/p,n/$	22	Cu	9,3	a
^{67}Ga	78 h	$Zn/p,xn/$	15	Zn	77	b
		$Zn/p,xn/$	22	Zn	430	c
		$Zn/d,xn/$	8	Zn	30-100	c
		$Zn/d,xn/$	16	Zn	340	c
		$Zn/d,xn/$	16	$^{66}Zn/90\%/$	946	c
^{73}Se	7,1 h	$^{72}Ge/^{3}He,2n/$	15	Ge	250	b
^{77}Br	56 h	$^{75}As/\alpha,2n/$	28	As_2O_5	160	c
				As_2O_3	290	c
				As	170	c
^{81}Rb	4,7 h	$^{81}Br/^{3}He,3n/$	22	NaBr	30	c
		$^{79}Br/\alpha,2n/$	30	NaBr	2000	c
^{85}Sr	65 d	$^{85}Rb/d,2n/$	13	RbCl	15	c
^{88}Y	108 d	$^{88}Sr/p,n/$	22	SrO	20	a
^{111}In	2,8 d	$Cd/p,xn/$	15	Cd	150	c
		$^{111}Cd/p,n/$	16	^{111}Cd/dúsitott/	515	c
		$Cd/p,xn/$	22	Cd	1035	c
		$Cd/d,xn/$	12	Cd	117	c
		$^{109}Ag/\alpha,2n/$	30	Ag	200	c
^{123}I	13 h	$^{123}Te/p,n/$	15	$^{123}Te/77\%/$	4000	c
		$^{124}Te/p,2n/$	30	^{124}Te/dúsitott/	40000	c
		$^{122}Te/d,n/$	6-9	^{122}Te/dúsitott/	100	c
		$Sb/^{3}He,xn/$	23	Sb	24	c
^{123}Xe	2,1 h	$^{123}Te/^{3}He,3n/$	30	^{123}Te/dúsitott/	750	c
^{127}Cs	6,2 h	$^{127}I/^{3}He,3n/$	22	NaI	500	c
^{167}Tm	9,7 d	$^{167}Er/p,n/$	15	$^{167}Er/91\%/$	38	b
^{197}Hg	65 h	$^{197}Au/p,n/$	12	Au	14	c
			15	Au	36	b
^{197a}Hg	24 h	$^{197}Au/p,n/$	12	Au	15	c
			15	Au	23	b
^{203}Pb	52 h	$^{203}Tl/p,n/$	15	Tl	50	c
^{206}Bi	6,2 d	$Pb/p,xn/$	15	Pb	100	b
			22	Pb	700	c
^{208}Po	2,9 y	$^{209}Bi/p,2n/$	22	Bi	10	a

a/ J.A. Martin, R. S. Livingston, R. L. Murray, M. Rankin, Nucleonics.13,No.3 /1955/ 28

b/ R. S. Tilbury, R. E. Bigler, L. Zeitz, J. S. Laughlin, NBS /U.S/ SP 425 /1975/ 520

c/ M. A. Chaudhri, IEEE Trans. on Nucl. Sci., NS-26 /1979/ 2281

ATOMKI Report E/2 (1983)

АНАЛИЗ ФОРМЫ ДОППЛЕРОВСКИ УШИРЕННЫХ ГАММА ЛИНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВРЕМЕН ЖИЗНИ; СРАВНЕНИЕ ДВУХ МЕТОДОВ

М.М. Абдел-Хади*, А.З. Киш, Э. Колтаи, Б. Ньако, Дь. Сабо

Аннотация

В настоящей работе сравниваются результаты расчета формы гамма линии, полученные с помощью двух разлизных программ; одна из них основывается на формализме Блаугрунда, а вторая - на процедуре Монте-Карло. Рассчитанные формы линнии сравниваются также и с экспериментальными данными, измеренными в реакции $^{13}C(p,\gamma)^{14}N$ с применением различных тормозящих веществ.

1. Введение

При измерениях времени жизни возбужденных состояний атомных ядер методом ослабления допплеровского сдвига энергии гамма лучей (ОДС) значения времен жизни обычно определяются из смещения центра тяжести гамма линий. В случае гамма линии, имеющей большое допплеровское уширение по энергии, форма уширенной линии сильно меняется с временем жизни состояния. Поэтому информацию из экспериментальных данных можно получить также анализом формы линий. Полученные этим способом значения времени жизни в принципе могут быть более точными, чем значения, определенные по смещению положения центра тяжести.

Для расчета допплеровского уширения гамма линии чаще всего используются процедуры, основывающиеся на приближении Блаугрунда [1] теории Линдхарда, Шарффа и Шиотта (ЛШШ) [2], и на процедурах Монте-Карло, получающихся в последнее время все большее распространение (например [3,4]). Так как для расчетов по методу Монте-Карло требуется много времени на ЭВМ, метод Блаугрунда часто используется и в настоящее время, несмотря на некоторые трудности его применения [5], особенно при расчете формы линии.

В настоящей работе излагаем результаты исследований, проведенных для описания уширения гамма линии с E_γ=3.89 МэВ, образующейся в реакции $^{13}C(p,\gamma)^{14}N$. Экспериментальные данные взяли из работы [6], и дополнили их результатами измерения, проведенного на имплантированной мишени. Для подгонки формы гамма линии на основе формализма Блаугрунда использовали нами разработанную программу [7]. Применимость метода Блаугрунда проверили расчетами по методу Монте-Карло, проведенными в нескольких случаях

*Постоянный адрес: Ain Shams University, Cairo, Arab Republic of Egypt

для упомянутой реакции. Для этой цели использовали адаптацию программы В.М. Кюри [8].

Для случая изученной реакции покажем расхождение рассчитанных по двум методам форм линии, и укажем на некоторые ограничения применимости метода Блаугрунда.

2. Формулы для расчета формы гамма линии

Допплеровское смещение энергии гамма излучения, испущенное ядром отдачи, зависит от свойства тормозящей среды и ядра отдачи. Торможение атома с массой M_I и скоростью V происходит из-за столкновений с электронами и ядрами среды. Удельная потеря энергии $dE/dx=-M_1\,dV/dt$ в теории ЛШШ выражается соотношением

$$\frac{d\varepsilon}{d\rho} = f_e\left(\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)_e + f_n\left(\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)_n , \qquad (1)$$

где новые безраэмерные переменные

$$\varepsilon = E\cdot\left[aM_2/z_1z_2e^2(M_1+M_2)\right]$$

и

$$\rho = x\cdot 4\pi a^2 N\left[M_1M_2/(M_1+M_2)^2\right]$$

вводятся вместо энергии E и длины пути x. Z и M обозначают порядковый номер и массу атомов, индексы 1 и 2 соответсевуют ядру отдачи и тормозящей среде. N - число тормозящих атомов в единице объема среды, величина

$$a = 0.8853\left(\hbar^2/me^2\right)\left(Z_1^{2/3}+Z_2^{2/3}\right)^{-1/2}$$

является радиусом потенциала Томаса-Ферми, используемого в теории ЛШШ. e и m обозначают заряд и массу электрона.

Для электронного торможения в соотношении (1), для скоростей $v \le c/137\ z^{2/3}$ (c - скорость света), используются формулы

$$\left(\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)_e = k_e\varepsilon^{1/2}; \qquad k_e \cong Z_1^{1/6}\frac{0.0793\ Z_1^{1/2}Z_2^{1/2}(M_1+M_2)^{3/2}}{\left(Z_1^{2/3}+Z_2^{2/3}\right)^{3/4}\ M_1^{3/2}M_2^{1/2}}, \qquad (2)$$

а атомное рассеяние под углом в СЦМ Θ определяется формулами

$$\left(\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)_n = \frac{1}{\varepsilon}\int_0^{\varepsilon} f(x)\,dx; \qquad x = t^{1/2} = \varepsilon\sin\frac{\Theta}{2}, \qquad (3)$$

где f(x)-универсальный потенциал рассеяния. Множителями f_e и f_n корректируются неточности теории описания торможения.

Допплеровское смещение гамма излучения, образующегося при распаде состояний, возбуждаемых в реакциях захвата, в нерелятивистском случае определяется формулой

$$\Delta E_\gamma = E_{\gamma 0}\beta(t)\cos\vartheta$$

при угле регистрации ϑ. $\beta = v/c$, $E_{\gamma 0}$ обозначает энергию гамма квантов, излучаемый покоящимся ядром. $\beta(t)$ вычисляется с использованием значения удельной потери энергии (1).

При расчете ΔE_γ рассеяние атомов под большим углом учитывается введенной Блаугрундом величиной $\overline{\cos\varphi(t)}$ [1], с помощью которой среднее значение компонентов скорости, перпендикулярных на ось пучка, выражается как $\overline{\beta_z(t)} = \beta(t)\ \overline{\cos\Phi(t)}$. В следующих формулах запишем зависимость от ε величин, нужных для вычисления ΔE_γ:

$$\beta(\varepsilon) = \frac{e^2}{\hbar c}\sqrt{\frac{2\varepsilon}{M}}\ ; \qquad t(\varepsilon) = T\sqrt{\frac{M}{2}}\int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{\sqrt{\varepsilon}\,\frac{d\varepsilon}{d\rho}}$$

$$\overline{\cos\phi(\varepsilon)} = \exp\left[-\frac{M_2}{2M_1}\,G(r)\,I(\varepsilon)\right] \qquad (4)$$

Величины T, M и $G(r)$ $(r = M_1/M_2)$ и функция $I(\varepsilon)$ вычисляются по работе Блаугрунда ([1] стр. 503, ур. 15).

С использованием (4) для смещения энергии при $\vartheta = 0°$ получаем:

$$\Delta E_\gamma(\varepsilon) = E_{\gamma 0}\,\overline{\beta(\varepsilon)}\;\overline{\cos\phi(\varepsilon)}\ . \qquad (5)$$

Распределение вероятностей для ΔE_γ определяется на основе закона радиоактивного распада и формул (4):

$$\frac{dN[\Delta E_\gamma(\varepsilon)]}{d\varepsilon} = \frac{dN}{dt}\,\frac{dt}{d\varepsilon} = R(\varepsilon)\,\frac{dt}{d\varepsilon} \qquad (6)$$

Для описания экспериментально получаемой формы гамма линии составляется интеграл свертывания от распределения (6) и функции, характеризующей разрешение детектора $f_s[\Delta E_\gamma(\varepsilon) - \Delta E]$.
В результате этого получаем:

$$N(\Delta E) = T\sqrt{\frac{M}{2}}\int_{\varepsilon_r}^{\varepsilon_0}\frac{R(\varepsilon)}{\sqrt{\varepsilon}\,\frac{d\varepsilon}{d\rho}}\,f_s[\Delta E_\gamma(\varepsilon) - \Delta E]\,d\varepsilon + P(\varepsilon_r)\,f_s[\Delta E_{\gamma 0} - \Delta E], \qquad (7)$$

$R(\varepsilon)$ и $P(\varepsilon_r)$ заданы в [9], они используются для определения вклада от распада движущихся и остановившихся ядер, соответственно, ε_0 и ε_r принадлежат к значениям времени $t=0$ и $t=\infty$.

3. Описание программ

2.1 Расчет формы гамма линии по методу Блаугрунда

На основе соотношения (7) разработали программу на языке FORTRAN IV, пригодную на применение в случае различных комбинаций мишень - подложка. Подробное описание этой программы, называемой FTVON, находится в работе [7].

2.2 Расчет формы гамма линии по методу Монте-Карло

Используемая нами программа Монте-Карло подробно описана в работе [3]. Атомное торможение и рассеяние здесь описывается как случайные события. Учетом серии столкновений определяется удельная потеря энергии (3), при этом $f(x)$ может отличаться от потенциала Томаса-Ферми. Сечение столкновения $\sigma(\varepsilon)$, определенное из $f(x)$, используется для выражения вероятности столкновения с n-овым атомом в цилиндре с сечением 1 см^2: $P(n) = 1 - e^{-n\sigma}$.
Потеря энергии вследствие столкновения:

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon\left[4M_0M_i/(M_0+M_i)^2\right]\sin^2\left(\tfrac{1}{2}\Theta\right).$$

Здесь индексы $i=0,1,2$ соответствуют ядру отдачи, мишени и подложки; угол рассеяния в СЦМ Θ определяется из $P(n)$ ([3] стр. 176).

В описании случайными величинами являются время эмиссии гамма кванта, положение и скорость иона при $t=0$, длина пути между столкновениями, угол, под которым гамма квант поступает в детектор. Таким образом эффект рассеяний под большим углом вместо средних значений Блаугрунда $\overline{\cos\phi(t)}$ и $\overline{\beta(t)}$ учитывается индивидуальными событиями.

Из "внутренней" формы линии, рассчитанной программой, с помощью гамма линии, определяющей разрешение детектора, получаются данные, сравниваемые с измеренным спектром. Программа работает на ЭВМ CDC-3300.

3. Результаты

Провели расчеты по методе Блаугрунда (БЛ) и Монте-Карло (МК) для мишени ^{13}C, напыленной на различные подложки и имплантированной в Та. Полученные формы линии значительно отличаются. На рис. 1 показаны формы линии, рассчитанные 3 разными временами жизни для имплантированной мишени (т.е. для случая безконечно толстой подложки без углеродного слоя). Видно из рисунка, что вклад высокоэнергетической "быстрой" компоненты по сравнению с вкладом "медленной" компоненты на весь интервал времени является меньшим в случае БЛ-расчета, чем для МК-расчета. В обоих расчетах использовалась та же самая характеристика спектрометра. В МК-расчете были учтены 1000 событий и требовалось 30 минут машинного времени.

На рис. 2 расчеты сравниваются с экспериментальным спектром (значение параметров f_e и f_n взяты из измерений Бистера и др. [10]). Сплошной линии соответствует наилучшее согласие БЛ-расчета, что привело к $\tau = 125.10^{-15}$ сек. В МК-расчете исходным параметром являлось время жизни, поученное из $F(\tau)$. Визуальное сравнение серии расчитанных форм линии с разным значением τ в интервале $\mp 50.10^{-15}$ сек исходного значения дает $\tau = 185.10^{-15}$ сек. (Большая потребность времени МК-расчета препятствовала более точной процедуре подгонки).

Исследовали влияние изменения условий торможения на форму линии, рассчитанную двумя методами. Результаты БЛ- и МК-расчетов для 4 различных тормозящих сред показаны на верхней части рисунка 3 при $\tau = 162.10^{-15}$ сек и одинаковых экспериментальных условиях. Кривые самых лучших подгонок по методу Блаугрунда - для экспериментальных данных из работы [6] - показаны на нижней части рисунка. Видно, что МК-расчетами лучше учитывается влияние рассеяний под углом больше 90° (низкоэнергетическая часть) [3], чем методом Блаугрунда, в случае которого и в этих примерах получаются более короткие времена жизни, чем из расчетов $F(\tau)$. Проводятся расчеты для получения МК-кривых наилучшего согласия.

Сравнение расчитанных кривых с экспериментом показывает что БЛ-расчет в случае подложки с большим порядковым номером (Та) приводит к плохому согласию с экспериментом, тогда как МК-расчет дает удовлетворительные результаты уже при сравнительно небольшом числе событий.

Литература

[1] Blaugrund A.E., Nucl. Phys., 88, 501 (1966).
[2] Lindhard J., Scharff M., Schiott H.E., Mat. Pys. Medd., Dan. Vid. Selsk. 33, no 14 (1963).
[3] Currie W.M., Nucl. Instr. and Meth. 73, 173 (1969)
[4] Hanson W.G., Puhach P.A., Nucl. Instr. and Meth. 100, 205 (1972)
[5] Hanson W.G., Robertson B.C., Nucl. Instr. Meth. 122, 447 (1974)

[6] Антони М.С., Киш А., Колтаи Э., Ньако Б. и Сабо Д. Изв. Акад. Наук СССР Сер.Физ., 44, 1031 (1980)
[7] Nyakó B., Szabó Gy., Kiss Á.Z. ATOMKI Report E/1 (1983).
[8] Currie W.M., Harwell Report, AERE-R 6139 (1969)
[9] Hoffman E.J., Van Patter D.M., Sarantites D.G., Barker J.H., Nucl. Instr. and Meth. 109, 3 (1973)
[10] Bister M., Anttila A., Keinonen J., Phys. Rev. C16, 1303 (1977)

Референт: З. Матэ

Подписи к рисункам

Рис.1. Зависимость уширения гамма линии от времени жизни τ в случае расчетов по методу Блаугрунда($\tau_{БЛ}$) и Монте-Карло($\tau_{МК}$). ($^{13}C(p,\gamma)^{14}N$, $E_p = 1.15$ МэВ, Та-подложка)

Рис.2. Уширение гамма линии с $E_{\gamma_0} = 3.89$ МэВ, измеренное на имплантированной в Та-подложку ^{13}C-мишени (гистограмма) и расчеты по методу Блаугрунда (——) и Монте-Карло (— · —)

Рис.3. Верхняя часть: Рачеты формы гамма линии по методу Монте-Карло и Блаугрунда для подложек Ni, Cu, Mo и Та при напыленной ^{13}C-мишени и $\tau = 162.10^{-15}$ сек. Нижняя часть: Кривые самых лучших подгонок по методу Блаугрунда (——) для экспериментальных подложек, и значения τ, принадлежащие минимуму χ^2.

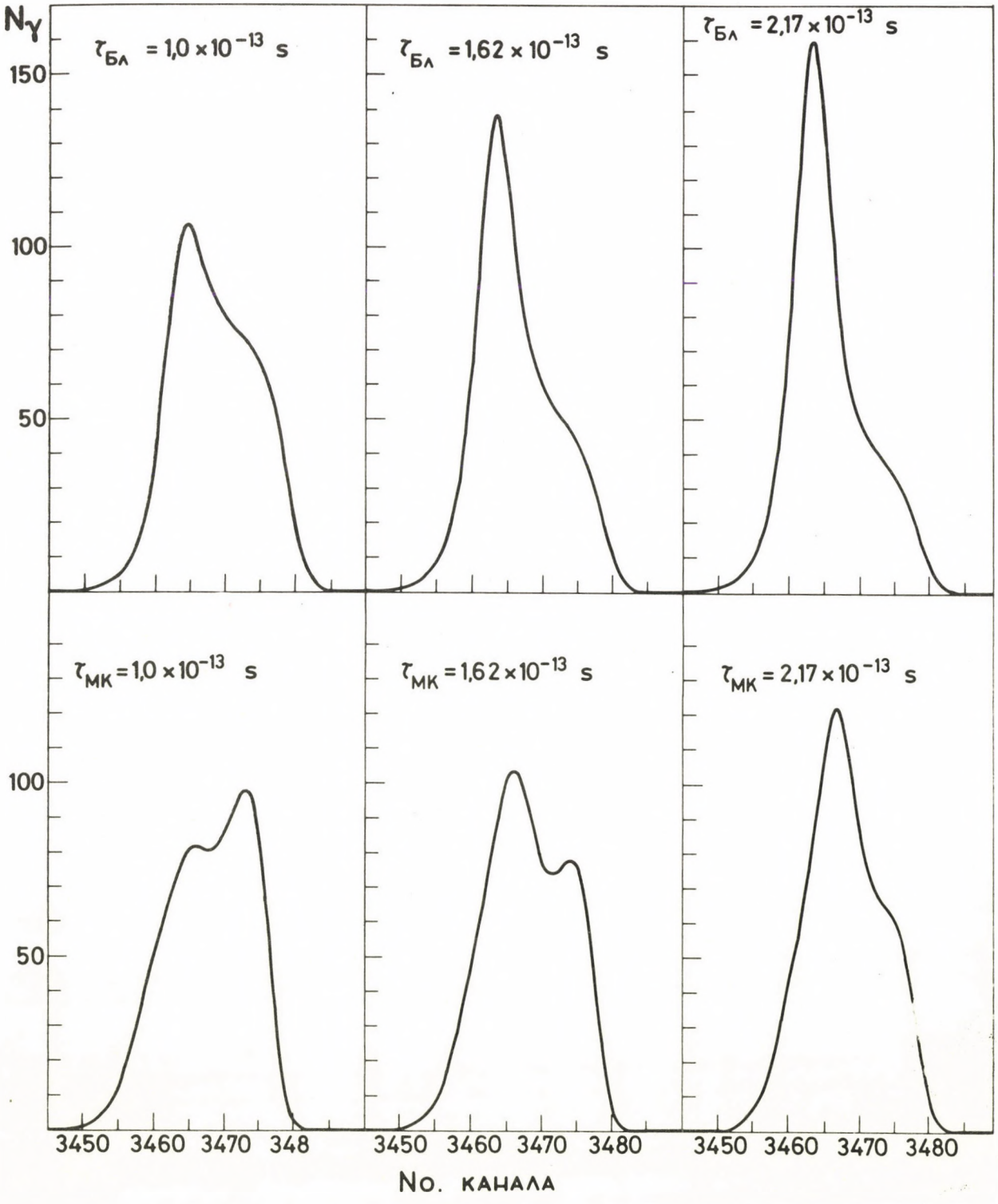

N_γ
150
100
50
$\tau_{БЛ} = 1{,}0 \times 10^{-13}$ s
$\tau_{БЛ} = 1{,}62 \times 10^{-13}$ s
$\tau_{БЛ} = 2{,}17 \times 10^{-13}$ s
$\tau_{МК} = 1{,}0 \times 10^{-13}$ s
$\tau_{МК} = 1{,}62 \times 10^{-13}$ s
$\tau_{МК} = 2{,}17 \times 10^{-13}$ s
100
50
3450 3460 3470 348
3450 3460 3470 3480
3450 3460 3470 3480
No. канала

Рис. 1.

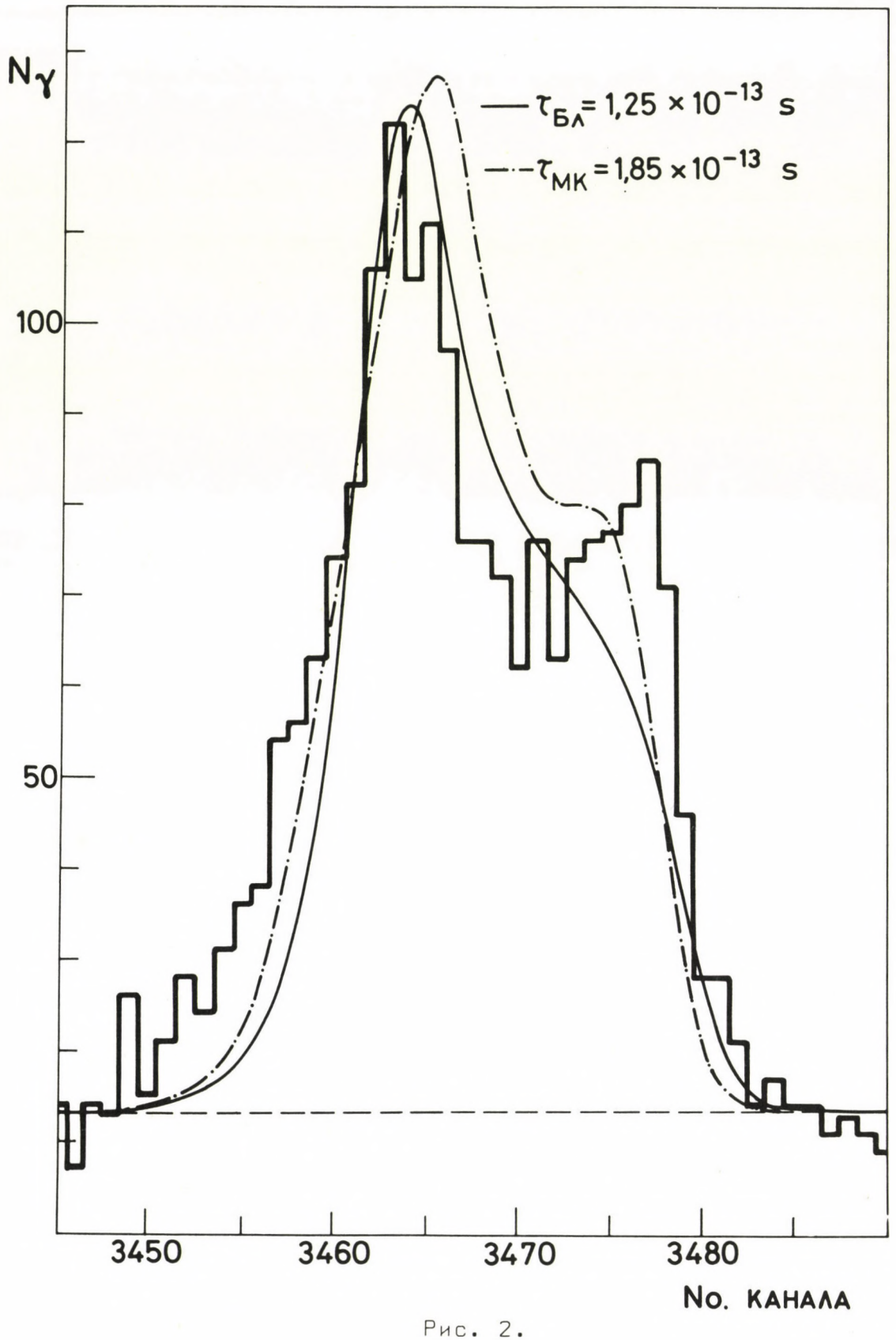

N_γ
100
50
$\tau_{БЛ} = 1{,}25 \times 10^{-13}$ s
$\tau_{МК} = 1{,}85 \times 10^{-13}$ s
3450
3460
3470
3480
No. КАНАЛА

Рис. 2.

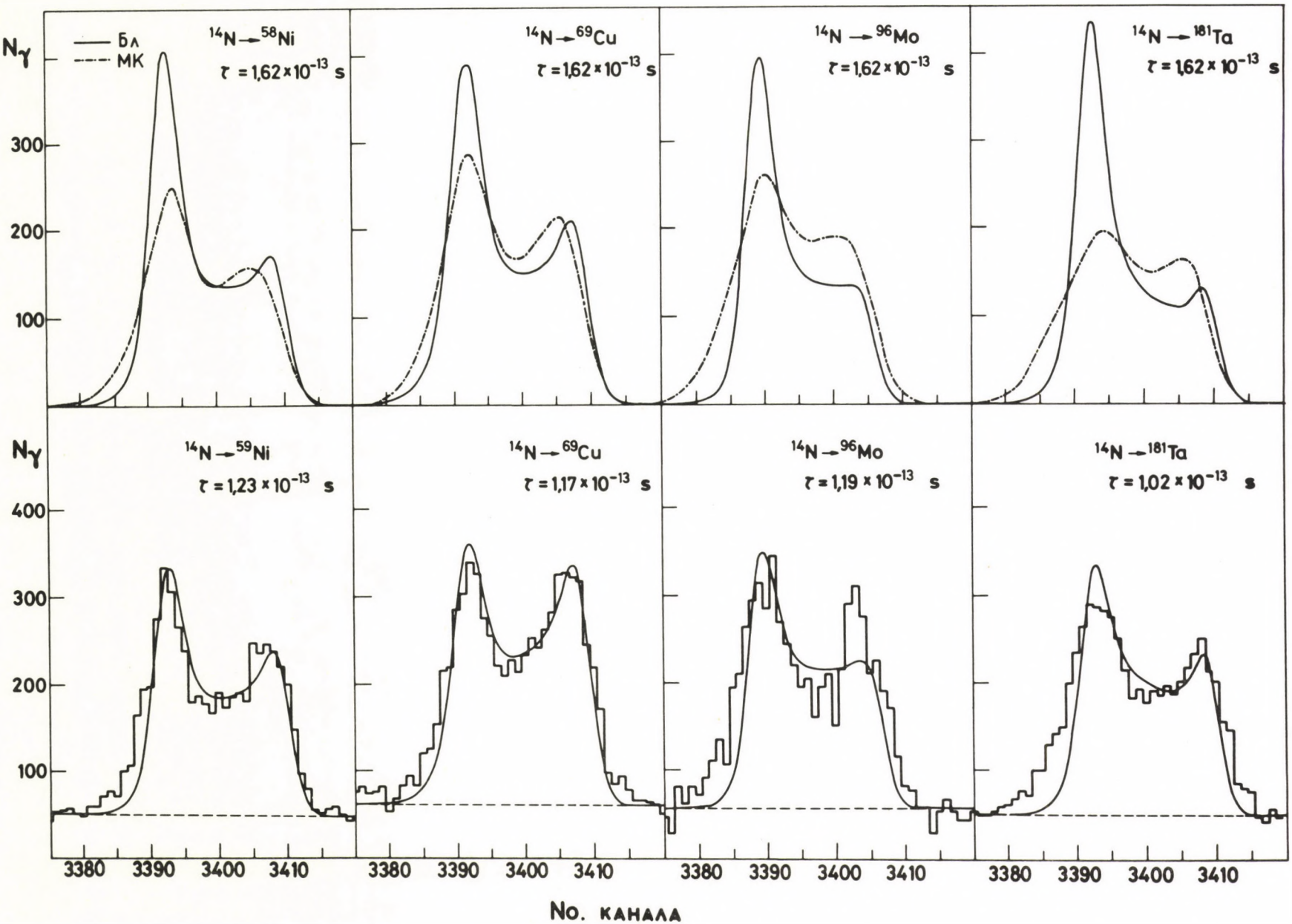

Nγ
бл
МК
$^{14}N \rightarrow ^{58}Ni$
$\tau = 1{,}62 \times 10^{-13}$ s
$^{14}N \rightarrow ^{69}Cu$
$\tau = 1{,}62 \times 10^{-13}$ s
$^{14}N \rightarrow ^{96}Mo$
$\tau = 1{,}62 \times 10^{-13}$ s
$^{14}N \rightarrow ^{181}Ta$
$\tau = 1{,}62 \times 10^{-13}$ s
100
200
300
Nγ
$^{14}N \rightarrow ^{59}Ni$
$\tau = 1{,}23 \times 10^{-13}$ s
$^{14}N \rightarrow ^{69}Cu$
$\tau = 1{,}17 \times 10^{-13}$ s
$^{14}N \rightarrow ^{96}Mo$
$\tau = 1{,}19 \times 10^{-13}$ s
$^{14}N \rightarrow ^{181}Ta$
$\tau = 1{,}02 \times 10^{-13}$ s
100
200
300
400
3380
3390
3400
3410
No. канала

Рис. 3.

HU ISSN 0231-3685

ATOMKI Riport X/6 (1983)

BIOLÓGIAI MINTÁK NYOMELEM ANALIZISE TÖLTÖTT RÉSZECSKE NYALÁBBAL GERJESZTETT RÖNTGEN-EMISSZIÓS FOLYAMATBAN

Kiss Ildikó, Koltay Ede, Szabó Gyula, Zolnai László
MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen, 4001, Pf.51.

Gődény Sándor
Debreceni Orvostudományi Egyetem Szülészeti és Nőgyógyászati Klinikája, Debrecen

Pintye Éva
Debreceni Orvostudományi Egyetem Radiológiai Klinikája, Debrecen

László Sándor
Országos Légkörfizikai Intézet, Budapest

A protongerjesztéses röntgenemissziós folyamat széles körben alkalmazható biológiai minták multielemes analizisére. Jelen közleményünkben két példát mutatunk be orvosi kutatások területén történt alkalmazására. Vérplazma és vörösvértest mintákat analizáltunk annak érdekében, hogy nyomon kövessük egyes elemi összetevők koncentrációjának változását humán terhesség, illetve radioterápiás gamma besugárzások során.

Proton induced X-ray emission can be used in a broad range of multielemental analysis of biological samples. In the present paper two examples are given on its application into medical research. Blood plasma and erythrocyte samples are analysed in order to follow the changes in the concentrations of elemental constituents during pregnancy and radiotherapeutic gamma irradiation.

BEVEZETÉS

Az elemi analizis a fundamentális kutatások és alkalmazott célu vizsgálatok igen széles körében tett szert fontos szerepre napjainkban. Sok esetben van szükség arra, hogy a vizsgált anyagmintában jelenlévő számos komponens koncentrációjára pontos kvantitativ információt szerezzünk - ide értve az alapvető összetevők mellett a nyomelem előfordulások gyakoriságát is.

A nyomelemek biológiai szerepének tisztázása több évtizede felvetődött kutatási feladat. Napjainkban igen erősen fejlődik ez a terület; fiziológiai és patológiai folyamatok széles körét vonta be ilyen vizsgálatokba a modern orvosi kutatás. Várható, hogy az elkövetkező években az emberi szervezetben szerepet játszó nyomelemek koncentrációinak meghatározása és szabályzása a humán diagnosztika, illetve terápia fontos eszközévé válik.

Ennek megfelelően állandóan növekszik az igény arra, hogy uj elemanalitikai módszereket vezessünk be, amelyek kielégitik a következő követelményeket:

- legyenek alkalmazhatók a lehető legszélesebb rendszámtartományban,
- egyetlen mérésben egyszerre sok elem legyen meghatározható,
- magas abszolut érzékenysége és koncentrációérzékenysége tegye lehetővé nyomelemek vizsgálatát kis térfogatu, összetett mintákban,
- legyen gyors a mintaelőkészités és a mérés,
- adjon lehetőséget arra, hogy a mintát pontról-pontra letapogatva sikbeli eloszlást vizsgáljunk,
- a mérés és a kiértékelés megfelelő szintig automatizálható legyen a nagy mintaszámok kezelhetősége érdekében.

A gyorsan fejlődő PIXE módszer a fenti követelmények együttesét egyszerre keilégiti. Alapjául a protonokkal indukált röntgen emisszió szolgál, ez a folyamat a magfizikai laboratóriumok részecskegyorsitó berendezésein nagy hatásfokkal létrehozható. A gyorsitók szokásos mérőközpontjai, amelyek detektorokból, sokcsatornás amplitudó analizátorokból és mérésvezérlő-adatfeldolgozó számitógépekből állnak, alkalmasak arra, hogy a nyert röntgenspektrumokból a kivánt koncentráció adatokat származtassák.

A módszer teljesitőképességét jól illusztrálja az 1. ábra, amelyen a minimális detektálható elemkoncentrációkat a rendszám és a bombázó protonenergia által meghatározott sikban adjuk meg [1]. Ppm-rendü és ppm alatti koncentráció érzékenység érhető el a $Z \geq 12$ rendszámokra, s ez az érzékenység fizikai vagy kémiai mintadusitási eljárásokkal további egy-két nagyságrenddel fokozható. Egyetlen kisérletben szinte a teljes rendszámtartomány átfogható 1-2 MeV-os protonok alkalmazásával.

Jelen közleményben néhány, a módszerre vonatkozó általános megjegyzés után az Atommagkutató Intézet 5 MV-os Van de Graaff generátorának alkalmazásával biológiai mintákon végzett vizsgálataink egyes eredményeit mutatjuk be vázlatosan.

BIOLÓGIAI MINTÁK ELEMÖSSZETÉTELÉRŐL

Az élő anyag felépitésében a 2. ábra szerinti csoportositásban vesznek részt a periodusos rendszer nagy részét lefedő elemek [2]. Az *alapvető elemek* általában jól detektálhatók a kisebb koncentrációérzékenységü klasszikus módszerekkel is. A PIXE módszer az alapvető elemek közül a Mg, P, S, Cl, K és Ca esetén alkalmazható, az alacsonyabb rendszámtartományra magreakció és Rutherford szórási méréseket lehet végezni.

Az *életfontosságu nyomelemek* kulcsszerepet játszanak enzimrendszerek és proteinek felépitésében. Ebből érthető, hogy az emlős állatok és az ember esetében általában szük koncentráció-intervallumok biztositják a normális életfunkciókat ezen elemek esetén; hiányok vagy tullépések egy sor rendellenességre vezethetnek. Ez a magyarázata annak, hogy a nyomelem vizsgálatok az orvostudományban fontos kutatási területet jelentenek és uj diagnosztikai módszerek kidolgozására adnak lehetőséget. A fluor kivételével minden életfontosságu nyomelem vizsgálható a PIXE módszerrel.

Néhány elem alacsony koncentráció mellett is *toxikus* hatásu a szervezetben. A PIXE módszert jól lehet alkalmazni nehézfém mérgezések kimutatására.

A nyomelem vizsgálatok komplexitását növeli, hogy az egyes elemek hatását más jelenlévő elemek interkorrelációja befolyásolja [3]. Az állatkisérletek alapján összeállitott 3. ábrán a sokszög csucsaiban elhelyezett elemek egymásrahatását nyilak jelzik: az egyirányu nyilak egyirányu hatást, a kétirányuak kölcsönös antagonizmust jeleznek. Állatkisérletekből ismert például, hogy a terhesség alatti fokozott kalciumbevitel gátolhatja a zink felszivódását a szervezetben. Minthogy humán terhesség alatt szokásos magnéziumot, valamint kalciumot és D_3 vitamint tartalmazó készitmények használata, az ábra arra is figyelmeztet, hogy egy-egy kiragadott elemre végzett

vizsgálat félrevezető lehet: a PIXE multielemes jellege miatt, előnyösen használható ezen a területen.

További nehézséget jelent a vizsgálatokban az alapul használandó normál koncentrációértékek biológiai szórása. Több szerző dolgozott az irodalomban rendelkezésre álló mérési adatok kritikai feldolgozásán. Az analitikai adatok sok esetben erős szórást mutatnak részben a biológiai variációk, részben a különböző analitikai módszerek szórása esetleg szisztematikus hibái miatt. Néhány találomra kiszemelt példát mutatunk be a 4. ábrán [5]. A biológiai szórást a szervek és szövetek szubmikroszkópikus szintig meglévő inhomogenitása, az életkorral való változása, s a különböző elemek felvételében és leadásában fellépő jelentős különbségek okozzák. Ennek alapján nyilvánvaló, hogy egy-egy kisérlet elvégzése gondosan megválasztott mintagyüjtési stratégiát igényel. Az optimális diagnosztikai eljárást az egyes elemekre vonatkozó biológiai lebomlási idők is meghatározzák: mig például az ólom a vérből néhány óra alatt távozik, a csontokban évtizedekre lerakódik. A vérminták vizsgálatát optimálisnak tekintik a pillanatnyi állapotok meghatározására, bár az elemkoncentrációk stabilizálására szolgáló homeosztatikus mechanizmus itt a változásokat általában korlátozza.

A különböző egyedektől származó vérminták elemi összetevőiben talált erős koncentráció szórások teszik fontossá a vér nyomelem analizisét a diagnosztikus alkalmazások lehetősége szempontjából. Egyes megfigyelések szerint a vérre jellemző több mint 15 nyomelem közül csak a réz, a vas, a stroncium és a cink jelenik meg egyértelmüen minden mintában. A különböző elemek koncentrációi határozott korrelációt mutatnak patológikus és fiziológiai folyamatokkal. Teljes véren, vérplazmán, szérumon illetve vörösvértesteken elvégzett összehasonlitó elemzések a diagnosztikai módszert specifikusabbá tehetik, illetve fényt vethetnek a különböző folyamatok mechanizmusára.

Emberi szövetek elemi összetevőinek koncentrációi erős korrelációt mutatnak a szervezetben lezajló folyamatokkal; meghatározott körülmények között jelentős bedusulások lépnek fel az egyes szervekben. Különösen érdekes e folyamatok nyomonkövetése terhesség alatt, az anyai szervezetből a placentán keresztül a magzat felé irányuló transzport mechanizmusa szempontjából.

A sokirányu vizsgálati anyagból az 1. táblázatban olyan összefüggéseket gyüjtöttünk össze, amelyek vizsgálatát külföldi laboratóriumokban PIXE módszerrel végezték. Igy egyszerre van módunk a téma szerteágazó voltát és a módszer széleskörü alkalmazási lehetőségét illusztrálni.

SAJÁT VIZSGÁLATOK

Vizsgálatainkban vérplazma és vörösvértest minták mikroelem összetételét határoztuk meg az ATOMKI Van de Graaff generátorán [13]. A vizsgálatok célja a nyomelem koncentrációk terhesség alatti változásának nyomonkövetése, kobalt gamma sugár terápiát követő esetleges változások vizsgálata.

A mérési elrendezést az 5. ábra mutatja be. A rések által kivágott s a szórófólián áthaladva diffuzzá váló nyaláb kollimálás után egy eltolható céltárgytartóra helyezett mintasorozat egyikére esik. A kilépő röntgensugárzást 170 eV (FWHM) felbontóképességü KEVEX Si(Li) detektor analizálja. A biológiai minták általában elektromosan szigetelők, igy a bombázó nyaláb magas feszültségre feltölti őket. Eredményül zavaró fékezési röntgen hátteret kapunk. A feltöltés elkerülésére a céltárgyat egyidejüleg lassu elektronokkal is bombázzuk. Az igy elért semlegesitődés hatására a háttér a 6. ábrán logaritmikus skálán látható spektrumok eltérésének mértékében lecsökken.

A mért röntgenspektrumokat az intézet PDP-11/40 számitógépén a REV-5S program értékeli ki. Itt lehetőség van arra, hogy a spektrumban egyszerre 15 csucsot kezeljünk, s a jellegzetes fékezési sugárzási hátteret ötparamé-

teres exponenciális polinom illesztéssel vegyük korrekcióba.

A vérmintákat liofilizálás és poritás után sajtolással formáltuk 10 mm átmérőjü koronggá. Kémiai preparálásra nem volt szükség, a vérminták esetén a mérési pontosság növelése érdekében esetenként $Y(NO_3)$ belső standardot is használtunk.

1. táblázat

ELEMEK PIXE ANALIZISÉNEK DIAGNOSZTIKAI ALKALMAZÁSAI

<table>
<tr><th>VIZSGÁLT FOLYAMAT</th><th>ELEMEK</th><th>MINTA</th><th>KÖVETKEZTETÉS, EREDMÉNYEK</th></tr>
<tr><td colspan="4">Mangelson et al., Brigham University, Utah, U.S.A. [6]</td></tr>
<tr><td>Diabetes</td><td>K,Ca, Mn, Fe,Ni,Cu, Zn</td><td>máj
tüdő
aorta</td><td>kiemelkedően magas Fe koncentráció a lépben (további négy elemnél is). Szokatlanul magas a májban a Zn/Cu arány</td></tr>
<tr><td colspan="4">Bearse et al., Los Alamos Sci. Lab. U.S.A. [6]</td></tr>
<tr><td>Gamma besugárzást kisérő vérösszetétel változás állatkisérletben</td><td>K,Ca,Fe Cu,Zn,Rb</td><td>vér</td><td>korrelációk keresése a vörösvértestszám és az egyes elemek koncentrációjának változása között
<table>
<tr><th>Elem</th><th>várt</th><th>talált</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">korreláció</td></tr>
<tr><td>K</td><td>+</td><td>+</td></tr>
<tr><td>Fe</td><td>+++</td><td>+</td></tr>
<tr><td>Rb</td><td>+</td><td>+</td></tr>
<tr><td>Zn</td><td>+</td><td>0</td></tr>
<tr><td>Ca</td><td>-</td><td>?</td></tr>
<tr><td>Cu</td><td>-</td><td>?</td></tr>
</table>
Plazmában a Fe koncentráció 80-szorosra nő (szabad mérgező vas) ezért kicsi a vas csökkenése a teljes vérben</td></tr>
<tr><td colspan="4">Hasselmann et al., Univ. Marburg, N.SZ.K. [8]</td></tr>
<tr><td>Tuladagolt és aluladagolt nyomelem bevitel hatása a máj nyomelem koncentrációira</td><td>Mn,Cu,Zn, Br,Rb</td><td>máj
lép</td><td>bevitt Mn,Cu és Zn változtatásának hatására a Br és Rb koncentráció is változik. Enzimaktivitás vizsgálata. Az analizis kiterjed a sejt szeparált alkatrészeire.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Vis et al., Vrije Univ. Amsterdam [9]</td></tr>
<tr><td>Vesegyulladás</td><td>Ca,Ti,V Cr,Mn,Fe, Ni,Cu,Zn Pb,Br,Rb, Sr</td><td>teljes vér
szérum</td><td>kevesebb Br, Rb, több Sr

kevesebb Fe, Zn.
Müvese kezelés hatása a nyomelem kinetikára</td></tr>
</table>

VIZSGÁLT FOLYAMAT	ELEMEK	MINTA	KÖVETKEZTETÉS, EREDMÉNYEK
Walter et al. Duke University, Durham, U.S.A. [10]			
Tüdőben lerakódott elemek (pigmentált területek és átlagos tüdőmező).	Zn,Pb	tüdő	Öntisztulási mechanizmus vizsgálata. Környezeti hatások és dohányzás szerepe
Valkovic et al., Rice University, Houston, U.S.A. [11]			
	Cu,Fe,Al, Ba,Mn,Ni, Cs,Sn,Sr, Cr,Zn,Pb, Mo,Cd	vér	
fertőző betegségek, terhesség, hormonális fogamzásgátlás, akut leukémia, nyirokcsomó duzz. pajzsmirigy tulműködés	Cu		plazma Cu szint nő, szérum Cu szint nő, szérum Cu szint nő,
arterio-sclerosis, májzavarok, rosszindulatu daganat	Zn		kifejezett függés Zn felvételétől! csökkent Zn szint,
kronikus leukémia			csökkent Zn szint a fehér vérsejtben.
fertőző betegségek	Mn,Fe,Zn, Co,Cu,Mo		mikro-organizmusok növekedése ezeket a nyomelemeket igényli. Védekező hatás és betegség utáni állapot vizsgálható.
rosszindulatu daganat	Se	szövet	Se-hiányos földrajzi területeken magas a rákos halálozás aránya. A Se-lerakódás a daganatokban (lásd radioaktiv Se diagnosztika) talán védőreakció? Se-adagolás, mint terápia (agy és csontdaganatok).
	Ga	szövet	hasonló hatás
Csontsarcoma	Fe,Zn,Cu, Mn Ca,Mg,Co,Ni	csont	magas szint alacsony szint
Fibrosarcoma	K/Cu, Zn/Cu, Rb/Cu	lép	mindhárom viszony csökken
Sejttenyészet azonositás	nyomelemek		"ujjlenyomat"

VIZSGÁLT FOLYAMAT	ELEMEK	MINTA	KÖVETKEZTETÉS, EREDMÉNYEK
Alultápláltság	K,Na		magas K/Na arány
Hormonzavarok, spermium minősége, enzimműködés	Ca/Mg,Ce/K Ce/Zn		az arányok állandósága vitális jelentőségü. Eltérések hatása.
Izületi gyulladás	Ca,Na,K,Cu		Na/80/, Na/40/, K/1/40/, Cu/1/30/, Zn/1/20/, Fe/1/ Mn/20/ /x növekedés/
Általános megfigyelések	27 elem	haj	folyamat történetének rögzitése
	Cu,Zn		nincs környezeti hatás, elsősorban táplálkozás
	As, Cd,Pb, stb.		környezeti hatás, talaj geológiai tényezők
Fémmérgezések	Pb,Hg		magas szint
Van Riensvelt et al. University of Florida, U.S.A. [12]			
Korrelációk feltárása, normális-rendellenes állapot, valószinü diagnózis mért koncentráció adatok alapján.	K,Ca,Mn,Fe, Cu,Zn,Se, Pb,Br,Rb Sr,Zr,Cd, Ba,	vér, vese, csont, máj, aorta, hasnyálmirigy, mellékvese, cortex, szivizom, lép, izom, tüdő, bőr, tumor, pajzsmirigy	számitógépes adattárolás: 1500 minta 20.000 adata és más módszerekkel talált diagnózis közötti korrelációk keresése.
Koncentrációk változása az életkorral.	Ca,Zn,Cu, Fe,Cd	vese	
Szervezetbe bejutó anyagok transzportja			
Cinkhiányos gyermekek	Zn		fizikai és szellemi visszamaradás, bőrtünetek. Cinkadagolás gyors javulásra vezet.
Arterio-sclerosis aranykolloid kezelése	Au		aranybedusulás a különböző szervekben
Molibdenózis			Cu-csökkenésére, májzavarokra vezet.

Vérminták elemösszetételének változása terhesség alatt

Nagyszámu publikáció foglalkozik az irodalomban a női szervezetben terhesség alatt végbemenő nyomelem változásokkal. Kritikai elemzések arra mutatnak, hogy a vizsgálati adatok jórészt ellentmondanak egymásnak, részben a probléma komplexitása, részben az eltérő analitikai módszerekkel nyert eredmények összehasonlitása miatt. A nyomelemek igazi szerepe távolról sincs tisztázva, s a megfigyelt változások okaira vonatkozóan csak többé-kevésbé alátámasztott hipotézisek születtek [14].

Néhány a legutóbbi években megjelent publikáció alapján a legfontosabb szabályszerüségeket foglaltuk össze a 2. táblázatban.

A vázolt helyzet alapján ugy itéljük meg, hogy a PIXE módszer multielemes jellege kedvező feltételeket nyujt az elemösszetétel változások nyomonkövetésére normál terhességek és egyes terhességeket kisérő patológikus folyamatok esetén. 180 minta elemzését végeztük el, s egy-egy mintában egyszerre 11 elem koncentrációját sikerült meghatároznunk. Ezek a következők: P, S, Cl, K, Ca, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb. A kisérleti anyagban normális terhességek mellett ikerszülések, toxemiás esetek, diabetes mellitus és gestációs diabetes fordult elő leggyakrabban. A kiértékelési munka során azt is megvizsgáltuk, hogy az orvosi rutinban szokásos ellenőrzéseken tulmenően milyen mintagyüjtési eljárást kell követnünk a következő mérési sorozatokban statisztikailag teljesebb mérési anyag biztositása érdekében.

2. táblázat

NÉHÁNY NYOMELEM KONCENTRÁCIÓJÁNAK VISELKEDÉSE TERHESSÉG ALATT

ELEM MINTA	ÁLTALÁNOS TENDENCIA / RENDELLENESSÉGEK	VÁRHATÓ HATÁS, DIAGNOSZTIKAI LEHETŐSÉGEK	HIVATKOZÁS	SAJÁT MEGFIGYELÉS
Ca szérum	mintegy 10 % csökkenés, elsősorban a terhesség első felében		14 15	
Cu plazma	ösztogénszinttel párhuzamos emelkedés			+
	kiugróan magas értékek	terhességi toxemia		
	stagnálás, csökkenés	lepény degeneráció	16	+

ELEM MINTA	ÁLTALÁNOS TENDENCIA / RENDELLENESSÉGEK	VÁRHATÓ HATÁS, DIAGNOSZTIKAI LEHETŐSÉGEK	HIVATKOZÁS	SAJÁT MEGFIGYELÉS
Cu szérum	50-250 %-os növekedés. Magzati szint az anyai szint 0,1-szerese.		14 17	
	Cu-Zn antikorreláció: magas Zn szinthez alacsony Cu szint társul			
	Alacsonyabb szint	placentafunkciók csökkenése		
	Átlagon fölötti emelkedés	hepatózis		
	MEGJEGYZÉSEK: Fontos a Cu szerepe az idegrendszer felépitésénél. Magyarországon lényegesen kisebb a Cu felvétel, mint az optimális érték.			
Fe szérum	csökkenés az utolsó hónapig, onnan fokozatos emelkedés		14	
	Erőteljes csökkenés	erős szülési vérzés, szülési időtartam nő, kissulyu ujszülött, koraszülés		
Mn szérum	egy nagyságrendnyi növekedés		14	
	Csökkenés	hypotrófiás ujszülött		
Pb Cd	szervezetbe bejutó toxikus nyomelemek (dohányzás, környezetszennyezés)	abortus, magzat méhen belüli elhalása	16	
Zn vörös-vértest	fokozatos koncentráció növekedés, a 3. harmadban kifejezett korreláció az idővel		14	+

ELEM	MINTA	ÁLTALÁNOS TENDENCIA RENDELLENESSÉGEK	VÁRHATÓ HATÁS, DIAGNOSZTIKAI LEHETŐSÉGEK	HIVATKOZÁS	SAJÁT MEGFIGYELÉS
Zn	plazma	csökkenés; a 2. harmadban az anyai és magzati szint kifejezetten korrelált		18	+
		hiány	magzatelhalás méhen belül, torzulás		
	szérum	40 %-os csökkenés			
		magas Zn-szint az anyai vérben (nincs transzport a placentán át)	lepényi elégtelenség. Következmény: mentális retardáltság, fejletlen immunrendszer. Zn a placenta megkerülésével pótlandó.	14 17	

MEGJEGYZÉSEK: A Zn több mint 70 enzimrendszer integrális része. Magyarországon valamivel kisebb a Zn felvétel, mint az optimális érték.

A vörösvértest és plazma mintákra függetlenül meghatározott elemek terhesség alatti változását tükröző adathalmazból néhány elemet kiemelünk a mérések eredményeinek szemléltetése érdekében a 7. ábrán. A nyert összefüggések értékelését más munkáinban végeztük el [19, 20].

Vizsgálatainkat eddig nem terjesztettük ki a szérum esetére tekintettel arra, hogy a vérszérumra az irodalomban több adat áll rendelkezésre, mint az általunk vizsgált két összetevőre.

Elemarányok állandósága kobalt radioterápia esetén

Vizsgálataink másik része Bearse és munkatársai kisérletéhez csatlakozik [7]. Ez a kutató csoport egerek 10.0 Gy-s kobalt besugárzása esetén azt találta, hogy a fellépő vörösvértestszám-csökkenést nem követi azonos arányu vaskoncentráció csökkenés a teljes vérben annak ellenére, hogy normál esetben a vas szinte 100 %-ban a vörösvértestben van kötve. Eredményeiket ugy értelmezték, hogy a vasfölösleg a plazmakoncentráció 80-szoros növekedéséhez vezet. Kérdés, hogy ezt a megnövekedett vastartalmat a transferrin fel tudja-e venni: nem alakul-e ki mérgező szabad vastartalom a vérben. A 8. ábrán bemutatott eredményeiken az is szembetünő, hogy a besugárzás hatásáraa Fe/K arány is erőteljesen változik. A szerzők javasolják a megfelelő vizsgálatok elvégzését humán esetben.

Tájékozódó jellegü előzetes méréseket végeztünk két, emlőrák miatt besugárzott beteg vérének összetételére. A besugárzás megtervezésénél számitógépen szerkesztett izodózis görbék azt jelzik, hogy a besugárzás során a vörösvértestek képzésében részt vevő vörös csontvelő a szegycsontban jelentős dózisterhelést kap. A vörösvértestben és a plazmában meghatározott vas és kálium koncentrációk a 9. ábrán láthatók. Nem mutatható ki a plazma vastartalmának növekedése. Ugyanakkor a vörösvértestek vas/kálium aránya a 10. ábra szerint szigoruan állandó: nem mutatja az állatkisérletek interpretálásában használt effektus fellépését. Az eredményeket részletesen a [21] munkában tárgyaljuk.

ÖSSZEFOGLALÁS

A PIXE analizis céljaira az ATOMKI-ban felépitett apparativ és számitástechnikai rendszer nagyszámu minta analizisében jól vizsgázott. Előzetes eredményeink néhány eddig nem tárgyalt korrelációra utalnak terhes nők vérében mérhető elemkoncentrációk és patológiai illetve fiziológiai folyamatok között.

Az állatkisérletek alapján megfogalmazott várakozással ellenkező negativ eredményt találtunk radioterápiát követő elemarány változások vizsgálatában.

Eredményeink alapján gondosan megtervezhetjük további vizsgálataink irányát és az anyaggyüjtésben illetve a statisztikus adatfeldolgozásban követendő módszereket is.

Hivatkozások

1 S.A.E. Johansson, T.B. Johansson, Nucl. Instr. Meth. 137 (1976) 473
2 H.J. Annegarn, Proc. Internat. Conf. on Dynamical Properties of Heavy Ion Reactions. Johannesburg 1978 Vol 3, 112 Report NPRU 79/7
3 I.A.Dyer, Mineral Requirements in Animal Growth and Nutrition, Editor: E.S.E. Hafez and I.A.Dyer, Lea and Febiger, Philadelphia, 1969. 312.
4 Balázs M., Medicus Universalés, "Magnézium" melléklet. 1978. nov. 11. oldal.
5 G.V. Iyengar, W.E.Kollmer, H.J.M. Bowen, The Elemental Composition of Human Tissues and Body Fluids, Verlag Chemie, Weinheim, New York, 1978.
6 N.F. Mangelson, M.W.Hill, K.K. Nielson, J.F.Ryder, Nucl. Instr. Meth. 142 (1977) 133
7 R.C. Bearse, C.E. Burns, D.A. Close, J.J. Malanify, Nucl. Instr. Meth. 142 (1977) 143
8 F. Hasselmann, W. Koenig, F.W.Richter, V. Steiner, U. Watjen, J.C. Bode, W. Ohta
Nucl. Instr. Meth. 142 (1977) 163.
9 R.P. Vis, P.M.A. Van der Kam, H. Verheul,
Nucl. Instr. Meth. 142 (1977) 159
10 R.L. Walter, R.D.Willis, W.F.Gutknecht, R.W.Shaw, Nucl. Instr. Meth. 142 (1977) 181.
11 V. Valkovic, Nucl. Instr. Meth. 142 (1977) 151
12 H.A. Van Riensvelt, R.D. Lear, W.R.Adams,
Nucl. Instr. Meth. 142 (1977) 171
13 E. Koltay, A. Szalay, ATOMKI Közlemények 16 (1974) 181
14 R. During, ZbL. Pharm. 117 (1978) 732
15 R.M. Pitkin, W.A. Reynolds, G.A. Williams, G.K. Hargis, Am. Jour. of Obstetrics and Gynecology 133 (1979) 781
16 Gödény S., Nyomelem vizsgálatok jelentősége a szülészetben Kézirat 1979.
17 Doszpod J., Gáti I., Linderné Szotyori K., Pejtsik B., Várdi P., Magyar Nőorvosok Lapja 43 (1980) 518
18 L.S. Hurley, Perinatal Effects of Trace Element Deficiences in): Trace Element in Human Health and Editor: A.S. Prasad. Vol. 1. 301. Academic Press, New York, San Francisco, London, 1976.
19 I. Borbély-Kiss, E. Koltay, S. László, Gy. Szabó, S. Gődény, S.Seif El-Nasr, Journal of Analytical chemistry, megjelenés alatt,
20 S. Gődény, I. Borbély-Kiss, E. Koltay, S. László, Gy. Szabó, kézirat
21 É. Pintye, Z. Dézsi, L. Miltényi, I. Kiss, E. Koltay, Gy. Szabó, S. László, Strahlentherapie 158 (1982) 739.

Lektor: Bacsó József

ÁBRASZÖVEG

1. ábra Detektálható minimális koncentráció a rendszám és a bombázó energia függvényében (összes töltés 10 μC, target vastagság 0.1 mg/cm^2)

2. ábra Az élő szervezetben alapvető szerepet játszó elemek

3. ábra Az elemek egymásrahatásai; egyirányu nyilak egyirányu hatást, a kétirányuak kölcsönös antagonizmust jelentenek

4. ábra Néhány elem normál koncentrációértékének szórása [5]

5. ábra Mérési elrendezés

6. ábra Elektromosan szigetelő céltárgy (máj) PIXE-spektruma:
a) elektronforrással,
b) elektronforrás nélkül

7. ábra Néhány mért elem átlagkoncentráció változása a terhességi hetek függvényében erythrocitában és plazmában diabéteszes és normál esetre

8. ábra Egerek 10 Gy-s kobalt besugárzása után teljes vérben mért vörösvértestszám és vas koncentráció változása, valamint a Fe/K arány változás az idő függvényében, Bearse et al. szerint [7]

9. ábra Humán vörösvértestben és plazmában mért vas és kálium koncentrációk a besugárzási dózis függvényében

10. ábra Humán vörösvértestben mért Fe/K arány a besugárzási dózis függvényében

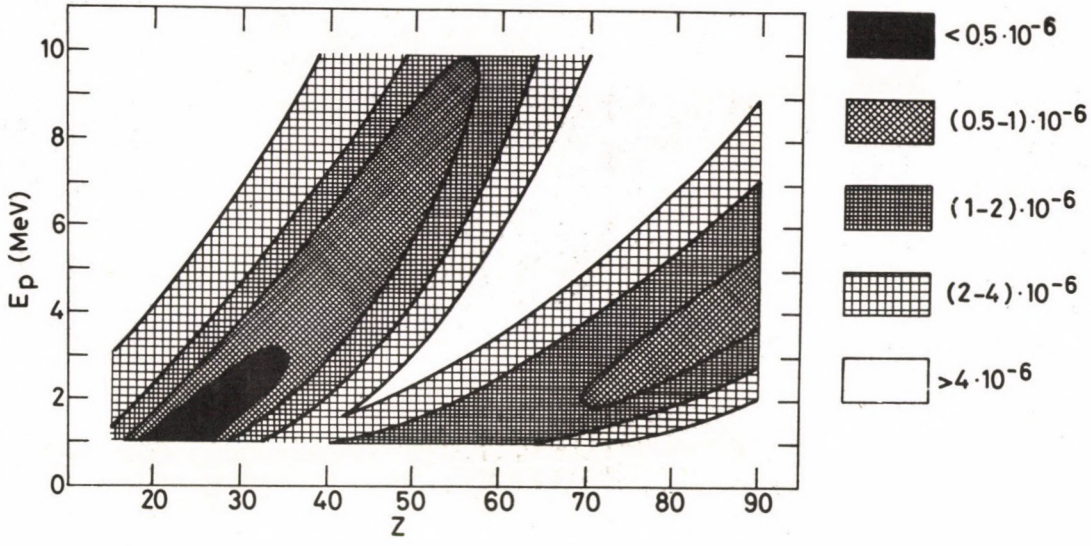

Ep (MeV)
Z
< 0.5·10⁻⁶
(0.5-1)·10⁻⁶
(1-2)·10⁻⁶
(2-4)·10⁻⁶
>4·10⁻⁶

Fig. 1.

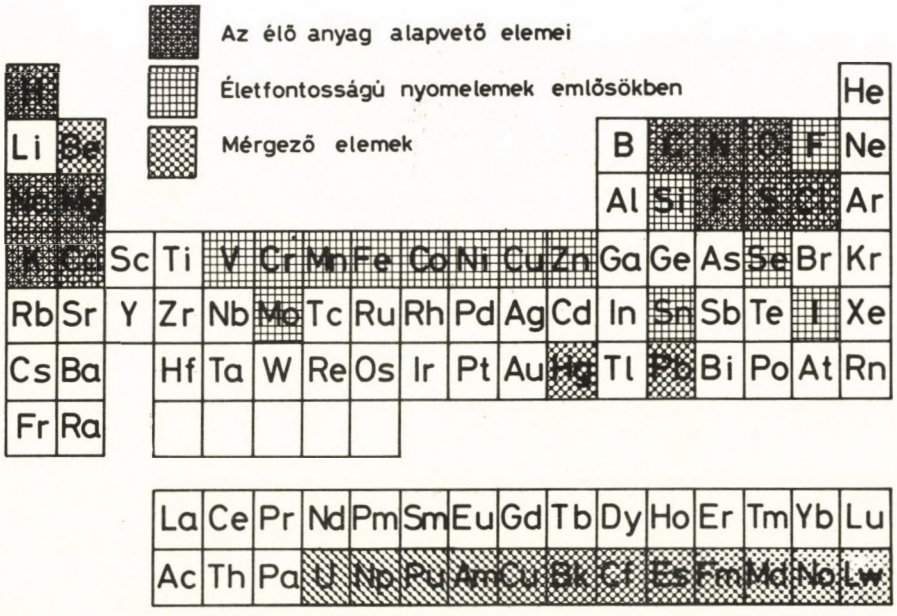

Az élő anyag alapvető elemei
Életfontosságú nyomelemek emlősökben
Mérgező elemek

Fig. 2.

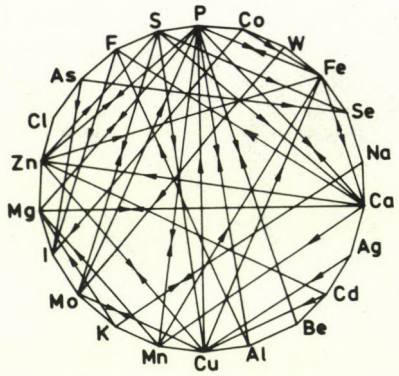

S
P
Co
W
Fe
Se
Na
Ca
Ag
Cd
Be
Al
Cu
Mn
K
Mo
I
Mg
Zn
Cl
As
F

Fig. 3.

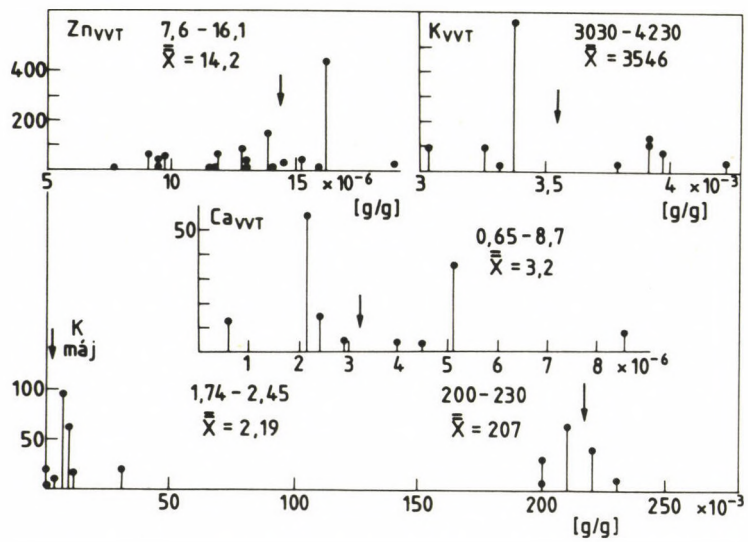

Zn VVT
7,6 - 16,1
X̄ = 14,2
400
200
5
10
15 ×10⁻⁶
[g/g]
K VVT
3030 - 4230
X̄ = 3546
3
3,5
4 ×10⁻³
[g/g]
Ca VVT
50
0,65 - 8,7
X̄ = 3,2
1
2
3
4
5
6
7
8 ×10⁻⁶
K
máj
100
50
1,74 - 2,45
X̄ = 2,19
200 - 230
X̄ = 207
50
100
150
200
250 ×10⁻³
[g/g]

Fig. 4.

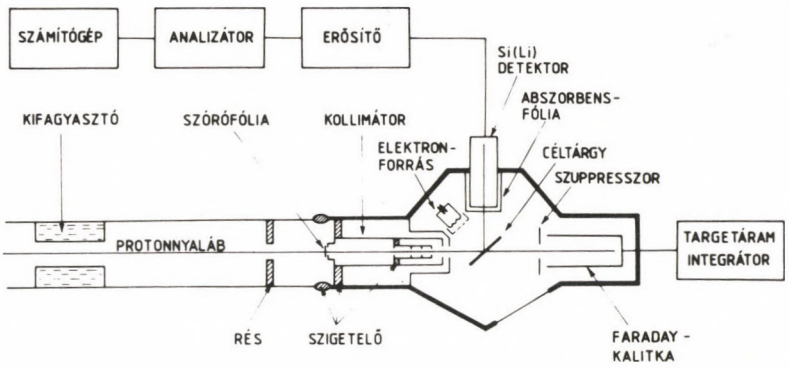

SZÁMÍTÓGÉP
ANALIZÁTOR
ERŐSÍTŐ
Si(Li)
DETEKTOR
ABSZORBENS-
FÓLIA
KIFAGYASZTÓ
SZÓRÓFÓLIA
KOLLIMÁTOR
ELEKTRON-
FORRÁS
CÉLTÁRGY
SZUPPRESSZOR
PROTONNYALÁB
TARGETÁRAM
INTEGRÁTOR
RÉS
SZIGETELŐ
FARADAY -
KALITKA

Fig.5.

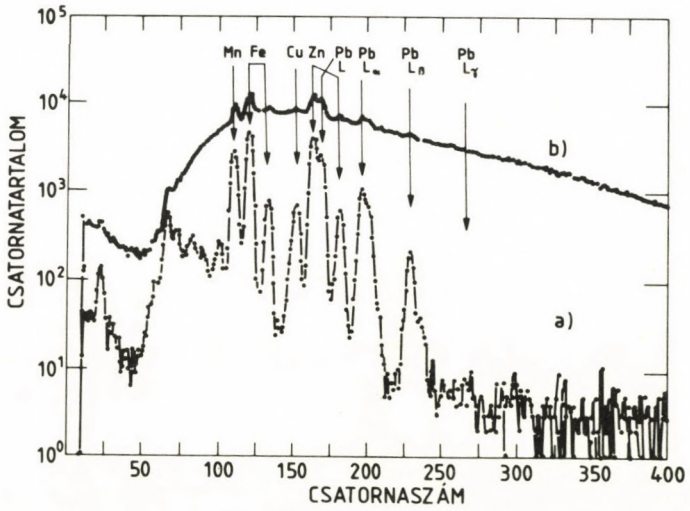

Mn Fe Cu Zn Pb Pb Pb Pb
L Lα Lβ Lγ
b)
a)
CSATORNATARTALOM
CSATORNASZÁM
10^5
10^4
10^3
10^2
10^1
10^0
50 100 150 200 250 300 350 400

Fig. 6.

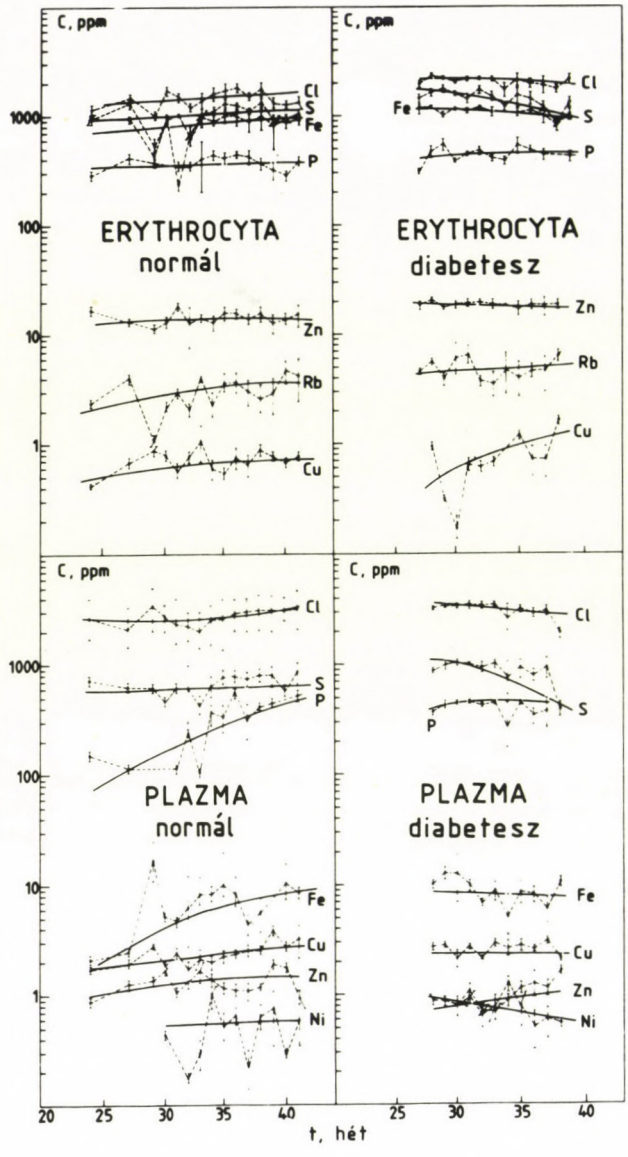

C, ppm
Cl
S
Fe
P
ERYTHROCYTA
normál
Zn
Rb
Cu
ERYTHROCYTA
diabetesz
PLAZMA
normál
Ni
PLAZMA
diabetesz
1000
100
10
1
20
25
30
35
40
t, hét

Fig. 7.

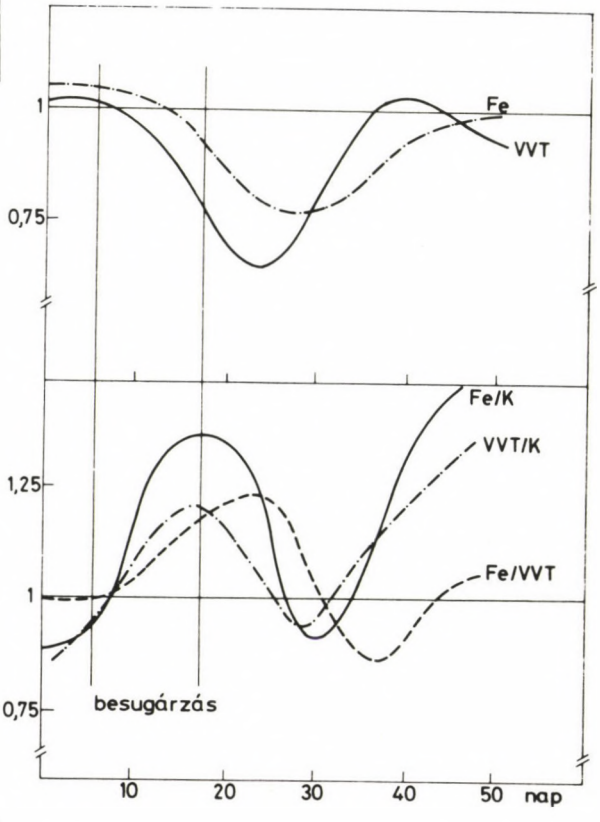

Fe
VVT
Fe/K
VVT/K
Fe/VVT
1
0,75
1,25
besugárzás
10
20
30
40
50
nap

Fig. 8.

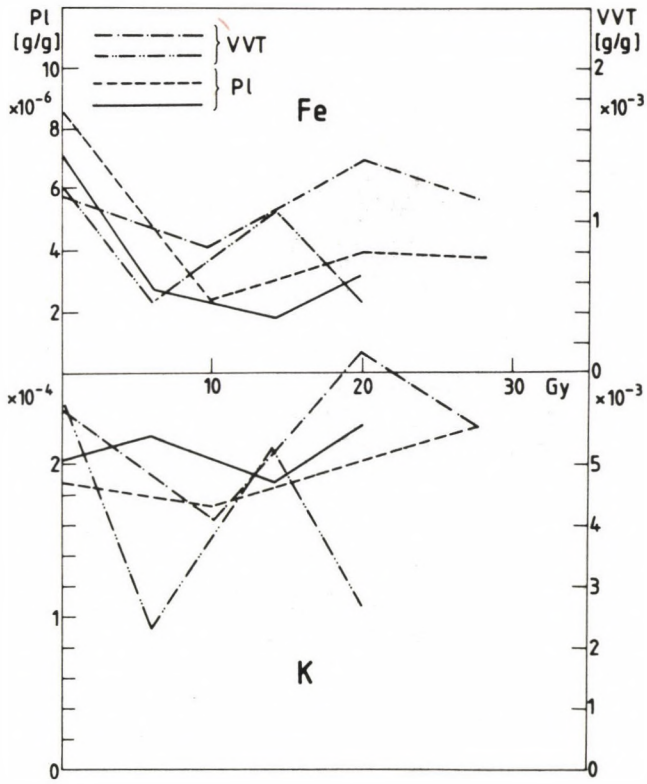

Pl
[g/g]
VVT
Pl
Fe
VVT
[g/g]
×10⁻⁶
×10⁻³
10
8
6
4
2
0
1
2
10
20
30 Gy
×10⁻⁴
×10⁻³
2
1
0
5
4
3
2
1
0
K

Fig. 9.

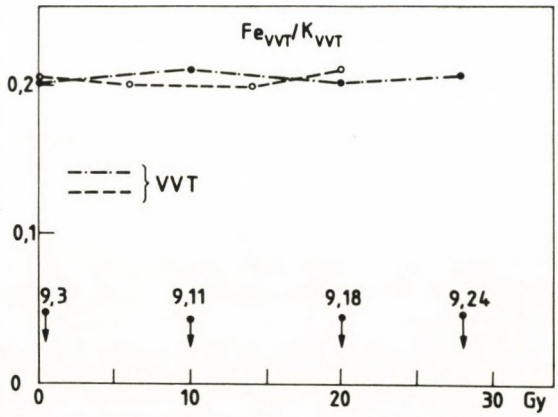

Fe$_{VVT}$/K$_{VVT}$
0,2
0,1
0
VVT
9,3
9,11
9,18
9,24
0
10
20
30 Gy

Fig. 10.

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

Volume 25 / Number 3.

CONTENTS

Kövér L.: Az ESCA módszer alkalmazása félvezető eszközök gyártásában 57

Divós F.: Removal hatáskeresztmetszet becslése Monte-Carlo módszerrel 77

Sugárzástechnikai módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban 85

М.М. Абдел-Хади, А.З. Киш, Э. Колтаи, Б. Ньако, Дь. Сабо: Анализ формы допплеровски уширенных гамма линий для определения ядерных времен жизни; сравнение двух методов 207

Kiss I., Koltay E., Szabó Gy., Zolnai L., Gődény S., Pintye É., László S.: Biológiai minták nyomelem analizise töltött részecske nyalábbal gerjesztett röntgen-emissziós folyamatban 217

539

HU ISSN 0004-7155

Blo 565

IV,

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

25. kötet / 4. szám

MTA
ATOMMAGKUTATÓ INTÉZETE, DEBRECEN / 1983

9

ATOMKI Report B/2 (1983)

Continuum X rays produced by ion-atom collisions*

K. Ishii

Cyclotron and Radioisotope Center, Tohoku University,

980 Sendai, Japan

and

S. Morita

Research Center of Ion Beam Technology, Hosei University,

Kajinocho, Koganei, 184 Tokyo, Japan

Abstract

Processes producing continuum X rays in light-ion·atom collisions are surveyed. The results of calculation of secondary-electron bremsstrahlung (SEB) are compared with the experimental results. The process of quasi-free electron bremsstrahlung is discussed and the spectra and angular distributions are compared with the experiment. The effect of velocity distribution of orbital electrons of the target atom on the QFEB spectrum near the high photon-energy end is studied. The projectile-charge dependence of QFEB, especially the effect of velocity distribution of the target atom, is discussed. In the comparison of this dependence with the experimental result, contribution from the radiative electron capture (REC) is clearly found in the case of proton and ^{3}He-ion bombardments.

---

*Seminar talk given in ATOMKI on 18 August, 1983 by S. Morita.

Finally, the discrepancy between the theory and experiment, which had been found in the low projectile-energy region, is solved by taking account of radiative elastic scattering (RES) process. The relative contributions from SEB, QFEB, and RES are estimated for 1-, 3-, and 6-MeV protons on C and Al targets, and the effect of these processes on the detection limit of PIXE is discussed.

1. Introduction

When a solid target is bombarded with a heavy-charged particle beam, not only the characteristic X rays of target atoms, but also continuum or broad spectral X rays are always produced. An example is shown in Fig. 1, where an alminum target is bombarded with 1- and 3-MeV/amu protons and ^{3}He-ions. As is well known, these continuum X rays determine the detection limit of PIXE by the formula $N_p \geq 3\sqrt{N_B}$, where N_p is the counts for a characteristic X-ray peak and N_B is the background continuum X-ray counts under the peak; $\sqrt{N_B}$ is the statistical fluctuation of the background counts. These continuum X rays are important not only from the practical point of view of PIXE, but also from pure physical point of view of ion·atom collisions.

Concerning the origin of these continuum X rays, many kinds of process have been considered: secondary electron bremsstrahlung (SEB)[1,2], radiative ionization (RI)[3,4], quasi-free electron bremsstrahlung (QFEB)[5,6], molecular orbital X rays (MO)[7], quasi-molecular bremsstrahlung (QMB)[8,9], radiative electron capture (REC)[10], radiative elastic scattering (REC)[11],

and nuclear bremsstrahlung (NB).[1] Besides these processes, continuum backgrounds might be produced by the compton scattering of γ rays due to nuclear reactions[5] and also by electronic noises. Among these processes, MO, QMB and REC are in general predominant in heavy-ion·atom collisions and are omitted in the present consideration.

2. Secondary electron bremsstrahlung (SEB)

The bremsstrahlung produced by scattering of secondary electrons ejected by incident particles has been called SEB or knock-on bremsstrahlung. The process is schematically shown in Fig. 1(b), where the projectile ejects an electron from a target atom at point A. The secondary electron passes through the target material loosing its energy, and is scattered at point B by the Coulomb field of a target nucleus and produces the bremsstrahlung. The high-energy limit of this bremsstrahlung is given by $T_m = 4m_e E_p/M_p$, where m_e is the electron mass, E_p is the kinetic energy of the projectile, and M_p is the projectile mass. The quantity T_m is the maximum energy that can be transferred from the projectile to a free electron at rest.

The process SEB has been calculated first by Folkmann[1] and then by ourselves.[2] In our calculation, the energy distribution and the angular distribution of ejected electrons have been calculated using the binary encounter approximation (BEA), the energy loss of the electron in the target material was estimated from the Bethe formula, and the production cross section of the bremsstrahlung was obtained from the semiclassical Jackson formula.[2] The results of calculation are compared

with our experimental results on an aluminum target in Fig. 3.[1] In this figure, the calculation gives an excellent agreement with the experiment at 3 MeV, while the calculation a little overestimates the experimental result at 4 MeV and it underestimates at lower bombarding energies. The overestimation at higher projectile energy has been solved by taking account of the escape effect of the secondary electron.[12] The escape effect means the escape out of the secondary electron from the target material before producing the bremsstrahlung. This effect becomes larger with increase in the projectile energy and with decrease in the target thickness. The underestimation at lower projectile energy is quite remarkable, especially at higher photon energy. This fact suggests contribution from some other kind of process and will be discussed later.

3. Quasi-free electron bremsstrahlung (QFEB)

QFEB[5] is a process where a free or a loosely bound electron of a target atom is scattered by the Coulomb field of the projectile and emits bremsstrahlung, as is shown in Fig. 2(a). This process takes place in the projectile frame and the high-energy limit of this radiation is given by $T_r = \frac{1}{2}m_e v_p^2 = T_m/4$, where m_e is the electron mass and v_p is the projectile velocity. This process becomes appreciable when the projectile velocity is large enough in comparison with the velocity of orbital electron to be scattered.

Theoretical predictions based the plane-wave Born approximation (PWBA) are compared with the experimental results for a Be target bombarded with 20- and 40-MeV protons in Fig. 4.

Here T_r is the kinetic energy of the orbital electron in the projectile frame or center-of-mass system, and T_r^D is T_r in the laboratory system taking account of the Doppler effect. The experimental arrangement of these measurements is shown in Fig. 1 of Ref. 13, where, in order to reduce the background of nuclear γ rays, neither beam-defining slit nor collimator was used in the target room and after passing through the target, the beam was focused by a pair of quadrupole magnets on the Faraday cup, which was shielded with heavy-concrete blocks. As seen in Fig. 4, the calculations of SEB and QFEB give good agreement with the experimental results.

Next,[6] we have measured the angular dependence of QFEB. The results obtained for 20-MeV-proton bombardment of the Be target is shown in Fig. 5 together with the theoretical calculations. Since QFEB is a phenomenon in the projectile frame, the results observed in the laboratory system show clearly the Dopper effect: the spectra of QFEB in the forward directions shift to higher energy, while in the backward directions they move to lower energy. By fitting the spectra in the region higher than T_r^D with the least squares method and by extrapolating them to the lower-energy region, we can estimate the contribution of QFEB. Thus the angular distributions of QFEB can be obtained and are shown in Fig. 6, together with the calculated ones. Here again, the agreement between the theory and the experiment is quite satisfactory except the region near the end-point photon energy shown by crosses (x).

The spectrum of QFEB near the end-point energy obtained at $\theta_L = 90°$ is shown in Fig. 7. In this figure, the dot and

dashed curve is calculated by assuming that the electron is free and at rest, while the solid curve is calculated by taking account of the velocity distributions of 1S and 2S electrons of Be atom. It is thus found that the velocity distribution of the orbital electron gives considerable effect on the spectral shape of QFEB near the high-energy end. In other words, the spectrum of QFEB near the end-point energy is quite sensitive to the velocity distribution of orbital electrons and is expected to be useful in obtaining information on orbital electrons.

We have then measured the projectile-charge dependence of QFEB.[14] Since QFEB is produced by the Coulomb interaction between the projectile and an orbital electron, the production cross section of QFEB is expected to be proportional to square of the projectile charge-Z_p^2, namely,

$$\sigma_h(\hbar\omega)/4\sigma_p(\hbar\omega) = 1, \qquad (1)$$

where $\sigma_h(\hbar\omega)$ is the production cross section of QFEB for ^{3}He-ions with the velocity same as protons and $\sigma_p(\hbar\omega)$ is that for protons. However, if we take account of the velocity distribution of orbital electrons on the basis of the impulse approximation, we obtain the production cross section of QFEB as expressed by

$$\sigma^{QFEB}(Z_p, V_p, 90°, \hbar\omega) = \frac{Z_p^2}{\pi} r_0^2 \alpha \frac{m_e c^2}{\hbar\omega} \{ \sum_i n_i \int_{-\infty}^{v_i^{max}} (\frac{\hbar\omega}{\hbar\omega'})^2 \times$$

$$[(\frac{3}{4} - \frac{T}{4}) \ell n (\frac{1+\sqrt{T}}{1-\sqrt{T}}) + \frac{1}{2}\sqrt{T}] \frac{\rho_i(v_z)}{\sqrt{T'_r T_r}} dv_z + Z_p \frac{4\pi\alpha c}{\hbar\omega} \delta T \times$$

$$\sum_i n_i \frac{T_r}{T_r + \hbar\omega + I_i} (\frac{\hbar\omega}{\hbar\omega + I_i + \frac{m_e}{2}(v_i^{max})^2})^3 \times \rho_i(v_i^{max}) \}, \qquad (1)$$

with $T = \frac{T'_r - \hbar\omega'}{T'_r}$, $T'_r = T_r(1 - \frac{v_z}{V_p})^2$, and

$$\hbar\omega' = \hbar\omega + I_i + \frac{m_e}{2} v_z^2 .$$

The notations should be referred to Ref. 14. What we would like to point out here is that there appears the second term in the above equation, which is proportional to Z_p^3, besides the first term, which is proportional to Z_p^2. Thus, it is expected that the velocity distribution of orbital electrons would give rise to a difference in the production cross section of QFEB divided by Z_p^2 between the two kinds of projectiles of equal velocity. Figure 8 shows the spectra for the Be target bombarded by 20-MeV/amu-^{3}He-ions and protons obtained in the direction of 90°. In these measurements, continuum background radiations due to the Compton scattering of nuclear γ rays produced in the target material were measured by putting a 2-mm thick Cu absorber in front of the detector and these backgrounds were subtracted. Peaks appearing in the low-energy region are due to the impurity elements in the Be target. Main part of the continuum X rays in the region $\hbar\omega \leq T_r$ is attributed to QFEB, while SEB is predominant in the region $\hbar\omega > T_r$. In

this figure, we can see a difference between the spectra for protons and for ^{3}He-ions only in the region of QFEB, while the spectra are in good agreement in the other region. The difference in the cross sections between ^{3}He-ion and proton impact is represented in Fig. 9, and the experimental results are compared with the theoretical calculations of QFEB and SEB. Here, REC[10] means the difference between the cross sections for radiative electron capture from Be atoms to protons and those to ^{3}He ions. The REC spectrum in the figure is peaked near $T_r - T_i$, where T_r is the relative kinetic energy between the projectile and the target atom and T_i is the ionization energy of the target atom. Width of the REC spectrum reflects the velocity distribution of the bound target electrons. In this figure, peaks in the region of $\hbar\omega \simeq 7$ keV are due to fluctuation of the characteristic X-ray counts from the impurity elements. It is thus found in this figure that the calculations based on the impulse approximation can give quite good agreement with the experimental results.

It is therefore concluded that the velocity distribution of orbital electrons of the target atom gives considerable effect on the projectile-charge dependence of QFEB and also that REC process, which has been studied only in heavy-ion collisions, is clearly found even for proton and ^{3}He-ion impact.

4. Radiative elastic scattering (RES)

As was already mentioned in Section 2, the calculation of SEB underestimates the experimental results in the projectile-energy region below 3 MeV. This discrepancy becomes remarkable at higher photon energy (see Fig. 2).

Anholt and his collaborators have tried to interpret these excess continuum X rays in terms of radiative ionization (RI)[4] and quasi-molecular bremsstrahlung (QMB).[9] Their calculations, however, predicted the production cross sections smaller than the experimental ones by about one order of magnitude.

Here we calculated a new process, where an orbital electron of the target atom is excited to continuum states by the Coulomb interaction with the projectile, and getting back to its original bound state, the electron emits continuum X rays (see Fig. 1(c)).[15] This process can be called radiative elastic scattering; there is no change in the internal structure of the atom before and after the collision. The calculation of cross section of this process has been carried out in terms of the second Born approximation using the plane-wave function for the projectile and the hydrogen-like wave function for the target atom, and under the conditions of $\hbar\omega >> 2m_e v_p^2 (\equiv T_r)$ and $v_p/c << 1$, we obtain

$$\frac{\hbar\omega}{Z_p^2 a_0^2 \alpha^3} \frac{d\sigma^{RES}}{d\hbar\omega} = \frac{32}{3} \times \frac{1}{Z_T^2} \times \frac{1}{\eta} \int_{W_\omega^2/4\eta}^{\infty} \frac{dQ}{Q} \{\sum_n F_{n,n}(Q_n)\}^2 \qquad (2)$$

with

$$\sum_n F_{n,n}(Q) = \frac{1}{(Q_K+1)^2} + \frac{2(Q_L-2)(Q_L-1)}{(Q_L+1)^4}$$

$$+ \frac{(3Q_M-1)(Q_M-3)(Q_M^2-6Q_M+3)}{(Q_M+1)^6} + \cdots\cdots,$$

$$Q_n = \left(\frac{nZ_T}{2Z_n}\right)^2 \cdot Q, \quad \eta = T_r/(Z_T^2 \cdot R_y),$$

$$\text{and} \quad W_\omega = \hbar\omega/(Z_T^2 \cdot R_y)$$

where n is the principal quantum number. It must be noted that the cross section for RES is much larger than that for radiative inelastic scattering. This calculated cross section is compared with the experimental result in the next section.

5. Conclusion

Relative contribution of QFEB, SEB, and RES is schematically shown in Fig. 10. As seen in this figure, QFEB, SEB, and RES are predominant processes in the photon-energy regions, respectively, $\hbar\omega < T_r$, $T_r < \hbar\omega < T_m$, and $\hbar\omega \geq T_m$. With decrease in the projectile energy, the whole spectrum moves toward left, and QFEB, SEB, and RES successively disappear.

Finally, we have evaluated the spectra of continuum X rays produced by these processes for Al and C target bombarded with 1-, 3-, and 6-MeV protons and the results are shown in Figs. 11 and 12, for C and Al, respectively. Here, the cross sections are multiplied by a factor $\hbar\omega/(a_0^2\alpha^3)$. For the bombarding energies of 3 and 6 MeV, the cross sections of nuclear bremsstrahlung (NB) are not shown since the contribution of NB is quite negligible in comparison with those of the other processes. The experimental results on the Al target for 1- and 3-MeV protons, which have been shown in Fig. 2, are represented in Fig. 12. The discrepancy, seen in Fig. 2 at 1-MeV protons, is almost solved and the calculation of RES gives rather good agreement with the experiment, though the theoretical prediction is a little larger than the experiment.

It is found from the figures that RES is predominant in the region of 2-8-keV photon energy for 1-MeV bombardment.

Thus the detection limit of PIXE with low-energy projectile is surely affected by RES. For 3-MeV bombardment, SEB and RES are predominant in the region of, respectively, $\hbar\omega \leq 6.5$ keV ($= T_m$) and $\hbar\omega \geq 6.5$ keV. This result shows that for PIXE analysis of elements heavier than Fe (K X rays = 6.4 keV), RES should affect the sensitivity. For 6-MeV-proton bombardments, QFEB and SEB are predominant in the region of $\hbar\omega \leq 3.2$ keV ($= T_r$), and only SEB is predominant in the region of 3.2 keV $\leq \hbar\omega \leq 10$ keV. This means that SEB and QFEB, especially SEB, play a major role in determining the detection limit of PIXE in the case of high-energy bombardment.

It is also seen in the figures that, in the region of $\hbar\omega \geq T_m$, SEB, RI, and NB are quite small in comparison with RES. This result is in contrast with the fact that the high sensitivity of PIXE has been expected in this region from the theories of SEB, RI, and QFEB.[1,2] Whether RES actually affects the sensitivity of PIXE in the region of $\hbar\omega \geq T_m$ or not depends on the relative intensity of the Compton scattering of γ rays or of the electronic noises, which are not directly estimated because of many ambiguous factors. However, electronic noise can be generally neglected in the region above 1 keV and cross sections of nuclear reaction are considered to be quite small for the bombardment of low-energy charged particles.

6. Summary

Processes producing continuum X rays in light-ion atom collisions, especially quasi-free electron bremsstrahlung (QFEB), secondary-electron bremsstrahlung (SEB), and radiative elastic scattering (RES) have been discussed. The effects of velocity distribution of orbital electrons of the target atom on the spectral shape near the end-point energy of QFEB and also on the projectile-charge dependence of the production cross sections of QFEB were calculated, and the results of calculation were found to be in good agreement with the experimental results. Disagreement of theoretical predictions with experimental results, which had been found in the continuum X-ray spectra in low-projectile energy region and higher photon-energy region, has almost solved by introducing RES process. Cross sections of continuum X-ray production for these processes were evaluated for the cases of C and Al targets bombarded with 1-, 3-, and 6-MeV protons, and it was shown that, QFEB, SEB, and RES contribute predominantly to the continuum background of PIXE in regions of, respectively, $\hbar\omega \leq T_r$, $\hbar\omega \leq T_m$, and $\hbar\omega \geq T_m$. NB does not contribute seriously. It was pointed out that RES as well as SEB is an important factor to determine the detection limit of PIXE using low-energy light-ion bombardment.

References

1) F. Folkmann, G. Gaarde, T. Huus, and K. Kemp, Nucl. Instr. and Meth. 116 (1974) 487.

2) K. Ishii, S. Morita, and H. Tawara, Phys. Rev. A 13 (1976) 131.

3) D. H. Jakubassa and M. Kleber, Z. Phys. A 273 (1975) 29.

4) R. Anholt and T. K. Saylor, Phys. Lett. 56A (1976) 455.

5) A. Yamadera, K. Ishii, K. Sera, M. Sebata, and S. Morita, Phys. Rev. A 23 (1981) 24.

6) T. C. Chu, K. Ishii, A. Yamadera, M. Sebata, and S. Morita, Phys. Rev. A 24 (1981) 1720.

7) F. W. Saris, W. F. van der Weg, H. Tawara, and R. Lanbert, Phys. Rev. Lett. 28 (1972) 717.

8) J. C. Y. Chen, T. Ishihara, and K. M. Watson, Phys. Rev. Lett. 35 (1975) 1574.

9) R. Anholt and A. Sallin, Phys. Rev. A 16 (1977) 799.

10) H. W. Schnopper, J. P. Delvaille, K. Kalata, A. R. Sohval, M. Abdulwahab, K. W. Jones, and H. E. Wegner, Phys. Lett. 47A (1974) 61.

11) K. Ishii and S. Morita, to be published elsewhere.

12) T. C. Chu, K. Ishii, A. Yamadera, M. Sebata, and S. Morita, Nucl. Instr. and Meth. 190 (1981) 395.

13) K. Sera, K. Ishii, M. Kamiya, A. Kuwako, and S. Morita, Phys. Rev. A 21 (1980) 1412.

14) K. Ishii, K. Sera, H. Arai, S. Morita, and K. Tokuda, Phys. Rev. A 27 (1983) 2225.

15) K. Ishii and S. Morita, to be published in Nucl. Instr. and Meth.

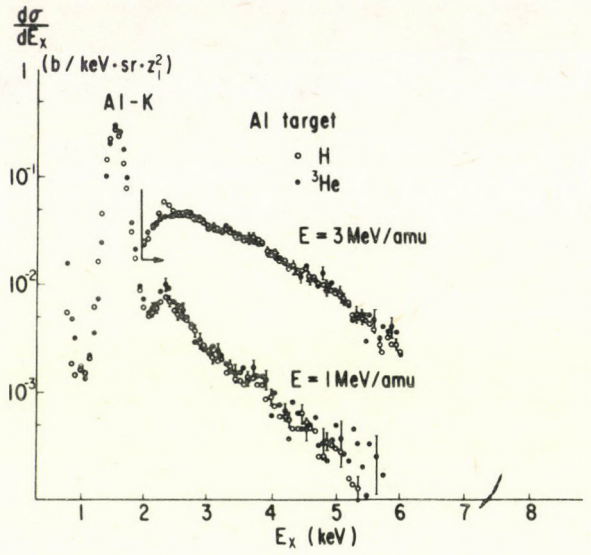
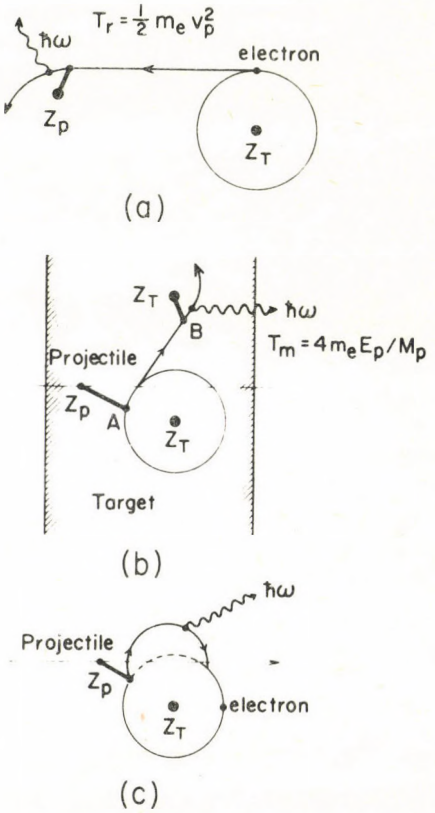


Fig. 1. X-ray spectra, measured in the direction of 90°, from an Al target bombarded by 1- and 3-MeV/amu protons and ^{3}He-ions. The X-ray intensity is divided by square of the projectile charge Z_p.

Fig. 2
Schematic representation of quasi-free electron bremsstrahlung (QFEB) (a), secondary-electron bremsstrahlung (SEB) (b), and radiative elastic scattering (RES) (C): Z_p and Z_T denote atomic number of the projectile and the target atom, respectively. In (a), the electron collides with the projectile with kinetic energy $T_r = \frac{1}{2}m_e v_p^2$ in the projectile frame (v_p is the projectile velocity). In (b), $T_m = 4m_e E_p/M_p$ is the maximum energy which can be transferred from a projectile of mass M_p and energy E_p to a free electron of mass m_e.



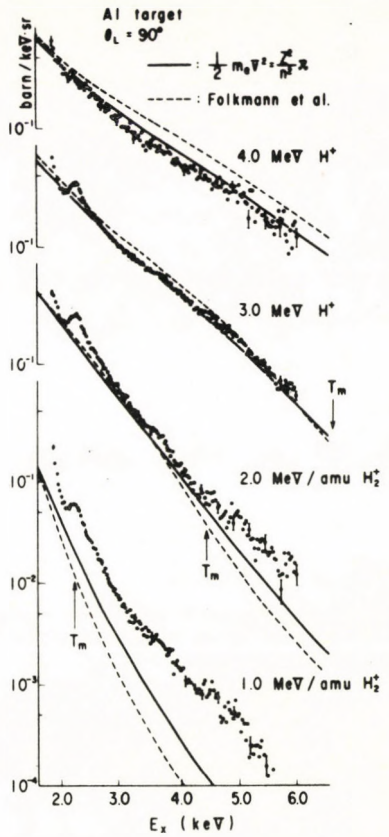


Fig. 3
Comparison of the calculations of secondary-electron bremsstrahlung (SEB) with the experimental results obtained for an Al target bombarded with 1.0- and 2.0- MeV/amu H_2^+ and 3.0- and 4.0-MeV protons.

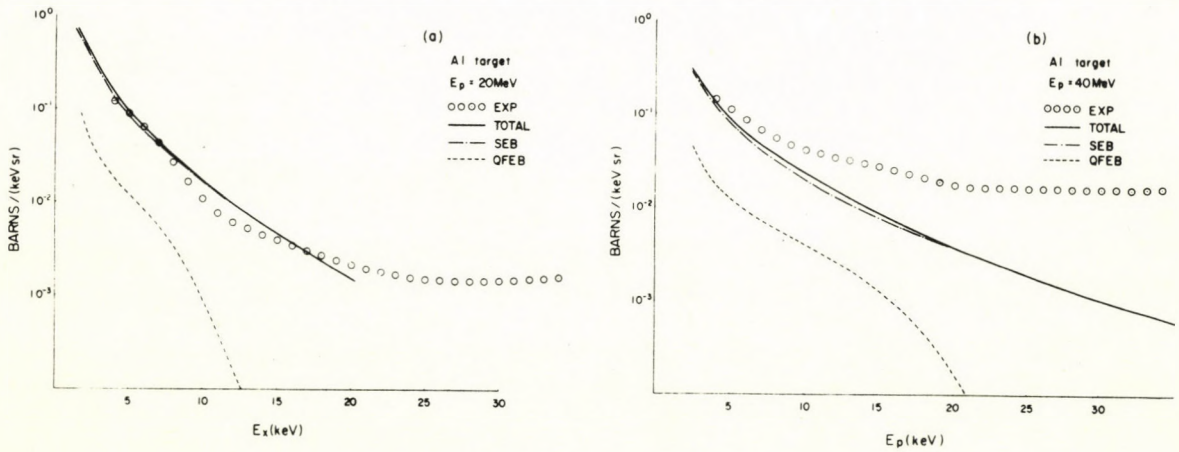


Fig. 4. Comparisons of the calculations of QFEB and SEB with the experimental results obtained for a Be target bombarded by 20- and 40-MeV protons.

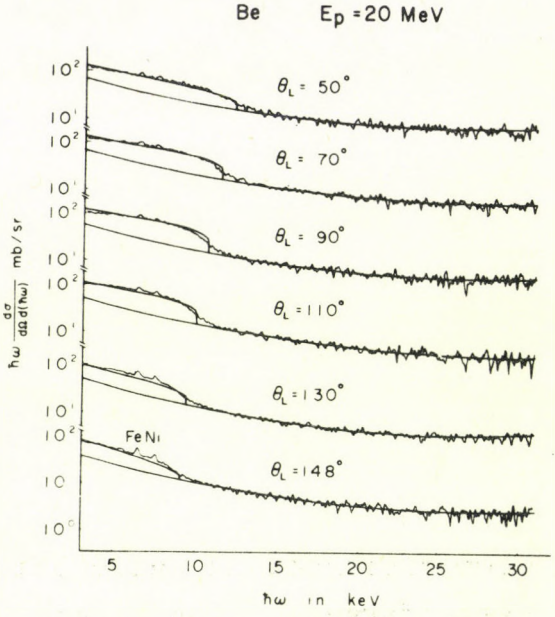


Fig. 5
Continuum X-ray spectra for the Be target bombarded with 20-MeV protons observed over tha angular range $\theta_L = 50^o$-148°. The smooth curves in the region 3-30 keV were obtained from the least squares fit to the data over the range ~10-30 keV. The other curves in the lower-energy region were calculated from QFEB.

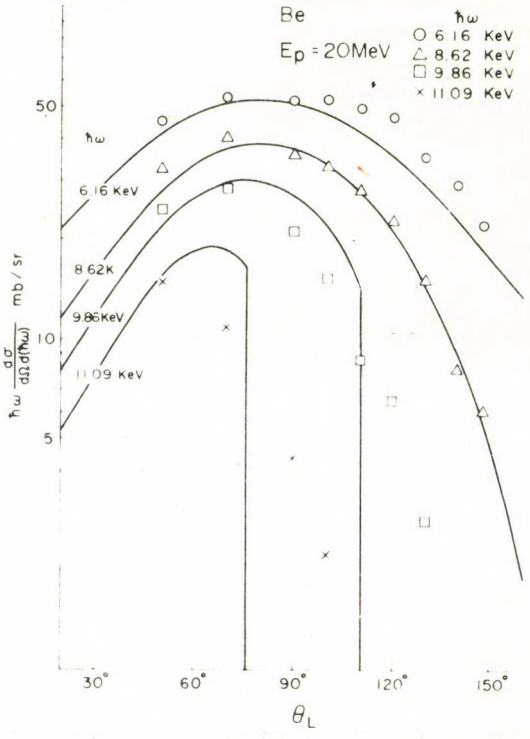


Fig. 6
Angular distributions of QFEB for the Be target bombarded with 20-MeV protons. The solid curves show the theoretical predictions.

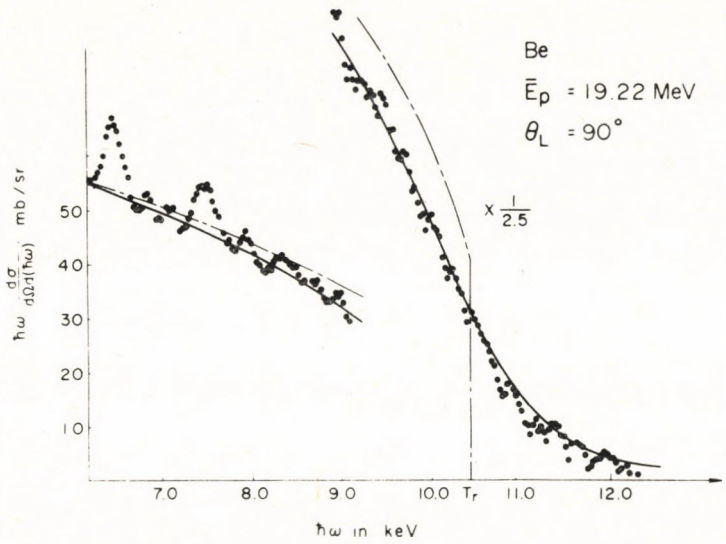


Fig. 7. QFEB spectrum near the end-point energy. The dot and dashed curve was calculated by assuming that the electron is free and at rest. The solid curve was obtained by taking account of the velocity distribution of orbital electrons of Be atoms.

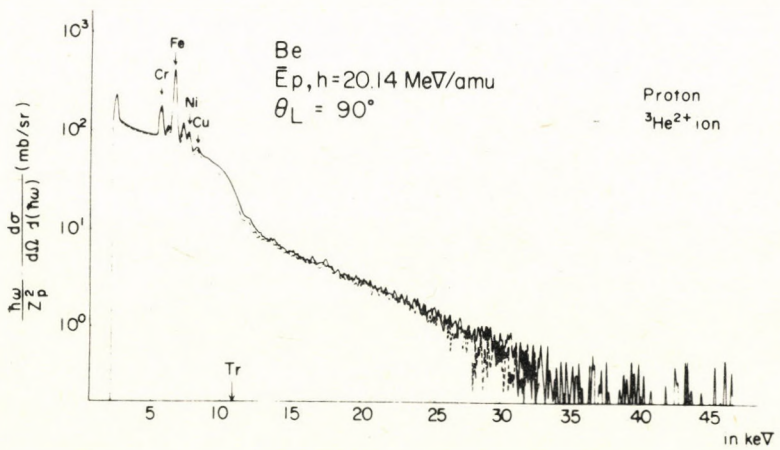


Fig. 8. X-ray spectra for the Be target bombarded with 20-MeV/amu protons (dashed line) and ^{3}He-ions (solid line). The ordinate shows the differential cross sections, in the direction of 90°, multiplied by the X-ray energy and divided by square of the projectile charge.

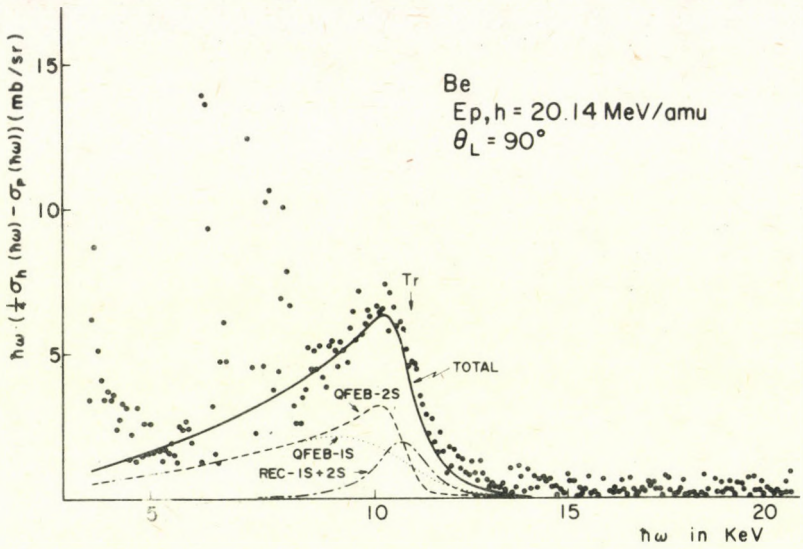


Fig. 9. Difference in the production cross sections of continuum X rays between ^{3}He-ion and proton impact. The dotted line is the theoretical prediction calculated for 1S electrons of the Be-target and the dashed line is for 2S electrons. The dot-dashed line is calculated for the difference in radiative electron capture (REC) process between proton and ^{3}He-ion projectiles. The solid line is the sum of the differences calculated for QFEB and REC.

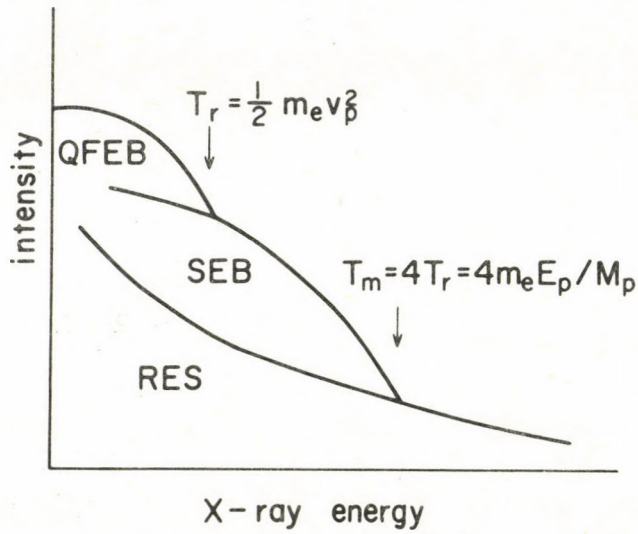


Fig. 10. Schematic representation of relative contributions of QFEB, SEB, and RES.

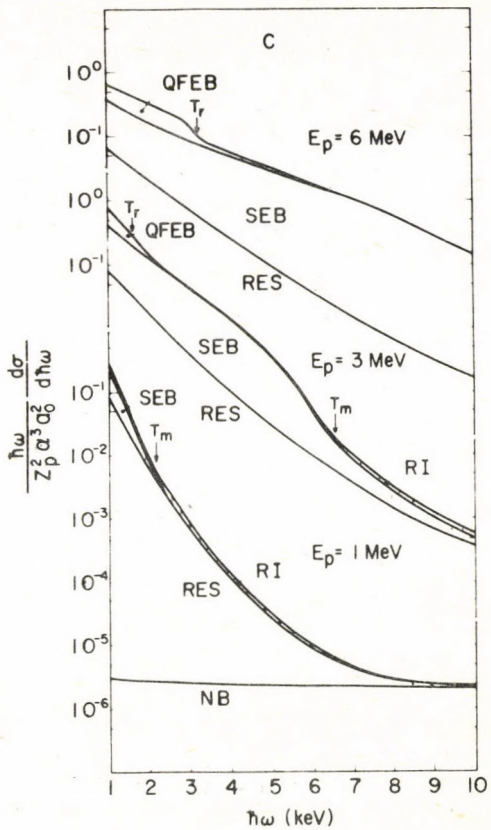


Fig. 11
Cumulative spectra (each curve includes contributions from the curves below) of continuum X rays produced by the various processes. The three cases evaluated are 1-, 3-, and 6-MeV proton bombardments of a carbon target.

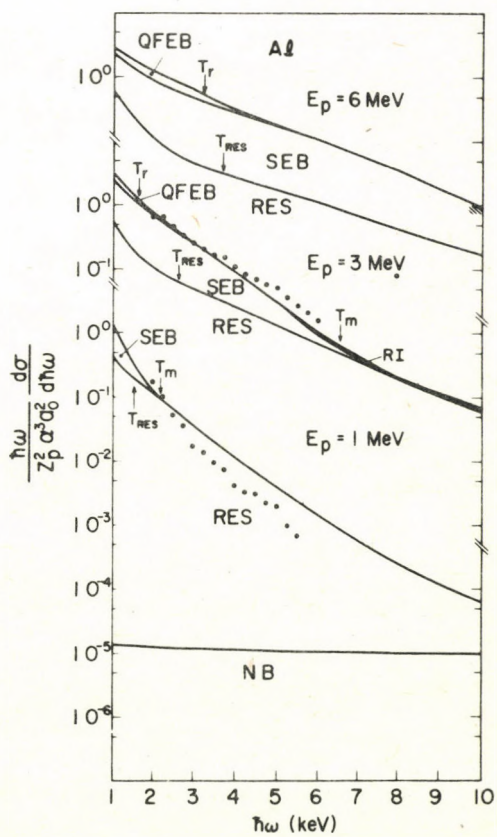


Fig. 12
Same as Fig. 11 except for aluminum target. The data are taken from Ref. 2.

ATOMKI Report E/3 (1983)

QUICK METHODS FOR THIN POWDER TARGET PREPARATION

Zs. Dombrádi, T. Kibédi and S. László

Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Debrecen, Hungary

Abstract

Several methods for preparation of powder targets in the mg/cm^2 range are described and compared. For improving the uniformity of targets a procedure based on sedimentation is introduced.

1. Introduction

There are several methods developed for target preparation, such as mechanical rolling, vacuum evaporation, electrodeposition etc. Nevertheless there are some stubborn materials, which are not amenable to these methods. Such material is e.g. Ru with it's high melting point, low vapor pressure and significant hardness. The classical methods are not suitable for production of Ru targets with high yield.

To solve this problem one can utilize the fact that enriched isotopes are available in powder form. A suspension may be formed from the powder of the element of interest by mixing it with some liquid, depositing it on a backing and clearing away the liquid. The method is applicable to all backings and all kind of powder which are chemically stable, non reactive and insoluble in the liquid used.

The method is analogous to the commonly used thick target preparation technique, but the target thickness is in the μm range, so much more care is needed to reach approx. homogenity.

2. The method

The ultimate goal of the method is the deposition of the powder of a given isotope as finley as possible onto a well cleaned, perfectly plain backing foil.

The homogenity of the target strongly depends on the size of grains of the powder, as the deposition has a statistical character. The grains are randomly distributed in a suspension, and this distribution may be preserved after clearing away the liquid, causing statistical fluctuations in the thickness. At the same time, appearence of some large grains can cause itself a considerable inhomogenity. Both phenomena suggest to use as fine powder as possible.

So the first step in target preparation is the preparation of the powder. It must be grinded with an agate mortar and pestle, then mixed with the

liquid used and put in an ultrasonic vibrator, to separate the grains of the powder from each other.

The grains of appropriate size must be selected from the well mixed suspension. Settling seems to be a useful method for selecting, up to grain size, which is allowed by sedimentation. The time of settling can be determined using the Stokes law, if the particles are considered as spheres. The minimal requirement is to settle out each particle, which thickness measured at it's diameter is greater than the planned target thickness. However, it is desirable to let in the suspension used in the further process only particles of diameter less then 1/4-1/5 of the planned thickness of the target.

The second step is the deposition of the selected grains of powder. We have used three different methods, such as dropping, filtering and a centrifugal method.

The simplest way to obtain a powder target is dropping the appropriate quantity of suspension on the backing, letting settle the powder, and drying it. In this case there is no need for special equipments, and simple distilled water can be used to form a slurry. The slurry must be quite concentrated, as a small quantity of liquid (about 50 µl for a 0.5 cm^2 target) must contain a few tenth mg of the powder. To obtain targets with greater uniformity, it is advisable to make the backing hydrophilic before use. The dropping procedure is useful, when making targets of small area.

Samples of bigger area can be obtained by vacuum filtering of the prepared suspension through a nuclear filter. As in this case the filter itself serves as backing, the method can be used only when presence of carbon or oxigen is not prohibited.

Every backing material is suitable for the centrifuge method, developed in cyclotron laboratories (1,2). To get a target by this method the suspension is to be put in a special centrifuge tube and centrifuged for a longer time (20-60 min depending on the density of the powder and viscosity of the liquid). After settling, the liquid is poured out and the target is dryed. The form and size of the target spot is defined by the centrifuge tube, so it can be fitted to the requirements. Use of liquids of high viscosity (e.g. glycerine) makes the procedure more convinient and reliable.

To avoid the targets from running down, they must be covered by vacuum evaporation, or by pressing on it a thin (about 100 µg/cm^2) film. It must be pressed so strong, that it should fill out the places among grains.

The three methods introduced for preparation, are different in deposition technique. This difference results only in the difference of the size of samples, and it has no significant effect on homogenity. The targets, obtained, appear uniform, inspecting them visually. Nevertheless under a high power microscope clumping can be observed, according to the statistical nature of deposition.

To estimate the effect of clumping on the thickness of targets the spectrum of backscattered protons was measured with a surface barrier detector of 18.5 keV resolution. The spectrum is shown in Fig. 1.

It can be seen, that the maximal thickness can exceed the double of the average. In our opinion this inhomogenity has no technological character, it can be explained wholly with the help of statistical arguments. As the average diameter of particles used was 0.22 µm, the average target thickness was 0.88 µm, which corresponds to 4-5 powder layer. Assuming Poisson distribution the 2 σ limit allows 1.76-1.86 µm that is 2.2-2.3 mg/cm^2 thickness.

3. Discussion

The methods described are simple and quick. About one hour is needed for

84/202
MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

preparation of a target. In spite of simplicity the determining factor of homogenity, the grain size is well controlled. Not only the method itself is simple, but also the measurement of the average thickness of targets, as it can be done with the help of a micro-balance. Further advantage of the method is the high yield; 70-80 % of the powder used can be utilized.

Targets, produced by the above techniques, are suitable not only for in-beam gamma and electron spectroscopy in low energy nuclear physics, but also for analytical procedures like PIGE or PIXE, as the methods introduced are clean, and do not change the elemental composition of samples.

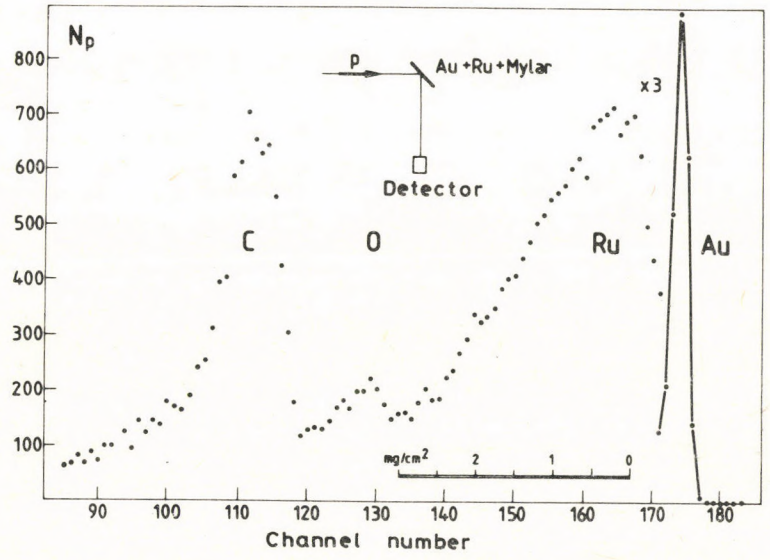


Fig. 1. Spectrum of backscattered 3.4 MeV protons from a 1.1 mg/cm^2 thick Ru (Au+Ru+Mylar sandwich) target. The scale indicates the thickness of the Ru layer, in which the protons have lost their energy.

References

1. J. P. Richaud, Nucl. Instr. and Meth. 167 (1979) 97
2. J. E. Draper, R. J. McDonald, Nucl. Instr and Meth. 171 (1980) 215

Referee: Árpád Kiss

Az ATOMKI Közlemények a Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézetének riportjait gyüjti egybe, és negyedévenként jelenik meg. Terjeszti az ATOMKI Könyvtára (Debrecen, Postafiók 51, 4001). Tudományos intézetek és könyvtárak kiadványaikért cserébe vagy ellenszolgáltatás nélkül is megrendelhetik. Egyes számokat a Könyvtártól, egyes riportokat közvetlenül a szerzőktől (gyüjteményes riportok esetén a riportok szerkesztőitől) lehet kérni.

Szerkesztő Bizottság: Szalay Sándor elnök, Lovas Rezső titkár, Berényi Dénes, Cseh József, Csikai Gyula, Gyarmati Borbála és Medveczky László.

Kiadja a
Magyar Tudományos Akadémia
Atommagkutató Intézete
A kiadásért és szerkesztésért felelős
dr.Berényi Dénes, az intézet igazgatója
Készült a Kinizsi Szakszövetkezet
Nyomdájában
Törzsszám 65752
Debrecen, 1983 november

ATOMKI
KÖZLEMÉNYEK

Volume 25 / Number 4

CONTENTS

K. Ishii and S. Morita: Continuum X rays produced by ion-atom collisions 235

Zs. Dombrádi, T. Kibédi and S. László: Quick methods for thin powder target preparation 255

539

HU ISSN 0004-7155