

Sántha András dr. orvosalezredes, az orvostudományok kandidátusa:

Kísérletek az ionizáló sugárzás és a mágnesség biológiai hatásainak összefüggéseivel kapcsolatban

II. rész.

Ionizáló sugárzás és mágnesség együttes hatása *Vicia faba* gyökerének növekedésére*

Korábbi kísérleteinkben (15) megállapítottuk, hogy mind az *in vivo*, mind az *in vitro* röntgenbesugárzás csökkenti a vörösvérsejtek diamágnesességét. Jelen kísérleteinkben tovább folytattuk a mágneses erőtér és az ionizáló sugárzás kölcsönhatásának vizsgálatát az élőlények egy alacsonyabbrendű csoportján, a növényeken. Az irodalomból ismeretes (3, 8, 17), hogy az utóbbi években a kutatók figyelme ismét a biomágnesesség felé fordult. Ennek egyik oka nyilvánvalóan az, hogy közel van az a korszak, amikor az ember kitör több évszázezredes börtönéből, a Föld bioszférájából és tartósan más égitesetek hatalmába kerül. Vele együtt természetesen előbb-utóbb a földi bioszféra alkotóelemeinek egy része, így a növények egyes fajai, szintén teljesen új fizikai környezetbe kerülnek. A földi fizikai környezetnek több olyan paraméterét ismerjük, amely a letűnt évezredek folyamán nem, vagy csak nagyon kevésbé módosult. Közéjük tartozik a földmágnesesség is (2, 3), amelyhez az élőlények kényszerűségeből adaptálódnak. Könnyű belátni, hogy a kutatók fantáziáját izgatja az a probléma, vajon milyen módon reagálnak az élőlények a megszokottól eltérő, esetleg nagyságrendekkel nagyobb vagy teljesen hiányzó mágneses erőterére! Meglepő, hogy a közel másfél évszázada folyó ilyen irányú vizsgálatok ellenére, még ma sem látjuk tisztán ezt a kérdést.

Mericle és *mtsai.* (3,9.) összefoglalják a növényekkel kapcsolatban eddig megállapított eredményeket; *Tolomei*, majd *Murphy* megállapította, hogy a mágneses erőtér számos növényfajta csirázását serkenti. *Whish* a menta leveleinek és gyökereinek, *Szavostyin* pedig a búzamazvak gyökereinek növekedésében észlelt gyorsulást. *Favret* és *mtsai.* szerint hagymagyökerek mágneses mezőben a kontrollnál akár tízszeresen is gyorsabban nőnek, ellenben a káposzta növekedése teljesen megszűnik. *Puma* megfigyelte, hogy a babgyökerek mágneses mezőben a pólusnak megfelelően orientálódnak, a déli pólus felé gyorsabban nőnek, az északi pólus irányába helyezve ellenben lassabban nőnek a mágnesezetlen kontrollonál.

A fentiekkel ellentétben sem *Reinke*, sem *Baten* nem tudott semmilyen kétségtelen hatást sem megállapítani mágneses mezőbe helyezett növényeken. *D' Astre* sem észlelt hatást különféle növények csirázására, *Jennison* pedig az élesztő oszlására. *Szavostyinnak* nem sikerült *Tolomei* kedvező eredményeit megerősíteni, *Favre* és *mtsai* szintén bizonytalannak mondják eredményeiket.

Mericle és *mtsai* (8) újabban árpacsirán megállapították, hogy a röntgenbesugárzás okozta növekedésgátlást 3000 Oe körüli homogén mágneses térben való utókeze-

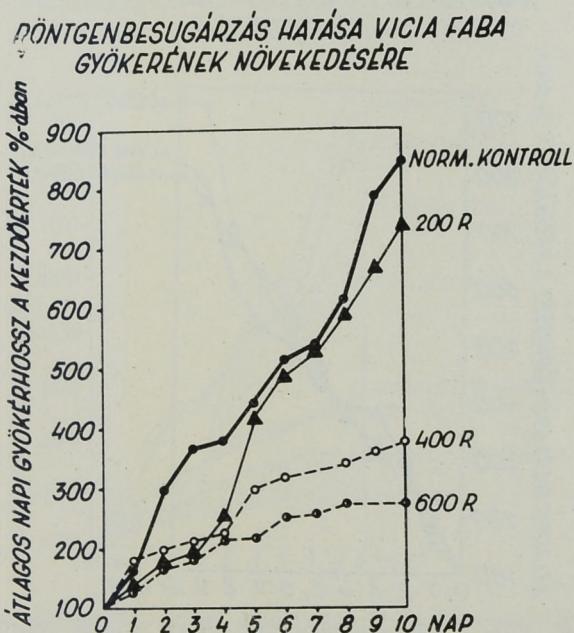
* A Magyar Biofizikai, Biokémiai és Élettani Társaság első együttes vándorülésén (Pécs, 1967. okt. 12—14) elfogadott előadás alapján.

lés részben helyreállítja. A védőhatás fordítva párhuzamos azzal a károsodással, amelyet a sugárhatás önmagában okozott. Arra a következtetésre jutottak, hogy a biomágneses hatást másféle élettani folyamatok közvetítik, mint amelyek az ionizáló sugárzás primér hatásaiban vesznek részt.

Conger és mtsai. (6) ugyancsak árpamagvakon végzett kísérletei ezzel szemben semmilyen kimutatható hatást sem eredményeztek, mivel sem a besugárzás előtt, sem alatta vagy utána alkalmazott mágneses behatás nem módosította a sugárhatás kvalitását vagy intenzitását.

Ami az ionizáló sugárzás hatását illeti a növényekre, szintén ellentmondó eredmények láttak napvilágot. Utalunk *Read* monográfiájára (13), amely összefoglalja pl. a *Vicia faba*-val már közel 60 év óta folyó kísérletek főbb eredményeit és amelyek végkövetkeztetése az, hogy a besugárzás gátló hatású a növény növekedésére, a gátlás pedig a leadott sugárdózissal egyenesen arányos. Többben viszont, így *Skok* és mtsai. (16) különféle növényeken azonos nagyságrendű besugárzás hatására a növekedés gyorsulását figyelték meg. Hasonló értelmű közlést olvashatunk *Wimber* (18) tollából is *Tradescantiára* vonatkozóan, míg *Oliver* és mtsai. (12) *Vicia faba*-n még a kisdózisú, de huzamosan folyó besugárzás után is gátlást észleltek.

Ilyen ellentmondó adatok birtokában először tehát a besugárzás hatását vizsgáltuk. Módszerünk az egyik korábbi közleményünkben (14) leírt eljáráshoz hasonló volt. A *Vicia faba* kútvízben egy napig áztatott magvait meghámozva, 2 napra nedves homokba ültettük, majd hosszúság szerint csoportosítva, az Intézetünkben szokásos módon, 200, 400, ill. 600 R röntgen-, illetőleg Co^{60} gamma-besugárzásban részesítettük őket. Ezután napi méréssel, 10 napon keresztül meghatároztuk a kútvizes akváriumba helyezett babok gyö-

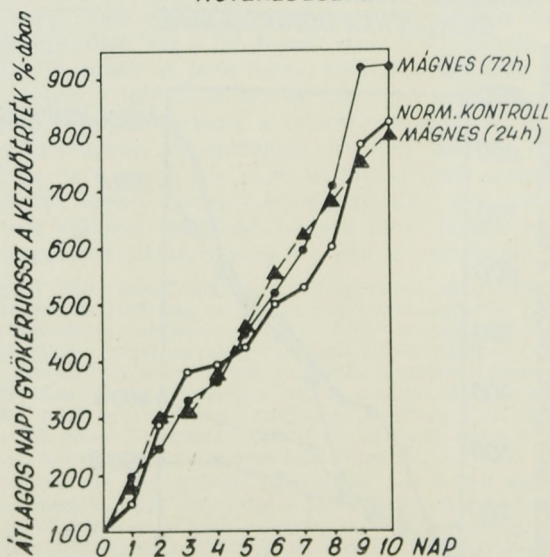


1. sz. ábra. A besugárzatlan normál gyökerek növekedési gyorsaságához viszonyítva a 200–600 R röntgenbesugárzással előkezelt magvak gyökerei a sugárdózissal arányos gátlást szenvednek.

kerének növekedési értékeit. Mivel egy-egy csoportban a kísérletek folyamán többszáz babszem gyűlt fel, amelynek kezdeti kiindulási hossza természetesen nem lehetett azonos, a növekedési gyorsaság összehasonlítható értékelése végett minden esetben 100%-nak véve a kiindulási értéket, a napi gyökérhosszak értékét az ehhez viszonyított %-ban fejeztük ki. Így a csoportok átlagát már egyszerű volt görbével ábrázolni, a különféle csoportokat pedig könnyen összehasonlíhattuk egymással. A kísérletekhez 1660 db babot használtunk fel.

Az 1. sz. ábrán feltüntettük a besugárzatlan kontrollcsoport, illetőleg a 200, 400 és 600 R-rel besugárzott csoportok 10 napos növekedési görbéjét a 0_{10} -os értékek felhasználásával. Amint látható, több száz Vicia faba-csíra vizsgálata alapján kétségtelenül az ionizáló sugárzás gátló hatása állapítható meg. Az ábrát eredetileg milliméterpapírra rajzoltuk fel, az egyes görbék alatti területet planimetráltuk, így az arányokat egymáshoz viszonyított számszerűséggel is ki tudtuk fejezni. Ha pl. a normál kontrollgörbének megfelelő 74,18 cm² területet 100%-nak vesszük, az 58,93 cm² 200 R-es terület 76%-nak felel meg, a 34,86 cm²-nyi 400 R-es terület 45,1%, míg a 600 R-nek megfelelő terület felszínét 23,24 cm²-nek találtuk, ami megfelel 31,1%-nak. Egyszerű statisztikai értékeléssel megállapítható, hogy a gyökerek növekedésének gátlása arányos a sugárdózissal.

MÁGNESEZÉS HATÁSA VICIA FABA GYÖKERÉNEK NÖVEKEDÉSÉRE



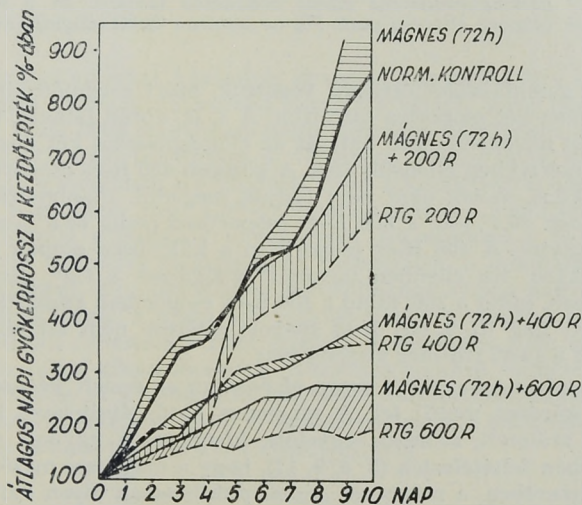
2. sz. ábra. A 3000-nyi mágneses erőter 24 óras behatása nem okoz értékelhető eltérést a Vicia faba 10 napos növekedésében. Ugyanaz 72 óra alatt azonban planiméteres méréssel kimutatható szignifikáns gyorsulást idéz elő. Minden pont a többször tíz egyedből álló csoportok átlagos %-os eltérését jelent a gyökerek kezdeti (0. napi) hosszúságától.

Ezekután megvizsgáltuk, hogy a mágnesezés önmagában miképpen hat a gyökerek növekedésére. Permanens ökörszarv-mágnest használtunk a megközelítően 3000 Oe homogén erőter elállítására. A lóbab magvait 20—30-asával, nedves homokot tartalmazó dobozba zárva helyeztük 4, 24 vagy 72 órára az erőterbe, majd az említett módon állapítottuk meg a 10 napos növekedés sebességét. A 2. sz. ábrán a szintén több száz maggal végzett ilyen kísérletek eredményét szemléltetjük. Amint látható, a 4 és 24 órás mágnesezés megközelítően azonos eredményt hozott. Ha a normál érték görbéjével vetjük össze az előbbi ábrán alkalmazott módon felrajzolt értékeket, megállapíthatjuk, hogy a 74,18 cm² területű normálhoz képest sem a 74,04 cm²-nyi 4 órás, sem a 72,42 cm²-nyi 24 órás érték nem jelent szignifikáns eltérést.

Ellenben a 72 órás mágnesezés 83,87 cm²-nyi felülete már szignifikánsan nagyobb, tehát a 3 napos mágnesezés kedvező hatású a babgyökerek növekedésére.

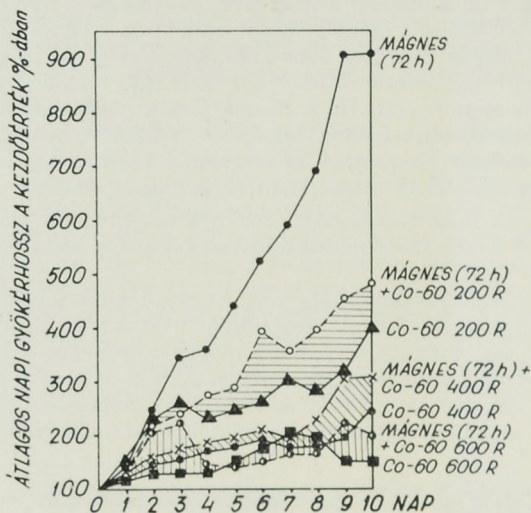
A további lépés annak megállapítása volt, hogy a leghatásosabbnak mutatózó 72 órás előmágnesezést követő besugárzás hatása eltér-e attól, amelyet mágnesezés nélkül észlelhetünk. Evégből a mágnesezés végén a babszemeket standard körülmények között besugarasztattuk. Az alkalmazott dózis az 1. sz. ábrán bemutatott 200, 400 vagy 600 R volt. Egy-egy csoportban szintén 100—200 közötti számú szemet vizsgáltunk. Kísérleteink második részében a besu-

MÁGNESÉZÉS ÉS RÖNTGENBESUGÁRZÁS EGYÜTES HATÁSA VICIA FABA GYÖKERÉNEK NÖVEKEDÉSÉRE



3. sz. ábra. Az ábrán feltüntettük a röntgenbesugárzást megelőző mágnesezés inkubáció védőhatását 200 R (=függőleges csikozás), 400 R (=balra ferde csik) és 600 R (=jobbra ferde csik) sugárdózis esetén. A normál értéket egyik csoport sem éri el. Az előmágnesezés + 400 R besugárzás görbéje a csak besugárzott csoporttól nem tér el szignifikánsan, a két másik csoport különbsége szignifikáns.

MÁGNESEZÉS ÉS Co-60 GAMMA-BESUGÁRZÁS EGYÜTTES
HATÁSA VICIA FABA GYÖKERÉNEK NÖVEKEDÉSÉRE.



4. sz. ábra. Az előbbi ábrához hasonló elrendezésben a Co^{60} gammabesugárzás elleni védőhatás látható. Itt a 600 R-es csoport eltérése csak 5%-os határon belül szignifikáns.

gárást Co^{60} gamma-sugárforrással végeztük, ezért eredményeink ábrázolását is célszerűen két csoportra osztottuk. A 3. sz. ábrán látható, hogy a röntgenbesugárzás növekedésgátló hatását az előmágnesezés két dóziscsoportban szignifikáns mértékben ellensúlyozza. A középső 400 R-es csoport különbsége nem szignifikáns, ennek okát nem tudjuk megadni. Planimetrálással a 200 R-es csoportban 26,4%-os, a 600 R-es csoportban pedig 36,6%-os védőhatást lehetett kimutatni. A 400 R-es csoportban a különbség csupán 8,1%, amely nem szignifikáns. Ha ellenben ugyanezt vizsgáljuk a Co^{60} gammasugárzás vonatkozásában, mind a 200, mind a 400 R-es csoportban szignifikáns különbséget kapunk, míg itt a 600 R-es csoport eltérése nem szignifikáns (17,46 cm²-es felület a 14,85 cm²-hez viszonyítva).

Eredményeink megbeszélése során elsősorban az észlelt jelenségek mechanizmusának kérdése merül fel. A mágneses hatás átvitelével kapcsolatban több elmélet született, azonban egyelőre kísérletesen egyiket sem lehetett igazolni. Többen feltételezték (3, 8, 9, 17), hogy a mágneses mező okozta eltérés az anyagcserében, a mágneses szuszceptibilitásban olyan extra- és intramolekuláris változásokra vezet, amelyek következménye a növény morfológiai szerkezetének fokozott oszlási és regeneratív képessége. A biokémiai folyamatok láncolata azonban még teljességgel ismeretlen. Kimutatták, hogy a mágneses inhomogén előtér huzamos behatása nyomán megváltozik a biológiai rendszerben a szuszceptibilitással rendelkező anyagok eloszlása (3). Ilyen tekintetben akár az oxigén is számbavehető, bár jelen kísérleteinkben nem döntő tényező, mivel ezek nem anoxibiotikus környezetben folytak

le, az oxigéntenzióban esetleg fellépő eltérés gyorsan kiegyenlíthető. Egyéb mágneselesen szuszceptibilis elemek azonban, mint a Fe, Mn, Co annál jelentősebb szerepet játszhatnak. Általában úgy tekintik őket, mint fiziológiában csak részben mobilizálható anyagokat, amelyek a növényekben nyomelekként, jelentős befolyást gyakorolhatnak a csírák növekedésére. *Pedretti* (cit. 8) újabban kimutatta, hogy a kukorica magvában felgyülemlett ilyen nyomelemek a csírázaskor elszállítódnak a legerősebb merisztematikus aktivitás helyére. Ha a *Vicia faba* szintén érvényes ez a megállapítás — amire közvetlen bizonyíték még nincs — és ha mágnességgel a nyomelemek eloszlását meg tudjuk változtatni, akkor ennek következménye a növekedés módosulása. A növekedés gyorsulása tehát a nyomelemek szuboptimális szintjének megemelkedése miatt jöhet létre, azonban ez nem kielégítő magyarázat a sugárhatás kompenzálására. Korábbi kísérleteinkben (14) kimutattuk ugyanis, hogy a *Vicia faba* növekedését nemcsak direkt besugárással, hanem indirekt módon, szekundér mediátorokkal is gátolni lehet (nekrozin stb.). Márpedig ilyenkor nem érvényesül a nyomelemek feltételezett hatása, mivel a mágnességgel szemben nem szuszceptibilis fehérjebomlás-származékokról van szó.

Szóba kerülhet az a lehetőség is, hogy a mágnesség valamilyen módon semlegesíti a sugárhatás indirekt termékeit (*scavenger*-effektus), azonban erre még semmilyen közvetlen bizonyítékunk sincs.

Egyelőre annyival kell megelégednünk, hogy a jelenség magyarázata még nem kielégítő és további ezirányú vizsgálatokat igényel.

ÖSSZEFOGLALÁS

Korábbi vizsgálatainkat folytattuk az ionizáló sugárzás és a mágneses erő-tér antagonistá biológiai hatásainak tisztázása végett. *Vicia faba* előcsíráztatott magvai közel 3000 oersted erősségű, homogén permanens mágneses erő-tér huzamos (72 órás) behatására a 10 napos megfigyelési periódus alatt szignifikánsan gyorsabban növekednek, mint a kezeletlen kontroll-növények. A 200—600 R röntgen- vagy Co^{60} -gammabesugárzás a sugárdózissal arányos mértékben gátolja a palánták növekedését. Ha azonban a besugárzás előtt 72 óra hosszat mágneses előkezelésben részesülnek, a besugárzott növények a csak besugárzott, de előkezeletlen kontrollokhoz képest nagyobb sebességgel növekednek, tehát a mágneses behatás növeli a magvak sugárrezisztenciáját. A vizsgált feltételek között azonban a védőhatás nem elegendő a sugárkárosodás teljes kiküszöbölésére. Közleményünkben részletezzük a számszerű eredmények és a védőhatás lehetséges mechanizmusainak összefüggéseivel kapcsolatos elképzeléseket. A hatásmechanizmus mibenléte egyelőre ismeretlen, felderítése további kísérleteket igényel.

IRODALOM

1. *Alvarez, M. R., Cowden, R. R.*: Exp. Cell. Res. 42:578—584. 1966. — 2. *Barnóthy, M. F., Barnóthy, I. M.*: Nature 181:1785—1786. 1958. — 3. *Barnóthy, M. F.*: Biological Effects of Magnetic Fields. Plenum Press. New York, 1964. — 4. *Biebl, R., Kreybig, T. V.*: Atompraxis 8:284—288. 1961. — 5. *Clowes, F. A. L., Hall, E. J.*: Rad. Bot. 3:45. 1963. — 6. *Conger, A. D., Flasterstein, A. H., Thompson, K.*: Rad. Bot. 6:105—109. 1966. — 7. *Howard, A.*: Int. J. Rad. Biol. 10:83—93. 1966. — 8. *Me-*

- ricle, R. P., Mericle, L. W., Smith, A. E., Campbell, W. F., Montgomery, D. J.: Abst 7 Ann. Meeting Biophys. Soc. WE. 3. 1963. — Genetics 50:268—269, 1964. — 9. Mericle, R. P., Mericle, L. W., Montgomery, D. J.: Rad. Bot. 6:111—127. 1966. — 10. Montgomery, D. J., Smith, A. E.: Biomed. Sci. Instr. 1:123—125. 1963. — 11. Montgomery, D. J., Smith, A. E., Mericle, R. P.: Bull. Am. Phys. Soc 9: 156. 1964. — 12. Oliver, R., Shepstone, B. J.: Int. J. Rad. Biol. 9:333—347. 1965. — 13. Read, J.: Radiation Biology of *Vicia faba* in Relation to the General Problem. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 1959. — 14. Sántha, A.: Honvédorvos, 16:271—275, 1964. — 15. Sántha, A.: Honvédorvos, 17:143—149. 1966. — 16. Skok, J., Chorney, W., Rakosnik, E. J.: Rad. Bot. 5:281—292. 1965. — 17. Timofeev—Resovskii, N. V., Luchnik, N. V.: Proc. All-Union Sci. Tech. Conf. Appl. Radioact. Isotopes. ons. Bor Inc. New York. 1957. 18. Wimber, D. E.: Exp. Cell. Res. 42: 296—301 1966. — 19. Winterberg, F.: Zschr. Naturforsch. 21b./9. 1966

A. Шанта, подполковник м/сл., кандидат мед. наук:

ОПЫТЫ ПО ВЗАИМОСВЯЗИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И МАГНИТНОГО ПОЛЯ

II. СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ И МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РОСТ КОРЕНИ КОНСКИХ БОБОВ (VICIA FABA)

Продолжили наши исследования для выяснения антагонистического биологического действия ионизирующего облучения и магнитного поля. По 10-дневному наблюдению пророщенные семена конских бобов под влиянием длительного воздействия (72 часов) гомогенного постоянного магнитного поля растут достоверно быстрее, чем необработанные контрольные растения. Рентгеновское облучение в 200—600 Р или Co^{60} -гамма-облучение тормозит — по мере дозы — рост рассад. Но в том случае, если перед облучением расады подвергнуты действию магнитного поля в течение 72 часов, после облучения они растут быстрее контрольных, подвергнутых только облучению растений. Следовательно магнитное воздействие улучшает устойчивость семян к облучению. Однако в данных условиях защитное действие является недостаточным для полного устранения лучевого действия. В сообщении излагаются представления о взаимосвязях количественных результатов и возможных механизмов защитного действия. Сущность механизма действия еще неизвестна, выяснение её требует дальнейших опытов.

Dr. A. Sántha, Oberstl. d. Med. D., Kandidat d. Med. Wissensch.:

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN DER ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN BIOLOGISCHEN WIRKUNGEN DER IONISIERENDEN STRAHLUNG UND DES MAGNETISMUS

II. Mitt. Gemeinsame Wirkung der ionisierenden Strahlung auf das Wachstum der Wurzeln von *Vicia faba*

Verfasser setzte seine frühere Untersuchungen fort um die antagonistischen biologischen Wirkungen der ionisierenden Strahlungen und der magnetischen Kraftfelder weiter zu erklären. Vorgekeimte Samen der *Vicia faba* erwiesen unter dauernder (72 stündiger) Einwirkung eines homogenen, permanenten Magnetfeldes von ungefähr 3000 Oersted während einer Beobachtungsperiode von 10 Tagen, ein significant höheres Wachstum als die unbehandelten Kontroll-Pflanzen. Eine Röntgen-, bzw. Kobalt-60-Gamma-Bestrahlung verhindert das Wachstum der Keimlingspflanzen im direkten Verhältnis zur Strahlendosis. Werden jedoch die Pflanzen während einer Periode von 72 Stunden vor der Bestrahlung im Magnetfeld vorbehandelt, so wachsen diese mit einer grösseren Geschwindigkeit als diejenigen Kontrollpflanzen, die ohne Vorbehandlung nur bestrahlt wurden, d.h.

durch die magnetische Einwirkung erhöht sich die Strahlenresistenz der Keimlinge. Unter den angewandten Versuchsbedingungen erweist sich aber die Schutzwirkung als ungenügend zur vollständigen Beseitigung der Strahlenschädigung. In seiner Mitteilung verhandelt der Autor eingehend über die Theorien, die den Zusammenhang zwischen den zahlenmässigen Resultaten und den möglichen Mechanismen der Schutzwirkung betreffen. Das Wesen dieses Wirkungsmechanismus ist vorläufig unbekannt, seine Erklärung, bedarf weiterer Versuche.