

A szerzők előadásukban bemutatják különböző fényintenzitás és különböző nitrogén ellátottság együttthatásának elemzését a bab (*Phaseolus vulgaris*) fotoszintetikus pigmentjeire és néhány más tulajdonságára.

Hozzászóló: Frenyó V.

25. Nagy János — Györgyi Sándor — Gzásó József:

(Orvostudományi Egyetem Orvosi Fizikai Intézet, Budapest)

Adalékok a vér ionizáló sugárzások okozta elváltozásainak vizsgálatához.

Kísérleteikben mindkét nembeli kb. 200 g súlyú normál kosztot tartott albino patkányokat Co^{60} sugárforrásból kb. 10 r/perc dózisteljesítménnyel 25—500 r teljes testbesugárzással terheltek részben egyszeri, részben ismételt adagolásban.

A különböző időpontokban vett vérminták alvadási idejét kapilláris metodikával határozták meg. A besugárzás utáni napokban az alvadási idők viszonylag rohamos csökkenése lép fel. A mélypont elérése után regenerálódási szakaszok figyelhetők meg, 50 r-nél nagyobb dózisok esetén a regenerálódási szakasz viszonylag hosszabb.

Az 50 r, illetve 100 r-rel besugárzott állatokat a regenerálódás után 10 napig pihentették, majd újabb 50 ill. 100 r teljestest dózissal terheltek. Az alvadási idők görbéje az előzőekhez hasonló lefutást mutat; a változás mértéke és időtartama azonban kifejezettebb.

Az alkalmazott dózisoknál a thrombin inaktiválás sebességi állandójában változást nem találtak.

Megvizsgálták az S—35-tel jelzett methionin in vivo beépülésének mértékét és dóziszüggését. Eredményeik azt mutatták, hogy a thrombocytákhoz kötött aktivitás a dózis növelésével nő, az egyéb alakos elemeknél mérhető aktivitás pedig csökken.

BIOLÓGIAI ADATOK KVANTITATÍV KIÉRTÉKELÉSE

Juvancz Ireneusz a Magyar Tudomány 1962. 11. számában megjelent közleményének és a Magyar Tudományos Akadémián 1963. március 7-én megtartott előadásának rövidített szövege.

I.

A biológiai tudományok és a technika fejlődése egyre inkább szükségessé teszi, hogy ismereteink a biológia terén ne csak kvalitatívek, hanem kvantitatívek is legyenek. Ezt a célt a biometria segítségével igyekszünk elérni. A biometria feltétlenül biológiai tudomány, de ellentétben pl. a biofizikával, nincs sajátos, sui generis témája. A biometria metodológia. A biológiai tudományok bármely ága, bármely problémájának vizsgálatakor igénybe vehetjük a biometriai módszereket, de maga a biometria sohasem tűz ki biológiai problémákat; a problémák vagy genetikaiak, vagy zoológiaiak stb. A biometria nem tárgya miatt „választható el” az általánosabb, tágabb értelemben vett biológiától, hanem az alkalmazott metodológia miatt.

A biometriában alkalmazott matematikai módszerek közül elsősorban a statisztikaiak dominálnak a már „természetesnek” számító aritmetika után. A statisztika túlsúlya abból következik, hogy a biológiában az esetek döntő többségében sztochasztikus rendszerekkel dolgozunk és ezek vizsgálatához a statisztikai eljárások az adekvátak.

A biológiai tudományokban ugyanis azok az okok (körülmények), melyeket egy folyamat (kísérlet) analízisekor (tervezésekor) tekintetbe veszünk, nem határozzák meg egyértelműen a kísérlet kimenetelét, vagy ha kvalitatíve igen, de nem kvantitatíve. Látszólag „egyforma” rovaroknak az adott kontaktméreggel praktice egyidőben történő érintkezése esetén egyes rovarok elhullanak, mások nem (legalábbis a megfigyelés időpontjáig). Természetesen megvan az oka, hogy miért hullott el az egyik rovar és a másik nem, azonban mi ezt nem ismerjük. Esetleg egyáltalában nem ismerjük, más esetben ismerjük általában, de a konkrét esetben nem tudjuk, vagy esetleg tudnánk, de nem érdemes megállapítani. Ebben az esetben tehát az általunk figyelembe vett tényezők (a rovar fajtája, a törzs, a kontaktméreg fajtája és koncentrációja, az expozíciós idő, a megfigyelési idő, az évszak stb.) nem határozták meg egyértelműen, hogy mi lesz a kísérlet kimenetele: némelyik állat elhull, némelyik nem. Más esetben kvalitatíve ugyan egyértelmű a kimenetel, de kvantitatíve nem. Így pl. kellő adag inzulinra mindenkinek csökken a vércukor szintje, de különböző mértékben. Sztochasztikus modell esetén tehát nem tudjuk előre megmondani a kísérlet kimenetelét, de ismerhetjük az egyes lehetőségeket és azok relatív gyakoriságát. Pl. a takarmányozás adott javítására a tehének évi tejhozama leg-

alább 400 kg-mal nőtt a megfigyelték 10%-ában, 300—400 kg között a 38%-ában, s. i. t. Ezekből az adatokból számítjuk ki a statisztikai módszerek segítségével, hogy — tekintetbe véve a körülményeket — érdemes-e bevezetni az új takarmányozási módszert, vagy sem.

Azokat a tényezőket, amelyeket, bár befolyásolják a végeredményt, a kísérlet során nem veszünk tekintetbe, nevezzük „véletlen tényezőknak”. A véletlen törvényszerűségei objektívek és a valószínűségszámítás foglalja azokat össze. Viszont, hogy hol vonom meg a határt az adott esetben a szisztémás és a véletlen tényezők között, ez már szubjektív. Éppen ahhoz kell szakmai tudás és gyakorlat, hogy optimális helyen húzzuk meg ezt a határt.

Ki kell térnünk arra a téves felfogásra, hogy mivel a biológiában nincs olyan függvényszerű kapcsolat, mint pl. a klasszikus fizikában, tehát nem lehet a matematikát alkalmazni. Éppen az ellenkezője az igaz: a sztochasztikus kapcsolatokat csak akkor vizsgálhatjuk és értékelhetjük kellőképpen, ha sok, egyénenként igen különböző egyéni eredmény mögött — éppen a statisztika módszereinek alkalmazása révén — megtaláljuk a jellemzőt, a lényegeset. Így pl. lehetetlen, hogy egy tenyészbikát az egyes utódai hozama alapján megítéljünk, ha pl. nem számítjuk ki az utódok átlaghozamát. És ez még nem is elég, mert az értékeléskor tekintetbe kell vennünk még igen sok faktort (az anya hozama, a tenyészet átlagos hozama, a tartási viszonyok stb.) A biometriai módszerek segítenek ahhoz, hogy ezen faktoroknak az értékelést zavaró hatását csökkentjük, esetleg ki is küszöböljük.

Ezt egyes esetekben számítások révén (pl. alcsoportokra bontva történő analízis) érhetjük el, de még biztosabban, ha már a kísérlet tervezésekor gondolunk a zavaró hatások csökkentésére. Ez is egyik oka annak, hogy miért fejlődött az utóbbi évtizedekben — éppen a biometerek munkája révén — a kísérletek tervezésének módszertana. El kell azonban ismerünk, hogy a statisztikus nemcsak azzal teheti magát feleslegessé, hogy a biológusokat megtanítja a statisztikai módszerekre, hanem azzal is, hogy a statisztikai törvényszerűségek segítik hozzá a biológust ahhoz, hogy megállapítsa majd a függvényszerű kapcsolatokat is és így váljék „feleslegessé” a statisztika. De ezzel viszont nem csökken, hanem nő a matematika szerepe, csak a statisztikai módszereké csökken majd a biometrián belül.

Van egy másik fontos szempont is, melyről gyakran megfeledekzenek: *kvantitatív analízist csak a kvalitatív után szabad végeznünk.* Így pl. a dextrose kvantitatív meghatározását pl. polariméterrel csakis akkor végezhetjük, ha előre meggyőződünk, hogy nincs más optikailag aktív anyag, ill. ha lenne (pl. fehérje), ismerjük a mennyiségét és specifikus aktivitását.

A biometernek interpretálnia kell a statisztikai analízis eredményét. Ha nem is lenne más oka, az a körülmény, hogy a biológiai tudományok művelői — finoman szólva — nem igen értenek a statisztikai módszerekhez, már egymaga is feltétlenül szükségessé teszi, hogy a biometer ismerje az adott probléma szakmai oldalát.

Bradford Hill kifejtette, hogy orvosi statisztikához olyan statisztikusra van szükség, aki vagy maga is orvos, vagy alaposan „át van itatva” a medicinától. Az adott probléma szakmai hátterének alapos ismeretét hangsúlyozza A. N. Kolmogorov is. J. O. Irwin a biometrián a következő három fogalom összekapcsolását érti: élet, mérés, interpretáció. Márpedig biológiai jelenséget csak matematikai alapon nem lehet interpretálni. Termé-

szetesen nem követelhetjük meg a biometertől, hogy biológiai polihisztor legyen, ez teljesen lehetetlen. De meg kell annyit kívánnunk, hogy ismerje és jól alkalmazza az adott szakma gondolkodásmódját, ismerje annyira a szaktudomány anyagát, hogy az adott problémát elfogadhatóan rövid magyarázat után teljesen megértse. A teljes megértéshez hozzá tartozik azonban a kísérleti módszerek megértése is és főleg az adott kísérleti hiba veszélyei. Pl. biokémiai munkában a fehérjék esetleges zavaró hatása.

G. Pickeringnek van egy sokat emlegetett mondása, hogy aki olyan adatokra alapoz, amelyeknek természetével nincs tisztában, megtette az első lépést ahhoz, hogy elveszítse az intellektuális becsületét. Ugyanígy veszélyezteti „az intellektuális becsületnek elvesztése” a statisztikust is, amikor statisztikai módszereit „ráhúzza” olyan adatokra, melyeknek természetét nem ismeri eléggé, és ha nem törődik azzal, hogy analizisének eredményét miképpen interpretálja majd a kutató és milyen következményei lesznek, ill. lehetnek az interpretációnak, ill. helytelen interpretációnak.

A biometria a biológiai jelenségek vizsgálatának olyan módszere, mely fokozottan alkalmazza a matematika módszereit is a biológiai kísérletek tervezésekor és az eredmények értékelésekor, interpretációjához.

II.

A biometriát először csak az értékeléskor alkalmazták, a „tervezés tudománya” jóval fiatalabb.

Fontos az általános „gazdaságosság” kérdése, és ez minden vizsgálatra vonatkozik, legyen az kutatómunka vagy rutin munka, avagy orvosi, vagy növénytermesztői stb. Az ökonómiai efficienciát nem jelent gazdasági szempontot, bár jelenthet azt is.

De jelentheti a vizsgálatához szükséges időt, vagy a kísérleti állatok számát, vagy a szükséges földterület nagyságát stb. Humán vizsgálatoknál mindennekelőtt a veszélyeztetést jelenti. A veszélyeztetést itt a szó legáltalánosabb értelmében használom: nemcsak a kifejezett ártalomra kell gondolnunk (direkt forma), hanem arra is, hogy a beteg nem kapja meg a lehető legjobb kezelést (indirekt forma). A tudományos munkánál, főképpen ha alapkutatásról van szó, nem lehet előre lemérni az „értékét”. Még akkor sem lehet, amikor kezünkben az eredmény és főként nem lehet lemérni az eredményt „anyagiakban”.

Az efficiencia szempontjából gondolnunk kell arra, hogy néha kevésbé finom eljárás bizonyos esetekben annyival kevesebb befektetést jelenthet, hogy még mindig kifizetődőbb több vizsgálatot végezni és így elérni a kívánt efficienciát, mint kevesebb, de egyenként nagyobb szaktudást igénylő, fáradtságosabb, költségesebb stb. meghatározásokat végezni.

Az adatokból akkor tudunk legtöbb információt nyerni, ha már a tervezéskor gondolunk az analízis módjára. A tervezéskor arra törekszünk, hogy a zavaró faktorok hatását minél kisebbé tegyük. Mivel a rendszer sztochasztikus, minél több faktort „tartunk kézben”, vagy legalább is ismerjük hatását, annál biztosabb lesz az eredmény. Így pl. ha egy apaállat utódait különböző körülmények között tartjuk, akkor az utódok hozamában nagyobb lesz a változatosság, mintha közel egyforma körülmények között tartanánk őket. *Márpedig minél kisebb a szóródás, annál kevesebb megfi-*

gyelés kell a konkluzív eredmény eléréséhez. Az értékeléskor pedig már nem sokat tehetünk a szóródás csökkentésére, de annál többet a tervezéskor. A kísérlet elején úgy kell rendezzük a kísérletet, hogy pl. a környezeti hatások minél kevésbé zavarják az eredményt.

Természetesen nem mindig valósítható meg, hogy egyforma körülmények között tartsuk az egyedeket. Ilyenkor arra kell törekednünk, hogy a változó körülmények minél kevésbé zavarják az analízist. Ezt azzal érhetjük el, hogy pl. mindegyik csoportot egyformán éri a különböző környezeti hatások.

A kísérletek megtervezésekor tehát a „ceteris paribus” megvalósítására törekszünk: minden egyéb szempontból legyenek egyformák a megfigyelésre kerülő csoportok, csak éppen a vizsgálni kívánt tulajdonság szempontjából különbözzenek. Természetesen nem lehet elérni, hogy minden egyéb szempontból tökéletesen egyforma legyen minden egyén, csak arra törekszünk, hogy a fontosabb tulajdonságok szempontjából legyenek közel egyformák, és hogy a csoportok átlagai ne különbözzenek egymástól. Ezt az egyenlőséget a fontos faktorok szempontjából közvetlenül irányítjuk, pl. állatkísérletben előre megszabjuk, hogy mind a két csoportba 10 nőstény és 5 hím állat kerül.

A vizsgált tulajdonság szempontjából ugyan legtöbbször a van-nincs alapján különbözik a két csoport (kapja a kezelést, vagy sem), azonban igen gyakran fokozatokkal is dolgozunk, így pl. növénytermesztésben a műtrágya különböző mennyisége szerepel az egyes csoportokban.

A „ceteris paribus”-ra törekvés a homogenizáció egyik eszköze. Van azonban olyan esetek, amikor nem szabad erőltetnünk a homogenizációt. Minél homogénebb ugyanis a vizsgálati anyag, annál könnyebben nyerünk a kísérletből konkluzív eredményt, de annál kisebb csoportra érvényes a megfigyelésből nyert törvényszerűség. Sokszor az a helyes, ha nem törekszünk a további homogenitásra. Úgy kell megterveznünk a további kísérletet, hogy lehetőleg minél szélesebb skálát öleljen fel (nem, kor, tartási viszonyok stb.). De ilyenkor is nagyon kell ügyelnünk, hogy az összehasonlításhoz szükséges kiegyensúlyozást biztosítsuk (pl. egyforma sok legyen az egyes alcsoportokon belül kanból és nőtényből, idősebből, fiatalabból stb.)

Feltétlenül szükséges, hogy a biometer ismerje és megértse a kísérlet célkitűzését, ismerje az adott lehetőségeket. De fontos az is, hogy a kutató is ismerje, hogy a biometer javasolta eljárás mennyiben elégíti ki igényeit.

III.

Értékeléskor statisztikailag leggyakrabban a szignifikancia szempontjából döntünk. Szakmailag nem a szignifikancia a „fontos”, hanem hogy szakmailag jelentős-e az eltérés. Szignifikánsnak nevezzük az eltérést, ha a véletlen valószínű szerepét kellően kicsinynek tekinthetjük. Az ilyen fogalmazás azonban félreértést okoz. Ugyanis nem azt mérjük, számítjuk, becsüljük, hogy az eltérések milyen hányadát okozta véletlen, és milyen a szisztémás ok, csakis azt tudjuk vizsgálni, hogy ha nincs szisztémás ok, akkor milyen gyakran okoz csak a véletlen az észlelettel egyező vagy még nagyobb eltérést, vagyis csak a véletlen okozta eredmények előfordulá-

sának valószínűségét nézzük. Ha kicsinynek találjuk annak valószínűségét, hogy a véletlen ekkora vagy nagyobb eltérést okozzon, akkor feltesszük, hogy most nem a véletlen okozta, ha pedig nem a véletlen, akkor szisztémás ok. A szisztémás okok közül pedig elsősorban arra gondolunk, amelyet a kísérlet vizsgálni kívánt. Tehát pl. arra, hogy a vizsgált változat valóban több termést ad, nempedig, hogy — kísérlettervezési hiba miatt — jobb talajba kerültek ezek a magvak, és a talajkülönbség az a szisztémás ok, amely a szignifikáns eltérést okozta. Sajnos nem egyszer előfordult azonban, hogy az észlelt eltérés ilyen, szaknyelven „rejtett szisztémás ok” eredménye.

A tudományos vizsgálatok során általában „5%-os szinten minősítünk.” Azaz minden huszadik hatástalan beavatkozásra — tévesen — azt mondjuk, hogy hatásos. Az így elkövetett hibát nevezzük „első fajta hibának”. Ha lejjebb szállunk a „szinttel” pl. 1%-ra, akkor ritkábban követjük el ezt a hibát (1:100), de megnő annak a veszélye, hogy valóban hatásos eljárásokra is — tévesen — azt mondjuk, hogy hatástalan („második fajta hiba”). Ennek alapján, ha az első fajta hiba ellen kell fokozottan védekeznünk, akkor lejjebb szállunk a szinttel (pl. akut életmentő gyógyszer), ha a második ellen, akkor felemeljük (pl. toxicitás vizsgálat). Tehát a biometernak és kutatónak együtt kell eldönteniök, hogy adott esetben el kell-e térni a szokásos 5%-os szinttől, avagy sem.

Ahhoz, hogy két csoport átlagának különbsége szignifikáns legyen, az kell, hogy a differencia és a megfigyelések száma relatíve nagy legyen, a szórás pedig relatíve kicsiny. Tehát bármely kicsiny eltérés szignifikánssá lehet, ha nagyon sok megfigyelést végzünk. A szignifikancia-vizsgálat nem ad információt az eltérés nagyságáról. Márpedig szakmai szempontból mindig megkívánunk egy minimális eltérést, hogy azt szakmailag jelentősnek minősítsük. Hogy mit tekintünk jelentősnek, az szakmai (biológiai, orvosi, stb.) kérdés, és nem statisztikai. Így pl. az az altatószer, mely az alvási időt átlag 1/4 órával meghosszabbítja, a gyakorlat szempontjából nem jelentős hatású, bármennyire is szignifikáns ez az 1/4 óras különbség. Sajnos igen sokan összetévesztik a *szignifikáns* és *jelentős* fogalmát.

Fordított tévedés is gyakran előfordul: „Nem szignifikáns az eltérés, tehát nincs hatás.” Pedig lehet, hogy csak azért nem sikerült szignifikáns eltérést demonstrálni, mert 1. vagy nem volt elég nagy az adag, 2. vagy nem volt elegendő a megfigyelések száma, 3. vagy túl nagy volt a szórás (nem volt pl. eléggé homogén vagy kiegyensúlyozott a vizsgálati anyag), 4. vagy a II. fajta hibát követtük el. Tehát nem-szignifikáns eredmény egymaga nem jelenti, hogy nincs eltérés, éppen úgy, ahogy a szignifikáns eredmény egymaga nem jelentette azt, hogy szakmailag jelentős az eltérés.

Az értékeléskor azonban azt is figyelembe kell venni, hogy az ítélet csak valószínűségi ítélet, és soha sem „biztos”, még akkor sem, ha minden zavaró hatást (pl. rejtett szisztémás hatások) sikerült is kiküszöbölnünk.

Az értékeléskor a biometer modellekkel dolgozik, és a modellen végzett számítások eredményeit vonatkoztatja az adott kísérletre. Ha nem jól választotta meg a modellt, akkor rossz eredményt kap. A modell megválasztásakor azonban nemcsak azt kell tudni, hogy milyen feltételekhez van kötve a modell használata, és azok megvalósulnak-e a konkrét kísérletben. Pedig már ehhez is szoros együttműködés és egymás szakmájának ismerete szükséges. A legnagyobb nehézséget azonban az jelenti, hogy a valóság és

a modell sohasem teljesen egyforma. Így pl. az eloszlás sohasem követi teljesen a normális (Gauss) eloszlást, márpedig a statisztikai elemző eljárások nagy része éppen erre az eloszlásra van kidolgozva. Milyen mértékben torzítja el a „kapott” eredményt, hogy a modell nem teljesen egyező a valósággal? Erre a kérdésre sohasem tudunk pontos feleletet adni, mert nem tudjuk pontosan, hogy mennyi az eltérés. De több-kevesebb biztonsággal itt is állást foglalhatunk, ha kellően ismerjük a modellt, ha kellően ismerjük a kísérleti adatokat, és ha kellő gyakorlatunk van hasonló esetek elbírálásában. Ehhez azonban megint az kell, hogy a biometer kellően ismerje a vizsgálati anyagot (tehát kellően érthesse), és kellően nagy gyakorlata is legyen a hasonló szakmai problémákkal kapcsolatban.

IV.

A statisztikai adatokat mindig többé-kevésbé nagyszámú megfigyelés révén nyerjük. Ezek az egyéni adatok áttekinthetetlen tömeget jelentenek, és ezért ki kell keresnünk egy-két jellemző adatot, amellyel az „egészet” jól leírhatjuk. A legfontosabb ilyen adat, amelyik a közepet jellemzi, a másik pedig az, amely a tömörülést, illetve szétszórtságot.

A közép leggyakrabban használt és a legtöbb esetben valóban a legadekvátabb jellemzője a számtani átlag. De az átlagnak is megvannak a hibái. Elsősorban az, hogy mivel igen jól kiemeli azt, ami közös, emiatt elfedi azt, ami különböző a vizsgált csoporton belül. Erre a körülményre Lenin óta (Zemsztvo statisztikák) igen sokan felhívták a figyelmet. A biometriában ezenkívül van még egy másik fontos szempont is. Ugyanis amikor egy biometriai adatot megállapítunk, két okból nem kapunk azonos értéket a különböző egyedeken. Egyrészt, mert valóban különbözőek az értékek, másrészt mert eredményeinket mérési hibák is torzítják. A biológiai tudományokban pedig mindkettő igen nagy szokott lenni. Így pl. a vércukorszint éhgyomornál egészséges embereken is igen széles határok között változhat, és meghatározása is nagy hibaszázalékkal terhelt. Ezen felül a vércukorszint nemcsak az egyének között különböző, hanem ugyanazon egyénen belül is napról napra változhat. Ha pl. a fizikus egy gáz nyomását megméri és a pontosság fokozására parallel méréseket is végez, akkor joggal mondja, hogy a parallelek átlaga valóban a gáz aktuális nyomását jelenti, tekintetbe véve a szükséges korrekciós faktorokat (pl. hőmérséklet). Tehát az átlag egy valódi, konkrétan létező ténytet regisztrált. De mit jelent az, hogy a férfiak átlag testmagassága 170 cm? Nincs olyan ember, aki pont 170 cm magas lenne, és mindig annyi lenne. És ha egy tulajdonság szempontjából meg is közelíti az átlagot, akkor is sok más tulajdonság szempontjából nem. Nincs az a minden szempontból „átlagos” ember, aki Quietlet elképzeléseiben szerepelt. Tehát az átlag a biometriában csak absztraktum, nem konkrétum, és más a jelentése, mint pl. a klasszikus fizikában. Éppen ez is egyik oka annak, hogy a biometriában súlyos hiba csak az átlagokkal törődni. A biometriában arra is fel kell figyelni, hogy melyek azok az alcsoportok, melyek másként viselkednek, mint a többiek. Így pl. melyek az egyes antibiotikumokkal szemben rezisztens törzsek, a terápiás eljárásokkal szemben rezisztens kórformák, stb.

Mindenki tudja, hogy minél több megfigyelést végzünk, annál megbízhatóbb a nyert átlag. De a statisztika azt is megmondja, hogy ez a meg-

bizhatóság a megfigyelési esetek négyzetgyökével arányosan nő. Ezen túlmenően arra is lehetőséget ad, hogy alcsoportok képzésével mind kvalitatíve, mind kvantitatíve megbízhatóbbá tehesük a kapott átlagot.

A kísérlet szakmai és matematikai modelljének, lefolyásának logikai tanulmányozása és egyeztetése nélkülözhetetlen. Egész pontosan meg kell szabni a kísérlet célját, körülményeit, végrehajtásának módját, a regisztráció módjait, az értékelés formáját. Ezt pl. a gyógyszerkipróbálások kapcsán tapasztalhatjuk a legfrappánsabban, ahol a biometriai módszerek bevezetése óta törekcszenek csak a „kínos” pontosságra. A biometer munkája során vetődnek fel legtöbbször azok a kérdések, hogy mit mérjünk és milyen mértékkel.

V.

A biometria tehát nemcsak, hogy a biológiai tudományok terén felmerülő problémák pontosabb tisztázását segíti elő, nemcsak ahhoz járul hozzá, hogy problémáinkat, tételeinket szabatosan fogalmazzuk meg; módszerei pedig mind biológiaiak, mind matematikaiak, mind logikaiak.

Célkitűzései és módszerei közül mindig a legfontosabbat kell hangsúlyozni. A fontosságot pedig nemcsak az „abszolút” értelemben vett fontosság dönti el, hanem az is, hogy az adott időben és az adott helyen mennyi figyelmet szentelnek az egyes szempontoknak. Ez a magyarázata annak, hogy ebben a fejtegetésben a matematikáról csak röviden szóltam, és matematikai példát nem is említettem. De ez így van most világszerte; az ezzel a témával foglalkozó előadások, közlemények zöme is így tesz, és csak részletes tárgyaláskor, könyvekben van bővebben szó a matematikai szempontokról. Ennek oka, hogy a matematika szükségességét a biometriában mindenki elismeri. Viszont a biológiai szempontok fontosságát a matematikai beállítottságúak egy része lebecsüli, de ugyanígy tesz az is, aki nem ért a matematikához, és azt hiszi, hogy „matematikailag így jött ki”, tehát „igaz”. Logikai részének szerepéről pedig igen kevés szó esik, legtöbbször nem is gondolnak rá. Éppen ezért kellett a biometriai munkának ezeket az oldalait részletesebben megvilágítanom.

A biometria világszerte, nálunk is egyre gyorsabban fejlődik, egyre szélesebb körben és egyre megfelelőbb módon alkalmazzák. Az érdeklődés fokozódása mind a biológiai tudományok művelői, mind a matematikusok között észlelhető. Nálunk jóval később kezdődött a biometria művelése, mint pl. Angliában, és még nem is hoztuk be hátrányunkat. Túlzás nélkül állíthatjuk azonban, hogy pl. kontinentális viszonylatban már az elsők között vagyunk. További fejlődésünk érdekében sok tudományos, szervezési és rutin munka elvégzése vár még ránk. De hogy milyen lehetőségeink vannak, azt jól megmutatta az 1959-ben Budapesten rendezett biometriai szimpozium iránt megnyilvánult nagy érdeklődés és a gyűlés lefolyása is.

Ha tudományos távlati tervünket tanulmányozzuk; ott is lépten-nyomon találunk olyan problémákat, melyek megoldásához a biometria nélkülözhetetlen. Így gyógyszerek kutatása, mezőgazdasági hozam növelése, öröklődés kérdései, népbetegségek leküzdése stb. Úgy véljük, hogy a munkát nagyban elősegítené, ha mi is megalakítanánk biometriai társaságunkat úgy, ahogy az már világszerte igen sok országban régebben vagy mostanában meg is alakult. A társaság megalakulása bizonyára nagyon gyors

bizhatóság a megfigyelési esetek négyzetgyökével arányosan nő. Ezen túlmenően arra is lehetőséget ad, hogy al csoportok képzésével mind kvalitatíve, mind kvantitatíve megbízhatóbbá tehesük a kapott átlagot.

A kísérlet szakmai és matematikai modelljének, lefolyásának logikai tanulmányozása és egyeztetése nélkülözhetetlen. Egész pontosan meg kell szabni a kísérlet célját, körülményeit, végrehajtásának módját, a regisztráció módjait, az értékelés formáját. Ezt pl. a gyógyszerkipróbálások kapcsán tapasztalhatjuk a legfrappánsabban, ahol a biometriai módszerek bevezetése óta törekszenek csak a „kínos” pontosságra. A biometer munkája során vetődnek fel legtöbbször azok a kérdések, hogy mit mérjünk és milyen mértékkel.

V.

A biometria tehát nemcsak, hogy a biológiai tudományok terén felmerülő problémák pontosabb tisztázását segíti elő, nemcsak ahhoz járul hozzá, hogy problémáinkat, tételeinket szabatosan fogalmazzuk meg; módszerei pedig mind biológiaiak, mind matematikaiak, mind logikaiak.

Célkitűzései és módszerei közül mindig a legfontosabbat kell hangsúlyozni. A fontosságot pedig nemcsak az „abszolút” értelemben vett fontosság dönti el, hanem az is, hogy az adott időben és az adott helyen mennyi figyelmet szentelnek az egyes szempontoknak. Ez a magyarázata annak, hogy ebben a fejtegetésben a matematikáról csak röviden szóltam, és matematikai példát nem is említettem. De ez így van most világszerte; az ezzel a témával foglalkozó előadások, közlemények zöme is így tesz, és csak részletes tárgyaláskor, könyvekben van bővebben szó a matematikai szempontokról. Ennek oka, hogy a matematika szükségességét a biometriában mindenki elismeri. Viszont a biológiai szempontok fontosságát a matematikai beállítottságúak egy része lebecsüli, de ugyanígy tesz az is, aki nem ért a matematikához, és azt hiszi, hogy „matematikailag így jött ki”, tehát „igaz”. Logikai részének szerepéről pedig igen kevés szó esik, legtöbbször nem is gondolnak rá. Éppen ezért kellett a biometriai munkának ezeket az oldalait részletesebben megvilágítanom.

A biometria világszerte, nálunk is egyre gyorsabban fejlődik, egyre szélesebb körben és egyre megfelelőbb módon alkalmazzák. Az érdeklődés fokozódása mind a biológiai tudományok művelői, mind a matematikusok között észlelhető. Nálunk jóval később kezdődött a biometria művelése, mint pl. Angliában, és még nem is hoztuk be hátrányunkat. Túlzás nélkül állíthatjuk azonban, hogy pl. kontinentális viszonylatban már az elsők között vagyunk. További fejlődésünk érdekében sok tudományos, szervezési és rutin munka elvégzése vár még ránk. De hogy milyen lehetőségeink vannak, azt jól megmutatta az 1959-ben Budapesten rendezett biometriai szimpozion iránt megnyilvánult nagy érdeklődés és a gyűlés lefolyása is.

Ha tudományos távlati tervünket tanulmányozzuk; ott is lépten-nyomon találunk olyan problémákat, melyek megoldásához a biometria nélkülözhetetlen. Így gyógyszerek kutatása, mezőgazdasági hozam növelése, öröklődés kérdései, népbetegségek leküzdése stb. Úgy véljük, hogy a munkát nagyban elősegítené, ha mi is megalakítanánk biometriai társaságunkat úgy, ahogy az már világszerte igen sok országban régebben vagy mostanában meg is alakult. A társaság megalakulása bizonyára nagyon gyors-

sítani fogja, hogy a gyakorlat emberei és a teoretikusok, a biológiai tudományok művelői és a matematikusok jobban megismerjék egymás problémáit, módszereit, kívánalmait, és tovább erősödjék a fejlődéshez feltétlenül szükséges együttműködés.

Az előadást élénk vita követte, melynek lerövidített jegyzőkönyvét itt ismertetjük.

Straub F. Brunó elnök: Ahhoz a kérdéshez szólok, hogy a biometriának van-e saját problémája.

Véleményem szerint minden tudománynak van és a biometria csak akkor igényelheti a „tudomány” jelzót, ha van saját problémája. A Kísérleti Állattenyésztő Telep építése folyamatban van. Most volt február elején második konferenciájuk és ezzel kapcsolatosan felmerült egy érdekes dolog, hogy éppen a bőrátültetésekkel kapcsolatban milyen nagy előnye van a tiszta tenyészeteknek és hangsúlyozták azt, hogy az állattenyésztéssel és a növénytenyésztéssel szemben ennek a kísérleti állattenyésztőnek az a főfeladata, hogy tiszta tenyészeteket produkáljon.

Néhány évvel ezelőtt zajlott le a vita, hogy az F_1 hibrid sokkal eredményesebb, mint a tiszta tenyészet. Azt hiszem ebből is látható, hogy ennek a tudományágnak igenis vannak saját problémái.

Ernst Jenő: Az első szó az kell legyen, hogyha későn is, de meg kellett egyszer már kezdeni ezt a témát.

Egyetértek azzal, hogy a különböző centrumokban szakértőket kellene kinevelni. Mi szeretnénk úgy látni a dolgot, hogy a matematikusokkal való együttműködésünk zavartalan legyen. Intézetünkben az egyik matematikus-fizikus kollégával már meg is kezdtük az ilyenirányú munkát, remélem minden segítséget meg fog kapni a szakbiometerektől, hogy megfelelően kiképezhesse magát. Egyetértek a szakmán belül a specializálódással, hiszen ki van zárva, hogy egy biometer az egész kérdést felölelhesse tudásban, vagy a gyakorlatban.

Az egész problémakörnek csak egy részét kívánom érinteni és ez a biológiai experimentum kivitelezésének és kiértékelésének a problémája. Ebben benne van az instrumentáció tudományszaka is. Abból a szempontból, amit efficienciának nevezett az előadó, hogy ti. milyen a biológiai experimentum hatásossága, kiemelném, hogy ez elsősorban nem attól függ, hogy milyen drága és milyen komplikált módszereket használ valaki, hanem attól, hogy adekvát módszert. Itt szeretnék bekapcsolódní abba a pontba, amely a cikkben benne van, de jelenleg az előadásban nem hallottunk róla, és ez az, hogy véleményem szerint minden biológiai munkának a fontos feladata kellene legyen a kvantitatív kiértékelést megelőzően a kvalitatív megfontolás,

Ebben a tekintetben látok igen nagy hiányosságot és azt hiszem, hogy lényeges lenne erről a kérdésről beszélni. Említette az előadó pl. az információ-elmélettel kapcsolatos kvantitatív kiértékelést. Az irodalomban folyik a vita a petesejttel kapcsolatban, vajon 10^4 és 10^{10} bit. az információ-tartalom; Pickering kijelentése aktuálissá válhat, különösen akkor, mikor kvantitatíve formulázunk olyan kérdést, amelynek lényegét még nem ismerjük. De nemcsak arról van szó, hogy az illető intellektuális megbízhatóságát vesztí el ílymódon, hanem a saját és munkatársainak az idejét és

azt a rengeteg fáradságot és költséget is elvesztheti, amit olyan kérdésre fordított, amelynek kvalitatív értelmezése sem tekinthető lezártnak.

Helyeselném, ha konkrét példákon megbeszelnénk többek között azt is, hogy mi az, amit abszolúte nem szabad csinálni. Ismeretes pl. hogy a biológia területén a mechanikus hatásfokról különböző adatok szerepeltek, és pedig attól függően, hogy oxidációban, vagy anélkül történik-e a folyamat, 18—20%, illetőleg 40—45%-nak írták meg. De magának a mechanizmus hatásfoknak a használata ezekben a cikkekben nem fedi a fizikai fogalmat, a mechanikus hatásfokot. Tehát a kvantitatív kiértékelés, a kvantitatív adatok közzlése, a kvalitatív fogalmazás helytelensége miatt nemcsak hogy nem hasznos, hanem kifejezetten árt. Azt a látszatot kelti, hogy már ismerjük a kérdést annyira, hogy kvantitatív pontossággal meg tudjuk határozni, de kiderül, hogy a kvantitatív adatok elfedték azt aényt, hogy kvalitatíve sem értették a kérdést.

A specializálódás folytán — legalábbis a biológiában — a szigorúan vett experimentális alap kutatásnak, a bioexperimentum elvi kérdéseinek kidolgozása véleményem szerint még hátra van. Feladataink egyik része lenne ennek feldolgozása, a másik része a megfelelő modellkészítés és a megfelelő istrumentáció kérdése, hogy ti. az istrumentációs felszerelés a feladott problémához kvalitatíve adekvát legyen.

Tarján Imre: Az előadást megelőzően felmerült az az általánosabb jellegű kérdés, hogy milyen a biológia és a matematika egymáshoz való viszonya. Ez a meglehetősen általánosabb jellegű kérdés mai megbeszélésünkkel szoros összefüggésben van. Véleményem szerint a biometria semmi esetre sem fejezheti ki a biológia és a matematika viszonyát, ezek együttműködésében csak részterületnek tekinthető.

A hangsúly tehát a kísérletek tervezésén, kiértékelésén, interpretációján van. Márpedig a biológiai kísérletben sok egyéb matematikai jellegű probléma is felmerül, sőt vége hossza sincs ezek felsorolásának. Gondolhatunk most itt azokra a problémákra, amelyek az ionizáló sugárzások és a szövetek és az anyag kölcsönhatásában felmerülnek, vagy akár a molekuláris biológiának arra a részére, amely kvantummechanikai módszereket vesz igénybe. Tehát a matematika legkülönbözőbb területei kezdenek egyre inkább érdekesek lenni a biológiai kutatás szempontjából, és feltételezhető, hogy a jövőben ez a kölcsönhatás és kooperáció egyre szélesedni fog.

Nemrégiben beszéltünk külön kísérleti és külön elméleti fizikáról és meg is különböztettük a kísérleti és az elméleti fizikusokat. Ma más a helyzet. Beszélünk fizikai problémáról és ezt több oldalról lehet, sőt kell is vizsgálnunk. Nem tisztán kísérleti oldalról, hanem megfelelő matematikai apparátus igénybevételével elméleti oldalról is. A biológiában eddig elsősorban a kísérleti metodikák uralkodtak, de valószínűleg egyre nagyobb szerepet fognak kapni az elméleti jellegű és egyre nagyobb matematikai apparátussal dolgozó metodikák is. Hogy a fizikában mégis beszélünk — még ma is — kísérleti és elméleti fizikáról, ez csupán arra utal, hogy az alkalmazott módszerek közül mégis melyik a hangsúlyozottabb és melyik van inkább háttérben.

Előadása elején a jelenségeket két nagy csoportra osztotta az előadó. Az egyikhez tartoznak azok, amelyeknek lefolyását a feltételek egyértelműen megszabják. Példaként a szabadesést hozta fel. A másik csoportba

tartoznak azok a jelenségek, amelyeknek lefolyását a feltételek egyértelműen nem szabják meg.

Ez a fogalmazás így nem egészen helyes. Inkább arról beszélhetünk, hogy vannak olyan jelenségek, amelyekkel kapcsolatban ki tudunk emelni igazán döntően fontos feltételeket és ezek számbavételével tudjuk a jelenséget leírni, és a tapasztalatokat matematikai formába önteni. Más esetben viszont túl sok a lényegesnek tartható feltétel. Helyes lenne, ha a jövőben a biometria vonalán olyan tanfolyam indulna, amelyen az érdeklődők részt vehetnének és elsajátíthatnák a biometria elemeit, amelyek a kísérleti munkához feltétlenül szükségesek.

Vincze István: Az eddig vitatott kérdések közül alapvető, hogy a biometria csupán módszertan-e, vagy pedig annál több. Úgy gondolom, hogyha valaki ma biometriát könyvet ír, annak nagy része matematikai statisztika lesz. A biometriában alkalmazott sajátos módszer egy kis része a sztochasztikus folyamatok, populációk növekedésével, szaporulatával stb. kapcsolatos dolgok. De el tudom képzelni ezt a rövidebb fejezetet a differenciál egyenletnél is, ahol a biológia problémáit úgy tárgyalják, hogy tegyük fel, hogyha nagyon sok véletlen tényező nem hatna, akkor hogyan folya le az a bizonyos jelenség, ami tulajdonképpen egy jelenség lefolyásának a lényege.

Tulajdonképpen mi az, amit úgy kell tekintenünk, hogy a módszereken túl megy a biometriában?

Ez a tudományos modell, a biológiai jelenségek matematikai oldalának a megalkotása.

A modell-képzés nem kizárólag biológus feladat, és ha a biológus nem biométer, hanem matematikus és együtt dolgoznak, akkor a matematikai oldal, ill. modell megalkotása nem sikerülhet. Ez tipikusan a biometria feladata és olyan probléma, amit a metodológia fölé emeli a biometria tudományát, vagy tudományágát.

Kovács Arisztid: Nekem is az a véleményem, hogy nem is statisztikai a fő probléma. Azt sokkal könnyebben el tudják sajátítani az orvosok is. Én ott látom a problémát, hogy a matematikának és az egzaktabb tudományoknak a fizikán-kémián keresztül való alkalmazása az orvostudomány problémáinak megoldásában jelen pillanatban nélkülözhetetlenné vált. Itt nem lehet arról szó, hogy egy orvos, vagy bármilyen ágban dolgozó alkalmazott kutató, értsen a matematika, fizika, biofizika és biokémia problémáihoz, amikor egy-egy orvosi problémához nyúl.

Nem lenne helyes orvosokat úgy átképezni, hogy ugyanúgy értsenek a matematikához, mint a biofizikusok, és egészségesebb az, ha e helyett együttműködés alakul ki. A kérdés nagy jelentősége folytán sokkal több alkalmazott matematikusra, ill. biometerre lenne szükség, mert egész új problémakörök vetődtek fel a logikai elméletekkel kapcsolatban és egész sor problémakört lehetne említeni, ahol matematikusok alkalmazására feltétlenül szükség van.

Simon Sándor: Mint farmakológus azt kell mondjam, hogy szinte naponta kell biológiai méréseket végezni. Egyrészt rutinban, másrészt mint kutató is ilyen irányban elég sokat foglalkozom a dolgokkal és nemcsak a magam eredményeit látom, hanem a kollégáimét is, a szomszéd intézetekét is és azt kell mondanom, hogy messze vagyunk attól, hogy olyan szinten tudnánk dolgozni, mint pl. egy angol vagy egy amerikai értékmérő dolgo-

zik. Szerintem nem annyira az orvostanhallgatók részére kellene egy megfelelő tanfolyam, hanem azok részére, akik gyógyszerekkel foglalkoznak, egyrészt mint farmakológusok, másrészt mint vegyészek és gyógyszerészek az iparban, vagy egyéb intézetekben vannak alkalmazásban. Azt hiszem, hogy ilyen természetű tanfolyam nagyon fontos volna.

Kovács Ervin: A biológusok matematikai igényével kapcsolatban szeretnék néhány problémát felvetni. Ugyanis azt hiszem, hogy a biológusok legnagyobb részében az a felfogás uralkodik, hogy azt mondják: ha én különbséget látok két jelenség vagy két kísérletsorozat között, akkor azt elfogadom, ha pedig nem látok, akkor hiába mutatják azt ki statisztikailag, hiába megbízható ilyen szempontból, ha nem látszik jól, akkor sem fogadom el.

Ez a felfogás elég általános. Valamikor ezt vallottam én is és a sors úgy hozta, hogy vizsgálataink során igen sok statisztikai értékelést kellett végeznem és korrelációkat számolnom és a végén rájöttem arra, hogy tulajdonképpen nem is az a lényeg az egészben, hogy kimutassam azt a különbséget, hanem az, hogy kvantitatív értékeit ismerjem és ha két jelenséget összehasonlítok, akkor azt mennyiségileg tudjam megtenni.

Valóban meg kellene szervezni ezt a többek által szóbahozott tanfolyamot, valahogy úgy, hogy a biometriának és a matematikának a biológiában való alkalmazási területeiről röviden előadások keretében hallanának a résztvevők, és az ott felmerülő problémákat rögtön a helyszínen meg lehetne beszélni.

A matematika szükségessége végeredményben nem merül ki az egyes adatok kvantitatív értékelésében és a megbízhatósági próbák elvégzésében, ám a biológia legnagyobb részét a gyakorlati kutatóknál nagyon fontos lenne ez.

Juvancz kollégával teljes mértékben egyetérték abban, hogy a számítások elvégzését az egyes kísérleti intézetekben és részlegekben meg lehetne oldani. Felmerülnek azonban olyan problémák, amikor nem elég csak a statisztikai kiértékelést megvalósítani; gondolok itt pl. a genetikai vizsgálatok nagy részére, ahol bizonyos öröklésmenettel kapcsolatban bizonyos genetikai modellt kell megszerkeszteni, vagy a populációs genetikai vonatkozásban a gén frekvencia eltolódási kísérletekre. Ahhoz, hogy ezt a problémakört és ezt az egész jelenséget átlássa valaki, annak a szakmában, nem a matematikában, hanem a biológiai szakmában nagyon benne kell lennie.

A biológiában igen nagy jelentősége van az információs-elmélet alkalmazásának és ha az ember információs elméletről hall, akkor modern genetikai problémákra gondol. Az információs elmélet genetikai alkalmazásánál mindig a kódolási problémával kapcsolatos dolgok merülnek fel, míg matematikai szempontból ez statisztikus fogalom és a bizonytalanságok számszerű kifejezésével foglalkozik. Tehát, hogy egyes tudományágakat jobban művelhessünk, szükség lenne ilyen tanfolyam megrendezésére.

Barsy Gyula: Itt felmerültek kérdések a biometria fogalmát, annak önálló tudományjellegét illetően; Juvancz dr. szerint a biometria a matematikai eljárások fokozott alkalmazása a biológiai kutatásban. A biometria egyike ama metriáknak, amelyek tulajdonképpen a múlt században születtek meg. Az első ilyen metria a szociometria volt, a szociális fizika. Akkor, amikor társadalmi jelenségekre nézve tudott vagy vélt törvényszerűségeket megállapítani.

Gyakorlatilag egyszerűen arról volt szó, hogy a tudományos megismerés, új eljárások után kutatva mérhetővé tudott tenni olyan jelenségeket, amelyek korábban nem voltak mérhetőek. E tudományok közül a biometria egyike volt a legtermékenyebbeknek. Szorosabb kölcsönhatásban állt magának az általános statisztikának az elméletével is: felvetett újabb és újabb kérdéseket, amelyekre az általános statisztikai elmélet igyekezett választ adni. A döntő lépés mindenesetre a kisminták felfedezése volt, amelyek segítségével ezek a mérési módszerek be tudtak vonulni a laboratórium mindennapi gyakorlatába és alkalmazhatókká váltak.

A biometriai eljárásokban iskolázatlan kutatóknak a biometriával való találkozása rendszerint az, hogy rosszul organizált kísérletek semmitmondó adataival keresik fel végső kétségbeesésükben a biometert, hogy próbáljon tudományos értelmet lehelni abba, ami alapvetően értelmetlen. A biometria nem erre vonatkozik, hanem arra való, hogy éppen ellenkezőleg, jól elrendezett és logikusan véghezvitt kísérleti eljárásokra nézve is megmondja azt, hogy az, ami ott látszik, az valóságosan is felvethető-e, vagy pedig csak látszat.

Juvancz doktor dolgozatának egy másik állítása a szignifikanciának a kérdését és jelenségét vetette fel és ezzel a szakmai elbírálást állítja szembe. Az igazság az, hogy a szakmai elbírálás nyilvánvalóan egy későbbi lépés. A szignifikancia egész egyszerűen csak annyit jelent, hogy valami értékelhető-e. Ha tehát valamilyen különbségről megállapíthatjuk azt, hogy az az eltérés bizonyos valószínűségi szinten szignifikáns, akkor csak annyit mondunk, hogy valószínűleg van eltérés. A biológusnak és a biometriának a kapcsolata az egész kísérleti munka során rendkívül szoros.

A biometriai módszerekkel a biológiai kutatóknak igen alapvetően meg kellene ismerkedniök. A legutóbbi idők tudományos fejlődése éppen azt eredményezte, hogy a tudományok rendkívül nagymértékben specializálódnak, és az egyes specializált területeken a kutatás rendkívül eltérő. Egy-egy tudományos kérdést viszont nem egy, hanem több szempont szerint kell megközelíteni és ez az oka annak, hogy bizonyos eredményes kutatások ma már általában nem egy személyhez fűződnek. Kétségtelen, hogy a biológiának, vagy a biológiai kutatóknak bizonyos biometriai alapteremtéssel kell rendelkezni.

Ilyen szempontból döntő hiány egy jó magyar kézikönyv, amelynek megírása most már égetően szükséges volna. A külföldi piacokon tömegével találunk jól megírt, közérthető és színvonalas munkákat is. Ha a biometriai kutatásokat a jövőben tovább akarjuk fejleszteni, akkor nem tanfolyamokat kell rendezni, mert ezekkel az embernek általában nagyon rossz tapasztalatai vannak. Ha azonban egy jó kézikönyv rendelkezésre áll, akkor mindjárt más a helyzet, és egy ilyen megszerkesztése volna az első lépés arra, hogy a biometriai metodikát a biológiai kutatásokban nagyobb hatásokkal tudjuk alkalmazni.

Farkas Elek: A mikrobiológia terén több mint tíz éven keresztül foglalkoztam az Acta Biologica szerkesztésével és ezzel kapcsolatban igen sok, nagyon különböző tárgyú cikk került a kezembe, s ezek közül sok metodológiailag igen kitűnően elvégzett munka volt, ellenben durva, alapvető statisztikai, illetve biometriai hibák voltak bennük. Ezek igen sokszor mikrobiológiai szempontból megfelelő helyről jöttek és én, aki nem értek a biológiához, ezeket a hibákat könnyen észrevettem. Mégis kiküldtem a cikket

a szaklektorhoz és csak a legkritikább esetben fordult az elő, hogy a szaklektor ezeket észrevette volna. Ezzel valahogy fel tudom becsülni azt, hogy a szaklektorok sokszor tudományos fokozattal rendelkező kutatók, nem is matematikai és matematikai metodológiai kérdésekhez nem értő emberekről van szó, hanem a mennyiségi gondolkodástól alapvetően távoleső emberekről. A mi korosztályunk neveléséből még majdnem hiányzott ez a szempont.

Juvancz doktor munkája igen sokat lendített ezen a kérdéson és ma már az elmúlt tíz évhez képest sokkal több olyan cikket kapunk, amelynek matematikai kiértékelése valóban egészen jó. Azonban azt gondolom, hogy addig, amíg az intézetek vezetői és azok, akiket komoly szaklektoroknak lehet felkérni, az alapvető kérdésekkel nincsenek tisztában, számos olyan hiba csúszik be, aminek azután a tudomány további fejlesztésében komoly hátráltató szerepe van. Ma már van valakihez fordulni, nevezetesen Juvancz doktorhoz, nemcsak egyszerű számtani adatokat kapunk, hanem azokat el is magyarázzák nekünk, megmutatják tévedéseinket. Azonban a kandidátusi képesítéshez kellene valami alapvető biometriai tudást is megkívánni, mert enélkül a tanítványokba nem vihetjük át ezt a követelményt.

Thoma Andor: Az a nehéz kérdés, hogy a biológus és a matematikus megértsék egymás nyelvét, egészen egyszerűen megoldható lenne. Oda kellene hatni, hogy a természettudományi karon a hallgatók a biológiai szak mellett matematikával is foglalkozzanak. Így lenne egy tartalékselege a biológiának. Szükség esetén a legjobbakból egészen kevés utánpótlással rendelkezésre állnának a kész biometrikusok.

Straub F. Brunó: Én is azt hiszem, hogy a tanfolyamnál hatékonyabb lenne az a biometriai tankönyv, amelyet követelünk és ezt azon a fokon kellene megvalósítani, amire az aspiránsoknak szükségük van, ez a legkívánatosabb. Azt javaslom, hogy a Biofizikai Társaság vitassa meg ezt és tegyen javaslatot.

A vita menetét illetően az volt az érzésem, hogy nagyon orvosi szempontból beszéltünk és az orvosi statisztika rányomta bélyegét mai megbeszélésünkre; kevés szó esett a mezőgazdaságról.

Hallottam a rádióban, hogy egy gépi számolási intézetet állítanak fel az FM-ben. Nyilvánvalóan ott az ökonómiai dolgok fognak előtérbe kerülni. De ez lehetőséget ad arra, hogy a Biofizikai Társaság biometerei programozásokat végezzenek, ami azután egy jövőben rendelkezésünkre álló gép esetére a kiképzést megvalósítja. Általánosságban szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy a biometriának a mezőgazdasággal való kapcsolatát feltétlenül meg kell valósítani.

Juvancz Ireneusz: A hozzászólók világosabban, érthetőbben és precízebben mondták el azt, amit én akartam, illetve próbáltam elmondani. Példa erre Tarján professzor és Kovách Arisztid fejtegetése. Röviden említettem, de a hozzászólók egész világosan kifejtették, hogy a biometria az egész kérdésnek csak egyik igen fontos oldalát képezi.

Most csak két kérdésre reflektálok, az egyik a tanfolyamok, a másik pedig a könyv kérdése. Kezdjük a könyvnél. Öt év óta vajúdik egy könyv. Mi, akik gondoltuk, hogy megírjuk, azt mondtuk, hogy ilyen igényű könyvet általában 600 oldalon tudunk elképzelni. Erre azt mondta az Orvosi Osztály, hogy csak 100 oldalt kaptak rá. 100 oldalon pedig erre nem állalkozunk. Így vajúdik ez öt év óta. A Biológiai Osztályhoz fogunk fordulni.