

Trágyázási és egyéb agrotechnikai kísérletek értékelése kumulatív terméselemzéssel

SVÁB JÁNOS

*Országos Mezőgazdasági Fajta- és Termeléstechnikai
Minősítő Intézet, Budapest*

Az agrotechnikai, elsősorban a trágyázási kísérletek értékelésekor a kezeléshatások törvényszerűségének megítélésében a legnagyobb nehézséget az a tapasztalati tény okozza, hogy különböző években és különböző helyeken eltérő, gyakran ellentmondó eredményeket kapunk. Ha a kísérletek külső körülményeinek (pl. csapadék, elővetemény, a talaj eredeti N—P—K-tartalma stb.) azonosságában vagy eltérésében sikerül az ellentmondásokra szakmailag elfogadhatónak látszó magyarázatot találni, a megismételt kísérlet vagy kísérletsorozat többnyire erre a magyarázatra is rácsafol.

A többtényezős kísérletekre kidolgozott legkorszerűbb elrendezési és értékelési módszerek alkalmazása sem oldja meg ezt a problémát. A kezelések hatását ugyanis többnyire a termést befolyásoló tényezők összhatását magában foglaló végeredményen, a termésen mérjük. Már pedig ennek kialakításában résztvevő számtalan tényezőt, azok összes lehetséges fokozatait, hatásuk időpontját és minden kombinációját a jelenleg rendelkezésre álló akár kísérleti akár matematikai módszerekkel egyidejűleg figyelembe venni teljesen lehetetlen. Ezért olyan módszert kell keresnünk, amellyel nem csak a termésen, hanem a növényállomány egész fejlődésmenetén mérhetjük, elemezhetjük, hogy a kezeléshatás mely fejlődési fázisban és milyen mértékben befolyásolta a termés kialakulását.

A terméselemzés

A probléma megoldásához közelebb jutunk, ha abból indulunk ki, hogy a kezelések hatása a termésben nem közvetlenül, hanem a növényállomány fejlődésén keresztül közvetve jelentkezik [1]. A kérdés ezzel leegyszerűsíthető olyan értelemben, hogy fejlődési fázisonként külön-külön vizsgáljuk a kezelés hatását és így meghatározhatjuk, hogy a kérdéses kezelés melyik fejlődési fázisban volt hatásos és melyikben hatástalan.

A kezeléshatások fejlődési fázisonkénti vizsgálatának ismert módszere a terméselemzés. Minden terméselem ugyanis egy-egy fejlődési fázist reprezentál [2, 3, 4, 19, 21, 22, 23, 27 stb.]. Így pl. a búzánál a kalász/m² a vetés és a kalászok számának kialakulása közötti fázist, a szem/kalász terméselem a kalászok számának kialakulásától a megtermékenyülés befejeztéig eltelt fejlődési fázist, végül az ezerszemsúly a szemfejlődési fázist reprezentálja.

Ha meg tudjuk állapítani, hogy a vizsgált kezelés hatására melyik terméselem milyen mértékben változott, és a kezeléshatások kísérletenkénti

változása melyik terméselemben jelentkezett, akkor támpontot kapunk arra, hogy melyik fejlődési fázis időszakában keressük a kezelés hatását és azokat a külső körülményeket, melyek a kezelés hatását módosítják. Ezzel vizsgálatunkat rövidebb időszakaszok külső körülményeinek elemzésére szűkíthetjük, sőt eleve kizárhatjuk olyan időszakok külső körülményeinek vizsgálatát, melyekről a terméselemzés alapján tudjuk, hogy nem befolyásolták a kezelés hatását.

Kérdéses még, hogy a terméselemben mutatkozó kezeléshatások és ezek változása hogyan függ össze ugyanazon kezeléseknél a termésben jelentkező hatásával. A terméselemzést tehát ki kell egészíteni a termés-elemek és a termés alakulásának összefüggésvizsgálatával.

Az említett megfontolások alapján végzett terméselemzéssel gyakran találkozhatunk a szakirodalomban. A kapott eredmények azonban általában nem teljesítették a terméselemzéshez fűzött reményeket, lényegében nem bővítették a műtrágyák stb. hatására vonatkozó ismereteinket.

Ennek okát nézetem szerint a terméselemzés szokásos módszerében kereshetjük. A probléma jobb megvilágítása céljából vizsgáljuk meg példaképpen búzán a terméselemzés szokásos módszerét.

Ismert sémája

$$\frac{\text{kalász}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{szem}}{\text{kalász}} \cdot \frac{\text{súly}}{\text{szem}} = \frac{\text{súly}}{\text{m}^2} \quad (= \text{szemtermés}) \quad (1)$$

A terméselemek eszerint a terméssel szorzatos összefüggésben vannak, mert ha a terméselemeket egymással összeszorozzuk, eredményül magát a termést kapjuk. Ebből elsősorban az következik, hogy bármelyik terméselemet is növeljük egy meghatározott aránnyal, pl. 20%-kal, a többi terméselemet pedig változatlanul hagyjuk, a képlet szerint ugyanannyi százalékkal kell növekednie a termésnek is.

Ismeretes azonban, hogy a termésben ez az egyszerűnek látszó összefüggés nem teljesül. Ennek oka pedig csak az lehet, hogy az egyik terméselem változása egy vagy több másik terméselemet befolyásol. Ebből elsősorban azt a következtetést kell levonni, hogy egy-egy kiragadott terméselem és a termés közötti összefüggés vizsgálata, anélkül, hogy a többi terméselem alakulására gyakorolt befolyását figyelembe vennénk, eleve hibás eljárás.

Az összes terméselem egyidejű változásának figyelembevételével az egymás közötti és a terméssel való összefüggésük meghatározása látszik tehát a megfelelőbb módszernek. Ha azonban ezen az alapon végezzük az összefüggésvizsgálatot, pl. többszörös regresszióanalízissel, akkor szükségszerűen minden esetben $R = +1$ -s többszörös korrelációs koefficiens és minden terméselemre $1,0$ -s regressziós koefficiens kapunk, feltéve, hogy a terméselemek logaritmizálásával figyelembe vettük a terméselemeknek az (1) képlet szerinti szorzatos összefüggését a terméssel. (Azért kell a terméselemek logaritmusával számolni, mert a többszörös regresszióanalízis additív sémán alapul. Helytálló alkalmazásához ezért az (1) képletet logaritmizálás után additív vá kell átalakítani.) Ha nem a terméselemek logaritmusával számolunk, akkor természetesen nem kapunk $+1,0$ -s korrelációs koefficiens és regressziós koefficienseket, de egyszerűen azért, mert figyelmen kívül hagytuk az (1) képletben egyértelműen mutatkozó szorzatos összefüggést és a szorzótényező-

ket hibásan additívnak kezeljük. Nyilvánvaló azonban, hogy a matematikai eljárás helytelen alkalmazása nem oldja meg a problémát, sőt megtévesztő eredményre vezet. Ez kitűnik pl. DOUGLAS et al. dolgozatából is [5], aki additívként kezelve a termés elemeket, többszörös regresszióanalízissel és pathanalízissel teljesen ellentétes eredményeket kapott.

Nyilvánvaló azonban az is, hogy egy olyan módszer, mely helyesen alkalmazva mindig 1,0-es koefficienseket eredményez nem alkalmas az összefüggésvizsgálatra, sőt azt mutatja, hogy valamilyen alapvető elméleti hibával állunk szemben.

Az (1) képlet alkalmazásának egy további hibájára is rá kell mutatni. A termés elemek, melyek a növényállomány egy-egy fejlődési fázisát reprezentálják, a fejlődés során biológiailag szigorúan meghatározott időrendi sorrendben követik egymást. Ebből következik, hogy valamely termés elem változása vagy változtatása kihatással lehet egy vagy több későbbi termés elemre, de fordítva soha. Ezért a termés elemzés módszerének az összefüggésvizsgálatkor szigorúan figyelembe kell vennie a termés elemek, vagyis az ezekkel reprezentált fejlődési fázisok biológiailag meghatározott időbeli sorrendjét. Erre azonban az (1) képlet alkalmatlan, mert mint ismeretes, szorzatban a szorzók egymással felcserélhetők anélkül, hogy ez a csere a szorzat eredményén változtatna.

Mindent egybevetve, arra a következtetésre kell jutni, hogy az (1) képlet szerinti termés elemzési séma, bár helytállónak látszik, mégsem alkalmas kiindulási alap a termés elemek és a termés összefüggésének vizsgálatára, és ezért indokolt azt egy a célnak megfelelőbb sémával helyettesíteni.

Az elmondottak természetesen az (1) képletben foglalt szokásos termés elemekkel végzet grafikus összefüggésvizsgálatra is vonatkoznak, hiszen a grafikus megoldás végeredményben csak az összefüggésvizsgálat szemléltető megoldása. A probléma ugyanis nem az összefüggésvizsgálat megoldásának módjában van, nevezetesen hogy milyen grafikus [1, 6, 7, 12, 13, 15, 20] vagy matematikai módszerrel végezzük [5, 9, 11, 12, 18, 24], hanem a szokásos termés elemek alkalmazásában, melyek eleve szorzatos sémát involváltnak.

Kumulatív termés elemzés

A kumulatív termés elemzés a szokásos termés elemzéstől abban különbözik, hogy a szokásos termés elemek helyett fejlődési *fázisvégtermékekkel* számolunk [25]. Így pl. búzánál a kalász/m² marad az első fejlődési fázis végterméke. A szemszám/kalász helyett azonban a szemszám/m² szerepel, mint a második fázis végterméke, végül az ezerszemsúly helyett a szemsúly/m², tehát maga a szemtermés jelentkezik a szemfejlődési fázis végtermékeként.

A fázisvégtermékekkel történő termés elemzés adatfelvételezés szempontjából nem jelent a kísérletezőnek többletmunkát, hiszen pl. a szemszám/m² fázisvégtermék kiszámítható a szemtermés és az ezerszemsúly hányadosával, stb. Az hogy szokásos termés elemet vagy pedig fázisvégterméket veszünk-e fel megfigyeléseink során a kísérletből, kizárólag technikai, illetve mintavételi kérdés, a kettő egymásból egyszerűen átszámítható.

A fázisvégtermékek *formailag* abban különböznek a szokásos termés elemektől, hogy mindegyik termés elemet azonos területegységre vonatkoztatva fejezzük ki, nem pedig a megelőző fejlődési fázis végtermékére vonat-

kozottatva. (pl. nem szemszám/kalász, hanem szemszám/m².) *Elméletileg* abban különböznek, hogy a szokásos terméselemek egy-egy elkülönített fejlődési fázist képviselnek, magát a fázis folyamatát, annak fejlődési intenzitását fejezik ki. A fázisvégtermékek ezzel szemben az egyes fejlődési fázisok befejező állapotát, végtermékét reprezentálják. Éppen ezért a fázisvégtermékek nem egy-egy elkülönített fejlődési fázist, hanem a kérdéses fázisvégterméket megelőző összes fejlődési fázis *kumulatív hatását* fejezik ki. *Matematikai szempontból* a fázisvégtermékek nincsenek a terméssel szorozatos összefüggésben, matematikai kezelhetőségük szempontjából az előzőekben felmerült problémák ezért nem jelentkeznek.

A fázisvégtermékek segítségével az (1) képlet helyett új terméselemzési séma írható fel. Ezt pl. búzára vonatkoztatva a (2) képlet mutatja:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{vetőmagmennyiség} & \rightarrow & \text{kalász} & \rightarrow & \text{szemszám} & \rightarrow & \text{szemsúly} \\ \frac{\text{m}^2}{V} & & \frac{\text{m}^2}{A} & & \frac{\text{m}^2}{B} & & \frac{\text{m}^2}{T} \end{array} \quad (2)$$

ahol V jelenti a kiindulási állapotot, A , B és T pedig a fázisvégtermékeket fejezik ki. A nyílak az egyes fejlődési fázisokat mutatják, jelezve a fejlődés irányát. A sémában a fázisvégtermékek egymással nem cserélhetők fel.

A (2) képlet szerinti fejlődési séma természetesen tetszés szerint tágítható vagy szűkíthető, aszerint, hogy a terméselemzéshez milyen adatfelvételezést végeztünk. (Pl. az $A \rightarrow B$ fázis felbontható kalász/m² \rightarrow kalászk/m² \rightarrow szemszám/m² fázisvégtermékekre stb.).

Grafikus megoldás

A grafikus megoldásban az egész fejlődésmenet kezeléseként ábrázolható és ezáltal a különböző kezelések növényállományának fejlődésmenete fázisonként összehasonlítható [16, 25, 26]. Így grafikusan kifejezésre jut, hogy az egyes kezelések egymáshoz viszonyítva melyik fejlődési fázisban hogyan hatottak a növényállomány fejlődésmenetére, végső fokon a termésre.

Mint hogy a különböző fázisvégtermékek (beleértve a kezdeti állapotot, azaz a vetőmagmennyiségeket) eltérő mértékegységűek, az ábrázolhatóság érdekében, a függőleges tengely egységes beosztása miatt a fázisvégtermékek százalékos kifejezése látszik legcélszerűbb megoldásnak. A függőleges tengely tehát százalékot jelent. A százalékolást valamely meghatározott kontrollkezelés, a kezelések átlaga, vagy előzetesen elméletileg meghatározott fázisvégtermék értékekre vonatkoztatva számítjuk ki. Erre a számításra az 1. táblázat mutat példát, ahol az N adagolásnál a \emptyset kontroll = 100%.

A vízszintes tengely beosztása egyenlő távolságokra a fázisvégterméket tünteti fel.

A már beosztott grafikonra felvitt fázisvégtermékpontokat kezelésként egyenes vonallal összekötjük. A kapott „görbe” a kérdéses kezelés növényállományának teljes fejlődésmenetét mutatja a 100%-nak megválasztott állomány fejlődésmenetéhez viszonyítva. Az 1. táblázat adataiból így elkészített grafikont az 1. ábra mutatja. A különböző kezelések azonos fázisvégtermékeit összekötő egyenesek (pl. $A \rightarrow B$) egymáshoz viszonyított hajlása szemlélteti, hogy egy-egy fejlődési fázisban a fejlődés intenzitása az egyes kezelések hatására relatív előnyös, semleges, vagy hátrányos volt-e (a vonalak divergálnak, párhuzamosak vagy konvergálnak, balról jobbra haladó irányban).

1. táblázat

Különböző N-kezelésű búzaállományok fázisvégtermék adatai és átszámításuk százalékra ha a \emptyset kezelés = 100%

| (1) Műtrágya adag | (2) Abszolút adatok | | | | (3) Százalékos adatok, $\emptyset = 100\%$ | | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|-----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | V g/m ² | A db/m ² | B db/m ² | T g/m | V % | A % | B % | T % |
| \emptyset | 16,4 | 325,0 | 7565 | 340,2 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| N ₁ | 16,4 | 350,2 | 8418 | 376,2 | 100,0 | 107,8 | 111,3 | 110,6 |
| N ₂ | 16,4 | 387,4 | 9233 | 398,8 | 100,0 | 119,2 | 122,0 | 117,2 |

V = vetőmagmennyiség; A = kalászok száma; B = szemek száma; T = szemek súlya (= szemtermés).

Az összehasonlított kezelések fejlődésmenetében mutatkozó különbségek szignifikanciája legegyszerűbben a fázisvégtermékek varianciaanalízisével tesztelhető. A varianciaanalízis alkalmazását azonban csak átmeneti megoldásnak tartom — jobb híján — ugyanis a teljes fejlődésmoneteket kellene összehasonlítani, nem pedig a fázisvégtermékekben egymástól függetlenül mutatkozó különbségeket. Ez a probléma azonban még megoldásra vár.

Matematikai megoldás.

Minthogy a fázisvégtermékek mindegyike a megelőző fázisok kumulatív hatását fejezi ki, a megoldandó probléma az, hogy az összefüggésvizsgálatban a fázisonkénti hatások egymástól elkülönülve jelentkezzenek, mégpedig úgy, hogy az egyes fázisokban mutatkozó hatások ne tartalmazzák a megelőző fázisok hatását.

Anélkül, hogy a matematikai megoldás elméleti meggondolásait tárgyalnám, csak annyit jegyzek meg, hogy a fázisonkénti hatások szétválasztására a kétváltozós regresszióanalízis láncolatos alkalmazása látszott legcélravezetőbbnek [25, 26]. Ezt az eljárást JUVANCZ [10] javaslatára szukcesszív regresszióanalízisnek neveztem. Ebben a megoldásban szigorúan figyelembe kell venni a fázisvégtermékek kronológikus sorrendjét, azok tehát nem cserélhetők fel mint a többszörös regresszióanalízisben. A fázisonkénti hatások a kétváltozós lineáris korrelációs koefficiensek segítségével egyszerűen kiszámíthatók a 2. táblázatban megadott általános képlet szerint. Természetesen a növény fejlődésmenete növénykultúránként másképpen, a búzáé is több fázisra bontható, több fázisvégterméssel. Ekkor megfelelően bővül ugyan a 2. táblázatban megadott séma, de a lényeg nem változik. A bővített és általánosított sémát a 3. táblázat tartalmazza.

2. táblázat
A szukcesszív regresszióanalízis a (2) képlethez

| (1) Fejlődési fázis | (2) A termés változását befolyásoló relatív mérték |
|------------------------|-------------------------------------------------------|
| V → A | $r_{TB}^2 \cdot r_{AV}^2$ |
| A → B | $r_{TB}^2(1 - r_{BA}^2)$ |
| B → T | $1 - r_{TB}^2$ |
| Összesen: | $1 (= 100\%)$ |

A kapott értékek százalékban adják meg a fázisonkénti hatásokat. De átszámíthatók abszolút értékre is, ha azokat végigszorozzuk a termésadatok

szórásnégyzetével (= 100%). Eddig még megoldatlan problémát jelent a fázisonként kimutatott értékek hibájának statisztikai ellenőrzése.

3. táblázat

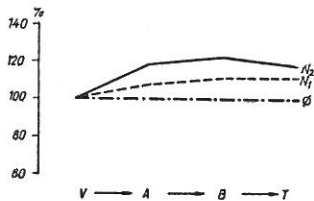
A szukcesszív regresszióanalízis általános sémája

| (1) Fejlődési fázis | (2) A termés változását befolyásoló relatív mérték |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $X_0 \rightarrow X_1$ | $r_{n(n-1)}^2 \cdot r_{(n-1)(n-2)}^2 \dots r_{22}^2 \cdot r_{21}^2$ |
| $X_1 \rightarrow X_2$ | $r_{n(n-1)}^2 \cdot r_{(n-1)(n-2)}^2 \dots r_{32}^2 \cdot (1 - r_{21}^2)$ |
| \vdots | |
| $X_{n-3} \rightarrow X_{n-2}$ | $r_{n(n-1)}^2 \cdot r_{(n-1)(n-2)}^2 (1 - r_{(n-2)(n-3)}^2)$ |
| $X_{n-2} \rightarrow X_{n-1}$ | $r_{n(n-1)}^2 (1 - r_{(n-1)(n-2)}^2)$ |
| $X_{n-1} \rightarrow X_n$ | $1 - r_{n(n-1)}^2$ |
| Összesen: | $1 (= 100\%)$ |

Félreértések elkerülése végett rá kell mutatnom a szukcesszív regresszióanalízis, illetve a matematikai értékelés szerepére. Lényegében két, egymástól lényegesen különböző kérdéssel állunk szemben;

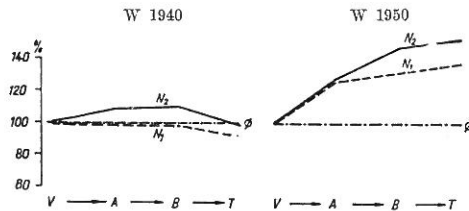
1. Van-e szignifikáns hatása valamely kezelésnek egy másik kezeléshez viszonyítva a növényállomány fejlődésére? Melyik fázis(ok)ban van, és mekkora az a hatás? Erre a kérdésre, mint előzőleg már említettem, jobb híján egyelőre a fázisvégtérmenyeként végzett varianciaanalízis ad választ.

2. Ugyanannak a kezelésnek, (vagy egyéb tényezőnek pl. fajta, év, stb.) a termésben jelentkező változó hatása melyik fejlődési fázisnak és milyen mértékben tulajdonítható. Erre a kérdésre ad választ a szukcesszív regresszióanalízis.



1. ábra

Az N adagolás hatása normál vetőmagmennyiségekkel öt kísérlet átlagában. \emptyset = kontroll, $N_1 = 40$ kg/ha N. $N_2 = 80$ kg/ha N. V = vetőmagmennyiség, A = kalászsűrűség, B = szemszám, T = szemtermés.



2. ábra

Az N adagolás hatása normál vetőmagmennyiségekkel (II) a W 1949 és a W 1950-es kísérletekben. \emptyset — N_2 -ig és V—T-ig lásd 1. ábra.

Gyakorlati alkalmazás

Példaképpen a AID három helyen (V, W, Sch-val jelölve) búzával végzett kétéves kísérletsorozatának adatait használtam fel [13]. Az egyes kísérletekben hat búzafajta, három vetőmagmennyiség és három őszi N adag hatá-

sát vizsgálták három ismétléses faktoriális elrendezésű kísérletben. Ebből az anyagból mutatok be néhány példát, mégpedig kizárólag a változó N-adag és vetőmagmennyiség hatásának vizsgálatára, mivel a módszert fajtákkal kapcsolatban már más alkalommal tárgyaltam. Ezért az alapadatok, melyekkel dolgoztam, a hat fajta és három ismétlés kísérletenkénti átlaga. A hat kísérlet közül az Sch 1950-es kísérletet kihagytam, mivel itt a többi kísérletben egy-egy \emptyset , 40 és 80 kg/ha N adagok helyett \emptyset , 80 és 160 kg/ha N-t alkalmaztak, a kísérletek egységes értékelését ez pedig megzavarta volna.

4. táblázat

Vetőmagmennyiségek (V kezdő állapot) kg/ha a kis (I), normál (II) és nagy (III) vetőmagkombinációkban

| (1) Kísérlet helye, éve | I | II | III |
|-------------------------------|-----|-----|-----|
| V 1949 | 120 | 160 | 220 |
| V 1950 | 120 | 160 | 220 |
| W 1949 | 80 | 160 | 240 |
| W 1950 | 80 | 160 | 240 |
| Sch 1949 | 140 | 180 | 220 |
| Sch 1950 | 120 | 170 | 220 |

Az öt kísérlet vetőmagmennyiség/m², kalászszaám/m², szemszaám/m² és szemtermés súly/m² adatait, valamint a fázisvégtermékek varianciaanalízisének MQ értékeit a 4., 5., 6., 7. és 8. táblázatok tartalmazzák.

Grafikus ábrázolás

A grafikus ábrázoláshoz standardként az N-adagolás hatásának vizsgálatakor a \emptyset kezelés = 100%, a vetőmagmennyiségváltoztatás hatásának vizsgálatakor a normál vetőmagmennyiség = 100%, a kísérletek összehasonlításakor pedig a normál vetőmagmennyiség \emptyset kontrolljának az öt kísérletből számított átlaga = 100% értékhez viszonyítottam.

Az N-adagolás hatása

Példaképpen a W 1949-es és W 1950-es kísérletek normál vetőmagmennyiség (II) adatain mutatom be az N-adagolás hatásának grafikus vizsgálatát kumulatív termés elemzéssel. Amint a 7. táblázat II. (normál vetőmag) oszlopából kitűnik, e két kísérletben az N-hatás igen eltérő volt. A W 1949-es kísérletben nem volt hatása, sőt kis adagban kissé depresszívnek mutatkozott (ez szakmailag nyilván nehezen magyarázható és részletesebb elemzés nélkül könnyen tekinthető kísérleti hibának). A W 1950-es kísérletben ezzel szemben mindkét N-adagnak igen nagy hatása volt. Most tehát arra a kérdésre kellene a módszernek választ adni, hogy 1/ miért volt a két kísérletben eltérő az N-hatás, 2/ vajon hibának kell-e tekinteni a W 1949-es kísérletben, hogy éppen a kis N-adagnak depresszív a hatása.

A 2. ábra a két kísérletre elkülönítve mutatja az N hatását. Itt jól látható, hogy a W 1949-es kísérletben a kis N-adagnak csak a szemfejlődési fázisra volt depresszív hatása, egyébként semlegesnek mutatkozott. A termésben az összehatás ezért depresszív. Ezzel szemben a nagy N-adagnak a szemfejlődési fázisban mutatkozó depresszív hatását az első fázis pozitív hatása ellensúlyozta. A termésben az N-hatás ezért egyáltalán nem jelentkezett. A második fázisban mindkét N-adag semleges hatású volt (az A → B fázisban a \emptyset -val párhuzamos vonalak). Összehasonlítva a kis és nagy N-adag fejlődésment-

5. táblázat

A kísérletsorozat kalászm² adatai (A fázisvégtérkép) kísérletenként az N-adagok és vetőmagmennyiség kombinációkban a három ismétlés és hat fajta átlagában

| (1) Kísérlet helye, éve | I (kevés vetőmag) | | | II (normál vetőmag) | | | III (sok vetőmag) | | |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| | σ | N ₁ | N ₂ | σ | N ₁ | N ₂ | σ | N ₁ | N ₂ |
| V 1949 | 280 | 326 | 394 | 333 | 340 | 388 | 345 | 367 | 400 |
| V 1950 | 242 | 307 | 342 | 269 | 303 | 353 | 266 | 327 | 376 |
| W 1949 | 369 | 391 | 448 | 457 | 452 | 500 | 522 | 526 | 534 |
| W 1950 | 206 | 240 | 245 | 238 | 301 | 305 | 306 | 310 | 297 |
| Sch 1949 | 304 | 348 | 367 | 328 | 355 | 391 | 333 | 386 | 405 |
| Sch 1950 | 247 | 431 | 403 | 282 | 424 | 444 | 325 | 449 | 487 |
| Öt kísérlet átlaga Sch 1950 nélkül | 280,2 | 322,4 | 359,2 | 325,0 | 350,2 | 387,4 | 354,4 | 383,2 | 402,4 |

SzD_{5%}, bármely két kombináció között az 5 kísérlet átlagában = 19,3 kalászm².

6. táblázat

A kísérletsorozat szemszám/m² adatai (B fázisvégtérkép) kísérletenként az N-adagok és vetőmagmennyiség kombinációkban, a három ismétlés és hat fajta átlagában

| (1) Kísérlet helye, éve | I (kevés vetőmag) | | | II (normál vetőmag) | | | III (sok vetőmag) | | |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| | σ | N ₁ | N ₂ | σ | N ₁ | N ₂ | σ | N ₁ | N ₂ |
| V 1949 | 7235 | 9317 | 10666 | 8265 | 9738 | 10564 | 8428 | 9147 | 10069 |
| V 1950 | 6316 | 8122 | 8837 | 6973 | 8400 | 8877 | 6775 | 8271 | 8448 |
| W 1949 | 9170 | 9731 | 10758 | 9977 | 9877 | 11046 | 9976 | 10206 | 10114 |
| W 1950 | 4601 | 6152 | 6777 | 4634 | 6123 | 6817 | 4543 | 6083 | 6724 |
| Sch 1949 | 6836 | 8808 | 8780 | 7976 | 7954 | 8859 | 6902 | 9659 | 8381 |
| Sch 1950 | 4904 | 6717 | 4987 | 4826 | 6509 | 5571 | 5697 | 6808 | 5886 |
| Öt kísérlet átlaga Sch 1950 nélkül | 6832 | 8426 | 9164 | 7565 | 8418 | 9233 | 7325 | 8673 | 8747 |

SzD_{5%}, bármely két kombináció között az 5 kísérlet átlagában = 526 szem/m².

7. táblázat

A kísérletsorozat szemtermés-adatai kísérletenként az N-adagolás és vetőmagmennyiség kombinációkban, három ismétlés és hat fajta átlagában, g/m²-ben kifejezve

| (1) Kísérlet helye, éve | I (kevés vetőmag) | | | II (normál vetőmag) | | | III (sok vetőmag) | | |
|-----------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| | σ | N ₁ | N ₂ | σ | N ₁ | N ₂ | σ | N ₁ | N ₂ |
| V 1949 | 335 | 423 | 468 | 381 | 447 | 468 | 386 | 418 | 439 |
| V 1950 | 300 | 398 | 418 | 334 | 399 | 411 | 311 | 378 | 381 |
| W 1949 | 409 | 435 | 454 | 438 | 400 | 433 | 418 | 397 | 354 |
| W 1950 | 219 | 307 | 328 | 209 | 289 | 317 | 194 | 278 | 314 |
| Sch 1949 | 296 | 377 | 360 | 339 | 346 | 365 | 303 | 397 | 352 |
| Sch 1950 | 205 | 268 | 189 | 208 | 267 | 205 | 241 | 288 | 216 |
| Öt kísérlet átlaga (Sch 1950 nélkül) | 311,8 | 388,0 | 405,6 | 340,2 | 376,2 | 398,8 | 322,4 | 373,6 | 368,0 |

SzD_{5%}, bármely két kombináció között az 5 kísérlet átlagában: 22,6 g/m².

görbáját, minden indokunk megvan tehát arra, hogy a kis N-adag depresszív hatását a termésre ne tekintsük kísérleti hibának.

A W 1950-es kísérletben a két N-adag hatása az első fázisban egyformán igen nagy volt a \emptyset -hoz viszonyítva, és itt a második fázisban vált szét a hatásuk, de mindkét N-adag hatása a fejlődésmenet végéig pozitív maradt. Így tehát a két kísérletben az N-hatás nemcsak a termésben, hanem az egész fejlődésmenet tükrében ellentétesen hatott.

Ahhoz hogy választ kaphassunk a két kísérletben eltérően jelentkező N-hatásra a fejlődésmenetben, a továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy a két kísérletben milyen volt a külső körülmények hatása a fejlődésmenetre. Talán azzal összefüggésben magyarázatot kapunk az eltérő, sőt ellentmondó N-hatásokra.

8. táblázat

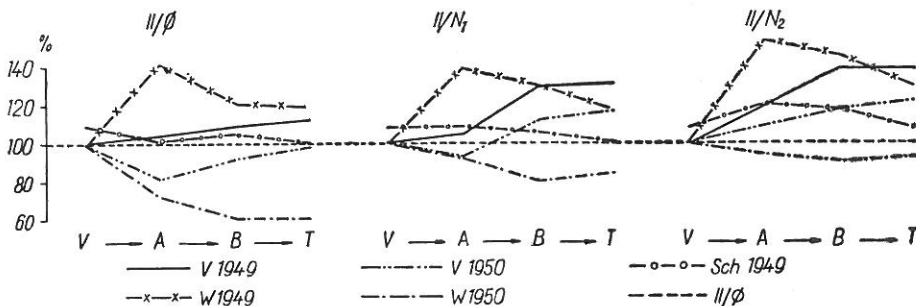
A fázisvégtermékek varianciaanalízisének MQ értékei

| (1) Tényező | FG | MQ kalász/m ² = A | MQ/10 ³ szemszám/m ² = B | MQ szemsúly/m ² = T |
|----------------|----|---------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Összes | 44 | | | |
| Kísérlet (K) | 4 | 48067*** | 23484*** | 31917*** |
| Vetőmag (V) | 2 | 13308** | 266 | 1231 |
| V × K | 8 | 1288*** | 34 | 411 |
| Nitrogén (N) | 2 | 14948*** | 12903*** | 18639** |
| N × K | 8 | 691* | 452* | 2026 *** |
| N × V | 4 | 356 | 441 \emptyset | 1050* |
| N × K × V | 16 | 208 | 154 | 284 |

***P = 0,1% **P = 1% *P = 5% \emptyset P = 10%

A termésadatok vizsgálatából a 7. táblázat alapján feltételezhető lenne, hogy a W 1959-es kísérletben azért nem volt N-hatás, mert nagy volt amúgy is a termés, vagyis a külső körülmények általában kedvezőek voltak. Erre a feltevésre azonban rácsófol a V 1949-es kísérlet, ahol a nagy termések ellenére nagyobb N-hatás volt, mint a kisebb termésű Sch. 1949-es kísérletben (II. normálvetőmag). Így tehát mégis indokolt lesz a kérdést a fejlődésmenet tükrében megvizsgálni.

A 3. ábra II/ \emptyset jelzésű grafikonja az öt kísérlet fejlődésmenetgörbéit mutatja a normál vetőmagmennyiség \emptyset kezelés adataiból, ahol az öt kísérlet



3. ábra

A külső körülmények hatása az öt kísérletben normál vetőmagmennyiséggel (II) (160 kg/kh = 100%). \emptyset — N₂-ig és V—T-ig lásd 1. ábra. II/ \emptyset = kezelés öt átlagában = 100%.

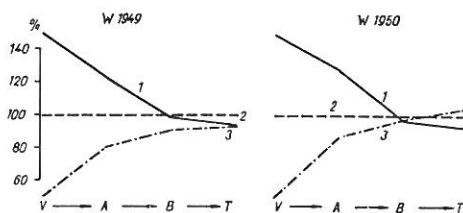
átlag = 100%. Itt világosan látszik, hogy már az első fázisban (V → A) a W 1949-es kísérletben rendkívül kedvezőek, a W 1950-es kísérletben pedig igen kedvezőtlenek voltak a külső körülmények. Az N-hatás, amely amúgy is az első fázisban fejtette ki döntő hatását, — amint az a kísérlet átlagában az 1. ábrából már kitűnt, — a W 1949-es kísérletben már nem tudta az állománysűrűséget lényegesen növelni, sőt a nagy állománysűrűség szakmailag indokolttá teszi a depresszív hatást az utolsó fázisban. A W 1950-es kísérletben a rendkívül kedvezőtlen körülményeken az N-hatása azonban nagyon sokat segített és lényegesen megjavította a fejlődésmenetet. Ezt a 3. ábra II/N₁ és II/N₂ grafikonjai jól szemléltetik. Itt látható, hogy az N általában az első fejlődési fázisban hatott, de hatása átnyúlt a második fázisba is.

Megfigyelhető az is, hogy a külső körülmények a búza termésalakulását döntően az első fázisban befolyásolták (itt már teljesen szétválnak a vonalak) a fejlődés további folyamán már csak kisebb változások voltak, akárcsak az öt éves magyar búzafajtakísérletekben [16, 26].

Vetőmagmennyiség változtatásának hatása

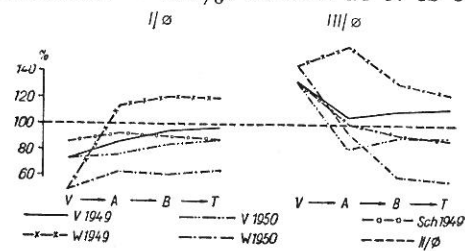
A 4. ábra ismét a W 1949-es és W 1950-es kísérleteket mutatja, de a vetőmagmennyiség változtatásának hatása szempontjából a \emptyset kontrollban. Mindkét kísérletből kitűnik, hogy a vetőmagmennyiségek közötti különbség túlnyomóan az első fázisban, kevésbé a második fázisban, de még a harmadik fázisban is kiegyenlítődési tendenciát mutat. E két grafikonból egyébként jól látható, hogy a különböző vetőmagmennyiségek fázisonkénti hatása az előző fázisokban mutatkozó hatásoknak szinte folytatása. Ez is igazolja azt, hogy a fázisokat nem szabad egymástól függetlenül vizsgálni, ahogy az a szokásos terméselemzésben gyakran történik.

Az 5. ábra kis és nagy vetőmagmennyiség esetében a 3. ábrához hasonlóan a külső körülmények hatását mutatja az öt kísérletben oly módon, hogy minden esetben a normál vetőmagmennyiség \emptyset kezelése = 100%. Ezáltal az 5. és 3.



4. ábra

A vetőmagmennyiség változtatásának hatása a \emptyset kezelésben, a W 1949 és a W 1950-es kísérletben. A normál vetőmagmennyiség (II) = 100%. Vetőmagmennyiségek: 1 = nagy (III) 180 kg/ha, 2 = normál (II) 120 kg/ha, 3 = kis (I) 60 kg/ha. V—T-ig lásd 1. ábra.



5. ábra

A külső körülmények hatása az öt kísérletben a \emptyset kontrollban kis (I/∅) és nagy (III/∅) vetőmagmennyiséggel (II/∅ kezelés az öt kísérletben átlagában = 100%). V—T-ig lásd 1. ábra.

II/∅ ábrák grafikonjai közvetlenül összehasonlíthatók. Az ábrák összehasonlításából kitűnik, hogy a vetőmagmennyiségek közötti különbségek hatása már az első fázis végén nagyvonalakban eltompul és eldől a kísérleti helyek

terméssorrendje. Ez különösen a kis és normál vetőmagmennyiségre vonatkozik. A nagy vetőmagmennyiségnél még a második fejlődési fázisban is lényeges „átrendeződéssel” találkozunk. A szemfejlődési fázis egyik esetben sem befolyásolta lényegesen a kísérleti helyek közötti terméskülönbségek alakulását, a kísérletek közötti „egyensúlyi” helyzet tehát már mindhárom vetőmagmennyiségnél a szemszám/m² fázisvégtermékben beállt.

Értékelés szukcesszív regresszióanalízissel

A külső körülmények hatásának fázisonkénti befolyását a termésre példaképpen a 9. táblázat mutatja kis, normál és nagy vetőmagmennyiség mellett. Itt a 2. táblázat sémáját ki kellett egészíteni egy V-vel jelölt „fázis”-sal, mert a különböző vetőmagmennyiségcsoportokban (kis, normál, nagy) belül vannak kisebb különbségek (lásd 4. táblázat) és figyelembe kell venni, hogy ezek a kisebb különbségek mennyire voltak hatással a terméskülönbségre. A felbontás tehát V = vetőmagmennyiség különbség, V → A = vetéstől a kalászok számának kialakulásáig eltelt fázis, stb.

9. táblázat

A külső körülmények változó hatása a termésre fázisonkénti bontásban, százalékban, szukcesszív regresszióanalízissel

| (1) Fejlődési fázis | (2) Vetőmagmennyiség | | | (3) Ötéves magyar adatok | |
|------------------------|-------------------------|---------------|--------------|-----------------------------|-------|
| | I. kis | II. normál | III. nagy | búza | rozs |
| V | 0,0 | 0,0 | 18,2 | — | — |
| V → A | 90,2 | 83,8 | 41,5 | 53,0 | 35,9 |
| A → B | 7,7 | 13,1 | 37,6 | 28,3 | 40,9 |
| B → T | 2,1 | 3,1 | 2,7 | 18,7 | 23,2 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Amint a táblázatból kitűnik, kis és normál vetőmagmennyiségnél döntően az első, V → A fázis determinálta a kísérletenkénti terméskülönbségeket 80%—90% körüli értékkel. A vetőmagmennyiség különbségek hatása = 0%, a szemfejlődési fázis (B → T) hatása pedig jelentéktelen volt. Nagy vetőmagmennyiség esetében még mindig az első fázis jelentősége van túlsúlyban ugyan, de itt már igen nagy hatás mutatkozik a második fázisban is, sőt az igen kis vetőmagkülönbségnek is aránylag nagy, 18,2%-os befolyása van. A szemfejlődési fázis azonban itt sem befolyásolta figyelemre méltóan a kísérletek közötti terméskülönbség alakulását.

Összehasonlítás céljából a 9. táblázat utolsó két oszlopa az 1954—1958 ötéves magyar országos fajtakísérleti eredmények hasonlóan feldolgozott adatait mutatja búzával [16] és rozssal [17].

Következtetés

A példából arra következtethetünk, hogy a kezeléshatások értelmezésekor a kumulatív terméselemzés sokszorosan többet mond, mint pusztán a termésadatok értékelése. A termésadatok értékelése önmagában nem ad és nem is adhat kielégítő választ a kezelések hatásának lényegéről, egyszerűen azért,

mert a kezelések a termésre csak közvetve, a fejlődésmoneten keresztül hatnak. Ha magát a fejlődést vizsgáljuk, a növényállomány teljes fejlődésmenetének alakulásán figyeljük meg a kezelések hatását. Így biológiailag értelmezhetővé válhatnak olyan hatások, melyek a termés értékelésekor ellentmondásnak tűnnek, esetleg kísérleti hibának látszanak, vagy éppen megmagyarázhatatlanok és a kísérlet megismétlésére ösztönöznek, vagy tévesen — a kezelés hatástalanságára engednek következtetni.

Kétségtelen, hogy a fejlődéselemzéshez szükséges termélelemek meghatározása munkatöbbletet jelent a kísérletező számára [8]. Mégis úgy gondolom, hogy a termélelemzéssel járó munkatöbblet csak látszólagos. Sokkal költségesebb, ha a kísérletekből nem tudunk általánosítható pozitív következtetéseket levonni, hibának tekintünk olyan eredményeket, amelyek valóban nem hiba következményei és ezért a kísérletből meríthető minden biológiai támpont nélkül évekig folytatjuk (ismételjük) a kísérletet, végül is számos kísérletből kapott ellentmondások magyarázatának hiányában csak bizonytalan következtetésekre jutunk. Meggyőződésem, hogy az a munkatöbblet, amivel a termélelemzési adatok felvételezése és feldolgozása jár, bőven megtérül abban, hogy kevesebb kísérletből sokkal hatékonyabban és biztosabban tudunk konkrét következtetéseket levonni.

Mint a dolgozat elején említettem, a termélelemzéssel járó munkatöbbletet talán azért nem vállalták a kutatók, mert a szokásos termélelemzési módszerrel nem kapták meg azt a többletfelvilágosítást, ami a többletkiadással felért volna. Úgy gondolom azonban, hogy a kumulatív termélelemzés alkalmazásával a kutatók mégis olyan módszerhez jutnak, amely a szokásos termélelemzési módszerrel szemben többet mond, grafikus megoldásában pedig igen könnyen kezelhető és ugyanannyi adatfelvételezési munkát kíván csak, mint a szokásos termélelemzés.

További probléma, amire a bemutatott példa alapján nyomatékosan rá kell mutatni, a kísérletsorozat szükségessége.

A kezeléshatások vizsgálatokor általában azt a kérdést szokás feltenni, hogy milyen és mekkora hatással van az egyik vagy másik kezelés a termésre, esetleg a fejlődésre. Amint a példából látható volt, a kérdést ilyen egyszerűen feltenni nem lehet, mert a kezeléshatás mindig a külső körülmények függvénye. Ismernünk kell tehát a külső körülmények hatását a fejlődésmenetre. Ez azonban csak kísérletsorozatból ismerhető fel, ahol a \emptyset , vagy bármilyen egyéb kontroll kezeléssel a különböző külső körülmények hatásait a fejlődésmenetre egymással összehasonlíthatjuk és megállapíthatjuk, hogy melyik kísérletben voltak a külső körülmények az egyes fejlődési fázisokra előnyösek vagy hátrányosak. Csak ennek ismeretében tudjuk megindokolni, hogy ugyanaz a kezelés miért hatott eltérően a különböző kísérletekben. Ez a probléma talán kevésbé vonatkozik fajtákra, különösen, ha azok azonos érési idejűek és patológiai kérdések nem játszanak túlságosan nagy szerepet. Kumulatív termélelemzéssel végzett eddigi idevonatkozó vizsgálatok szerint ugyanis a fajták egymáshoz viszonyított örökletesen megadott fejlődéstípust képviselnek, amely viszonyuk a külső körülmények változó hatására lényegesen nem változik meg [11, 16, 17].

Más a helyzet azonban pl. a műtrágyázásnál. A műtrágyázással ugyanis éppen a külső körülményeket változtatjuk, nevezetesen a talajt. Természetesen a talaj és az egyéb külső körülmények (agrotechnika, időjárás, stb.) egymással kombinációban hatnak a növényállomány fejlődésére. Ezért lehetséges,

hogy a külső körülmények kombinációja olyan, hogy további befolyásolása, pl. műtrágyával az egyik esetben alig vagy egyáltalán nem hat a növényállomány fejlődésére, máskor pedig nagyon is nagy hatással van. A műtrágyázás és az agrotechnikai kezelések hatása ezért csak az egyéb külső körülmények egyidejű figyelembevételével vizsgálható. Ez pedig csak kísérletsorozatban lehetséges.

A kísérletsorozat természetesen szervezési kérdést és költséget jelent. Mégis megoldható lenne még a jelenlegi szervezeti formában és anyagi ráfordítás mellett is oly módon, hogy minden kísérletben lenne valamilyen elfogadott kontrollkezelés, amiben az ország összes kutatói egységesen megállapodtak. Ennek segítségével az összes kísérlet „külső körülményei”-nek hatása a fejlődésmentre mérhető lenne, ahogyan azt a 3. ábra mutatta.

Végül itt kell megemlíteni, illetve felvetni a termésbiztonság kérdését. A 3. ábrából jól látható, hogy a külső körülmények hatása már az első fejlődési fázisban mennyire különböző termések „nyitánya”-ként jelentkezik, vagyis mennyire csökkent a termésbiztonságot. A 3. ábrán azonban az is kitűnik, hogy az N „összehozza” a vonalakat, vagyis csökkentette a külső körülmények igen eltérő hatását az első fázisra. Kifejezhetjük ezt úgy is, hogy az őszi N-adagolás növelte a termésbiztonságot. Ez egy további gondolatot vet fel.

Ha műtrágyázási vagy agrotechnikai eljárások hatását értékeljük, akkor arra törekedhetünk, hogy ezekkel az eljárásokkal a külső körülmények változatos hatását ellensúlyozzuk, főként oly módon, hogy a negatív hatású körülményeket javítsuk. Ezzel növeljük a termésbiztonságot és magát a termést. Ehhez lényeges segítséget nyújt a kumulatív terméselemzés, amellyel kimutatható, hogy melyik fejlődési fázis az, amelyikben a külső körülmények a terméskilátásokat „szétszórják”. Így megtudhatjuk, hogy melyik fejlődési fázisban kell mesterségesen beavatkozni, hogy a külső körülményeknek ezt a „szétszóró” hatását ellensúlyozzuk a termésbiztonság, végső fokon a termés növekedése érdekében. Ha tudjuk, hogy adott növénykultúrának általában melyik a kritikus fejlődési fázisa, akkor további kutatás tárgyát képezheti, de most már egészen pozitív támponttal, hogy milyen eszközzel, agrotechnikával, műtrágyával, vagy nemesítéssel avatkozzunk be mesterségesen a kérdéses fejlődési fázis bizonytalanságának ellensúlyozására.

Összefoglalás

Műtrágyázási és agrotechnikai kísérletek értékeléséhez célszerű és hatékony eljárás a terméselemzés. Szerző azonban kritika tárgyává teszi a szokásos terméselemzésekkel történő mind grafikus, mind matematikai értékelést. Helyette a kumulatív terméselemzést javasolja, melyben a szokásos terméselemek helyett fázisvégterméssel számolunk. Minthogy a fázisvégtermékek a megelőző fejlődési fázisok kumulatív hatását fejezik ki, a fázisonkénti hatásokat szukcesszív regresszióanalízissel választja szét.

A kumulatív terméselemzéshez grafikus eljárást is bemutat, mellyel a különböző kezelések hatása a megállapított teljes fejlődésmentében fejlődési fázisonként összehasonlítható. A módszert annak elméleti megindokolása és ismertetése után egy faktoriális N-műtrágyaadag x vetőmagmennyiség kísérletsorozat értékelésén mutatja be.

Érkezett : 1962. január 22.

Irodalom

- [1] BEKE F.: Fejlődés, növekedés és a termőképesség. MTA Agrtud. Oszt. Közl. **2**. 297—306. 1953.
- [2] BOEKHOLT, K.: Untersuchungen über den Entwicklungsrhythmus und die Ertragsstruktur von Sommerweizen beim Anbau in verschiedenen klimatischen Bezirken Europas und der Einfluss der Herkunft auf die Kornbeschaffenheit, den Ertrag und die Struktur des Ertrages. Landw. Jahrbücher. **78**. 123—146. 1933.
- [3] BOEKHOLT, K.: Die Ertragsstruktur der Getreidesorten und ihre Bedeutung für Sortencharakteristik, Sortenprüfung und Ertragszüchtung. Vorträge über Pflanzenzüchtung, AID. 1956.
- [4] BOGUSLAWSKI, E. & LIMBERG, P.: Phänologische und physiologische Daten zur Charakteristik der Produktivität unserer Kulturpflanzen. Z. Acker u. Pflanzenbau, **III**. 1—22. 1960.
- [5] DOUGLAS, R., DEWEY, D. R. & LU, K. H.: A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. Agron J. **51**. 515—518. 1959.
- [6] FREY, K. J.: Yield components in oats I. Effect of seeding date. Agron. J. **51**. 381—383. 1959.
- [7] FREY, K. J.: Yield components in oats II. The effect of nitrogen fertilization. Agron. J. **51**. 605—608. 1959.
- [8] FREY, K. J. & RODGERS, P.: Yield components in oats V. Optimum number of replicates and samples per plot for spikelet counts. Agron. J. **53**. 28—29. 1961.
- [9] GRAFUS, J. E.: 1959. Heterosis in barley. Agron J. **51**. 551—554. 1959.
- [10] JUVAN CZ, I.: Hozzászólás Sváb J. 1960. szept. 23-i „Új terméselemzési módszer a növényfajták fejlődésének jellemzésére” című előadáshoz a MTA-n. 1960.
- [11] KAPÁS, S.: Kukorica fajtabírálat egyes kérdései. Növényfajtaminősítő Tanács Titkársága. Budapest. 1961.
- [12] LASHIN, M. H.: Analyse der Ertragsstruktur von Winterweizensorten mit besonderer Berücksichtigung der ertragsbestimmenden Faktoren. Doktorische Arbeit, Mezőgazdasági Főiskola, Stuttgart—Hohenheim. 1960.
- [13] LEIN, A., ROSENSTIEL, K. & WIENHUES, F.: Die Analyse der Ertragskomponenten bei Weizen als pflanzenbaulichzüchterisches Problem. Schriftenreihe des A. I. D. H : 2. 1954.
- [14] MERFERT, W.: Ertragstruktur und Ertragspotential bei Ölsonnenblumen. Der Züchter, **29**, 3, 137—143. 1959.
- [15] PAPP, Zs.: Őszi búza. Nemesített növényfajtákkal végzett orsz. fajták. eredm. 1959., Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1961.
- [16] PAPP, Zs. & SVÁB, J.: Búzafajtáink fejlődéselemzésének tanulságai. Növénytermelés. **10**. 231—244. 1961.
- [17] PAPP, Zs. & SVÁB, J.: Rozsfajtáink fejlődéselemzése. Növénytermelés **11**. 155—164. 1962.
- [18] PHILIPP, L.: Variabilitätsstudien am Ertragsaufbau des Sommerweizens. Z. Acker. Pflanzenbau. **III**. 334—363. 1960.
- [19] POTAPOV, N. A.: Hozzászólás Kolbay Károly előadásához. MTA Agrártud. Oszt. Közl. **1**. 431—439. 1952.
- [20] PRIMOST, E.: Die Bedeutung der morphologischen Ertragsanalyse für die Auswertung von Düngungsversuchen. Z. PflErnähr. Düngung Bodenk. **32**. 1—10 1958.
- [21] SCHRIMPF, K.: Die Bedeutung bestimmter entwicklungsphysiologischer Beobachtungen für die Züchtung auf Ertrag. Z. PflZücht. **43**. 390—403. 1960.
- [22] SCHRIMPF, C.: Mögliche Leistungsreserven unserer Getreidesorten. Mitteilungen der D.L.G. **1**. 1961.
- [23] SEDELMAYR, K.: A búza terméselemzése. MTA. Agrártud. Oszt. Közl. **3**. 149—176. 1951.
- [24] SVÁB, J.: Amerikai „Pioneer” hibridkukoricákkal végzett kisparcellás fajtakísérletek. A nemesített növényfajtákkal végzett országos fajtakísérletek eredményei, 1956, 104—124. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1957.
- [25] SVÁB, J.: Új terméselemzési módszer a növényfajták fejlődésének jellemzésére. MTA Agrártud. Oszt. Közl. **19**. 253—261. 1961.
- [26] SVÁB, J.: Fejlődéselemzés kumulatív terméselemzéssel. Nemesített növényfajtákkal végzett országos fajtakísérlet. eredményei. 1960. Mezőgazd. Kiadó Budapest. 1962.

[27] TOMCSÁNYI, P.: Fásnövények fajtaérték vizsgálatának rendszere, különös tekintettel a gyümölcsfákra. Nemesített növényfajtákkal végzett országos fajtakísérletek eredményei. 1958. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1960.

Оценка результатов опытов по внесению удобрений и других агротехнических мероприятий, методом кумулятивного учета урожая

Я. ШВАБ

Государственный совет по сортоиспытанию растений, Будапешт

Резюме

В этой работе автор показывает использование метода кумулятивного учета урожая, при различных агротехнических мероприятиях. До сих пор автор использовал этот метод в опытах по испытанию различных сортов с/х. растений [16, 17, 25, 26].

Автор обсуждает общие проблемы учета урожая в опытах с внесением минеральных удобрений.

Исходным положением решения вопроса является то, что действие различных обработок проявляется не в урожае, а непосредственно в развитии растений. Значит для того чтобы найти общую взаимосвязь между формированием урожая и различными обработками, нельзя довольствоваться только учетом урожая, но необходимо вести наблюдения за общим развитием растений. Основным методом наблюдения является такой учет урожая, в котором элементы урожая являются представителями различных фаз развития растений. Автор с точки зрения биологии и математики объясняет, что обычные элементы учета урожая получены путем корреляционного вычисления или путем Path-анализа [5] недостаточны для численного выражения влияния на урожай различных факторов, влияющих на растение в различных фазах его развития.

Причины скрываются в том, что обычные элементы урожая выражают интенсивность отдельных фаз развития растений отделяя их друг от друга, хотя они зависят друг от друга в таком отношении, что предыдущая влияет на последующую фазу. Но эту зависимость нельзя выразить численно т. к. произведение элементов урожая равно урожаю (схема 1), значит их корреляционный коэффициент, вычисленный из логарифмических значений равен + 1.

Вместо указанного способа автор каждый элемент урожая вычисляет на равную единицу площади с чем указанная математическая трудность устраняется. Эти элементы урожая автор называет конечными продуктами фазы. Так например у колосовых вместо схемы, основанной на обычных элементах урожая:

$$\frac{\text{число колосьев}}{\text{M}^2} \times \frac{\text{число зерен}}{\text{колос}} \times \frac{\text{вес зерен}}{\text{число зерен}} = \frac{\text{вес урожая зерна}}{\text{M}^2} \quad (1)$$

пользуется схемой

$$\begin{array}{ccccccc} \text{норма высева} & \rightarrow & \text{число колосьев} & \rightarrow & \text{число зерен} & \text{вес всего зерна} & \\ \text{M}^2 & & \text{M}^2 & & \text{M}^2 & \text{M}^2 & \\ \text{V} & \rightarrow & \text{A} & \rightarrow & \text{B} & \text{T} & \end{array} \quad (2)$$

Конечные продукты отдельных фаз содержат в себе кумулятивное влияние всех предыдущих фаз. Они разделяются сукцессив-регрессивным анализом (табл. 3).

Этот метод графически показывает влияние отдельных обработок на развитие растений и влияние отдельных фаз развития на образование урожая. Автор выражает метод графически (1—5 граф), а так же сукцессив-регрессивным анализом (2 и 9).

Автор применяет метод на примере АД (13). Один И минеральные удобрения, X норма высева факторальных опытов.

Табл. 1. Конечные продукты отдельных фаз пшеницы, обработанной различными дозами азотных удобрений и перечисление этих данных на проценты. (1) Дозы удобрений \emptyset контроль, $N_1 = 40$ кг/га $N_2 = 80$ кг/га. (2) Абсолютные данные, V = норма высева г/м², A = число колосьев шт/м², B = число семян шт/м², T = вес семян (урожай зерна) г/м². (3) Процентные данные, $\emptyset = 100\%$.

Табл. 2. Сукцессив-регрессиональный анализ к (2) уравнению. (1) Фазы развития, V — T см в табл. 1. (2) Релятивная степень влияния на образование урожая.

Табл. 3. Общая схема сукцессивно-регрессивного анализа. (1) Фазы развития. (2) Релятивная степень влияния на образование урожая.

Табл. 4. Норма высева (начальная стадия) кг/га в комбинации (I), низкая (II), нормальная (III), большая. норма высева (I), Место и время опыта.

Табл. 5. Колосья/м² опытов (A конечные продукты фаз), по опытам в комбинациях, норм высева и разных дозы внесения азота в среднем из трехкратной повторности шести сортов. (1) Место и время опытов. (I) низкая норма высева. \varnothing — N₂ см. в табл. 1, (II) нормальная норма высева. (III) высокая норма высева. Сигнификантная разница (5%) между любыми двумя комбинациями в среднем из пяти опытов = 19,3 колосьев/м².

Табл. 6. Число семян/м² опытов (B конечные продукты фаз) по опытам в комбинациях, нормы высева и разные дозы азотных удобрений, в среднем из трех повторностей шести сортов. Обозначение см. табл. 5. Сигнификантная разница (5%) между двумя любыми комбинациями = 526 штук/м².

Табл. 7. Данные урожая семян по опытам в комбинациях норм высева и разных доз азотных удобрений, в среднем из трех повторностей шести сортов, в г/м². Обозначение см. 5 таблицу. Сигнификантная разница (5%) между двумя любыми комбинациями = 22,6 г/м².

Табл. 8. Значение MQ вариационного анализа конечных продуктов фаз (1) Показатели: K) опыт, V) норма высева, N) азот. A N MQ колосья/м², B = MQ/10³. семян/м². T = MQ вес семян/м².

Табл. 9. Действие внешних факторов на образование урожая по фазам. в % сукцессивно-регрессионального анализа. (1) Фазы развития V — T см. табл. 1. (2) Нормы высева: низкая, нормальная и высокая. (3) Данные пятилетних венгерских опытов: пшеница и рожь.

Рис. 1. Действие азота, внесенного в разных дозах в среднем из пяти опытов при обычной норме высева. \varnothing = контроль, N₁ = 40 кг/га N N₂ = 80 кг/га N. V = номы высева, A = число колосьев, B = число семян, T = урожай зерна.

Рис. 2. Действие азота, внесенного в разных дозах при обычной норме внесения в опытах W9 1949 и 1950 гг. \varnothing — N₂ и T см. в табл. I.

Рис. 3. Действие внешних факторов при обычной норме высева из пяти опытов (II) (160 кг/кх = 100%). \varnothing — N₂ и V — T см. рис. I.

Рис. 4. Действие изменения нормы высева в \varnothing обработке, в опытах \varnothing 1949 и \varnothing 1950 гг. Обычная норма высева (II) = 100%. Нормы высева, 1 = высокая (III) 180 кг/га, 2 = обычная норма (II) 120 м/га, 3 = низкая (I) 60 кг/га. V — T см. рис I.

Рис. 5. Действие внешних факторов в пяти опытах в контроле при низкой норме высева (I/00), высокой (III/00) (II/00) обработка в среднем пяти опытов = 100%. V — T см. в рис. I.

Cumulative Yield Analysis, Method Suggested for the Analysis of Experiments on Dressing or other Cultural Practices

J. SVÁB

National Institute for Qualification of Varieties and Agricultural Technics, Budapest

Summary

The method of cumulative yield analysis, originally developed by the author for the analysis of crop variety trials [16, 17, 25, 26] is shown to be also practicable for analyzing experiments on various cultural practices, particularly dressing-trials.

First, some fundamental problems of the analysis of dressing trials are discussed.

The basic problem arises from the fact that yield differences alone do not reveal comprehensively the causal relations between treatment effects and plant performance, the knowledge of which is essential for a deliberate control in crop production. Yield analysis is accounted for as the standard method of evaluating the progress of plant development, the yield elements representing the individual phases of development. On the author's opinion, however, based on biological and mathematical arguments, the commonly used yield elements are not appropriate terms to express numerically the effects influencing through one or more of the developmental phases final yield performance,

neither by correlation analyses nor by Path analysis [5]. The reason for is the fact that the usual yield elements separately express the intensity of each developmental phase, disregarding the fact that no phase is independent from the performance of the previous ones. This correlation, however, cannot be expressed numerically, the product of the yield elements necessarily equaling the total yield (see scheme 1) and thus their partial correlation coefficients calculated from the logarithmic values also necessarily equal to + 1.

The author overcomes this mathematical difficulty by expressing each of the yield elements for unit area (see scheme 2). These yield elements are called phase-end products. For cereals e. g. the commonly applied scheme of yield analysis shows

$$\frac{\text{number of spikes}}{\text{sq. m}} \times \frac{\text{grain number}}{\text{spike}} \times \frac{\text{grain weight}}{\text{seed number}} = \frac{\text{grain yield, kg}}{\text{sq. m}} \quad (1)$$

is substituted by

$$\frac{\text{seed rate, kg}}{\text{sq. m}} \rightarrow \frac{\text{spike number}}{\text{sq. m}} \rightarrow \frac{\text{grain number}}{\text{sq. m}} \rightarrow \frac{\text{grain yield kg}}{\text{sq. m}} \quad (2)$$

or with the skeleton symbols applied in this paper:

$$V \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow T$$

In each phase-end product, however, the cumulative effect of all previous phases is also included. These cumulative effects are eliminated in the presented method by a linked (chained) regression analyses of pairs of adjacent phase-end products, being denoted as successive regression analysis. (Table 3.)

The treatment effects on the progress of plant development, as well as the influence of each developmental phases on yield performance can also be demonstrated in a remarkably simple graphic presentation.

The application of the method is demonstrated graphically (Fig. 1—5) as well as with successive regression analyses (Table 2 and 9) on the example of a series of factorial experiments in time and space [13] on nitrogen dressing x seed rate with wheat.

Captions

Table 1. Effects of increasing N-dressing rates on wheat yield. Phase-end products and their % values with 100% = untreated control. (1) N-dressing rate: \emptyset = untreated control, $N_1 = 40$ kg/ha. N. $N_2 = 80$ kg/ha. N. (2) Phase-end products: V = seed rate, g/squ. m., A = spike number, no/squ. m.; B = grain number, no/squ. m.; T = grain yield, g/squ. m. (3) % values, 100% = untreated control.

Table 2. Successive regression analysis according to scheme 2. (1) Phase-end product, V, A, B, and T as in Table 1. (2) Relative effect on final yield.

Table 3. General scheme of successive regression analysis. (1). Developmental phase. (2) Relative yield on final yield.

Table 4. Seed rate (V, kg/ha) at low rate (I), medium rate (II), and high rate (III) in the experiment. (1) Location and year.

Table 5. Spike number per square meter (phase-end product A) with different N-rates and seed rates. Mean values from three replications, six varieties. (1) Location and year. I. Seed rate low, II. seed rate normal, III. seed rate high. N-treatments as in Table 1. $1sd_5\% = 19,3$ spikes per squ. m.

Table 6. Grain number per square meter (phase-end product B) with different N-rates and seed rates (marks see table 5). $1sd_5\% = 526$ grains per squ. m.

Table 7. Grain yield in g. per squ. m. with different N-rates and seed rates. (Marks see Table 5). $1sd_5\% = 22,6$ g. per squ. m.

Table 8. MS values obtained by the analysis of variance of the phase-end products. (1) Factor: total, experiment (K), seed rate (V), nitrogen (N). A) MS for spike number per squ. m. B) MS for seed number per squ. m. T) MS for yield g/squ. m.

Table 9. Effect of environmental conditions on yield in the successive developmental phases. Relative significances, successive regression analyses. (1) Developmental phase V, A, B, and T as in Table 1. (2) Seed rate: I, II, and III as in Table 4. (2) Five-year data obtained in Hungary, wheat and rye.

Fig. 1. Effects of N-rate with normal seed rate (means). \emptyset = Untreated control, $N_1 = 40$ kg. N/ha., $N_2 = 80$ kg. N/ha., V = seed rate A = spike number, B = grain number, T = grain yield.

Fig. 2. Effects of N-rate with normal seed rate in experiments W 1949 and W 1950. Symbols as in Fig. 1.

Fig. 3. Effects of the environmental factors with normal seed rates (160 kg/ha = 100%). Symbols as in Fig. 1.

Fig. 4. Effects of seed rate without added N in experiments W 1949 and W 1950 (normal seed rate = 100%). Seed rates: 1 = high, 180 kg/ha., 2 = normal, 120 kg/ha., 3 = low 60 kg/ha. V, A, B, and T as in Fig. 1.

Fig. 5. Effects of the environmental factors without added N and with low and high seed rates (means). — Normal seed rate = 100%. V, A, B, and T as in Fig. 1.