

Tartamkísérletek kiértékelése új szemszögből

Huzsvai László

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Földműveléstan Tanszék, Debrecen

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során egy általunk kifejlesztett, új, egyszerű módszert mutatunk be a trágyázás termésre gyakorolt hatásának leírására, mely egyaránt használható tartam-, ill. független kísérletek sorozatában.

A módszer tesztelése során a Debreceni Agrártudományi Egyetem látóképi szántóföldi kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon 1989 és 1994 között beállított kukorica hibridek trágya-reakcióját vizsgáltuk őszi szántás, 70-80 ezres tőszám, nem trágyázott, N 120, N 240 kg/ha műtrágyakezelésekben, tartamkísérletben, tesztnövényként Dekalb 524 és Volga SC hibridet használva.

A modellben négy paraméter szerepel. TRmax a vizsgált időszakban a trágyázott kezelésekben kapott legnagyobb termés, NT az ehhez tartozó nem trágyázott termés, k a „trágya hatékonysága” NT-ig, b depressziós-koefficiens, aminek várható értéke nulla. A trágyázott kezelés várható szemtermése (Y), ezek szerint a nem trágyázott szemtermés (x) függvényében a következő:

$$Y=f(x) \begin{cases} TR_{max}-k(NT-x) & \text{ha } x < NT \\ TR_{max}-b(x-NT) & \text{ha } x > NT \end{cases}$$

A paramétereket monte carlo-módszerrel határoztuk meg, az optimalizációs folyamatban az eltérésnégyzet-összeget minimalizáltuk. A függvények illeszkedésének jóságát az R-érték és a standard-hiba nagyságával ítéltük meg.

Megállapítottuk a modell tesztelése során, hogy a két hibridnél a hat év alatt a trágyázás hatékonysága tendenciáját tekintve megegyezik. Létezik egy kedvezőtlen időjárási intervallum, mely esztendőben alacsony termések alakulnak ki, ahol a trágyázásnak nincs hatása, sőt szélsőségesen rossz körülmények között egyértelmű terméscsökkenést okoz. A körülmények javulásával, ami hazánk klimatikus viszonyai között főleg a csapadék-ellátottság javulását jelenti, egyre nő a trágya hatékonysága és maximumát 13-14 t/ha-nál fejt ki, ekkor a trágyázás termésmenvelő hatása 4-4,5 tonna hektáronként. Amennyiben a nem trágyázott parcellák termése tovább emelkedik a 8-9 t/ha-ról, természetesen a kijuttatott műtrágya hatékonysága csökken.

A k és b-paraméterek valószínűleg a kísérleti hely talajától (tápanyag és vízgazdálkodásától) és egyértelműen a kiadagolt műtrágya mennyiségétől és a hibrid tulajdonságától függenek. A műtrágya mennyiségének növekedésével a k-paraméter is nő. A nagyobb érték viszont nem jelent egyértelműen kedvezőbb helyzetet. Igaz, hogy közepes-jó évjáratokban ez nagy trágyahatékonyságot jelent, viszont alacsony vagy túlzott csapadék ellátottságú években nagy kockázatot is jelent. A k-paraméter növekedésével a termés szórása is nő, ami termesztési szempontból kedvezőtlen. A b-paraméter nullától különböző értéke egyértelműen kedvezőtlen, mivel az érték növekedésével a terméscsökkenés is fokozódik. A vizsgálatba vont két hibrid trágya-reakcióját jól lehetett velük jellemezni.

A hat évet vizsgálva az általunk alkotott modell pontosan és nagy biztonsággal becsülte meg a trágyázás termést befolyásoló hatását. Mind a kiugróan kedvezőtlen, mind az extrém jó esztendőben pontos becslést adott. Véleményünk szerint a jövőben jól használható a trágyázás termésre gyakorolt hatásának elemzésére és számszerűsítésére.

SUMMARY

During our work, we developed a new, simple method to show the effects of fertilization on yield, which can both be applied over the long term as well as in series of independent experiments.

During the testing of this method, at the experimental farm of the Debrecen University Center for Agricultural Sciences at Látókép on a chernozem soil with lime deposits, we examined the fertilizer reaction of maize hybrids between 1989 and 1994. The treatments were: winter tillage, plant density of 70-80 thousand, unfertilized, N 120, N 240 kg/ha fertilized treatments, long term experiments using Dekalb 524 and Volga SC hybrids in long term experiments.

Four parameters are shown in the model. In the examined period TRmax represents the greatest yield in the fertilized treatments, NT the yield in unfertilized treatment, k the „efficiency of fertilizer” to NT and b the depression-coefficient, where the expected value is zero. The expected grain yield of the fertilized treatments (Y), in the function of the unfertilized grain yield (x) is the following:

$$Y=f(x) \begin{cases} TR_{max}-k(NT-x) & \text{if } x < NT \\ TR_{max}-b(x-NT) & \text{if } x > NT \end{cases}$$

The parameters were determined using the Monte Carlo method, in the optimizing process the sum of deviation square was minimized. The correct conformation of the functions was determined by the greatness of the R-value and the standard error.

We found that during six years of testing, the tendency of fertilization efficiency was similar in the case of both hybrids. There was an unfavorable weather interval and, in these years, the yields were low, fertilization did not have an effect and; moreover, in extremely bad conditions resulted in an obvious yield decrease. With the improvement of conditions, which in the case of our country means an increase in precipitation, the efficiency of fertilization increases and reaches its peak at 13-14 t/ha. At this point, the yield increasing effect of fertilization is 4-4.5 t/ha. If the yield of the unfertilized treatments increases from 8-9 t/ha, then the efficiency of the applied fertilizer decreases.

Most likely, the k and b parameters depend on the soil of the experimental location (nutrient and water management) and on the amount of applied fertilizer and the characteristics of the hybrid. With the increase of fertilizer dosage the k-parameter also increases. The greater value though does not obviously mean a more favorable situation. It is true that in medium and good years this means great fertilizer efficiency, but in low or extreme

precipitation conditions it also means greater risk. With the increase of the k-parameter, the yield deviation also increases which, from a cultivation point of view, is quite unfavorable. If the value of the b-parameter is other than, zero then the effect is clearly unfavorable, because with the increase of this value, the yield decrease is also greater. The fertilizer reaction of the two examined hybrids can be well characterized by these two hybrids.

Examining the six years, our created model estimated the effect of fertilization on the yield accurately and with a high degree of safety. Both in highly unfavorable and extremely good years, it gave an exact estimate. In our opinion, it can be used well to evaluate the effects of fertilization on yield in the future.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A biometria egyik legproblémásabb területe a tartamkísérletek értékelési módszere. A szakirodalom főként azt tárgyalja, hogyan nem szabad ezeket értékelni, és nem ad egyértelmű útmutatást. Sváb könyvében bemutat egy általa az 1960-as évek végén kialakított eljárást, ami elsősorban grafikus értékelési módszer. Ez a kezelések közötti kumulatív különbségek ábrázolását teszi lehetővé, ami inkább kvalitatív, mint kvantitatív elemzés. A műtrágyázási kísérletekben a kvantitatív tényezők értékelésére a négyzetes hatásgörbe, azaz parabola illesztését javasolja. Útmutatásai alapján számos hazai kísérletben használták a műtrágyázás és termés összefüggés elemzésére. A másodfokú függvények illesztése évenként, esetleg hosszabb időszakot figyelembe véve az évek átlagában történt, sokszor elfedve az egyes esztendő sajátosságait.

Tartamkísérletekben a trágyázás és termés összefüggését főként kvalitatív módszerekkel vizsgálták, és az évenként változó időjárást is így vették figyelembe. Az időjárás – mivel szabályozza a termőhely hő- és nedvességellátottságát – hatással van a talajban lejátszódó anyagátalakulásra, a növények növekedésére, tápanyagfelvételére, így a trágya érvényesülésére is (Kramer, 1963; Kovács, 1982).

A trágyázás termésre gyakorolt hatását legtöbbször csak verbálisan fogalmazták meg. A kísérletek többsége szerint mérsékelten száraz évben közepes vagy jó a műtrágyahatás, és ilyen körülmények között a P-, K-ellátásnak nagy a jelentősége, mert csökken a vízhiány-stressz. Aszály esetén az egyedfejlődés első felében jól fejlődik a növény, a második felében a nagy LAI, valamint a megnövekedett vízigény miatt súlyos vízhiányba kerül a kukorica, aminek a következménye jelentős terméseszkökenés (Győrffy et al., 1965; Debreczeni és Debreczeniné, 1983; Mándy, 1962). A csapadékmennyiség, illetve a talajban tárolt nedvességkészlet a trágyaszükségletet és a trágyahatást is módosítja. A trágyahatás az optimális vízellátáshoz közeledve nő majd a káros víztöbblet beálltával csökken (Szász, 1972; Bocz, 1976; Harmati, 1987).

Bocz (1976) a kukorica hibridek termésének növekedését befolyásoló számos tényező közül elsőnek a tápanyagot, másodiknak a fajtát emeli ki. Szerinte a termés nagyságát elsősorban a N határozza

meg. Az N-adag nagyságát a termőhelyi viszonyok, a vízellátás, valamint a hibridek igénye befolyásolja (Nagy, 1984). Az optimális N-ellátás jelentősen hozzájárul a csövenkénti szemszám, kismértékben az ezerszemtömeg növekedéséhez (Bocz és Nagy, 1981). Megfelelő N-ellátással elősegíthető a kukorica levélterületének kezdeti gyors növekedése, és ezáltal hosszabb ideig fenntartható az optimális LAI érték, a biomassa tartóssága, ami az asszimilátáknak a szemtermésbe történő áramlása szempontjából előnyt jelent és kedvező a harvest index értéke is (Anderson et al., 1985; Berzsényi, 1988). Ez az előny azonban szárazságban nem jelent gazdasági hasznot, mert a kukorica korábban vízhiányba kerül, amely a reprodukív szakaszban tetőződik, következképpen terméseszkökenéssel jár. N-hiány esetében kisebb a kukorica növényben a szárazanyag akkumuláció és lassú a szárazanyag felhalmozódás dinamikája (Győrffy, 1965; Debreczeniné és Szlovák, 1985; Hanway és Russel, 1969; Berzsényi, 1993). A műtrágyázás meghatározó mind a makro, mind a mikroelem felvételben (Kádár és Elek, 1977; Loch és Nosticzius, 1983; Németh és Buzás, 1991; Kismányoki és Hoffmann, 1993).

A tartamkísérletekből kapott eredmények általánosíthatóságát nemcsak az eltérő időjárás, hanem az eltérő talajtulajdonságok is megnehezítik. A talajtulajdonságok befolyásoló hatása elsősorban a talaj termékenységétől, a termőréteg vastagságától, vízháztartástól függ (Sarkadi, 1975; Győrffy, 1976; Bocz, 1976; Dezső, 1976; Buzás, 1987). Láng (1971) szoros összefüggést talált a műtrágya-hasznosulás és a növény vízellátása között. A műtrágyák érvényesülése függ az agroökológiai feltételektől is (Láng, 1981; Ángyán, 1991; Hepp, 1989).

Munkánk során egy általunk kifejlesztett, új, egyszerű módszert mutatunk be a trágyázás termésre gyakorolt hatásának leírására, mely egyaránt használható tartam-, ill. független kísérletek sorozatában. A tartamkísérleteket is, mint számos szántóföldi kísérletet variancia-analízissel, azaz lineáris modellt alkalmazva értékelnek ki. A variancia-analízis alkalmazásának azonban szigorú feltételei vannak, ahol csak:

- a független,
- a normális eloszlású,
- az azonos szórású,

minták hasonlíthatók össze. Tartamkísérletben a függetlenség feltétele nehezen teljesül, hisz ugyanazon a megfigyelési egységen, növényállományon, parcellán ismétlődnek a kezelések éveken keresztül. Az utóhatás a kezelésektől származik ezekben a kísérletekben és az évjárat hatás, amelynek elvileg függetlennek kellene lennie a kezeléstől ez sem tekinthető teljesen függetlennek. A tartamkísérletekben az évek hatásait sokszor, tévesen ismétlésként veszik figyelembe a variancia-analízis során. Ha a trágyázás termésre gyakorolt hatását vizsgálják tartamkísérletben, és a fenti módon veszik figyelembe az évek hatását, akkor a nem trágyázott és trágyázott kezelések szórásai nagyban el fognak térni egymástól, és a variancia-analízis harmadik feltétele nem teljesül. Variancia-

analízis alkalmazása esetében jobb az évet ismételt mérési modellben figyelembe venni, ahol a függetlenség feltételeiből engedményt lehet tenni, mint az osztott parcellás kísérleteknél. Az évjárat hatással van a nem trágyázott és trágyázott parcellák termésének alakulására. Kedvező évjáratban mindkét kezelésben nő, kedvezőtlenben mindkettőben csökken a termés. Ha az évjárat hatása minden kezelésben egyirányú, ez statisztikai értelemben azt jelenti, hogy a kezelések nem függetlenek egymástól. Ha korrelál a nem trágyázott kezelés termése a trágyázott kezelés termésével, akkor egy megfelelő modell alkalmazásával a nem trágyázott kezelések terméseredményeiből meg lehet becsülni a trágyázott parcellák termését. Ha a modell pontos becslést ad, akkor a függetlenség feltétele nem teljesül, és kérdésessé teszi a variancia-analízis alkalmazhatóságát a tartamkísérletek kiértékelésében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az általunk alkotott modellben az egyszerűség miatt csak négy paraméter szerepel. TR_{max} a vizsgált időszakban a trágyázott kezelésekben kapott legnagyobb termés, NT az ehhez tartozó nem trágyázott termés, k a „trágya hatékonysága” NT-ig, b depressziós-koefficiens, aminek várható értéke nulla. A trágyázott kezelés várható szemtermése (Y), ezek szerint a nem trágyázott szemtermés (x) függvényében a következő:

$$Y=f(x) \begin{cases} TR_{max}-k(NT-x) & \text{ha } x < NT \\ TR_{max}-b(x-NT) & \text{ha } x > NT \end{cases}$$

A b -paraméter várható értéke nulla, mert feltételeztük, hogy a trágyázott kezelés maximális termése a kiugróan jó esztendőben nem csökken, egy adott szintet elérve állandó marad. A paramétereket monte carlo-módszerrel határoztuk meg, az optimalizációs folyamatban az eltérésnégyzet-összeget minimalizáltuk. A függvények illeszkedésének jóságát az R -érték és a standard-hiba nagyságával ítéltük meg.

A módszer tesztelése során a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum látóképi szántóföldi kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon 1989 és 1994 között beállított kukorica hibridek trágya-reakcióját vizsgáltuk. A tartamkísérletből az őszi szántás, 70-80 ezres tőszám, nem trágyázott, N 120, N 240 kg/ha műtrágyakezelések szerepeltek. Tesztnövényként Dekalb 524 és Volga SC hibridet használtunk. Az elemzésbe vont hat esztendőt a kukoricatermesztés szempontjából nem meteorológia jellemzőkkel, hanem a termesztett növény, a nem trágyázott kukorica szemtermésével parametrizáltuk. Az időjárás a korábban megjelent publikációk alapján, a vizsgált hat évből a kukorica számára, 1990, 1992 és 1994-ben kedvezőtlen, aszályos, 1989, 1991 és 1993-ban átlagos volt.

A kijuttatott műtrágya szemtermésnövelő hatásáról, a korábbi szakirodalmak és az előzetes elvi megfontolások alapján, feltételeztük, hogy aszályos

években kevésbé, közepes-jó termésű években nagyon és a kiugróan csapadékos években kevésbé növelték a termést a nem trágyázott kezeléshez viszonyítva. A kiugróan csapadékos években a nem trágyázott parcellák termése is közelíti az agroklimatológia potenciált, ezért hiába adunk több tápanyagot a trágya nem tud érvényesülni az egyéb tényezők korlátozó hatása miatt (genetikai, meteorológiai).

Talajadottság: A Kísérleti Telep talaja löszön képződött alföldi mészlepedékes csernozjom. A talaj N- és P-ellátottsága közepes, K-tartalma nagy (humusztartalom = 2,8-3,0%, össz. N = 0,14-0,18%; AL-P₂O₅ = 130-200 mg/kg, AL-K₂O = 240-280 mg/kg). A humuszos réteg vastagsága 70-90 cm. A pH (KCl) érték 6,2; az Arany-féle kötöttségi szám 43. Mikroelem hiány nem mutatható ki. A talajvízszint 6-8 m között helyezkedik el. A talaj VK_{min} értéke 27-29 tf%. A 0-100 cm-es talajszelvény 275 mm, a 100-200 cm-es 265 mm nedvesség tárolására képes. A hasznos VK a 0-100 cm-en 157 mm, a 100-200 cm-en 150 mm.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A modellel becsült trágyázott termések a két hibrid esetében az 1. és 2. ábrán láthatók. A Dekalb 524 SC esetén a 120 kg/ha nitrogént kapott kezelés trágya-hatékonysága 4 t/ha termés alatt gyakorlatilag semmi. Lefelé lépkedve, nagyon alacsony termésszint esetén a trágyázás terméscsökkenő hatását tapasztaljuk. A trágya hatékonysága a jobb évjáratokban érvényesül, maximuma ott van, ahol a nem trágyázott kezelés 9,0 tonnát terem. Nagyon érdekes a helyzet az ennél kedvezőbb évjáratokban, a várt szinten maradás nem következik be, a trágyázott kezelésekben terméscsökkenés lép fel a termés maximumhoz viszonyítva. A modell statisztikája az 1. táblázatban látható. Az R érték szoros összefüggést mutat, a regresszió F-próbája nagyon nagy valószínűséggel igazolja a függvény szignifikáns voltát. A 240 kg nitrogént kapott kezelések hasonló tendenciát mutatnak. A maximális termés ugyanott alakul ki, ahol az alacsonyabb trágya-szintnél. Ennek a hibridnek elég a 120 kg nitrogén. A nagy trágya-adag azonban kockázatos a termesztés szempontjából hisz a k -paraméter, az egyenes meredeksége nagyobb ld. 2. táblázat, így kedvezőtlenebb csapadékelátottságú évjáratokban rosszabb a trágya hatékonysága, és 3,5 t/ha nem trágyázott termés alatt egyértelmű terméscsökkenés tapasztalható. Az NT-nél nagyobb termések esetében itt még erőteljesebb a visszaesés a b -paraméter 1,24-ről 1,57-re nőtt.

A Volga SC-t elemezve a hatás, hasonló. A 120 kg/ha nitrogént kapott kezelések a maximális termést később érik el, NT = 9,7 t/ha-nál. Ebből adódóan az egyenes meredeksége kisebb, amit az 1,25-ös k -érték is jelez a 2. táblázatban. A termés a kiemelkedően csapadékos évjáratokban sem csökken olyan drasztikusan, mint a Dekalb 524 SC esetében, amit a 0,83-es b -érték is mutat. Az R -érték és az illesztés jósága szinte teljesen megegyezik az előző

hibridével, ami az 1,072-es standard hibából látható. Nagyobb, 240 kg nitrogént alkalmazva a maximális trágyázott termés nem nő tovább 13,0 tonna körül alakul, de az egyenes meredeksége megnő, aminek két következménye van. Egyrészt hamarabb éri el a maximális termést, amelyet a 2. táblázatban a NT = 8,9 t/ha is mutat, másrészt kedvezőtlenebb, aszályos évjáratokban a trágyázás hatékonyságának egyértelmű csökkenését mutatja. Látható, hogy itt is kb. 3,5 tonnás nem trágyázott termés alatt ez a trágya-szint is termésnövekedést okoz. Az 1. táblázatban a statisztikák találhatók, szoros összefüggést mutatva az általunk alkalmazott modell és a mért adatok között.

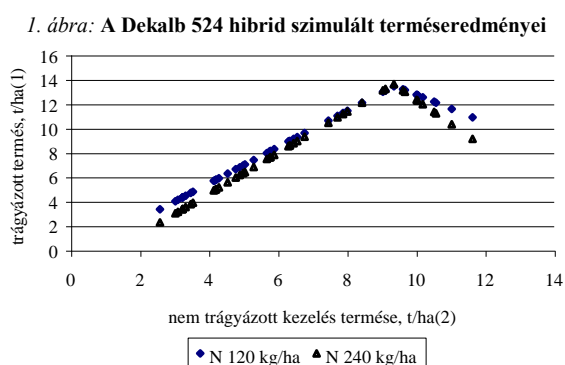


Figure 1: Simulated yield results of the Dekalb 524 hybrid fertilized yield, t/ha(1), yield of non-fertilized treatment, t/ha(2)

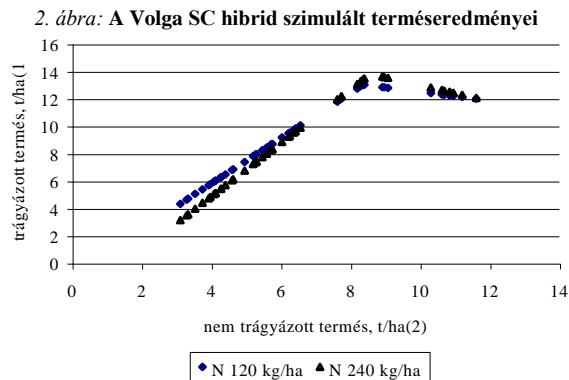


Figure 2: Simulated yield results of the Volga SC hybrid fertilized yield, t/ha(1), non-fertilized yield, t/ha(2)

1. táblázat

A modell statisztikai eredményei

Kezelések(1)	R-érték(2)	Standard hiba(t/ha)(3)	F-próba(4)	p-érték(5)
Dekalb 524, 120N	0,94	1,073	356,22	2,72E-23
Dekalb 524, 240N	0,93	1,372	274,80	5,01E-21
Volga SC, 120N	0,94	1,072	355,23	2,88E-23
Volga SC, 240N	0,96	1,038	523,34	9,03E-27

Table 1: The statistical result of the model treatments(1), r-coefficient(2), standard error(3), F-statistics(4), probability(5)

2. táblázat

A modell paramétere

Kezelések (1)	Trmax(t/ha)(2)	NT(t/ha)(3)	k(4)	b(5)
Dekalb 524, 120N	12,8	9,0	1,46	1,24
Dekalb 524, 240N	12,8	8,9	1,65	1,57
Volga SC, 120N	13,1	9,7	1,25	0,83
Volga SC, 240N	13,0	8,9	1,61	0,26

Table 2: Parameter of the model treatments(1), maximum of fertilized yield, t/ha(2), non-fertilized yield, t/ha(3), k-coefficient(4), b-coefficient(5)

Összegzésként elmondható, hogy a modell tesztelése során a két hibridet vizsgálva a hat év alatt a trágyázás hatékonysága tendenciáját tekintve megegyezik. Az elméleti modellt a 3. ábra mutatja. Itt látható, hogy létezik egy szélsőségesen kedvezőtlen, aszályos időjárási intervallum az „A.”-től balra, ahol a műtrágyázás egyértelmű termésnövekedést okoz. Az „A.”-nál a trágyázásnak nincs hatása a nem trágyázott és trágyázott kezelések termései egyformák. A körülmények javulásával, ami hazánk klimatikus viszonyai között főleg a csapadék-ellátottság javulását jelenti, egyre nő a trágya hatékonysága és maximumát 13-14 t/ha-nál éri el. Ekkor a trágyázás termésmenővelő hatása 4-4,5 tonna hektáronként. Ez a tartomány a 3. ábrán az „A.” és „B.” között látható, és növekvő hatékonysággal jellemezhető. Amennyiben a nem trágyázott parcellák termése tovább emelkedik a 8-9 t/ha-ról, a kijuttatott műtrágya hatékonysága csökken (a 3. ábrán a „B.” után). A kiugróan jó esztendőben tapasztalható termésnövekedés a maximumhoz viszonyítva a műtrágyázott kezelésekben talán növényegészségügyi okokkal magyarázhatók.

3. ábra: A trágyázás termésre gyakorolt hatásának elméleti modellje

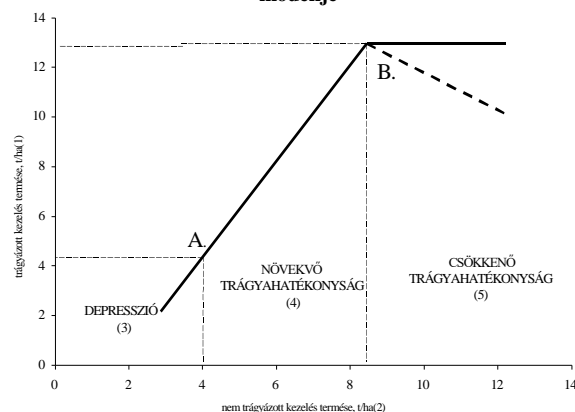


Figure 3: Theoretical model of fertilization effect on the yield of fertilized treatment (t/ha)(1), yield of non-fertilized treatment, t/ha(2), depression(3), increasing fertilizer efficiency(4), decreasing fertilizer efficiency(5)

A k és b-paraméterek valószínűleg a kísérleti hely talajától (tápanyag és vízgazdálkodásától) és egyértelműen a kiadagolt műtrágya mennyiségétől és

a hibrid tulajdonságától függenek. A műtrágya mennyiségének növekedésével a k -paraméter is nő. A nagyobb érték viszont nem jelent egyértelműen kedvezőbb helyzetet. Igaz, hogy közepes-jó évjáratokban ez nagy trágyahatékonyságot jelent, viszont alacsony vagy túlzott csapadék ellátottságú években nagy kockázatot is jelent. A k -paraméter növekedésével a termés szórása is nő, ami termesztési szempontból kedvezőtlen. A b -paraméter nullától különböző értéke egyértelműen kedvezőtlen, mivel az érték növekedésével a terméscsökkenés is fokozódik. A modellel a vizsgálatba vont két hibrid trágya-reakcióját jól lehetett jellemezni. Érdekes lenne különböző helyeket is összehasonlítani a fenti

módszerrel, hogy hogyan alakulnának a paraméterek, lehet, hogy csak a kiadagolt műtrágya mennyiségétől és a hibridtől függenek. Ebben az esetben a kísérleti helytől függetlenül lehetne a hibridek trágya-reakcióját tesztelni.

A hat évet vizsgálva, az általunk alkotott modell pontosan, és nagy biztonsággal becsülte meg a trágyázás termést befolyásoló hatását (4. ábra). Mind a kiugróan kedvezőtlen, mind az extrém jó esztendőkhöz pontos becslést adott a trágyázott kezelések termésátlagaira. Véleményünk szerint a jövőben jól használható a trágyázás termésre gyakorolt hatásának elemzésére.

4. ábra: A becsült és mért adatok összehasonlítása

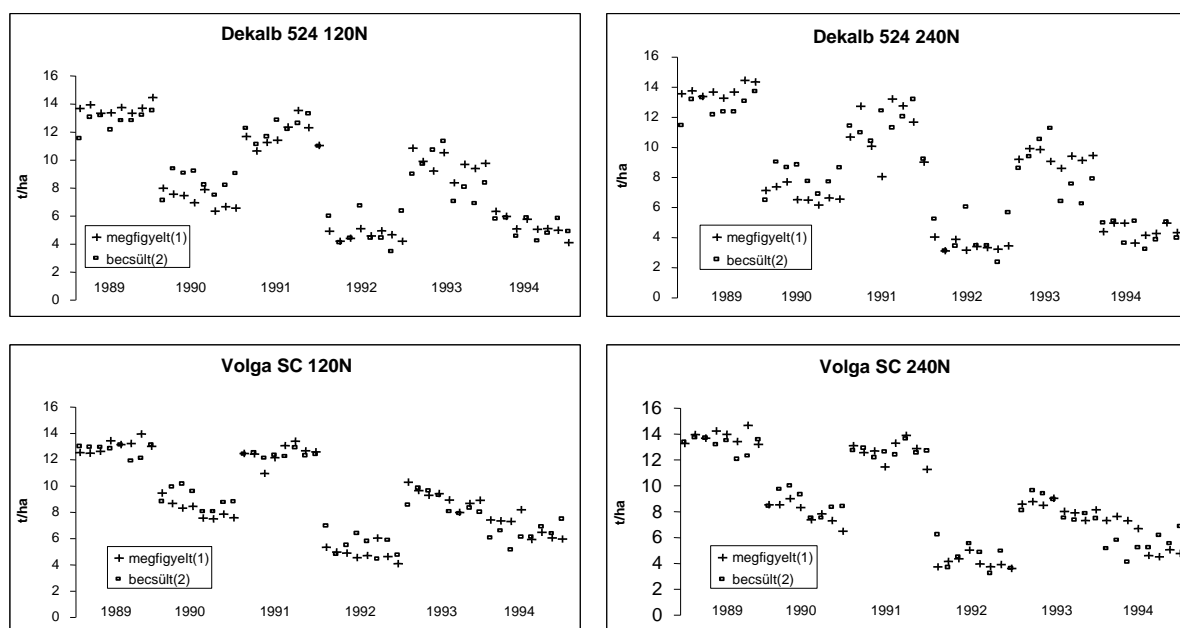


Figure 4: Comparison of estimated and measured data observed(1), predicted(2)

A továbbiakban megállapítható, hogy tartamkísérletben, ahol műtrágya-dózis kísérletet folytatnak statisztikai értelemben a trágyakezelések közötti függetlenség nem teljesül, mert az évjárat, mint „háttérváltozó” minden kezelést azonos irányba módosít. A módosítás mértéke azonban nem

egyforma, a nem trágyázott kezelések termés ingadozásai kisebbek, mint a trágyázott kezeléseké, ezért hosszú időszakot tekintve a kezelések szórásai nem egyformák. Ezek alapján a variancia-analízis alkalmazásának két feltétele a függetlenség és az azonos szórás kritériuma nem teljesül.

IRODALOM

- Anderson, F. L.-Kamprath, F. J.-Moll, R. H. (1985): Prolificacy and N-fertilizer effects on yield and N utilization in maize. Crop Sci. 25. 598-602.
- Ángyán J. (1991): A növénytermesztés agroökológiai tényezőinek elemzése (gazdálkodási stratégiák, termőhely alkalmazkodás). Kandidátusi értekezés tézisei. Gödöllő
- Berzsenyi Z. (1988): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára. Növénytermelés, 37. 6. 527-540.
- Berzsenyi Z. (1993): A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-

- műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970-1991. években. Növénytermelés, 42. 1. 49-63.
- Bocz E. (1976): Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Bocz E.-Nagy J. (1981): A kukorica víz- és tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. Növénytermelés, 30. 6. 539-549.
- Buzás I. (1987): Bevezetés a gyakorlati agrokémiába. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Debreczeni B.-Debreczeni B-né (1983): A tápanyag- és vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

- Debreczeni B.-né-Szlovák S. (1985): A kukorica nitrogénfelvételének tanulmányozása 15-N jelzett műtrágyával. II. Magyar Növényvédelmi Kongresszus. MTA Szegedi Biológiai Központ, VII. 2-4. 11.
- Dezső J. (1976): Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termelésére. Kandidátusi értekezés, Debrecen
- Győrffy B. (1965): A kukorica tápanyagfelvétele. In: Győrffy et al.: Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Győrffy B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártudományi Közl., 35. 239-266.
- Hanway, J. J.-Russel, W. A. (1969): Dry-matter accumulations in corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among single-cross hybrids. Agron J. 61. 947-951.
- Harmati I. (1987): Tápanyagellátás. In: A búzatermesztés kézikönyve (szerk.: Barabás Z.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 351-365. 23.
- Hepp F. (1989): Az aszály mérséklésének lehetőségei a szántóföldi növénytermesztésben. Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár
- Kádár I.-Elek É. (1977): Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. A Mezőgazdaság Kemizálása Anket (szerk. Blaskéné). Keszthely, 71-81.
- Kismányoki, T.-Hoffmann, S. (1993): The dynamics of mineral N in a crop rotation with high cereal contraction. The 150th Anniversary Conference of the Rothamsted Experimental Station, 112-115.
- Kovács G. J. (1982): A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofizikai kapcsolata. Növénytermelés, 31. 4. 355-365.
- Kramer, P. I. (1963): Water stress and plant growth. Agron J. Madison, 55. 31-35.
- Láng G. (1971): Az intenzív műtrágyázás néhány növénytermesztési problémája. Agrártudományi Közl., 30. 1-16.
- Láng I. (1981): Beszámoló az agrárökológiai potenciál országos felmérésének eredményeiről. Agrártudományi Közl., Budapest, 40. 29-98.
- Loch J.-Nosticzius Á. (1983): Alkalmazott kémia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Mándy Gy. (1962): Nemesített kukoricafajták súlyváltozásai különböző környezetben a tenyészidő folyamán. Kukoricatermesztési Kísérletek 1958-1960. Akadémiai Kiadó, Budapest, 20-27.
- Nagy J. (1984): Műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére mészlepedékes csernozjom talajon. Növénytermelés, Budapest, 33. 253-264.
- Németh T.-Buzás I. (1991): Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humuszos homok- és mészlepedékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan, 40. 399-408.
- Sarkadi J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Sváb J. (1981): Biometria módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Szász G. (1972): A talajfelszín közelében képződő csapadékmennyiség meghatározása. Időjárás, 76. 208-222.