
Termésstabilitás és az évjárat kölcsönhatása a fontosabb szántóföldi növényeinknél

Ruzsányi László – Csajbók József

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Növénytermesztési és Tájökológiai Tanszék, Debrecen

ÖSSZEFOGLALÁS

Az időjárás és az évjárat sajátosságok hatása a növénytermesztésben több tényező kölcsönhatásának eredménye. Az egymással kölcsönhatásban lévő tényezők hatását a növénytermesztési beavatkozások szakszerűsége, a technika és technológia színvonala, valamint a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai fokozhatják, illetve enyhíthetik.

Hazánk szántóterületeinek vízgazdálkodási tulajdonsága nagyobb hányadban kedvezőtlen vagy közepes. Az eredendően jó vízháztartású talajok állapota az utóbbi két évtizedben, az egyoldalú és szakszerűtlen talajhasználat, a gépesítési hiányosságok, a mély lazítások elmaradása, az organikus gazdálkodás elhanyagolása miatt a kritikus 0-60 cm-es szelvényben jelentős mértékben romlott. Emellett a hidrometeorológiai szélsőségek időbeni előfordulásának gyakorisága nőtt, következésképpen a szántóföldi növények, a növénytermesztés szenzibilitása fokozódott, az alkalmazkodó képessége romlott.

A növénytermesztés szenzibilitása egyrészt faj- és termőhely specifikus, másrészt a kvantitatív és kvalitatív mutatókra egyaránt hatással van.

A négy évtizedet felölelő stabilitás-analízis eredménye az előbbi megállapítást szemléltetően és jól igazolja, egyben több kiemelésre ad lehetőséget, amelyek az alábbiak:

- Az őszi búza extenzív termesztés és kedvezőtlen környezeti feltételek mellett az évjárat szélsőségeire kis mértékben reagál. Ezzel szemben megnő a hidrometeorológiai szélsőségek hatása intenzív termesztésben, amely körtani okokkal, megoldési hajlammal magyarázható.
- A termesztéstechnológiára és termőhelyre igényes kukorica stabilitás-analízise a fentiek az ellenkezőjét bizonyítja. Jó talaj, az igényt kielégítő termesztési technológia az évjárat hatását jelentős mértékben csökkenteni képes.
- Az évjárat típusok közül a legelőnyösebbnek az átlagos csapadékoság minősült. A kukorica mind két szélsőségre közel azonos módon, az őszi búza elsősorban a csapadékos évjáratra reagált termés csökkenéssel.
- Az őszi búza sütőipari értékét a száraz, de főként az aszályos évjárat rontja le, a csapadékos évjárat minőséget befolyásoló hatása az érés és betakarítás időszakára korlátozódik elsősorban, ezért előfordulás gyakorisága kisebb.
- A napraforgó termése – kórokozók, illetve járványos megbetegedések miatt – csapadékos évjáratban jelentősen csökken, száraz és átlagos évjárat között különbség nem mutatható ki. Az olajtartalom azonban mind a csapadékos, mind a száraz évjáratban jelentős mértékben csökken az átlagos csapadékos évjáratához viszonyítva.
- A cukorrépa gyökértermése a száraz évjáratban a legkisebb, a cukortartalom pedig a talajadottság és klimatikus szélsőségek mértékétől függően alapvetően más értékeket mutat a Dunántúlon és a Nagyalföldön. A Dunántúlon nagy cukortartalom csapadékos évjáratban születik, a Nagyalföldön pedig átlagos évjáratban. A szárazság egyik térségben sem szolgálja a cukortartalom, az ipari érték javulását.

SUMMARY

The effect of hydro-meteorological extremities on plant cultivation is the result of the correlation of many factors. These may increase or decrease the effects of hydro-meteorological extremes. The degree of this variance depends on the professionalism of treatments, on the quality of the applied technique and technology and also on the soil's water management characteristics.

The water management characteristics of Hungary's arable land are mainly unfavorable or medium. In the past two decades the conditions of originally good soils, from a water management aspect, have significantly deteriorated in the critical 0-60 cm soil layer. This is mainly due to unprofessional land use, a lack of deepening cultivation and neglected organic cultivation. At the same time, hydro-meteorological extremities occur more frequently and the sensibility of plant cultivation has increased.

The sensibility of plant cultivation is type and location specific, yet, it also effects both the quality and quantity of the result.

The stability analysis, which covered the period of four decades and incorporated 6-7 agro-ecological areas proves and highlights the following:

- Winter wheat only reacted to extensive cultivation and unfavorable environmental conditions to a small degree. On the other hand, the effect of hydro-meteorological extremities increases.
 - The stability analysis of maize, which is sensitive to cultivation technology and the location of cultivation, proved just the opposite. Good soil and adequate technology significantly reduces the effect of any particular year.
 - From the years examined, the most favorable proved to be the one with average precipitation. Maize reacted to both extremities in a similar way. Winter wheat reacted to more precipitation with less yield.
 - The yield quality of winter wheat was negatively effected by drought. The negative effect of precipitation is limited to the period of ripening and harvest, so the likelihood of such an effect is not significant.
 - The yield of sunflower – due to pests – significantly reduces in years with high precipitation, while a difference between dry and average years cannot be pinpointed out. The oil content in both dry years and in years with high precipitation is evident, compared to years with average precipitation.
 - The root yield of sugar beet is reduced by drought while the sugar content depends on soil characteristics and climatic extremities. A difference could also be noted by location, whether in Western Hungary and on the Great Plain. Great sugar content can be achieved in years with high precipitation in Western Hungary, while the same result occurred with average precipitation on the Great Plain. Drought did not have a positive effect on sugar content in either location.
-

BEVEZETÉS

A klimatikus viszonyok növénytermesztésben játszott szerepének legfőbb jellemzője, hogy az elsődlegesen ható tényező – a csapadék mennyisége időbeni és területi eloszlása mellett – a hatás több tényező kölcsönhatásának az eredménye. A tényezők sajátosságából adódik, hogy a kölcsönhatás a szélsőségek súlyát növelhetik, illetve enyhíthetik attól függően, hogy a növénytermesztési beavatkozások, az alkalmazott technológia, a növénytermesztés technikai eszközrendszere milyen színvonalú, és a használata szakszerű vagy sem (Ruzsányi, 1991; Csajbók, 1997).

A növénytermesztés kvantitatív és kvalitatív eredményét hazánk agroökológiai adottságaiból és egyéb körülményekből adódóan a hidrometeorológiai szélsőségek időbeni változása, a talajok vízháztartási tulajdonsága, állapotának változása, valamint a növénytermesztés gépesítésének helyzete és az alkalmazott termesztéstechnológia színvonalának változása határozza meg. Ezeket sorra véve az alábbi jellemzők emelhetők ki:

Az időjárási szélsőségek időbeni változása hosszabb időszakok jellemzőinek számszerűsítésével értékelhető (Berényi, 1958; Bocz, 1956; Petrasovits, 1988). A Nagyalföld csapadékosságát, illetve a szélsőségek előfordulását a Szász-féle szárazsági index-el jellemezzük (Szász, 1988).

Az értékelés alapján megállapítható a szélsőségek előfordulásának növekedése, amelyet az utóbbi évtizedek szárazság hajlamának nagymértékű erősödése váltott ki. A csapadékos évek gyakorisága csak kismértékben csökkent, következképpen amilyen mértékben növekedett a szárazság, olyan mértékben csökkent az átlagos évjáratok gyakorisága. A változásnak ez a jellege duplán sújtja a növénytermesztést, mert a szárazság, az aszály mellett azért is hátrányos, hogy az átlagos csapadékosság gyakorisága csökken.

A hazai szántóterületek 2/3-ának talaja rossz, vagy közepes vízgazdálkodású és mindössze 1/3-a jellemezhető ebből a szempontjából jó adottságúnak (Birkás, 1996). A hidrometeorológiai szélsőségek és a talajadottság kapcsolatát nézve az előző sommás minősítésen túl meg kell állapítani azt is, hogy a közepes és rossz vízgazdálkodású talajok döntő hányadának gyenge a vízbefogadó képessége és kicsi a mértékadó talajréteg hasznos vízkapacitása. Ebből adódóan a csapadékos években gyakorivá és nagymértékűvé válik a belvízképződés, száraz években pedig kevés a talajban tárolt növény által hasznosítható nedvesség így talajaink vízháztartási tulajdonsága a hidrometeorológiai szélsőségek mértékét és hatását növelik.

A talajok fizikai állapota az utóbbi évtizedekben romlott (Várallyay, 1987). A melioratív beavatkozások elmaradása miatt a közepes, de főként a kedvezőtlen vízháztartású talajok állapota a teljes szelvényben tovább romlott.

Oly mértékben csökkent ezáltal a víz befogadás, hogy átlagos csapadékú évjáratban is bekövetkezhet a belvízképződés.

Reprezentatív mérések (Birkás, 1998) ezen túl azt jelzik és igazolják, hogy az eredendően jó vízháztartású talajok 0-60 cm-es szelvényének az állapota gyors ütemben romlik. A talajállapotának romlását a hosszan tartó egyoldalú talajhasználat, a gépek, a művelő eszközök állapotának romlása és megválasztásának hibája, a műveletek számának növekedése, a mély-, mélyítő műveltek elmaradása és az organikus gazdálkodás elhanyagolása okozza.

Az elmúlt egy-másfél évtizedben romlott a növénytermesztés gépellátása. Mind emellett a géppark műszaki elavulást szenvedett és elöregedés jellemzi az erő- és munkagépeket egyaránt. Ezzel a gépparkkal időben jó minőségi munkát végezni nem lehet. A korszerűtlen gépek nem teszik lehetővé az energia megtakarítást, a környezet megóvását, a gép- és eszközkapcsolást, így a műveletszám nagy, a gépnym fedettség pedig meghaladja a 1,5 m²-t egy négyzetméter művelt területre vetítve.

A termesztéstechnológia színvonala – néhány nagy és közép méretű gazdaságot nem számolva – csökkent. A termesztéstechnológia fejlesztéséhez szükséges szaktanácsadás új, a mai körülményeknek megfelelő rendszere nem jött létre. A szakemberek nagy száma a termelésből kivonult vagy kiszorult, a szükséges és elégséges szakismeret a termesztési gyakorlatból jelenleg hiányzik.

Nincs a gazdaságokban a műszaki fejlesztéshez legtöbbször az egyszerű újratermeléshez sem elegendő forrás, amelynek közvetlen gazdasági kihatása mellett a szélsőséges klimatológiai helyzethez alkalmazkodni nem vagy alig tudó növénytermesztés az eredménye.

A hidrometeorológiai szélsőségekre közvetlenül és közvetetten ható tényezők előbbieken ismertetett változása a növénytermesztést szenzibilissé tették, megnövekedett a termelés kockázata, romlott az eredmény mind mennyiségben, mind minőségben.

A stabilitásanalízis vizuális értékelést is lehetővé tesz a különböző kezelések és a környezet kölcsönhatásainak vizsgálatában. A lineáris függvények ábrázolásával könnyebben értelmezhetők az összefüggések. A nemesítésen kívül, az egyéb kutatási területeken történő alkalmazhatóságát számos példa igazolta (Kang, 1993; Lin et al., 1986; Berzsenyi et al., 1996).

A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A hidrometeorológiai szélsőségek hatásának értékelése

A szántóföldi növények a klimatikus szélsőségekre történő reagálását stabilitásanalízissel értékeljük. A módszer, amennyiben hosszú adatsort használunk, és a vizsgált időszakban a termesztési és ökológiai körülmények a szélsőségek variánsait tartalmazzák és a térségre jellemzőek úgy jó válasz adható arra, hogy:

- a növények a hidrometeorológiai szélsőségekre hogyan reagálnak, van-e faji specifikusság,
- melyik időjárási típus mellett legstabilabbak a termések (száraz évjárat, növényenként

- differenciáltan: 450-500 mm>; átlagos évjárat: 500-550 mm; csapadékos évjárat: 550-580 mm<),
- a termesztési körülmények a hidrometeorológiai szélsőségek hatásait növényenként milyen mértékben módosítják.

A termésstabilitás és az évjárat kölcsönhatása őszi búzánál

Az őszi búza termésének stabilitását 1960-1997 között, hét agroökológiai körzetben gyűjtött termésadatokkal értékelve megállapítható, hogy a stabilitás növekedését elsősorban az átlagos csapadékosági évjárat biztosítja. Közepes stabilitást vált ki magyarországi viszonyok között a száraz évjárat és gyenge a stabilitás csapadékos évjáratban (1. ábra).

1. ábra: Az őszi búza termésének stabilitása különböző évjáratokban (hét agroökológiai körzet, 1960-1997)

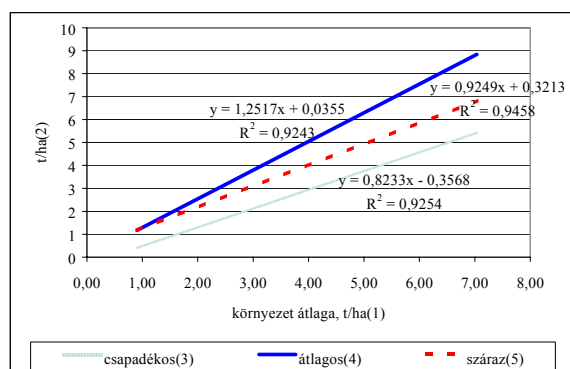


Figure 1: Yield stability of winter wheat in different crop years (seven agroecological regions)

Mean of environment(1), Yield(2), Years with high precipitation(3), Years with average precipitation(4), Dry years(5)

Extenzív termesztésben, a búza számára előnytelen környezeti feltételek mellett az évjárat relatív és tényleges hatása minimális, a termést ilyen körülmények között a hiányzó egyéb feltételek határozzák meg.

Intenzív termesztésben, kedvező környezeti feltételek között nő meg az évjárat pozitív és negatív irányú hatása. Átlagos csapadékosági évjárat 2-4 t/ha terméstöbbet elérését biztosítja a száraz, illetve a csapadékos évjárhoz viszonyítva.

Az eredmény azzal magyarázható, hogy az őszi búza víz- és egyéb igényét az átlagos csapadékosági évjárat kielégíti. Nem akadályozza a műveletek időbeni, jó minőségű elvégzését. A növénybetegségek és a megdőlés veszélye kisebb, következésképpen a megtermelt termés és a betakarított termés különbsége elenyésző. Szárazságtól a búzát a tenyészidő hossza menti meg, mivel a növény egyedfejlődésének kritikus fenofázisa a légköri aszályt legtöbbször elkerüli.

Csapadékos évjáratban nagymértékű a gombafertőzés, a védekezés pedig rendszerint megkésik vagy elmarad. A műveletek, közöttük a

betakarítás is időben elhúzódnak, egyöntetű jó növényállomány vagy nem alakul ki, vagy túl bujává fejlődik, ezáltal a jó termés esélyét elvesztjük.

Az évjárat, a termésen túl a búza minőségét is befolyásolja. A ma termesztésben lévő fajták száraz évjáratban jó minőségre nem képesek (1. táblázat). Amint a termés mennyiségére, ugyanígy a minőségére is az átlagos csapadékoság a legnagyobb biztosíték.

1. táblázat

Az évjárat hatása az őszi búza minőségére (Győri, 1998)

Nedves sikér, %(1)	Százalékos megoszlás(4)	
	Átl. csap.(2)	Száraz(3)
	évjárat	
>35	26,3	9,9
30-35	49,6	21,4
25-30	18,2	45,0
20-25	5,9	13,4
15-20	-	4,1
<15	-	6,2

Legnagyobb sikér(5)	44,75	41,05
Legkisebb sikér(6)	22,91	14,93

Minőségi osztály(7)	Minőségi osztály %-os megoszlás(8)	
A ₁	4,95	-
A ₂	20,15	0,65
B ₁	34,60	16,20
B ₂	28,15	54,45
C ₁	12,15	26,55
C ₂	-	2,15

Esésszám 8 fajta átlagában(9)	Kedvező évjárat(10)	Kedvezőtlen évjárat(11)
	367	302

Table 1: The effect of crop year on wheat quality

Wet gluten(1), Years with average precipitation(2), Dry years(3), Percentage(4), Highest gluten(5), Least gluten(6), Categories of quality(7), Percentage(8), Falling number, average of 8 varieties(9), Favourable crop year(10), Unfavourable crop year(11)

A termésstabilitás és az évjárat kölcsönhatása kukoricánál

A kukorica a környezeti feltételekkel, a termesztéstechnológiával szembeni igényéből adódóan az őszi búzával pontosan ellenkezően reagál a hidrometeorológiai szélsőségekre. Extenzív termesztési körülményt, kedvezőtlen termőhelyi adottságokat a kukorica nem képes elviselni, és ha ilyen körülmények között a klimatikus szélsőségek is előállnak, úgy a kukorica termése nagymértékben leromlik (2. ábra).

Intenzív termesztésben a kukorica igényét kielégítő környezeti feltételek mellett mindenek előtt jó víz-, hő- és tápanyag-gazdálkodású talajon az évjárat szélsőségei hatása több év eredménye alapján minimálisra csökken. Ebből azonban nem

következik az, hogy a szélsőséges időjárási körülmény – káros vízbőség vagy sújtó aszály – a kukorica termését ne rontaná le, illetve nem semmisítheti meg.

2. ábra: A kukorica termésének stabilitása különböző évjáratokban (hét agroökológiai körzet, 1960-1997)

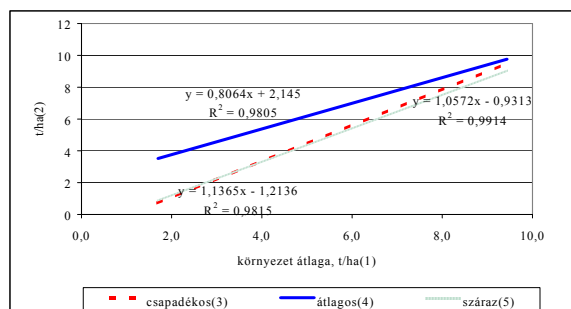


Figure 2: Yield stability of maize in different cropyears (seven agroecological regions)

Mean of environment(1), Yield(2), Years with high precipitation(3), Years with average precipitation(4), Dry years(5)

A kukorica fejlődését, produkcióját az egyik és a másik hidrometeorológiai szélsőség azonos mértékben sújtja. Kivéve az intenzív termesztést, mely körülmény a kukorica vízigényét fokozza, amelyet a csapadékos évjárat kielégít a száraz vízhiányt vált ki.

Végül megállapítható, hogy a kukoricának is legkedvezőbb az átlagos csapadékoságú évjárat, mert az a talajban tárolt hasznos nedvességekészlettel együtt a kukorica vízigényét kielégíti és a hőmérséklet, valamint a napfény is rendre elegendő a nagy termés eléréséhez.

A termésstabilitás és az évjárat kölcsönhatása napraforgónál

A napraforgó víz- és hőigényénél, valamint a kórokozókval szembeni nagy fogékonyságánál fogva az időjárási szélsőségekre a legtöbb szántóföldi növénytől eltérően reagál (3. ábra). Az átlagos és a száraz évjárat a termésmennyiségre közel azonosan hat. A mélyen gyökerező növény a talaj mély rétegéből is felveszi a vizet, így vízhiányt ritkán szenved, átlagos csapadékoságú évjárat pedig a vízigényét maradéktalanul kielégíti. Termést károsító gombafertőzés szárazságban nem, átlagos csapadék mellett csak kismértékben lép fel, ezáltal az elsődleges termést meghatározó tényező – a betegség – szerepe elhanyagolhatóvá válik.

A termesztési és termőhelyi körülményektől függetlenül a napraforgó termése csapadékos évjáratban a járványos megbetegedés miatt a legkisebb. A termés csökken ilyen körülmények között a betakarítás késedelmes elvégzése, illetve az ezzel együtt járó nagymértékű betakarítási veszteség miatt is.

3. ábra: A napraforgó termésének stabilitása különböző évjáratokban

(nyolc agroökológiai körzet, 1960-1997)

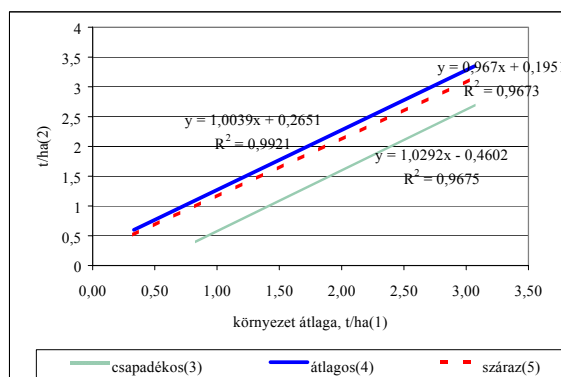


Figure 3: Yield stability of sunflower in different cropyears (eight agroecological regions)

Mean of environment(1), Yield(2), Years with high precipitation(3), Years with average precipitation(4), Dry years(5)

A termés mennyiséggel szemben a *napraforgó olajtartalma* mindkét időjárási szélsőség hatására csökken (4. ábra). A csapadékos évjárat minőségrontó hatása elsősorban a Botrytis, a Sclerotinia és a Diaporthe fertőzésnek a következménye. Szárazság Magyarországon rendszerint július második, augusztus első felében a legnagyobb, amikor is az olajbeépülés kezdődik és meg végbe a napraforgóban. Ebben az időszakban a szárazság, a vízhiány az olajbeépülést akadályozza olyan nagymértékben, hogy az olajtartalom végül is kisebb lesz, mint az ugyancsak kedvezőtlen csapadékos évjáratban.

4. ábra: Az évjárat hatása a napraforgó olajtartalmára, 1970-1997 (CEREOL RT. adatai alapján)

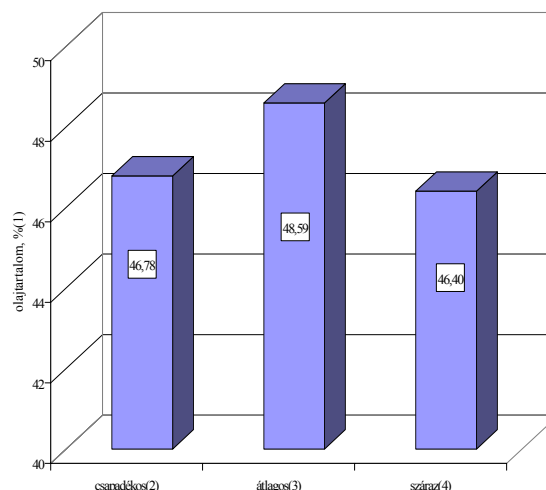


Figure 4: Effect of cropyear on sunflower oil content (data by CEREOL RT)

Oil content(1), Years with high precipitation(2), Years with average precipitation(3), Dry years(4)

A normális anyagcserét, anyagtranszportot, olajbeépülést az átlagos csapadékoságú évjárat

biztosítja, következésképpen a nagy olajtartalmú termés is ilyen körülmények között érhető el.

A termésstabilitás és az évjárat kölcsönhatása cukorrépánál

A cukorrépa termésstabilitásának értékelése során tekintettel kell lenni arra, hogy a termőterület kicsi és minden gazdaság a legjobb adottságú területein termesztja a répát. Az évjárat kedvezőtlen hatása ennél fogva konzekvensen csak szárazságban mutatkozik meg. Csapadékos évjárat csak a betakarított gyökértermés mennyiségét rontja a gyökértermés mennyiségének növekedésével lineárisan. Aminek elsődleges kiváltója a betakarítási veszteség jelentős mértékű növekedése (5. ábra).

A betakarítási nehézségeket is figyelembe véve a cukorrépa termésstabilitásának javulását az átlagos csapadékos évjáratok biztosítják.

A répa cukortartalmát az évjárat típusok, a talajadottságok és a klimatikus szélsőségek mértékétől függően módosítják (6. ábra).

A kis szerves anyag és agyagtartalmú dunántúli talajokon az összegzett értékelés szerint a csapadékos évjáratokban legnagyobb a cukortartalom. A csapadék a „könnyű” talajokon a cukorrépa fejlődését nem veti vissza, nem következik be nagymértékű NO_3 -feltáródás és ennek következményeként túlzott N-ellátás, amely a cukortartalmat és egyéb ipari értékeket egyaránt rontja.

A kiegyenlítettebb klíma biztosítja azt is, hogy átlagos és száraz évjáratokban is nagyobb a cukortartalom, mint a Nagyalföldön.

A cukorrépa nagy vízigénye kielégítésének fontossága a Dunántúl kedvezőbb klímája mellett is fontos, a szárazságban ugyan is nem csak termésmennyiség, hanem a cukortartalom itt is csökken.

A Nagyalföldön a minőség szempontjából a legelőnytelenebb a cukorrépa termesztés számára a csapadékos évjárat. Következik ez a természeti körülmények romlásából, a növényvédelmi munkák elvégzésének nehézségeiből, döntően pedig a tenyészidő második felében gyakran bekövetkező nagy NO_3 -feltáródásból, illetve a károsan bőséges N-ellátásból.

A szárazság a kis gyökértermés ellenére a cukortartalmat is csökkenti. A kis gyökérterméshez tehát törvényszerűen nem társul nagyobb cukortartalom, ha ez mégis előfordul, azt kell megvizsgálni, hogy a termés csökkenését mi váltotta ki, és ha ahhoz a vízhiány is hozzájárult, az a cukorrépa egyedfejlődésének melyik szakaszát sújtja.

5. ábra: A cukorrépa termésének stabilitása különböző évjáratokban (hat agroökológiai körzet, 1960-1997)

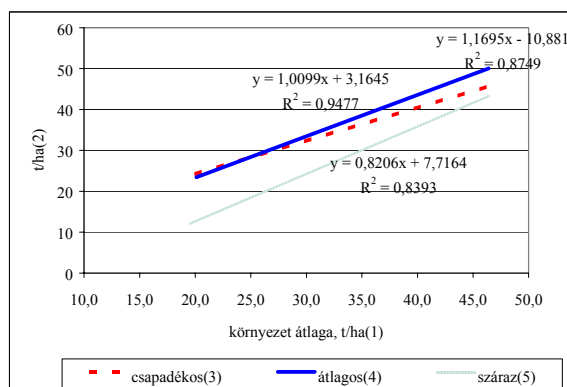


Figure 5: Yield stability of sugar beet in different crop years (six agroecological regions)

Mean of environment(1), Yield(2), Years with high precipitation(3), Years with average precipitation(4), Dry years(5)

6. ábra: A cukorrépa cukortartalma (%) különböző évjáratokban (1976-1997)

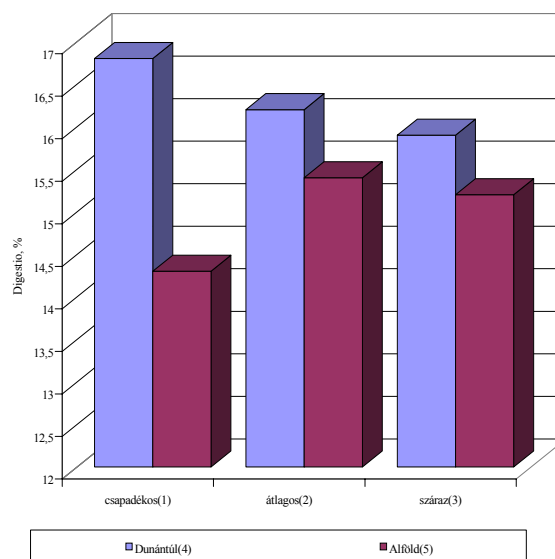


Figure 6: Sugar content of sugar beet in different crop years (Years with high precipitation(1), Years with average precipitation(2), Dry years(3), Western Hungary(4), Great Plain(5))

IRODALOM

- Berényi D. (1958): Az állományklímát kialakító tényezők. MTA Agrártudományok Osztálya Közlemény, XIV. 155-193.
 Berzsenyi Z.-Györfly B. (1996): A vetésforgó és a trágyázás hatása a kukorica termésére és termésstabilitására tartamkísérletben. Növénytermelés, 45. 3. 281-296.
 Birkás M. (1996): A tarlóművelés jelentősége a talajnedvesség

megőrzésében. Agroforum, 7. 8.

Bocz E. (1956): Éghajlati tényezők komplex ábrázolása a növénytermesztésben. Időjárás, 61. 292-299.

Csajbók J. (1997): A termesztési tényezők és a talajnedvesség összefüggései eltérő termesztési változatokban. DATE Tudományos Közleményei, Debrecen, XXXII. 65-74.

-
- Kang, M. S. (1993): Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85. 3. 754-757.
- Lin, C. S.-Binns, M. R.-Lefkovich, R. L. (1986): Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*, 26. 894-900.
- Petrasovits I. (1988): Az agrohídrologia főbb kérdései. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Ruzsányi L. (1973): A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növények vízfogyasztására, vízhasznosítására. *Növénytermelés*, 23. 3. 249-258.
- Ruzsányi L. (1991): A növények elővetemény hatásának értékelése vízháztartási szempontból. *Növénytermelés*, 40. 1. 71-78.
- Szász G. (1988): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Várallyay Gy. (1987): A talaj vízgazdálkodása. Akadémiai doktori értekezés, MTA, Budapest, 1-244.
-