
**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISEI**

ENZSÖLNÉ GERENCSÉR ERZSÉBET

**MOSONMAGYARÓVÁR
2013.**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR**

Matematika, Fizika és Informatikai Intézet

Doktori Iskola vezetője:

**PROF. DR. NEMÉNYI MIKLÓS,
a MTA levelező tagja, egyetemi tanár**

Témavezető:

**PROF. DR. VARGA-HASZONITS ZOLTÁN, DSc
professor emeritus**

**AZ ÉGHAJLATI VÁLTOZÉKONYSÁG HATÁSA
AZ ŐSZI ÁRPA TERMESZTÉSÉRE**

Készítette:

Enzsölné Gerencsér Erzsébet

MOSONMAGYARÓVÁR

2013.

1. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS

A kutatás célja átfogó képet adni az őszi árpa mint fontos takarmánynövényünk agroklimatológiai viszonyairól, mert ilyen jellegű munka még hazánkban nem jelent meg. A vizsgálat kiterjedt arra, hogy hazánk éghajlata mennyire felel meg az őszi árpa éghajlati igényeinek, s hogyan hatnak hazánk éghajlati viszonyai a növény fejlődésére és terméshozamaira. Részletesen az alábbi kérdésekkel kívántunk foglalkozni:

- A meteorológiai elemek milyen hatással vannak a fenofázis tartamára és a fejlődés ütemére, valamint a vegetációs periódus alakulására.
- Az éghajlat terméshozamra gyakorolt hatásának meghatározására kidolgozott fokozatos közelítésű modellel vizsgálható-e az őszi árpa termésének előre jelezhetősége?
- Mivel a növények életében – különösen a terméshozam kialakulásában – kiemelkedő szerepet játszik a víz és a sugárzás, a dolgozat tanulmányozni kívánta az árpa vízigényét, vízellátottságát és vízhasznosítását valamint sugárzashasznosítását is. Ez az éghajlati potenciál meghatározása és az éghajlati körzetesítés megvalósítása szempontjából volt nélkülözhetetlen.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat alapjául szolgáló adatbázis

Meteorológiai adatok. A meteorológiai adatok két csoportba sorolhatók: mért és származtatott (számított) adatokra. Az adatbankban lévő reprezentatív mérőhelyeken, meteorológiai mérési célokra kifejlesztett műszerekkel, előírt szabványok betartásával mért meteorológiai adatok az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSz) megfigyelő hálózatából származnak: Balassagyarmat, Kaposvár, Kecskemét, Pápa, Martonvásár (1951-1990); Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Győr, Iregszemcse, Kecskemét, Kompolt, Miskolc, Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza, Pécs, Szeged, Szolnok, Szombathely, Zalaegerszeg (1951-2000).

A származtatott adatokat (fotoszintetikusán aktív sugárzás, párolgás, talajnedvesség) a rendelkezésre álló mért adatok felhasználásával a korábbi agroklimatológiai kutatások során kidolgozott módszerekkel határoztuk meg.

Fenológiai adatok. Az adatbank az Országos Meteorológiai Szolgálat megfigyelő hálózata és az Országos Fajtaminősítő Intézet (amelynek jogutódja a mai Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal) fenológiai megfigyelő hálózata által mért adatokat tartalmazza:

Eszterág, Debrecen, Tordas (1967-94); Kompolt, (1967-97); Debrecen, Iregszemcse, Kompolt, Mosonmagyaróvár, Székkutas, Eszterág, Villány, Cserkút, Gyulatanya, Nyíregyháza, Karcag, Füzesabony, Tordas, Agárd (1984-97).

Az őszi árpa tenyészedőszakának agroklimatológiai jellemzése

Ahhoz, hogy az árpa tenyészedőszakának meteorológiai jellemzőit elemezni tudjuk, mindenekelőtt meg kell ismernünk az árpa vetésétől az éréséig terjedő tenyészedőszakának időbeli és térbeli változásait, ezen belül pedig a növény egyes fenofázisainak alakulását.

A fenológiai vizsgálatok során nemcsak az egyes fenofázisok bekövetkezését, hanem a fenofázisok tartamát is tanulmányoztuk. Megnéztük a fenológiai időpontok és a fenofázisok időtartamainak évek közötti ingadozásait.

Az éghajlati változékonyság hatása az őszi árpa fenofázisaira. Annak a tisztázása, hogy az egyes fenológiai fázisok és a vegetációs periódus egésze között milyen kapcsolat van, azért is fontos, mert éghajlati szempontból ismernünk kell, hogy a fenofázisok hosszának változása hogyan befolyásolja a tenyészedőszak hosszának a változását. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a vegetációs periódussal szorosabb kapcsolatban lévő fenofázisok alatti meteorológiai hatások is nagyobb jelentőségre tesznek szert. Meg kell tehát határoznunk, hogy mely fenofázisok vannak a legnagyobb befolyással a vegetációs periódus hosszára, hiszen az éghajlat hatása is ezen keresztül érvényesülhet leginkább.

Az éghajlati változékonyság hatása az őszi árpa terméshozamára

Az agrotechnikai és a meteorológiai hatás szétválasztása. Mivel hazánkban az őszi árpa növekvő terméshozamai esetén az agrotechnikai szint körül növekvő termésingadozás figyelhető meg, a hatások multiplikatív jellegű kapcsolata feltételezhető. A trendfüggvénnyel leírt agrotechnikai

hatást $Y_0(t)$ -vel, az együttes meteorológiai hatást kifejező függvényt pedig $f(M)$ -mel jelölve, a terméshozam $Y(t)$ értéke így adható meg:

$$Y(t) = Y_0(t) \cdot f(M). \quad (1)$$

Ebből a trendarány alapján meghatározható a meteorológiai hatásfüggvény:

$$\frac{Y(t)}{Y_0(t)} = f(M) \quad (2)$$

A számítást a tenyésztési időszak különböző természetes vagy naptári időszakaira vonatkozóan meteorológiai tényezőként (m_1, m_2, \dots, m_k) elvégezve meghatározható, hogy mely meteorológiai elemek, s mely időszakokban vannak hatással a terméshozamok alakulására. A vizsgálat során a meteorológiai tényezők hatását kifejező függvény valamilyen többváltozós regressziós módszerrel becsülhető. A kapott meteorológiai hatásokat kifejező függvény, a becslőfüggvény ($Y(t)^*$), a következő:

$$Y(t)^* = Y_0(t) \cdot f(m_1) \cdot f(m_2) \cdots f(m_k) \quad (3)$$

A terméshozam előrejelzése a reziduális közelítés módszerével. A (3) egyenlet meghatározására szolgáló egyik lehetséges módszer a reziduumok elemzésére épülő, fokozatosan közelítő multiplikatív eljárás (szukcesszív approximáció), amellyel becsülhető a meteorológiai tényezők hatása, ezáltal a trendarány illetve a terméshozam értékei is becsülhetők. A vizsgálatba bevont m_1, m_2, \dots, m_k meteorológiai tényezőket figyelembe véve előállítható az egymásra következő időszakok meteorológiai hatásainak multiplikatív függvénye a reziduális módszeren alapuló fokozatos közelítés módszerével, a változókat egymás után bevonva a vizsgálatba. A módszer segítségével meghatározható, hogy milyen elemek és milyen erősséggel hatnak az őszi árpa termésének alakulására, majd összehasonlítható a becsült és a tényleges terméshozam.

Az eredmények verifikálása és validálása. Az eredmények értékelése két lépésben történik. Egyrészt a számított és mért értékek közötti összefüggés meghatározása, másrészt annak ellenőrizése, hogy a becslés során a különböző nagyságú hibák milyen gyakorisággal fordulnak elő. A becslési hiba, amely a mért és a számított értékek különbsége, a tényleges terméshozam százalékában lett kifejezve.

Évszakos és havi adatokra épülő elemzés. A dolgozat külön-külön egyváltozós regressziós összefüggéseket alkalmazva először a hőmérséklet terméshozamokra gyakorolt hatását elemzi. A tenyésztési időszak folyamán a téli hónapok középhőmérséklete, amely az őszi árpa áttelelése szempontjából jelentős, valamint a május hónap középhőmérséklete (virágzás előtti és utáni rövid időszak) bír nagyobb jelentőséggel. Reziduális közelítés segítségével a kiválasztott időszakok egymásra épülő hatása is elemezhető (fokozatos közelítéssel történő vizsgálat).

A dekád adatokra épülő elemzés. A dolgozat először 30, majd 40 és végül 50 év hosszúságú adatsorok alapján határozta meg a szignifikáns hőmérsékleti hatású időszakokat. A tenyésztési időszak minden dekádjára megvizsgáltuk a trendarányal való összefüggést. Az őszi árpa terméshozamát szignifikánsan meghatározó időszakok kiválasztását minden megfigyelőhelyre külön-külön elvégezve az egyes megfigyelőhelyeken a modellben szereplő szakaszok eltérhetnek egymástól.

Az őszi árpa sugárzáshasznosítása

Amennyiben a gazdaságilag hasznos termésre vonatkozóan szeretnénk meghatározni a sugárzáshasznosulást, akkor az a következőképpen számítható:

$$\varepsilon = \frac{Y_{\text{GAZD}} \cdot Q_0}{\text{FAKS}} \quad (4)$$

A teljes biomasszára vonatkozó sugárzáshasznosulási együttható kiszámításánál a gazdaságilag hasznos termést osztani kell a HI-vel. A HI (harvest index) értéke az árpa esetében 0,39, az egységnyi biomassza előállításához szükséges energiamennyiség (Q_0) 1 kg szerves anyagra vonatkozóan 17000 kJ.

Ha az Y_{GAZD} kg/ha értékekben van megadva, a Q_0 kJ/kg-ban, akkor a FAKS értékét át kell számítani $\text{kJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ értékekre. A kapott eredményt 100-zal szorozva %-os formában szokták kifejezni.

Az őszi árpa vízhasznosítása

A növények vízhasznosításának jellemzése úgy történik, hogy meghatározzuk azt a termésmennyiséget, amelyet a növény egységnyi vízmennyiség elpárologtatása mellett állít elő, vagyis a vízhasznosulási együtthatót (WUE = water use efficiency):

$$\text{WUE} = \frac{Y_{\text{GAZD}}}{E} \quad (5)$$

ahol Y_{GAZD} a gazdaságilag hasznos termés (a szemtermés) g/ha-ban kifejezett értéke, E a tényleges evapotranszpiráció a teljes vegetációs periódus alatt (kg/ha értékben).

3. EREDMÉNYEK

3.1. Az őszi árpa tenyészidőszakának agroklimatológiai jellemzése

3.1.1. Az őszi árpa fenofázisainak statisztikai jellemzői

A fenológiai idősor 1967-1982 közötti szakaszában a tenyészidőszak hossza lényegében 260 és 280 nap között ingadozott és az 1970-es évek vége felé a tenyészidőszak hossza közeledett a 260 nap hosszúsághoz, vagyis kissé csökkenő tendenciát mutatott. Az 1982 utáni időszakban a tenyészidőszak hossza egy-két év kivételével 260 napnál rövidebb volt, így a változás tendenciája a tenyészidőszak jelentős rövidülését mutatja. Magyarázata az, hogy a hőmérsékletváltozás a 80-as évek után nagyobb.

3.1.2 Az őszi árpa termesztésének éghajlati feltételrendszere

Az őszi árpa tenyészidőszakának termikus jellemzői. A vizsgálatok azt mutatják, hogy az őszi árpa vegetációs periódusa egybevetve az egynyári növények periódusával, annál hűvösebb és nedvesebb, így egy éghajlatváltozás hatására bekövetkező – leggyakrabban feltételezett – felmelegedési tendencia várhatóan kevésbé szélsőséges viszonyokat okozna, mint az egynyári gabonáknál, feltételezve, hogy a változási tendencia az év egészében egységesen jelentkezik.

Az őszi árpa tenyészidőszakának higrikus jellemzői. A meteorológiai hatások közül rendszerint a higrikus elemek mutatnak nagyobb változékonyságot, ezért az őszi árpa vízellátottsági viszonyait mind a talajnedvesség, mind pedig a párolgás iránti igény szempontjából vizsgáltuk. Megállapítható, hogy az őszi árpa tenyészidőszakát viszonylag jó vízellátottsági viszonyok jellemzik.

3.1.3 Természetes időszakok

Az őszi időszakban a vetés időpontja és a napi középhőmérsékletek 5 fok alá süllyedésének időpontja között átlagosan 40-50 nap áll a növény rendelkezésére, hogy megerősödve menjen át a nyugalmi időszakba (**1. táblázat**). Az áttelelési időszak során, amikor a napi középhőmérsékletek 5 fok alatt vannak, a növény nyugalmi állapotban van; ez átlagosan november közepétől március közepéig tart. A tavaszi időszak a napi középhőmérsékletek 5 fok fölé emelkedésének időpontjától (D_{T5}), március közepétől a növény viaszéréséig, június közepéig tart.

1. táblázat Az őszi árpa fenológiai fázisainak és a természetes időszakok kezdeteinek statisztikája (1984-1997)

Állomás	Az időszak bekövetkezési időpontjának sorszáma								
	Vetés - $D_{\text{Ö5}}$ időszak hossza			$D_{\text{Ö5}}$ - D_{T5} közötti időszak hossza			D_{T5} - Érés időszak hossza		
	min.	átlag	max.	min.	átlag	max.	min.	átlag	max.
Miskolc	23	37	51	109	132	145	59	83	102
Kaposvár	21	40	55	110	130	148	70	98	154
Kecskemét	22	45	73	98	124	138	70	82	95
Mosonmagyar- óvár	15	43	60	99	125	138	76	86	102
Nyíregyháza	25	36	49	106	129	143	72	92	111
Békéscsaba	33	44	60	94	121	136	77	90	104
Szolnok	36	47	60	96	122	135	72	84	110

3.2. Az éghajlat hatása az őszi árpa fenofázisaira

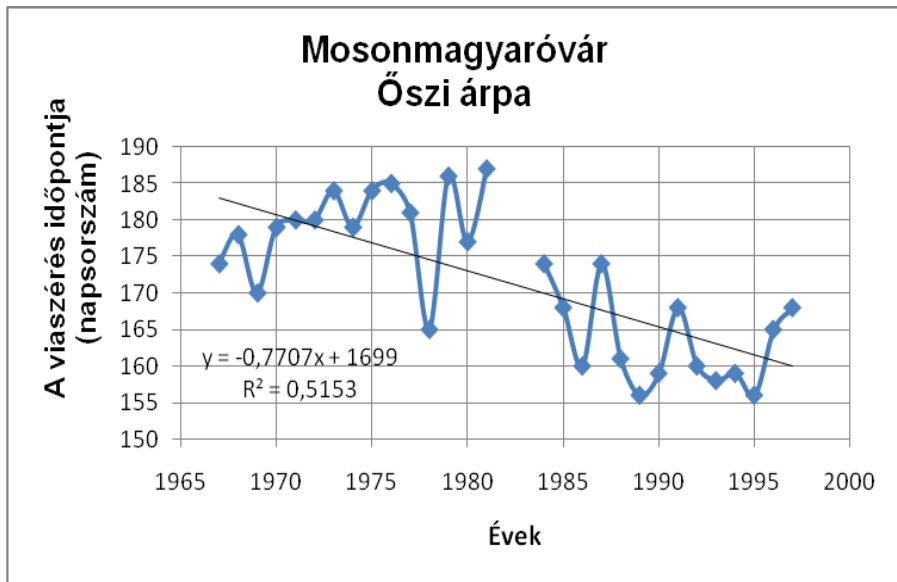
3.2.1. A meteorológiai viszonyok és a növényfejlődés

Az éghajlati változékonyság és a fázisstartamok. Az őszi időszakban a vetés-keelés szakasz alapvetően hosszabbodást mutat, mert a keelés időpontja mintegy 3 nappal későbbre tolódott, az áttelelés időszakát magába foglaló keelés-szárbaindulás szakasz hosszának változási trendje – összetett voltánál fogva - kevésbé általánosítható. A tavaszi időszak fázisstartamaira alapvetően a fázisstartamok rövidebbé válása a jellemző. Magyarázata az, hogy a hőmérsékletváltozás a 80-as évek után emelkedő tendenciájú.

A termikus meteorológiai elemek és a növényfejlődési index. A növényfiziológiából ismeretes, hogy a növények fejlődésére a hőmérséklet és a napsugárzás együtt van hatással, amelynek jellemzésére a radiotermikus index megfelelő. Hazánkban a radiotermikus index segítségével közel determinisztikus módon meghatározható a fenofázis hosszának alakulása.

A termikus elemek összegei és a fenofázisok hossza között kapott szoros lineáris összefüggések lehetőséget adnak arra, hogy a termikus meteorológiai elemek összegei segítségével meghatározzunk egy növényfejlődési indexet, amelynek alapján a növény fejlődése napról-napra nyomon követhető. A számítások eredményei a számított és a tényleges értékek közötti összefüggés meghatározásával verifikálhatók. A számítások szerint hazánkban elsősorban az aktív hőmérsékleti összeg és a fotoszintetikusan aktív sugárzás összege alkalmazható a növényfejlődési index számítására. A kapott eredmények között szorosabb összefüggések csak akkor lennének várhatók, ha az egyes időszakokhoz tartozó potenciális összeg meghatározását pontosítani lehetne.

3.2.2. Az őszi árpa érési időpontja



1. ábra. Az őszi árpa érési időpontjának évi ingadozásai.

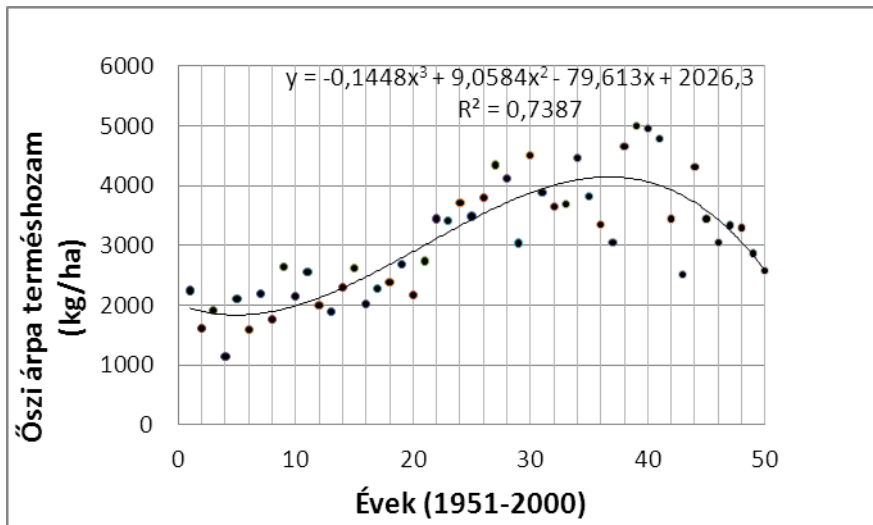
Az őszi árpa érése 1967-1982 között inkább egy kisebb mértékű későbbi időpontra tolódást, míg 1982-97 között jelentősen korábbi bekövetkezést jeleznek (**1. ábra**). A közelmúlt hőmérsékleti változásai miatt az érési időpontok határozott korábbra tolódásának tendenciája mutatkozik. Ha a változás tendenciáját egyenessel írjuk le, akkor évente 0,77 nappal, tehát 10 évente 7,7 nappal, vagyis kb. egy héttel került korábbi időpontra az őszi árpa érése hazánkban.

A kelés időpontja alapján számított értékek és a megfigyelt értékek közötti eltéréseket vizsgálva az látható, hogy az 1980 utáni időszakban a kelés alapján becsült érési időpont előrejelzésének hibája 70% körüli valószínűséggel $\pm 4-6$ napon belül van. Mivel több, mint 7 hónapos (200 napos) előrejelzésről van szó, ez jó intervallumbecslésnek tekinthető.

3.3. Az éghajlati változékonyság a hatása az őszi árpa termés hozamára

3.3.1. Érzékenységi vizsgálatok

A meteorológiai hatásfüggvények meghatározása. Harmadfokú trendfüggvénnyel (**2. ábra**) jellemzhető az agrotechnikai tényezők (fajta, tápanyag, növényvédelem) hatása. A trendfüggvény értékeiből képezhetők a trendarány ($Y(t)/Y_0(t)$) értékek, amelyek a tényleges termés hozamok és a trendértékek közötti változás arányát fejezi ki.



2. ábra Jász-Nagykun-Szolnok megye 1951-2000 közötti években mért őszi árpa terméseiből számított trendfüggvény

3.3.2. Évszakos és havi adatokra épülő elemzés

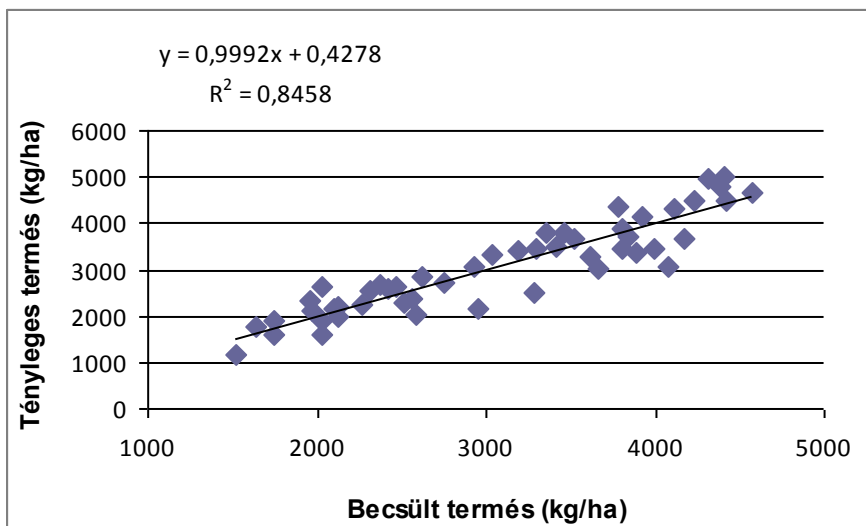
A téli és a májusi középhőmérsékletek hatásának vizsgálata. A téli és a májusi középhőmérsékletek hatását másodfokú polinommal határoztuk meg

(2. táblázat). Az áttelelési és a májusi időszakban a hőmérséklet jelentős hatást gyakorol az őszi árpa terméshozamának alakulására. Az esetek közel 20%-ában a becslési hiba 5% alatt maradt, az összes eset 50%-ában a hiba kisebb volt 10%-nál. Az összes eset valamivel több, mint kétharmadában pedig a becslési hiba 15% alatt maradt.

2. táblázat A középhőmérsékletek hatása a trendarányokra. Őszi árpa másodfokú korrelációs hányados értékei (1951-2000)

Az átlaghőmérséklet hatása a trendarányra			
Megye	Város	$r_{\text{téli}}$	$r_{\text{májusi}}$
Győr-Moson-Sopron	Győr	0,51	0,36
Vas	Szombathely	0,55	0,34
Zala	Zalaegerszeg	0,42	0,30
Tolna	Iregszemcse	0,40	0,20
Baranya	Pécs	0,38	0,13
Bács-Kiskun	Kecskemét	0,34	0,41
Pest	Budapest	0,43	0,50
Jász-Nagykun-Szolnok	Szolnok	0,49	0,43
Csongrád	Szeged	0,34	0,36
Békés	Békéscsaba	0,43	0,25
Hajdú-Bihar	Debrecen	0,60	0,35
Szabolcs-Szatmár-Bereg	Nyíregyháza	0,47	0,28
Borsod-Abaúj-Zemplén	Miskolc	0,54	0,42
Heves	Kompolt	0,48	0,48

Az egymásra épülő hatás elemzése reziduális közelítéssel. Reziduális közelítés segítségével a téli és a májusi középhőmérsékletek egymásra épülő hatásukat elemezve az adatokból szoros lineáris kapcsolat látható, amelynek korrelációs együtthatója $r = 0,9197$, vagyis a determinációs koefficiense $r^2 = 0,8458$. Jász-Nagykun-Szolnok megyében (**3. ábra.**). A hőmérséklet erős befolyással van az őszi árpa terméshozamára ebben a megyében. Különösen jelentős a hőmérséklet hatása a téli hónapokban, valamint május hónapban a kalászás és virágzás körüli időszakban. Hasonló eredményeket kaptunk a többi megyére is. Egy esetleges hőmérsékletváltozás tehát az őszi árpa termesztését érzékenyen érintené. A módszertől becslési célra elfogadható eredmények várhatók.



3. ábra. A becslült terméshozam és a tényleges terméshozam adatainak az összehasonlítása Jász-Nagykun-Szolnok megyében (1951-2000)

3.3.4. A dekád adatokra épülő elemzés

Az őszi időszakban október harmadik dekádjának és november második dekádjainak hőmérsékletei szorosabb kapcsolatot mutatnak a termés hozammal. A téli hónapokban december harmadik dekádjának és február első és második dekádjának hőmérsékleti viszonyai vannak hatással a termés hozamokra (ez valószínűleg a vernalizációval van összefüggésben, ennek pontosabb tisztázásához azonban további vizsgálatok kellene).

A téli hőmérsékleti hatást tehát a dekádokra épülő vizsgálatok is mutatják. A tavasz folyamán április harmadik dekádjának, május harmadik dekádjának és június első dekádjának hőmérsékleti viszonyai mutatnak jelentősebb termésbefolyásoló hatást. A determinációs együtthatók (r^2 értékek) minden megfigyelőhelyen 0,9-nél magasabbak voltak, vagyis a korrelációs koefficiensek (r értékek) közel voltak 1-hez.

Az eredmények verifikálása és validálása. A módszerrel történő becslés során várhatóan a becslések 30-50%-a 5%-nál kisebb eltérést kapunk majd a tényleges értékektől, 70-80%-a pedig 10%-nál kisebb hibát mutat. A módszerrel tehát az esetek kb. háromnegyedében 10%-nál kisebb hibával tudjuk becsülni a termés hozamokat.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy a fokozatos közelítésű modell jól alkalmazható az év hűvös és nedves időszakában termő őszi árpa termés hozamának becslésére. Tovább egyszerűsíthetjük a modellt azzal, hogy feltételezzük: a vízellátás az őszi árpa tenyészidőszakában évről-évre kedvező marad. Csak ritkán kell szárazabb időszakokkal számolni, mert azok hazánkban többnyire csak júliustól fordulnak elő.

A dekádokra épülő vizsgálatnál a módszer gyakorlati szempontból jó pontosságú és vele legkésőbb június első dekádjának végén kellő

pontossággal megbecsülhető a termés. Az őszi árpa aratása június végén, július elején van, ezért az egy hónappal előbbi információ is hasznos lehet (pl. a tárolás, a piaci viszonyok miatt stb.).

Az alkalmazott modell már az egymás utáni időszakok hatását is figyelembe tudja venni, s előrelépést jelent a tisztán statisztikai modellektől a dinamikus modellek felé. Megvizsgálható vele, hogy a változások a vegetációs periódus mely időszakában jelentkeznek, másrészt a változások okozta hatások a terméseredményeken keresztül számszerűen is nyomon követhetők.

3.4. Az őszi árpa éghajlati potenciálja

3.4.1. Az őszi árpa sugárzáshasznosítása

Az elméletileg lehetséges maximális sugárzáshasznosítás adatokhoz viszonyítva a vizsgálataink során kapott, az őszi árpa gazdaságilag hasznos termésre vonatkozó sugárzáshasznosítási értékei viszonylag alacsony, 0,2 %-0,5 % értékeket adtak. Célszerű lenne a fontosabb gazdasági növények sugárzáshasznosulási együtthatóinak értékét növelni, mert ekkor arányosan nagyobb terméshozamot kapnánk. A célt a sugárzást jobban hasznosító fajták nemesítésével, és a sugárzáshasznosulást elősegítő gyakorlati eljárások alkalmazásával érhetjük el.

3.4.2. Az őszi árpa vízhasznosítása

Feltételezve a kedvező vízellátottsági viszonyokat és a megfelelő tápanyagszint és növényvédelem biztosítását, hazánk éghajlati viszonyai mellett a nyugati és északi hűvösebb területeken a vízhasznosuláson alapuló ténylegesen lehetséges maximális terméshozamok 10 t/ha érték alatt maradnak, míg az ország többi területén 10 t/ha érték feletti.

4. ÚJ VAGY ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

- 1) A meteorológiai tényezők őszi árpa fenofázis tartamaira gyakorolt hatásának vizsgálatánál a radiotermikus index segítségével sikerült korábbi hazai vizsgálatok eredményeinél szorosabb, közel determinisztikus összefüggést megállapítani.
- 2) A kelés időpontja és a kelés-érés időszak hossza között nagyon szoros (0,9 feletti korrelációs koefficiensű) összefüggést kaptunk, aminek segítségével becsülhető a növény érési időpontja, s a betakarításának ideje.
- 3) Számszerűen meghatároztuk, hogy az őszi árpa hogyan hasznosítja a tenyészidőszak alatt rendelkezésre álló sugárzást. Az őszi árpa gazdaságilag hasznos termésre vonatkozó sugárzáshasznosulásának országos átlagai az 1950-es évek elejére jellemző 0,25% alatti értékekről az 1980-as évek végére 0,5%-os értékek fölé emelkedtek. Az évezred utolsó évtizedében ez az érték jelentős csökkenést mutat agrotechnológiai okokból.
- 4) Számszerűsítettük, hogy az őszi árpa termésének alakulásában hogyan hasznosul a növény által elpárologtatott vízmennyiség. Az átlagértékek alapján minden kg víz elpárologtatásával 0,85-1,10 gramm szemtermés keletkezik. A maximális értékek 1,40 és 2,15 gramm között változtak. Feltűnő, hogy az észak-alföldi megyékben (Jász-Nagykun-Szolnok, Hajdú-Bihar és Szabolcs-Szatmár-Bereg) a maximumok meghaladják a 2 grammot. A minimumok 0,29 és 0,54 gramm között változnak.
- 5) A reziduumok meghatározására épülő fokozatos közelítés (szukcesszív approximációs) módszer segítségével nagyon szoros korrelációjú

összefüggést sikerült megállapítani az őszi árpa tenyészidőszaka alatti meteorológiai tényezők és a szemtermés között. Ezáltal sikerült megállapítani, melyek a tenyészidőszak alatt a meteorológiai tényezők szempontjából szignifikáns időszakok és mely meteorológiai tényezők hatása a legerősebb a termésre. Ez utóbbiak segítségével sikerült a terméshozamokat az esetek több, mint 70%-ában 10%-nál kisebb hibával meghatározni, ami nagyon jó eredménynek tekinthető.

- 6) Kidolgoztunk egy a de Wit-féle produkciós szintek figyelembe vételére épülő éghajlat-termés modellt, amelyben
- a 3. és 4. szintet jelentő agrotechnikai tényezőket (fajta, tápanyagellátás, növényvédelem) a trendfüggvény alkalmazásával,
 - a 2. szintet jelentő vízellátottságot a talajnedvesség-igény és a párolgási igény agroklimatológiai analízise útján,
 - az 1. produkciós szintet jelentő meteorológiai hatásokat pedig a reziduumok elemzésére alapozott fokozatos közelítés módszerével határoztuk meg.

Ilyen jellegű modellt az őszi árpára vonatkozóan hazánkban még nem dolgoztak ki, de a nemzetközi szakirodalomban sem találoztunk hasonlóval.

PUBLIKÁCIÓK

Monográfiák, jegyzetek:

1. VARGA-HASZONITS Z. - VARGA Z. - LANTOS ZS. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Monográfia. Monocopy, Mosonmagyaróvár. 410 oldal.

Magyar nyelven megjelent tudományos közlemények

1. VARGA-HASZONITS Z. - VARGA Z. - LANTOS ZS. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. (2005): Az 1951-2000 közötti időszak hőmérsékleti minimum értékeinek agroklimatológiai elemzése. „Agro-21” Füzetek. 40. szám, 94-105.

2. VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. - LANTOS ZS. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. (2005): Az éghajlatingadozás hatása a vegetációs periódusra. Acta Agronomica Óváriensis. 47 (2), 3-20.

3. VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. - LANTOS ZS. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. (2005): Az 1951-2000 közötti időszak szélsőséges nedvességi értékeinek agroklimatológiai elemzése. „Agro-21” Füzetek. 46. szám, 26-37.

4. VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. - LANTOS ZS. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. (2006): Az 1951-2000 közötti időszak hőmérsékleti maximum értékeinek agroklimatológiai elemzése. „Agro-21” Füzetek. 47. szám, 55-69.

5. **ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E.** (2007): A termikus meteorológiai elemek hatása az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) fejlődésére. *Acta Agronomica Óváriensis*. 49 (2) 281-286. o.

6. **VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. - LANTOS ZS. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – MILICS G.** (2008): A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és Talajtan*. 57 (1), 7-20. o.

7. **ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E.** (2009): Az őszi árpa termesztésének agroklimatológiai jellemzői hazánkban. *Acta Agronomica Óváriensis*. 51 (2). 3-20.

8. **LANTOS ZS. - VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E.** (2010): Gazdasági növények sugárzashasznosításának agroklimatológiai elemzése. „Klíma-21” Füzetek. 59. szám, 66-73. o.

Angol nyelven megjelent tudományos közlemények

1. **ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. - LANTOS ZS. – VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z.** (2011): Determination of winter barley yield by the aim of multiplicative successive approximation. *Időjárás*. Vol. 115. No. 3. 167-178. **(IF 0,364)**

2. **VARGA-HASZONITS Z. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. - LANTOS ZS. - VARGA Z.** (2011): Water demand and water use efficiency of winter barley in Hungary. *Acta Agronomica Hungarica*. 59 (1). 59 (1). 13-22. o.

3. **VARGA-HASZONITS Z. - VARGA Z. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – LANTOS ZS.** (2010): Estimation of winter barley

yield by means of a multiplicative successive procedure based on the residual method. Acta Agronomica Óváriensis. 52 (2). , 9-18.

4. VARGA-HASZONITS Z. - VARGA Z. – LANTOS ZS. – **ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E.** – MILICS G. (2010): Effect of soil water supply on the water demand of crops. AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 60 (Különszám), 75.

Előadás:

1. **ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E.** (2007): A termikus meteorológiai elemek hatása az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) fejlődésére. MTA IV. Növénytermesztési Tudományos Nap 2007. március 29-31. Mosonmagyaróvár.