



A kislevelű hárs (*Tilia cordata* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése

VARGA ZOLTÁN – VARGA-HASZONITS ZOLTÁN –
ENZSÖLNÉ GERENCSÉR ERZSÉBET – MILICS GÁBOR

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

Az éghajlatingadozás jelenlegi, számos bizonytalansággal terhelt szakaszában különböző élőszervezetek – s nem kizárólag a leginkább vizsgált gazdasági növények – fenológiai vagy bioklimatológiai elemzése segítségével információkat gyűjthetünk az éghajlati rendszer változékonyságáról és hatásairól. Az ország nagy részét lefedő állomáshálózat több mint egy évtizedes (kislevelű) hárs fenológiai adatok és az azokkal társítható termikus meteorológiai adatok felhasználásával elemeztük:

- a hárs fenológiai jelenségeiben megnyilvánuló törvényszerűségeket, területi és időbeli anomáliákat,
- a hárs különböző fenofázisai alatti termikus meteorológiai viszonyok statisztikai jellemzőit és változási tendenciáit,
- a termikus elemek és indexek hatását a hárs fázistartamaira és fejlődési ütemeire.

Eredményeink adalékot jelenthetnek az éghajlatváltozással kapcsolatos komplex jelenségek vizsgálatahoz és – különösen a radiotermikus indexszel kapcsolatos eredmények – segíthetnek a hársfejlődés numerikus előrejelzésében.

Kulcsszavak: hárs, fenológia, sugárzás, hőmérséklet, éghajlatváltozás.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Egy esetleges éghajlatváltozás hatása a teljes bioszférát, a legkülönbözőbb fejlettségű és rendszertani besorolású szervezeteket érinti. A hatások jellege és mértéke fajoként jelentősen eltérhet, de ez a komplex és globális érintettség lehetőséget nyújt arra, hogy az éghajlatingadozás jelenlegi, számos bizonytalansággal terhelt szakaszában különböző élőszervezetek – s nem kizárólag a leginkább vizsgált gazdasági növények – fenológiai vagy bioklimatológiai elemzése segítségével információkat gyűjtsünk az éghajlati rendszer változékonyságáról és hatásairól. Egy viszonylag kevésbé vizsgált terület a vadon termő, fás szárú növényekre gyakorolt éghajlati hatás számszerűsítése.

A várható hatások tekintetében vannak figyelembe vehető analógiák. *Sukopp és Wurzel* (2000) szerint, mivel az európai nagyvárosok vegetációja jól dokumentált és a hőmérséklet-emelkedési tendencia jellemzője e területeknek, ezért a belvárosi körzetek mikroklimatikus viszonyai (alacsony légnedvesség, magas léghőmérséklet) alkalmasak a globális felmelegedés szimulációjára. Számos faj, köztük a hárs hőmérsékletemelkedésre adott reakciója válik így tanulmányozhatóvá, szem előtt tartva, hogy a körülmények sok tekintetben eltérnek a természetes termőhelyi viszonyoktól.

Chmielewski et al. (2005) kutatásai alapján a fás szárú évelők várhatóan a tavaszi és a nyári fenofázisaikkal reagálnak a legérzékenyebben az éghajlati viszonyok változásaira, s különösen a tavaszi lombosodás és virágzás korábbi bekövetkezése várható. 2050-re a szerzők a fenofázisok akár több héttel korábbi bekövetkezését is elképzelhetőnek tartják. Ezzel egybecsengenek *Donnelly et al.* (2006) írországi fenológiai megfigyelései, melyek szerint a legszembetűnőbb változás a fás növények, köztük a hárs vegetációjának korábbi megindulása. Nyugat- és közép-európai területeken a hárs nyári virágzása évtizedenként 1–3 nappal jelentkezett korábban a 20. század második felében (*Ahas et al.* 2002).

Az őszi fenofázisok kisebb változásai miatt *Chmielewski et al.* (2005) a vegetációs időszak meghosszabbodását valószínűsítik. Más környezeti (meteorológiai) hatások is befolyásolhatják a képet. Például, ha nagyobb aszálygyakoriság is jelentkezik, akkor a lomb elszíneződése, s lehullása szintén több héttel korábban jelentkezhet, s így a vegetációs periódus nem meghosszabbodik, csupán előbbre tolódik.

Ennél drasztikusabb változások csak hosszabb idő alatt mennek végbe, köszönhetően e fajok sok évtizedes élettartamának is. *He et al.* (1999) modellezték az éghajlatváltozás növénytakaróra gyakorolt hosszú távú hatásait. Eredményeik szerint a boreális területek őshonos fajainak eltűnése és a délibb lombhullató fajok betelepülése – fokozatos felmelegedést feltételezve – 2–3 évszázad alatt mehet végbe. *Bradshaw et al.* (2000) ugyanakkor a hárs európai elterjedési területének változásait elemezve úgy találták, hogy napjainkban a korábbinál gyorsabb változások várhatók. Árnyalja a helyzetet, hogy a fajösszetételt nem kizárólag a klimatikus adottságok határozzák meg: *Cowling et al.* (2001) 1500 éves paleoklimatológiai adatbázis elemzésével arra a következtetésre jutottak, hogy a hárs jelenlegi aránya nyugat-dániai erdőkben alacsonyabb az éghajlati viszonyok által indokoltnál, s háttérben a 17. század eleje óta számottevő mértékű antropogén hatások állhatnak.

Összességében az éghajlati viszonyok változásai várhatóan a fás társulások diverzitásának csökkenését okozzák (*Chen* 2001), s e versenyben a hárs jó eséllyel indul. *Chen et al.* (2003) elemzése szerint a hársfajok által borított terület Északkelet-Kínában a 20. század utolsó éveiben növekedett, amiben a felmelegedéssel szembeni jó tűrőképességük is szerepet játszhat. *Liu és Jin* (2005) vizsgálatai szerint a hőmérsékletemelkedés és a magasabb szén-dioxid szint hatására a hárs levélfelület indexe növekszik. *Deng et al.* (2000) szerint a szén-dioxid szint megkétszereződése az erdők biomasszájának növekedését és a fajösszetétel megváltozását, pl. a hársfajok arányának növekedését vonná maga után Kína hegyvidéki területein.

He et al. (2005) vizsgálatai szerint a felmelegedés fás szárú vegetációra gyakorolt hatásai az elterjedési terület szegélyén jelentkeznek a legnyilvánvalóbban. Ilyen szempontból a hazai állományok adatai alapján kevésbé várható az éghajlatváltozás detektálása. Európa

északi országaiban a hárs elterjedési területe északi határán mozog, s jelenleg csak elszórtan fordul elő. Egy esetleges melegedés közvetlen módon e vidékeken számottevően javíthatja a hárs helyzetét, bár a hőmérséklet emelkedése új kártevő fajok megjelenésének is teret adhat, ami viszont ezzel ellentétesen hatna (Ranta 1996).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A hársfejlődés bioklimatológiai jellemzőinek vizsgálatához a Nyugat-magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának agroklimatológiai adatbankját használtuk fel. Az adatbank az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai megfigyelő hálózata és az Országos Fajtaminősítő Intézet – a mai Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal – fenológiai megfigyelő hálózata által mért meteorológiai és fenológiai adatokat tartalmazza.

Az elemzés az 1984 és 1997 közötti 14 esztendő, 8 állomáson (Badacsony, Eger, Kaposvár, Mosonmagyaróvár, Pápa, Romhány, Szeged, Tiszaroff) észlelt fenológiai adataira és a hozzájuk rendelhető azonos vagy szomszéd megyéből származó, hasonló természetföldrajzi adottságok mellett gyűjtött (a fenológiai állomások fenti sorrendjének megfelelően a meteorológiai adatok származási helyei: Zalaegerszeg, Kompolt, Iregszemcse, Mosonmagyaróvár, Győr, Miskolc, Szeged, Szolnok) mért és számított napi termikus meteorológiai adatokra épül. A növények fejlődésével az adott időszak átlaghőmérsékletét, pozitív hőmérsékleti összegét, napfénytartam összegét és globálsugárzás összegét – illetve a később bemutatandó indexeket – hoztuk összefüggésbe.

Az egyes fenológiai időpontok naptári dátumait az év napjainak a sorszámává alakítottuk oly módon, hogy a napok sorszámozását minden esetben január 1-től kezdtük és folyamatosan sorszámoztuk az év végéig, azaz normál évben december 31. az év 365. napja, szökőévben pedig a 366. napja lett. Ez lehetővé tette, hogy a fenofázisok dátumai segítségével meghatározzuk a fázisstartam hosszát, s ennek a meteorológiai elemekkel való kapcsolatát elemezzük:

$$n = F_2 - F_1 = f(m_1, m_2, \dots, m_k) \quad (1)$$

ahol n a fázisstartam hossza napokban, F_1 és F_2 pedig az egymás utáni fenofázisok bekövetkezésének az időpontjai, az m_1, m_2, \dots, m_k pedig az egyes meteorológiai elemeket jelölik.

A fenofázis tartamából az átlagos fejlődési ütemet úgy számíthatjuk, hogy az n napból álló fázisstartam egy napra eső hányadát ($1/n$) vesszük, ugyanis ha ezt n napon át összegezzük, abban az esetben:

$$\sum \frac{1}{n} = \left(\frac{1}{n}\right)_1 + \left(\frac{1}{n}\right)_2 + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)_n = n \frac{1}{n} = 1 \quad (2)$$

és akkor bekövetkezik az újabb fenofázis. Ezt a napi átlagos fejlődési ütemet ugyancsak összefüggésbe lehet hozni a meteorológiai elemekkel, azaz

$$\frac{1}{n} = f(m_1, m_2, \dots, m_k) \quad (3)$$

Az (1) és (3) egyenletbe foglalt meteorológiai hatásfüggvényeket először egyetlen elem alapján határoztuk meg, majd a legerősebb összefüggést mutató elemeket indexként egybe foglaltuk. A használt indexek (fototermikus index, radiotermikus index) bemutatása az Eredmények fejezetben történik.

A matematikai–statisztikai elemzésekhez Excel 2003 és Statistica 6.0 szoftvereket, a területi változékonyságot megjelenítő térképek megrajzolásához pedig ArcView 9.1 szoftvert használtunk.

EREDMÉNYEK

A hárs fenofázisainak statisztikai jellemzői

Az 1. táblázat a hárs fenológiai jelenségeinek legkorábbi, átlagos és legkésőbbi bekövetkezési időpontját, illetve a fenológiai fázisok legrövidebb, átlagos és leghosszabb tartamát mutatja be állomásonként az 1984–1997-es időszak adatai alapján.

1. táblázat A hárs fenológiai jelenségeinek és fázisstartamainak statisztikája (1984–1997)

Table 1. Statistics of phenological events and phenophases of linden (1984–1997)

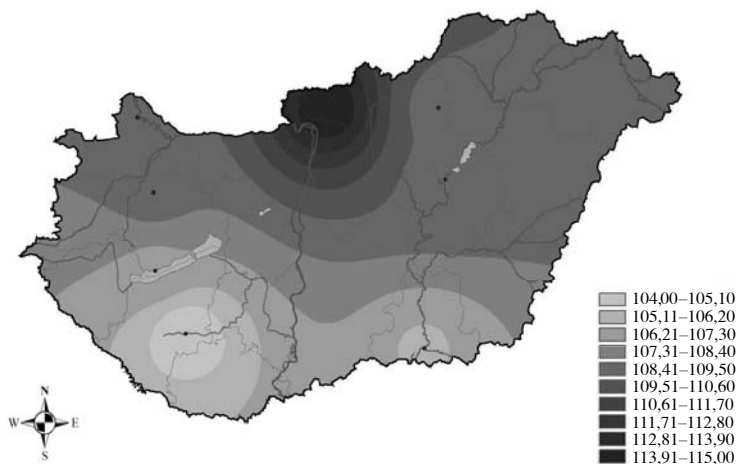
(1) station, (2) date of phenological event in ordinal number of day of year, (3) leafing, (4) flowering, (5) leaf fall, (6) average, (7) length of phenophase, (8) leafing–flowering, (9) flowering–leaf fall, (10) growing season

Állomás (1)	Fenológiai jelenség bekövetkezési időpontjának sorszáma (2)								
	Lombosodás (3)			Virágzás kezdete (4)			Lombhullás (5)		
	min	átl (6)	max	min	átl	max	min	átl	max
Badacsony	95	107	119	145	157	170	279	299	313
Eger	95	109	116	128	150	172	273	290	304
Kaposvár	85	104	115	150	161	178	294	302	322
Mosonmagyaróvár	92	109	122	146	160	173	268	297	314
Pápa	95	109	117	139	166	179	270	303	313
Romhány	103	115	122	135	168	183	251	280	296
Szeged	93	106	116	140	157	171	277	294	319
Tiszaróff	92	110	130	147	157	168	291	307	320
Állomás	Fázisstartam (7)								
	Lomb.–virágzás kezd. (8)			Virágz. kezd.–lombhull. (9)			Vegetációs periódus (10)		
	min	átl	max	min	átl	max	min	átl	max
Badacsony	29	49	68	127	143	168	162	192	207
Eger	18	42	65	114	139	165	160	181	204
Kaposvár	41	58	77	128	141	157	181	199	221
Mosonmagyaróvár	32	51	70	95	137	159	155	188	212
Pápa	26	57	73	91	137	171	154	194	208
Romhány	13	53	67	82	112	161	136	165	191
Szeged	24	51	69	113	137	163	168	188	217
Tiszaróff	29	47	71	135	151	166	167	198	216

A lombosodás átlagosan 10 napon belül következik be az egész országban; a Dunántúl közép- és déli részén, valamint az Alföldön április közepe tájékán, míg az északi, északkeleti országrészben inkább április harmadik dekádjában várható legvalószínűbben a lombosodás kezdete. E fenofázis bekövetkezési idejének a földrajzi szélességtől (és ezáltal a hőmérséklettől) való függését jól szemlélteti az 1. térkép. Az állomások viszonylag kis száma miatt természetesen csak jelzésértékűek a térképen bemutatott anomáliák, s az állomásszámhoz képest nagyszámú alkalmazott fenológiai kategória is mindösszesen a különbségek még jobb kihangsúlyozásának célját szolgálja. A térképről leolvasható területi elrendeződés egybeesik *Chmielewski et al.* (2005) megállapításával a fás szárú évelők lombosodásának fokozott hőmérsékleti érzékenységről. A hárs levélképződése legkorábban április első felében, legkésőbb április végén, május első dekádjában várható a vizsgált időszak adatai alapján. Tendenciaszerűen e statisztikai jellemzőkben is kimutathatók a földrajzi fekvés által kiváltott fenológiai különbségek – a déli területeket korábbi, az északiakat későbbi lombosodási dátumok jellemzik e tekintetben is.

1. térkép A hárs lombosodás átlagos kezdőnapjának sorszáma (1984–1997)

Map 1. Average date of leafing of linden (ordinal number of day of year, 1984–1997)

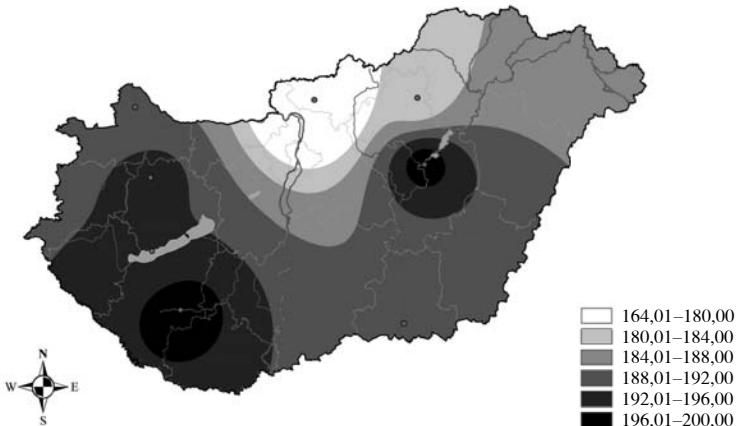


A virágzás átlagos kezdési időpontja országosan már csaknem 20 napos különbségeket mutat, május végétől június második feléig számíthatunk egy átlagos évben ennek bekövetkeztére. Előfordult a 20. század végén olyan év is, amikor Egerben már május első dekádjában, s olyan is, amikor Romhányban csak július elején kezdődött meg a virágzás. E fenológiai jelenség tekintetében kevésbé mutatható ki szabályos területi eloszlás. A lombhullás átlagosan október első dekádjától november elejéig várható – már csaknem egy hónapos az országon belüli területi eltérés, de szeptember első dekádjától november közepéig van esély az előfordulására. A lombhullás – ellentétben a lombosodással – általában a hűvösebb északi területeken következik be előbb, míg a melegebb országrészekén későbbre tolódik.

Az előzőek következménye, amint az az 1. táblázat alsó felének utolsó oszlopaiban és a 2. térképen is látható, hogy a hárs lombosodástól lombhullásig terjedő aktív időszaka az ország középső és déli megyéiben hosszabb, s az északi hűvösebb vidékeken a legrövidebb. A különbség sokévi átlagban az 1 hónapot is meghaladhatja (2. térkép): a hárs aktív időszaka átlagosan 5,5–6,5 hónapig tart, de Nógrádban előfordult alig 4,5 hónapos, míg Somogyban 7 hónap körüli vegetációs időszak is. A tenyészidőszak virágzásig terjedő első fele átlagosan 1,5–2 hónapos (42–58 nap), a virágzással kezdődő második szakasz pedig általában 4–5 hónap (112–151 nap) hosszúságú, a teljes vegetációs periódust is jellemző területi anomáliákkal.

2. térkép A hárs vegetációs periódusának átlagos hossza (nap, 1984–1997)

Map 2. Average length of growing season of linden (days, 1984–1997)



Vizsgáltuk a hárs fenológiai jelenségek bekövetkezési dátumainak és fázisstartamainak tendenciózus, az éghajlatváltozással összefüggésbe hozható lineáris megváltozását (korábbi vagy későbbi időpontra tolódását, illetve rövidülését vagy hosszabbá válását) is. A 8 megfigyelőhely állomásonkénti 6 (lombosodás, virágzás, lombhullás időpontja, illetve a lombosodás–virágzás, virágzás–lombhullás és a vegetációs periódus hossza), mindösszesen 48 jellemzőjét elemezve csak Badacsony és Romhány adatai alapján tudtunk összesen négy gyengén szignifikáns összefüggést kimutatni. A fenológiai jelenségek bekövetkezését tekintve a hárs Badacsonyban és Romhányban 1984 és 1997 között 10%-os szignifikancia szinten igazolhatóan korábban lombosodott, a fázisstartamok vonatkozásában pedig – a korábbi lombosodásnak is köszönhetően – Badacsonyban 5%-os szignifikanciával a vegetációs periódus hosszabbodását tudtuk igazolni, Romhányban viszont a hasonlóan gyenge szignifikanciájú kapcsolat a lombos időszak hosszának rövidülését jelezte. A 48-ból mindössze 4 gyengén szignifikáns összefüggés nem látszik alátámasztani egy esetleges hőmérsékletváltozási trend – az annak következményeként megváltozó – hárs fenológiai adatok segítségével való kimutathatóságát a 20. század utolsó két évtizedében.

A hárs fenológiai fázisstartamait jellemző termikus meteorológiai viszonyok

A 2. táblázat a hárs fenológiai szakaszait jellemző termikus viszonyok átlagos és szélsőséges alakulását mutatja be. A hárs vegetációs periódusának átlaghőmérséklete 15,5–17,6 °C között van, s a területi eloszlást mosonmagyaróvári minimum, szegedi maximum és délkeletről északnyugat felé haladva csökkenő értékek jellemzik. Mosonmagyaróváron észleltek 14,1 °C-os, Romhányban ellenben csaknem 20 °C-os (19,7 °C) átlaghőmérsékletű vegetációs periódust is. Ez utóbbi – romhányi – szélsőérték, hasonlóképpen az északkelet-magyarországi sokéves tenyészidőszaki átlaghőmérsékletek viszonylag magasabb értékeihez, döntően annak tulajdonítható, hogy Nógrád megyében a hűvös idő jelentősen lerövidíti az aktív vegetációs időszakot (*lásd a 2. térképet!*), amely ilyen módon az év melegebb periódusára tolódik el. Ezt támasztja alá az is, hogy a tenyészidőszak hőmérsékleti összegének minimuma 2860 foknapos értékkel pontosan ezen a területen található, a legmagasabb vegetációs periódus alatti hőmérsékleti összeg értékek (Tiszaroff: 3379, Mosonmagyaróvár: 3297 és Szeged: 3293 foknap) pedig a leghosszabb vegetációs periódusok esetén adódtak.

A vegetációs periódusbeli összeg jellegű sugárzási elemeknél is hasonló területi eloszlás rajzolódik ki: a minimum (napfénytartam összeg: 1220 óra, globálsugárzás összeg: 2916 MJ/m²) Romhányhoz köthető, a maximum (napfénytartam összeg: 1539 óra, globálsugárzás összeg: 3441 MJ/m²) pedig Tiszaroffhoz, ahogy ez a 2. táblázat alsó harmadából leolvasható. Az összegszerű meteorológiai elemek viszonylag magasabb értékeiben a hosszabb vegetációs periódus (pl. Kaposvár) és/vagy a délibb fekvés (pl. Szeged) hatása nyilvánulhat meg. Országos összehasonlításban a termikus meteorológiai elemek területi ingadozása – akár ezen elemek átlagos, akár szélső értékeiket tekintjük – viszonylag alacsony, ±20%-on belül marad az átlaghoz képest – mind a vegetációs periódus egészében, mind a virágzás–lombhullás időszakban. A kezdeti fejlődés időszakában viszont jelentősebb területi ingadozások tapasztalhatók.

Az egész vegetációs periódust jellemző meteorológiai értékek esetén tapasztalt összefüggések és területi anomáliák meglehetősen hasonlóan alakulnak a virágzás kezdete–lombhullás vegetációs részidőszakra is (2. táblázat középső harmada), ami nem meglepő, hiszen az átlagosan 4–5 hónapos virágzás kezdete–lombhullás szakasz viszonyai határozzák meg leginkább a teljes lombos időszak jellemzőit. E fenológiai fázis átlaghőmérséklete országosan kb. 1 °C-kal magasabb, mint a teljes tenyészidőszaké (Mosonmagyaróvár: 16,8 °C – Szeged 18,3 °C). A virágzás utáni vegetációs időszak összegszerű termikus jellemzői a teljes időszak értékeinek kb. kétharmadát, négyötödét teszik ki, ez is jelzi ezen időszak meghatározó súlyát. Ezen meteorológiai elemek területileg csaknem teljesen a vegetációs periódusnál tapasztalttal azonosan adódó minimumai (Romhány) és maximumai (általában Tiszaroff) a hőmérsékleti összeg esetén 2027 és 2809 foknap, napfénytartam összegnél 830 és 1180 óra, illetve globálsugárzás összegnél 1923 és 2557 MJ/m² (3. térkép). A térkép által bemutatott kép az állomások kis száma miatt természetesen ebben az esetben is vázaltszerű.

2. táblázat A hars fénológiai fázisstartamait jellemző meteorológiai értékek statisztikája (1984–1997)

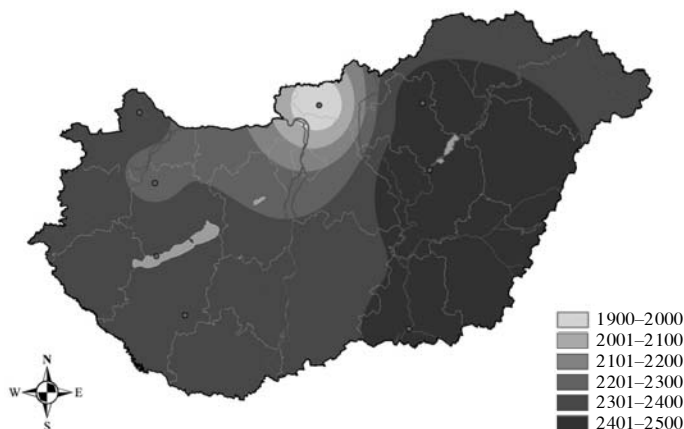
Table 2. Statistics of meteorological conditions during phenophases of linden (1984–1997)

(1) leafing-flowering, (2) station, (3) average temperature, (4) sum of positive temperatures, (5) sum of sunshine duration, (6) sum of global radiation, (7) average, (8) flowering-leaf fall, (9) growing season

Állomás (2)	Lombosodás–virágzás kezdete (1)											
	Átlaghőmérséklet (°C) (3)			Hőmérsékleti összeg (foknap) (4)			Nappfénytartam összeg (óra) (5)			Globálsugárzás összeg (MJ/m ²) (6)		
	min	átl (7)	max	min	átl	max	min	átl	max	min	átl	max
Badacsony	12,2	13,9	16,6	364	677	867	162	343	450	470	881	1182
Eger	12,0	14,7	17,7	229	611	895	143	301	472	330	754	1161
Kaposvár	13,3	14,9	18,2	638	844	1046	295	413	517	773	1042	1368
Mosonmagyaróvár	6,4	10,9	14,7	211	488	635	162	388	479	500	952	1213
Pápa	12,9	15,3	18,5	336	861	1015	172	485	534	446	1074	1358
Romhány	13,6	15,7	18,8	177	833	1049	75	391	470	211	993	1176
Szeged	13,2	15,6	18,7	416	799	1138	220	374	548	500	945	1305
Tiszaróff	13,2	15,6	19,2	428	723	1074	175	359	507	508	884	1269
	Virágzás kezdete–lombhullás kezdete (8)											
Badacsony	15,9	16,8	18,0	2201	2402	2815	892	1037	1215	2114	2387	2687
Eger	16,7	18,1	19,5	2092	2518	3058	859	1069	1290	1960	2440	2907
Kaposvár	15,7	17,2	18,3	2141	2421	2698	874	1045	1199	1999	2349	2648
Mosonmagyaróvár	14,6	16,8	19,4	2466	2809	3236	782	1030	1193	1770	2307	2578
Pápa	16,1	17,1	18,0	1637	2343	2751	709	1052	1388	1638	2289	2978
Romhány	16,3	18,3	22,2	1800	2027	2625	681	830	1018	1630	1923	2546
Szeged	16,1	18,3	21,0	2153	2495	2819	841	1074	1283	2098	2418	2795
Tiszaróff	16,1	17,6	18,6	2357	2656	3063	999	1180	1341	2198	2557	2819
	Vegetációs periódus (9)											
Badacsony	15,0	16,1	16,9	2590	3079	3442	1075	1379	1568	2756	3268	3563
Eger	16,0	17,3	18,8	2736	3129	3358	1154	1371	1542	2930	3194	3518
Kaposvár	14,9	16,5	17,3	2906	3265	3584	1247	1459	1618	3051	3391	3631
Mosonmagyaróvár	14,1	15,5	17,5	2970	3297	3594	1143	1418	1622	2871	3259	3638
Pápa	15,6	16,6	17,4	2592	3204	3537	1165	1487	1693	2821	3363	3710
Romhány	15,7	17,4	19,7	2684	2860	3183	1063	1220	1395	2684	2916	3144
Szeged	15,2	17,6	19,3	2899	3293	3530	1243	1448	1630	3035	3363	3607
Tiszaróff	15,7	17,1	18,2	3037	3379	3797	1395	1539	1710	3086	3441	3757

3. térkép A hárs virágzás kezdete–lombhullás kezdete fenofázisának globálisugárzás összege (MJ/m², 1984–1997)

Map 3. Global radiation sum of flowering–leaf fall phenophase of linden (MJ/m², 1984–1997)



A lombosodás–virágzás kezdete fenofázis átlaghőmérséklete általában 1–2 °C-kal alacsonyabb a teljes vegetációs időszakénál; kivétel az ebben az időszakban kirívóan hűvös (10,9 °C) Mosonmagyaróvár, mely esetén az anomália meghaladja a 4,5 °C-ot. A tenyészidőszak első fele átlagosan Romhányban a legmelegebb (15,7 °C, 2. táblázat felső része). A vegetációs periódus ezen 1,5–2 hónapos első fele a Közép–Dunántúlon Kaposváron és Pápán a leghosszabb, az északkeleti fekvésű Egerben a legrövidebb. Ez determinálja az egyszerű termikus elemek területi alakulását, melyeknek átlagos értékei 611–861 foknap, 301–435 óra, illetve 754–1074 MJ/m² tartományban mozognak a hőmérsékleti összeg, a napfénytartam összeg, illetve a globálisugárzás összeg esetén.

A hárs fázisstartamait jellemző termikus meteorológiai viszonyok időbeli menetét – lineáris változásokat feltételezve – is vizsgáltuk. Ilyen – éghajlati léptékben – viszonylag rövid időszak alatt bonyolultabb (nem-lineáris) időbeli menetet feltételezni nem láttuk célszerűnek. A 8 állomás három fenológiai időszaka (lombosodás–virágzás, virágzás–lombhullás és a vegetációs periódus) alatti átlaghőmérséklet, hőmérsékleti összeg, napfénytartam összeg és globálisugárzás összeg értékek időbeli alakulása segítségével próbáltunk tendenciózus változásokat detektálni.

Az egyirányú időbeli anomáliák hiányát jellemzi, hogy a mindösszesen 96 összefüggésvizsgálatból 0,1%-os szinten szignifikáns nem akadt, 1%-os szinten szignifikáns 1, 2%-os szinten szignifikáns 2, 5%-os szinten szignifikáns 4, 10%-os szinten igazolható szignifikáns összefüggés pedig 8 volt található. 81 összefüggésvizsgálat, az összes elemzett lehetőség csaknem 85%-a még a 10%-os szinten sem bizonyult szignifikánsnak. A szignifikáns összefüggések listáját a 3. táblázat tartalmazza. Látható, hogy az összes szignifikáns változás az adott termikus elem értékének emelkedését jelenti. Az anomáliák viszonylag jelentősnek mondhatók: az átlaghőmérséklet 10 évre vetített emelkedési mértéke 1,3–2,5 °C

között mozog, a hőmérsékleti összeg 192–249 foknapos évtizedenkénti emelkedést mutat, a napos órák számának növekedése 117–141 óra/10 év, a beérkező sugárzás összegé pedig 249–292 MJ/m². Megjegyezzük, hogy ezek a változások különböző fenofázisokra, azaz eltérő hosszúságú naptári időszakokra vonatkoznak.

3. táblázat A hárs fenológiai fázisai alatti meteorológiai viszonyok megváltozása az 1984–1997 közötti időszakban – szignifikáns lineáris összefüggés vizsgálatok listája

Table 3. Change of meteorological conditions during phenophases of linden between 1984–1997 – list of significant linear relationships

(1) level of significance (%), (2) station, (3) phenophase, (4) meteorological element, (5) type of change, (6) change/10 years, (7) flowering–leaf fall, (8) growing season, (9) leafing–flowering, (10) average temperature, (11) sum of sunshine duration, (12) sum of global radiation, (13) sum of positive temperatures, (14) increasing

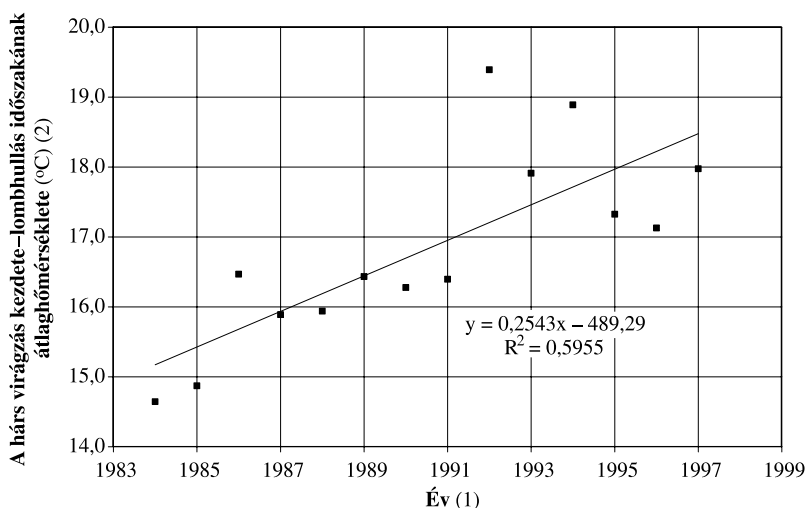
Szignifikancia szint (%) (1)	Állomás (2)	Fenológiai fázis (3)	Meteorológiai elem (4)	Változás iránya (5)	Változás mértéke (6)
1	Mosonmagyaróvár	virágzás–lombhullás (7)	átlaghőmérséklet (10)	emelkedés (14)	2,5 °C/10 év
2	Mosonmagyaróvár	vegetációs periódus (8)	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,6 °C/10 év
2	Badacsony	lombosodás–virágzás (9)	napfénytartam össz. (11)	emelkedés	141 óra/10 év
5	Badacsony	lombosodás–virágzás	globálsugárzás össz. (12)	emelkedés	292 MJ/m ² /10 év
5	Pápa	lombosodás–virágzás	hőmérsékleti összeg (13)	emelkedés	229 foknap/10 év
5	Pápa	lombosodás–virágzás	napfénytartam össz.	emelkedés	117 óra/10 év
5	Szeged	lombosodás–virágzás	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,9 °C/10 év
10	Badacsony	lombosodás–virágzás	hőmérsékleti összeg	emelkedés	192 foknap/10 év
10	Badacsony	vegetációs periódus	hőmérsékleti összeg	emelkedés	248 foknap/10 év
10	Badacsony	vegetációs periódus	globálsugárzás össz.	emelkedés	249 MJ/m ² /10 év
10	Kaposvár	vegetációs periódus	hőmérsékleti összeg	emelkedés	221 foknap/10 év
10	Pápa	vegetációs periódus	hőmérsékleti összeg	emelkedés	249 foknap/10 év
10	Pápa	lombosodás–virágzás	globálsugárzás össz.	emelkedés	259 MJ/m ² /10 év
10	Romhány	lombosodás–virágzás	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,3 °C/10 év
10	Romhány	vegetációs periódus	átlaghőmérséklet	emelkedés	1,7 °C/10 év

Legtöbbször a lombosodás–virágzás tavaszi időszakában volt a véletlent meghaladó mértékű emelkedés: az erre az időszakra vonatkozó vizsgálatok 25%-a (8/32) szignifikáns változást mutatott. A vegetációs periódus egészére vonatkozó elemzések csaknem 20%-a (6/32) is pozitív eredményt hozott. Ellenben a nyári és az őszi időszakot lefedő virágzás–lombhullás időszak alatt csak elvétve találtunk bizonyítható meteorológiai elemérték változást (1/32 = 3%). Az elemek tekintetében elmondható, hogy a hőmérsékleti elemek esetén kétszer gyakrabban volt kimutatható emelkedés, mint a sugárzási elemeknél. Területileg a Közép-Dunántúl állomásainak adatai mutattak kiemelkedő hajlamot szignifikáns változásra (Badacsony: 5/12 = 42%, Pápa: 4/12 = 33%), az északkeleti Eger és Tiszaroff adatai alapján viszont egyáltalán nem tudtunk változást bizonyítani. Az 1. ábra egy hőmérsékleti elem erősen szignifikáns megváltozását mutatja be Mosonmagyaróváron.

1. ábra A hárs virágzás kezdete–lombhullás időszakának átlaghőmérsékletében megnyilvánuló időbeli trend Mosonmagyaróváron 1984–1997 között

Figure 1. Temporal trend of average temperature of flowering–leaf fall phenophase in Mosonmagyaróvár between 1984–1997

(1) years, (2) average temperature of flowering–leaf fall phenophase of linden (°C)



A TERMIKUS METEOROLÓGIAI TÉNYEZŐK HATÁSA A HÁRS FEJLŐDÉSÉRE

A meteorológiai tényezők hatása a fenofázisok tartamára

Vizsgáltuk a fentiekben említett termikus elemek, illetve az ezekből képzett kettő termikus index hatását a hárs fenofázisainak hosszára. Az összefüggéseket szorosságát jellemző r -értékeket a 4. táblázat foglalja össze. A lombosodás–virágzás időszakban – *Chmielewski et al.* (2005) megállapításával egybehangzóan – az átlaghőmérséklet kivételével a másik három termikus elem nagyon erősen, egy kivételtől eltekintve a legmagasabb szinten szignifikánsan befolyásolta a fázisstartamok hosszát. A 2. ábra Eger esetén mutatja be a globálsugárzás rendkívül erős hatását a hárs kezdeti fejlődésére. A virágzás kezdete és a lombhullás közötti időszakban viszont már csak a hőmérsékleti összeg és a globálsugárzás összege mutatott az esetek nagyobbik felében 0,1%-os szinten megbízható befolyást a fejlődésre. Még ritkábban kaptunk szignifikáns összefüggéseket, ha a teljes tenyészidőszakra végeztük el a lineáris összefüggés-vizsgálatot. Így már nem volt olyan meteorológiai elem, amely a vizsgált állomások nagyobbik részénél erősen szignifikáns kapcsolatot mutatott a fejlődéssel, bár a globálsugárzás összeg gyengébb szinten valamennyi állomásra szignifikáns eredményt adott.

Ezért vizsgáltuk meg két olyan indexnek a hársejlődés egyértelmű meghatározására való alkalmaságát, melyek a hőmérsékleti és sugárzási elemek befolyását együttesen képesek kifejezni. A fototermikus index az adott időszak átlaghőmérsékletének és napfénytartam-összegének hányadosa, míg a radiotermikus index az adott időszak átlaghőmérsékletének és fotoszintetikusan aktív sugárzás (a globálsugárzás fele) összegének elosztásával számszerűsíthető.

4. táblázat Termikus meteorológiai tényezőknek a hárs fázisstartamaira gyakorolt hatása (lineáris összefüggés r-értékei, 1984–1997)

Table 4. Effect of thermal elements on length of phenophases of linden (r-value of linear relationships, 1984–1997)

- (1) leafing–flowering, (2) station, (3) average temperature, (4) sum of positive temperatures, (5) sum of sunshine duration, (6) sum of global radiation, (7) photothermal index, (8) radiothermal index, (9) flowering–leaf fall, (10) growing season, (11) level of significance, (12) non-significant relationship

Állomás (2)	Lombosodás–virágzás kezdete (1)					
	átlhőm. (3)	hőmössz. (4)	napf.össz. (5)	sug.össz. (6)	fot.ind. (7)	rad.ind. (8)
Badacsony	0,422	0,944	0,909	0,980	0,910	0,963
Eger	0,032	0,950	0,921	0,981	0,956	0,964
Kaposvár	0,694	<u>0,843</u>	<u>0,812</u>	<u>0,929</u>	0,939	0,947
Mosonmagyaróvár	0,484	0,077	0,840	0,930	0,797	0,871
Pápa	0,249	0,907	0,930	0,976	0,945	0,972
Romhány	0,055	0,938	0,812	0,950	0,888	0,925
Szeged	0,330	0,894	0,849	0,952	0,935	0,932
Tiszaroff	0,476	0,922	0,847	0,958	0,879	0,953
Virágzás kezdete–lombhullás kezdete (9)						
Badacsony	0,077	0,880	0,632	0,818	0,654	0,775
Eger	0,032	0,904	0,711	0,833	0,773	0,904
Kaposvár	0,298	0,756	<u>0,540</u>	0,675	0,667	0,804
Mosonmagyaróvár	0,239	0,114	0,661	0,811	0,744	0,826
Pápa	0,474	0,951	0,889	0,942	0,933	0,967
Romhány	0,689	0,868	0,634	0,877	0,877	0,941
Szeged	0,618	0,738	0,657	0,747	0,845	0,906
Tiszaroff	0,084	0,868	0,480	0,639	0,534	0,711
Vegetációs periódus (10)						
Badacsony	0,253	0,822	0,730	0,857	0,799	0,851
Eger	0,727	<u>0,547</u>	0,155	0,460	<u>0,583</u>	0,845
Kaposvár	<u>0,587</u>	0,749	0,417	0,693	0,681	0,866
Mosonmagyaróvár	0,455	0,245	0,496	0,696	0,758	0,846
Pápa	0,308	0,871	0,840	0,918	0,875	0,893
Romhány	0,761	0,613	0,071	0,467	0,708	0,939
Szeged	0,738	0,498	0,319	0,529	0,710	0,852
Tiszaroff	0,486	0,848	0,582	0,809	0,778	0,886

Szignifikancia szint (11):

0,958: P < 0,1%

0,658: P < 1%

0,608: P < 2%

0,558: P < 5%

0,458: P < 10%

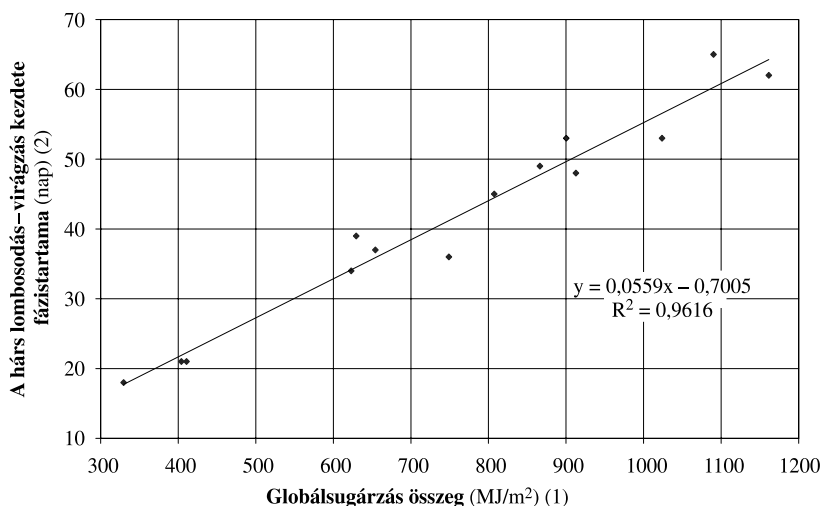
0,358: nem szignifikáns kapcsolat (12)

A 4. táblázat utolsó két oszlopa mutatja be ezen indexek fázisstartamra gyakorolt hatásának szorosságát. Látható, hogy a fototermikus index is jó eredményeket ad, bár fölénye a globálisugárzással szemben nem egyértelmű, de a radiotermikus index alakulása szinte minden esetben a legszorosabb befolyást mutatja a növények fejlődésére.

2. ábra A globálisugárzás összeg hatása a hárs lombosodás–virágzás kezdete időszakának fázisstartamára Egerben 1984–1997 között

Figure 2. Effect of global radiation sum on length of leafing–flowering phenophase in Eger between 1984–1997

(1) sum of global radiation (MJ/m²), (2) length of leafing–flowering phenophase of linden (days)



Az 5. táblázatban a lineáris összefüggések b-értékeit (regressziós együtthatóit), azaz az egységnyi meteorológiai tényező változásra eső fázisstartam módosulást jelenítettük meg. Jelöltük azt is, hogy a változások milyen mértékű szignifikáns kapcsolat esetén adódtak. Minél erősebben szignifikáns egy kapcsolat, b-értéke annál megbízhatóbban informál a fejlődési időszak megváltozásának mértékéről. Mivel az átlaghőmérséklet általában csak gyengébben befolyásolta a fázisstartamokat, ezért erre az elemre inkább csak tájékoztató jellegű értékeket tudunk megadni. Az átlaghőmérséklet 1 fokos emelkedése a lombosodás–virágzás szakaszt 3–4 nappal, a virágzás–lombhullás fenofázist – nagy szórással – 6–7 nappal, a teljes vegetációs periódust pedig 9–11 nappal rövidítette le állomástól függően. 100 foknapos hőmérsékleti összeg emelkedés hatása a vegetációs periódus első szakaszában 6–8 napos, a második szakaszban 4–7 napos, a teljes tenyészidőszakban – viszonylag kevés szignifikáns eredmény alapján – szintén 4–6 napos fázisstartam növekedés. 100-zal több napsütéses óra az 1. szakaszban 10–15 nappal, a 2. szakaszban 4–12 nappal, a vegetációs periódus egészében 6–8 nappal nyújtja meg a hárs aktív időszakát. 100 MJ/m²-es energiatöbblet a virágzásig 5–6 napos, azután 3–7 napos, a vegetációs periódusban pedig

4–6 nappal hosszabb fenofázist eredményez. A fototermikus index 0,001-es növekedése (azaz 100 napsütéses órára jutó 0,1 °C-os átlaghőmérséklet emelkedés) az első szakaszban 0,3–1,2 nappal, a második szakaszban 3,5–5,5 nappal, a tenyészidőszak egészében 8–12 nappal rövidítené le a fázisstartamot. A radiotermikus index esetében 0,001-es növekedés (azaz 100 MJ/m² beérkező energiára jutó 0,1 °C-os átlaghőmérséklet emelkedés) a lombosodás–virágzás szakaszban 0,5–1,5 napos, azt követően 5,5–7,5 napos, a teljes lombos időszakban pedig 12,5–15,5 napos fejlődés-gyorsulást idézhet elő.

5. táblázat Termikus meteorológiai tényezőknek a hárs fázisstartamaira gyakorolt hatása (lineáris összefüggés b-értékei, 1984–1997)

Table 5. Effect of thermal elements on length of phenophases of linden (b-value of linear relationships, 1984–1997)

- (1) leafing-flowering, (2) station, (3) average temperature, (4) sum of positive temperatures, (5) sum of sunshine duration, (6) sum of global radiation, (7) photothermal index, (8) radiothermal index, (9) flowering–leaf fall, (10) growing season, (11) level of significance, (12) non-significant relationship

Állomás (2)	Lombosodás–virágzás kezdete (1)					
	átlhőm. (3)	hőmössz. (4)	napf.össz. (5)	sug.össz. (6)	fot.ind. (7)	rad.ind. (8)
Badacsony	-4,00	0,08	0,13	0,06	-822,99	-1202,3
Eger	-0,32	0,07	0,15	0,06	-773,29	-792,1
Kaposvár	-4,40	0,08	0,12	0,06	-1212,00	-1452,6
Mosonmagyaróvár	-2,71	-0,01	0,10	0,05	-626,82	-1072,6
Pápa	1,96	0,07	0,14	0,06	-988,38	-1275,4
Romhány	-0,50	0,06	0,12	0,05	-314,51	-469,2
Szeged	-2,52	0,06	0,12	0,05	-874,62	-935,9
Tiszaroff	-3,59	0,07	0,12	0,06	-748,12	-1111,4
	Virágzás kezdete–lombhullás kezdete (9)					
Badacsony	-1,23	0,05	0,07	0,05	-4216,30	-6900,3
Eger	0,51	0,04	0,07	0,04	-5480,20	-7595,4
Kaposvár	-3,39	0,04	0,04	0,03	-3510,50	-5971,7
Mosonmagyaróvár	-2,67	-0,01	0,08	0,06	-4901,30	-6806,4
Pápa	-12,42	0,06	0,09	0,05	-5045,90	-6823,5
Romhány	-7,64	0,07	0,12	0,07	-5026,40	-5546,5
Szeged	-6,74	0,05	0,06	0,05	-4806,20	-6684,8
Tiszaroff	1,14	0,04	0,04	0,03	-4472,20	-7462,1
	Vegetációs periódus (10)					
Badacsony	-5,09	0,05	0,07	0,05	-7766,40	-13058,0
Eger	-9,09	0,05	0,02	0,04	-6503,40	-12769,0
Kaposvár	<u>-10,95</u>	0,06	0,05	0,05	-8738,30	-15982,0
Mosonmagyaróvár	-6,59	0,02	0,06	0,05	-10596,00	-15302,0
Pápa	-7,29	0,05	0,08	0,06	-9202,20	-14492,0
Romhány	-8,98	0,05	0,01	0,04	-8259,90	-12921,0
Szeged	-9,29	0,04	0,04	0,04	-7868,00	-13231,0
Tiszaroff	-10,52	0,06	0,08	0,05	-12381,00	-15640,0

Összefüggés r értékének szignifikancia szintje (11):

P < 0,1%

P < 1%

P < 2%

P < 5%

P < 10%

nem szignifikáns kapcsolat (12)

A meteorológiai tényezők hatása a hárs fejlődési ütemére

Ugyanezen termikus elemeknek és indexeknek a hárs fejlődési ütemére gyakorolt hatását is elemeztük (6. táblázat). A kapott eredményeink nagyon hasonlítanak a 4. táblázat eredményeire. Az elemek közül legjobban a globálsugárzás, legkevésbé az átlaghőmérséklet használható a hárs fejlődési ütemének meghatározására. A fototermikus index alkalmazásakor hasonlóan jó eredményeket kaptunk, mint a globálsugárzás esetén. A radiotermikus index bizonyult egyértelműen a legpontosabb eszköznek a hárs fejlődési ütemére gyakorolt termikus

6. táblázat Termikus meteorológiai tényezőknek a hárs fejlődési ütemére gyakorolt hatása (lineáris összefüggés r -értékei, 1984–1997)

Table 6. Effect of thermal elements on development rate of linden (r -value of linear relationships, 1984–1997)

- (1) leafing–flowering, (2) station, (3) average temperature, (4) sum of positive temperatures, (5) sum of sunshine duration, (6) sum of global radiation, (7) photothermal index, (8) radiothermal index, (9) flowering–leaf fall, (10) growing season, (11) level of significance, (12) non-significant relationship

Állomás (2)	Lombosodás–virágzás kezdete (1)					
	átlhőm (3)	hőmössz (4)	napf.össz. (5)	sug.össz. (6)	fot.ind. (7)	rad.ind. (8)
Badacsony	0,324	0,953	0,914	0,970	0,936	0,974
Eger	0,122	0,936	0,884	0,928	0,962	0,981
Kaposvár	0,729	0,803	0,778	0,899	0,957	0,977
Mosonmagyaróvár	0,422	0,110	0,894	0,954	0,876	0,913
Pápa	0,032	0,965	0,964	0,974	0,993	0,983
Romhány	0,283	0,972	0,941	0,980	0,995	0,999
Szeged	0,336	0,849	0,764	0,873	0,960	0,984
Tiszaroff	0,425	0,910	0,863	0,946	0,942	0,984
	Virágzás kezdete–lombhullás kezdete (9)					
Badacsony	0,084	0,869	0,657	0,831	0,684	0,796
Eger	0,000	0,888	0,696	0,817	0,782	0,912
Kaposvár	0,311	0,740	0,538	0,658	0,673	0,797
Mosonmagyaróvár	0,122	0,114	0,663	0,805	0,690	0,762
Pápa	0,445	0,942	0,834	0,879	0,929	0,956
Romhány	0,772	0,795	0,577	0,806	0,906	0,975
Szeged	0,597	0,755	0,675	0,761	0,852	0,908
Tiszaroff	0,063	0,856	0,491	0,640	0,559	0,727
	Vegetációs periódus (10)					
Badacsony	0,237	0,827	0,739	0,861	0,809	0,853
Eger	0,691	0,586	0,148	0,456	0,551	0,815
Kaposvár	0,570	0,760	0,421	0,694	0,675	0,858
Mosonmagyaróvár	0,362	0,228	0,508	0,696	0,713	0,782
Pápa	0,298	0,871	0,837	0,909	0,873	0,886
Romhány	0,789	0,581	0,045	0,443	0,705	0,947
Szeged	0,696	0,553	0,345	0,541	0,706	0,831
Tiszaroff	0,486	0,847	0,577	0,804	0,777	0,884

Szignifikancia szint (11):

0,958: $P < 0,1\%$

0,658: $P < 1\%$

0,608: $P < 2\%$

0,558: $P < 5\%$

0,458: $P < 10\%$

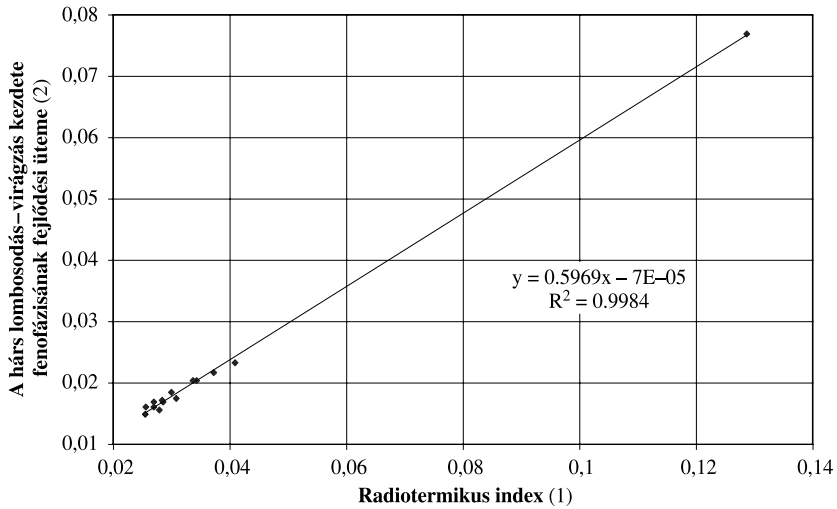
0,358: nem szignifikáns kapcsolat (12)

hatás leírására, ez az index feltételezhetően akár előrejelzési célokra is felhasználható. A radiotermikus indexnek a hárs lombosodás–virágzás fejlődési ütemére gyakorolt csaknem determinisztikus hatását a romhányi értékek alapján a 3. ábra mutatja be.

3. ábra A radiotermikus index hatása a hárs lombosodás–virágzás kezdete fenofázisának fejlődési ütemére Romhányban 1984–1997 között

Figure 3. Effect of radiothermal index on development rate of leafing–flowering phenophase in Romhány between 1984–1997

(1) radiothermal index, (2) development rate of leafing–flowering phenophase of linden



Bioclimatological analysis of linden (*Tilia cordata* L.) development

ZOLTÁN VARGA – ZOLTÁN VARGA-HASZONITS –
ERZSÉBET ENZSÖLNÉ GERENCSÉR – GÁBOR MILICS

University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Phenological or bioclimatological analysis of living organisms differing from well-studied cultivated plants can give additional information about variability and effects of climatic system. It can be extremely useful in this doubtful stage of climatic fluctuation. On the base of several year long linden phenological data and associated (thermal) meteorological data from stations all over the country the following issues were examined:

- variability, regional and temporal anomalies of linden phenology,
- statistics and trends of meteorological conditions during phenophases of linden and
- effects of thermal elements and indice on length of phenophases and development rates of linden.

Results of our studies can help to answer some aspects of the question of climate change and our results related to radiothermal index can help numerical prediction of linden development.

Keywords: linden, phenology, radiation, temperature, climate change.

IRODALOM

- Ahas, R. – Aasa, A. – Menzel, A. – Fedotova, V. G. – Scheifinger, H. (2002): Changes in European spring phenology. *International Journal of Climatology*. 22 (14): 1727–1738.
- Bradshaw, R. H. W. – Holmqvist, B. H. – Cowling, S. A. – Sykes, M. T. (2000): The effects of climate change on the distribution and management of *Picea abies* in southern Scandinavia. *Canadian Journal of Forest Research*. 30 (12): 1992–1998.
- Chen, X. W. (2001): Change of tree diversity on Northeast China Transect (NECT). *Biodiversity and Conservation*. 10 (7): 1087–1096.
- Chen, X. W. – Zhou, G. S. – Zhang, X. S. (2003): Spatial characteristics and change for tree species along the North East China Transect (NECT). *Plant Ecology*. 164 (1): 65–74.
- Chmielewski, F. M. – Muller, A. – Kuchler, W. (2005): Possible impacts of climate change on natural vegetation in Saxony (Germany). *International Journal of Biometeorology*. 50 (2): 96–104.
- Cowling, S. A. – Sykes, M. T. – Bradshaw, R. H. W. (2001): Palaeovegetation-model comparisons, climate change and tree succession in Scandinavia over the past 1500 years. *Journal of Ecology Oxford*. 89 (2): 227–236.
- Deng, H. P. – Wu, Z. F. – Zhou, D. W. (2000): Response of broad-leaved/*Pinus koraiensis* forests in Xiaoxinganling Mountain to global climate change – a dynamic modeling. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 11 (1): 311–314.

- Donnelly, A. – Salamin, N. – Jones, M. B. (2006):* Changes in tree phenology: an indicator of spring warming in Ireland? *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy, Section B.* 106B (1): 49–56.
- He, H. S. – Hao, Z. Q. – Mladenoff, D. J. – Shao, G. F. – Hu, Y. M. – Chang, Y. (2005):* Simulating forest ecosystem response to climate warming incorporating spatial effects in north-eastern China. *Journal of Biogeography.* 32 (12): 2043–2056.
- He, H. S. – Mladenoff, D. J. – Crow, T. R. (1999):* Linking an ecosystem model and a landscape model to study forest species response to climate warming. *Ecological-Modelling.* 114 (2–3): 213–233.
- Liu, F. – Jin, S. (2005):* The influence of climate change on the secondary deciduous broad-leaved mixed forests in the temperate zone of Northeast China. *Journal of Northeast Forestry University.* 33 (3): 16–17, 19.
- Ranta, H. (1996):* Tammen ja eraiden muiden lehtipuiden tuholaiset Suomessa ja Euroopassa; lajisto, merkitys ja ilmastonmuutoksen seuraukset. *Metsänjalostussäätiön Tiedonantoja.* (12): 32.
- Sukopp, H. – Wurzel, A. (2000):* Changing climate and the effects on vegetation in central European cities. *Arboricultural Journal.* 24 (4): 257–281.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

VARGA Zoltán – VARGA-HASZONITS Zoltán –
ENZSÖLNÉ GERENCSÉR Erzsébet – MILICS Gábor
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.