



A fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése

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

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

Az éghajlatingadozás jelenlegi, számos bizonytalansággal terhelt szakaszában különböző élő szervezetek – 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 (fehér) akác fenológiai adatok és az azokkal társítható termikus meteorológiai adatok felhasználásával elemeztük:

- az akác fenológiai jelenségeiben megnyilvánuló törvényszerűségeket, területi és időbeli anomáliákat,
- az akác különböző fenofázisa alatti termikus meteorológiai viszonyok statisztikai jellemzőit és változási tendenciáit,
- a termikus elemek és indexek hatását az akác fázisstartamaira és fejlődési ütemeire.

Eredményeink adalékot jelenthetnek az éghajlatváltozással kapcsolatos komplex jelenségkör vizsgálatához és – különösen a radiotermikus indexszel kapcsolatos eredmények – segíthetnek az akácfejlődés numerikus előrejelzésében.

E cikk része egy négy fajt – fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.), fekete bodza (*Sambucus nigra* L.), kislevelű hárs (*Tilia cordata* L.) és májusi orgona (*Syringa vulgaris* L.) – érintő tanulmányisorozatnak, amelyben e vadontermő növényeknek az esetleges éghajlatváltozás hatásait mutató indikátornövényként való alkalmazhatóságát vizsgáltuk (Varga et al. 2009a, 2009b, 2010). Úgy találtuk, hogy a 20. század végének hőmérsékletemelkedési tendenciája szorosabb összefüggésben van az akác és a bodza fenológiai adatsorainak alakulásával, mint a hárs és az orgona fejlődésével. A termikus elemek értékeinek megfigyelt növekedése általában a fehér akác vegetációs időszakának meghosszabbodásával járt.

Eredményeink szerint a termikus elemeknek az akác vegetációs időszaka alatt tapasztalható területi változékonyságát főként a virágzás utáni viszonyok befolyásolják. Néhány fontosabb sugárzási és hőmérsékleti elemnek a *Robinia* fejlődésére gyakorolt hatását kutatva azt tapasztaltuk, hogy általában a hőmérsékleti összeg és a globálsugárzás alakulása mutatott

szoros korrelációt a fejlődéssel. A hőmérséklet és a sugárzás együttes hatását kifejező radiotermikus index csaknem determinisztikusan hatott a fehér akác fenofázisainak alakulására, ezért ez az index felhasználható e vadontermő növény fejlődésének modellezésekor, s kifejezetten előrejelzési célokra is.

A kapott eredmények a kisszámú vizsgálati helyszín és az éghajlati szempontból rövid adatsorok miatt természetesen kellő óvatossággal kezelendők, ezzel együtt érdekes adalékokat nyújtanak a 20. század végén tapasztalható felmelegedési tendencia biometeorológiai vonatkozásaival kapcsolatban.

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

Az akác egyike a kevés rizobiális N-kötésre képes, fagynak kitett területeken előforduló fás növénynek. Hasznosítása sokrétű: faanyag, lombozata takarmány, mézelő növény (főként hazánkban), elhagyott felszíni fejtések rehabilitációjára alkalmas, erdőgazdaságilag hasznosítható és köztes természetben is figyelembe vehető (*Hanover* és *Mebrahtu* 1991), továbbá erózió elleni védelemre és megújuló energiaforrásként is használható (*Barrett et al.* 1990). *Xu et al.* (2004) a hőmérséklet, a sugárzás és a csapadék hatását vizsgálták az akác virágzásának kezdetére. A hőmérséklet befolyása volt a legerősebb. A termikus elemek értékének növekedése gyorsította, a leggyengébb összefüggést mutató csapadék növekedése lassította a fejlődést. A tél végi, tavaszi, a virágzást megelőző 20–80 napos időszak hőmérséklete volt a leginkább meghatározó. *Lu et al.* (2006) elemzése is azt mutatták, hogy a virágzás az azt közvetlenül megelőző időszak átlaghőmérsékleteire a legérzékenyebb. A hőmérsékleti viszonyok módosulása a 20. század második felében erőteljesebben jelentkezett a téli és kora tavaszi időszakban, mint késő tavasszal és kora nyáron, ezért nagyobb változásokat tudtak kimutatni a korábban virágzó fajoknál. Az akác évtizedenként 1,5–2 nappal virágzott korábban.

Ezzel megegyezően *Walkovszky* (1998) is a virágzás erős hőmérsékleti meghatározottságát észlelte. A március közepe és május közepe közötti átlagos tavaszi hőmérséklet és az akác virágzása közötti szoros kapcsolatot felismerve és több évtizedes, párhuzamos adatsorok segítségével számszerűsítve az akác fenológiai adatai segítségével 0,2 Celsius fokos pontossággal képes volt megbecsülni a tavaszi átlaghőmérsékletet. Ezáltal az akácot mint bioindikátort használta a környezeti (hőmérsékleti) viszonyok jelzésére. *Chmielewski et al.* (2005) szerint is a fás szárú évelők várhatóan a tavaszi és a nyári fenofázisaikkal reagálnak a legérzékenyebben az éghajlati viszonyok változásaira, s különösen a korábbi tavaszi lombosodás és virágzás valószínűsíthető. 2050-re a szerzők a fenofázisok akár több héttel korábbi bekövetkezését is elképzelhetőnek tartják.

Az őszi fenofázisok kisebb változásai miatt *Chmielewski et al.* (2005) a vegetációs időszak meghosszabbodását valószínűsítik. Viszont más környezeti (meteorológiai) hatások is befolyásolhatják ezt az összefüggést. 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 több évtizedes élettartamának. *He et al.* (2005) vizsgálatai szerint a felmelegedés fás szárú vegetációra gyakorolt hatásai az elterjedési terület szegélyén jelentkeznek a legnyilvánvalóbban. Ilyen szempontból is érdekes lehet elemezni e meleget kedvelő, szőlőéhez hasonló éghajlatigényű (*Murray et al.* 1989, www.hungarobinia.hu) növény fenológiai adatairaiban fellelhető anomáliákat.

Yang et al. (2006) szerint a legvalószínűbbnek tartott éghajlatváltozási scenáriók hőmérséklet- és csapadékviszonyai kedvezőtlennek tűnnek az akác növekedése szempontjából, bár a szén-dioxid hatása akár ellensúlyozhatja is azokat. Különösen kedvező, hogy a magasabb szén-dioxid szint növeli az akácgyökerek mikorrhizák általi kolonizációját. Az ilyen, szimbiózisban élő fiatal növények biomassza-termelése, gumóképződése, N- és P-tartalma és gyökereinek N-megkötő képessége egyaránt megnő (*Olesniewicz és Thomas* 1999). Ez a magasabb szén-dioxid szint melletti jó nitrogénfelvétel fontos előnye az akácnak a nitrogén-fixálásra képtelen fajokkal szemben (*Dyckmans* 2006).

Másfelől maga az akác is mérsékelheti az éghajlatváltozás ütemét, hiszen 20 t/ha körüli biomasszát produkálva termelése csökkenti a szén-dioxid kibocsátást és a fosszilis energiahordozóktól való függőséget (*Candilo et al.* 2004). Szélvédő erdősavként telepítve pedig, különösen száraz években, csökkenti a termésveszteségeket – például őszi árpa esetén (*Miloserdov* 1989).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az akácfejlődés 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 7 állomáson (Badacsony, Eger, Kaposvár, Mosonmagyaróvár, Pápa, Szeged, Tiszaroff) észlelt fenológiai adataira és a hozzájuk rendelhető közeli, hasonló természetföldrajzi adottságok mellett gyűjtött (a fenológiai állomások fenti sorrendjének megfelelően a meteorológiai adatok származási helyei: Zalaegerszeg, Kompolt, Iregszemcse, Mosonmagyaróvár, Győr, 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 sorszámvá 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 fázis tartam 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 fázis tartam 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 fázis tartam 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.

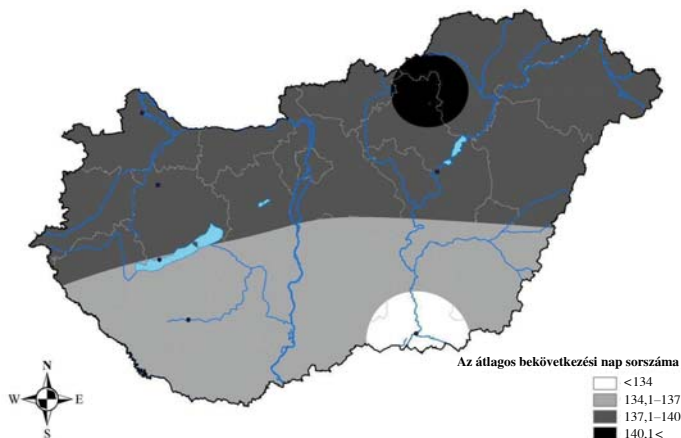
A matematikai-statisztikai elemzésekhez Excel 2003 és Statistica 6.0 szoftvereket, a területi változékonyságot megjelenítő térképek megrajzolásához pedig ArcView 9.1 szoftvert használtunk.

EREDMÉNYEK

AZ AKÁC FENOFÁZISAINAK STATISZTIKAI JELLEMZŐI

Az 1. táblázat az akác 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.

A lombosodás átlagosan kb. két hetes ingadozással kezdődik meg az egész országban; a Dunántúlon és az Alföldön április második felében, míg az északkeleti országrészben május elején várható legvalószínűbben a lombosodás kezdete. Az akác levélképződése legkorábban március végén, legkésőbb május közepén várható a vizsgált időszak adatai alapján. Tendenciaszerűen e statisztikai jellemzőkben kimutathatók a földrajzi fekvés által kiváltott fenológiai különbségek – a déli területeket korábbi, az északiakat későbbi lombosodási dátumok jellemzik e tekintetben is.



1. térkép Az akácvirágzás kezdete átlagos kezdőnapjának sorszáma (1984–1997)

Map 1. Average date of flowering of black locust (ordinal number of day of year, 1984–1997)

A virágzás átlagos kezdési időpontja országosan nem egészen 10 napos különbségeket mutat; május közepén számíthatunk egy átlagos évben ennek bekövetkeztére. 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. A térképről leolvasható területi elrendeződés egybecseng Walkovszky (1998) és Chmielewski *et al.* (2005) megállapításával a fás szárú évelők virág-

zásának fokozott hőmérsékleti érzékenységről. Előfordult a 20. század végén olyan év is, amikor már április végén, s olyan is, amikor csak június elején kezdődött meg a virágzás. A lombhullás átlagosan október közepétől november elejéig várható, – több mint három hetes az országon belüli területi eltérés – de szeptember közepétől november második feléig van esély az előfordulására. E fenológiai jelenség bekövetkezése az ország középső részén várható a legkésőbb, s északra, illetve dél felé haladva korábbi lombhullásra számíthatunk.

I. táblázat Az akác fenológiai jelenségeinek és fázisstartamainak statisztikája (1984–1997)

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

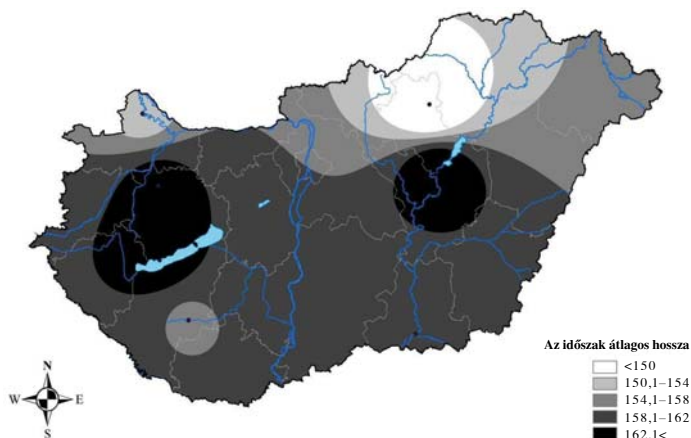
(1) station, (2) date of phenological event in Julian day, (3) leafing, (4) flowering,

(5) leaf fall, (6) average, (7) length of phenophase, (8) leafing–flowering,

(9) flowering–leaf fall, (10) growth season

| Állomás (1) | A fenológiai jelenség bekövetkezési napjának sorszáma (2) | | | | | | | | |
|-----------------|---|-----------|-----|---------------------------------|-------|-----|--------------------------|-------|-----|
| | Lombosodás (3) | | | Virágzás kezdete (4) | | | Lombhullás (5) | | |
| | min | átlag (6) | max | min | átlag | max | min | átlag | max |
| Badacsony | 101 | 118 | 135 | 129 | 137 | 149 | 285 | 302 | 316 |
| Eger | 113 | 125 | 136 | 131 | 141 | 153 | 257 | 282 | 303 |
| Kaposvár | 90 | 109 | 126 | 123 | 134 | 149 | 280 | 291 | 315 |
| Mosonmagyaróvár | 109 | 120 | 130 | 127 | 138 | 150 | 268 | 289 | 324 |
| Pápa | 107 | 121 | 130 | 131 | 140 | 156 | 277 | 305 | 315 |
| Szeged | 100 | 117 | 130 | 113 | 133 | 147 | 275 | 292 | 309 |
| Tiszaróff | 97 | 117 | 136 | 124 | 137 | 150 | 293 | 305 | 317 |
| Állomás | Fenofázis hossza (7) | | | | | | | | |
| | Lombosodás–virágzás kezdete (8) | | | Virágzás kezdete–lombhullás (9) | | | Vegetációs periódus (10) | | |
| | min | átlag | max | min | átlag | max | min | átlag | max |
| Badacsony | 10 | 19 | 29 | 139 | 165 | 183 | 150 | 184 | 202 |
| Eger | 8 | 16 | 21 | 110 | 141 | 160 | 126 | 157 | 178 |
| Kaposvár | 13 | 26 | 44 | 138 | 157 | 183 | 163 | 183 | 216 |
| Mosonmagyaróvár | 10 | 18 | 31 | 136 | 151 | 185 | 147 | 169 | 201 |
| Pápa | 7 | 19 | 30 | 128 | 165 | 177 | 148 | 184 | 205 |
| Szeged | 8 | 16 | 27 | 146 | 159 | 169 | 157 | 175 | 187 |
| Tiszaróff | 8 | 20 | 34 | 143 | 168 | 185 | 157 | 188 | 208 |

A fenológiai jelenségek bekövetkezési időpontjának következményeként, amint az az *I. táblázat* alsó felének utolsó oszlopaiban látható, az akác lombosodástól lombhullásig terjedő aktív időszaka az ország középső megyéiben a leghosszabb, délen rövidebb, az északi hűvösebb vidékeken pedig a legrövidebb. A különbség sokévi átlagban az 1 hónapot is meghaladhatja; az akác aktív időszaka átlagosan 5–6 hónapig tart, de Hevesben előfordult alig 4 hónapos, míg a Közép-Dunántúlon 7 hónapot meghaladó vegetációs időszak is. A tenyészidőszak virágzásig terjedő első fele átlagosan 2–4 hetes (16–26 nap), a virágzással kezdődő második szakasz pedig általában 5 hónap körüli (141–168 nap) hosszúságú, a teljes vegetációs periódust is jellemző területi anomáliákkal, azaz alapvetően a középső területek hosszabb fázisaival és kisebb déli és főként északi értékekkel (*2. térkép*).



2. térkép Az akác virágzás–lombhullás kezdete fenofázisának átlagos hossza (nap, 1984–1997)
 Map 2. Average length of flowering–leaf fall phenophase of black locust (days, 1984–1997)

Vizsgáltuk az akác 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 7 megfigyelőhely állomásonkénti 6 (lombosodás, virágzás, lombhullás időpontja, illetve a lombosodás–virágzás, virágzás–lombhullás és a vegetációs periódus hossza), mindösszesen 42 jellemzőjét elemezve az esetek csaknem 30%-ában tudtunk különböző (közte egészen erős) szinten szignifikáns összefüggést kimutatni. A fenológiai jelenségek időpontját tekintve az akác lombhullása Mosonmagyaróváron 1984 és 1997 között 1%-os szignifikancia szinten igazolhatóan – évenként 2,7 nappal – korábban következett be, míg Szegeden a lombosodás ideje tolodott előbbre évente 1,2 nappal – 10%-os szignifikancia szinten. Badacsonyban ($P = 2\%$), Kaposváron ($P = 10\%$) és Tiszaroffon ($P = 10\%$) a lombhullás későbbre tolódása volt észlelhető évenként 1–1,3 nappal. A fázisstartamok vonatkozásában Szegeden a lombosodás–virágzás fenofázis hossza évente 1 nappal ($P = 1\%$), a virágzás–lombhullásé évente 0,8 nappal ($P = 10\%$), a tenyészidőszaké pedig 1,8 nappal ($P = 0,1\%$) nőtt. Badacsonyban a virágzás–lombhullás szakasz és a vegetációs periódus évente 2 napos meghosszabbodása volt 2%-os, illetve 5%-os szinten kimutatható. Mosonmagyaróváron viszont ugyanezen fenológiai időszakok évenkénti 2,3–2,7 napos rövidülése bizonyult 1%-os szinten szignifikáns összefüggésnek. A 42-ből 12 szignifikáns összefüggés alátámasztani látszik *Walkovszky* (1998) megállapítását az akác bioindikátorként való felhasználhatóságáról.

AZ AKÁC FENOLÓGIAI FÁZISSTARTAMAIT JELLEMZŐ TERMIKUS METEOROLÓGIAI VISZONYOK

A 2. táblázat az akác fenológiai szakaszait jellemző termikus viszonyok átlagos és szélsőséges alakulását mutatja be. Az akác vegetációs periódusának átlaghőmérséklete 16,3–18,1 °C között van, s a területi eloszlást inkább a vegetációs periódus hossza, mint a földrajzi szélesség befolyásolja.

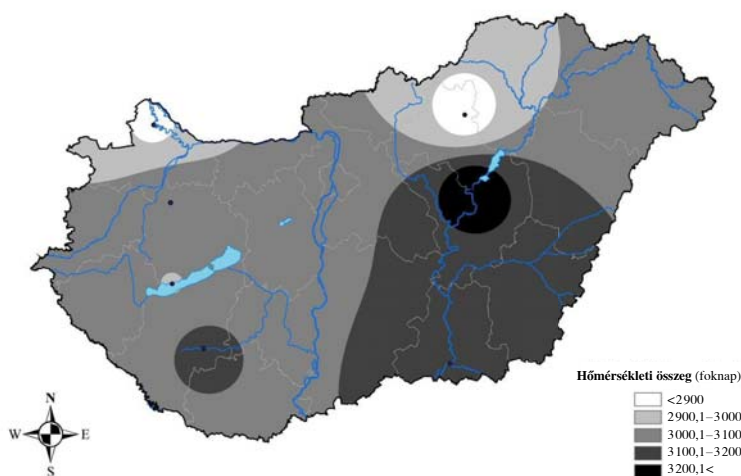
2. táblázat Az akác fenológiai fázisstartamait jellemző meteorológiai értékek statisztikája (1984–1997)

Table 2. Statistics of meteorological conditions during phenophases of black locust (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) growth season

| Állomás (2) | Átlaghőmérséklet (°C) (3) | | | Pozitív hőmérsékleti összeg (foknap) (4) | | | Napfénytartam (óra) (5) | | | Globálisugárzás összeg (MJ/m ²) (6) | | |
|--|------------------------------|-----------|------|---|-------|------|----------------------------|-------|------|--|-------|------|
| | min | átlag (7) | max | min | átlag | max | min | átlag | max | min | átlag | max |
| Lombosodás–virágzás kezdete (1) | | | | | | | | | | | | |
| Badacsony | 11,0 | 13,9 | 16,6 | 163 | 253 | 331 | 75 | 130 | 202 | 202 | 333 | 477 |
| Eger | 12,6 | 15,7 | 18,1 | 127 | 247 | 323 | 68 | 114 | 174 | 171 | 291 | 389 |
| Kaposvár | 10,6 | 13,8 | 18,7 | 243 | 336 | 466 | 116 | 170 | 256 | 290 | 432 | 713 |
| Mosonmagyaróvár | 10,4 | 14,3 | 17,9 | 146 | 251 | 407 | 74 | 132 | 201 | 215 | 329 | 540 |
| Pápa | 11,8 | 15,0 | 18,8 | 132 | 274 | 408 | 79 | 142 | 208 | 165 | 352 | 526 |
| Szeged | 12,3 | 15,5 | 18,9 | 118 | 248 | 392 | 22 | 115 | 197 | 111 | 289 | 489 |
| Tiszaroff | 12,1 | 15,2 | 18,6 | 65 | 300 | 484 | 73 | 141 | 238 | 176 | 356 | 575 |
| Virágzás kezdete–lombhullás (8) | | | | | | | | | | | | |
| Badacsony | 15,7 | 16,6 | 17,8 | 2302 | 2743 | 3083 | 951 | 1200 | 1363 | 2354 | 2793 | 3076 |
| Eger | 16,6 | 18,4 | 20,5 | 2131 | 2593 | 3012 | 995 | 1102 | 1260 | 2259 | 2553 | 2868 |
| Kaposvár | 17,0 | 17,8 | 18,8 | 2376 | 2785 | 3190 | 987 | 1210 | 1393 | 2361 | 2794 | 3114 |
| Mosonmagyaróvár | 14,9 | 17,5 | 20,0 | 2433 | 2629 | 2817 | 987 | 1168 | 1336 | 2407 | 2681 | 2958 |
| Pápa | 15,8 | 17,0 | 17,9 | 2230 | 2804 | 3134 | 982 | 1274 | 1442 | 2322 | 2832 | 3109 |
| Szeged | 16,9 | 18,3 | 19,6 | 2711 | 2902 | 3238 | 1117 | 1253 | 1387 | 2714 | 2879 | 3080 |
| Tiszaroff | 16,6 | 17,8 | 18,5 | 2565 | 2972 | 3334 | 1136 | 1326 | 1524 | 2585 | 2936 | 3254 |
| Vegetációs periódus (9) | | | | | | | | | | | | |
| Badacsony | 15,2 | 16,3 | 17,3 | 2465 | 2996 | 3352 | 1027 | 1330 | 1515 | 2556 | 3126 | 3485 |
| Eger | 16,4 | 18,1 | 20,0 | 2335 | 2840 | 3306 | 1077 | 1216 | 1397 | 2506 | 2843 | 3195 |
| Kaposvár | 16,3 | 17,1 | 18,3 | 2681 | 3122 | 3608 | 1190 | 1380 | 1626 | 2898 | 3227 | 3676 |
| Mosonm.óvár | 14,9 | 17,1 | 19,1 | 2660 | 2881 | 3108 | 1143 | 1300 | 1442 | 2799 | 3009 | 3205 |
| Pápa | 16,0 | 16,7 | 17,7 | 2513 | 3078 | 3375 | 1098 | 1417 | 1617 | 2657 | 3184 | 3515 |
| Szeged | 16,6 | 18,0 | 19,4 | 2829 | 3151 | 3503 | 1177 | 1367 | 1479 | 2825 | 3167 | 3368 |
| Tiszaroff | 16,4 | 17,5 | 18,2 | 2818 | 3273 | 3662 | 1291 | 1467 | 1660 | 2872 | 3291 | 3677 |

A vizsgált 14 év során észleltek 14,9 °C-os, de 20,0 °C-os átlaghőmérsékletű vegetációs periódust is. Ez utóbbi – egri – szélsőérték is döntően annak tulajdonítható, hogy Heves megyében a hűvös idő jelentősen lerövidíti az aktív vegetációs időszakot, amely ilyen módon az év melegebb periódusára tolódik el. Ezt támasztja alá az is, hogy a tenyészidőszak hőmérsékleti összegének minimuma 2840 foknapos értékkel pontosan ezen a területen található, a legmagasabb vegetációs periódus alatti hőmérsékleti összeg érték (Tiszaroff: 3273 foknap) pedig a leghosszabb vegetációs periódus esetén adódott.



3. térkép Az akác vegetációs periódusának pozitív hőmérsékleti összege (foknap, 1984–1997)
 Map 3. Sum of positive temperatures of black locust growth season (degree days, 1984–1997)

A vegetációs periódusbeli összeg jellegű sugárzási elemeknél is hasonló területi eloszlás rajzolódik ki: a minimum (napfénytartam összeg: 1216 óra, globálsugárzás összeg: 2843 MJ/m²) Egerhez köthető, a maximum (napfénytartam összeg: 1467 óra, globálsugárzás összeg: 3291 MJ/m²) pedig Tiszaroffhoz, ahogy ez a 2. táblázat alsó harmadából leolvasható. Az összességű meteorológiai elemek magasabb értékeiben a hosszabb vegetációs periódus hatása mellett csak kisebb súllyal esik latba a déli fekvés befolyása; ezt jól mutatják a viszonylag alacsony szegedi értékek (3. térkép). A térkép által bemutatott kép az állomások kis száma miatt természetesen ebben az esetben is vázaltszerű. Országos összehasonlításban a termikus meteorológiai elemek területi ingadozása – akár ezen elemek átlagos, akár szélső értékeit tekintjük – viszonylag alacsony, ±10%-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 5–6 hónap hosszúságú virágzás kezdete–lombhullás szakasz viszonyai határozzák meg leginkább

a teljes lombos időszak jellemzőit. E fenológiai fázis átlaghőmérséklete országosan 0,3–0,7 °C-kal magasabb, mint a teljes tenyészidőszaké (Badacsony: 16,6 °C, Eger 18,4 °C). A virágzás utáni vegetációs időszak összevont termikus jellemzői a teljes időszak értékeinek kb. 90%-át teszik ki, ez is jelzi ezen időszak meghatározó súlyát. E meteorológiai elemek területileg csaknem teljesen a vegetációs periódusnál tapasztaltnál azonosan adódó minimumai (Eger) és maximumai (Tiszaroff) a hőmérsékleti összeg esetén 2593 és 2972 foknap, napfénytartam összegnél 1102 és 1326 óra, illetve globálsugárzás összegnél 2553 és 2936 MJ/m².

A lombosodás–virágzás kezdete fenofázis átlaghőmérséklete általában 2–3 °C-kal alacsonyabb a teljes vegetációs időszakénál. A tenyészidőszak első fele átlagosan Egerben a legmelegebb, Kaposváron a leghűvösebb (15,7 °C, illetve 13,8 °C, 2. táblázat felső része). A vegetációs periódus első rövid része az ország középső területein hosszabb (kaposvári maximummal), az északi és déli fekvésű állomásokon rövidebb. Ez determinálja az összevont termikus elemek területi alakulását, melyeknek átlagos értékei 247–336 foknap, 114–170 óra, illetve 289–432 MJ/m² tartományban mozognak a hőmérsékleti összeg, a napfénytartam összeg, illetve a globálsugárzás összeg esetén.

Az akác fázisartamait 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 7 állomás három fenológiai időszaka (lombosodás–virágzás, virágzás–lombhullás és a vegetációs periódus) alatti átlaghőmérséklet, hőmérsékleti összeg, napfénytartam összeg és globálsugárzás összeg értékek időbeli alakulása segítségével próbáltunk tendenciózus változásokat detektálni. Az akác indikátornövényként való használhatóságát jellemzi, hogy a mindösszesen 84 összefüggés vizsgálatból 1%-os szinten szignifikáns 3, 2%-os szinten szignifikáns 3, 5%-os szinten szignifikáns 2, 10%-os szinten igazolható szignifikáns összefüggés pedig 11 volt található, s ezzel a vizsgált összefüggések több mint 22%-a esetén kimutatható volt tendenciózus időbeli változás a 20. század végén. Ez az arány meghaladja a többi vadon termő növény esetében tapasztaltakat. A szignifikáns összefüggések listáját a 3. táblázat tartalmazza. Látható, hogy a szignifikáns változások nagy része az adott termikus elem értékének emelkedését jelenti. Az anomáliák viszonylag jelentősnek mondhatók: az átlaghőmérséklet 10 évre vetített emelkedési mértéke 1,9–2,0 °C között mozog, a hőmérsékleti összeg 65–277 foknapos évtizedenkénti emelkedést mutat, a globálsugárzás változása tízévente -160–253 MJ/m², a napfénytartam pedig 45–83 óra. Megjegyezzük, hogy ezek a változások különböző fenofázisokra, azaz eltérő hosszúságú naptári időszakokra vonatkoznak.

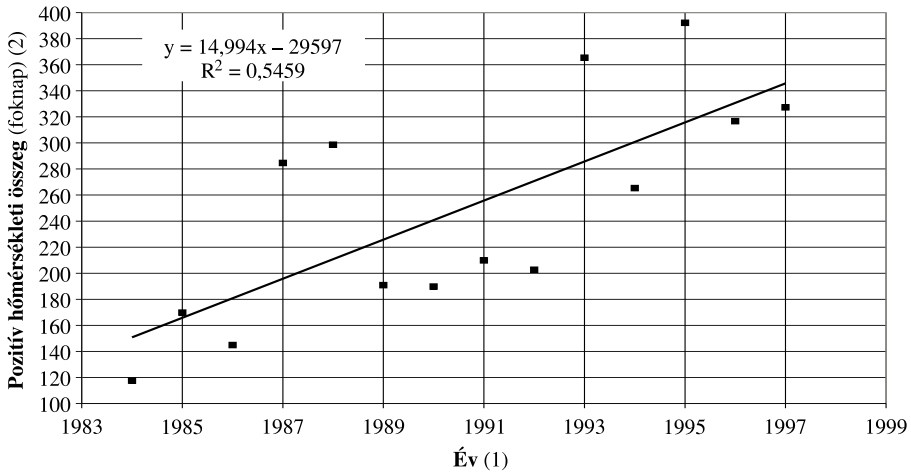
Legtöbbször a vegetációs periódus egészében volt a véletlent – a vizsgált szinteken – meghaladó mértékű emelkedés, az erre az időszakra vonatkozó vizsgálatok 29%-a (8/28) szignifikáns változást mutatott. A lombosodás–virágzás tavaszi fenofázisára vonatkozó elemzések 25%-a (7/28) is pozitív eredményt hozott. A nyári és az őszi időszakot lefedő virágzás–lombhullás időszak alatt viszont már csak ritkábban találtunk bizonyítható meteorológiai elemérték változást (4/28 = 14%). Az elemek tekintetében elmondható, hogy közel azonos számú hőmérsékleti, illetve sugárzási elemet érintő változást tudunk bizonyítani. Területileg változatos és kiegyenlített a kép, a 7-ből 6 állomás esetén volt szignifikáns trend. Az 1. ábra egy hőmérsékleti elem 1%-os szinten szignifikáns megváltozását mutatja be Szegeden.

3. táblázat Az akác 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 black locust during 1984–1997
– list of significant linear relationships

- (1) probability level (%), (2) station, (3) phenophase, (4) meteorological element, (5) type of change, (6) change/10 years,
(7) leafing–flowering, (8) flowering–leaf fall, (9) growth season, (10) sum of positive temperatures, (11) sum of sunshine duration,
(12) sum of global radiation, (13) average temperature, (14) increasing, (15) decreasing

| Valószínűségi szint (%) (1) | Állomás (2) | Fenofázis (3) | Meteorológiai elem (4) | Változás típusa (5) | Évtizedenkénti változás (6) |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1 | Szeged | Lombosodás–virágzás kezdete (7) | Pozitív hőmérsékleti összeg (10) | Növekvő (14) | 150 foknap |
| 1 | Szeged | Lombosodás–virágzás kezdete | Napfénytartam (11) | Növekvő | 83 óra |
| 1 | Szeged | Lombosodás–virágzás kezdete | Globálsugárzás összege (12) | Növekvő | 187 MJ/m ² |
| 2 | Mosonmagyaróvár | Virágzás kezdete–lombhullás (8) | Átlaghőmérséklet (13) | Növekvő | 2,0 °C |
| 2 | Mosonmagyaróvár | Vegetációs periódus (9) | Átlaghőmérséklet | Növekvő | 1,9 °C |
| 2 | Szeged | Vegetációs periódus | Pozitív hőmérsékleti összeg | Növekvő | 258 foknap |
| 5 | Eger | Lombosodás–virágzás kezdete | Napfénytartam | Növekvő | 45 óra |
| 5 | Mosonmagyaróvár | Vegetációs periódus | Globálsugárzás összege | Csökkenő (15) | 160 MJ/m ² |
| 10 | Badacsony | Virágzás kezdete–lombhullás | Pozitív hőmérsékleti összeg | Növekvő | 251 foknap |
| 10 | Badacsony | Vegetációs periódus | Pozitív hőmérsékleti összeg | Növekvő | 260 foknap |
| 10 | Badacsony | Virágzás kezdete–lombhullás | Globálsugárzás összege | Növekvő | 236 MJ/m ² |
| 10 | Badacsony | Vegetációs periódus | Globálsugárzás összege | Növekvő | 253 MJ/m ² |
| 10 | Eger | Lombosodás–virágzás kezdete | Pozitív hőmérsékleti összeg | Növekvő | 65 foknap |
| 10 | Eger | Vegetációs periódus | Pozitív hőmérsékleti összeg | Növekvő | 277 foknap |
| 10 | Eger | Vegetációs periódus | Globálsugárzás összege | Növekvő | 80 MJ/m ² |
| 10 | Kaposvár | Virágzás kezdete–lombhullás | Pozitív hőmérsékleti összeg | Növekvő | 229 foknap |
| 10 | Kaposvár | Vegetációs periódus | Pozitív hőmérsékleti összeg | Növekvő | 250 foknap |
| 10 | Szeged | Vegetációs periódus | Globálsugárzás összege | Növekvő | 194 MJ/m ² |
| 10 | Tiszaróff | Lombosodás–virágzás kezdete | Napfénytartam | Növekvő | 57 óra |



1. ábra Az akác lombosodás–virágzás kezdete időszakának hőmérsékleti összegében megnyilvánuló időbeli trend Szegeden 1984–1997 között

Figure 1. Temporal trend of positive temperature sums of leafing–flowering phenophase in Szeged during 1984–1997

(1) years, (2) positive temperature sum of leafing–flowering phenophase of black locust (degree days)

A TERMIKUS METEOROLÓGIAI TÉNYEZŐK HATÁSA AZ AKÁC FEJLŐDÉSÉRE

A meteorológiai tényezők hatása a fenofázisok tartamára

Vizsgáltuk a fentiekben említett termikus elemek, illetve az ezekből képzett kettő termikus index hatását az akác fenofázisainak hosszára. Az összefüggések 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, csaknem minden esetben a legmagasabb vizsgált szinten szignifikánsan befolyásolta a fázisidő tartamát. A 2. ábra Pápa esetén mutatja be a globálsugárzás rendkívül erős hatását az akác kezdeti fejlődésére. A virágzás kezdete és a lombhullás közötti időszakban, valamint a teljes vegetáció periódusban viszont már szinte minden elemnél a nem, vagy csak gyengén szignifikáns összefüggések kerültek túlsúlyba. Ezért vizsgáltuk meg két olyan indexnek az akácfejlődés egyértelmű meghatározására való alkalmasságát, 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 fotoszintetikus aktív sugárzás (a globálsugárzás fele) összegének elosztásával szám-szerűsíthető. A 4. táblázat utolsó két oszlopa mutatja be ezen indexek fázisidő tartamra gyakorolt hatásának szorosságát. Látható, hogy a fototermikus index is csak a kezdeti fejlődés időszakában ad mindenhol egyértelműen jó eredményeket, a radiotermikus index alakulása viszont szinte minden esetben (helyen és időszakban) a legszorosabb befolyást mutatja a növények fejlődésére.

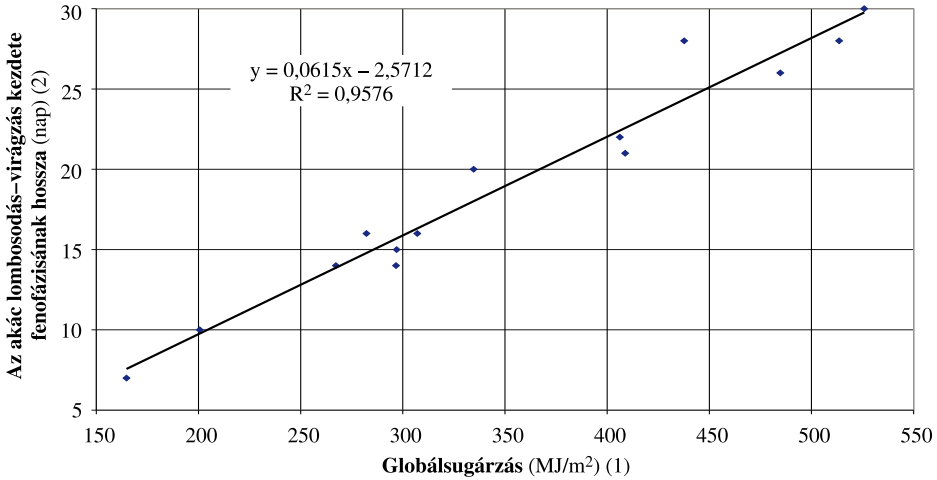
4. táblázat Termikus meteorológiai tényezőknek az akác fázisstartamaira gyakorolt hatása (szignifikáns lineáris összefüggések r-értékei, 1984–1997)

Table 4. Effect of thermal elements on length of phenophases of black locust (r-value of significant 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) growth season, (11) probability level

| Állomás (2) | Lombosodás–virágzás kezdete (1) | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|---|------------------------|-------------------------|--|--|--|--|
| | Átlaghőmérséklet (°C) (3) | Posztív hőmérsékleti összeg (foknap) (4) | Napfénytartam (óra) (5) | Globálsugárzás (MJ/m ²) (6) | Fototermikus index (7) | Radiotermikus index (8) | | | | |
| Badacsony | <u>0,947</u> | <u>0,957</u> | <u>0,818</u> | <u>0,970</u> | <u>0,917</u> | <u>0,973</u> | | | | |
| Eger | | <u>0,832</u> | <u>0,582</u> | <u>0,860</u> | <u>0,809</u> | <u>0,941</u> | | | | |
| Kaposvár | <u>0,857</u> | <u>0,932</u> | <u>0,864</u> | <u>0,964</u> | <u>0,928</u> | <u>0,932</u> | | | | |
| Mosonmagyaróvár | <u>0,602</u> | <u>0,938</u> | <u>0,873</u> | <u>0,978</u> | <u>0,901</u> | <u>0,916</u> | | | | |
| Pápa | <u>0,872</u> | <u>0,958</u> | <u>0,903</u> | <u>0,979</u> | <u>0,914</u> | <u>0,919</u> | | | | |
| Szeged | | <u>0,938</u> | <u>0,840</u> | <u>0,950</u> | <u>0,653</u> | <u>0,897</u> | | | | |
| Tiszaróff | <u>0,772</u> | <u>0,918</u> | <u>0,780</u> | <u>0,939</u> | <u>0,864</u> | <u>0,924</u> | | | | |
| Virágzás kezdete–lombhullás (9) | | | | | | | | | | |
| Badacsony | | <u>0,878</u> | <u>0,723</u> | <u>0,865</u> | <u>0,801</u> | <u>0,873</u> | | | | |
| Eger | <u>0,565</u> | <u>0,832</u> | | <u>0,669</u> | <u>0,763</u> | <u>0,893</u> | | | | |
| Kaposvár | | <u>0,912</u> | <u>0,709</u> | <u>0,851</u> | <u>0,754</u> | <u>0,839</u> | | | | |
| Mosonmagyaróvár | <u>0,802</u> | | | <u>0,479</u> | <u>0,835</u> | <u>0,900</u> | | | | |
| Pápa | | <u>0,903</u> | <u>0,849</u> | <u>0,880</u> | <u>0,871</u> | <u>0,892</u> | | | | |
| Szeged | <u>0,567</u> | | | | | <u>0,742</u> | | | | |
| Tiszaróff | | <u>0,778</u> | <u>0,587</u> | <u>0,729</u> | <u>0,690</u> | <u>0,796</u> | | | | |
| Vegetációs periódus (10) | | | | | | | | | | |
| Badacsony | | <u>0,870</u> | <u>0,710</u> | <u>0,877</u> | <u>0,823</u> | <u>0,911</u> | | | | |
| Eger | <u>0,499</u> | <u>0,838</u> | | <u>0,693</u> | <u>0,769</u> | <u>0,917</u> | | | | |
| Kaposvár | | <u>0,892</u> | <u>0,517</u> | <u>0,815</u> | <u>0,672</u> | <u>0,906</u> | | | | |
| Mosonmagyaróvár | <u>0,856</u> | <u>0,527</u> | | | <u>0,785</u> | <u>0,931</u> | | | | |
| Pápa | | <u>0,902</u> | <u>0,768</u> | <u>0,862</u> | <u>0,828</u> | <u>0,902</u> | | | | |
| Szeged | | <u>0,596</u> | | | | <u>0,781</u> | | | | |
| Tiszaróff | | <u>0,820</u> | <u>0,566</u> | <u>0,778</u> | <u>0,759</u> | <u>0,872</u> | | | | |

Valószínűségi szint (11): **0,958**: $P < 0,1\%$, **0,658**: $P < 1\%$, **0,608**: $P < 2\%$, **0,558**: $P < 5\%$, **0,458**: $P < 10\%$



2. ábra A globálsugárzás összeg hatása az akác lombosodás–virágzás kezdete időszakának fázisartamára Pápán 1984–1997 között

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

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

Az 5. táblázatban a lineáris összefüggések b-értékeit (regressziós együtthatóit), azaz az egységnyi meteorológiai tényező változásra eső fázisartam 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. Az értékelést a legalább 2%-os szinten szignifikáns összefüggésekre alapoztuk. Mivel az átlaghőmérséklet általában csak gyengébben befolyásolta a fázisartamokat, ezért erre az elemre inkább csak tájékoztató jellegű értékeket tudunk megadni. Az átlaghőmérséklet 1 fokos emelkedése a lombosodás–virágzás szakaszt hozzávetőlegesen 3 nappal, a virágzás–lombhullás fenofázist 8 nappal, a teljes vegetációs periódust pedig 10 nappal rövidítette le. A rendelkezésre álló adatok alapján 100 foknapos hőmérsékletiösszeg-emelkedés hatása a vegetációs periódus első szakaszában 6–12 napos, a második szakaszban 5 napos, a teljes tenyészidőszakban szintén 5–6 napos fázisartam növekedés, állomástól függően. 100-zal több napsütéses óra az 1. szakaszban 10–19 nappal, a 2. szakaszban kb. 7–9 nappal, a vegetációs periódus egészében 8–9 nappal nyújtja meg az akác aktív időszakát, viszonylag kevés erősen szignifikáns eredmény alapján. 100 MJ/m²-es energiatöbblet a virágzásig 5–7 napos, azután 4–6 napos, a vegetációs periódusban pedig 5–6 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 0,0–0,3 nappal, a második szakaszban 5,2–7,9 nappal, a tenyészidőszak egészében 8,6–11,2 nappal rövidítené le a fázisartamot. 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 0,1–0,3 napos, azt követően 7,4–10,6 napos, a teljes lombos időszakban pedig 12,0–18,3 napos fejlődésgyorsulást idézhet elő.

5. táblázat Termikus meteorológiai tényezőknek az akác fázisstartamaira gyakorolt hatása (szignifikáns lineáris összefüggések b-értékei, 1984–1997)

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

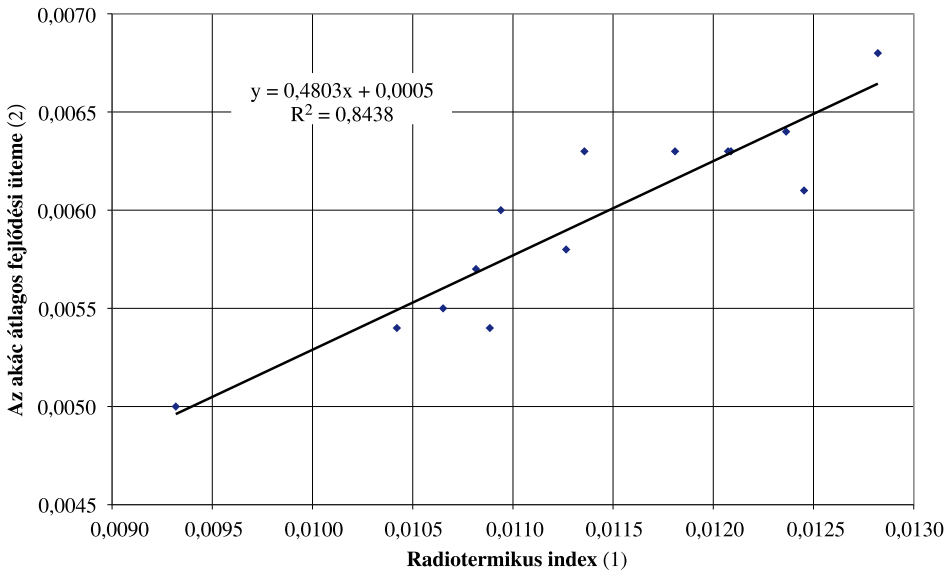
(1) leafing-flowering, (2) station, (3) average temperature, (4) sum of positive temperatures, (5) sum of sunshine duration, (6) sum of global radiation, (7) photothermal index, (8) radiothermal index, (9) flowering-leaf fall, (10) growth season, (11) probability level

| Állomás (2) | Lombosodás–virágzás kezdete (1) | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---|----------------------------|--|---------------------------|----------------------------|--|--|--|--|--|
| | Átlaghőmérséklet (°C) (3) | Pozitív hőmérsékleti összeg (foknap) (4) | Napfénytartam (óra) (5) | Globálsugárzás (MJ/m ²) (6) | Fototermikus index (7) | Radiotermikus index (8) | | | | | |
| Badacsony | <u>-2,97</u> | <u>0,12</u> | <u>0,16</u> | <u>0,07</u> | <u>-140,2</u> | <u>-170,0</u> | | | | | |
| Eger | | <u>0,06</u> | <u>0,06</u> | <u>0,05</u> | <u>-59,2</u> | <u>-89,4</u> | | | | | |
| Kaposvár | <u>-2,98</u> | <u>0,12</u> | <u>0,19</u> | <u>0,07</u> | <u>-260,1</u> | <u>-273,5</u> | | | | | |
| Mosonmagyaróvár | <u>-1,85</u> | <u>0,08</u> | <u>0,16</u> | <u>0,06</u> | <u>-158,5</u> | <u>-168,7</u> | | | | | |
| Pápa | <u>-2,92</u> | <u>0,09</u> | <u>0,15</u> | <u>0,06</u> | <u>-124,5</u> | <u>-129,4</u> | | | | | |
| Szeged | | <u>0,06</u> | <u>0,10</u> | <u>0,05</u> | <u>-27,9</u> | <u>-89,4</u> | | | | | |
| Tiszaróff | <u>-2,72</u> | <u>0,06</u> | <u>0,12</u> | <u>0,06</u> | <u>-139,6</u> | <u>-160,8</u> | | | | | |
| Virágzás kezdete–lombhullás (9) | | | | | | | | | | | |
| Badacsony | | <u>0,05</u> | <u>0,09</u> | <u>0,06</u> | <u>-7112,8</u> | <u>-10470,0</u> | | | | | |
| Eger | <u>-7,96</u> | <u>0,05</u> | | <u>0,05</u> | <u>-7876,3</u> | <u>-9872,0</u> | | | | | |
| Kaposvár | | <u>0,05</u> | <u>0,07</u> | <u>0,05</u> | <u>-5223,1</u> | <u>-8424,9</u> | | | | | |
| Mosonmagyaróvár | <u>-8,08</u> | | | <u>0,04</u> | <u>-6756,3</u> | <u>-9679,0</u> | | | | | |
| Pápa | | <u>0,05</u> | <u>0,09</u> | <u>0,05</u> | <u>-6905,1</u> | <u>-10191,0</u> | | | | | |
| Szeged | <u>-4,04</u> | | | | | <u>-7442,5</u> | | | | | |
| Tiszaróff | | <u>0,05</u> | <u>0,06</u> | <u>0,04</u> | <u>-7658,3</u> | <u>-10606,0</u> | | | | | |
| Vegetációs periódus (10) | | | | | | | | | | | |
| Badacsony | | <u>0,06</u> | <u>0,09</u> | <u>0,06</u> | <u>-9236,2</u> | <u>-14118,0</u> | | | | | |
| Eger | <u>-8,16</u> | <u>0,05</u> | | <u>0,05</u> | <u>-9521,0</u> | <u>-13199,0</u> | | | | | |
| Kaposvár | | <u>0,06</u> | <u>0,06</u> | <u>0,06</u> | <u>-9280,1</u> | <u>-18287,0</u> | | | | | |
| Mosonmagyaróvár | <u>-10,33</u> | <u>0,06</u> | | | <u>-9632,6</u> | <u>-14364,0</u> | | | | | |
| Pápa | | <u>0,05</u> | <u>0,08</u> | <u>0,05</u> | <u>-8562,3</u> | <u>-14784,0</u> | | | | | |
| Szeged | | <u>0,03</u> | | | | <u>-12003,0</u> | | | | | |
| Tiszaróff | | <u>0,05</u> | <u>0,07</u> | <u>0,05</u> | <u>-11203,0</u> | <u>-15065,0</u> | | | | | |

Valószínűségi szint (11): P < 0,1%; P < 1%; P < 2%; P < 5%; P < 10%

A meteorológiai tényezők hatása az akác fejlődési ütemére

Ugyanezen termikus elemeknek és indexeknek az akác fejlődési ütemére gyakorolt hatását is elemeztük. A kapott eredményeink nagyon hasonlítanak a 4. táblázat eredményeire. Az elemek közül a globálsugárzás és a hőmérsékleti összeg jobban, az átlaghőmérséklet és a napfénytartamösszeg kevésbé használható az akác fejlődési ütemének meghatározására, de igazán jó eredményeket csak a lombosodás–virágzás fenofázisra kaptunk. A fototermikus index alkalmazásakor hasonló eredményeket kaptunk, mint a globálsugárzás esetén. A radiotermikus index bizonyult egyértelműen a legpontosabb eszköznek az akác fejlődési ütemére gyakorolt termikus hatás leírására, ez az index feltételezhetően akár előrejelzési célokra is felhasználható. A radiotermikus indexnek az akác tenyészidőszak alatti fejlődési ütemére gyakorolt erősen szignifikáns hatását mosonmagyaróvári értékek alapján a 3. ábra mutatja be.



3. ábra A radiotermikus index hatása az akác vegetációs periódus alatti fejlődési ütemére Mosonmagyaróváron 1984–1997 között

Figure 3. Effect of radiothermal index on development rate of black locust during growth season in Mosonmagyaróvár during 1984–1997

(1) radiothermal index, (2) development rate of black locust during growth season

Bioclimatological analysis of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) development

ZOLTÁN VARGA – ZOLTÁN VARGA-HASZONITS –
ERZSÉBET ENZSÖLNÉ GERENCSÉR – ZSUZSANNA LANTOS – 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 black locust phenological data and associated (thermal) meteorological data from stations all over the country the following issues were examined:

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

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 black locust development.

This study is part of a project in which suitability of four wilding species – black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), elder (*Sambucus nigra* L.), linden (*Tilia cordata* L.) and lilac (*Syringa vulgaris* L.) – for being used as indicator plant of climate change (Varga *et al.* 2009a, 2009b, 2010). It was found that effects of warming climate of the last years of the 20th century can be detected better on black locust and elder phenological data series than in the case of linden and lilac. The observed increase in the thermal elements generally led to a longer growing season of black locust.

Our present results suggest that regional variability of thermal elements during the growing season of black locust is mainly influenced by conditions of period after flowering. Also effects of some important radiation and temperature elements on *Robinia* development were studied, and we found that generally there were close correlations between sum of positive temperatures and black locust phenology, and sum of global radiation and black locust phenology, respectively. Radiothermal index, which expressed joint effect of temperature and radiation, almost deterministically acted the length of black locust phenophases, that is why this index can be used for forecasting and modelling development of this wild plant.

Keywords: black locust, phenology, radiation, temperature, climate change.

IRODALOM

- Barrett, R. P. – Mebrahtu, T. – Hanover, J. W. (1990): Black locust: a multi-purpose tree species for temperate climates. *Advances in new crops. Proceedings of the first national symposium 'New crops: research, development, economics'*, Indianapolis, Indiana, USA, 23–26 October 1988. 278–283.
- Candilo, M. D. – Ranalli, P. – Cesaretti, C. – Pasini, P. (2004): Colture non food: ormai realta l'uso a fini energetici. *Informatore Agrario*. **60**, (1) 34–38.
- 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.
- Dyckmans, J. (2006): Einfluss erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration auf die Aufnahme- und Speicherdynamik von Stickstoff in Buche und Robinie. *Forstarchiv*. **77**, (3) 86–92.
- Hanover, J. W. – Mebrahtu, T. (1991): Robinia pseudoacacia: temperate legume tree with worldwide potential. *NFT Highlights*.
- 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.
- Lu, P. L. – Yu, Q. A. – Liu, J. D. – Lee, X. H. (2006): Advance of tree-flowering dates in response to urban climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. **138**, (1–4) 120–131.
- Miloserdov, N. M. (1989): Shelterbelts and the yield of winter barley. *Lesnoe Khozyaistvo*. (7) 39–41.
- Murray, M. B. – Cannell, M. G. R. – Smith, R. I. (1989): Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. *Journal of Applied Ecology*. **26**, (2) 693–700.
- Olesniewicz, K. S. – Thomas, R. B. (1999): Effects of mycorrhizal colonization on biomass production and nitrogen fixation of black locust (*Robinia pseudoacacia*) seedlings grown under elevated atmospheric carbon dioxide. *New Phytologist*. **142**, (1) 133–140.
- Sukopp, H. – Wurzel, A. (2000): Changing climate and the effects on vegetation in central European cities. *Arboreal Journal*. **24**, (4) 257–281.
- Varga Z. – Varga-Haszonits Z. – Enzsölné Gerencsér E. – Milics G. (2009a): A kislevelű hárs (*Tilia cordata* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése. *Acta Agronomica Óváriensis*. **51**, (2) 21–38.
- Varga Z. – Varga-Haszonits Z. – Enzsölné Gerencsér E. – Lantos Zs. – Milics G. (2009b): A fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése. *Kertgazdaság*. **41**, (4) 66–79.
- Varga Z. – Varga-Haszonits Z. – Enzsölné Gerencsér E. – Lantos Zs. – Milics G. (2010): A májusi orgona (*Syringa vulgaris* L.) fejlődésének fenológiai és bioklimatológiai elemzése. „Klíma-21” Füzetek. **60**, 22–35.
- Walkovszky, A. (1998): Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*. **41**, (4) 155–160.
- www.hungarobinia.hu
- Xu, Y. Q. – Lu, P. L. – Yu, Q. A. (2004): Impacts of climate change on first-flowering dates of *Robinia pseudoacacia* L. and *Syringa amurensis* Rupr. in China. *Journal of Beijing Forestry University*. **26**, (6) 94–97.
- Yang, Y. – Watanabe, M. – Li, F. D. – Zhang, J. Q. – Zhang, W. J. – Zhai, J. W. H. (2006): Factors affecting forest growth and possible effects of climate change in the Taihang Mountains, northern China. *Forestry Oxford*. **79**, (1) 135–147.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

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