

XVI. reál- és humántudományi Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia (ETDK)

Kolozsvár, 2014. május 23–26.

Léptékfüggő-e a rózsacserjék aggregációja?

Szerző:

Prázsmári Hunor

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Biológia-Geológia Kar, Szárazföldi és vízi ökológia, I-év

Témavezető:

dr. László Zoltán adjunktus

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Biológia és Geológia Kar, Magyar Biológiai és Ökológiai Intézet, Kolozsvár

Kivonat

A vadrózsákon megjelenő rózsagubacsokban előforduló hártvásszárnyú közösség modellként szolgálhat tájökológiai, evolúciós, epidemiológiai és a klímaváltozás biodiverzitásra gyakorolt hatásait elemző vizsgálatokban. A közösség fajainak vizsgálatához nélkülözhetetlen a megfelelő lépték kiválasztása a mintavételi kvadrátok méretének meghatározásához. Fontos szempont a lépték kiválasztásánál a közösséget alkotó fajok diszperziós távolságainak ismerete, azonban a gazdanövények térbeli eloszlása, mivel összefüggésben van a gubacsok gyakoriságával szintén kiemelkedő fontosságú. Vizsgálatomban a rózsacserjék eltérő léptékeken megfigyelt térbeli eloszlásának vizsgálatát tűztem ki célul. Az elemzésekhez összesen hat darab, egyenként egy hektáros területen fellelhető rózsacserje mintázatokat használtam. A térbeli eloszlást a léptékfüggőséget feltáró Ripley-féle K függvény segítségével határoztam meg az egy hektáros területeken, majd a vizsgálati kvadrátokat négy egyenlő részre osztva megismételtem az elemzést. Vizsgálati hipotézisem térbeli eloszlás változatlansága a két lépték (1/4 ha és 1 ha) függvényében. Eredményeim alapján alátámaszthatom a 1/4 hektáros mintavételi kvadrátok használatának jogosultságát, amely megerősítheti a diszperziós távolságok alapján feltehető kvadrátméret alkalmasságát közösség-ökológiai vizsgálatainkhoz. A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott (pályázati azonosító: A2-CT-HTKH-13-0003). A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
1.1. Léptékfüggés	1
1.2. Növények téreloszlása.....	2
1.3. Eddigi vizsgálataim eredménye	3
2. Célkitűzések	3
2.1. Vizsgálati kérdés és hipotézis	4
2.2. Vizsgálati predikciók:	4
3. Anyagok és módszerek.....	4
3.1. A vizsgálati modell-rendszer.....	4
3.2. Vizsgálati anyag gyűjtése.....	5
3.3. Elemzési módszerek.....	6
3.3.1. A Ripley-féle K-függvény és az L-hat	6
3.3.2. Az alkalmazott kevert lineáris modell.....	7
4. Eredmények.....	8
4.1. Az L-hat értékek elemzése	8
4.2. A kvadrátméreték összehasonlítása kis, közepes és nagy léptéken.....	10
5. Következtetések	12
6. Irodalomjegyzék.....	14
7. Függelék.....	16

1. Bevezetés

1.1. Léptékfüggés

Az ökológiai felmérések, vizsgálatok egyik fő eszköze a mintavételezés alapját képező kvadrát. Kvadrátok segítségével azonban egy adott pontmintázatot, ún. pontfolyamatot is vizsgálhatunk. A kvadrátok kijelölésekor fontos a megfelelő lépték kiválasztása, mivel egy adott léptéken megfigyelhető pontmintázat, pontfolyamat, vagy akár a megfigyelt közösségek faji összetétele is megváltozhat a lépték megváltozásával.

Például, ha egy meredek domboldalon, ahol egy gyepi közösség egy cserjés közösségbe vált át, arra vagyunk kíváncsiak, hogy a két közösség milyen összetétellel rendelkezik, akkor egyik módszere vizsgálatunknak, a véletlenszerűen kijelölt kvadrátok segítségével történő mintavétel a közösségek mindenikéből. Ezeknek a mintáknak a segítségével megismerhetünk olyan közösségi tulajdonságokat, mint az átlagos biomassa mennyisége és a produktivitás. Ezek a tulajdonságok azonban csupán a megfigyelés léptékén érvényesek. Nagyobb léptéken viszont feltehetjük azt a kérdést, hogy az előbbi vizsgálati helyen a nedveség-hőmérséklet gradiens hol változik a két közösség szempontjából. Kis léptéken, a közösségekben kijelölt kvadrátok már nem tudnak választ adni erre a nagyobb léptékű kérdésre.

Feltevődik a kérdés, hogy ökológiai vizsgálatok, felmérések szemszögéből mi lenne a már többször említett lépték? A lépték nem más, mint egy objektum (legyen szó állatról, növényről) vagy egy folyamat, idő vagy térbeli dimenziója. Minden lépték jellemezhető egy térbeli felbontással (ún. „*grain*”). Továbbá minden lépték jellemezhető az egész vizsgálati területet (vagy akár a megfigyelési időt) magába foglaló terjedelemmel (ún. „*extent*”) (Turner et al., 2001). A skálafüggőség nem más, mint egy mintázat, folyamat vagy jelenség felbontásának vagy terjedelmének változásával megfigyelt tulajdonság-változás. Schneider (1994) a következőképpen határozza meg a skála (lépték) függő folyamatokat: skálafüggő folyamatok azok, amelyekben az egymáshoz viszonyított tulajdonságok a mérés felbontásának vagy a mérés terjedelmének növelésével / csökkenésével változnak. Az elvégzett mérések léptékének függvényében egy kérdésre kapott statisztikai válasz megváltozhat. Ilyen mérési lépték a kvadrátok mérete az ökológiai vizsgálatok során.

1.2. Növények téreloszlása

A növények téreloszlását biotikus és abiotikus tényezők összessége alakítja ki. Az abiotikus tényezők igen fontosak, és alapjában véve ezek hatnak limitáló tényezőként a növények esetében. A biotikus tényezők szerepe azonban elengedhetetlen, a növényközösségek téreloszlását az intra- és interspecifikus versengés, illetve a facilitáció ugyanolyan súllyal határozza meg, akár a humiditás, a fényerősség, vagy az ásványi anyagok elérhetősége.

Az egyik legfontosabb biotikus tényező a kompetíció, mely egy forrásért folyó versengést jelent és amely mindkét felet negatívan befolyásolja. A versengés kialakulhat fajok között, ebben az esetben fajok közti (iterspecifikus) versengésről beszélünk és kialakulhat ugyanazon faj képviselői közt, ebben az esetben fajon belüli (intraspecifikus) kompetícióról beszélhetünk. Ahhoz, hogy egy stabil növényközösség kialakuljon és fennmaradjon, a fajon belüli kompetíciónak erősebbnek kell lennie, mint a fajok közti kompetíciónak (Yeaton et al. 1977; Fowler, 1986). A növények közötti kompetíciónak két szintje ismeretes. Az első a talajban folyó gyökerek kompetíciója az ásványi anyagokért és a vízért. A növények kompetíciójának második szintje egy talaj feletti kompetíció, mely a fényért folyik, és fotoszintézist végző növényi részek közt alakul ki (Wilson, 1988). A términtázatok kialakításában kisléptéken a kompetíció az egyik fő „hajtóerő” de más tényezők (másodlagos anyagcsere termékek, herbivór nyomás) hatásai sokkal fontosabbak a fajok abundanciájának és téreloszlásának kialakításában (Yeaton et al., 1977).

A kompetíción kívüli másik fontos biotikus tényező, mely befolyásolja a növények téreloszlását nem más, mint a herbivória vagyis a növényevés. A növények helyhez kötött életmódjuk miatt fokozottan ki vannak téve a környezet hatásainak, és ugyanakkor nem képesek elmenekülni a növényevők elől. Így a herbivórok táplálkozási stratégiája nagyban befolyásolja a növények elterjedését, términtázatát és a közösségek összetételét. A herbivória nem csak a gerinces növényfogyasztókat (például szarvasmarha), hanem az apró gerincteleneket is magába foglaló gyűjtőfogalom. Minden egyes elemének közös tulajdonsága, hogy táplálékuk fő forrása a növényi szervezet, legyen szó egyszerű lombrágásról vagy akár bonyolultabb gubacsokozásról.

Így a gubacsokozó fajok is, mint például a *Diplolepis rosae* (közönséges rózsagubacsdarázs) herbivórok közé tartoznak. A kompetícióval ellentétben a herbivórok mind helyi, mind regionális szinten befolyásolhatják a diverzitást. A növényevők hatásainak vizsgálata során figyelembe kell venni, hogy azok tér-, illetve időlépték függők-e. A nagy

testű herbivórok hatása azonnali és könnyen felismerhető, míg a méreteikben kisebb fitofág rovaroké nem. Azonban egy hosszabb időintervallumot megvizsgálva, a fitofág rovarok hatása akár erősebbnek is bizonyulhat.

A növényevők diverzitást befolyásoló hatása környezetfüggő, például a tápanyagban gazdag területen növelik, míg gyengébb talajtípussal rendelkező területek esetében nincsenek hatással a növények diverzitására (Olf és Ritchie, 1998).

Bár az erős herbivór nyomás befolyásolja a növényközösségek téreloszlását, mégse feledkezhetünk meg arról, hogy a növények térbeli mintázata is hatással van a növényevők térbeli elhelyezkedésére, annak ellenére, hogy ők a növényekkel ellentétben képesek az aktív helyváltoztatásra. A herbivór populációk fő szabályozó mechanizmusa a fajon belüli kompetíción kívül a predáció, melyhez hozzátartozik a parazitizmus és annak egyik típusa, a parazitoid életmód.

Egy többszintes növény-herbivór-parazitoid kapcsolat megértéséhez, valamint a rendszer dinamikájának megértéséhez a legelső lépés az alapokat képező fajok, így a tápnövény términtázatának megismerése, majd a növényevő términtázatának megértése és változásainak előre jelezhetősége.

1.3. Eddigi vizsgálataim eredménye

Eddigi vizsgálataim során kiderült, hogy a rózsacserjék téreloszlásának elemzéséhez használt parazitológiai elemző módszerek ugyanazon a léptéken (vagy is 10 m) hasonló eredményeket adtak, mint a pontmintázat elemző módszerek. A rózsacserjék téreloszlása aggregáltságot mutatott. Azonban minden elemzést csupán egy mintavételi léptéken, 1/4-ed hektáros kvadrátokban végeztem.

2. Célkitűzések

Jelen vizsgálatomban arra keresem a választ, hogy a növények términtázatának vizsgálatára használt kvadrátos mintavételezés mutat-e eltéréseket a pontmintázatok szempontjából a kvadrátok méretének függvényében. Vagyis, hogy használhatóak-e az egy hektáros mintavételi kvadrátok helyett negyed-hektáros kvadrátok, lévén hogy az előbbi kijelölése nehézkes, valamint, a benne lévő adatok felvétele igen időigényes.

A vadrózsa (*Rosa* sp.) és a rajta kialakuló gubacsok közösségének vizsgálata során merült fel az optimális kvadrátméret kérdése: a nagyobb és nehezen kezelhető egy hektáros

kvadrátokat le lehet-e cserélni torzítások nélkül kisebb (de ugyanolyan pontfolyamat mintázatokat eredményező kvadrátokra), negyedhektáros kvadrátokra?

2.1. Vizsgálati kérdés és hipotézis

Vizsgálati kérdés: a használt pontmintázat elemző módszer egyazon területen, eltérő kvadrátméretek esetén ugyanazt a términtázat-típust mutatja-e?

Vizsgálati hipotézis: mind az egy hektáros, mind a negyed hektáros kvadrátok esetében azonos pontmintázatokat kapunk ugyanazon terület ugyanazon léptékű cserje-eloszlásának jellemzésére.

2.2. Vizsgálati predikciók:

- 1) a szignifikáns, aggregációra utaló értékek ($L\text{-hat} > 0$) gyakorisága nem tér el a kis és a nagy kvadrátok esetében.
- 2) a szignifikáns, egyenletességre utaló értékek ($L\text{-hat} < 0$) gyakorisága nem tér el a kis és a nagy kvadrátok esetében.
- 3) a szignifikáns, véletlenszerűsége utaló értékek ($L\text{-hat} = 0$) gyakorisága nem tér el a kis és a nagy kvadrátok esetében.

3. Anyagok és módszerek

3.1. A vizsgálati modell-rendszer

A vadrózsa (*Rosa canina*) ázsiai származású cserje mely egész Európában elterjedt. Nagyfokú elterjedési területének és nagy egyedszámának köszönhetően közönséges fajnak számít bármely európai szárazgyep fászszerű cserje közösségében. Bár a magas egyedszám közönséges fajjá teszi, a vadrózsa, vagy gyepűrózsa korántsem közönséges; főként „ökológus szemmel” nézve, mivel egy többszintes gazdanövény – herbivór – parazitoid közösség alapját képezi.

A vadrózsa lombhullató növény, átlagos magassága 1-5 méter között mozog, de akár magasabb fák lombzatáig is felkapaszkodhat. Szára zöld és bíbor színű lehet, a kor előrehaladtával elbarnulnak. A vadrózsa nem tövisekkel, hanem tüskékkel rendelkezik melyek módosult levelek, és eltérő anyagokból épülnek fel, mint a szár. E tüskék segítségével más bokrokra és fákra is felnőhet. Összetett levelei, 5-7 darab 15-40 mm hosszú levélkéből állnak,

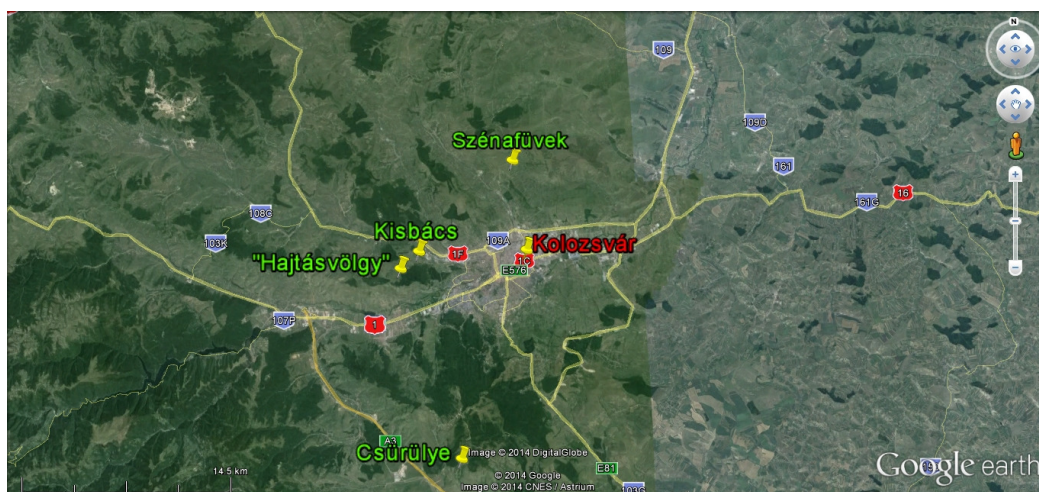
mind dorzális, mind ventrális oldalukon simák, egyszeresen vagy kétszeresen fűrészes levélszéllal rendelkeznek. A virágai illatosak, színük a fehértől a halvány rózsaszínen át a mély rózsaszínig terjed, áterméseik égő piros színnel rendelkeznek.

A vadrózsa Romániában is előforduló érdekes táplálkozási stratégiát alkalmazó herbivórja a *Diplolepis rosae* és a *D. mayri*. Mindkét faj gubacsokozó, ez azt jeleneti, hogy a nőtények a friss rózsahajtásokat megszúrják, melyek a behatás következtében egy „házat” hoznak létre (sejtburjánzás következik be), ez lesz a gubacs, ebbe rakja le a petéit a gubacsokozó. A gubacs egy második lakóközösségnek biztosít életteret, ez a lakóközösség a gubacsokozó lárváiból, az albérlő fajok lárváiból és a parazitoid fajok lárváiból épül fel.

A vadrózsa – herbivór – parazitoid rendszer könnyű manipulálhatósága és gyakori előfordulás következtében ideális modell közösség különböző ökológiai (László és Tóthmérész, 2013a) vagy evolúciós (László és Tóthmérész, 2013b) hipotézisek tesztelésére.

3.2. Vizsgálati anyag gyűjtése

A vizsgálatokat hat darab, egyenként egy hektáros kvadrátban felvett rózsacserjék koordinátáin végeztem. A kvadrátok, Kolozsvár környékén helyezkednek el (1 ábra): a Szénafüveken (2 darab), a Hajtásvölgyben (2 darab), Kisbács mellett (1 darab) és Csűrűlye mellett (1 darab). 2011 során hat darab 100×100m kvadrátot jelöltünk ki, melyekben GPS segítségével rögzítésre került minden egyes vadrózsa cserje koordinátája, továbbá feljegyzésre került a cserjék magassága, átmérője és hajtásainak száma. Az egyhektáros kvadrátokon belül található cserjéken begyűjtésre került minden *D. rosae* és *D. mayri* gubacs.



1 ábra. A mintavételi területek Kolozsvárhoz viszonyított helyzete.

3.3. Elemzési módszerek

A GPS segítségével rögzített koordinátákat a TrackMacker (Ferreira, 2008) nevű szoftver segítségével *.csv fájl-formátumba mentettem. A koordinátákat tartalmazó adattáblákat az R programozási nyelv és szoftverkörnyezetben (R Development Core Team 2013) elemeztem a *splancts* (Rowlingson és Diggle, 1993) nevű csomag segítségével, mely tartalmazza a Ripley-féle K-függvényt (Ripley, 1976) az L-hat pontmintázat elemző függvényt (Ripley, 1977).

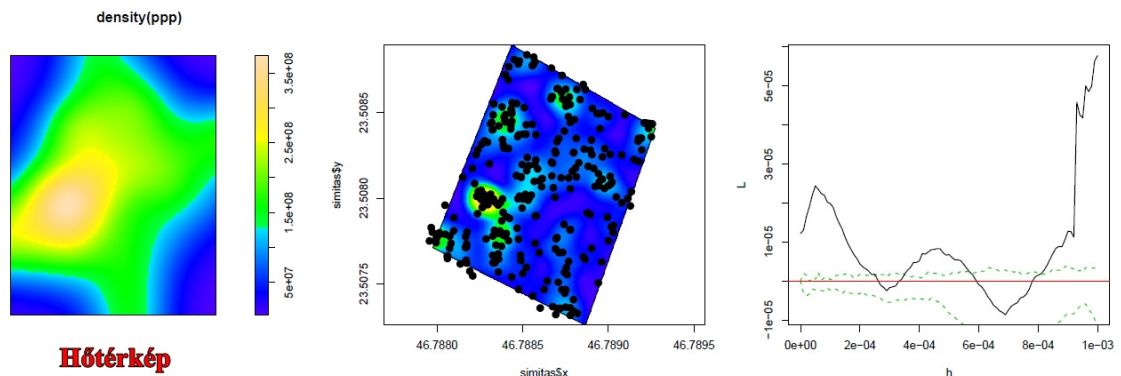
3.3.1. A Ripley-féle K-függvény és az L-hat

A Ripley-féle K-függvény ismert térbeli pontmintázat folyamatokkal (pontfolyamatok-„point pattern process”) kapcsolatos feltevések tesztelésére, értékek becslésére és elméleti modellek illesztésére használható (Dixon, 2006). Az események általában két dimenzióban kerülnek (2D) rögzítésre, de egy vonal mentén (1D) vagy akár térben is elhelyezkedhetnek (3D).

A K-függvényt már több esetben használták növények térbeli mintázatának vizsgálatára, mind lágyszárú (Stamp, 1990), mind fásszárú növények esetében (Duncan, 1993), továbbá betegségek térbeli mintázatának leírására is (Diggle, 1991).

A K-függvény a következő képen adható meg $K(t) = \lambda^{-1} * E$, ahol a lambda az események sűrűsége (számuk egységnyi területen) és az E egy véletlenszerűen választott eseménytől t távolságra lévő események száma. A $K(t)$ a pontfolyamatok jellemzőit változó léptéken írja le (Dixon, 2006). A teljes térbeli véletlenszerűség (Complete Spatial Randomness, CSR) leírására a $K(t)$ egy származtatott függvényét a $K(t) = \pi t^2$ használhatjuk, mely megmutatja, hogy a megfigyelt események términtázata mennyire követi a Poisson-folyamatok által definiált eloszlást. A gyakorlatban a könnyebb alkalmazhatósága miatt az $L(t) = (K(t)/\pi)^{1/2}$ és annak becslő függvényét $L\text{-hat}(t) = (K\text{-hat}(t)/\pi)^{1/2}$ használják. Amennyiben az L-hat varianciája megközelítőleg állandó, a CSR esetében $L(t) = t$. Minden t távolságban a várt értékektől megfigyelt eltérést a CSR-től való eltérés tesztelésére használják.

A L-hat által leírt términtázatokat a szemléltetés érdekében „hőtérképeken” ábrázoltam (2 ábra). A fehér szín nagyfokú aggregáltságot jelez. A sárga szín kisebb mértékű aggregáltságot, a zöld szín az egyenletes téreloszlást, és a kék szín a véletlenszerű téreloszlást jelez. A 2. ábrán látható grafikon, a Kisbács mellett található 1 ha méretű kvadrát téreloszlás mintázatának alakulását ábrázolja a változó lépték függvényében (0-100 m).



2 ábra. „Hőterkép” a Kisbács mellett felvett hektáros kvadrátról. A jobboldali grafikonon a lépték függvényében megfigyelhető términtázat látható (h – lépték (0-100 m), L – L -hat értékek). A vörös egyenes fölötti értékek aggregálságot, a zöld intervallumban levő értékek véletlenszerűséget jeleznek.

3.3.2. Az alkalmazott kevert lineáris modell

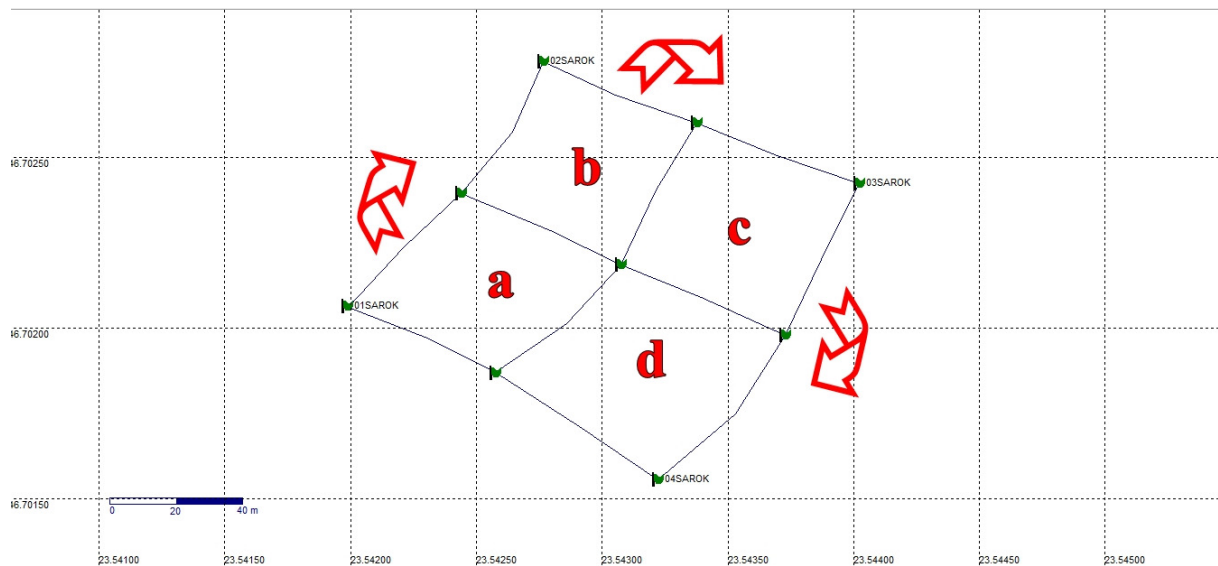
Az általánosított kevert lineáris modellek (GLMM) rögzített és random hatásokat is tartalmaznak. A rögzített hatás a vizsgálni kívánt magyarázó változó, amelyik variancia-magyarázatára kíváncsiak vagyunk a kimeneti változóban. A random hatások azok a magyarázó változók, amelyeknek variancia-magyarázatát a kimeneti változóra vonatkoztatva a modellben ki akarjuk zárni a rögzített hatás variancia-magyarázatából.

Az általam használt GLMM a következő felépítést követi:

$$y | c(aggr., unif., rand.) \sim \text{kvadrátméret, random} \sim 1 | \text{hely/kvd, family="binomial"}),$$

ahol az *aggr.* az aggregációt, az *unif.* az egyenletességet, illetve a *rand.* a véletlenszerűséget magába foglaló kimeneti változót jelöli.

A kimeneti változó a szignifikáns aggregáció, egyenletesség vagy véletlenszerűség vektora, amely egy binomiális kimeneti változó (pl. szignifikáns aggregáció esetén értéke 1, másként 0). A rögzített változó a kvadrátméret, két szinttel rendelkezik: „kis” (1/4 ha) és „nagy” (1 ha). A random változó a mintavételi hely (hat szint: Szénafüvek 1, Szénafüvek 2, Hajtásvölgy 1, Hajtásvölgy 2, Csűrűlye, Kisbács). A mintavételi helybe (1 ábra) beágyazva használtam az alkvadrátok azonosítóját. Mind a hat egy hektáros kvadrátot felosztottam 4 darab 1/4 ha-os alkvadrátra, ezek azonosítói alkották a beágyazott random hatást (3 ábra).



3 ábra. A hektár méretű kvadrátok negyedhektáros (*a, b, c, d*) alkvadrátokra vannak felosztva, az óra járásával megegyező irányban.

4. Eredmények

4.1. Az *L-hat* értékek elemzése

Az *L-hat* a términtázat alakulását végig követi a változó léptékeken. Az F1 ábrán a grafikonokon feltüntetett piros egyenes a teljes térbeli randomitást ábrázolja. A zöld szaggatott vonal a konfidencia intervallumokat ábrázolja. Az *L-hat* értékek alapján, ha a fekete görbe a konfidencia intervallumok felett helyezkedik el, akkor aggregált téreloszlást mutat. Ha a folytonos vonal a konfidencia intervallum alatt helyezkedik el, akkor egyenletes téreloszlásról beszélhetünk az adott léptéken (2 ábra).

A Kisbács mellett kijelölt hektáros kvadrátban található rózsacserjék kis léptéken aggregált téreloszlást, közepes léptéken szintén aggregált téreloszlást és nagy léptéken is aggregált téreloszlást mutatnak a hektáros kvadrátban. A Kisbács mellett található 1 hektáros kvadrát első 1/4 hektáros (*a*) alkvadrátjában az *L-hat* kis léptéken aggregált eloszlást, közepes léptéken random és nagy léptéken aggregált términtázatot mutat. A *b* jelű alkvadrát esetében kis léptéken aggregáltságot, közepes léptéken randomitást és nagy lépték esetében aggregáltságot figyelhetünk meg. A *c* jelű alkvadrát esetében kis léptéken aggregált, közepes lépték esetében egyenletes és nagy lépték esetében aggregáltságot mutat. A *d* alkvadrát esetében kis léptéken aggregált, közepes lépték esetében random, és nagy lépték esetében aggregált téreloszlást mutat a grafikon (F1 ábra).

Csűrűlye határában az 1 hektáros kvadrát esetében a cserjék kis és közepes léptéken aggregált téreloszlást, nagy lépték esetében egyenletes téreloszlást mutatnak. Az *a* alkvadrátban kis és közepes léptéken aggregált téreloszlást, nagy léptéken egyenletes téreloszlást mutat a grafikon. A *b* jelű alkvadrátban kis és közepes léptéken a grafikon aggregált términtázatot, nagy lépték esetében egyenleteset mutatott. A *c* alkvadrátban kis és közepes léptéken aggregált téreloszlást nagy léptéken random téreloszlást tapasztalhatunk. A *d* jelű alkvadrát esetében kis- és nagy léptéken véletlenszerű, illetve közepes léptéken aggregált téreloszlást mutatnak a cserjék términtázatai (F2 ábra).

A Szénafüveken kijelölt első hektáros kvadrát (SZN1) esetében az *L-hat* kis és közepes léptéken aggregált, míg nagy lépték esetében egyenletes téreloszlást mutat. Az *a* alkvadrát esetében kis és közepes léptéken aggregált términtázatot, nagy léptéken pedig random términtázatot figyelhetünk meg. A *b* jelű alkvadrát esetében kis és közepes léptéken aggregált, nagy léptéken random mintázatot mutatott. A *c* alkvadrát esetében kis és közepes léptéken aggregált téreloszlást nagy lépték esetében egyenleteset láthatunk. A *d* alkvadrát grafikonja kis léptéken aggregáltságot, közepes léptéken randomitást és nagy léptéken aggregáltságot mutat (F3 ábra). A Szénafüveken felvett második 1 ha méretű kvadrát (SZN2) esetében kis és közepes léptéken aggregált, nagy léptéken egyenletes téreloszlást figyelhetünk meg. Az *a* negyedhektáros kvadrát kisléptéken aggregált, közepes és nagy léptéken random téreloszlást mutat. A *b* 1/4 ha méretű kvadrát kis és közepes léptéken aggregált, nagy léptéken random téreloszlást mutat. A *c* jelű alkvadrátban kis és közepes léptéken random términtázatot, nagy léptéken egyenletes téreloszlást mutat az *L-hat*. A *d* jelű alkvadrát esetében kis léptéken aggregált términtázatot, közepes léptéken random términtázatot és nagy léptéken egyenletes términtázatot mutat az *L-hat* (F4 ábra).

A Hajtásvölgy első 1 ha kvadrátja (HJT1) kis és közepes léptéken aggregált, nagy léptéken random téreloszlás mintázatot mutat. Az *a* jelű alkvadrát esetében kis, közepes és nagy léptéken is random téreloszlást figyelhetünk meg. A *b* 1/4 ha kvadrát esetében mind három léptéken random téreloszlás jellemzi a cserjéket. A *c* és a *d* alkvadrátokban az *a* és *b* alkvadráthoz hasonlóan alakul a három léptéken a términtázat változása, mind a három léptéken random términtázat figyelhető meg (F5 ábra). A Hajtásvölgy második 1 ha kvadrátjának (HJT2) esetében kis és közepes léptéken aggregált, nagy léptéken random téreloszlást mutatnak a cserjék. Az *a* 1/4 ha alkvadrátban mindhárom léptéken random téreloszlást figyelhetünk meg. A *b* 1/4 ha alkvadrát esetében kis léptéken aggregált términtázatot, közepes és nagy léptéken random términtázatot figyelhetők meg. A *c* alkvadrát esetében kis léptéken aggregált, közepes léptéken random és kis léptéken egyenletes eloszlást figyelhetünk meg. A *d* 1/4 ha kvadrát esetében az *L-hat* szerint kis léptéken aggregált

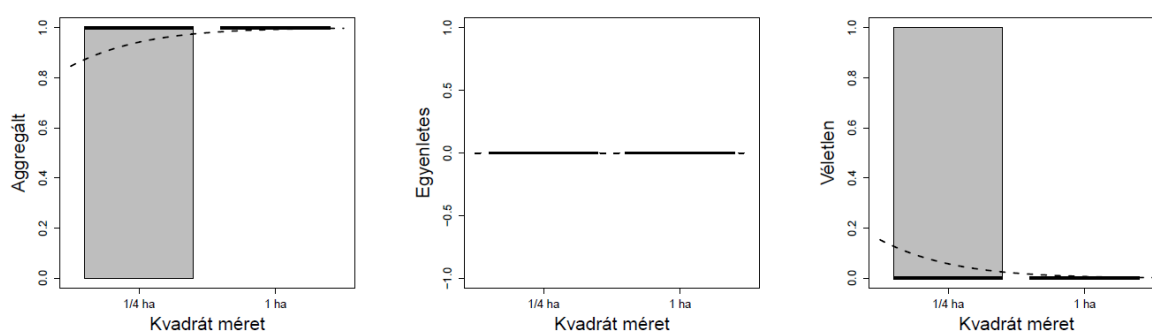
téreloszlást figyelhetünk meg, míg nagy és közepes léptéken random téreloszlással rendelkeznek a cserjék (F6 ábra).

4.2. A kvadrátméretek összehasonlítása kis, közepes és nagy léptéken

Ami a cserjék térbeli eloszlását illeti, a 10 méteres léptéken nem találtam szignifikáns eltérést a hektáros és a negyedhektáros kvadrátok között (1 táblázat, 4 ábra). Továbbá, a 25 méteres léptéken sem találtam szignifikáns eltérést a hektáros és a negyedhektáros kvadrátok között (2 táblázat, 5 ábra). Azonban a 40 méteres léptéken szignifikáns eltérést találtam a hektáros és a negyedhektáros kvadrátok között (3 táblázat, 6 ábra). A nagyobb kvadrátok nagyobb aggregáltságot mutatnak, míg a kisebbek inkább véletlenszerűséget.

1 táblázat. A 10 méteres léptéken nincs eltérés a kis és nagy kvadrátok között. Egyenletes téreloszlást nem tapasztaltunk ezeken a léptékeken. A becsléseket binomiális GLMM-el végeztem (N=30).

10	becslés	SE	z	p	
Aggregált	2,17	1,23	1,76	0,08	ns
Egyenletes	-	-	-	-	-
Random	-2,17	1,23	-1,76	0,08	ns

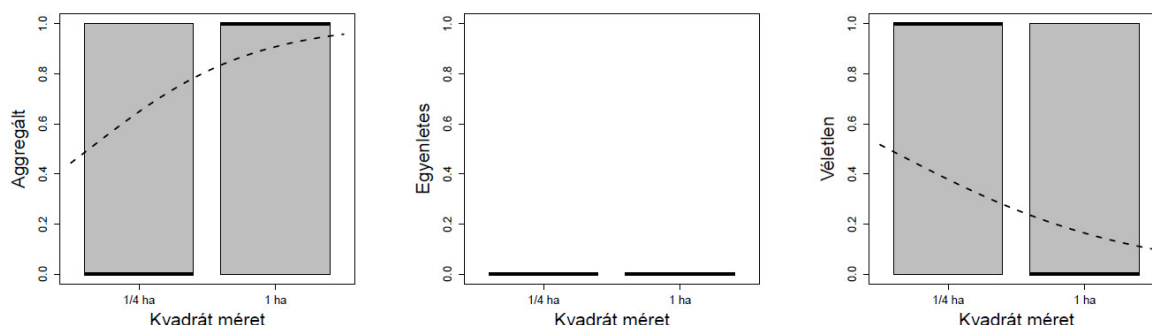


4 ábra. A két kvadrát méret összehasonlítása rózsacserjék térbeli aggregáltsága, egyenletessége és véletlenszerűsége szempontjából 10 méteres léptékeken. A térbeli eloszlástípus jelenlétét és hiányát dobozdiagramok jelölik. A szaggatott görbe a binomiális GLMM becslése alapján jelöli a változás irányát.

Kis léptékeken a kis és nagy kvadrátok között igen enyhe eltérést tapasztaltam a térbeli eloszlástípusok szempontjából (4 ábra), azonban ez az eltérés közepes léptéken már nagyobbak bizonyult (5 ábra), de ebben az esetben sem volt szignifikáns (2 táblázat). Nagy léptéken tovább növekedett az eltérés a kis és nagy kvadrátok között (6 ábra). Ezen a léptéken már az egyenletes téreloszlás is megjelent, de nem mutatott szignifikáns változást a kvadrát méret függvényében (6 ábra, 3 táblázat). A legnagyobb léptéken a térbeli eloszlások jelentősen változtak a kis és nagy kvadrátok között (3 táblázat).

2 táblázat. A 25 méteres léptéken nincs eltérés a kis és nagy kvadrátok között. Egyenletes téreloszlást nem tapasztaltunk ezeken a léptékeken. A becsléseket binomiális GLMM-el végeztem (N=30).

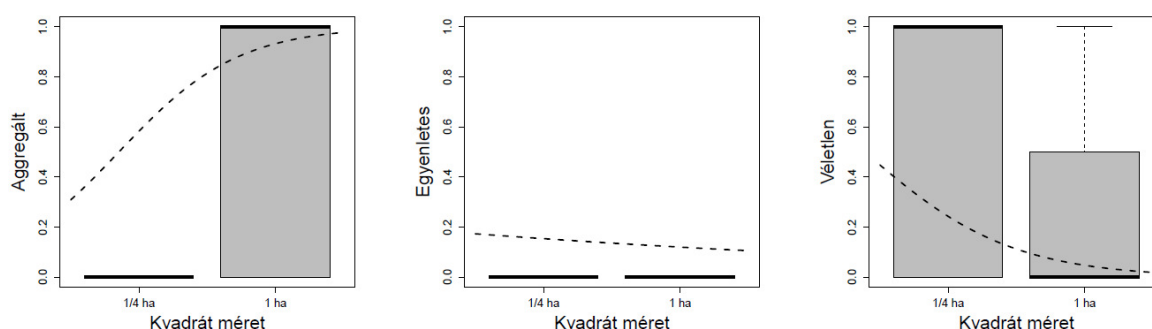
25m	becslés	SE	z	p	
Aggregált	1,68	1,01	1,67	0,09	ns
Egyenletes	-	-	-	-	-
Random	-1,13	0,86	-1,32	0,19	ns



5 ábra. A két kvadrátméret összehasonlítása rózsacserjék térbeli aggregáltsága, egyenletessége és véletlenszerűsége szempontjából 25 méteres léptékeken. A térbeli eloszlástípus jelenlétét és hiányát dobozdiagramok jelölik. A szaggatott görbe a binomiális GLMM becslése alapján jelöli a változás irányát.

3 táblázat. A 40 méteres eltérések tapasztalhatóak a kis és nagy kvadrátok között a térbeli aggregáltság és a véletlenszerűség szempontjából. Az egyenletesség viszont nem mutat eltérést. A becsléseket binomiális GLMM-el végeztem (N=30).

40 m	becslés	SE	z	p	
Aggregált	2,28	0,85	2,68	0,01	*
Egyenletes	-0,29	0,94	-0,30	0,76	ns
Random	-1,85	0,84	-2,20	0,03	*



6 ábra. A két kvadrát méret összehasonlítása rózsacserjék térbeli aggregáltsága, egyenletessége és véletlenszerűsége szempontjából 40 méteres léptékeken. A térbeli eloszlástípus jelenlétét és hiányát dobozdiagramok jelölik. A szaggatott görbe a binomiális GLMM becslése alapján jelöli a változás irányát.

5. Következtetések

A többszintes növény – herbivór – parazitoid rendszer dinamikájának a megismeréséhez fontos a rózsacserjék términtázatának ismerete. A términtázatot leíró matematikai modellek léptékérzékenysége több kutatás során is felmerült (Fortin, 1999; Iwao, 1972). Mindegyik esetben a nagyobb kvadrátméret használatát tartották előnyösnek. Az *L-hat függvény*, számításmenetének köszönhetően (lásd Anyagok és módszerek), eltérő léptékeken használható a pontfolyamatok jellemzésére (Ripley, 1977).

Az *L-hat* függvény használatával kapott eredmények alapján a hat megvizsgált esetből négyben az 1 ha és a 1/4 ha méretű kvadrátokban is aggregáltság jellemzi a rózsacserjék téreloszlását. Az első eltérés a Hajtásvölgy első (HJT1) 1 ha méretű kvadrátjánál figyelhető meg. Az 1 ha-os kvadrát términtázatát leíró grafikon szerint a cserjék kis és közepes léptéken aggregáltságot, nagy léptéken random eloszlást mutatnak. Az alkvadrátok esetében

mindhárom léptéken random téreloszlást mutat a grafikon. A második eltérés a Hajtásvölgy második (HJT2) 1 ha kvadrátjában figyelhető meg, az a alkvadrát mindhárom léptéken random téreloszlást mutat, eltérően a nagy kvadrátban tapasztalt kis és közepes mértéken aggregált, illetve nagy léptéken random mintázattól.

Az összehasonlított 1 hektáros és az őket alkotó negyed hektáros kvadrátok cserje términtázatai kis léptéken (10 m-es) nem mutattak szignifikáns eltérést. A vizsgálati lépték növelésével (25 m-re) a téreloszlások közti eltérés a kis és nagy kvadrátok közt továbbra sem volt szignifikáns. Nagy léptéken (40 m) a hektáros kvadrátok inkább aggregáltak, míg a negyed hektáros alkquadrátok inkább random términtázatot mutatnak.

Az aggregált téreloszlás kialakulását több mindennel magyarázták már, például herbivóriával, illetve ennek egy specifikus változatával, a magpredációval (Fangling et al. 1997). A legvalószínűbb mechanizmusnak azonban a kompetíció tűnik (Sasaki, 1997). Abban az esetben, ha a szomszédos egyedek egymással versengenek, akkor a versengő felek téreloszlása aggregálttá válhat a környezet legkisebb tulajdonságbeli eltérése esetén. Az aggregált téreloszlást a terület heterogenitása alakítja ki (Sasaki, 1997). A nagyobb kvadrátok nagyobb területi heterogenitással rendelkeznek, ez által magyarázható nagy léptéken az aggregált términtázat jelenléte. Területi heterogenitást vizsgáló kutatások a talaj heterogenitásában már 1 m-nél kisebb léptéken is jelentős változásokat mutattak (Snaydon, 1962).

A nagyobb kvadrátméretet azért tartották több vizsgálat esetében előnyösebbnek, mert a kutatások erdőalkotó fásszárú növények pontminázatának vizsgálatára irányultak (Thomas és Urban, 1988). Esetemben a rózsacserjék diszperziós távolsága feltehetően nem nagy, annak ellenére, hogy magvait nagyobb távolságot megtevő gerinces állatok terjesztik (Herrera, 1984). Ugyanakkor terepi megfigyeléseim alapján elmondható, hogy a gubacsokozóknak is kicsi a diszperziós távolságuk. Ugyanis abban az esetben, ha egy rózsacserjén hagyunk egy gubacsot, de a szomszédos cserjékről mindet leszedjük, következő évben azt tapasztaltuk, hogy a lecsupaszított cserjéken nem jelentek meg új gubacsok, míg azon a bokron, amin eleve otthagytunk egyet, újak jelentek meg.

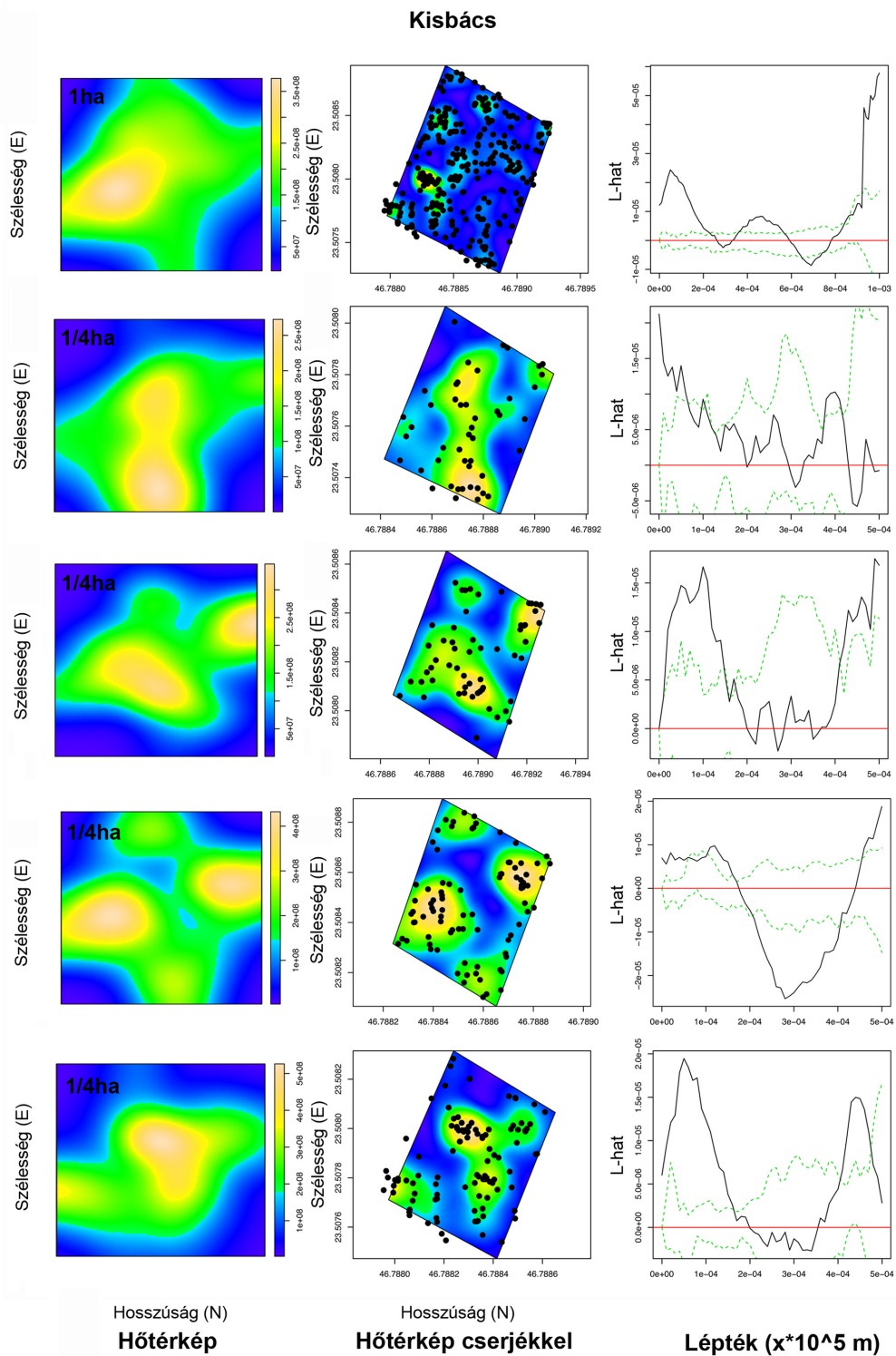
A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a vadrózsák términtázatának vizsgálatára elégséges a negyed hektáros kvadrátok használata, így pedig elkerülhetőek a hektáros kvadrátok felvételével járó hátrányok. A kapott eredmények tovább felhasználhatók más olyan kísérletek, felmérések esetében, ahol fásszárú növények téreloszlását akarják vizsgálni, továbbá más többszintes növény – herbivór – parazitoid rendszerek dinamikai vizsgálatainál is.

6. Irodalomjegyzék

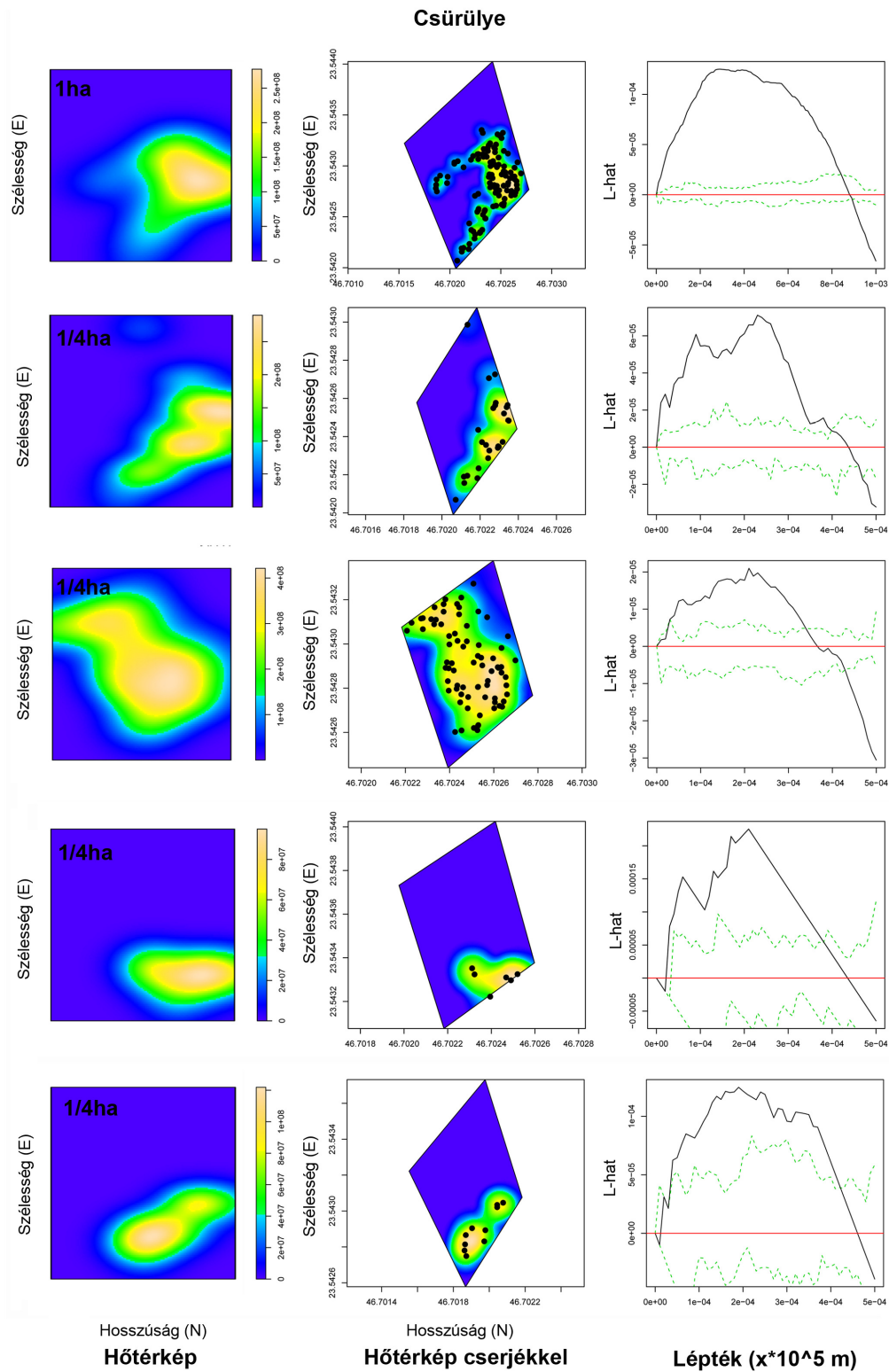
- Diggle, P.J. és Chetwynd, A.G. (1991). Second-order analysis of spatial clustering for inhomogeneous populations. *Biometrics*, 47, 1155-1163.
- Dixon, P.M. (2006). Ripley's K function. *Encyclopedia of environmetrics*.
- Duncan, R.P. (1993) Testing for life historical changes in spatial patterns of four tropical tree species in Westland. *New Zealand, Journal of Ecology*, 81, 403-416.
- Fangling, H., Legendre, P., és LaFrankie J.V. (1997). Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest, *Journal of Vegetation Science*, 8(1), 105–114.
- Ferreira, J.O. (2008) GPS TrackMaker for Windows v. 13.5. <<http://www.gpstm.com.br>> accessed at September 5, 2010.
- Fortin, M. (1999). Effects of sampling unit resolution on the estimation of spatial autocorrelation, *Ecoscience*, 6(4), 636–641.
- Fowler, N. (1986). The role of competition in plant communities in arid semiarid regions, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17(1986), 89–110.
- Herrera, C. M. (1984). Combined effects of hawthorn , birds , mice , and browsing ungulates. *Oecologia*, 386–393.
- Iwao, S. (1972). Application of the m*-m method to analysis of spatial patterns by changing the quadrat size. *Population Ecology*, 14(151), 97–128.
- László, Z. és Tóthmérész, B. (2013a) Landscape and local effects on multiparasitoid coexistence. *Insect Conservation and Diversity*, DOI: 10.1111/j.1752-4598.2012.00225.x
- László, Z. és Tóthmérész, B. (2013b) The enemy hypothesis: correlates of gall morphology with parasitoid attack rates in two closely related rose cynipid galls. *Bulletin of entomological research*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007485312000764>
- Olf, H. és Ritchie, M.E. (1998) Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(7), 261-265
- R Development Core Team (2013): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ripley, B.D. (1976) The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability*, 13, 255-266.
- Ripley, B.D. (1977) Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 39, 172–212.

- Rowlingson, B.S. és Diggle, P.J. (1993) Splancs: spatial point pattern analysis code in S-Plus. *Computers & Geosciences*, 19(5), 627-655.
- Sasaki, A. (1997). Clumped Distribution by Neighborhood Competition, *Journal of theoretical Biology*, 186, 415–430.
- Schneider, D. C. (1994). *Quantitative ecology: spatial and temporal scaling*. Elsevier.
- Stamp, N.E. és Lucas, J.R. (1990) Spatial patterns and dispersal distances of explosively dispersing plants in Florida sandhill vegetation, *Journal of Ecology*, 78, 589-600.
- Thomas M. Smith és Dean L. Urban. (1988). Scale and resolution of forest structural pattern. *Vegetatio*, 74, 143–150.
- Turner, M.G., Gardner, R.H., és O’Neil, R.V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice pattern and process* (p. 417). New York: Springer-Verlag.
- Wilson, J.B. (1988). Shoot competition and root competition. *Journal of Applied Ecology*, 279-296
- Yeaton, R.I., Travis, J., és Gilinsky, E. (1977). Competition and spacing in plant communities: the Arizona upland association, *The Journal of Ecology*, 587-595.

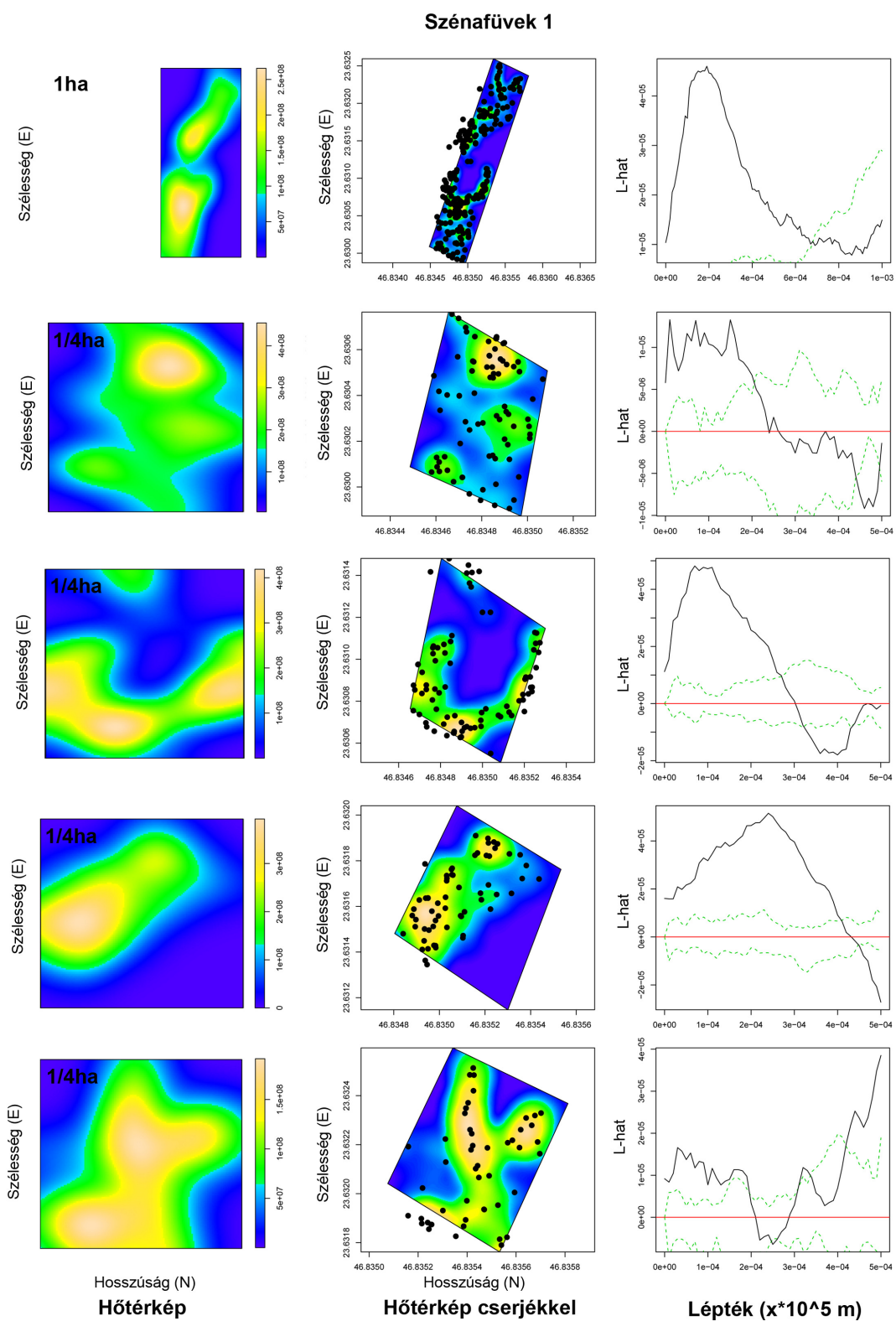
7. Függelék



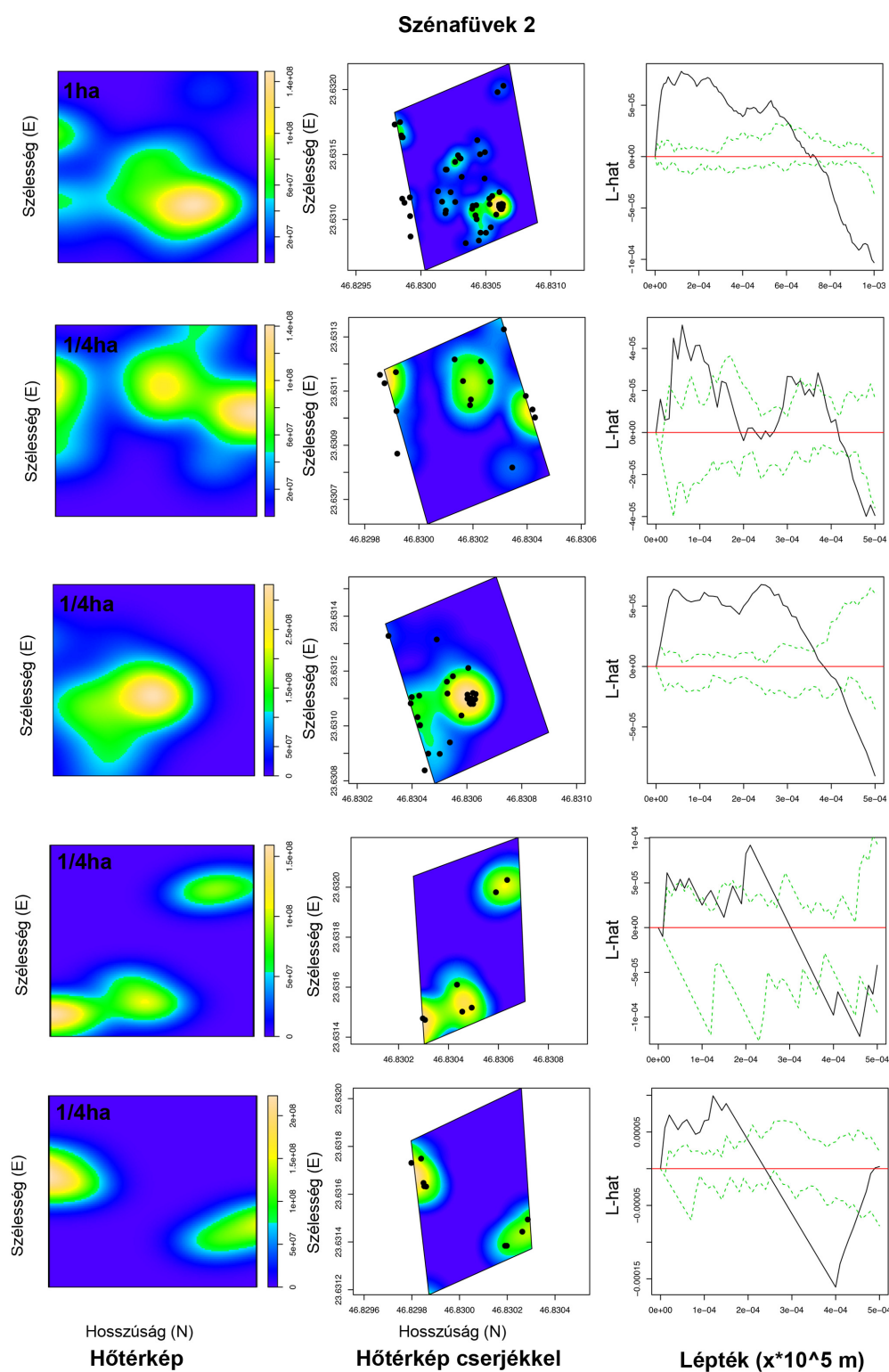
F1 ábra. A Kisbács melletti kvadrátnak és alkvadrátjainak hőterképei (sárga-aggregált, zöld és kék-egyenletes és véletlenszerű), hőterképei a cserjék helyzetét ábrázoló pontokkal és az L-hat függvények görbéi (L-hat>0 aggregált, L-hat=0 véletlen, L-hat<0 egyenletes).



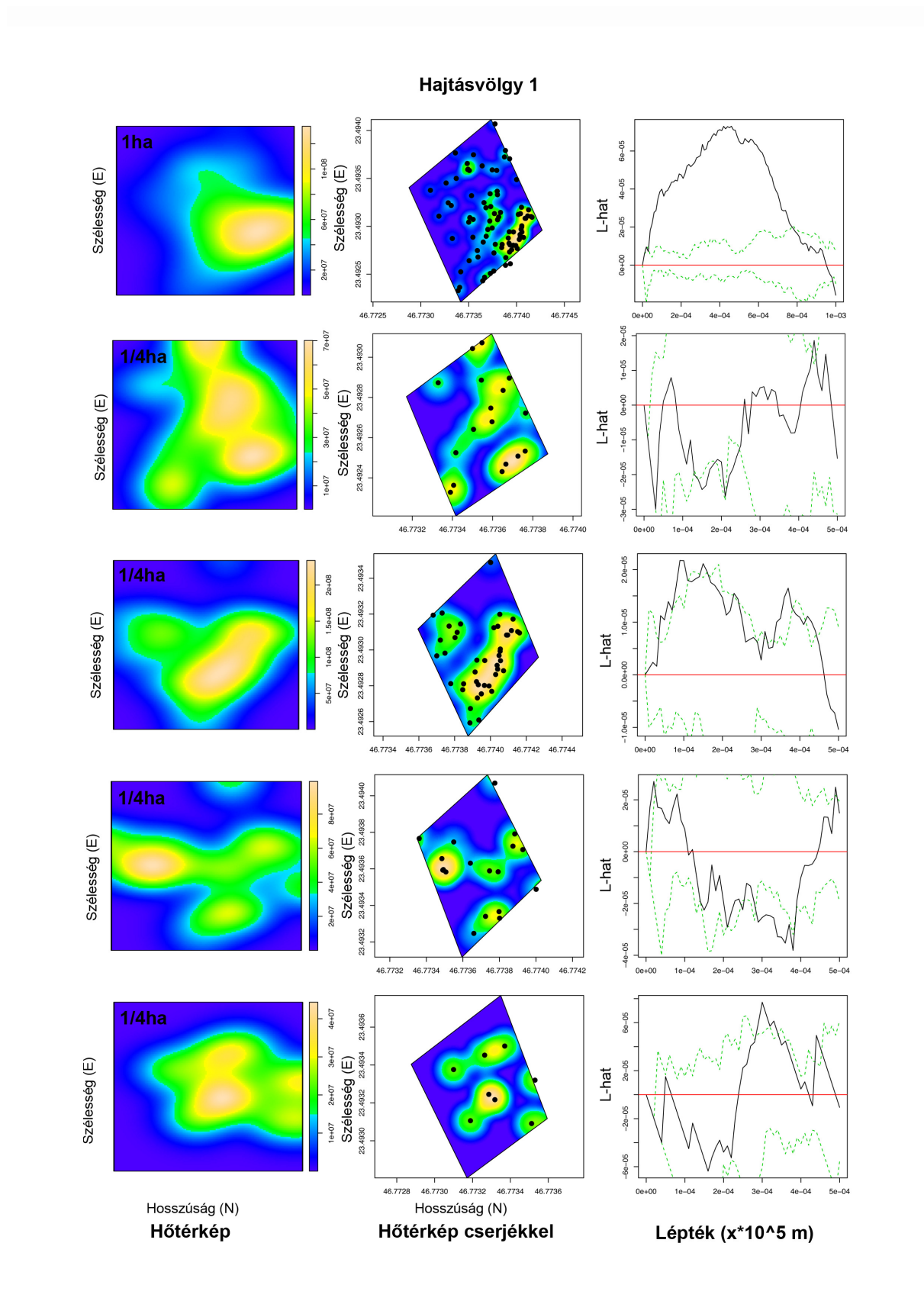
F2 ábra. A Csűrűlye melletti kvadrátnak és alkadrátjainak hőterképei (sárga-aggregált, zöld és kék-egyenletes és véletlenszerű), hőterképei a cserjék helyzetét ábrázoló pontokkal és az L-hat függvények görbéi (L-hat>0 aggregált, L-hat=0 véletlen, L-hat<0 egyenletes).



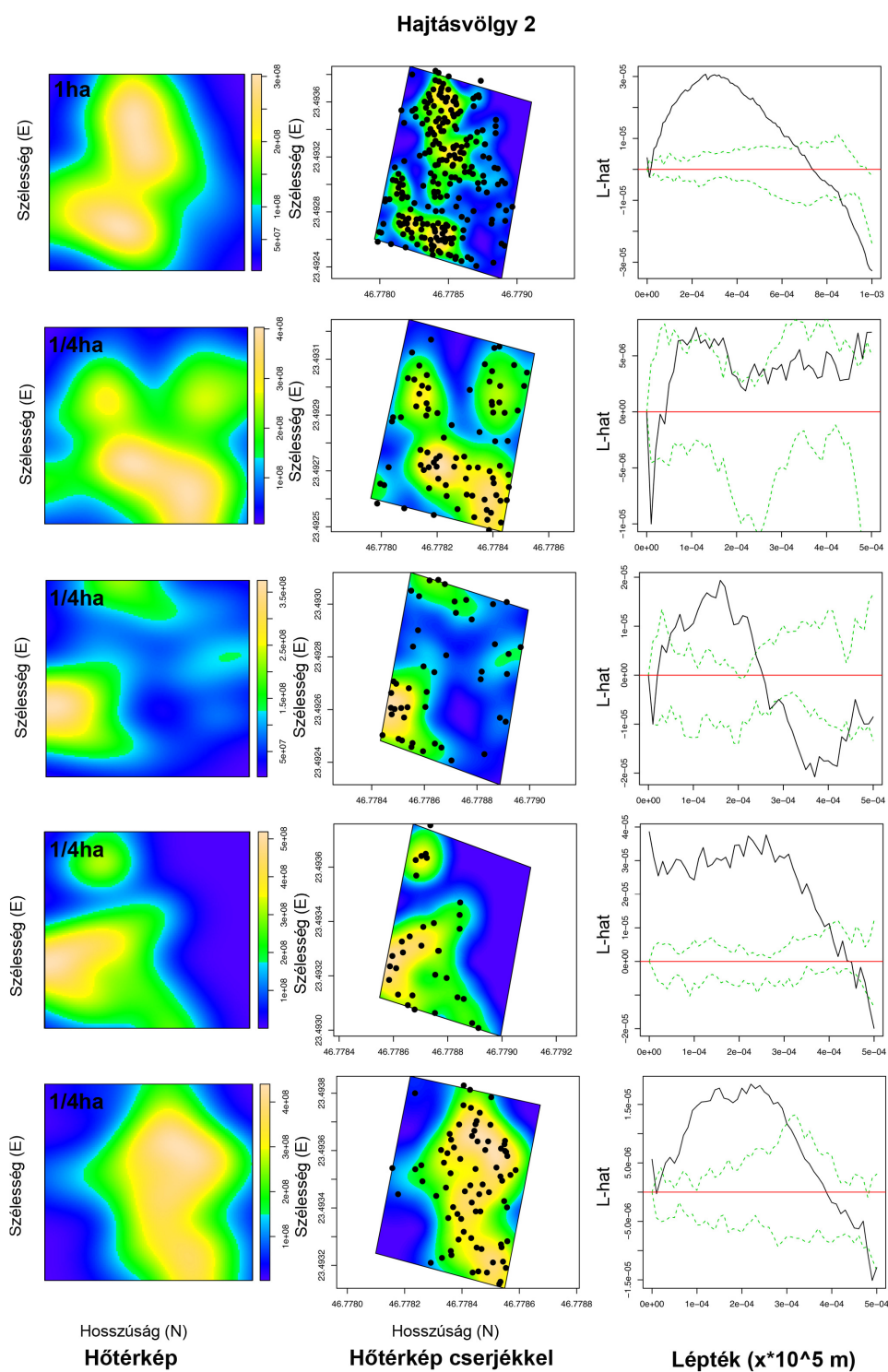
F3 ábra. A Szénafüvek melletti első kvadrátnak és alkvadrátjainak hőterképei (sárga-aggregált, zöld és kék-egyenletes és véletlenszerű), hőterképei a cserjék helyzetét ábrázoló pontokkal és az L-hat függvények görbéi (L-hat>0 aggregált, L-hat=0 véletlen, L-hat<0 egyenletes).



F4 ábra. A Szénafüvek melletti második kvadrátnak és alkvadrátjainak hőterképei (sárga-aggregált, zöld és kék-egyenletes és véletlenszerű), hőterképei a cserjék helyzetét ábrázoló pontokkal és az L-hat függvények görbéi (L-hat>0 aggregált, L-hat=0 véletlen, L-hat<0 egyenletes).



F5 ábra. A Hajtásvölgy melletti első kvadrátnak és alkvadrátjainak hőterképei (sárga-aggregált, zöld és kék-egyenletes és véletlenszerű), hőterképei a cserjék helyzetét ábrázoló pontokkal és az L-hat függvények görbéi (L-hat>0 aggregált, L-hat=0 véletlen, L-hat<0 egyenletes).



F6 ábra. A Hajtásvölgy melletti második kvadrátnak és alkadrátjainak hőterképei (sárga-aggregált, zöld és kék-egyenletes és véletlenszerű), hőterképei a cserjék helyzetét ábrázoló pontokkal és az L-hat függvények görbéi (L-hat>0 aggregált, L-hat=0 véletlen, L-hat<0 egyenletes).