

XXXI. OTDK Biológia Szekció

A güzüegerek halomépítésének hatása a parlagfű eloszlásra

Répás Máté

ELTE, Fizika Bsc. Biofizikus szakirány 2009



Témavezető:

Dr. Altbäcker Vilmos

Egyetemi docens

ELTE, Etológia tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem 2012

Tartalomjegyzék

Összefoglaló.....	2
Bevezetés.....	3
Célkitűzések.....	4
Módszerek	4
A.) Terepi vizsgálatok.....	4
B.) Modellek felállítása a gűzűk hatásának elemzésére.....	5
1. modell: geometriai elrendezés.....	5
1. modell: a gűzűegerek maggyűjtésének hatásfoka.....	6
2. modell: a parlagfű mag terjedésének aerodinamikai modellezése.....	8
2 modell: a magok repülésének elmélete:.....	9
A koordináta-rendszer.....	10
A közegellenállási erő.....	10
A mag mozgásegyenlete:	10
Bevezetett ismeretlenek.....	11
Mag sebessége x irányba.....	11
A mag által x irányba megtett út.....	12
Mag sebessége y irányba.....	12
A mag által y irányba megtett út.....	12
Az x irányba megtett út kiszámítása.....	13
Adott mag pályaeqyenletének kiszámítása.....	14
Eredmények, következtetések.....	15
Fűggelék.....	16
Szerzői hozzájárulás.....	18
Felhasznált irodalom:.....	18

Összefoglaló

A parlagfű (*Ambrosia artemisiiflora*) egész Európában elterjedt, hazánkban különösen gyakori gyomnövény, amely nagy gazdasági károkat okoz. Munkám során a parlagfű elleni védekezés egy újonnan megismert lehetőségét vizsgáltam elméleti modellek felállításán keresztül. A felhagyott parlagfűves szántók specializált lakója a gűzűegér (*Mus spicilegus*) amely ősszel hatalmas hordásokat készít, mivel több száz literes halomba hordja a helyi gyomokat és földdel fedi be őket. Mivel az egerek által gyűjtött parlagfű a több mint 10 cm-es földréteggel lefedve nem tud kihajtani, így a gűzű hordások környékén kiritkul a növény. A gűzű egerek természetes viselkedése nagyban csökkentheti egy őzöngyomokkal fertőzött területen a földre hulló gyommagvak számát, hiszen az egerek a hordás környékén eltávolítják a kalászok többségét. Mivel a gűzűhalmok közel szabályos elrendezésben, egymástól kb 15 méterre találhatók, és az állatok a hordáskor a kalászok többségét begyűjtik, ez befolyással lehet a parlagfű jövőbeli térbeli elterjedésére. Modellezés segítségével vizsgáltam a folyamat térbeli dinamikáját. Egy egyszerű alapmodellt készítettem, melynek segítségével kiszámítható

mekkora hatásfokkal gyűjtik az egerek a parlagfű magokat egy átlagos mezőgazdasági parcellán. Az alapmodell által jósolt eloszlást összevetettem azzal, milyen messzire juthatnak a parlagfűmagok a szél segítségével. Eredményeim alapján a parlagfű gyűjtő gűzüegerek új lehetőséget jelenthetnek ezen gyom elleni védekezésben.

Bevezetés

A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) egész Európában elterjedt, hazánkban különösen gyakori allergén gyomnövény, amely nagy gazdasági károk mellett súlyos népegészségügyi problémák okozója. A növény a talajfelszín fizikai bolygatása után jelenik meg (Mihály & Botta-Dukát 2004). A parlagon hagyott mezőgazdasági területeken a parlagfű borítottság csökkentése érdekében elengedhetetlen a célzott parlagfű mentesítés. Az általánosan elterjedt védekezési módszerek a mechanikai védekezés, (például: száruzás, tárcsázás) valamint a gyomirtó szerek használata. Előbbi sokszor kevésbé hatékony, a talajra kerülő magok ugyanis akár 40 évig csíráképesek lehetnek, átlagos körülmények között a talajfelszínen 4 év alatt veszítik el csíráképességüket (Béres 2004), így a mechanikai gyérítés valójában lehetőséget teremt ezen magok csírázására. A kémiai védekezés sokszor drága és számos kedvezőtlen ökológiai hatása lehet, így alternatív módszerek is megfontolandóak.

Az invazív növények elleni biológiai védekezés azon alapszik, hogy a növény természetes ellenségeit alkalmazzuk a gyom visszaszorítására (Provenchera et al, 2007). A biológiai védekezés hagyományos módja az adott növényt előszeretettel fogyasztó állattal történő legeltetés (Csecserits et al, 2001, Lamming, 2001). A behurcolt növények ellen azonban ritkán használhatók a helyi növényevők, mivel nem fogyasztják a számukra ismeretlen növényeket (Lodge, 1993), így gyakran importálnak a növény eredeti élőhelyéről azt fogyasztó állatokat, elsősorban táplálékspecialista rovarokat (Bianchi és Wacker, 2008). Az ilyen természetes ellenségek azonban gyakran átszoknak más helyi növényekre, így a biokontroll elveszti hatékonyságát, sőt veszélyeztetheti a helyi endemikus növényeket is (Simberloff et al, 2005), így a biokontroll céljára kiszemelt ágens kiengedését alapos vizsgálatok kell megelőzzék (Basky és Magyar 2008).

A biológiai védekezés új lehetőségét kínálja a parlagfüvet használó kisemlős alkalmazása. A gűzüegér (*Mus spicilegus*) a parlagon hagyott mezőgazdasági területeken élő, a vetésforgóhoz alkalmazkodott kisemlős. Az egerek szeptember végén, októberben készítik el a gűzü hordást, ami egy növény töltetből és a ráhordott földrétegből áll (Szeneci et al 2011).

A felhasznált növényi részek leggyakrabban özöngyomok kalászhai a termésekkel együtt, melyeket a hordás helyén felhalmoznak majd befednek (Bihari 2004). Mivel a parlagfű a csírázását követően nem jut a felszínre, ha 7 cm-nél mélyebb talajréteg borítja, (Béres, 1994) így joggal feltételezhetjük, hogy a gűzhalmokba hordott magok vagy elpusztulnak vagy tartósan csíráképtelenek maradnak.

Célkitűzések

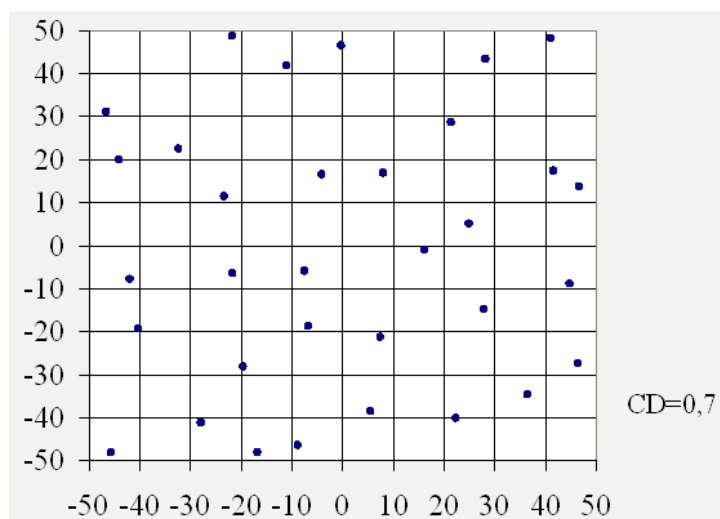
Vizsgálatom célja megállapítani, hogy a gűzegerek tevékenysége mennyire képes csökkenteni a parlagfű magok mennyiségét, csírázási esélyeit és ezáltal visszaszorítani az özöngyomok terjedését.

Ennek érdekében terepi vizsgálatokat kívánok elvégezni, majd az így kapott és az irodalomban található adatokat elméleti modellek paraméterezésére fogom használni. A terepen a gűz halmok eloszlását vetem össze a parlagfű eloszlással, illetve a halmok keresztmetszete alapján megbecsülöm, hogy a parlagfű magok hányad része kerülhet a gűz halmokba. A modellezés segítségével össze kívánom hasonlítani a szél általi és az állati hatás nagyságrendjét és térbeli dinamikáját a parlagfű magok terjedésére.

Módszerek

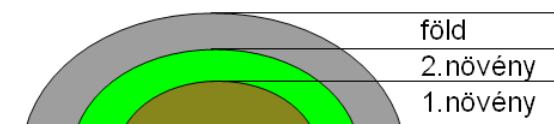
A.) Terepi vizsgálatok

A gűzegér halmok térbeli eloszlását egy Sződliget (Pest megye) melletti felhagyott kukoricásban vizsgáltuk. Mintegy 50 halom pozícióját határoztuk meg Nagy Zsófia, Groó



ábra 1. A gűzhalmok térbeli eloszlása

Zita és Altbacker Vilmos közreműködésével. A halmok lokalizációját a háromszögelés módszerével végeztük, mérőszalag segítségével. A kapott ponthálózatot grafikonon (ábra 1.) ábrázoltuk, a halmok eloszlását a diszperziós koefficienssel (CD) jellemeztük.



ábra 2. A halom keresztmetszete

A gűzhalmok körüli növényzetet Sinkovics Csenge elemezte, én az ő adatai alapján számoltam a gűzük hatásának távolság függését, ami alapján kiszámoltam, hogy a parlagfű magok

hányad része kerülhetett bele a halmokba.

A gűzhalmok növény tartalmának leírására a fenti területen 10 halomból készítettünk keresztmetszetet. A halmok növény és föld rétegeit cm pontossággal jellemeztük, és ennek alapján is becsültük, hogy mennyi parlagfű termést tartalmazhatnak a halmok.

A halmok rétegvizsgálatának eredményét táblázatban (táblázat 1.) foglaltuk össze:

halom azon.	magas [cm]	Átmérő 1 [cm]	Átmérő 2 [cm]	Térfogat [l]	Rétegek száma	Rétegvastagság				
						Alsó [cm]	Második [cm]	Harmadik [cm]	Negyedik [cm]	Ötödik [cm]
1	30	127	100	254	2	10	20			
2	30	150	150	450	4	5	5	9	11	
3	40	180	165	792	4	4	9	7	13	
4	45	180	155	837	5	5	5	5	10	11
5	30	130	130	338	4	7	7	7	8	
6	23	110	100	168,667	2	9	13			
7	30	130	130	338	3	9	9	10		
8	30	120	120	288	4	5	5	5	10	
9	40	210	165	924	3	6	8	15		
10	25	150	135	337,5	3	5	10	12		
Átlag	32,30	148,70	135,00	472,72	3,40	6,50	8,00	8,29	10,50	11,00
Szórás	7,04	31,99	23,92	272,40	0,97	2,12	3,03	3,50	2,08	

táblázat 1. A halom rétegvizsgálat eredménye

B.) Modellek felállítása a gűzük hatásának elemzésére

Első modellemben egy erőteljesen leegyszerűsített rendszerrel dolgozom. A gűzü egerek territórium a hordás körül helyezkedik el, jó közelítéssel kör alakú. Jelen ismereteink szerint az egerek a territóriumon belül mozognak és gyűjtenek anyagot a halomhoz, és egy halomban 3-7 egér található (Szenczi et al, 2011).

1. modell: geometriai elrendezés

Territóriumok elhelyezkedése téglalap alakú mezőgazdasági parcellán, melynek domborzata síma.

Átlagos gűzü családokat feltételezek, legyen minden család territórium egyforma méretű és szabályos kör alakú, melynek középpontjában a hordás áll.

Számításaim során figyelembe kell venni, hogy a mezőgazdasági parcellák oldalhosszúsága

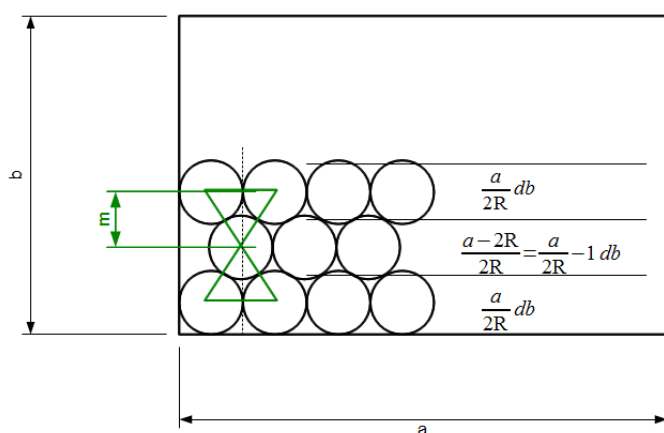
folytonosan változik, ezért nem mindig fér rá pontosan adott számú territórium. Meg kell találni az adott parcellának azt a legnagyobb részegységét, amire pontosan ráfér az adott parcellán lehetséges legtöbb territórium.

Ezen probléma megoldásához az egész rész függvényt használom. Legyen A és B az adott parcella oldalainak a hossza, a és b pedig a keresett részegység oldalainak a hossza.

$$a = \left\lceil \frac{A}{2R} \right\rceil 2R \quad (1)$$

$$b = \left\lceil \frac{B-2R}{m} \right\rceil m + 2R \quad (2)$$

Ahol R a güzü territórium sugara.



A körök középpontjai szabályos háromszögek csúcsaiban helyezkednek el. Az adott területen szeretném megmondani, hogy hány darab halom fér el adott sugarú territóriummal.

Az adott területre elhelyezhető territóriumok száma:

ábra 3. a geometriai elrendezés vázlata

$$N_1 = \frac{(a-R)(b+(\sqrt{3}-2)R)}{2\sqrt{3}R^2} \quad (3)$$

A fenti geometriai elrendezésről látható, hogy egyes a és b értékek esetén az elrendezés kétféleképpen valósulhat meg, ez $\pm 1 db$ territóriumot jelent, mely a nagyobb területek esetében elhanyagolhatóan befolyásolja az átlagot, a modell hibájánál azonban figyelembe kell venni.

1.modell: a güzüegerek maggyűjtésének hatásfoka

Feltételezem, hogy a terület a halomépitéshez használt gyommagvakkal egyenletesen telített, és minden egyes halomépitéshez használt gyomnövény egyenletesen oszlik el a területen. Ez a tanulmány a parlagfűre kifejtett hatásról szól, ezért jelölje ρ_p a parlagfű sűrűségét a területen. Nem a növények, hanem a kalászkok sűrűségével számolok, ennek az az oka, hogy így sokkal könnyebb lesz a hatásfok kiszámítása. Ha átlagos növényekkel számolunk, a növénytűrségből a kalászsűrűség egyszerűen kiszámítható. A terepen végzett mérések

alapján az egerek a territóriumon belül nem gyűjtenek össze minden egyes kalászt, ezért a territóriumon belül a kalászgyűjtés hatásfoka legyen $\eta_{\text{egér}}$.

Az egy család által összegyűjtött parlagfű kalászok száma $n_1 = \rho_p \eta_{\text{egér}} T$ (4)

Az egy parcellán összegyűjtött kalászok száma:

$$n = \rho_p \eta_{\text{egér}} \frac{\pi(a-R)(b+(\sqrt{3}-2)R)}{2\sqrt{3}} \quad (5)$$

Legyen a parlagfűmag gyűjtés hatásfoka a teljes vizsgált területen η

$$\eta = \frac{\text{összegyűjtött kalászok száma}}{\text{össze kalász a területen}} = \eta_{\text{egér}} \pi \frac{\left(\left[\frac{A}{2R}\right] 2R - R\right) \left(\left[\frac{B-2R}{R\sqrt{3}}\right] R\sqrt{3} + 2R(\sqrt{3}-2)R\right)}{2\sqrt{3}AB}$$

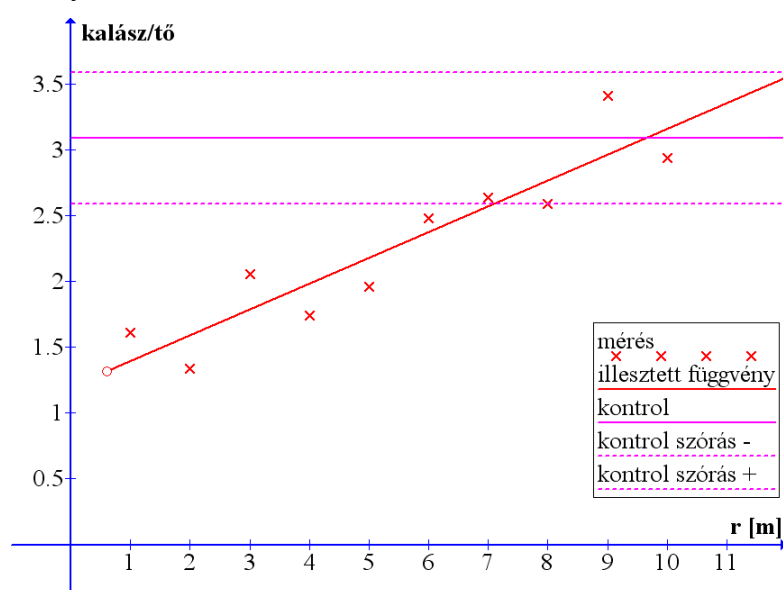
(6)

Látható, hogy a maggyűjtés hatásfokát leíró függvény a terület paraméterein (A,B) kívül csak a güzük territóriumának sugarát és a territóriumon belüli maggyűjtés hatásfokát tartalmazza.

Terepen elvégzett mérések alapján a territórium átlagos sugara 7,5m (Bihari 2004), a maggyűjtés hatásfokát számítással kaphatjuk meg.

Sinkovics Csenge terepen végzett méréseiből származó adatsort használok fel a hatásfok számításához, melyben a güzühordástól vett távolság függvényében mérte a parlagfű kalász/tő arányt, valamint kontroll mérést is végzett.

Az adatokat ábrázolva (ábra 4.) látható, hogy jó közelítéssel lineárisan függ a kalász/tő arány a hordástól vett távolságtól. Az átlagos hordást egy síkbeli polárkoordináta-rendszer origójába helyezem, a kalász/tő szám nem függ a szögtől, ezért a territóriumon belül a hatásfok könnyen számolható.



Az illesztett egyenes $ar+b$ alakú, a hordást pontszerűnek tekintem. D -vel jelölöm az átlagos kalász/tő arányt a kontroll területen. Fontos megjegyezni, hogy az ábra (ábra 4.) a gyűjtés után megmaradt kalász/tő arányt mutatja.

ábra 4. A maggyűjtés hatásfoka

Az illesztett egyenes és az átlagos kalász/tő arány ismeretében, az egerek territóriumon belüli maggyűjtésének határfoka kiszámítható.

$$\eta_{\text{egér}} = \frac{\int_0^R 2\pi (D - (ar + b)) dr}{R^2 \pi D} = -\frac{2aR + 3b - 3D}{3D} \quad (7)$$

Az illesztett egyenes $\text{kalász}/\text{tő} = 0,2r + 1,2$

$$D = 3,09 \text{ kalász} / \text{tő}$$

A fenti adatokból számítható

$$\eta_{\text{egér}} = 0,29$$

A számértékeket behelyettesítve a maggyűjtés határfokát leíró paraméteres képletébe (6) a következő adódik:

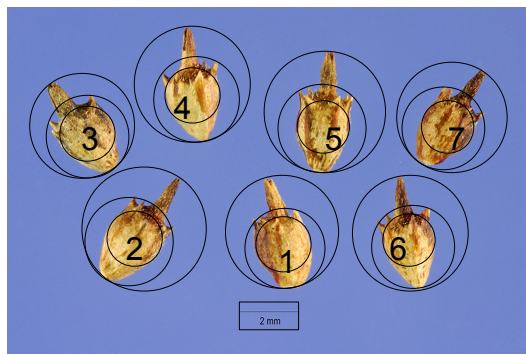
$$\eta = 0,9106 \frac{\left(\left[\frac{A}{15} \right] 15 - 7,5 \right) \left(\left[\frac{B-15}{13} \right] 13 - 30,14 \right)}{3,463 AB} \quad (8)$$

Egy 100x100 m-es mezőgazdasági területen:

$$\eta = 0,2 = 20\%$$

Fontos megjegyezni, hogy a fenti számítások csak szélcsendes időben érvényesek. Nem sokat mondhatunk a fenti modell pontosságáról, amíg a szél magok terjedésére gyakorolt hatását meg nem ismerjük. Második modellem elkészítését ezen hatás megismerése motiválta.

2. modell: a parlagfű mag terjedésének aerodinamikai modellezése

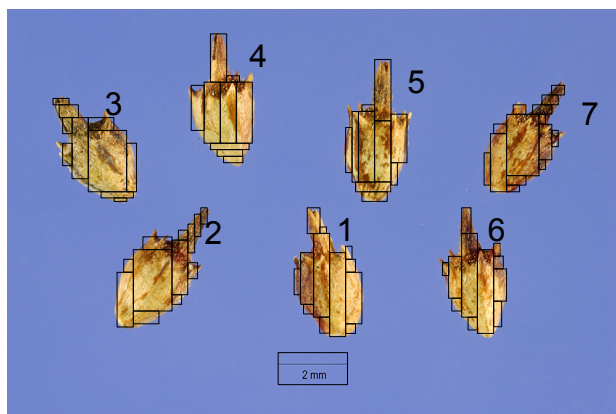


ábra 5. a magokra illesztett három kör

A parlagfűnek kaszattermése van, magjai általában kaszattal együtt válnak le a növényről (Mihály & Botta-Dukát 2004). Mind a kaszat, mind a mag rendkívül bonyolult, aerodinamikai jellemzőit elméleti úton képtelenség meghatározni, ezekhez az értékekhez csak mérésel juthatunk hozzá. A bonyolult alak bonyolult áramlást eredményez, az ilyen bonyolult turbulens áramlás egyenletei csak

numerikusan oldhatók meg. Mivel a mérések elvégzésére nem volt lehetőségem, emellett modellemben analitikus megoldásokra törekszem, a kaszatokat közelíteni fogom.

Kézenfekvő megpróbálni gömbbel közelíteni, így a probléma jelentősen leegyszerűsíthető. A gömbbel való közelítést a következőképpen végzem el: három kört illesztetek minden egyes a



ábra 6. Az egyes magok síkvetületeinek területei véletlenszerűen elfordulva helyezkednek el a képen, így különböző irányú síkvetületeket látok. A közelítő gömb sugara a fentebb illesztett három kör sugarának súlyozott átlaga. Ismerem az egyes közelítő körök területét, valamint a magok adott síkvetületének területét is.



ábra 7. a magokra illesztett átlagos közelítő kör térfogata között egyenes arányosság áll fenn. A modellezés során az átlagos közelítő gömbbel, valamint a legkisebb és a legnagyobb mag közelítő gömbjével számolok.

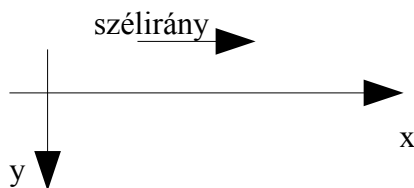
Mindhárom kép (ábra 5. ; ábra 6. ; ábra 7.) forrása:

(<http://findmeasure.com/wp-content/uploads/2010/04/Ambrosia-artemesiifolia-seeds.jpg>)

2 modell: a magok repülésének elmélete:

Az áramlási teret a talajjal párhuzamos, stacionárius áramlási térrel közelítem, ez durva egyszerűsítése a természetben megtalálható áramlási tereknek, azonban alföldi körülmények között, nagyobb fásoroktól távol jó közelítés lehet. További mellette szóló érv, hogy az áramlási tér pontos leírása általában csak numerikusan megoldható egyenletekre vezet, pontos kimérése pedig szinte lehetetlen feladat.

A koordináta-rendszer



A közegellenállási erő

A közegellenállási erőre a következő két képlet ismert, az egyik kicsi, a másik nagy közeghez viszonyított relatív sebesség esetén. A magok a levegőben mozognak. A közeg sebességét mindig a földhöz rögzített koordináta-rendszerben adjuk meg, ami ebben az esetben állónak tekinthető. Kis relatív sebesség esetén lamináris áramlás valósul meg, ekkor:

$F_{kl} = k \eta_{\text{levegő}} v$ (9) ahol k a test alaktényezője, $\eta_{\text{levegő}}$ a levegő viszkozitása, v a test közeghez viszonyított relatív sebessége. Gömb esetén $k_{\text{gömb}} = 6\pi r$ (10), ahol r a gömb sugara.

Nagy relatív sebességek esetén turbulens áramlás valósul meg, ekkor: $F_{k2} = \frac{1}{2} C \rho_l A v^2$

(11), ahol C a test alaktényezője, ρ_l a levegő sűrűsége, A a közegben mozgó test mozgás irányába eső homlokfelülete, v a test közeghez viszonyított relatív sebessége. A magok kezdetben nem rendelkeznek mozgási energiával, saját energiaforrásuk sincs, hogy mozgási energiájukat növeljék, a magok sebessége ezért csak a mozgás kezdetén a térben elfoglalt helyüktől, valamint a szélesebb vektortól függ. A magok közeghez viszonyított relatív sebessége a közeg sebességétől, valamint a mozgás kezdete óta eltelt időtől függ. Később látni fogjuk, hogy ez nehézségeket okoz a számításaink során, ugyanis a relatív sebesség időfüggése azt jelenti, hogy előfordulhat olyan eset, mikor a mozgás során mindkét típusú közegellenállási erő, és a kettő átmenete is előfordul.

A mag mozgásegyenlete:

$\vec{m}g + \vec{F}_k + \vec{F}_f = m \vec{a}$ (12) ahol F_k a közegellenállási, F_f pedig a felhajtóerő

$$\begin{pmatrix} 0 \\ mg \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -F_f \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} F_{kx} \\ -F_{ky} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{dv_x(t, v_{szél})}{dt} \\ \frac{dv_y(t, v_{szél})}{dt} \end{pmatrix} \quad (13)$$

A fenti vektoregyenletet külön-külön oldom meg az egyes irányokra.

Bevezetett ismeretlenek

A könnyebb átláthatóság érdekében vezessük be a következő három ismeretlent:

$$a = \frac{6 \pi r \eta_{\text{levegő}}}{m} \quad b = g \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_m} \right) \quad c = \frac{C \rho_l A}{2m}$$

Irodalmi adatokból számológéptábla segítségével meghatározható a, b és c értéke, minden numerikus érték átlagos magra vonatkozik. A számítások és az azokhoz felhasznált források a függelékben találhatók.

A számított adatok:

$$a \approx 0,166 \quad b = 9,776457 \approx 9,776 \quad c = 0,490397 \approx 0,490 \quad m = 2,58 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

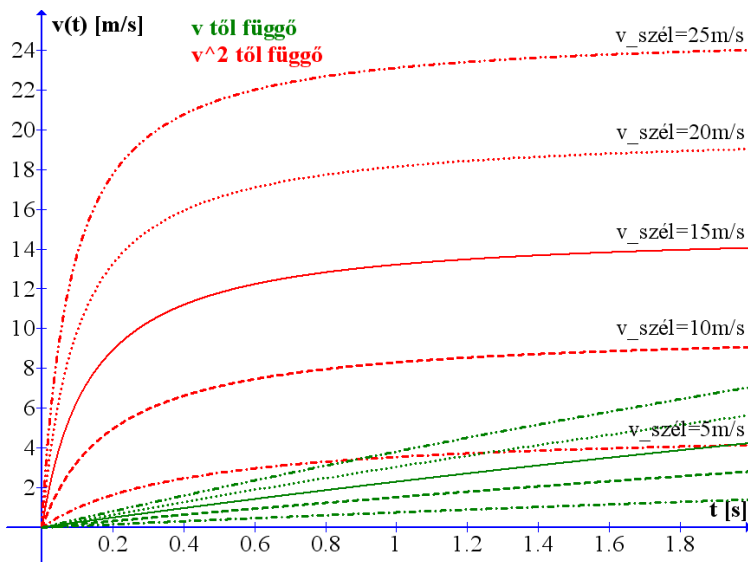
Mag sebessége x irányba

A mag mozgásegyenletéből levezethető kis szélesebességekre:

$$v_x(t, v_{\text{szél}}) = v_{\text{szél}} - v_{\text{szél}} e^{-a t} = v_{\text{szél}} - v_{\text{szél}} e^{-0,166 t} \quad (14)$$

A mag mozgásegyenletéből levezethető nagy szélesebességekre:

$$v_x(t, v_{\text{szél}}) = \frac{c v_{\text{szél}}^2 t}{c v_{\text{szél}} t + 1} = \frac{0,49 v_{\text{szél}}^2 t}{0,49 v_{\text{szél}} t + 1} \quad (15)$$



ábra 8. x irányú sebesség az idő függvényében turbulens és lamináris áramlás esetén adott szélesebességeknél

A két függvényt ábrázolva könnyedén eldönthetjük, hogy melyik áramlási forma valósul meg (ábra 8.).

Látható, hogy turbulens áramlás esetén jóval rövidebb idő alatt beáll az egyensúly, mint lamináris esetben, ezért a turbulens áramlás valósul meg.

A mag által x irányba megtett út

$$s_x(t, v_{szél}) = \int v_x(t, v_{szél}) dt = \int \frac{c v_{szél}^2 t}{c v_{szél} t + 1} dt \quad (16) \text{ és } s_x(0, v_{szél}) = 0 \quad (17) \text{ ezért}$$

$$s_x(t, v_{szél}) = t v_{szél} - \frac{\ln(c v_{szél} t + 1)}{c} = t v_{szél} - \frac{\ln(0,49 v_{szél} t + 1)}{0,49} \quad (18)$$

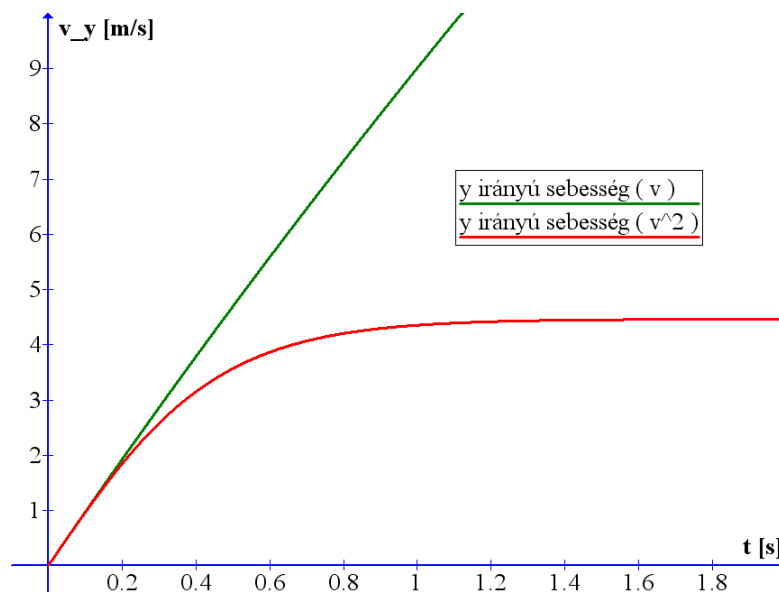
Mag sebessége y irányba

A mag mozgásegyenletéből levezethető kis relatív sebességekre:

$$v_y(t) = \frac{b - b e^{-at}}{a} = \frac{9,776 - 9,776 \cdot e^{-0,166t}}{0,166} \quad (19)$$

A mag mozgásegyenletéből levezethető nagy relatív sebességekre:

$$v_y(t) = \frac{\sqrt{b} \tanh(\sqrt{bc} \cdot t)}{\sqrt{c}} = \frac{3,126 \tanh(2,19t)}{0,7} \quad (20)$$



A fenti két függvényt ábrázolva (ábra 9.) látható, hogy turbulens áramlás esetén jóval kisebb sebességnél és jóval rövidebb idő alatt beáll az egyensúly, mint lamináris esetben, ezért a turbulens áramlás valósul meg.

ábra 9. y irányú sebesség az idő függvényében lamináris és turbulens áramlás esetén

A mag által y irányba megtett út

$$s_y(t) = \int \frac{\sqrt{b} \tanh(\sqrt{bc} \cdot t)}{\sqrt{c}} dt \quad (21) \text{ Mivel } b, c, t \text{ pozitív számok. További feltétel}$$

hogy $s_y(0) = 0$ (22) ezért:

$$s_y(t) = \frac{\ln(\cosh(\sqrt{bc} \cdot t))}{c} = \frac{\ln(\cosh(2,189t))}{0,49} \quad (23)$$

Az x irányba megtett út kiszámítása

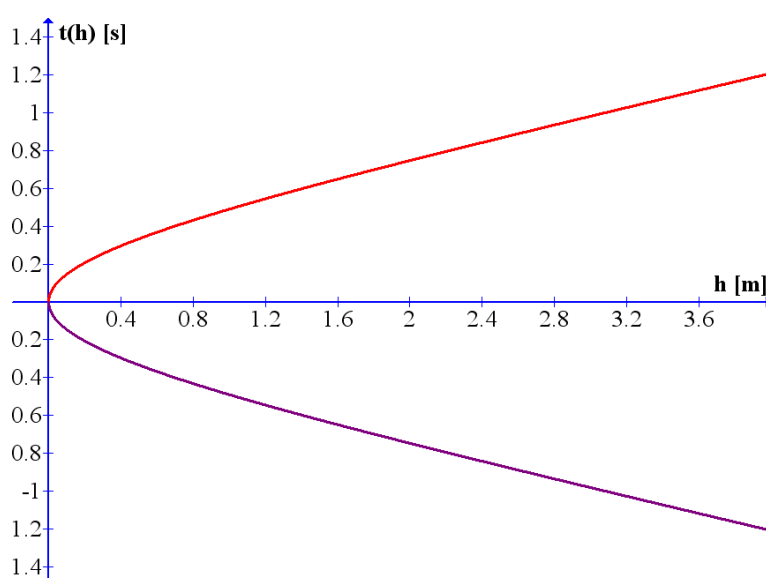
Mivel a magok leesnek egészen a földre, az y irányban megtett út megegyezik az esési magassággal, azaz $s_y = h$ (24).

Az $s_y(t)$ függvényt (23) invertálva megkapjuk az adott magassághoz tartozó esési időt.

Elvégezve az invertálást:

$$t(h) = \pm \frac{\cosh^{-1}(e^{ct})}{\sqrt{bc}} = \pm \frac{\cosh^{-1}(e^{0,49t})}{2,189} \quad (25)$$

Ábrázolva a fenti két függvényt (ábra 10.), a pirossal jelölt függvény a pozitív, a lilával jelölt a negatív előjelű megoldást mutatja. Látható, hogy jelen esetben a pozitív előjelű megoldás valósul meg, azaz:



A bevezetett ismeretleneket visszahelyettesítve:

$$t(h) = \frac{\cosh^{-1}(e^{ch})}{\sqrt{bc}} \quad (26)$$

Az $s_x(t, v_{szél})$ függvényben (18) $t(h)$ -t (25) beírva megkapjuk az x irányba megtett utat az esési magasság és a szélsébség függvényében.

ábra 10. az $s_y(t)$ függvény invertálása

$$s_x(h, v_{szél}) = \frac{\cosh^{-1}(e^{ch})}{\sqrt{bc}} v_{szél} - \frac{\ln\left(c v_{szél} \frac{\cosh^{-1}(e^{ch})}{\sqrt{bc}} + 1\right)}{c} \quad (27)$$

A bevezetett ismeretlenek értékeit beírva:

$$s_x(h, v_{szél}) = \frac{\cosh^{-1}(e^{0,49h})}{2,189} v_{szél} - \frac{\ln\left(0,49 v_{szél} \frac{\cosh^{-1}(e^{0,49h})}{2,189} + 1\right)}{0,49} \quad (28)$$

A fenti függvény (28) h szerinti invertálásával megkaphatnánk egy adott mag pályaequációját, ez azonban analitikus módszerekkel nem lehetséges.

Adott mag pályaegyenletének kiszámítása

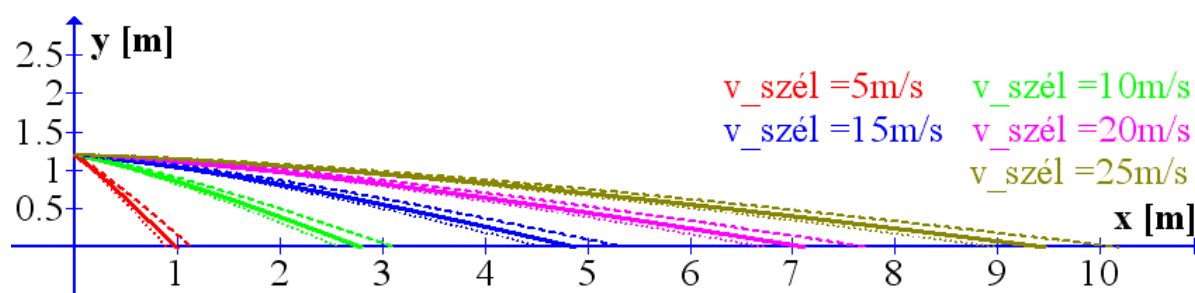
Hogy a pályaegyenleteket mégis ábrázolhassuk adott numerikus értékek mellett, kiszámoljuk a mag helyzetét minden időpillanatban egy finom időskálán, majd erre a pontsorra polinomot illesztve megkapjuk a pályaegyenlet közelítését.

A pályaegyenleteket a parlagfű átlagos magasságában, azaz 1,2m magasan lévő termés terjedésére számoltuk ki (*Saját megfigyelés*).

Magyarországon az évi átlagos szélesség csak a legmagasabb csúcsokon haladja meg a 6 m/s-ot, a vizsgálatunkban fontos alföldi tájakon 1,5-3,5 m/s között mozog. (http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/szel/). A Beaufort-skála szerint a 24,5 m/s-nál nagyobb szélesség erős vihart jelent, mely már fákat képes kidönteni, az ennél erősebb szél előfordulása hazánkban ritka esemény, mely komoly károkat okoz, modellemben ezért nem veszem figyelembe a 25 m/s-nál nagyobb sebességű szél hatását.

Szeretnénk azt is megtudni, hogy az átlagos maggal számolni mennyire jó közelítés, ezért a pályaegyenletek numerikus számítását elvégezzük kicsi és nagy magra is. A kicsi és a nagy magra vonatkozó aerodinamikai konstansok is megtalálhatók a függelék táblázatában (táblázat 4.).

A numerikus számítást táblázatkezelő program segítségével (openoffice_Calc) végzem el. A táblázatban az x és y irányban megtett utat számoljuk ki az idő függvényében, ezek lesznek a pályaegyenlet x és y koordinátái. Az idő értékeknél a lépésközt 0,1s-ra állítva a következő pályaegyenleteket kapjuk (ábra 11.):



ábra 11. átlagos mag pályaegyenlete adott szélességekre arányosan ábrázolva

Eredmények, következtetések

Terepi vizsgálatok és modellezés segítségével vizsgáltuk a gűzüegér halomépítés következményeit a parlagfű mennyiségére és térbeli elterjedésére. Azt kaptuk, hogy az egerek közel szabályos eloszlásban, egymástól 15 méterre elhelyezkedő halmokat létesítenek. Az egerek által ellepert mezőgazdasági táblák, elsősorban előző évi kukoricások és napraforgó ültetvények, jóval kevésbé borítottak parlagfűvel, mint a szomszédos hasonló művelésű táblák. Azt a kezdeti benyomást erősítette meg a terepi felvételezés és a modellezés.

Saját eredményeim alapján láthatjuk, hogy a gűzüegerek halomépítésükkel ezen belül a természetes hajtásvégek szelektív gyűjtésével jelentősen képesek csökkenteni egy terület parlagfű fertőzöttségét. Egyszerű számítással megtudhatjuk, hogy egy adott területen mennyivel csökkenti a gűzü jelenléte a parlagfűmagok átlagos sűrűségét. A 100x100m-es, azaz 1 ha nagyságú mezőgazdasági táblán a kialakult 50 gűzühalomból álló kolónia számításaim szerint legalább 20%-al csökkentette a talajra jutó magok számát. Mivel a csökkenés a halmok körül erősebb mint az egér területek határán, a parlagfű jövőbeli térbeli eloszlására ez jelentős hatással lehet. A begyűjtött magokat ugyanis az egerek legalább 10 cm-es földréteggel fedik be, ami a korábbi ültetési kísérletek (Béres, 1994) szerint teljesen leállítja a csírázást.

A szél magterjesztő hatását aerodinamikai modell felállításával vizsgáltam. Megállapítottam, hogy a szél az egerekhez képest elhanyagolható hatású, még viharos szél is csak néhány méternyit szállítja a parlagfű magokat. Ennek alapján annak esélye, hogy egy egerek vagy egyéb védekezési módszer (lásd Kiss 2007) által megtisztított tábla a szél segítségével fertőződjön vissza a szomszéd mezőgazdasági tábláról, relatíve alacsony. Ez ismételten felhívja a figyelmet a mezőgazdasági művelés időzítésének újragondolására. A nem megfelelő időben alkalmazott talaj művelés még fokozhatja is a parlagfű csírázást (Béres 1994)

A parlagfű gyűjtő gűzüegerek kiengedésére akkor járható út ezen gyom visszaszorítására, ha az egerek elegendően sűrű állományt alkotnak. Mivel az egerek rendszerint csoportosulnak, szoros illeszkedésű territóriumokat alkotva, egy terület gyomtársulását jelentősen eltolhatják. Az egereknek a következő tavasszal, még a mezőgazdasági munkálatok megkezdése előtt el kell hagyni addigi lakóhelyüket, hiszen a parlag időszakos művelés felhagyás, és jelenleg ez az az élőhely, amihez leginkább

illeszkedik a gűzüegerek tér és idő dinamikája. Terepi tapasztalatok szerint akkor is elhagyják addigi lakóhelyüket, ha azt tavasszal nem vonják ismét művelés alá (Szenczi et al 2011).

A gyommagvak összegyűjtése mellett meg kell említeni, hogy a gűzüegerek fogyasztanak a haszonnövények terméséből is, territoriális állatokként azonban a vegetációs periódusban kis számban fordulnak elő egy adott területen, ezért elhanyagolható a károkozásuk más rágcsálókhoz viszonyítva (Bihari 2004). Az augusztusi szaporulat építi szeptember végén a halmokat, és az egy alomból származó állatok közösen telelnek át a halmok alatt (Szenczi et al, 2011).

Ökológiai szempontból fontos lehet a magok sűrűségének térbeli eloszlása, ennek kiszámítására már bonyolultabb modellt kell alkotni, jóval több mérést kell végezni, azonban növényökológia tanulmányok elkészítéséhez rendkívül hasznos lehet a későbbiekben egy ilyen, részletesebb számítás elvégzése is. A magsűrűség modellezésére érdemes lenne a talaj magbank vizsgálatát is elvégezni. Összességében elmondhatjuk, hogy egy teljesen természetes, vegyszermentes védekezési lehetőséget találtunk a parlagfű ellen, amely tökéletesen illeszkedik hazánk ökológiai rendszerébe. A gűzüegerek halom építés során zajló kalász gyűjtése jelentősen csökkenti a parlagfű magok mennyiségét egy területen. Az egerek a következő tavaszig helyben maradnak (Poteaux et al, 2008), majd ivarézésüket követően elvándorolnak (Groó et al, 2012), és a következő ősszel már egy másik, parlagon hagyott területen segíthetnek bennünket az özöngyomok elleni harcban.

Fűggelék

legnagyobb sugár [mm]	1,212
R_átlag [mm]	1,177
legkisebb sugár [mm]	1,145
Hiba (+/-):	0,066
Szórás:	0,026

táblázat 2. a parlagfű termés sugarának számítása

sorszám	legkisebb	átlag	legnagyobb	legkisebb	átlag	legnagyobb
1	0,0023	0,0025	0,0027	0,0000023	0,0000025	0,0000027
2				0,0000017	0,0000027	0,0000036
átlag				0,000002010	0,000002580	0,000003150
A közelített sugárral számolva egy kaszat sűrűsége (kg/m ³)						
sorszám	legkisebb sugárral	átlag sugárral	legnagyobb sugárral			
1	365,7824	366,4346	362,0490			
2	273,5416	389,8864	482,7319			
átlag	319,6620	378,1605	422,3904			
	Legkisebb sugárral és legkisebb tömeggel számolva	Átlagos sugárral és átlagos tömeggel számolva	Legnagyobb sugárral és legnagyobb tömeggel számolva			

táblázat 3. a parlagfű termés sűrűségének számítása

A parlagfű termés sűrűségének a számításához (táblázat 2.) felhasznált források sorszám szerint:

1 (Mihály & Botta-Dukát 2004)

2 (Bot 2007)

	a	b	c
legkisebb	0,20831	9,77032	0,59614
átlag	0,16676	9,77646	0,49040
legnagyobb	0,14070	9,77997	0,42621

táblázat 4. a számolt aerodinamikai együtthatók

A számítások során a következő irodalmi értékekkel számoltam:

A levegő sűrűsége:

$$\rho_{\text{levegő}} = 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A levegő viszkozitása:

$$\eta_{\text{levegő}} = 19,4 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

A gömb aerodinamikai együtthatója (alaktényezője):

$$C_{\text{gömb}} = 0,45$$

Nehézségi gyorsulás a földön:

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Szerzői hozzájárulás

1. Terepi vizsgálatokban elemeztem a güzüegér halmainak térbeli eloszlását. Azt kaptam, hogy a güzühalmok eloszlása szabályos, mintegy 15 méterre vannak egymástól.
2. Modellkészítés segítségével vizsgáltam a güzüegerek parlagfűmag gyűjtésének hatásfokát, egy 100x100 méteres sík területen legalább 20%-os hatásfokot kaptam.
3. Modellkészítés segítségével vizsgáltam milyen messzire juthatnak a parlagfű magjai a növénytől a szél segítségével, eredményeim szerint ez sík területen legfeljebb 10 m.

Felhasznált irodalom:

- Basky Zs· D. Magyar 2008 Impact of indigenous aphids on development of the invasive common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Hungary. J Pest Sci DOI 10.1007/s10340-008-0214-0
- Bianchi, F. J. J. A. and Wackers, F. L. 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. Biol Contr 46 :400–408.
- Bihari Z. 2004: A güzüegér (*Mus spicilegus*) életmódjának sajátosságai és mezőgazdasági jelentősége, Növényvédelem, 51, 245-250.
- Bott A. 2007: Variability and Cryptic Heteromorphism of *Ambrosia artemisiifolia* seeds: What consequences for its invasion in France? Ann. Bot., 100, 305-313
- Csecserits A., Váczi O., Katona K., Altbäcker V. 2001: Optimális legelési intenzitás vizsgálata homokpusztagyepben. Gyepgazdálkodási Társaság évkönyve 2001, 34-38.
- Csontos P. 2005: A selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) szárazon tárolt magvainak túlélőképessége. Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 29: 25–31.
- Groó, Z., Szenczi, P., Bánszegi, O. & Altbacker, V. 2012: Natal dispersal in two mice species with contrasting social systems Behav Ecol Sociobiol accepted
- Kiss, L. 2007: Is *Puccinia xanthii* a suitable biological control agent of *Ambrosia artemisiifolia*?, Biocontrol Science and Technology, 17:5, 535 – 539
- Lamming P. 2001: Successfully controlling noxious weeds with goats. National Coalition Against the Misuse of Pesticides. 21, 4
- Lodge, 1993: Biological invasions: Lessons for ecology. TREE, 8, 133-137.
- Mihály B. & Botta-Dukát Z. 2004: Özönnövények, TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, 337-359.
- Poteaux C., Busquet, N, Katona K., Baudoin C. 2008 Socio-genetic structure of mound-building mice, *Mus spicilegus*, in autumn and early spring. Biological Journal of the Linnean Society, 93, 689–699.
- Provenchera, L, Forbisa, T, Frid L., Medlynd, G. 2007: Comparing alternative management strategies of fire, grazing, and weed control using spatial modeling. Ecol. Model., 209, 249-263

Simberloff D., Parker I. M. & Windle P. N. 2005. Introduced species policy, management, and future research needs. *Front Ecol Envir* 3, 12-20

Szenczi, P., Bánszegi, O., Dúcs, A., Gedeon, C. I., Markó, G., Németh, I. & Altbacher, V. 2011: Morphology and function of communal mounds of overwintering mound-building mice (*Mus spicilegus*). *J Mammal* 92, 852-860.

Szenczi, P., Kopcsó, D., Bánszegi, O. & Altbacher, V. 2012: The contribution of the vegetable material layer to the insulation capacities and water proofing of artificial *Mus spicilegus* mounds. *Mammalian Biology*.

Szőke, L. 2001. A melegigényes gyomfajok gyors terjedése és a klímaváltozás összefüggése. *Növényvédelem*, 37, 10-12.