



**SZENT ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR
TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖK BSC, NAPPALI TAGOZAT**

**SZÁNTÓFÖLDEK KÖZÉ ÉKELT VÉDETT, TERMÉSZETKÖZELI ÉS
RUDERÁLIS GYEPEK VÍRUS-REZERVOÁR SZEREPÉNEK ÖSSZEHAONLÍTÓ
VIZSGÁLATA**

Készítette:
Horváth Vivien

Belső témavezető:
Dr. Sárospataki Miklós egyetemi docens
Állattan és Állatökológiai Tanszék

Külső témavezető:
Tholt Gergely Tudományos segédmunkatárs
MTA, ATK, NÖVI, Állattani Osztály

Gödöllő
2013

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. A Mezőföld.....	5
2.2. A kabócák általános jellemzése	10
2.3. A kabócák biológiája	10
2.4. Gyűjtési módszerek	14
2.5. A csíkos gabonakabóca.....	16
2.4.1. Embrionális és lárvális fejlődés.....	17
2.4.2. Populációdinamika	17
2.5. Növényvírusok	19
2.5.1. A növényvírusokról általában	19
2.5.2. Az ELISA módszer.....	20
2.5.3. PCR - Polimeráz láncreakció	21
2.6. Búza törpülés vírus - WDV	24
3. Anyag és módszer	26
3.1. Mintavételezés 2012	26
3.2. Mintavételezés 2013	28
4. Vizsgálati eredmények és megvitatásuk.....	33
4.1. ELISA tesztek eredményei	33
4. 2. A 2013-as év vizsgálati eredményei	34
4.2.1. A <i>P. alienus</i> éves dinamikája a 2013-as évben	34
4.3. PCR tesztek eredményei	40
5. Következtetések	41
5.1. Következtetések a 2012-es évre vonatkozóan	41
5.2. Következtetések a 2013-as évre vonatkozóan	41
6. Összefoglalás	45
7. Köszönetnyilvánítás	46
8. Forrásmunkák jegyzéke	47

1. Bevezetés

A Mezőföld tájegység egyik természetes élőhely típusa a szántóföldek közé ékelődött, zömében a löszölgyek oldalában megmaradt löszgyep (Horváth, 2002). Ezen jellegzetes területek a változatos flóra és fauna miatt, megőrzendő és védendő élőhelyek, melyek közül több védett státuszú. Az agrártáj ökoszisztémájában fontos szerepe van a mesterséges élőhelyekkel érintkező természetes élőhelyfoltoknak, amelyek számos hasznos szervezet (predátorok, pollinátorok) élettere lehetnek. Ezek az állandó gyepek ugyanakkor a kártevők és kórokozók számára is biztosíthatják populációik folyamatos fennmaradását, ellentétben a szántóföldeken csak időszakosan jelenlévő gazdanövényeikkel. Mind a kórokozók, mind a hasznos szervezetek jelenléte nagyban függ a gyepek komplexitásától, a gyepeket alkotó növényfajok összetételétől.

A búzatörpülés vírus (Wheat Dwarf Virus, WDV) egyedüli vektoraként számon tartott csíkos gabonakabóca (*Psammotettix alienus*, Dahlbom, 1851) leggyakrabban és legnagyobb egyedszámban a gabonában fordul elő, de ruderalis és természetes gyepekben is megtalálható. Ennek a rovarfajnak a tápnövényköre a *Poaceae* családba tartozó növényekből áll. Számos, a szántóföldek szegélyében is megtalálható fűfaj, egyaránt hordozója a WDV-nek és tápnövénye a kabócának. Éppen ezért, a szántóföldek szegélyét alkotó gyepek ideális és stabil életteret jelenthetnek a kabóca és a vírus számára, szemben a rendszeresen változó növénytakaróval rendelkező mezőgazdasági területekkel.

Munkám célja annak megállapítása, milyen szerepe van a Mezőföld tájegységre jellemző, szántóföldek közötti löszgyepeknek a búzatörpülés vírus fennmaradásában és terjedésében. A rezervoár területek feltárása kulcsszerepet tölthet be a vírus elleni hatékony védekezésben. Mivel a vírus terjedésének egyetlen módja a vektor általi terjedés, így kiemelt cél volt a csíkos gabonakabóca életmenetének megismerése. A vektor faj mezőgazdasági táblák és löszgyepek közötti esetleges vándorlása biztosíthatja a vírus terjedését is.

Terepi munkám két szezonen keresztül végzett, két különböző vizsgálatot foglalt magába. 2012-ben 7, korábban kijelölt gyepfoltban random mintavétellel gyűjtött, közel 300 növényi minta tesztelése történt meg.

2013-ban az előző évi eredmények alapján egész szezonen keresztül, hetenkénti mintavétellel folyt a vektor faj (*P. alienus*) egyedeinek monitorozása, mind a gyepekben, mind a mezőgazdasági művelés alatt álló táblákban.

Mindezek tekintetében a dolgozatomban a következő kérdésekre kerestem a választ:

Igazolható-e a WDV jelenléte a szántóföldek szegélyét alkotó löszgyepekben?

A löszgyepek fajösszetétele összefügg-e a vírus jelenlétével?

Milyen szerepet tölthetnek be ezek a löszgyepek a csíkos gabonakabóca (*Psammotettix alienus*) életmenetében?

Megfigyelhető-e a kabócák nagyarányú vándorlása a mezőgazdasági táblákból a szegélyekbe?

Milyen hatással vannak a mezőgazdasági táblák állapotában bekövetkező változások (aratás, szántás) a csíkos gabonakabóca populációira?

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A Mezőföld

A Mezőföld területe Magyarország területének közel egyhuszad része, bár morfológiai és geológiai szempontból nem tekinthető az Alföld részének, mégis annak legnyugatibb középtájának tartják (Horváth, 2002). A körülötte található többi középtájtól szinte egyértelműen lehatárolható, északon a Balaton és a Velencei-tó vonala határolja, délen és délnyugaton a Sió-völgy szabja meg a határokat, nyugatról a Sárköz-völgye és Kapos völgy határolják, keletről pedig a Duna-völgy szegélyezi (1. ábra).



1. ábra: A Mezőföld elhelyezkedése Magyarországon (<http1>)

Ez a terület tektonikus mozgások által keletkezett, pannóniai üledéksorozatokról álló dombvidék, melynek alapkőzete lösz. Ez a löszréteg dél felé vastagszik, észak-északnyugaton vékonyabb, míg délen (Paks környékén) a legvastagabb, ott akár a 40 m vastagságot is elérheti. A Mezőföld domborzatát tekintve átmenetet képez az Alföld és a középhegységek között. Míg legalacsonyabb völgsíkjai 100 méter alattiak, számos területen 150 méter a jellemző tengerszint feletti magasság, mely esetenként meghaladhatja a 200 métert is (Horváth, 2002).

A táj átmenetiségét éghajlata is jelzi, az évi középhőmérséklet 10-11°C. A nyár meleg, az átlagos középhőmérséklete 21-22°C. A csapadék eloszlása is aránytalan, az évi csapadékmennyiség DK-en alig éri el az 500 mm-t, míg ÉNy-on megközelítheti a 600 mm-t is.

Annak ellenére, hogy a lösz a jellemző alapkőzete, az értékes löszös talajon előforduló eredeti vegetáció már csak nagyon alacsony arányban van jelen. Ennek az egyik fő oka, hogy a területre évszázadok óta az intenzív mezőgazdasági művelés jellemző (Horváth, 2002).

A korábbi természetes erdőssztyepp vegetációra csak a régi időkből megmaradt fragmentumok emlékeztetnek (Kozár *et al.*, 2009). Ezek a fragmentálódott löszgyepek nagy jelentőséggel bírnak természetvédelmi szempontból. Legfőképpen azért, mert számos növényfajunk csak ezen a löszös talajon képes fennmaradni. Ilyenek például a Boros (1959) által is tipikusan lösznövénynek tekintett kései pitypang (*Taraxacum serotinum*) és a szennyese írfű (*Ajuga laxmannii*). Az eredeti lösznövényzet csak ott tudott megmaradni, ahol a löszvölgyek falának meredeksége olyan mértékű, hogy szántóként nem hasznosíthatóak (Illyés–Bölöni, 2007). Ezeknek a völgyeknek az aljában jellemzően kaszáló van, a tetején pedig mezőgazdasági művelés folyik, míg a völgy két oldalán találjuk az eredeti vegetációt (2. ábra).



2. ábra: Löszvölgy a Mezőföldön (Fotó: Tholt Gergely)

A tájegység területén a legelterjedtebb hasznosítási mód a szántóföldi művelés (72%). A legeltetéssel, kaszálással hasznosított füves területek aránya 7 %, míg a gyümölcsösök csak 1,2%-át alkotják a vidék teljes területének. A fennmaradó terület jellemzően lakott, vagy egyéb felhasználású (pl. ipari terület, úthálózat, stb.). A Mezőföldön előforduló természetes vegetáció aránya, mind önmagában nézve, mind pedig a Magyarországon található többi jellegzetes tájhoz viszonyítva - mint például a Belső-Somogy vagy az Északi középhegység - nagyon alacsony. Még a szintén löszös talajú Kiskunsággal összehasonlítva is gyérnek mondható az eredeti vegetáció jelenléte a területen. A Mezőföldön található löszvegetáció könnyen elkülöníthető az ország többi részén található löszös terület növényzetétől, mivel relatív nagy arányban találhatóak szubmediterrán és kontinentális fajok. A löszgyepek gyakran gazdagok sztyeppre illetve erdőssztyeppre jellemző növényekben, ezek általában a

fajok negyedét teszik ki (Kozár *et al.*, 2009). A Mezőföld napjainkban jellemző képe alapján mozaikos tájnak mondható, ugyanis nagy részén váltakozva fordulnak elő az ember által megművel területek, illetve a szinte érintetlenül hagyott löszgyepek. Horváth (2002) szerint, a mozaikosság kialakulásának az oka, hogy az intenzív mezőgazdasági művelés hatására eltűntek az összefüggő erdőssztyepp rétek és a helyükön löszgyepek maradtak.

Duelli (1990) szerint a mozaikos tájszerkezet növeli az ízeltlábú szervezetek diverzitását. Ezek, a szántóföldek közé ékelt löszgyepek természeti értékekben nagyon gazdagok. A gyepekben található ízeltlábú fauna igen változatos és sokrétű. Találkozhatunk védett fajokkal, mint például az imádkozó sáska (*Mantis religiosa*), fecskefarkú lepke (*Papilio machaon*), kardos lepke (*Iphicidles podalirius*) valamint több boglárkalepke faj is előfordul a területen.

A Belsőbárándi Tátorjános völgy, a Mezőföldön található völgyek közül az egyik legszebb és leginkább fajgazdag terület. A völgy mintegy 2 km hosszú, területe hozzávetőlegesen 50 ha (Illyés—Bölöni, 2007). A terület mind sztyepp-, mind erdőssztyepp fajokban igen gazdag. 2007-ben nyilvánították védetté (Belsőbárándi Tátorjános Természetvédelmi terület) azzal a céllal, hogy az értékes löszvegetációt megőrizték. A gyepek természetközeli állapotának fenntartását 14/2007. (III.30.) KvVM rendeletben leírt lehetséges gyepterületi módokkal, illetve korlátozásokkal igyekeznek biztosítani. Többek között ilyen intézkedés az is, hogy a gyepterületeket tilos felülvetni, illetve a kisebb cserjésedő területeket 4 évente meg kell vizsgálni, jelentős növekedésük esetén mechanikai cserjeirtást kell végezni. A völgyoldal egy része juhokkal legeltethető, de csak március 1-től december 31-ig, a legeltetés során az állatok száma nem haladhatja meg az 1 állategység/ha állatmennyiséget. A gépi kaszálás is megengedett, de vadriasztó lánc használata kötelező. A lekaszált szénát a bálázást követően 2 héten belül le kell hordani a területről. Mivel a Belsőbárándi Tátorjános Természetvédelmi terület a szintén védett és a madárvilág szempontjából kiemelkedő jelentőségű Velencei-tó és Dinnyési-fertő meghosszabbításának számít, ezért számos védett és értékes madárfajjal találkozhatunk. A völgyben előforduló, a terepi vizsgálatok során, néhány esetben általunk is megfigyelt madárfajok a következők: vörös vércse (*Falco tinnunculus*), kék vércse (*Falco vespertinus*), egerészölyv (*Buteo buteo*), gyurgyalag (*Merops apiaster*), vörös gém (*Ardea purpurea*), szürke gém (*Ardea cinerea*). A színes madárvilág a Belsőbárándi Tátorjános TT területén többek között annak köszönhető, hogy a Velencei-tavon és környékén egyre nagyobb az antropogén hatás, és így a madarak úgymond kiszorulnak arról a területről. A 14/2007. (III.30.) KvVM rendelet nem csak a gyepek védelmét szolgálja, hanem a területen található fokozottan védett, földön fészkelő

madarak fészkeinek a védelmét is előírja. Amennyiben a területen fokozottan védett madárfaj fészket találnak, a fészkek körül 2 ha területet kaszátlanul kell hagyni ([http 2](#)).

A belsőbárándi területnek nem csak a faunájában találhatunk értékes és védett fajokat. Kiemelkedő védett növényei közé tartozik a tátorján (*Crambe tatarica*) - amiről a természetvédelmi terület a nevét is kapta - az erdei szellőrózsa (*Anemone silvestris*), a magyar kutyatej (*Euphorbia glareosa*) és a margitvirág (*Tanacetum corymbosum*). A hazánkban csupán hat különböző, egymástól izolált állománnyal rendelkező borzas macskamenta (*Nepeta parviflora*) egyik legfontosabb élőhelye is a belsőbárándi területen található (Borhidi–Sánta, 1999). Ebből a hat állományból, csak ez az egy tartozik a Duna-Ipoly Nemzeti Park kezelési területéhez ([http 3](#)). Mind a belsőbárándi völgyben, mind a többi mezőföldi völgyben problémát jelent az, hogy a szántóföldi művelés alá vont területek felől nagy mennyiségű vegyszer, illetve műtrágya mosódik be a talajba. Éppen emiatt, a belsőbárándi völgy volt az egyik mintaterülete a “Pannon gyepek élőhely-kezelése Magyarországon” című LIFE Nature pályázatnak (Illyés–Bölöni, 2007). A dolgozatomban ismertetett mintavételezési pontok közül egy, a Belsőbárándi Tátorjános Természetvédelmi területen található, emiatt érthető módon igyekeztünk a mintavételezések során a környezetre gyakorolt zavaró hatást minimalizálni.

Bizonyított, hogy a szántóföldek közé ékelt gyepek növelik a diverzitást az agrártájban (Dennis–Fry, 1992). A különböző élőhelyek mind a szélesebb táplálékspektrum, mind az eltérő abiotikus tényezők miatt nagyban hozzájárulnak a fajvédelemhez, az élővilág sokszínűségének megőrzéséhez. Mindezeket figyelembe véve, ezek a gyepek kifejezetten hasznosnak számítanak. Ugyanakkor, a védett fajokon kívül számos, hazánkban előforduló mezőgazdasági kártevő, illetve invazív faj életfeltételeinek is megfelelnek a szántóföldek közé ékelt löszgyepek. Többek között otthont adhatnak a csíkos gabonakabócának (*Psammotettix alienus*), mely a búza törpülés vírus (WDV) egyedüli vektora (Manurung *et al.*, 2005). De más kártevők is fellelhetők a gyepekben, mint például a hazánkban invazív harlekin katica (*Harmonia axyridis*), vagy az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera leconte*) (saját megfigyelés, 2013). Az invazív növényfajok közül több esetben megfigyeltük a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), a kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis*), valamint az ezüstfa (*Elaeagnus angustifolia*) jelenlétét.

Fontos kérdés tehát, hogy milyen szerepet tölthetnek be ezek a gyepek a kártevő fajok életmenetében és populációik fennmaradásában. A gyepekben található, kórokozókra fogékony növényfajok esetenként rezervoárként szolgálhatnak a kórokozók számára.

Míg a természetközeli élőhelyek is adott esetben invazív fajoknak nyújthatnak életteret, addig a mezőgazdasági élőhelyeknek is lehetnek értékeik és hozzájárulhatnak a nagyobb léptékű diverzitáshoz. A Jermy Tibor által vezetett hazai agroökoszisztéma vizsgálatok is bebizonyították, hogy a kultúrnövényeink tábláin óriási fajszámban lehet kimutatni ízeltlábúakat. A mezőgazdasági növények táblái, ha minőségben mások is, mint a kevésbé bolygatott területek, de fontos élőhelynek számítanak (Ángyán *et al.*, 2003).

A kultúrnövénytáblák és gyepek közötti fajáramlást szolgálják az ún. szegélybiotópok, melyek segítik a táblaszegélyekből a ragadozó és parazita rovarok betelepődését a kultúrnövények táblájába. A szegély növényzetén gazdag fitofág állategyüttes is található. Nemcsak a kártevők, de a nem kártevő fajok is fontos táplálékforrásaik lehetnek a ragadozó fajoknak a kártevők elszaporodása előtti vagy utáni időszakban. Ugyanakkor fontos szerepe lehet a szegélynek a haszonnövények betakarítása után, ugyanis táplálkozó és telelőhelyet biztosítanak a szántók rovarpopulációi számára. Magyarországi viszonyokat tekintve a táblaszegélyek egyelőre még nem ritkák, de ahol megszüntették őket, ott helyreállításukat szorgalmazni kell. A szegélyek olyan tudatos gondozása kívánatos, amely az esztétikai, illetve faj és diverzitás megőrzési céloknak eleget tesz (Ángyán *et al.*, 2003).

Mivel a kártevők általában nagyon mozgékony fajok, így azok, amelyek a mezőgazdasági tábla melletti gyepekben megtalálhatóak, vándorolhatnak a tábla és a gyepek között, ezzel biztosítva fennmaradásukat (Dennis—Fry, 1992). Ez a mozgékonyosság okozza a vírusok egyre szélesebb körű terjedését. Amennyiben a szintén kártevő *P. alienus*, illetve az általa terjesztett vírus képes fennmaradni egy ilyen löszgyepben, úgy a kabóca szállíthatja a vírust egyik élőhely foltról a másikra, illetve növényről-növényre. Az időbeliség szempontjából talán még nagyobb fontossággal bírhatnak a gyepek, ugyanis amíg a gabona rendszeresen eltűnik a földekről az aratás során, addig a gyepekben folyamatosan jelen lehet a vírus, illetve az azt terjesztő kabóca is. Ilyen szempontból nézve, ezek a természetvédelmi hatóságok által védett gyepek a mezőgazdasági szakemberek számára sok bosszúságot okozhatnak, mivel a gyepekben előforduló növények számos vírus gazdanövényei lehetnek. Mindezeket figyelembe véve a gyepek jelenléte konfliktusokat eredményezhet a természetvédelmi szakemberek és a gazdálkodók között, ami miatt a konfliktusok háttérének objektív vizsgálatát célul tűző kutatások nagyon is indokoltak.

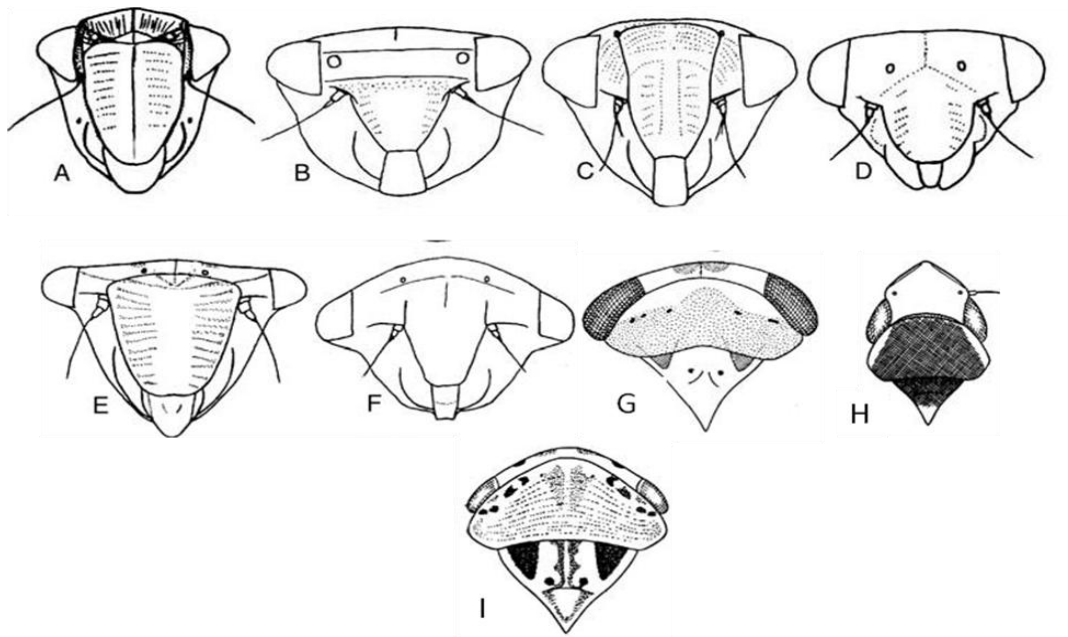
2.2. A kabócák általános jellemzése

A kabócák a rovarok (Insecta) osztályába, azon belül is a szipókás rovarok közé (Hemiptera), a színkabócák (Auchenorrhyncha) rendjébe tartoznak (Dér, 2005). A világon összesen 26.000 kabóca fajt írtak le, ezek közül 9.000 a Fulgoromorpha és 17.000 a Cicadomorpha családsorozatba tartozik. A Magyarországon ismeretes kabócafauna 585 fajból áll, amelyek 12 családba sorolhatóak. Ezek a következők: Cixiidae, Delphacidae, Tettigometridae, Issidae, Dictyopharidae, Flatidae, Achilidae, Tropiduchidae, Cicadidae, Cercopidae, Membracidae, Cicadellidae (Dér. 2005). A szipókás rovarok, köztük a kabócák rendszertana az utóbbi évtizedekben, elsősorban a filogenetikai eredmények hatására, jelentősen átalakult, várhatóan a későbbiekben is változni fog.

A színkabócák (Auchenorrhyncha) rendjébe számos faj tartozik, melyek változatos testmérettel rendelkeznek. Előfordulnak néhány milliméter nagyságúak, ugyanakkor, főleg a trópusi és szubtrópusi területeken élő fajok akár több centiméterre is megnőhetnek (Dér, 2005). Hazánkban is előfordulnak 3-4 cm nagyságú énekes kabócák, ám náluk sokkal gyakoribbak a mezőgazdasági jelentőséggel is bíró, kisebb testméretű, kb. 1 centiméter nagyságú fajok. A hazai gyepekben és mezőgazdasági kultúrákban nagyon elterjednek számítanak a szintén kisméretű mezei kabócák (Cicadellidae), amelyek között több vírus vektor fajt ismerünk (Ferreira—Moreno, 2009).

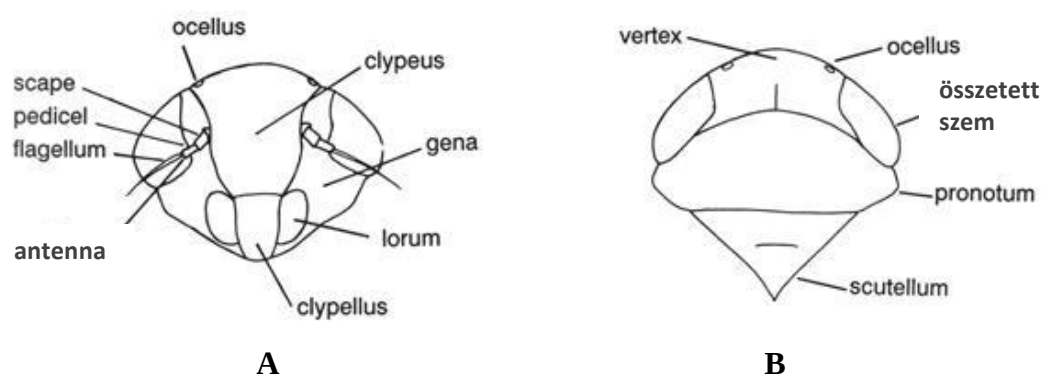
2.3. A kabócák biológiája

Fontosnak tartom a kabócák morfológiai ismertetését is, mivel a munkám során a populációdinamikai vizsgálatok alapja a kabócák meghatározása volt, ennek pedig elengedhetetlen feltétele a morfológiai ismeretek elsajátítása. A kabócák esetében sok különböző **fej**formáról beszélhetünk (3. ábra). Lehet széles, rövid, leggyakrabban fentről erősen lapított vagy akár előfordulhat egy meghosszabbodott egyenes vagy görbített nyúlvány az összetett szemek felett (Wilson, 2005).



3. ábra: Kabóca fejformák: A-F, a fej előlnézetből, G-I, a fej háti nézetből (http 4)

A homlok és a fejpajzs oldalnézetből nem látható, mivel a fejtető-homlok átmenettől kezdve a fej elülső része meredeken hajlik a test ventrális oldala felé. A többi szipókás rovarral ellentétben a kabócák szájszerve, a szipóka, a fej alsó részéből ered és hátrafelé irányul, töve szabad. A szipóka 3 ízből áll és jól fejlett. Az összetett szemek a fej két oldalán találhatóak, kerek vagy vese alakúak. Általában 2 vagy 3 pontszemük van, ám ez egyes fajoknál hiányozhat is. A pontszemek elhelyezkedése segítséget nyújthat a határozásban. A csápjaik rövidek, 2 ízből állnak (4. ábra).



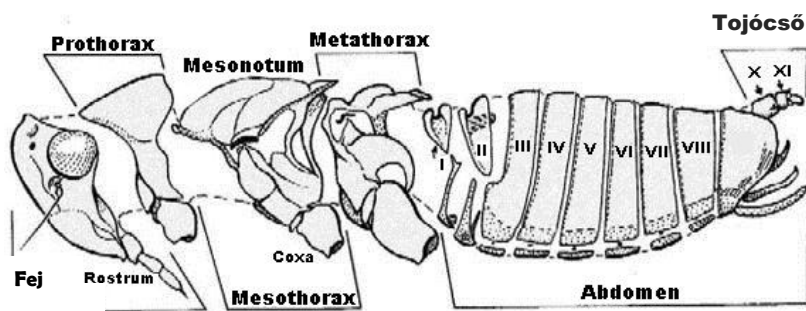
4. ábra: Kabóca fej morfológiája előlnézetből (A) és felülnézetből (B) (http 5)

A **tor** elülső része, az előtor rendszerint rövid. Az első pár szárny a tor 2. szelvényén található. A tor háti részén, négy egymás mögött fekvő szakaszt lehet jól megkülönböztetni (praescutum, scutum, scutellum, postscutellum). Az ezeken lévő foltok, sok esetben fontos határozóbélyegek. A hátulsó szárnyak a 3. torsi szelvényen erednek (5. ábra).

A **láb** részei megegyeznek a többi rovarcsoportba tartozó faj lábszerkezetével, melyek a következők: tompor (trochanter), csípő (coxa), comb (femur), lábszár (tibia) és lábfejek (tarsus). A kabócák esetében ugyanakkor, a lábszárak, különösen a hátulsók, gyakran erős tüskékkel vagy mozgékony sertékkel vannak ellátva, ezek rendszerint hosszanti sorokba rendeződnek. A leggyakoribb családoknál (Cicadellidae-tüskesor, Delphacidae-sarkantyú) fontos határozóbélyegek lehetnek (Dér, 2005).

A **szárnyak** nyugalmi állapotban háztetőszerűen borítják a test hátoldalát. Az elülső pár szárny általában nagyobb, hártyaszerű, ritkábban bőrszerű, teljesen átlátszó vagy különböző színű rajzolattal tarkított (Dér, 2005).

A **potroh** lehet hosszúkas, lapított, henger vagy kúp alakú. A potrohot a tergít és a sternit lemezek fedik, ezeket hártya köti egymáshoz. A potroh utolsó harmadát a genitális és anális blokk alkotja, ezek hordozzák a legfontosabb határozóbélyegeket (Dér, 2005). A *Psammotettix* nemzetség esetében a potroh utolsó szelvénye rövidebb, szinte alig látható az utolsó előttihez képest, ellentétben a többi mezei kabóca (Cicadellidae) családba tartozó fajjal, ahol az utolsó potrohszelvény jól láthatóan hosszabb, mint az utolsó előtti. A kabócákat sok esetben csak a genitáliák alapján lehet faji szinten elkülöníteni. A hímek esetében a határozás legfontosabb bélyege a penis, és az ahhoz kapcsolódó connectivum formája. A nőstények ivari készüléke általában a fajok meghatározásában kevésbé használatos, helyette a hetedik sternit lemez lefutása szolgáltató génusokra érvényes jellegzetességet. A kabócák hangadó és halló szerve is a potrohban található (Dér, 2005).



5. ábra: A kabóca testfelépítése (<http> 6)

Sok kabóca faj bír mezőgazdasági jelentőséggel azért, hogy nagy egyedszámot érhetnek el egyes területeken, így jelentős mértékben károsíthatják haszonnövényeinket. Találhatunk közöttük számos baktérium-, vírus- és fitoplazma vektor fajt is (Fereres—Moreno, 2009). A kabócáknak 36 faja ismert vírusvektor, ezek a fajok 4 különböző családba sorolhatóak. További 8 olyan fajt ismerünk, amelyek ugyan nem bizonyítottan vírusvektorok, de rovarkártevőként tartják őket számon, mivel a populációik rohamos növekedésével gazdaságilag fontos növényeken számottevő károkat okozhatnak (Wilson, 2005).

Mivel a növényi betegségeket okozó vírusok jelentős többsége a szipókás rovarok (ezeken belül is jellemzően a levéltetvek és kabócák) táplálkozása során kerül a növényekbe (Fereres—Moreno, 2009), fontosnak tartom táplálkozásuk bemutatását. Ezek az állatok rendszerint lágy vagy fás szárú növények szállítóedényeiből, jellemzően a floémből táplálkoznak, ám akadnak olyanok is, amelyeknek moha, zsurló, páfrány a tápnövénye, sőt ismeretes olyan faj, mely gombákon táplálkozik (Wilson, 2005). Az után, hogy az állat kiválasztott magának egy növényt több lépésben jut el odáig, hogy valóban elkezdjen belőle táplálkozni (Backus, 1988). Bár több esetben bizonyított a kabócák vizuális és olfaktorikus ingerekre történő reagálása, jelenlegi ismereteink szerint ezek az érzékszervek nem szolgáltatnak elegendő információt a növényekről a kabócák számára. Épp emiatt, az állatok sokszor olyan növényekre szállnak le, melyek nem feltétlenül tápnövényeik. A növény felszínére érve a kabócák kiválasztanak egy csepp nyálat az epidermiszre, majd azt visszaszívva vizsgálják meg annak kémiai összetételét. Ezt követően kezdődik meg a próbaszívás, mely során a szipóka általában nem hatol az epidermisz és mezofillum sejteknél mélyebbre a növényi szövetekben (Backus, 1988). A próbaszívások rendszerint rövidebbek, mint a tényleges táplálkozást szolgáló szívási periódusok (Tholt, 2011). Az állat a próbaszívással bizonyosodik meg arról, hogy valóban ideális tápnövényre szállt-e le, és amennyiben igen, megkezdí a táplálkozást. A tényleges táplálkozás úgy megy végbe, hogy a szűrő sertéket egészen a floém szövetekig beszúrja, majd megkezdí a növényi nedv szívását. A szívogatás a xilémből is történhet, de a tényleges táplálkozás a floém szövetben megy végbe (Backus, 1988). A xilém szívás a legtöbb faj esetében a folyadék utánpótlást, míg a floémszívás a tápanyag felvételt szolgálja. A Homoptera csoportra jellemző, hogy a szállítóedényből történő szívást minden esetben mézharmat kiválasztás kíséri (Fereres—Moreno, 2009). Fontos megemlíteni, hogy a kabócák anélkül is tudnak táplálkozni, hogy a növényi sejteket megsértenék, így sok, a növényekben kialakult védő mechanizmus nem indul be (ellentétben például egy rágó szájszervű rovar táplálkozásával). Amennyiben nincs más zavaró tényező, akkor semmi nem riasztja el az állatot a táplálkozástól.

E táplálkozási módnak köszönhetően ez a rovarcsoport kifejezetten hatékony növényi vírus vektor. Ennek oka egyrészt az, hogy a szívások során a befecskendezett nyál egy részét az állat újra lenyeli, aminek következtében a víruspartikulumok visszakerülnek a tápcsatornába, másrészt, hogy a szűrősejtéssel képesek egyetlen növényi sejtet megszűrni és abba nyálat (ezáltal vírust) juttatni úgy, hogy a sejt életben marad. Mivel a táplálkozás során a tápcsatornába mind az állat nyálából, mind a növényi nedvből kerülhet vírus, így hatékonyan tudják egyik növényről a másikra terjeszteni azt (Tholt, 2011).

A kabócák tápnövénykörét tekintve, előfordulnak polifág (sok különböző növény családba tartozó tápnövény), illetve oligofág (jellemzően egy növény családba tartoznak a tápnövényei), valamint monofág (egy maximum 2-3 növényfaj a tápnövénye) fajok is (Nickel—Rename, 2002).

2.4. Gyűjtési módszerek

Ahhoz, hogy meg tudjuk állapítani a kabócák fajösszetételét a gyepekben és a mezőgazdasági táblákban, majd a *P. alienus* egyedeken el tudjuk végezni a vírus kimutatásához szükséges teszteket, mintát kellett venni a kijelölt területekről.

A kabócák mintavételezése során, gyűjtési céltól függően megkülönböztetünk mennyiségi (kvantitatív) és nem mennyiségi (minőségi, kvalitatív) módszereket (Holzinger *et al.*, 2003). A kabócák mintavételezésének több módja ismert. Wilson (2005) szerint a gyűjtésére alkalmazott módszer eredményessége döntően a gazdanövény típusától függ. A fás szárú növényeken táplálkozó kabócák begyűjtésére az egyik leghatékonyabb módszer a kopogtatás. Ennél a módszernél a növény alá elhelyezünk egy nagyméretű hálót, és a lombozatot egy arra megfelelő eszközzel „kopogtatjuk”, a lehulló egyedek így begyűjthetők.

A lágyszárú, kétszikű növényekről történő mintagyűjtésre a rovarháló (fűháló) a legalkalmasabb. Azokat a kabócákat, amelyeknek az elsődleges tápnövényei jellemzően egyszikűek, például gabonafélék, D-VAC rovarszívó segítségével lehet a leghatékonyabban begyűjteni (6. ábra). Amennyiben nem élő állat begyűjtése a cél, akkor a D-VAC cső szívó részének végén található hálót etilalkoholba áztathatjuk, ami az állatok gyors elpusztulásához vezet (Wilson 2005).



6. ábra: Gyűjtés a D-VAC-el (Fotó: Komáromi Péter)

Korábbi munkákban Németország Sachsen-Anhalt tartományában fűhálót illetve biocoenometer-t (rovarszívót, D-VAC) alkalmaztak a csíkos gabonakabóca egyedek begyűjtésére. A fűhálós módszert az őszi árpa ültetvényeken áprilistól a gabona júniusi betakarításáig alkalmazták, míg a rovarszívóval októbertől decemberig gyűjtöttek állatot a tarlóban illetve az árvakelésben (Manurung *et al.*, 2005).

Ezek a módszerek kívül más módszer is rendelkezésre áll az állatok mintavételezésére. A Fülöp szigeteken rizsföldekről gyűjtöttek be kabócákat 5 különböző mintavételi területről. Úgynevezett Mylar lappal bekerítették egy 0,5x0,5x0,9 m-es területet, amelyből az állatokat tíz alkalommal D-VAC –el ('FARMCOP') kiporszívózták (Heong *et al.*, 1992). Ezzel a módszerrel területarányos adatokat kaptak (kabóca/négyzetméter).

2.5. A csíkos gabonakabóca

A csíkos gabonakabóca (*Psammotettix alienus*) a szipókás rovarokhoz (Hemiptera), azon belül a színkabócák (Auchenorrhyncha) rendjébe, a mezei kabócák (Cicadellidae) családjába tartozik (7. ábra).

A csíkos gabonakabóca holarktikus elterjedésű faj (Lindblad—Sigvald, 2004). Floémszívó, 1-es típusú oligofágként (tápnövényköre kizárólag egyetlen növénycsaládhoz tartozó fajokból áll) tartják számon, gazdanövényei a *Poaceae* családba tartozó fajok (Nickel—Rename, 2002). Bizonyítottan szaporodásra képes a következő fajokon: *Puccinella distans*, *Dactylus glomerata*, *Lolium perenne*, *Alopecurus pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus arvensis*, *Lolium temulentum*, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Echinochloa crus-galli*, *Zea mays* (Tholt—Kiss, 2011). Egyes megfigyelések alapján a *P. alienus* előfordulhat akár magas egyedszámban is kétszikű (pl. lucerna, parlagfű) állományokban, de ott nem képes a szaporodásra (Kiss, 2009). Tholt és Kiss (2011) célzott vizsgálatai kimutatták, hogy a *P. alienus*-ok egyes esetekben akár nem-tápnövény fajokon is táplálkoznak. Ilyen, nem-tápnövény faj a parlagfű is, kizárólag parlagfűvön táplálkozva a *P. alienus* egyedek 8 napon belül elpusztulnak.



7. ábra: Csíkos gabonakabóca (*Psammotettix alienus*) (Fotó: Tholt Gergely)

Hazánkban 20 *Psammotettix* faj található, ám a *P. alienus* az egyetlen közülük, amelyet mezőgazdasági kártevőként tartanak számon, ugyanis a búza törpülés vírus (WDV) egyetlen ismert vektora. Több országban, köztük Németországban is végeztek kutatásokat a faj biológiájával kapcsolatban. Számos esetben bizonyított, hogy a WDV-t a *P. alienus* nemcsak gabonanövényekre, hanem vadon termő fűfélékre is képes továbbterjeszteni (Ramsell *et al.*, 2008).

A csíkos gabonakabóca, a többi 19 hazai fajtól eltérően, melyek jellemzően csak gyepekben találhatóak meg, gyepekben és mezőgazdasági kultúrákban is gyakran előfordul (Biedermann—Niedringhaus, 2004). Főként ősszel tömeges megjelenésű faj. A szántóföldek szegélyeiben gyakoriak a kevert állományok, ahol a *P. alienus* a *P. confinis*-al vegyesen fordul elő, ami viszont a gyepekben gyakori fajok közé tartozik (Tholt, 2011).

2.4.1. Embrionális és lárvális fejlődés

A *P. alienus* tojás ellipszis alakú, elülső vége csúcsos, míg a farok rész lekerekített. A tojás mérete az embriogenezis folyamán változik. Manurung és mtsai (2005) őszi árpan (*Hordeum vulgare*), 20 °C-on, 70-95%-os páratartalom és 18 óra megvilágítással neveltek *P. alienus* egyedeket. 201 tojást letesztelve az embrionális fejlődés átlagosan 18,3 napig tartott és 7 szakaszra bontható (Manurung *et al.*, 2005). A lárvális fejlődés 32,4 (26-39) nap alatt zajlik le és 5 stádiumból áll. A lárvastádiumok átlagos időtartamai a következők: 5,9 nap (1), 5,1 nap (2), 5,6 nap (3), 6,3 nap (4), és 9,4 nap (5). A különböző szakaszokat a test hosszúsága alapján is el lehet különíteni. A színezetét tekintve a *P. alienus* lárvái 2 színben jelenhetnek meg: világos és sötét barna. A *P. alienus* életmenete tojástól az imágóig való átlagos fejlődés időtartama 51 nap. Az életciklus tojásrakástól tojásrakásig 58 nap (Manurung *et al.*, 2005). Guglielmino és Virla (1997) vizsgálatai szerint zab növényen (*Avena sativa*), 27 °C-on, 80%-os páratartalom és 14 órás megvilágítás mellett a teljes életciklusa 43 nap, míg az imágók 16 napig élnek.

2.4.2. Populációdinamika

Mint ektoterm (változó testhőmérsékletű) rovar, a csíkos gabonakabóca lárvális és embrionális fejlődését is befolyásolja a környezet, főként az időjárási körülmények. Ilyen faktorok határozzák meg a különböző fejlődési szakaszok hosszát, az imágók kikelésének idejét, a mezőgazdasági táblán eltöltött idő hosszát, valamint az évenkénti generációk számát. A hőmérséklet fontos tényező és közvetlen befolyása van a kabócák populációinak méretére (Manurung *et al.*, 2004). A kora nyári hideg negatívan befolyásolja a lárvális fejlődést, és ez a negatív hatás a populációk méretében a következő évre is kihat, ugyanakkor a meleg ősz nagy áttelelő populációt eredményez. A *P. alienus* generációinak száma és azok élethossza, összefüggésben áll a WDV-vektorkénti hatékonyságával. Minél tovább találhatóak meg a kabócák a gabonában, annál nagyobb hatékonysággal terjesztik a vírust (Lindblad—Arenö, 2002)

Németországban 1999-ben és 2000-ben végeztek populációdinamikai megfigyeléseket természetes körülmények között a szántóföldön. A gyűjtéseket az 1999-es évben májustól novemberig végezték Freistben és Michelnben, 2000-ben pedig áprilistól decemberig tartottak a mintavételezések Freistben és Zscherbenben. 1999-ben az első generáció Freistben május végén míg Michelnben június közepén jelent meg. A 2. generáció mindkét helyen augusztus első hetében bukkant fel. A *P. alienus* egyedek november közepéig voltak jelen, utána eltűntek. Az első generáció imágói 2000-ben mind Freistben, mind Zscherbenben május 2. hetétől jelentek meg. Mivel abban az évben az átlagosnál magasabb volt a hőmérséklet, 3 generációt sikerült megfigyelni. A 2. generáció június közepétől, míg a 3. generáció szeptember 3. hetétől volt jelen. A kabóca imágókat december 3. hetéig, az első fagyokig tudták befogni, utána eltűntek (Manurung *et al.*, 2004, Manurung *et al.*, 2005). 1999-ben és 2000-ben a maximális populáció denzitás a téli árvakeléses árpa táblában volt megfigyelhető, szeptember közepén 43 és 25 egyeddel négyzetméterenként.

A Svédországban végzett vizsgálatok alapján elmondható, hogy a *P. alienus*-nak Észak-Európában 2 nemzedéke van jelen, és tojás alakban telél át. Az első juvenilis állatok tavasszal, május környékén kelnek ki és kora nyárra érik el az adult állapotot. A kifejlett nőtény 7 nappal a kikelése után rak először tojást. A második generáció imágói késő nyáron, június-július környékén jelennek meg, és késő ősziig vannak jelen, egészen addig, amíg a hőmérsékleti maximum 15 °C körül mozog. Amint a hőmérsékleti maximum 10 °C fok alá esik, eltűnnek a *P. alienus* egyedek. Az ősszel rakott tojásokban található embriók áttelelnek, majd a következő év kora tavaszán kelnek ki. Bár a *P. alienus* lárvák szárny nélküliek, mégis nagyon mozgékonyak, így a vírus (WDV) terjesztésében szintén nagy szerepük van (Lindblad—Sigvald, 2004).

Mind Németországban (Manurung, 2004), mind pedig a Svédországban (Lindblad—Arenö, 2002) elvégzett kutatás bizonyítja, hogy a *P. alienus*-nak egy szezon alatt kettő vagy három nemzedéke fordulhat elő. Hazánkban, feltételezhetően, az adott év időjárásnak függvényében szintén 2 vagy 3 generációval találkozhatunk (Sáringer, 1990).

2.5. Növényvírusok

2.5.1. A növényvírusokról általában

Ferreres és Moreno (2009) szerint eddig 400 rovarok által terjesztett növényvírus fajt írtak le 39 különböző nemzetségből. A vírusok minden élő organizmust befolyásolnak, beleértve a növényeket is, amelyeken a vírusfertőzés különböző tüneteket produkálhat. Ilyenek lehetnek például a mozaikosság, pöttyözöttség, levélgöndörödés, növénytörpülés, de a vírus jelenléte lehet tünetmentes is. A növényvírusok tanulmányozása azokra a vírusokra koncentrál, amelyeknek látható tünetei vannak a mezőgazdasági növényeken, ám a legtöbb növényvírus még nem ismert, vagy hiányosak a róluk rendelkezésre álló információink (Kvarnheden—Ramsell, 2007).

Az első vírussal kapcsolatos leírások a 19. század végén történtek, Martinus Beijerinck által, aki a dohány mozaik vírust (Tobacco Mosaic Virus, TMV) tanulmányozta. A TMV azóta is az egyik leggyakoribb általános vírusmodell. A vírusrészecskék csupán genetikai információk, egy- vagy kétszálú DNS vagy RNS formájában, fehérjeburokkal körülvéve. Valójában paraziták, melyek más élő sejtektől függenek, reprodukciójukhoz szükséges az élő sejt transzkripciós és transzlációs apparátusa. Az egyes vírusokra fogékony szervezetek sok védekező mechanizmust kifejlesztettek, amelyek gyakran megakadályozzák a vírusfertőzést. A vírusok sok esetben valamely vektor közvetítésével képesek újabb egyedeket fertőzni, a növényvírusok vektorai a legtöbb esetben rovarok, de lehetnek fitopatogén gombák, növényi élősködők (pl. arankafélék), fonálférgek vagy baktériumok is. A rovarvektorok több mint 90%-át a levéltetvek és kabócák alkotják (Ferreres—Moreno, 2009). A vírus és rovarvektora közötti kapcsolatnak 3 formája lehet. Az első az ún. „nem perzisztens”, ebben az esetben a vírus a szipókán tapad meg, majd mikor a rovar újabb növényen kezd szívogatni, a nyállal együtt kerülnek a víruspartikulumok a növénybe. Jellemző, hogy a nem perzisztens vírusok vektorai rövid, néhány perces szívással képesek a vírus átvitelére, ugyanakkor gyorsan elveszítik fertőzőképességüket, amennyiben vírust nem tartalmazó növényen szívogatnak. A második csoportban, a perzisztens (tartós) vírusok tartoznak. Ennek 2 formája van, a cirkulatív, ebben az esetben a vírus a bélből a hemolimfába, majd a nyálmirigybe jut, ahonnan a nyállal együtt ürül, de a vírus a rovarban nem szaporodik. A propagatív vírusok esetében a kórokozó szaporodik is az állatban. Ennél a típusnál a sikeres fertőzéshez akár több óra szívás szükséges. A harmadik lehetőség a vírus-rovar kapcsolatban a szemi perzisztens, ahol a

vírusátviteli képesség napokig megmarad, de a vírusfertőzöttség a vedlés során elvész (Ferrerres—Moreno, 2009). Sok különböző vírus fertőzheti meg a növényeket.

A legtöbbjük egyszálú RNS genommal (pl. árpa sárga törpülés vírus, BYDV) rendelkezik, de előfordulnak olyanok is, amelyek kettős szálú RNS genommal (pl. Oat Sterile Dwarf Virus, OSDV) vagy DNS-el rendelkeznek (pl. WDV) (Kvarnheden—Ramsell, 2007).

A vírusok kimutatása elengedhetetlen fontosságú szinte az összes virológiai tanulmányban. A vírusfertőzésnek a növényekben egyértelmű tünetei vannak (pl. mozaikosság, a levél foltossága), amik a diagnózis megállapításánál nagy segítséget nyújthatnak. Sok esetben azonban a tüneteket különböző vírusok, vagy más biotikus illetve abiotikus tényezők okozzák, ezeket gyakran nehéz megkülönböztetni. Ilyen esetben kiegészítő technikák javasoltak a vírus kimutatására, amelyre sok különböző eszköz áll rendelkezésre: biológiai, fizikai és molekuláris technikák. Napjainkban a vírus kimutatására leggyakrabban alkalmazott módszerek az ELISA és a PCR eljárások (Gadiou *et al.*, 2012).

2.5.2. Az ELISA módszer

Az „ELISA” mozaikszó, a vizsgálat angol elnevezésének kezdőbetűiből tevődik össze. Jelentése: Enzyme –linked immunosorbent assay - enzimhez kötött ellenanyag – vizsgálat (Horváth—Gáborjányi, 1999). Avrameas (1969) alkalmazta először növényvírusok kimutatására. Ez a módszer a fehérjék antitestek általi érzékelésén alapul, mivel az antitestek a vírus kimutatásánál leggyakrabban a fehérjeburkot ismerik fel. Az ELISA viszonylag olcsó és standard eljárásnak számít a víruskimutatásnál mind a kutatás mind a vírusok katalógizálása esetében (Kvarnheden—Ramsell, 2007). Az enzimhez kötött ellenanyag vizsgálatok olyan, szilárd fázison lejátszódó színreakciók, ahol a reagensek műanyag felülethez vannak kötve, és a reakciót enzimmel kapcsolt antitest segítségével követjük nyomon. Mivel az ELISA-módszer igen érzékeny és a reagenseket gazdaságosan lehet tömegvizsgálatokra felhasználni, az ELISA a precipitációs és az immunodiffúziós tesztek helyébe lépett, és a növényvírusok diagnosztizálásában a legnépszerűbb szerológiai módszerre vált. Megkülönböztethetünk direkt és indirekt-ELISA eljárásokat. A direkt eljárásnál az enzimet az antitesthez kapcsolják, míg az indirekt eljárásnál az enzim olyan molekulához kapcsolódik, amely az IgG-t (enzim konjugátum) felismeri. A direkt eljárás (pl. DAS ELISA vagy „kettősszendvics módszer”) igen pontos, specifikus és érzékeny módszer. Akár fél nanogramm vírus is kimutatható vele. Kevésbé specifikus eljárás az indirekt ELISA, mivel ott az enzim nem az antitesthez kötődik (Horváth—Gáborjányi, 1999).

Mivel az én esetemben számolni kellett azzal, hogy a vírus néhány helyen csak nagyon alacsony koncentrációban lesz jelen, ezért az érzékenyebb direkt eljárást választottam.

2.5.2.1. Direkt ELISA - Kettősellenanyag-szendvics (DAS ELISA)

A növényvirológiában a leggyakrabban az ún. kettősellenanyag szendvics módszert alkalmazzák a fertőzések kimutatására. A vizsgálatokhoz ún. mikrotitráló lapokat használunk, amelyek polisztirolból készülnek, és általában $8 \times 12 = 96$ db $300 \mu\text{l}$ -es bemélyedéssel rendelkeznek.

Első lépésként az IgG (enzim konjugátum) oldatot pipetázzuk a cellákba. Az inkubálás során az IgG molekulák a polisztirolhoz kötődnek, ezáltal a lap mélyedéseinek felszíne IgG molekulákkal lesz kibélelve. A nem kötődött IgG molekulákat mosópufferrel eltávolítjuk. A következő lépés a növényi minták szövetnedveinek a cellába kerülése. Amennyiben a minta tartalmazza azt az antigént (vírust), amely ellen a kötődött IgG is készült, akkor a vírus a lemezhez kötött IgG-hez kapcsolódik, míg a növényi fehérjék és más vírusok nem. Inkubálás után a nem kötődött anyagok a cellákból pufferrel kimoshatók. Ezután pipetázzuk a cellákba a második, enzimmel jelzett IgG-t, azaz a konjugátumot. Amennyiben a vírus jelen van a cellában, akkor az enzimmel jelzett IgG a vírus másik feléhez fog kötődni. Ezáltal létrejön az ún. „immunszendvics”. A nem kötődött konjugátumot pufferes mosással eltávolítjuk, majd az enzim szubsztrátjának oldata kerül a cellákba. A leggyakrabban alkalmazott enzim, az alkalikus foszfatáz esetében a szubsztrát para-nitro-fenil-foszfát, amely szintelen vegyület. Az alkalikus foszfatáz enzim a szubsztrátmolekulákról elkezd hasítani a foszfátcsoportokat, amelynek eredményeképpen sárga színű para-nitro-fenol keletkezik. A színváltozás erőssége a vírus koncentráció nagyságával nő. Az enzim addig működik, amíg a megfelelő kémiai környezet és szubsztrát jelen van. A pozitív reakció szemmel is jól látható, de általában ELISA értékelő fotométerrel értékelik az eredményeket (Horváth—Gáborjányi, 1999).

2.5.3. PCR - Polimeráz láncreakció

A PCR bármely DNS vagy RNS szakasz korlátlan másolatának elkészítésére alkalmazható. Az eljárást Kary B. Mullis dolgozta ki 1984-ben, majd 1993-ban Nobel díjat kapott érte. A reakció a sejtekben természetes úton végbemenő replikációt utánozza (Heszky—Galli, 2008). A polimeráz láncreakció (PCR) az utóbbi 20 évben vált elterjedté különböző vírusok DNS szekvenciáinak felerősítésére. A PCR módszer nagyon érzékeny és a nagyon alacsony víruskoncentrációt is képes kimutatni. Folyamatosan fejlesztenek új PCR technikákat és a real-time PCR-t sok növényvírus esetében használják.

A használt technika a feltett kérdéstől függ. Néha fontos tudni, hogy pontosan melyik vírustörzsszel van dolgunk, ugyanakkor vannak olyan esetek, ahol elég csak a vírus fajtáját tudni (Kvarnheden—Ramsell, 2007).

Egy érzékeny és megbízható PCR folyamat kimutatja a WDV vírus jelenlétét a fertőzött növényi szövetben illetve az állatban is. A PCR-t összehasonlítva az ELISA-val azt az eredményt kapjuk, hogy az ELISA módszer esetén jóval magasabb minimális vírus koncentráció szükséges a biztos teszteredményekhez, mint a PCR eljárás esetében. Ez az eljárás már nagyon alacsony koncentráció esetén is kimutathatja a vírus jelenlétét, hiszen az eljárás lényege éppen a minták megsokszorozása egy meghatározott kiindulási templát alapján. Ezzel a módszerrel nem csak az adott populációban jelen lévő vírusgazda állatok számát lehet kimutatni, de a fertőzött rovarokban a vírus pontos koncentrációját is meg lehet állapítani (Zhang *et al.*, 2010).

1988-tól kezdve melegvízű forrásokban élő baktériumokból (pl. *Thermus aquaticus*) izolált hőstabil DNS polimerázt alkalmaznak, amely lehetővé tette a PCR automatizálhatóságát illetve azt is, hogy a reakciókat egy olyan programozható készülékben lehessen elvégezni, melyben a hőmérséklet gyorsan és pontosan változtatható (Heszky—Galli, 2008). A PCR folyamán a vizsgálandó nukleinsav mintát szaporítjuk fel a polimeráz láncreakció segítségével in vitro körülmények között (amplifikáció). Ez azért fontos, mert a vizsgálatokhoz sok esetben nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű kiindulási anyag, RNS vagy DNS. Igen kis mennyiségben jelenlevő (vírus-) nukleinsavat is ki lehet mutatni a szekvenciaspecifikus amplifikáció segítségével. A PCR láncreakció lényege az, hogy a denaturált DNS két láncához két ismert szekvenciájú, kb. 20 bázispár hosszúságú primert hibridizálunk, melyek a felszaporítandó szakasz két végét jelölik ki, majd DNS-polimeráz enzim segítségével megtörténik a primerek meghosszabbítása. Ez a reakciósor ciklikusan ismétlődik, így újabb és újabb minta-DNS-szekvenciák keletkeznek. A reakció tehát exponenciális lesz, azaz 20-30 ciklus után a célszekvencia 106-szoros mennyiségű növekedése érhető el.

A PCR fő lépései (A lépéseket általában 20-40-szer ismétljük meg)

1. denaturáció (2 DNS szál szétválasztása) általában 94°C-on
2. a primer(ek) hozzákacsoódnak a célszekvenciá(k)hoz a primerek olvadási hőmérsékletétől kb. 5°C-kal alacsonyabb hőmérsékleten, 45-60°C-on
3. polimerizáció 68 -72 °C-on

A felszaporított DNS-t általában agarózgélben, etídium-bromidos festés után teszik láthatóvá és hasonlítják össze a megfelelő méretmarkerrel. A PCR során keletkezett termék szükség szerint klónoozható, illetve közvetlenül szekvenálható is.

A PCR technika nagy előnyei a gyorsaság, a fajlagosság és az érzékenység. Éppen e miatt a nagyfokú érzékenysége miatt speciális laboratóriumi körülmények biztosítását igényli azért, hogy elkerülhető legyen az idegen, nemkívánatos szekvenciák felszaporítása (egyszer használatos eszközök, reagensek ellenőrzése, jól ismert pozitív és negatív kontrollok alkalmazása, stb.). A vírusdiagnosztikában nem csak azért előnyös a PCR használata, mert rendkívül specifikus, hanem azért is, mert a mintavételtől számított 4-6 órán belül eredményt ad. A növényvírusok jelentős része RNS genomot tartalmaz, ezért a polimeráz láncreakciót ebben az esetben megelőzi egy reverz transzkripció lépés, amelynek terméke annak az első szálnak a komplementer DNS-e lesz, amely az ezt követő PCR templátjául szolgál.

2.6. Búza törpülés vírus - WDV

A búza törpülés vírus (Wheat dwarf virus, WDV) a Mastervirus nemzetségbe, a Geminiviridae családba tartozik, a búza vírusos megbetegedését okozza többek között Európában, Ázsiában és Afrikában (Schubert *et al.*, 2007). A nemzetségnek eddig 15 tagját azonosították, amelyek nagy része egyszikű növényeket fertőz (Kvarnheden *et al.*, 2002). A WDV-t legelőször Vacke írta le 1961-ben a korábbi Csehszlovák Köztársaság nyugati területén, az elmúlt évtizedekben egyre több helyen írták le a jelenlétét. Zhang *et al.* (2010) munkája összegzi az ismert előfordulási helyeket, melyek a következők: Magyarország, (Gáborjányi *et al.*, 1988), Németország (Huth, 2000), Tunézia (Najar *et al.*, 2000), Törökország (Köklü *et al.*, 2007), Finnország (Lemmetty—Huusela-Veistola, 2005) és Kína (Xie *et al.*, 2007). A WDV járványtana még nem teljesen megértett, ugyanúgy, ahogy a lehetséges gazdanövények köre sem teljesen tisztázott, valamint a vírus változékonyságával kapcsolatban is hiányosak az információink (Tóbiás *et al.*, 2006).

A WDV-t a csíkos gabonakabóca terjeszti, de a vírus az állatban nem szaporodik tovább, és amennyiben nőtény állatról van szó, a tojásokban sem örökítődik tovább (James—Baryce, 2006). Árpára, búzára, zabra, rizsre és számos vadon termő fűfélére lehet káros. A szántóföldi szegélyben található gyepsávban jelen lévő fűfélék közül több tünetmentes hordozója lehet a WDV-nek (pl. *Bromus*, *Lolium* sp.) (Tholt *et al.*, 2008). Tünetei a levelek sárgulása, bepöndörödése valamint a növény törpülése, vagyis a szártagok rövidülése (Lindblad—Sigvald, 2004). A mezőgazdasági táblákban gyakran foltokban jelenik meg a vírus.

A WDV egyedüli vektora, a csíkos gabonakabóca hazánkban, szántóföldi kultúrákban és gyepekben igen gyakori fajnak számít. A vírus terjedésében kulcsszerepe van a kabóca imágók őszi vándorlásának a gabona árvakelésekről a frissen vetett őszi árpa és búza táblákra. A vírusfertőzöttség tünetei gyakran csak a következő tavasszal válnak felismerhetővé. (Lindblad—Sigvald, 2004).

Nem feltétlenül szükséges a *P. alienus* populációnak nagy egyedszámot elérnie ahhoz, hogy komoly károkat tudjon okozni a mezőgazdaság számára, alacsony abundancia esetén is lehet olyan nagymértékű a vírusfertőzöttség, hogy az komoly termésvesztéshez vezessen (Kvarnheden—Ramsell 2007).

A WDV-nek bizonyítottan 2 törzse van, egy árpát illetve egy búzát fertőző törzs. Ellentmondásos eredmények születtek eddig arról, hogy az árpa törzs képes-e megfertőzni a búza növényt és fordítva (Ramsell *et al.*, 2009). Commandeur és Huth (1999) találtak árpa

törzs által megfertőzött búzát Németországban, Lindsten és Vacke (1991) viszont nem figyeltek meg átvitelt az árpa törzsről búzára, vagy más *Triticum* fajra. Azt viszont bizonyították, hogy a *P. alienus* képes terjeszteni mindkét vírustörzset (Manurung *et al.*, 2004). Nemrégiben találtak egy a WDV-vel közeli rokonságban álló vírust, ami a zab törpülését okozza (Kvarnehden—Ramsell, 2007).

A WDV vírus előfordulása változó, ám az utóbbi időben több európai országban felkeltette a szakemberek figyelmét. Svédországban például 1997-ben komoly károkat okozott a mezőgazdaságban (Kvarnheden—Ramsell, 2007). Lindblad és Sigvald (2004) cikke szerint kutatásokra, laboratóriumi tanulmányokra és gazdálkodási-módszertani tapasztalatokra alapozva, úgy tűnik, hogy van néhány fontos faktor, ami WDV előfordulását befolyásolja. Ezek közül a legfontosabbak a művelési technikák megváltoztatása és a klímaváltozás. A sorba vetés és a talajmegmunkálás elmaradása, ami ezekben az években elterjedté vált a gazdálkodók köreiben, növeli a vírus vektorok esélyét a túlélésre és megváltoztatja a vírusbetegségek járványtanát. Kiemelkedő jelentőséggel bírnak a gabona árvakelések és a parlagon hagyott, egyszikű gyomokkal fertőzött területek, melyek mind a vírus, mind a kabóca felszaporodásában kulcsszerepet töltenek be. Az időjárási feltételek közvetlenül befolyásolják mind a vektor faj populációbiológiáját, mind a gazdanövény növekedését. Bár a vírusproblémák időszakosak, de lokálisan súlyos károkat okozhatnak. A károk megelőzése érdekében hosszú és rövidtávú előrejelzés és egy figyelmeztető rendszer hasznos lehet. A károkat csökkentheti az a megoldás is, ha a növényt korán vetjük el, ugyanis a növények a szár megnyúlási stádiumban rezisztenssé válnak, ha a növény ezt a rezisztens stádiumot korán elérte, akkor ősszel is kevesebb lesz a vírus (Lindblad—Sigvald, 2004). Vacke (1972) szerint a növények egyleveles állapotban a legfogékonyabbak a vírusra.

3. Anyag és módszer

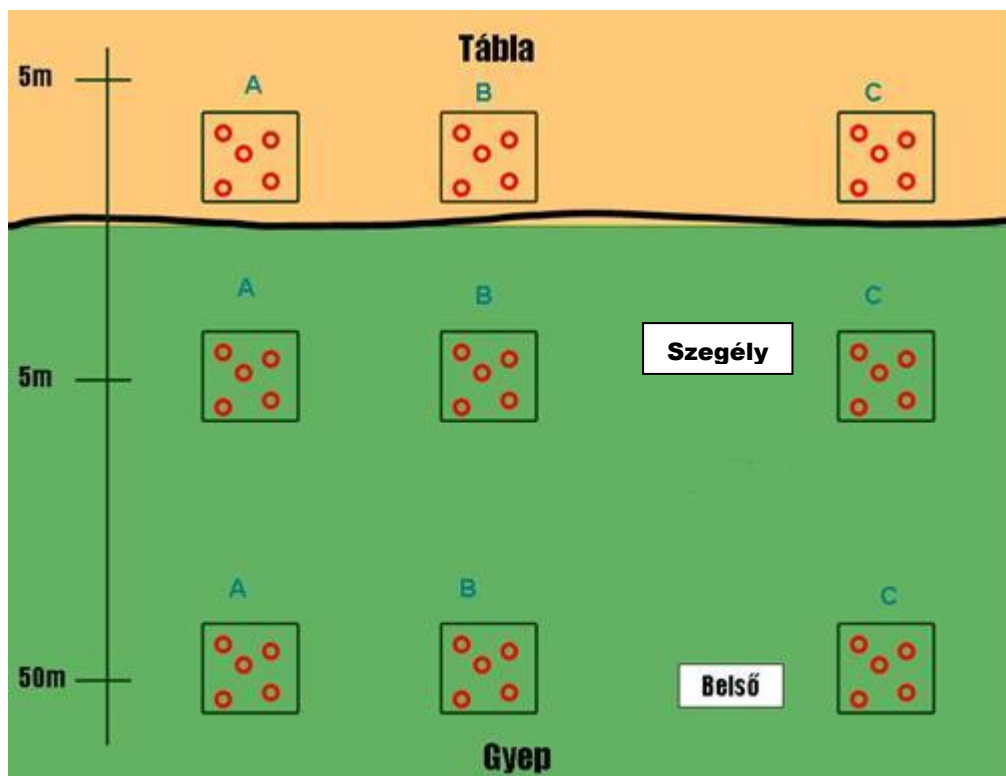
3.1. Mintavételezés 2012

Dolgozati munkám a Mezőföldön a 2012-es és 2013-as évben zajlott. A 2012-es évben hét, egymástól távolabb eső területen végeztem felvételezéseket. A mintavételi területek, egyetlen terület kivételével olyan szántóföldek közé ékelt löszgyepek voltak, melyek mellett abban az évben gabonát termesztettek. A hét mintavételi területből három terület, (Dég - $46^{\circ}50'36.43''\text{É}$; $18^{\circ}25'23.66''\text{K}$, Seregélyes - $47^{\circ}7'40.66''\text{É}$; $18^{\circ}32'37.67''\text{K}$, Székesfehérvár–Aszalvölgy komplex - $47^{\circ}14'40.04''\text{É}$; $18^{\circ}25'41.39''\text{K}$), egy nagyobb kiterjedésű löszgyep része volt. A másik három mintavételi terület (Sárbogárd Bolondvár TT - $46^{\circ}54'54.26''\text{É}$; $18^{\circ}39'16.26''\text{K}$, Székesfehérvár–Aszalvölgy izolált - $47^{\circ}14'28.62''\text{É}$; $18^{\circ}26'15.10''\text{K}$, Vértesszőlős - $47^{\circ}24'47.66''\text{É}$; $18^{\circ}31'48.29''\text{K}$) kisméretű, izolált terület, míg egy terület (Martonvásár, MTA ATK MGKI kísérleti parcellák - $47^{\circ}18'41.07''\text{É}$; $18^{\circ}46'47.23''\text{K}$) kontrollként funkcionált (8.ábra). A martonvásári területen csak tavasszal történt gyűjtés, illetve csak a gabonából és a gyepp szegélyéből gyűjtöttem. Ez utóbbi területen a vírus jelenlétét korábban igazoltam, így alkalmas volt a mintavételi módszer tesztelésére.



8. ábra: 2012-es mintavételi területek

A célom az volt, hogy a WDV vírust detektáljam mind a mezőgazdasági táblában, mind pedig a mellette található gyepben. A mintavételezéseket tavasszal (április-május) és kora ősszel (augusztus-szeptember) is elvégeztem, a módszer mind a két alkalommal megegyezett. A kiválasztott hét mintavételi területen a gabonából és a gyepből gyűjtöttem növényi mintákat. Az egyes mintavételi területeken a gyep szegélyében (a szomszédos táblától számítva kb. 5 m-es sáv), illetve a gyep belsejében három mintavételi pontot jelöltem ki. Ezeken a mintavételi pontokon öt ismételtsében, random módon helyeztem ki egy $0,29\text{m}^2$ területű kört, majd ezen belül ollóval levágtam a növényeket. A gabonatáblák szegélyében hasonló módon végeztem a mintavételt (9. ábra).



9. ábra: A 2012-es mintavételi szisztéma sematikus ábrázolása

A begyűjtött mintákat feliratozás után, papírzacskóban szállítottam a MTA ATK Növényvédelmi Intézetébe, ahol a DAS-ELISA módszer elvégzéséig fagyasztóban -30°C -on tároltam.

A begyűjtött mintákon a DAS-ELISA módszert a LOEWE Biochemica GmbH protokollja alapján végeztem el. A tesztekhez minden begyűjtött mintából 2x1g növényi anyagot teszteltem le, melyeket a protokollban meghatározott pufferban homogenizáltam. Feltételezhető volt, hogy a természetes gyepekből származó mintákban alacsonyabb koncentrációban van jelen a vírus (pl. a tünetmentes hordozók miatt). Éppen emiatt, a protokollban megadott értékekhez (1g növényi minta / 5ml PBS puffer) képest, töményebb koncentrációkkal dolgoztam (1g minta / 2,5ml puffer).

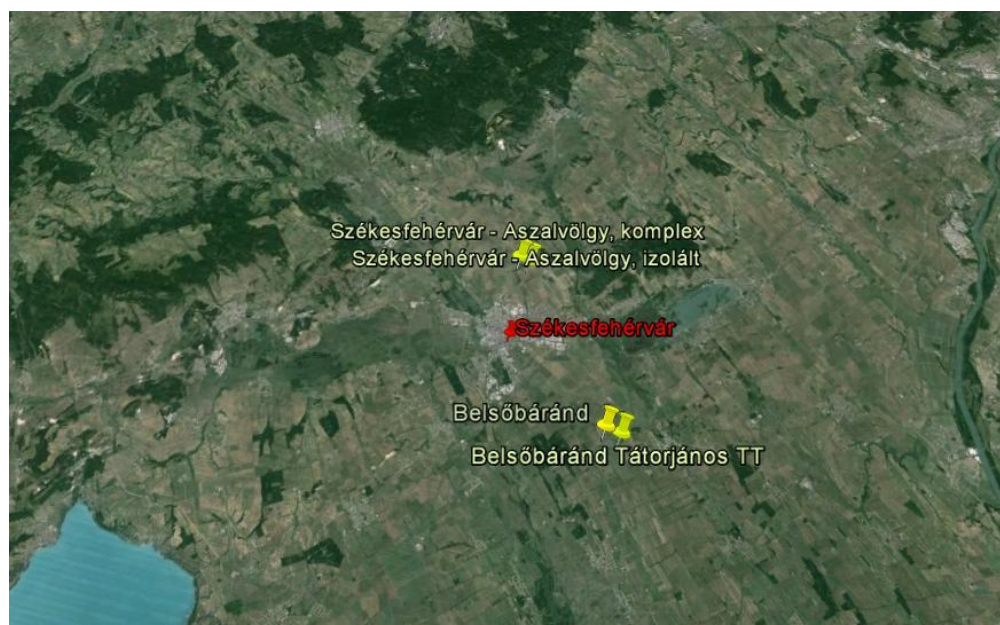
3.2. Mintavételezés 2013

A 2013-as évben nem a növényzetből, hanem a rovar faunából vettem mintát. A célom ugyanúgy a WDV vírus kimutatása volt, de ebben az esetben a *Psammotettix alienus* egyedekből és a vírus detektálására a DAS-ELISA módszer helyett a PCR eljárást alkalmaztam. Az állatok mintavételezésének célja volt a vektor faj, *P. alienus* magyarországi éves dinamikájának megállapítása is. Két, egymástól földrajzilag távolabb eső völgyet tanulmányoztam (szintén a Mezőföldön), de völgyenként összesen 2 mintavételi területet jelöltem ki. A mintavételi területek kijelölésekor fontos szempont volt, hogy ezek a területek a művelési ágat tekintve eltérőek legyenek mind a 2012-es mind a 2013-as évre vonatkozóan. Az egyik a Székesfehérvár külterületéhez tartozó Aszalvölgy, a másik pedig a belsőbárándi völgy. Az átláthatóság érdekében kódolási sémát alkalmaztam a mintavételi területeken. (1. táblázat)

1. táblázat: A mintavételi területek kódolási sémája és a művelési ágak a 2012-es és a2013-as évre vonatkozóan

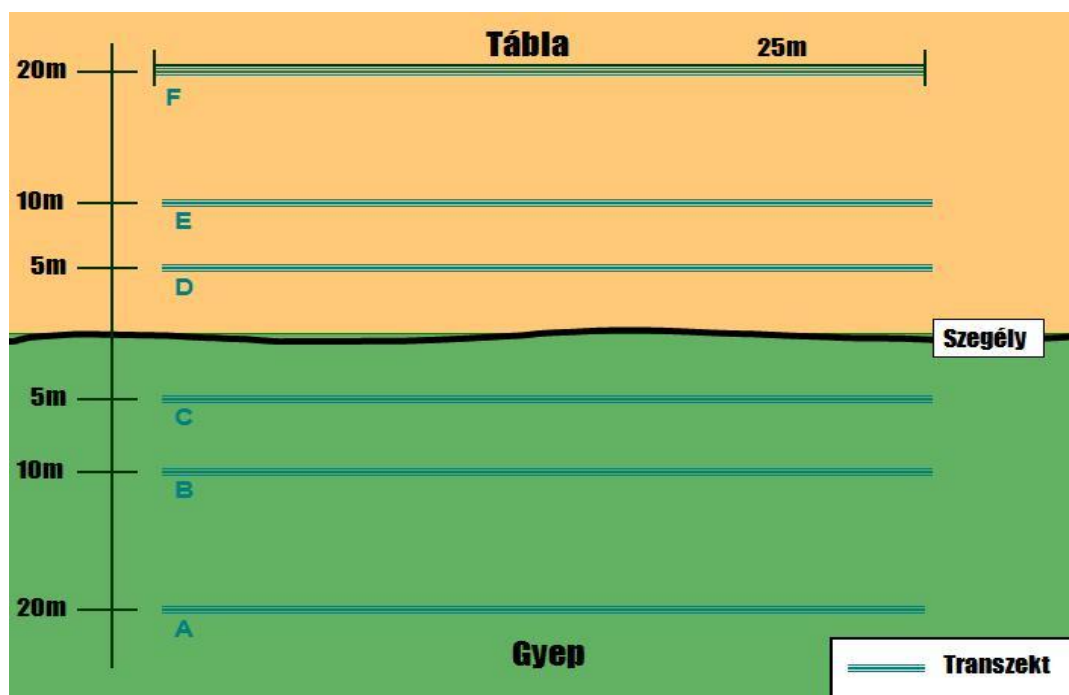
Helynév	Kódszám	Művelési ág (2012)	Művelési ág (2013)
Székesfehérvár-Aszalvölgy izolált (AVI)	1	gabona	gabona
Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex (AVK)	2	gabona	kukorica
Belsőbáránd (BBK)	3	kukorica	gabona
Belsőbáránd Tátorjános (BBT)	4	kukorica	napraforgó

Aszalvölgy esetében az elnevezések megegyeznek az előző évben kreáltakkal: Székesfehérvár-Aszalvölgy izolált ($47^{\circ}14'28.62''\text{É}$; $18^{\circ}26'15.10''\text{K}$), Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex($47^{\circ}14'40.04''\text{É}$; $18^{\circ}25'41.39''\text{K}$). A másik két mintavételi hely a Belsőbáránd ($47^{\circ}6'42.01''\text{É}$; $18^{\circ}31'22.30''\text{K}$), illetve Belsőbáránd Tátorjános TT ($47^{\circ}6'24.32''\text{É}$, $18^{\circ}32'16.14''\text{K}$) (10. ábra). Ebből a 4 gyepfoltból vettem mintát, illetve a közvetlenül mellettük található mezőgazdasági táblából.



10. ábra: mintavételi területek a 2013-as évben

A 2013-as évben mind a módszer, mind a mintavételezések száma eltér az előző évben alkalmazottól. Május 2. hetétől kezdve heti rendszerességgel megismételtem a gyűjtéseket egészen szeptember 3. hetéig. Mind a 4 mintavételi területen kijelöltem 6 transzektet, amelyek 25 méter hosszúak és a mezőgazdasági tábla szegélyével párhuzamosak. A transzekteteket a null ponttól számítva - amely a tábla és a gyep határán helyezkedik el - mind a táblában, mind a gabonában 5, 10 illetve 20 méter távolságra karóztam ki. A megjelölésükre akácfa karókat használtam. A transzekteteket mind a 4 mintavételi területen egységesen betűkkel azonosítottam (A, B, C, D, E, F), a gyeppen található 20 méter távolságra levő transzektet kezdve (11. ábra).



11. ábra: A 2013-as mintavételi transzsektek sematikus ábrázolása

A minták begyűjtésén kívül minden alkalommal mértünk léghőmérsékletet, talajhőmérsékletet mind a táblában, mind a gyepben, szélességet, valamint a levegő páratartalmát, továbbá ha valami szokatlant észleltünk azt a megjegyzés rovatba felírtuk. Ezek a tényezők mind hozzájárulhatnak a *P. alienus* egyedek mozgékonyságának változásához, ezen keresztül pedig befolyásolhatják a gyűjtési eredményeket.

A mintavételi területeim flóráját, valamint a gyepfoltok mellett található mezőgazdasági kultúrákat figyelembe véve, a rovarszívóval történő mintagyűjtés bizonyult a leghatékonyabbnak. Így azt alkalmaztam a gabonában, a tarlón, az árvalékásban illetve a gyepben egyaránt. Ennek oka az, hogy a D-VAC-el való gyűjtés hatékonyságát kevésbé befolyásolja a szél erőssége, mint a fűhálós módszerét. Abban az esetben, ha nedves a növényzet vagy esik az eső, mind a fűháló mind a D-VAC használata eredménytelen lesz. A kijelölt transzsekteket két irányban jártam végig, a mintavételezést minden terepnap alkalmával, transzsektenként három ismétlésben végeztem, mellyel a korábbi tapasztalatok alapján elegendő mennyiségű minta gyűjthető. A három ismétlésnek az anyagát transzsektenként összevontam.

A begyűjtés után az állatokat nejlonzacskóba helyeztem, majd a kódolási sémának megfelelő cédulával elláttam, és a határozásig fagyasztoóban tároltam. Az így tárolt mintákból mikroszkóp segítségével kiválogattam a kabócákat, majd Biedermann és Niedringhaus (2004)

határozója alapján meghatároztam a *P. alienus* egyedeket. Általában, a cirkulatív vírusokat hordozó kabócákban és levéltetvekben a vírus a legnagyobb koncentrációban a nyálmirigyben van jelen (Fereres—Moreno, 2009). Mivel feltételezhető volt, hogy a *P. alienus* esetében is igaz ez a megállapítás, ezért a PCR vizsgálat során csak a fej részt használtam fel a teszt elvégzéséhez. A PCR elvégzése előtt a kabócák fej részét eltávolítottam, majd abból a DNS kivonást még a MTA ATK NÖVI-ben elvégeztem, de a PCR tesztet a Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpontban végeztem Kis András segítségével. A PCR célja a vírus detektálása volt azon a területen, ahonnan a minta származik. Az eddig letesztelt kabóca minták gyűjtési adatait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A PCR-el letesztelt minták

Sorszám	Dátum	Hely	Élőhely
1	2013.07.12	AVI	gyep
2	2013.07.12	AVI	tábla
3	2013.09.16	AVI	gyep
4	2013.09.16	AVI	tábla
5	2013.09.16	AVI	gyep
6	2013.09.16	AVI	tábla
7	2013.09.16	AVI	gyep
8	2013.09.16	AVI	tábla
9	2013.07.12	AVK	tábla
10	2013.06.27	BBK	tábla
11	2013.09.05	BBK	gyep
12	2013.09.05	BBK	tábla
13	2013.09.16	BBK	gyep
14	2013.07.18	BBT	gyep
15	2013.07.18	BBT	tábla
16	2013.09.16	BBT	tábla

A táblázatban használt rövidítések jelentése:

AVI-Székesfehérvár-Aszalvölgy-izolált,
AVK- Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex,
BBK-Belsőbáránd. **BBT**-Belsőbáránd Tátorjános

A begyűjtött minták határozásából kapott adatokat JMP (5.0.), illetve Statisztika (6.0.) programban elemeztem. Az adatelemzés során összehasonlítottam a *Psammotettix* és egyéb

kabócafajok fogott egyedszámait transzektenként és élőhely kategória (tábla, löszgyep) szerint, általános lineáris modellel (GLM). A kezdeti hipotéziseimnek megfelelően, vizsgáltam a gyepekben és a táblában megtalálható *Psammotettix* populációk viszonyát, lineáris regressziós tesztekkel.

4. Vizsgálati eredmények és megvitatásuk

4.1. ELISA tesztek eredményei

2012-ben, a hét mintavételi területről összesen 273 növényi mintát gyűjtöttem és teszteltem WDV tartalmukat ELISA módszerrel. A vírus jelenlétét összesen 12 mintában sikerült kimutatni, melyek négy különböző területről származtak. A teszteredmények megerősítették a Martonvásárról származó minták WDV fertőzöttségét. A másik három, vírussal fertőzött terület Székesfehérvár-Aszalvölgy izolált, Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex és Seregélyes volt. Ezeken a mintavételi területeken, mind a tavaszi, mind pedig az őszi mintákból kimutatható volt a vírus jelenléte. A kapott adatokat a 2. táblázatban összegeztem, amely alapján láthatjuk, hogy melyik mintavételi helyen, illetve melyik mintavételi időpontban volt jelen a vírus. Azokat a helyeket, ahol az ELISA teszt pozitív lett x-el jelöltem. Az egyszerűség kedvéért a táblázatban nem a mintavételi helyek teljes nevét használtam, hanem azoknak a rövidítését.

3. táblázat: Az ELISA teszt eredményei

Helynév	Szegély	Belső	Gabona
MTVT	x	n.a.	x
AVKT			x
AVKŐ			x
AVIT	x	x	x
AVIŐ		x	x
ESZT			
ESZŐ			
DÉGT			
DÉGŐ			
SERT	x		
SERŐ	x		x
VTBT			
VTBŐ			
SBFT			
SBFŐ			

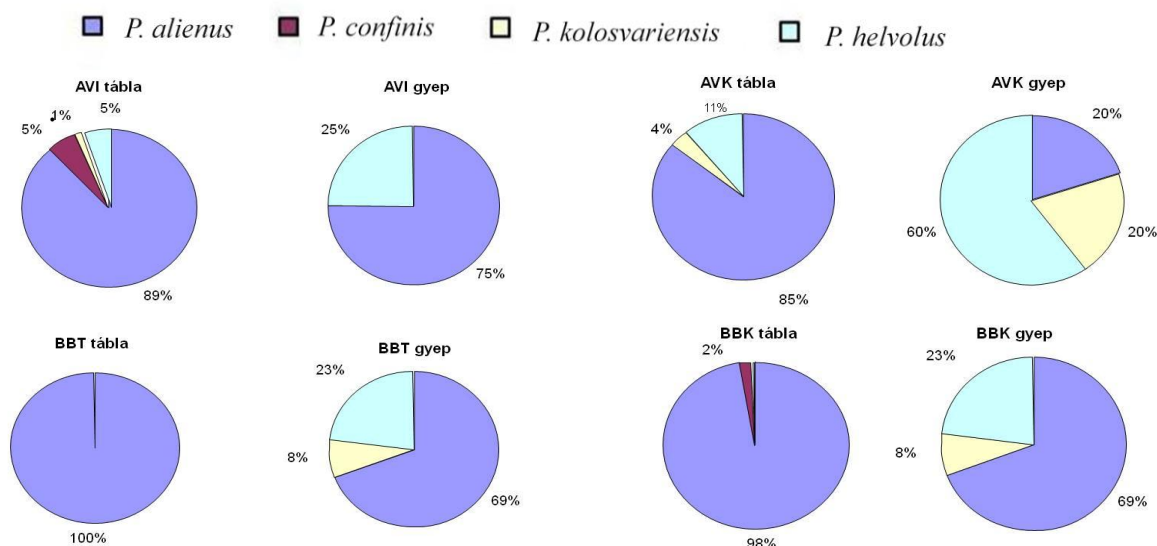
A táblázatban használt rövidítések jelentése: **MTVT** - Martonvásár tavaszi gyűjtés, **AVKT** - Székesfehérvár Aszalvölgy komplex tavaszi gyűjtés, **AVKŐ** - Székesfehérvár Aszalvölgy komplex őszi gyűjtés, **AVIT** - Aszalvölgy izolált tavaszi gyűjtés, **AVIŐ** - Aszalvölgy izolált őszi gyűjtés, **ESZT** - Előszállás tavaszi gyűjtés, **ESZŐ** - Előszállás őszi gyűjtés, **DÉGT** - Dég tavaszi gyűjtés, **DÉGŐ** - Dég őszi gyűjtés, **SERT** - Seregélyes tavaszi gyűjtés, **SERŐ** - Seregélyes őszi gyűjtés, **VTBT** - Vértesboglár tavaszi gyűjtés, **VTBŐ** - Vértesboglár őszi gyűjtés, **SBFT** - Sárbogárföldvár tavaszi gyűjtés, **SBFŐ** - Sárbogárföldvár őszi gyűjtés.

4. 2. A 2013-as év vizsgálati eredményei

4.2.1. A *P. alienus* éves dinamikája a 2013-as évben

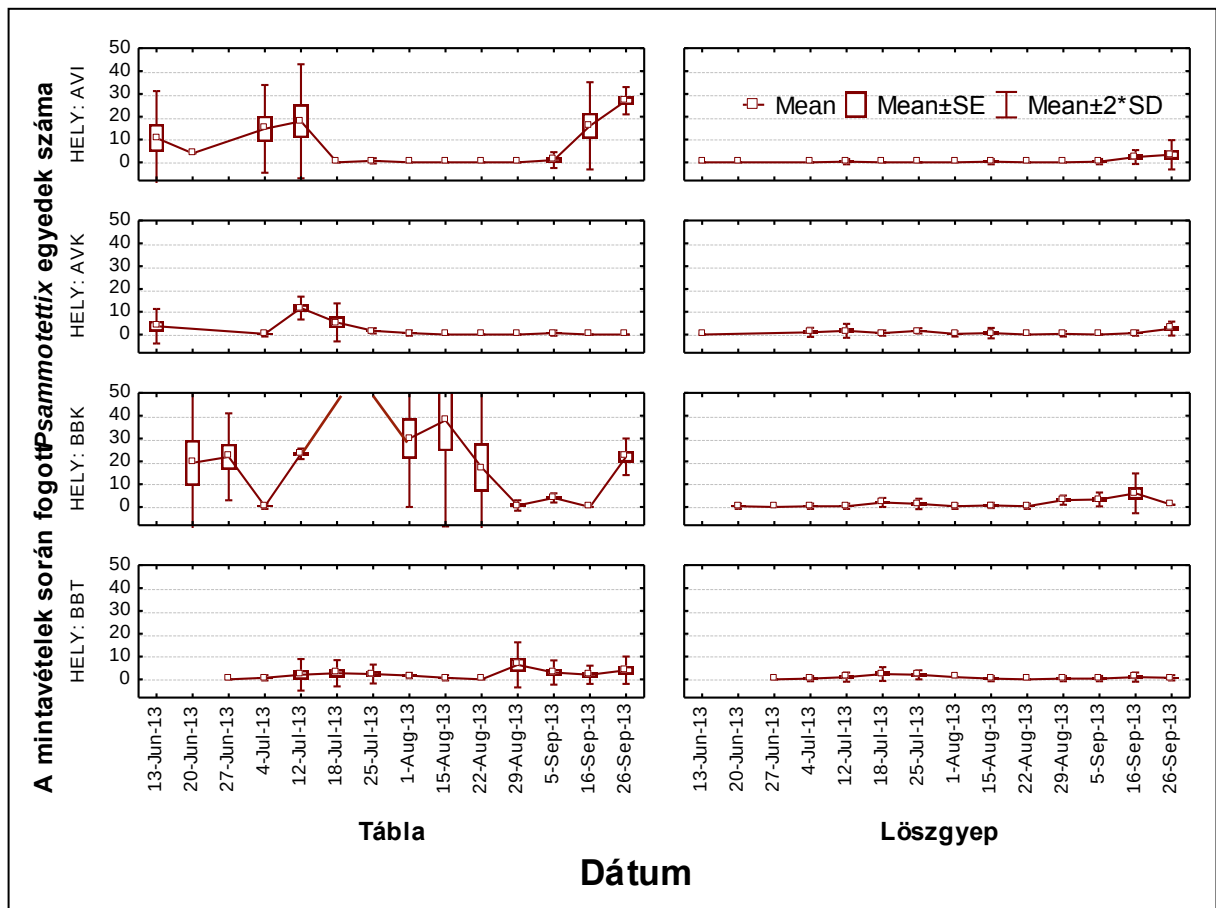
A júniustól szeptemberig tartó mintavételezés során, a *P. alienus* egyedeknek 2 generációját sikerült megfigyelni. Az első generáció imágói a beérő gabonában, június elején, a második generáció állatai szeptemberben, az őszi esők hatására kicsírázó árvakelésben jelentek meg (13. ábra). A nyár folyamán, de főleg augusztusban, a csapadék hiányában kiszáradó gyepekben és árvakelésben, a fogott állatok száma elenyésző volt minden mintavételi területen. A gabonatóblákban gyűjtött mintákban az aratás előtt jóval nagyobb mennyiségű egyedet találtam, mint közvetlenül az aratás után. A gabona aratását követően, az árvakelés kikelésével párhuzamosan nőtt a fogott állatok egyedszáma. A táblákban a *P. alienus* egyedek száma jelentősen meghaladta a vizsgált löszgyepekben mért értéket (13. ábra).

A *Psammotettix*-ek közül legnagyobb számban a *P. alienus* van jelen mind a táblában, mind a gyepekben (12. ábra). Tekintettel arra, hogy a többi *Psammotettix* faj aránya és egyedszáma egyetlen eset kivételével (Aszalvölgy-komplex gyepek) elhanyagolható, valamint, hogy csak a hím egyedek határozhatók meg faj szinten, a következőkben látható statisztikai elemzéseket az összes fogott *Psammotettix*-re egyedre vonatkozóan végeztem el.



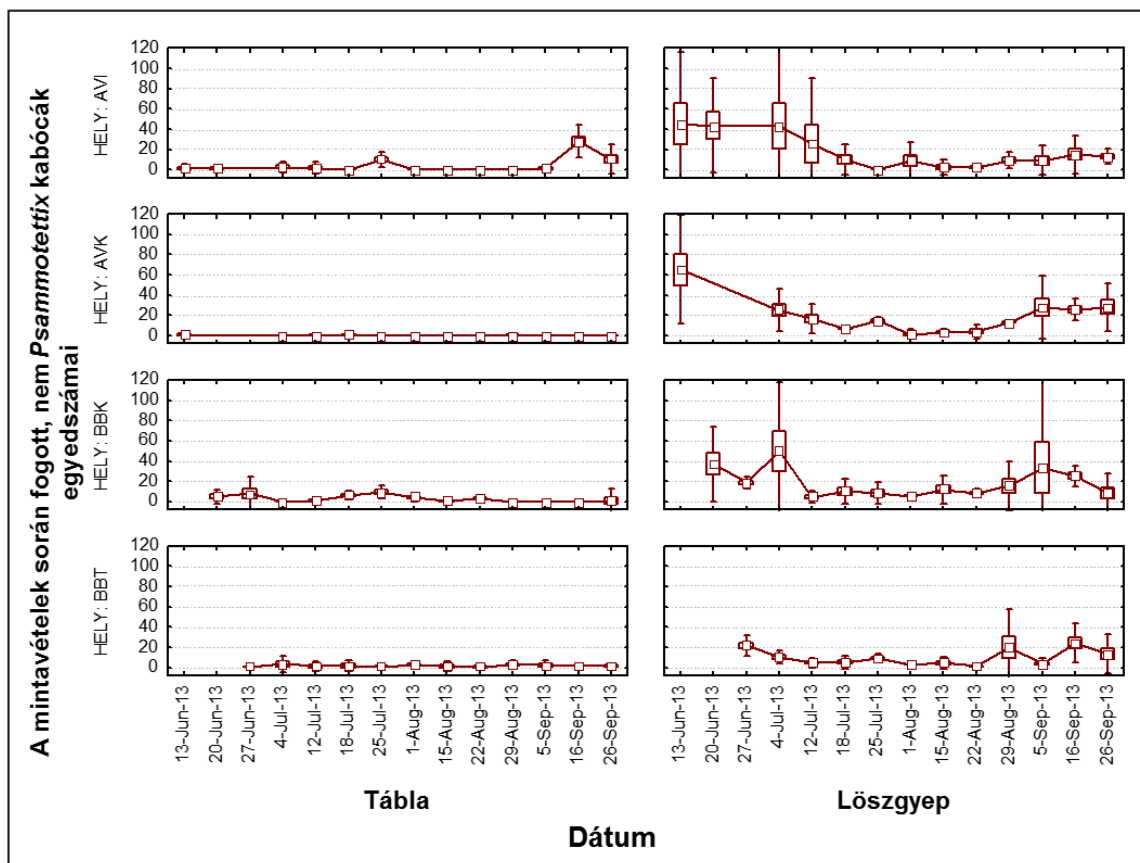
12. ábra: A begyűjtött *Psammotettix* hím egyedek aránya az egyes mintavételi területeken (**AVI** – Székesfehérvár-Aszalvölgy-izolált, **AVK** – Székesfehérvár-Aszalvölgy-komplex, **BBK** – Belsőbáránd, **BBT** – Belsőbáránd Tátorjános)

Székesfehérvár-Aszalvölgy izolált (AVI) mintavételi területen a gabona már július első hetében beérett, az aratás július 3. hetében történt. Egészen addig, a *Psammotettix*-ek száma folyamatosan nőtt a táblában, majd az aratás után ez a szám hirtelen visszaesett. A *Psammotettix*-ek maximum egyedszáma július 2. hetében a gabonában 32 egyed/transzekt-mintavétel volt. Mivel az aratás után nem esett számottevő csapadék, ezért az árvakelés nagyon gyér és csenevész volt, így az egyedszám egészen szeptember első hetéig nagyon alacsony maradt, amikor is az őszi esőzések hatására kikelt az új árvakelés és ezzel együtt újra megnőtt a mintavételi területen fogott egyedek száma. A gabonával ellentétben, a gyeppen a *Psammotettix*-ek száma, az egész szezon alatt körülbelül állandó szinten alacsony maradt, még a szeptemberi esők hatására is csak alig észrevehető mértékben növekedett az egyedszám.



13. ábra: A 2013-as évben gyűjtött *Psammotettix* egyedek éves dinamikája gyűjtési helyekre illetve élőhely kategóriákra lebontva. Az ábrán szereplő mintavételi helyek rövidítésének a jelentése: **AVI**-Székesfehérvár-Aszalvölgy izolált, **AVK**-Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex, **BBK**-Belsőbáránd, **BBT**-Belsőbáránd Tátorjános. Az ábra skálájának beosztása az átlagos fogásszámokhoz igazodik, ennek következtében a BBK területen mért kiugró értékek (07.18-án 219 egyed; 07.25-én 553 egyed), az ábrán nincsenek feltüntetve.

A löszgyepben mért maximum egyedszám 7 egyed/transzekt-mintavétel volt (szeptember 3. hetében). A többi kabóca (nem *Psammotettix* genus-ba tartozó Cicadellidae fajok) egyedszáma a táblában végig alacsony maradt, csak a szeptemberi árvakelés megjelenésének hatására nőtt gyenge mértékben, de ez a növekedés nem jelentős. A gyepten található többi kabóca száma egészen július első hetéig nőtt, de onnantól kezdve, a gyepten kiszáradásával párhuzamosan, az állatok száma is egyre csökkent. Szeptember első hetében volt észlelhető újabb növekedés az egyedszámok tekintetében (13. ábra, 14. ábra).



14. ábra: A 2013-as évben gyűjtött, nem *Psammotettix* kabóca egyedek éves dinamikája gyűjtési helyekre illetve élőhely kategóriákra lebontva. Az ábrán szereplő mintavételi helyeik rövidítésének a jelentése: **AVI**-Székesfehérvár-Aszalvölgy izolált, **AVK**-Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex, **BBK**-Belsőbáránd, **BBT**-Belsőbáránd Tátorjános

Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex (AVK) mintavételi területen július elejétől, július közepéig kis mértékben nőtt a *Psammotettix*-ek száma a táblában, de ahogy a magas hőmérséklet és kevés csapadék hatására egyre inkább kiszáradt a kukorica, az állatok száma is kevesebb lett. A maximum *Psammotettix* egyedszám a kukoricában július 2. hetében volt 14 db egyed/transzektel. A gyepten a *Psammotettix*-ek száma az egész szezon alatt végig elenyészően alacsony maradt. A maximum egyedszám 4 egyed/transzekt volt, ami szeptember

3. hetében volt megfigyelhető, miután a kukoricát learatták. A többi kabóca egyedszáma nagyon alacsony a kukoricában, míg a löszgyepben a június második hetén mért maximumtól kezdve fokozatosan csökken. Augusztus végén - szeptember elején az esőzések hatására újra elkezd nőni az egyedszám (13. ábra, 14. ábra).

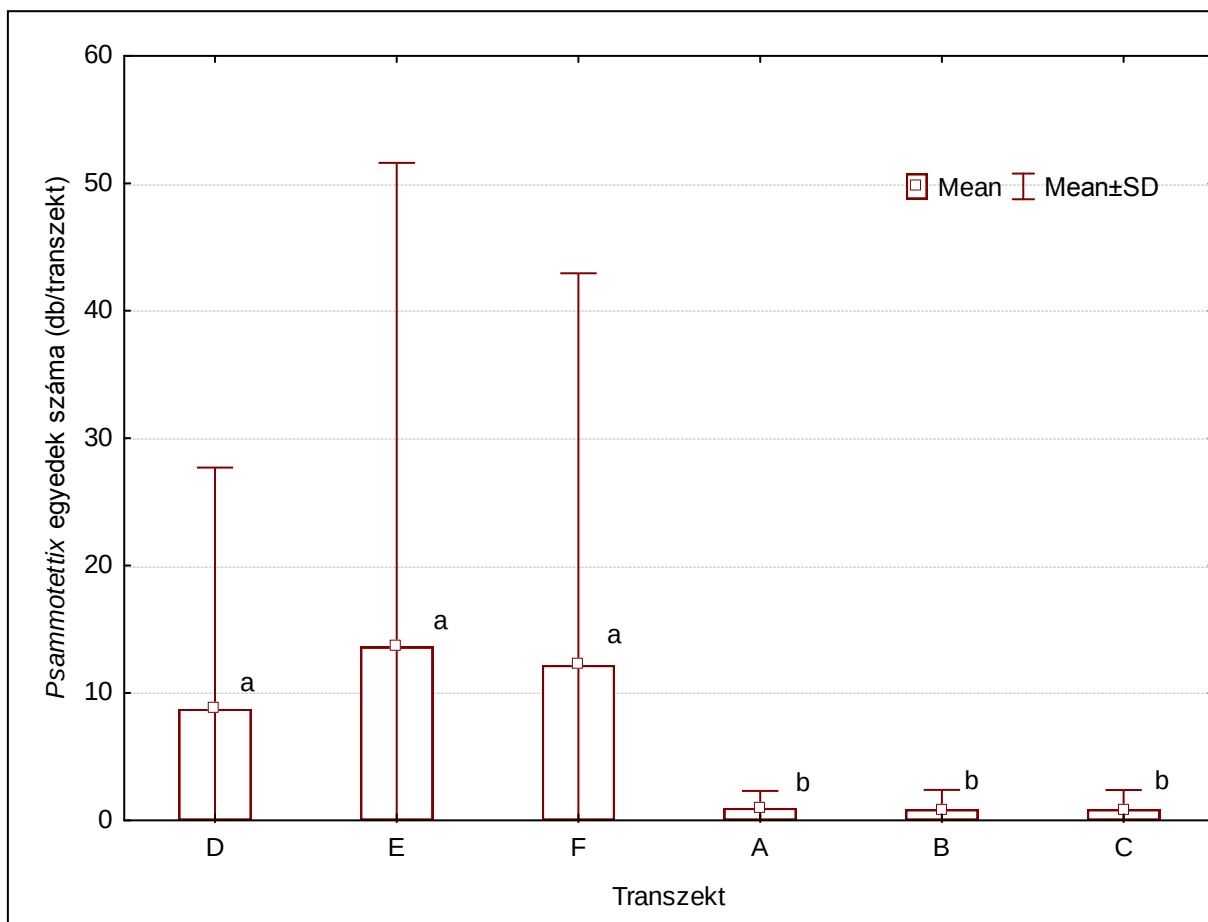
Az egész terepi szezon során, a **belsőbárándi (BBK)** völgy peremén lévő gabonában fogtuk a legtöbb állatot, itt a maximum egyedszám 260 egyed/transzekt volt a július vége felé megjelenő árvakelésben. Ez az érték kiemelkedően magas a többi területen fogott egyedszámokhoz képest, de ez az az érték, amit a korábbi tapasztalatok alapján vártunk. Augusztus elejétől a csapadék hiánya miatt a kiszáradt árvakelésben jelentős mértékben csökkent az állatok száma, majd szeptember második hetétől kezdődően, megint fokozatosan nőni kezdett. A völgyoldali gyepben a *Psammotettix*-ek száma az egész mintavételi szezon során nagyjából konstans értéket mutatott, amely jelentősen eltért a gabonában mért értéktől. A maximum egyedszám szeptember 3. hetében volt, 16 egyed/transzektel. Ezen a mintavételi területen, a beérő gabonában és az árvakelésben juvenilis állatokat is fogtunk. A beérő gabonában, június végén volt megfigyelhető a juvenilis egyedek számának maximuma (13 egyed/transzekt). Az árvakelésben ennél több juvenilist fogtunk július 3. hetében, összesen 20 egyedet (13. ábra, 14. ábra).

A *Psammotettix*-ektől eltérően a többi kabóca egyedsűrűségét nem befolyásolta a gabona megléte, az árvakelés megjelenése vagy éppen annak kiszáradása, egyedszámuk végig alacsony maradt. Nyár közepén, a kiégett gyepben nagyon alacsony volt az egyedszámuk, majd az augusztus végi, szeptember eleji esők hatására újra elkezdett növekedni (13. ábra, 14. ábra).

Belsőbáránd Tátorjános (BBT) mintavételi területen a *Psammotettix*-ek száma alacsony volt a napraforgóban, a legtöbb egyedet augusztus utolsó hetében sikerült megfigyelni, 12 db-ot. A gyepben a *Psammotettix*-ek száma végig alacsony maradt, még a szeptemberi esők hatására sem mutatott növekvő tendenciát a populáció nagysága. A többi kabóca aránya mind a napraforgóban, mind a gyepben nagyon alacsony, de a gyepben itt is elkezdett növekedni a számuk augusztus vége felé (13. ábra, 14. ábra).

A 4 mintavételi helyről gyűjtött összes mintát összehasonlítva, transzektokra lebontva elmondható, hogy a *Psammotettix*-ek jellemzően a mezőgazdasági táblában fordulnak elő nagyobb számban, még abban az esetben is, ha a területen nem valamely tápnövényüket termesztik. Az egyes élőhelyeken (tábla vagy gyep) belül, az egyes transzektok között nincs statisztikailag kimutatható különbség a *Psammotettix*-ek egyedszámában (15. ábra).

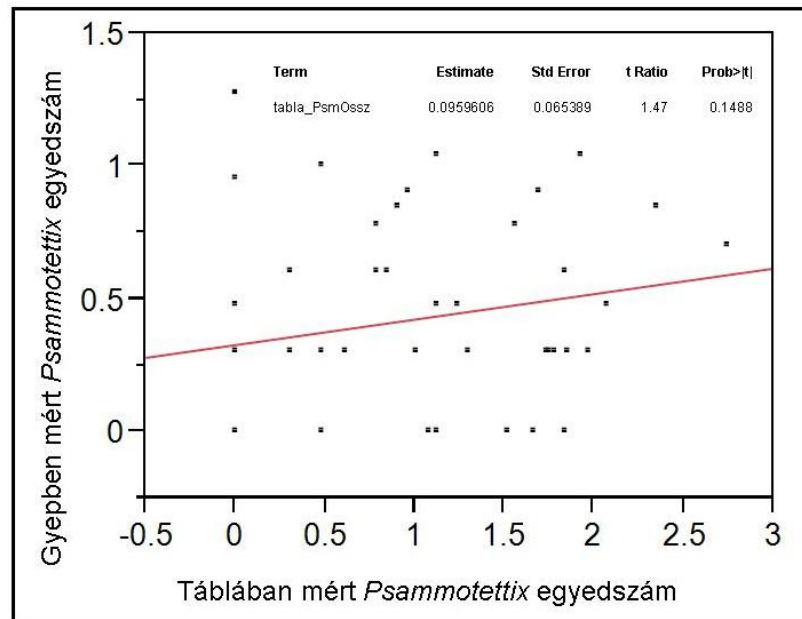
A *Psammotettix*-ek és a többi kabóca faj viszonyáról elmondható, hogy függetlenek egymástól, nem mutatható ki korreláció a fogott *Psammotettix* egyedszám és a többi kabóca egyedszáma között. Attól, hogy sok *Psammotettix* egyedet fogtunk, nem biztos, hogy a többi faj egyedszáma is magas lesz, illetve abból, ha a gyeppen sok az egyéb kabóca száma nem következik az, hogy a *Psammotettix* is sok lesz.



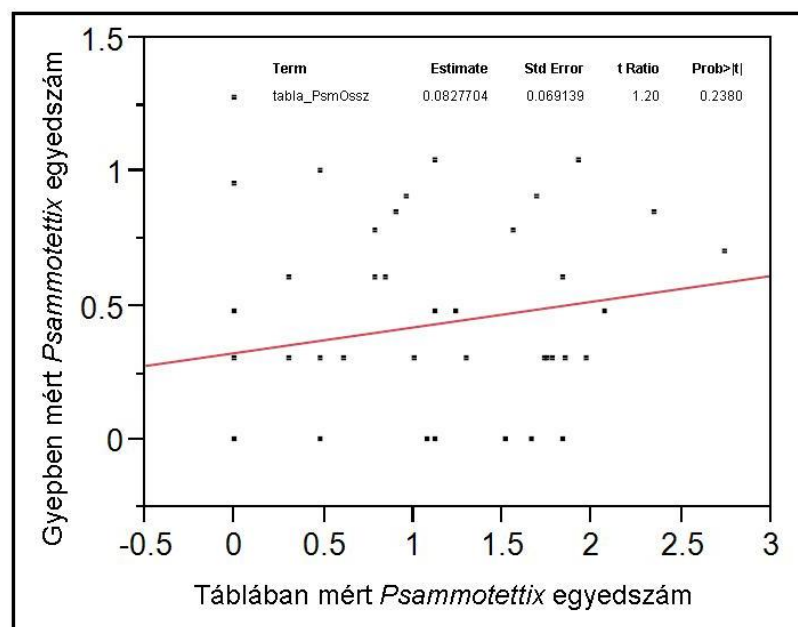
15. ábra: Az egyes transzektokban mért átlagos *Psammotettix* egyedszámok. Az azonos betűvel (a,b) jelzett transzektok között nem mutatható ki szignifikáns különbség (Tukey HSD teszt)

Az eredményeim alapján a táblából-gyepbe, ill. vissza való vándorlás nem lehet túl jelentős, bár, főként a szezon vége felé, kismértékben megfigyelhető (13. ábra, 14. ábra). Mindezt igazolja, hogy a táblában és a mellette lévő gyeppen fogott, összesített *Psammotettix* egyedszámok közt nincs szignifikáns korreláció (16. ábra). A táblában mért *Psammotettix* egyedszámokból nem lehet a gyeppen található populáció méretére következtetni (15. ábra, 16. ábra). A korrelációs vizsgálatot elvégeztem, úgy is, hogy a táblában tapasztalt *Psammotettix* egyedszámokat a gyepe 1, 2 és 3 héttel későbbi egyedszámaival párosítottam, azt próbálva felderíteni, hogy a táblában és a gyeppen fogott *Psammotettix* egyedszámok közti

kapcsolat esetlegesen nem késleltetett-e. Az eredmények, ebben az esetben sem mutattak szignifikáns összefüggést, tehát az ún. „time-lag” hatás nem volt kimutatható (17. ábra).



16. ábra: A táblában és a gyepben mért *Psammotettix* egyedszámok összefüggése. A lineáris regresszió alapján, nincs szignifikáns kapcsolat a populációk egyedszámai között.



17. ábra: „Time lag” hatás vizsgálata. A táblában és egy héttel később, a gyepben mért *Psammotettix* egyedszámok összefüggése.

4.3. PCR tesztek eredményei

Az eddig, PCR-el tesztelt 16 mintából, 5 esetben sikerült igazolni a vírus jelenlétét a vektor fajból. Ezeket a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat: A PCR-el letesztelt *Psammotettix* minták

Sorszám	Dátum	Hely	Élőhely	WDV
1	2013.07.12	AVI	gyep	-
2	2013.07.12	AVI	tábla	-
3	2013.09.16	AVI	gyep	-
4	2013.09.16	AVI	tábla	+
5	2013.09.16	AVI	gyep	-
6	2013.09.16	AVI	tábla	-
7	2013.09.16	AVI	gyep	-
8	2013.09.16	AVI	tábla	-
9	2013.07.12	AVK	tábla	+
10	2013.06.27	BBK	tábla	-
11	2013.09.05	BBK	gyep	+
12	2013.09.05	BBK	tábla	+
13	2013.09.16	BBK	gyep	+
14	2013.07.18	BBT	gyep	-
15	2013.07.18	BBT	tábla	-
16	2013.09.16	BBT	tábla	-

A táblázatban használt rövidítések jelentése:
AVI-Székesfehérvár-Aszalvölgy izolált,
AVK- Székesfehérvár-Aszalvölgy komplex,
BBK-Belsőbáránd, **BBT**-Belsőbáránd Tátorjános

5. Következtetések

5.1. Következtetések a 2012-es évre vonatkozóan

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a mintavételi módszerünk megfelelő volt, ugyanis ha a vírus előfordult az adott mintavételi területen, sikerült azt kimutatnunk. Nemcsak a mezőgazdasági táblákban, de a gyepekben is sikerült több helyről detektálni a WDV jelenlétét. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy amennyiben vírus tavasszal megtalálható egy adott területen, a fertőzés akkor ősszel is megmarad, sőt tovább is terjedhet. Erre példa a seregélyesi terület, ahol tavasszal csak a gyeppen volt vírus, ugyanakkor ősszel már a gabonából gyűjtött mintákból is ki lehetett mutatni. Az ELISA tesztek eredményei arra utalnak, hogy a gyepek is lehetnek vírussal fertőzöttek, bár összességében csak kevés helyen találtam pozitív mintát.

5.2. Következtetések a 2013-as évre vonatkozóan

A korábbi tapasztalatok alapján, a mintavételek során begyűjtött *Psammotettix*-ek egyedszáma a 2013-as évben kiemelkedően alacsony, legfőképpen a gabonában és a gabona-árvakelésben vártam magasabb egyedszámot. Nagy valószínűséggel ennek az az oka, hogy a tavasz, illetve a nyár folyamán, magas hőmérséklet mellett, minimális csapadék hullott a mintavételi területeken. Mind a saját, hetente ismételt méréseim, mind az idokep.hu adatbázisa megerősíti, hogy éppen az árvakelés csírázásakor – július második felében – volt a legalacsonyabb, az egy hétre jutó csapadékmennyiség, a vizsgálati periódusban ([http7](http://idokep.hu)), így a csírázó növények száma nagyon alacsony volt, sok esetben a csíranövények teljesen elszáradtak.

Ahogy a vizsgálataimból is kiderült, a *Psammotettix*-ek nagyrészt a gabonában és az árvakelésben vannak jelen, így az árvakelés hiánya következtében lehetett a várakozásoknál alacsonyabb az egyedszám. Hasonló eredményre jutottak Manurung és mtsai. (2004) Németországban végzett vizsgálatukban. Ugyanakkor, ezzel a munkával ellentétben, ahol áprilistól a gabona aratásáig a fűhálós gyűjtési módszert alkalmaztak, én rovarszívót alkalmaztam a gyeppen és a táblában egyaránt, az egész szezon alatt. A gyűjtési módszerek különbözősége miatt, a két vizsgálatban mért egyedszámok közvetlen összehasonlítására nincs mód. Az ok, ami miatt mégis a rovarszívós gyűjtési módszert alkalmaztam az, hogy ez biztosította, hogy az időjárási körülmények, legfőképpen a szél nem befolyásolták nagymértékben a gyűjtéseim eredményeit.

Az alacsony egyedszám ellenére, az általam végzett vizsgálatok alapján elmondható, hogy a *Psammotettix*-ek első generációjának imágói a beérő gabonában, június elején jelentek meg. Míg a korábbi években, Svédországban (Lindblad–Arenö 2002) végzett tanulmányokban a második generáció egyedei már július végén illetve augusztus első hetében megjelentek, addig a 2013-as évben Magyarországon csak szeptember első hetében voltak fellelhetőek. Ennek oka feltehetőleg nem a hőmérséklet beli különbségekben, sokkal inkább a csapadék mennyiségének eltérésében keresendő. Hazánkban, a nyár közepén jelentkező szárazság, feltehetően jelentős hatást gyakorol a kabócákra. Mivel ezek az állatok a növények szállítóedényeiből táplálkoznak, a szárazság stressz okozta turgor nyomás csökkenés a növényekben, a kabócák táplálékfelvételét is gátolja.

Guglielmino és Virla (1997) illetve Manurung és mtsai (2005) korábbi munkáiból ismert a *P. alienus* életciklusa, mely labor körülmények között zabon 43, őszi árpán pedig 51 nap, így feltételezhető, hogy a júliusban és késő szeptemberben fogott állatok, nem ugyanannak a generációnak az egyedei. Ugyanakkor, nem lehetséges teljes mértékben a generációk szétválasztása, mert az egész szezon során, folyamatosan találtunk *P. alienus* imágókat, még ha alacsony egyedszámmal is. A juvenilis egyedek száma a vizsgált területeken alacsony volt. Ennek egyik magyarázata lehet például az, hogy a belsőbárándi mintavételi területen a kiugróan magas egyedszám megjelenése után beszántották az árvalakést, így az abba rakott tojások nem kelhettek ki.

Kérdés tehát, hogy honnan származnak a második generáció egyedei. Erre vonatkozóan csak feltételezéssel élhetünk. A legvalószínűbb válasz, hogy a kukoricából, mely ideális tápnövénye a kabócáknak és éppen addigra száradt ki teljesen, mikor megjelent az új árvalakés a gabonaföldeken, és újra nőni kezdett az ott fogott állatok száma. A kukoricában, a növények növekedésével párhuzamosan, egyre kevesebb állatot fogtunk. Valószínű, hogy ez az eredmény sokkal inkább annak köszönhető, hogy a mintavételi módszerünk egyre kevésbé volt hatékony a magas növényzetben, mintsem annak, hogy az állatok tényleges egyedszáma csökkent volna.

Annak ellenére, hogy összességében kevés volt a begyűjtött állat, volt néhány alkalom, amikor kiemelkedően nagy egyedszámban sikerült befogni a kabócákat. Az értékeknek a hirtelen növekedése, illetve csökkenése valószínűsíti, hogy a *Psammotettix* populációk nagymértékben vándorolnak. Ezt a feltételezést erősíti az is, hogy a beérő gabonában magas volt a fogott egyedek száma, majd ez az érték az aratáskor hirtelen, közel 0-ra csökkent. Ezt követően, körülbelül 2 hét elteltével, az árvalakés megjelenésekor volt megfigyelhető a legmagasabb egyedszám. Mindeközben, a gyepeken nem változnak az egyedszám értékek,

amiből arra lehet következtetni, hogy amikor a táblán éppen nincsen növényzet, nem a gyepebe vándorolnak az állatok. Mivel az én vizsgálataim nem terjedtek ki arra, hogy hová is vándorolnak a kabócák, ha nem a gyepekbe, így ennek a megfigyelését a következőkben tervezem.

Mivel minden gyűjtés alkalmával ugyanazt a módszert alkalmaztam, így ebből következik, hogy az alacsony egyedszámot nem a gyűjtési módszer helytelensége okozta, hanem egyszerűen kevés volt a *Psammotettix*-ek száma a mintázott területeken. Tapasztalataim alapján, az is befolyásolja az általam fogott állatok számát, hogy a gyűjtést megelőzően mennyi volt a csapadék, illetve a mezőgazdasági táblán milyen tevékenységet folytattak, például learatták-e a gabonát, vagy beszántották-e az árvakelést. Szintén a gyűjtési módszer alkalmasságát mutatta az a tény is, hogy sok esetben, amikor alacsony volt a *Psammotettix* fogás, más kabócafajokból magas egyedszámot sikerült gyűjteni. A *Psammotettix* és más kabócák egymástól független egyedszám változása a 13. és 14. ábrák egybevetéséből kiviláglik.

A vektorfaj éves dinamikáját azért vizsgáltam, mert így próbáltam átfogó képet kapni a WDV jelenlétéről, illetve annak terjedéséről. Annak ellenére, hogy gyér volt az árvakelés és nagy volt a szárazság, a vírus megtalálható a területeken. Aszalvölgyben a 2012-es évben is jelen volt a WDV, ez alapján feltételezhető, hogy az évek között a vírus fennmaradt a területen abban az esetben is, ha nem gabona volt a mezőgazdasági táblában. Azokban az években, amikor nem gabona volt a táblákban, feltételezhetően a gyepekben kell legyen a vírus forrása. Az ELISA vizsgálatok eredményei is ezt erősítették meg. A kezdeti hipotézist tehát, miszerint ezek a szántóföldek közé ékelt gyepek vírus rezervoárként szolgálhatnak, ha csak kevés esetben is, de sikerült igazolni. Ugyanakkor, az a feltevés, hogy a kabócák nagy arányban és viszonylag gyorsan vándorolnak az egyes táblák vagy élőhelyek között, szintén szolgálhat magyarázatként a WDV terjedésére. Az idei évben a vírus Belsőbárándon is megjelent, mivel a tavalyi évben ezeken a területeken nem volt gabona, így elképzelhető, hogy a vírust a vándorló *P. alienus* egyedek terjesztették el. Annak eldöntéséhez tehát, hogy a vírus megjelenése az adott évben a friss gabonában, a kabócák más táblákról vándorlásnak köszönhető-e, vagy a gyepekben jelen lévő vírus - a kabócák közvetítésével képes - az adott táblát fertőzni, további vizsgálatok szükségesek.

Ugyanakkor az eredményeim alapján elmondható, hogy bár az kabócák vándoroltak, de a tábla és a gyepek között nem volt nagymértékű ez a mozgás. A kezdeti hipotézisem az volt, hogy az aratás után az állatok átvándorolnak a gyepekre. Ennek tükrében az aratás utáni mintavételezések során, a gyepeken jóval nagyobb egyedszámot kellett volna fognom, ez

azonban nem történt meg. Ebből következik az, hogy az állatok a táblából sokkal kevésbé húzódnak a mellette található gyepebe, mint azt előzetesen vártam. A 15. ábrán is látható eredmények alapján, a *P. alienus* feltehetően preferálja a mezőgazdasági táblákat a gyepekkel szemben. Feltevéseim szerint, amikor a gabonát learatják, onnan nem a gyepebe vándorolnak az állatok, hanem inkább egy olyan mezőgazdasági táblára, ahol megfelelő tápnövényt (magát a veteményt, vagy árvakelést) találhatnak. Ez a jelenség, hogy oda vándorolnak nagy arányban, ahol a táblán tápnövény van, magyarázhatja a belsőbárandi mintavételi területnél (BBK, 13. ábra), egyik hétről a másikra megjelent, kiugróan magas egyedszámot az árvakelésben. Mivel ott az árvakelés éppen megfelelő állapotú volt a *Psammotettix*-ek számára, így azok nagy egyedszámban vándoroltak oda.

Annak ellenére, hogy nem sikerült bebizonyítanom a *Psammotettix*-ek gyepebe való szórványosnál, vagy véletlenszerű eseménynél nagyobb arányú vándorlását a tábláról, a vírust mégis sikerült kimutatni a löszgyepekből is. E két eredmény látszólagos ellentmondásban áll egymással, és a dolgozat egyéb részeredményeivel össze nem vetve akár riasztó következtetéseket is vonhatnának maguk után. Véleményem szerint a gyepek esetlegesen káros szerepére jutó következtetések helyett, a dolgozat éppen azt tárta fel, hogy ezek, a vírus vektor kabócák szinte izolálódnak a természetes gyepektől. Az is látszik, hogy a *P. alienus* sok esetben a többi kabóca fajtól is eltérő előfordulást mutat. A gyepekben megfigyelt, szórványos előfordulásuk, elképzelhető, hogy a táblában tapasztalható magas egyedszámú populációk túlcsoordulása, azaz a spill-over jelenség megnyilvánulása. A gyepekben talált vírusfertőzés ugyanezen okra visszavezethető vírus-túlcsoordulás. Ezeket a feltevéseket ugyanakkor, további vizsgálatokkal kell alátámasztani. A mezőgazdasági tájban található időszakos, a kabócák által igazán preferált tápnövény bőség (gabona vetemény és árvakelés) képi az alapját a *Psammotettix* populációk magas egyedszámú előfordulásának, és jelentik az igazi vírus rezervoárt. Ameddig a gyepek mellett nagy tömegben lesznek kártevők és kórokozók, ezek gyepeben való előfordulását nem lehet megakadályozni, azt nem szabad összetéveszteni egy tényleges kártevő vagy kórokozó „góc” szereppel. A gyepek számos védett élőlénynek adnak otthont, így növelik diverzitást és az esztétikai értéket az agrártájban. Mindezeket figyelembe véve én úgy gondolom, hogy ezeknek a gyepeknek kiemelkedően fontos szerepe van, nemcsak a biodiverzitás megőrzésében, de a kártevők és kórokozók nagyobb léptékű és hosszú távú korlátozásában is.

Összefoglalás

A Mezőföld tájegység egyik természetes élőhelye, a szántóföldek közé ékelődött löszvölgyek oldalában kialakult löszgyep. Ezen jellegzetes területek a változatos flóra és fauna miatt megőrzendő és védendő élőhelyek, melyek közül több védett státuszú. Az agrártáj ökoszisztémájában fontos szerepe van a mesterséges élőhelyekkel érintkező természetes élőhely foltoknak, melyek számos hasznos szervezet (predátorok, pollinátorok) élettere lehetnek. Ezek az állandó gyepek ugyanakkor a kártevők és kórokozók számára is biztosíthatják populációik folyamatos fennmaradását, ellentétben a szántóföldeken csak periodikusan jelenlévő gazdanövényeikkel. Mind a kórokozók, mind a hasznos szervezetek jelenléte nagyban függ a gyepek komplexitásától, a gyepeket alkotó növényfajok összetételétől.

A dolgozat célja annak megállapítása, milyen szerepet tölthetnek be ezek a löszgyepek egy ismert kártevő és vírus vektor kabócafaj, a csíkos gabonakabóca (*Psammotettix alienus*) életmenetében. Cél volt továbbá annak feltárása, hogy a kabóca által terjesztett vírus (WDV) jelenléte bizonyítható-e a vizsgált gyepfoltokban. A dolgozatom két szeznon keresztül, két különböző vizsgálatot foglal magába.

2012-ben 14, korábban kijelölt gyepfoltban random mintavétellel gyűjtött, közel 300 növényi minta tesztelése történt meg. Az eredmények alapján – bár kevés esetben – igazolható volt a vírus jelenléte a löszgyepekben.

2013-ban az előző évi eredmények alapján, egész szeznon keresztül, hetenkénti mintavétellel folyt a vektor faj (*P. alienus*) egyedeinek monitorozása, mind a gyepekben, mind a mezőgazdasági művelés alatt álló táblákban. Az eredmények azt mutatják, hogy a *Psammotettix*-ek a gabona eltűnése után (aratás, szántás) nem a gyepbe vándorolnak, az viszont kimutatható volt, hogy az árvakelés megjelenése, vagy az őszi vetés alkalmával a táblában az egyedszám ismét megnő. Számos gyepalkotó fűfaj hordozója a búza törpülés vírusnak és tápnövénye a kabócának.

Véleményem szerint, a kabócák és a WDV életsiklusát és fennmaradását a mezőgazdasági táblákon, a váltakozva jelenlévő különböző tápnövényeik biztosítják. A gyepekben fogott kis egyedszámú *Psammotettix* populáció és szórványos vírus előfordulás a táblán zajló folyamatok túlsordulását jelezhetik.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni külső konzulensemnek Tholt Gergelynek, hogy biztosította a munkám elvégzéséhez szükséges feltételeket, munkám során végig irányított és szakmai tanácsokkal látott el, illetve a használt szakirodalom egy részét rendelkezésemre bocsátotta, valamint javaslataival emeli a dolgozatom színvonalát. Valamint szeretném megköszönni belső konzulensemnek, Dr. Sárospataki Miklósnak, hogy tanácsaival és észrevételeivel segítette a munkámat. Ezenkívül szeretném megköszönni Dr. Samu Ferencnek, az MTA ATK NÖVI Tudományos munkatársának, a dolgozatom statisztikai elemzéseiben nyújtott segítségét, illetve hogy ellátott hasznos tanácsokkal a dolgozatommal kapcsolatban. Ezen kívül szeretném még megköszönni Dr. Tóbiás Istvánnak és Kis Andrásnak, akik a PCR módszer elsajátításában segítettek. Köszönetet mondok még Dr. Kiss Balázsnak és Orosz Andrásnak, akik segítettek a kabócahatározás elsajátításában. Valamint köszönetet mondanék Beleznai Orsolyának és Rákóczi Andrásnak a terepi munkákban való segítségért, illetve Botos Erikának, aki segített a rovarok kiválogatásában.

Forrásmunkák jegyzéke

1. Ángyán J., Tardy J. & Vajnáné Madarassy A. (szerk.) (2003): Védett és érzékeny természeti területek Mezőgazdálkodásának alapjai, Mezőgazda kiadó, Budapest, 340-341.p.
2. Backus, E. A., (1988): Sensory system and behaviours which mediate hemipteran plant-feeding: A taxonomic overview, *Journal of Insects Physiology*, Volume 34, Issue 3, 252-257.p., 159-165.p.
3. Biedermann, R. & Niedringhaus R. (2004): *Die Zikaden Deutschland*. p. 336.
4. Borhidi A., & Sánta A. (szerk.) (1999): Vörös könyv Magyarország növénytársulásairól, TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 51.p
5. Boros Á. (1959): A Mezőföld növényföldrajza, In: ÁDÁM L. et al., 362-383.p.
6. Commandeur U. & Huth W. (1999): Differentiation of strains of wheat dwarf virus in infected wheat and barley plants by means of polymerase chain reaction, *Journal of Plant Diseases and Protection* 106, 550–552.p.
7. Dennis, P. & Fry G. (1992): Field margins: can they enhance natural enemy population densities and general arthropod diversity on farmland?, *Agriculture, Ecosystem and environment*, 40, 95-115.p.
8. Dér Zs. (2005): Kertészeti növények kabóca együttesei és szerepük a fitoplazmák terjesztésében, Doktori (PhD) értekezés, Corvinus Egyetem, Budapest, 107.p
9. Duelli, P., Studer, M., Marchand, I., & Jakob S. (1990): Population Movements of Arthropods between Natural and Cultivated Areas, *Biological Conservation* 54, 193-2007.p.
10. Fereres, A. & Moreno, A. (2009): Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects, *Virus research* 141, 158-168.p.
11. Gaborjányi R., Vacke J. & Bisztray G. (1988): Búza törpülés vírus: új patogén Magyarországon (Wheat dwarf mosaic virus: a new cereal pathogen in Hungary), *Növénytermelés* 37, 495–500. p.
12. Gadiou, S., Ripl, J., Janourova, B., Jarosová, J. & Kundu J. K. (2012): Received Real-time PCR assay for the discrimination and quantification of wheat and barley strains of Wheat dwarf virus, *Virus genes* 44, 349-355.p.
13. Guglielmino, A. & Virla, E. G. (1997): Postembryonic development of *Psammotettix alienus* (Dahlbom) (Homoptera, Cicadellidae) under laboratory conditions. *Boll. Zool. Agr. Bachic. SerII.*, 29 (1): 65-80. p.
14. Heong, K. L., Aquino, G. B. & Barrion A. T. (1992): Population dynamics of plant- and leaf hoppers and their natural enemies in rice ecosystems in the Philippines, *Crop protection* Vol. 11 Augustus, 1992, 371-378.p.
15. Heszky L. & Galli Zs. (szerk.) (2008): A genetika alapjai, Szent István Egyetem Mezőgazdaság – és Környezettudományi Kar Genetika és Biotechnológiai intézet, Gödöllő, 99-101.p.
16. Holzinger, W. E., Kammerlander, I. & Nickel, H. (2003): *The Auchenorrhyncha of Central Europe/Die Zikaden Mitteleuropas – Fulgoromorpha, Cicadomorpha excl. Cicadellidae*, Brill, Leiden,

17. Horváth A. (2002): A mezőföldi lőszvegetáció términtázati Szerveződése, Scientia Kiadó, Budapest, 13-19.p., 32-34.p.
18. Horváth J. & Gáborjányi R. (szerk.) (1999): Növényvírusok és virológiai vizsgálati módszerek, Mezőgazda kiadó, Budapest, 279-282.p., 258-261.p.
19. Huth, W. (2000): Viruses of Graminae in Germany—a short overview. J. Plant Dis. Protect. 107, 406–414.p.
20. Illyés E. & Bölöni J. (szerk) (2007): Leltősztyepppek, lőszgyepek és erdőssztyepprétek Magyarországon, MTA ÖBKI, Budapest, 130-134.p.
21. James, C.K. Ng. & Baryce, W.F. (2006): Virus-vector interactions mediating nonpersistent and semipersistent transmission of plant viruses, Annu. Rev. Phytopathol. 44, 9.1–9.30.
22. Kiss B. (2009): Hazai parlagfűfogyasztó rovarok. Növényvédelem. 45: 419-424.p.
23. Kozár, F., Samu, F., Szita, É., Konczné Benedicty, Z., Kiss, B., Botos, E., Fetykó, K., Neidert, D. & Horváth, A. (2009): New Data to the Scale Insect (Hemiptera: Coccoidea) Fauna of Mezőföld (Hungary), Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 44 (2), 431–442. p.
24. Köklü, G., Ramsell, J.N.E. & Kvarnheden, A. (2007): The complete genome sequence for a Turkish isolate of Wheat dwarf virus (WDV) from barley confirms the presence of two distinct WDV strains. Virus Genes 34, 359–366.p.
25. Kvarnheden, A & Ramsell, J. (2007): Molecular epidemiology of wheat dwarf virus, Virus vector management, Kirstianstad, Sweden, 9-11 October 2007, 34.p
26. Kvarnheden, A., Lindblad, M., Lindsten, K. & Valkonen, J.P.T. (2002): Genetic diversity of Wheat dwarf virus, Archives of Virology, Springer-Verlag 147, 205-216.p.
27. Lemmetty, A. & Huusela-Veistola, E. (2005): First report of WDV in winter wheat in Finland. Plant Dis. 89, 912.p
28. Lindblad, M. & Arenö P. (2002): Temporal and spatial population dynamics of *Psammotettix alienus*, a vector of wheat dwarf virus, international Journal of pest management, 48(3), 233-238.p.
29. Lindblad, M. & Sigvald, R. (2004): Temporal spread of wheat dwarf virus and mature plant resistance in winter wheat, Department of Ecology and Crop Production Science, Swedish University of Agricultural Sciences, 229-234.p.
30. Lindsten K. & Vacke J. (1991): A possible barley adapted strain of wheat dwarf virus (WDV), Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 26, 175–180.p.
31. Manurung, B., Witsack, W., Mehner, S., Grüntzig, M. & Fuchs E. (2005): Studies on biology dynamics of the leafhopper *Psammotettix alienus* Dalb. (Homoptera: Auchenorrhyncha) as vector of Wheat dwarf virus (WDV) in Saxony-Anhalt, Journal of Plant Diseases and Protection, 112 (5), 497-507.p.,
32. Manurung, B., Witsack, W., Mehner, S., Grüntzig, M. & Fuchs E. (2004): The epidemiology of Wheat dwarf virus in relation to occurrence of the leafhopper *Psammotettix alienus* in middle – Germany, Virus research 100, 109-113.p.
33. Najar, A., Othman, F.B., Boudhir, H., Makkouk, K.M., Zarouk, R., Bessai, R. & Kumari, S.G. (2000): Viral diseases of cultivated legume and cereal crops in Tunisia. Phytopathol. Mediterr. 39, 423–432.p.

34. Nickel, H. & Remane, R. (2002): Artenliste der Zikaden Deutschlands, mit Angabe von Nährpflanzen, Nahrungsbreite, Lebenszyklus, Areal und Gefährdung (Hemiptera, Fulgoromorpha et Cicadomorpha). – Beiträge zur Zikadenkunde 5: 27-64.p.
35. Ramsell, J. N. E., Boulton, M. I., Martin, D. P., Valkonen, J. P. T. & Kvarnheden, A. (2009): Studies on the host range of the barley strain of Wheat dwarf virus using an agroinfectious viral clone, Plant Pathology 58, 1161–1169.p.
36. Ramsell, J.N.E., Lemmety, A., Jonasson, J., Andersson, A., Sigvald, R. & Kvarnheden A. (2008): Sequence analyses of Wheat dwarf virus isolates from different hosts several low genetic diversity within the wheat strain, Plant Pathology, 57, 834-841.p.
37. Sáringer Gy. (1990): Három vírusvektor kabócafaj (Javasella pellucida, Laodelphax striatella, Psammotettix alienus – Homoptera: Auchenorrhyncha) hazai fejlődésmenete. Szántóföldi növénytermesztés VII. Országos Növényvédelmi és Agrokémiai Tanácskozása – Budapest 1990.
38. Schubert, J., Habekus, A., Kazmaier, K. & Jeske, H. (2007): Surveying cereal-infecting geminiviruses in Germany—Diagnostics and direct sequencing using rolling circle amplification. Virus, p. 127, 61–70.p.
39. Tholt G, & Kiss B. (2011): A csíkos gabonakabóca tápnövénykörének vizsgálata, Növényvédelem 47 (6), 229-235.p.
40. Tholt G. (2011) A szipókás rovarok táplálkozásának vizsgálati módszere – Az elektro-penegráfia (EPG) bemutatása, Növényvédelem 47 (4), 160-165.p.
41. Tholt G., Kiss B. & Tóbiás I (2008): A búzatrörpülés vírus (Wheat dwarf virus) gazdanövénykörének vizsgálata. XVIII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum. Előadás-kivonat: 17-18. o.
42. Tóbiás I., Kiss B. & Palkovics L. (2006): The nucleotid sequence of Two Hungarian Isolates of Wheat Dwarf Virus, Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 41(1-2), 47-52.p.
43. Vacke, J. (1961): Wheat dwarf virus disease. – Biol. Plant. 3, 228–233.p.
44. Wilson, S. W. (2005): Keys to the families of fulgoromorpha with emphasis on planthoppers of potential economic importance in the southeastern united states (Hemiptera: Auchenorrhyncha), Florida Entomologist 88(4)
45. Xie, J., Wang, X., Liu, Y., Peng, Y. & Zhou, G., 2007: First report of the occurrence of WDV in wheat in China. Plant Dis. 91, 111.p
46. Zhang, X., Zhou, G. & Wang, X. (2010): Detection of wheat dwarf virus (WDV) in wheat and vector leafhopper (Psammotettix alienus Dahlb.) by real-time PCR, Journal of virological methods, 169(2), 416–9. doi:10.1016/j.jviromet.

Internetes források

1. [http1: hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:HU_mesoregion_1.4_Mez%C5%91f%C3%B6ld.png](http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:HU_mesoregion_1.4_Mez%C5%91f%C3%B6ld.png), 2013-10-10
2. [http2:www.termeszetvedelem.hu/_user/pl_files/311-TT-07/Bels%C5%91b%C3%A1r%C3%A1ndi-t%C3%A1torj%C3%A1nos%20TT_14-2007_KvVM.pdf](http://www.termeszetvedelem.hu/_user/pl_files/311-TT-07/Bels%C5%91b%C3%A1r%C3%A1ndi-t%C3%A1torj%C3%A1nos%20TT_14-2007_KvVM.pdf), 2013-10-10
3. [http3: www.termeszetvedelem.hu/_user/downloads/fajmegorzesi%20tervek/borzas%20macskamenta.pdf](http://www.termeszetvedelem.hu/_user/downloads/fajmegorzesi%20tervek/borzas%20macskamenta.pdf), 2013-10-10

4. http://2.bp.blogspot.com/-Tnm2a-1a1f8/TchqEyTsl2I/AAAAAAAAAD8/IYJ_-uvHOMo/s400/leg%2Bmorphology%2Bleafhooper.jpg, 2013-10-10
5. http://naturalhistory.museumwales.ac.uk/vectors/CMS/Images/Morphology/cic_head.gif, 2013-10-10
6. http://www5.agr.gc.ca/resources/prod/img/science/ecorc/images/cicada20_e.jpg, 2013-10-10
7. <http://www.idokep.hu/csapadek>, 2013-10-10