

Fitoplazmalar – Bitki Patogenləridir

G.Ş. Balakışiyeva, Ə.Ç. Məmmədov, İ.M. Hüseynova

Azərbaycan MEA Botanika İnstitutu, Badamdar şosesi 40, Bakı AZ 1073, Azərbaycan

Fitoplazmalar-qram müsbət, aşağı quanozin-sitidin tərkibli, bakteriyalara yaxın, hüceyrə divarına malik olmayan fitopatogen mikroorganizmlər qrupuna aiddirlər. Bu bitki patogenlərinin *in vitro* yetişdirilməsinin mümkün olmaması onların xarakterizə edilməsini və təsnifatını çətinləşdirir. *Mollicutes* sinfinin daxilində monofiletik bir qrup təşkil edən fitoplazmalar 16S-rRNT filogeniyasına və RFLP profilinə əsasən 30 filogenetik qrupa bölünürlər. Diametri ~200-800 nm olan bu polimorf quruluşlu mikroorqanizmlər yüzlərlə xəstəliklərə səbəb olaraq bir bitkidən digərinə həşəratlarla ötürülür. Fitoplazma xəstəliklərinə yoluxmuş bitkilər ümumi saralma, soluxma, nekroz, ayrı-ayrı bitki orqanlarının qeyri-spesifik deformasiyası, gövdələrin odunlaşması, xırdayarpaqlılıq, çiçək ləçəklərinin yaşıl yarpaqlara bənzər strukturlara çevrilməsi, generativ orqanlarda sterillik, erkən çiçəkləmə və digər spesifik əlamətlər nümayiş etdirirlər.

Açar sözlər: “*Candidatus Phytoplasma*”, filogenetik təsnifat, fitoplazma xəstəlikləri, termoterapiya

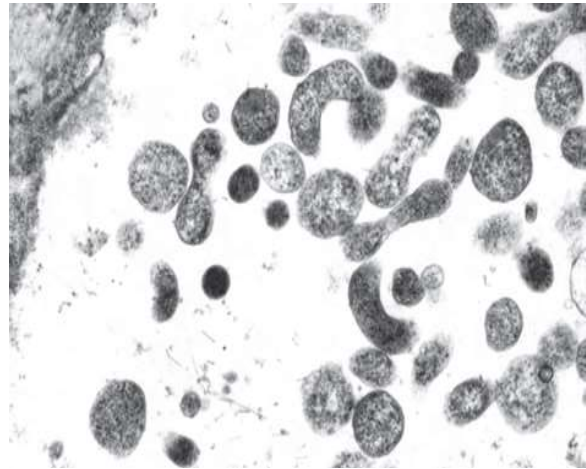
GİRİŞ

Fitoplazmaların tut ağacında törətdiyi cırtndanboyluluq xəstəliyi ilk dəfə Yaponiyada Toqukava dövründə müşahidə olunmuş (1603–1868) və sürətlə yayılaraq onların məhvini gətirib çıxarmışdır (Okuda, 1972). XX əsrin əvvəllərində düyübitkisində də cırtndanboyluluq və sarılıq xəstəlikləri haqqında məlumat verilmişdir (Kunkel, 1926). 1967-ci ilə qədər hesab olunurdu ki, bu xəstəliklərin yaranmasının səbəbkarları viruslardır. İlk dəfə olaraq 1967-ci ildə Doi və əməkdaşları cırtndanboyluluq əlamətlərinə malik xəstə tut ağacının floemasının ultranazik kəsiklərini elektron mikroskopu altında müşahidə edərkən orada xəstəliyə səbəb olan strukturları aşkar etmişlər. Onlar göstərmişlər ki, müəyyən oxşarlıqlar olmasına baxmayaraq, bu xəstəliklərin virus hissəcikləri ilə heç bir əlaqəsi yoxdur (Doi et al., 1967). Doi və əməkdaşlarının tədqiq etdikləri strukturlar, həmin fakültənin veterinariya laboratoriyasında elektron mikroskopu ilə təyin olunmuş heyvan mikoplazmalarına çox oxşar idi (Iida, 1972). Beləliklə, 1967-ci ildən bu mikroorqanizmlər MLOs (Mycoplasma Like Organisms – Mikoplazmaya Oxşar Orqanizmlər) adlandırılmağa başlandı (McCoy et al., 1989; Lee and Davis, 1992).

Fitoplazmalar mikroorqanizmlərin spesifik qrupu olub, bakteriya və viruslar arasında aralıq mövqə tutururlar. Onların həqiqi hüceyrə divarları yoxdur (Doi et al., 1967). Bununla onlar bakteriyalardan fərqlənirlər. Diametri təxminən 200-800 nm olan bu mikroorqanizmlərin hüceyrələri möhkəm hüceyrə divarı əvəzinə, üçqat elementar membranla əhatə olunmuşdur (Kirkpatrick et al., 1992; Lee et al., 2000). Elektron mikroskopu ilə baxdıqda əksər fitoplazma hüceyrələrinin həlqəvari quruluşda olduqları müşahidə olunsada, uzunsov və

qantələbənzər formalara da rast gəlinir (Şəkil 1).

Viruslardan fərqli olaraq, fitoplazma hüceyrələrində iki tip nuklein turşuları (DNT və RNT) və ribosomlar olur. Fitoplazma ribosomları ölçülərinə görə bakteriya ribosomlarına yaxındırlar. Fitoplazmalar bakteriyalardan fərqli olaraq, pensilinə qarşı davamlı, viruslarla müqayisədə isə tetraskilinə qarşı həssasdırlar (Ishii et al., 1967; Doi et al., 1967).



Şəkil 1. Elektron mikroskopu altında xəstə bitki floemasının ələyəbənzər borularında fitoplazma hüceyrələrinin polimorfizminin müşahidə edilməsi (Bertaccini, 2011).

FİTOPLAZMALARIN TƏSNİFATI

Fitoplazmaları *in vitro* yetişdirmək cəhdləri günümüze qədər nəticə verməmişdir ki, bu da onların xarakterizə edilməsini və təsnifatını çətinləşdirmişdir. Yalnız molekulyar səviyyədə xarakterizə edilməsi bu mikoplazmaya oxşar

orqanizmlərin daha yaxşı təsvir edilməsinə və təsnifatına imkan yaratmışdır (Sears and Kirkpatrick, 1994). Aşkar olunmasından təxminən 25 il keçdikdən sonra təklif olunmuşdur ki, “Mycoplasma Like Organisms” adı dəyişdirilsin (Doi et al., 1967). Çünki molekulyar analizlər göstərmişdir ki, onlar filogenetik baxımdan *Mycoplasma* cinsinin nümayəndələri ilə əlaqəli deyil. *Phytoplasma* termini ilk dəfə 1993-cü ildə B.B.Sears və B.C.Kirkpatrick tərəfindən Sistematik Bakteriologiya üzrə Beynəlxalq Komitəyə təklif edilmiş və 1994-ci ildə Mikoplazmalar üzrə Beynəlxalq Təşkilatın (International Organization of Mycoplasma) 10-cu Konqresində Fitoplazma üzrə İşçi Qrup “Mycoplasma Like Organisms” termininin *Phytoplasma* ilə əvəz olunmasına icazə vermişdir (Murray and Schleifer, 1994).

Fitoplazmaların təsnifatı fenotipik, biokimyəvi, fizioloji və seroloji əlamətlərə əsaslanan klassik bakteriya təsnifatından fərqlənir. Belə ki, fitoplazmaları hüceyrədən kənar kulturada yetişdirməyin mümkünsüzlüyü səbəbindən onların fenotipik, biokimyəvi, fizioloji, seroloji əlamətlərini müəyyən etmək çətin olmuş, buna görə də onların ilkin təsnifatı bitkilərdə törətdikləri xəstəliklərin əlamətlərinə, hansı sahib bitkiyə malik olmaqlarına və hansı həşərat vektorundan istifadə etmələrinə əsaslanmışdır (McCoy et al., 1989). Keçən əsrin 80-ci illərində seroloji metod olan poliklonal və xüsusi də, daha spesifik monoklonal anticisimlərin əldə edilməsi müxtəlif bitkiləri yoluxdurən fitoplazmalar arasında seroloji əlaqələri aşkarlamağa imkan vermişdir (Clark et al., 1983; Lin and Chen, 1985; Schwartz et al., 1989; Garnier et al., 1990). Molekulyar bioloji metodların inkişaf etdirilməsi bu mikroorqanizmlərin molekulyar və filogenetik təsnifatının inkişafına imkan yaratmışdır (Lee et al., 1993; Namba et al., 1993; Lorenz et al., 1995; Marcone et al., 1996 a; Seemüller et al., 1998). 16S ribosom RNT-ni kodlaşdıran genin nukleotid ardıcılıqlarının sekvens olunması və bu ardıcılıqların müqayisə edilməsi fitoplazmaların *Mollicutes* sinfində monofiletik qrup kimi təsnifatını təsdiq etmişdir (Namba et al., 1993; Gundersen et al., 1994; Seemüller et al., 1994). Seemüller və əməkdaşlarına görə, fitoplazmalar 75 fitoplazmanı birləşdirən 20 qrupa bölünürlər. (Seemüller et al., 1998). 16S ribosom RNT-ni kodlaşdıran genin nukleotid ardıcılıqlarına əsaslanaraq, Lee və onun əməkdaşları fitoplazmaları 14 qrup və 38 alt qrupda təsnif edirlər (Lee et al., 2000). Son illərdə fitoplazmaların filogenetik təsnifatının tədqiqinə həsr edilmiş ədəbiyyat məlumatlarında, eləcə də 2004-cü ildə Fitoplazma/Spiroplazma İşçi Qrupu tərəfindən verilmiş təsnifata görə, fitoplazmalar 15 filogenetik qrup və 30 „*Candidatus Phytoplasma*” növünə bölünürlər (IRPCM, 2004; Firrao et al., 2004; Namba

et al., 2005).

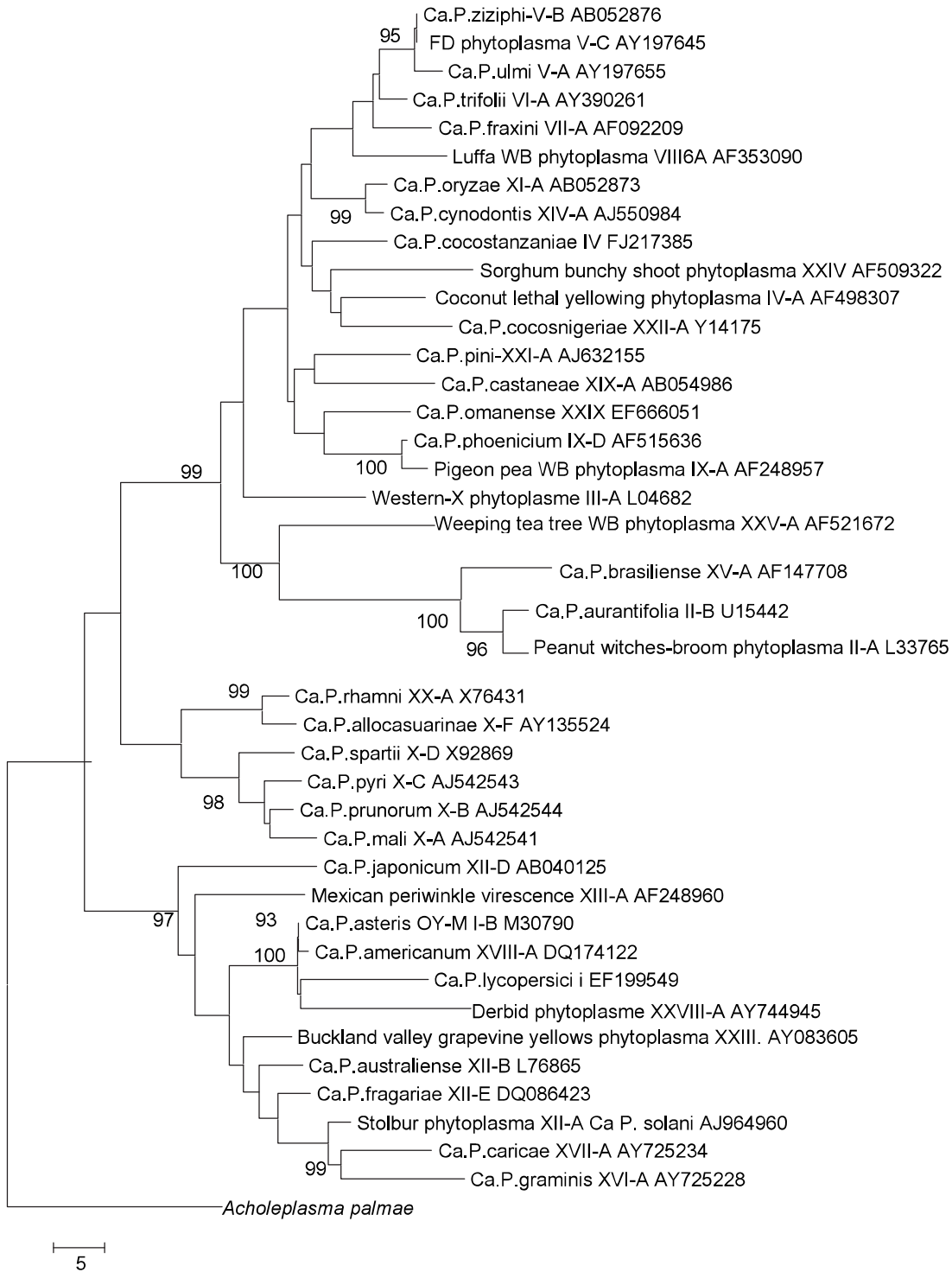
Bu günə qədər 900-dən artıq müxtəlif 16S rRNT genlərinin tam nukleotid ardıcılığı açıqlanmışdır (Duduk and Bertaccini, 2011). Müqayisəli Mikoplazmologiya üzrə Beynəlxalq Tədqiqat Proqramının Fitoplazma/Spiroplazma İşçi Qrupunun tövsiyyəsinə görə, yeni ‘*Ca. Phytoplasma*’ növünün təsviri üçün onun 16S rDNT geninin artıq təsvir olunmuş növlərin 16S rDNT geninə oxşarlığı 97,5%-dən az olmalı idi. Lakin bəzən 16S rDNT ardıcılığı 97,5% və daha çox oxşar olan fitoplazmalar bitkilərdə fərqli xəstəliklərə səbəb olurlar, o cümlədən onlar müxtəlif bioloji, fitopatoloji və molekulyar xassələr nümayiş etdirirlər. Zəif təsvir olunmuş yeni taksonlarının yaratdığı nomenklatura qarışıqlığının qarşısını almaq üçün Müqayisəli Mikoplazmologiya üzrə Beynəlxalq Tədqiqat Proqramının Fitoplazma/Spiroplazma İşçi Qrupu 16S rDNT geninin oxşarlığı 97,5% artıq olduğu halda fitoplazmaların yeni *Candidatae* növlərinin təsviri üçün yeni qaydalar təklif etdilər. Belə ki, yeni qaydalara əsasən 16S rDNT geninin oxşarlığı 97,5% artıq olan iki fitoplazmanın müxtəlif *Candidatus Phytoplasma* növü kimi təsviri üçün onlar a) müxtəlif həşərat vektorları ilə yayılmalı, b) müxtəlif sahib bitkiyə malik olmalı və c) molekulyar səviyyədə onların fərqləri sübut olunmalıdır (DNT zondları, spesifik seroloji reaktivlər və ya PZR amplifikasiya vasitəsilə) (The IRPCM Phytoplasma/Spiroplasma Working Team -Phytoplasma taxonomy group, 2004).

Hal-hazırda mövcud olan təsnifata görə, fitoplazmalar 16S-rDNT filogeniyasına və RFLP profilinə əsasən 30 filogenetik qrupa bölünürlər (Zhao et al., 2010; Balakishiyeva et al., 2011; Lee et al., 2011) (Şəkil 2).

HƏŞƏRAT VEKTORLARI

Fitoplazmaların həşərat vektorları *Hemiptera* sırasının *Cicadomorpha*, *Fulgoromorpha* və *Sternorrhyncha* sıra altlıqlarının uyğun olaraq *Cicacellidea*, *Cixiidae* və *Psylloidea* dəstələrinə aid həşəratları əhatə edir (Bourgoin and Campbell, 2002).

Ümumən, fitoplazma və həşərat vektoru arasında bir spesifiklik mövcuddur. Belə ki, fitoplazma xəstəliyi olan bitki ilə qidalanan bütün həşəratlar infeksiyanı yaymaq qabiliyyətinə malik olurlar (Tsai, 1979). Məsələn, üzüm bitkisinin xəstəlik törədən *Flavescence dorée* (FD, 16SrV qrupuna daxildir) fitoplazması təbiətdə yalnız *Scaphoideus titamus* Ball və təcrübi yolla *Euscelidius variegatus* Kbm. ilə yayılır. Eləcə də, üzüm bitkisinin patogeni olan Bois noir (BN, 16SrXIIA qrupuna daxildir) fitoplazması *H. obsoletus* ilə yayıldığı halda, *S. Titamus* bu fitoplazmanı yaya bilmir (Caudwell et al., 1971; Maixner et al., 1995; Sforza et al., 1998).



Şəkil 2. Fitoplazmaların filogenetik təsnifatı. 16S rRNT geninin nukleotid ardıcılıqlarının filogenetik ağacı Maximum Parsimony üsulu ilə qurulmuşdur. Təkrarların (1000 təkrar) faizi budaqların yanında göstərilmişdir. Yalnız 90-dan böyük olan bootstrap kəmiyyətləri verilmişdir. Kənar qrup kimi *A. palmae* ATCC 49389T istifadə olunmuşdur.

Bu nümunələrə baxmayaraq, bəzi fitoplazmalar həşərat vektorlarına münasibətdə daha az spesifikliyə malikdirlər. Məsələn, yoncada fillodiya törədən fitoplazmalar (16SrI qrupu) və şaftalıda xəstəlik

törədən Peach X-disease fitoplazması (16SrIII qrupuna daxildir) ən azı altı-yeddi müxtəlif *Cicadella* növü ilə yayıla bilirlər (Nielson, 1979). 16SrXII qrupuna daxil olan fitoplazmalar (stolbur

qrupu və ‘*Ca. P. australiense*’) *Fulgore* növləri ilə (Fos et al., 1992; Liefting et al., 1997; Gatineau et al., 2001), 16SrX qrupuna daxil olan fitoplazmalar

isə *Psylles* növləri ilə (Jensen et al., 1964; Carraro et al., 1998; Frisinghelli et al., 2000; Tedeschi et al., 2002; Jarausch et al., 2003) yayılırlar.

Cədvəl 1. Fitoplazmaların həşərat vektorları (Maixner et al., 1995)

Həşərat vektoru	Qidalanma tipi	Coğrafi yayılması	Təbiətdə yaydığı fitoplazma xəstəlikləri
<i>Macrosteles fascifrons</i>	Polifaq	Şimali Amerika, Avropa	Aster yellows, clover phyllody, clover proliferation
<i>Macrosteles laevis</i>	Polifaq	Cənubi Avropa	European aster yellows, clover phyllody, clover dwarf, stolbur
<i>Macrosteles striifrons</i>	Polifaq	Yaponiya	Misuba W.B., garland chrysanthemum W.B., eggplant dwarf, tomato yellows, marguerite yellows
<i>Euscelis plebejus</i>	Polifaq	Avropa, Şimali Amerika	Clover phyllody, strawberry green petal, stolbur, cabbage W.B., rape phyllody
<i>Euscelis lineolatus</i>	Polifaq	Avropa, Şimali Amerika	Clover phyllody, chrysanthemum yellows
<i>Aphrodes bicinctus</i>	Polifaq	Şimali Amerika, Avropa	Clover phyllody, strawberry green petal, aster yellows, European aster yellows, clover yellow edge
<i>Orosius argentatus</i>	Polifaq	Avstraliya	Tomato big bud, tobacco virescence, lucerne W.B., legume little leaf, potato purple top
<i>Acinopterus angulatus</i>	Polifaq	Şimali Amerika	Western X-disease, aster yellows
<i>Colladonus montanus</i>	Polifaq	Şimali Amerika	Western X-disease, aster yellows
<i>Colladonus geminatus</i>	Polifaq	Şimali Amerika	Western X-disease, aster yellows
<i>Fieberiella florii</i>	Polifaq	Şimali Amerika	Western and eastern X-disease, aster yellows
<i>Paraphlepsius irroratus</i>	Polifaq	Şimali Amerika	Eastern X-disease, clover phyllody
<i>Scaphytopius acutus delogi</i>	Polifaq	Şimali Amerika	Western X-disease, aster yellows
<i>Scaphytopius magdalensis</i>	Oliqofaq	Şimali Amerika	Blueberry stunt
<i>Dalbulus elimatus</i>	Oliqofaq	Amerika	Maize bushy stunt
<i>Hishimonoides sellatifomis</i>	Oliqofaq	Yaponiya	Mulberry dwarf
<i>Scaphoideus luteolus</i>	Monofaq	Şimali Amerika	American elm yellows
<i>Scaphoideus titanus</i>	Monofaq	Avropa	Flavescence dorée
<i>Hyalestes obsoletus</i>	Oliqofaq	Avropa	Stolbur, grapevine yellows
<i>Hishimonus concavus</i>	Oliqofaq	Tayvan	Loofah witches' broom
<i>Cacopsylla pyri, C. pyricola</i>	Monofaq	Avropa	Pear decline

Astra bitkisində sarılıq xəstəliyi törədən fitoplazma (Astra Yellow Phytoplasma-AYP) ən azı 30 həşərat növü ilə (xüsusən də polifaqlarla) 80 mədəni bitki növünə, həmçinin alağ otlarına ötürülə bilirlər (Marcone et al., 2000). Məsələn, AYP fitoplazmasının “küpəgirən qarının süpürgəsi” xəstəliyini törədən ştammi polifaq *Macrosteles quadrilineatus* (Forbes) həşəratı ilə astra çiçəyinə, eləcə də kəhi, pomidor, *Arabidopsis thaliana*, *Nicotiana glauca* və qarğıdalı bitkilərinə ötürülə bilər (Zhang et al., 2004). Stolbur fitoplazmasının həşərat vektoru *Hyalestes obsoletus* Signoret polifaq olduğundan patogen çoxlu sayda mədəni meyvə və tərəvəz bitkilərində xəstəlik törədir

(Fos et al., 1992). Flavescence dorée xəstəliyini törədən fitoplazma isə yalnız üzüm bitkisini yoluxdurur. Belə ki, onun həşərat vektoru *Scaphoideus titanus* Ball. monofaqdır (Caudwell, 1983). Fitoplazmalar geniş sahib seçiminə malikdirlər və bu patogenin həşərat vektorunun qidalanma tipindən asılıdır (Cədvəl 1).

YAYILMASI VƏ HƏYAT TSİKLİ

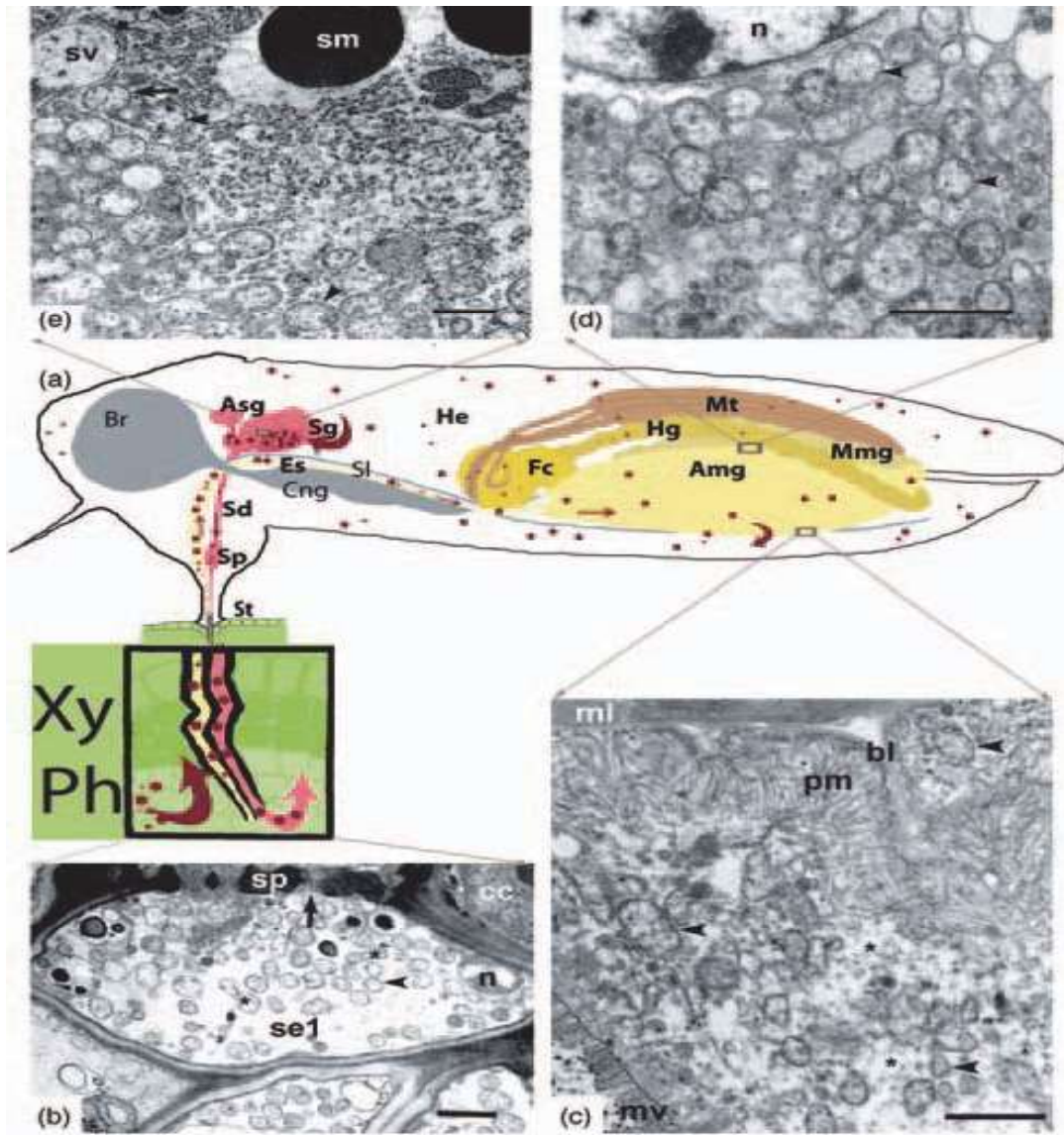
Saralmış bitkilərdən fitoplazma infeksiyasının sağlam bitkilərə yayılma mexanizminin öyrənilməsi ilə ilk dəfə 1920-ci ildə Kunkel məşğul olmuşdur (Kirkpatrick, 1987). Onun fitoplazma ilə yoluxmuş

astral bitkisi üzərində apardığı tədqiqatlar zamanı məlum olmuşdur ki, saralmış bitkilərdəki infeksiya calaq vasitəsilə sağlam bitkilərə keçir. İnfeksiyanın xəstə bitkilərdən sağlam bitkilərə yoluxmasının həşəratlarla da baş verdiyi müəyyən edilmişdir. Lakin bu zaman infeksiyanın sağlam bitkiyə yoluxması həşəratın xəstə bitki ilə qidalanmasından bir neçə həftə sonra baş verir. Fitoplazmalar xəstə bitkinin floema toxumasının ələyabənzər borularında çoxalır və həşəratlarla bitkidən-bitkiyə “sirkulyasiya edən və çoxalan” mexanizmlə yayılır (Şəkil3).

Həşərat xəstə bitkidən şirə ilə birlikdə fitoplazmanı da sorur. Flavescence dorée (FD) fitoplazmasının təcrübi həşərat vektoru olan *Eucelidius variegatus* Kbm. üzərində

immunonişanlama metodu ilə aparılan tədqiqatlar (Lefol et al., 1994) nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, həşərat xəstə bitki ilə qidalandıqdan bir həftə sonra fitoplazma həşəratın bağırsağının epitel hüceyrələrində olur və orada çoxalır.

Bağırsağ baryerini keçdikdən sonra patogen hemolimfa ilə hərəkət edərək ikinci baryeritüpürcək vəzisinin divarını keçir və orada da fitoplazmanın çoxalması baş verir (Hogenhout et al., 2008). Radioaktiv nişanlama metodunun köməyi ilə mikroskop altında yoncada xəstəlik törədən fitoplazmanın *Euscelis lineolatus* həşərat vektorunda DNT sintezinin izlənməsi nəticəsində də təsdiqlənmişdir ki, bağırsağ, tüpürcək vəziləri



Şəkil 3. Fitoplazmanın bitkidə və həşərat vektorunda sirkulyasiya edib çoxalmasından ibarət olan həyat tsikli (Hogenhout et al., 2008).

və hemolimfa fitoplazmalarının həşərat vektorunda replikasiya saytlarıdır (Maillet and Gouranton, 1971). Aralıq-daşıyıcı sahib həşəratların bədənində sirkulyasiya edib çoxalan fitoplazmalar tüpürcək vəzisində düşdükdə yeni bitkini yoluxdurmağa qadir olur. Beləliklə də, tüpürcək vəzisində fitoplazma daşıyan həşərat sağlam bitki ilə qidalandıqda fitoplazma bitkiyə keçir və orada xəstəlik törədir (Lefol et al., 1993). Həşəratın fitoplazmanı xəstə bitkidən qəbul etdiyi zamandan onu sağlam bitkiyə keçirdiyi zamana qədər olan müddət latent dövr adlanır. Fitoplazmanın inkişafının latent dövrü 7 gündən 80 günədək ola bilər. Fitoplazma ilə yoluxmuş bitkilərdə xəstəliyin əlamətləri adətən 7 gün ərzində inkişaf edir. Bəzən fitoplazmanın və bitkinin növündən asılı olaraq bu müddət 6 aydan 24 aya qədər uzana bilər (Murrall et al., 1996; Moya-Raygoza and Nault, 1998; Hogenhout et al., 2008).

İQTİSADI BAXIMDAN TƏHLÜKƏLİ FİTOPLAZMA XƏSTƏLİKLƏRİ

Fitoplazma xəstəlikləri iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətli olan meyvə və tərəvəz bitkilərinin məhsuldarlığını ciddi surətdə aşağı salır və son olaraq bu bitkilərin məhv olmasına gətirib çıxarır. Bir sıra hallarda isə bitkilər ümumiyyətlə məhsul vermirlər. Bu onunla izah olunur ki, fitoplazmalarla yoluxmuş bitkilərin inkişaf və böyümə prosesləri pozulur və bu bitkilərdə cirtdanboyluluq yaranır. Dünyada həm mədəni bitkilər, həm də alaq otları arasında onları tamamilə məhv edən güclü fitoplazma epidemiyalarına rast gəlinir (Gibb et al., 1995; Firrao et al., 1996; Khadhair et al., 1997; Lee et al., 1997; Marcone et al., 1997 a; Bertaccini et al., 1998; Conci et al., 1998; Poncarova-Vorackova et al., 1998; Wang et al., 1998; Bertaccini et al., 1999; Tanne et al., 2000; Oshima et al., 2001; Pribylova et al., 2001; Rue Siddique et al., 2001; Castro and Romero 2002 ; Kaminska and Dziekanowska, 2002; Khan et al., 2002; Fránová et al., 2004). Kənd təsərrüfatı inkişaf etməmiş, eləcə də güclü inkişaf etmiş kənd təsərrüfatına malik ölkələrdə də yetişdirilən bitkilərin əksəriyyəti fitoplazma infeksiyalarının təsirinə məruz qalırlar. Tropik ərazilərdə hələ qədimlərdən məlum olan fitoplazma ilə bağlı bir çox xəstəliklər (kokonatin letal saralması, düyünün saralma və cirtdanboyluluq xəstəliyi) iqtisadi baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Hindistan və Mərkəzi Afrikada, həmçinin ABŞ və Avropa ölkələrində fitoplazma epidemiyaları meşə ağaclarına tez-tez güclü zərər vurur. Avropa və Şimali Amerikada yeni qarağac plantasiyaları, xüsusən də Holland qarağac xəstəliyinin güclü epidemiyasından sağ qalmış bitkilər fitoplazma infeksiyası tərəfindən məhv edilmişdir (Sinclair et

al., 1996; Marcone et al., 1996 c; Marcone et al., 1997 b; Mpunami et al., 1999; Chapman et al., 2001; Harrison et al., 2001; Harrison et al., 2002; Sfalanga et al., 2002; Šeruga et al., 2003). Meyvə ağaclarından üzüm, alma, şaftalı, gavalı, ərik, gilənar, sitrus və əksər giləmeyvələr fitoplazma ilə bağlı xəstəliklərin təsirinə çox məruz qalırlar (Bertaccini et al., 2007). Dünyanın bəzi yerlərində, məsələn, ABŞ-in qərbində və Şimali İtaliyada fitoplazma xəstəliyinə görə 50-ci illərdən başlayaraq şaftalını becərmək çətinləşmişdir. Orta Şərqi bəzi yerlərində sitrus bitkilərinin bir sıra növləri cökə ağacında rast gəlinən “küpəgirən qarının süpürgəsi” kimi fitoplazma xəstəliyinin təsirinə məruz qalırlar və onların becərilməsi Omanda, demək olar ki, mümkün deyildir (Lee et al., 1995; Maixner et al., 1995; Padovan et al., 1995; Alma et al., 1996; Bianco et al., 1996; Honetslegrova et al., 1996; Marcone et al., 1996 c, d; Schneider and Gibb 1997; Kison et al., 1997; Gibb et al., 1998; Jomantiene et al., 1998; Siddique et al., 1998; Davis et al., 1998; Skoric et al., 1998; Orenstein et al., 2001; Seruga et al., 2000; Abou-Jawdah et al., 2002). Avropada əksər fitoplazma xəstəlikləri xüsusi təhlükəli olub meyvə bağlarının, tərəvəz sahələrinin sıradan çıxmasına səbəb olur. Avropanın üzümçülükə məşğul olan bir çox yerlərində də oxşar vəziyyət mövcud olmuşdur. Belə ki, üzüm bitkisində “Flavescence dorée” adlı fitoplazma xəstəliyi Fransanın cənubunda, eləcə də Kataloniya (İspaniya), Şimali İtaliya və Qərbi Avropanın bəzi yerlərində məhsuldarlığı kəskin şəkildə aşağı salaraq üzüm bağlarına ciddi ziyan vurmuşdur (Caudwell et al., 1987; Bertaccini et al., 2007). Languedoc-Roussillon ərazisində fitoplazmanın törətdiyi “Flavescence dorée” (FD) regionun üzüm bağlarını 100 % yoluxduraraq onların məhv edilməsi ilə nəticələnmişdir (Rivenez and Bonjotin, 1997). İnfeksiyanın yayılmaması üçün bu xəstəliyə yoluxmuş bitkilər dərhal məhv edilməli, eləcə də, infeksiyanın daşıyıcısı olan həşəratlar əleyhinə insektisidlərdən istifadə olunmalıdır. Stolbur fitoplazmasının üzüm bitkisində törətdiyi Bois Noir (BN) xəstəliyi Fransada çoxlu sayda iqtisadi əhəmiyyətli becərilən bitki növlərini yoluxdurmuş və bununla da kənd təsərrüfatına ciddi ziyan vurmuşdur (Sforza et al., 1998). Fitoplazmaların ərik ağaclarında törətdiyi xlorotik burulma xəstəliyi Roussillon ərazisində meyvə bağlarında məhsuldarlığın əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olmuşdur (Labonne et al., 2000). “Ca. P. mali” fitoplazmasının alma ağaclarında törətdiyi proliferasiya xəstəliyi Fransada əksər alma bağlarında cavan alma ağaclarının məhv olması ilə nəticələnmişdir (Lemoine, 1997). “Küpəgirən qarının süpürgəsi” xəstəliyini törədən fitoplazmalar

Orta Şərqdə on minlərlə meyvə ağacının məhvində gətirib çıxarmışdır (Zreik et al., 1995).

FİTOPLAZMA XƏSTƏLİKLƏRİNİN ƏLAMƏTLƏRİ

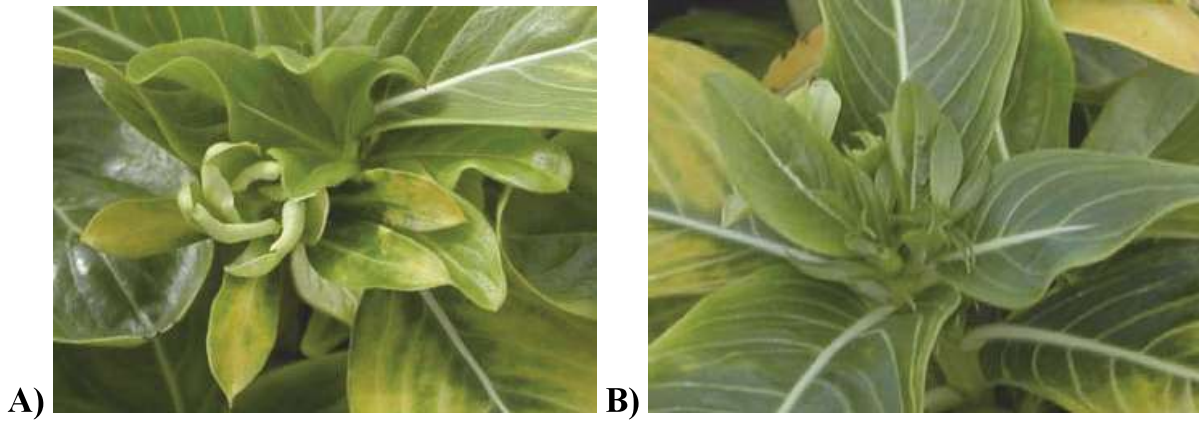
Fitoplazma xəstəliklərinin ən çox müşahidə olunan ümumi əlaməti bitkilərin saralmasıdır. Bununla yanaşı, fitoplazmalar sahib bitkilərdə bir çox müxtəlif xəstəlik əlamətləri ilə də müşahidə olunurlar (McCoy et al., 1989; Bertaccini et al., 2007) (Şəkil 4).

Fitoplazmaların törətdikləri xəstəliklər nəticəsində bitkilərdə müşahidə olunan bir sıra

əlamətlər spesifik xarakter daşıyır və digər patogenlərlə yoluxma zamanı mövcud olmur. Belə əlamətlərdən biri kimi fitoplazma ilə yoluxmuş bitkidə yarpaqların budaqların ucunda toplanaraq "cadugərin süpürgəsi" (witches' broom) formasını almasını göstərmək olar. Fitoplazma xəstəlikləri zamanı müşahidə olunan digər xarakterik əlamətlər bu xəstəliklərlə yoluxmuş bitkilərin generativ orqanlarının patoloji dəyişiklikləridir. Belə ki, fitoplazmalarla yoluxmuş bitkilərdə çiçəklər yaşllaşır və onların generativ orqanları yarpağabənzər forma alırlar. Çiçəklərdə sterillik baş verir. Misal olaraq qarağatda çoxləçəkliliyi, yoncada fillodiyanı göstərmək olar (Şəkil 5).



Şəkil 4. Fitoplazma xəstəliklərinin əlamətləri. Birinci sıra, soldan sağa: üzüm bitkisinde yarpaqların qızarması, badam bitkisinde budaqların gövdənin ucunda toplanaraq "cadugərin süpürgəsi" əlamətini əmələ gətirməsi, ərik ağacında yarpaqların xlorotik burulması, albalı ağacının soluxması. İkinci sıra soldan sağa: armud ağacında yarpaqların spesifik qızarması, pomidor bitkisinde yarpaqların burulması, gövdə və yarpaqların göyümtül bənövşəyi rəng alması, üzüm yarpaqlarının xlorozu.



Şəkil 5. Model bitki olan Madaqasqar bənövşəsində (*Catharanthus roseus* L.) fitoplazma xəstəliyinin əlamətləri. A) “virescence”- çiçək ləçəklərinin yaşıllaşması və B) fillodiya-çiçəyin yarpağabənzər forma alması.

Fitoplazma xəstəlikləri nəticəsində müşahidə olunan bir sıra əlamətlər virus infeksiyaları zamanı da mövcud olur. Bunlara misal olaraq bitki orqanlarının qeyri-spesifik deformasiyası, soluxma, nekroz, xırdayarpaqlılıq və s. əlamətləri göstərmək olar (Lee et al., 2000). Bu da fitoplazma xəstəliklərinin fenotipik əlamətlərə görə diaqnostikasını çətinləşdirir.

FİTOPLAZMALARA QARŞI MÜBARİZƏ ÜSULLARI

Fitoplazma epidemiyalarının qarşısını almaq üçün irəli sürülən əsas mübarizə üsulu bu xəstəlikləri yayan həşərat vektorlarının məhv edilməsidir. Lakin bu üsulu sahə şəraitində həyata keçirtmək müəyyən qədər epidemiyanın qarşısını alsa da, tam effektiv deyildir. Belə ki, açıq sahədə ətraf mühitdən bütün həşərat vektorlarını kənarlaşdırmaq qeyri-mümkündür (Bertaccini et al., 2007).

Fitoplazmaların tetrasklin qrupu antibiotiklərə həssaslığından istifadə edərək xəstə bitkilərə antibiotik məhlullarla təsir etməklə onlara qarşı mübarizə aparmaq mümkündür. Bu metoddan ilk dəfə 1976-cı ildə Amerikada kokos ağacında letal sarılıq xəstəliyi törədən fitoplazmalara (McCoy et al., 1976), bir il sonra isə şaftalı ağacında X xəstəliyi törədən fitoplazmalara qarşı istifadə olunmuşdur (Rosenberger and Jones, 1977). Müəyyən edilmişdir ki, əkilmədən öncə köklərin 0,5-1%-li tetrasklinhidrokslorid məhlulu ilə işlənməsi və həmin bitkilərin müntəzəm olaraq 3-5 gün intervalı ilə eyni qatılıqlı məhlulla çilənməsi fitoplazmaların həyat fəaliyyətini əhəmiyyətli dərəcədə zəiflədir. Belə ki, antibiotik məhlulla çiləməni müntəzəm olaraq apardıqda bir neçə gündən sonra xəstəliyin əlamətləri zəifləyir və bir müddətdən

sonra yoxa çıxır. Lakin yenə də bitkinin tam sağlması baş vermir və antibiotiklə çiləməni dayandırdıqda xəstəliyin əlamətləri yenidən əmələ gəlir (Dai and Sun, 1995; Dai et al., 1997; Veronesi et al., 2000; Chung and Choi, 2002; Bertaccini et al., 2007).

Antibiotiklərin köməyi ilə bitkilərdə fitoplazma xəstəliklərinin müalicəsi effektiv olsa da, bu üsul həm olduqca baha başa gəlir, həm də tibbi təyinatlı antibiotiklərin kənd təsərrüfatında istifadəsi insan və ətraf mühit üçün təhlükə yaradır. Bu üsuldən istifadə eyni zamanda antibiotiklərə qarşı davamlı fitoplazma növlərinin yaranmasına da səbəb ola bilər. Ona görə də fitoplazmalar əleyhinə antibiotiklərdən istifadə Avropa ölkələrində, Türkiyədə, Rusiyada və digər kənd təsərrüfatı inkişaf etmiş ölkələrdə qadağan edilmişdir.

Fitoplazma xəstəliklərinin müalicəsinin daha bir effektiv üsulu termoterapiyadır. Əksər bitki mikoplazmalarının inaktivasiya temperaturu sahib bitki üçün kritik temperaturdan aşağıdır ki, bu da fitoplazma xəstəliklərinin müalicəsi üçün bütöv bitkinin və ya şitil və tinglərin termiki işlənməsinə imkan verir. Müəyyən olunmuşdur ki, kartof bitkisinin “küpəgirən qarının süpürgəsi” xəstəliyinin müalicəsi üçün onu 6 gün ərzində 36°C, yonca bitkisinin çiçəklərinin yaşıllaşması xəstəliyinin müalicəsi üçün isə bitkinin 10 gün ərzində 40°C temperaturda işlənməsi effektiv nəticə verir. Üzüm tinglərinin əkilməzdən öncə 40-50 °C temperaturda su hamamında saxlanması fitoplazmalara qarşı mübarizədə effektiv nəticə verir (Caudwell et al., 1989; Rivenez and Bonjotin, 1997). Ancaq termoterapiya üsulunu bütün bitkilərə tətbiq etmək mümkün deyildir.

Fitoplazma xəstəlikləri ilə kompleks mübarizə üzündə aşağıdakı müalicə və profilaktik üsulları

birdəşdirir:

- Sağlam toxum, şitil və tinglərin əldə olunması və istifadə edilməsi;
- Fitoplazmaların təbii rezervuarı olan əlaq bitkilərinin məhv edilməsi;
- Fitoplazma xəstəliyi ilə yoluxmuş bitkilərin məhv edilməsi;
- Fitoplazma xəstəliklərinin ötürücüsü olan həşəratlarla mübarizə;
- Davamlı bitki sortlarının seleksiyası;
- Toxumların, şitil və tinglərin sertifikatlaşdırılması və karantin;
- Bitkilərin yüksək aqrotexniki qaydalara riayət olunaraq becərilməsi.

Yekun olaraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, fitoplazmalara qarşı mövcud mübarizə metodları məhdud imkanlara malikdir (Jarausch et al., 1999). Buna görə də onlara qarşı kompleks tədbirlər görmək lazımdır.

MİNNƏTDARLIQ

EIF-2011-1(3)-82/48/3 sayılı qrant vasitəsilə göstərdiyi maliyyə dəstəyinə görə Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fonduna minnətdarlığımızı bildiririk.

ƏDƏBİYYAT

- Abou-Jawdah Y., Karakashian A., Sobh H., Martini M., Lee I.-M.** (2002) An epidemic of almond witches'-broom in Lebanon: classification and phylogenetic relationships of the associated phytoplasma. *Plant Disease* **86**: 477-484.
- Alma A., Davis R.E., Vibio M., Danielli A., Bosco D., Arzone A., Bertaccini A.** (1996) Mixed infection of grapevines in northern Italy by phytoplasmas including 16S rRNA RFLP subgroup 16SrI-B strains previously unreported in this host. *Plant Disease* **80**: 418-421.
- Balakışiyeva G., Gurbanov M., Mammadov A., Bayramov Sh., Aliyev J., Foissac X.** (2011) Detection of "Candidatus Phytoplasma brasiliense" in a new geographic region and existence of two genetically distinct populations. *Eur. J. Plant Pathol.* **130**: 457-462.
- Bertaccini A., Vorackova Z., Vibio M., Franova J., Navratil M., Spak J., Nebesarova J.** (1998) Comparison of phytoplasmas infecting winter oilseed rape in the Czech Republic with Italian *Brassica* phytoplasmas and their relationship to the aster yellows group. *Plant Pathology* **47**: 317-324.
- Bertaccini A., Franova J., Paltrinieri S., Martini M., Navratil M., Lugaresi C., Nebesarova J., Simkova M.** (1999) Leek proliferation: a new phytoplasma disease in the Czech Republic and in Italy. *Europ. J. Pl. Pathol.* **105**: 487-493.
- Bertaccini A.** (2007) Phytoplasmas: diversity, taxonomy, and epidemiology. *Frontiers in Bioscience* **12**: 673-689.
- Bianco P.A., Davis R., Casati P., Fortusini A.** (1996) Prevalence of aster yellows (AY) and elm yellows (EY) group phytoplasmas in symptomatic grapevines in three areas of northern Italy. *Vitis* **35**: 195-199.
- Bourgoin T., Campbell B. C.** (2002) Inferring a phylogeny for Hemiptera: falling into the 'autapomorphic trap'. *Denisia* **176**: 67-82.
- Carraro, L., Osler R., Loi N., Ermacora P., Refatti E.** (1998) Transmission of European stone fruit yellows phytoplasma by *Cacopsylla pruni*. *J. Plant Pathol.* **80**: 233-239.
- Castro S., Romero J.** (2002) The association of clover proliferation phytoplasma with stolbur disease of pepper in Spain. *J. Phytopathol.* **150**: 25-29.
- Caudwell A., Larrue J., Kuszala C., Bachelier J.C.** (1971). Pluralité des jaunisses de la vigne. *Annales de Phytopathologie*, **3**:95-105.
- Caudwell A.** (1983). L'origine des jaunisses à Mycoplasme (MLO) des plantes et l'exemple des jaunisses de la vigne. *Agronomie* **2**: 103-111.
- Chapman G.B., Buerkle E.J., Barrows E.M., Davis R.E., Dally E.L.** (2001) A light and transmission electron microscope study of a black locust tree, *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae), affected by witches'-broom, and classification of the associated phytoplasma. *J. Phytopathol.* **149**: 589-597.
- Chung B., Choi G.** (2002) Elimination of aster yellows phytoplasma from *Dendranthema grandiflorum* by application of oxytetracycline as a foliar spray. *Plant Pathol. J.* **18**: 93-97.
- Clark M.F., Barbara D.J., Davies D.L.** (1983) Production and characteristics of antisera to *Spiroplasma citri* and clover phyllody-associated antigens derived from plants. *Ann. Appl. Biol.* **103**: 251-259.
- Conci V.C., Gomez G.G., Decampo D.M., Conci L.R.** (1998) Phytoplasma associated with symptoms of 'Tristeza del ajo' (garlic decline) in garlic (*Allium sativum* L.). *J. Phytopathol.* **146**: 473-477.
- Dai Q., Sun Z.** (1995) Suppressive effects of N-triacontanol on symptoms of mulberry dwarf disease and on the causal phytoplasma. *Plant Pathol.* **44**: 979-981.
- Dai Q., He F.T., Liu P.Y.** (1997) Elimination of phytoplasma by stem culture from mulberry plants (*Morus alba*) with dwarf disease. *Plant Pathol.* **46**: 56-61.
- Davis R.E., Jomantiene R., Dally E.L., Wolf T.K.** (1998) Phytoplasmas associated with grapevine

- yellows in Virginia belong to group 16SrI, subgroup A (tomato big bud phytoplasma subgroup), and group 16SrIII, new subgroup I. *Vit.* **37**: 131-137.
- Doi Y., Teranaka M., Yora K., Asuyama H.** (1967) Mycoplasma- or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows or paulownia witches' broom. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **33**: 259-266.
- Duduk B., Bertaccini A.** (2011) Phytoplasma classification: Taxonomy based on 16S ribosomal gene, is it enough? *Phytopath. Mollicutes* **1(1)**: 3-13.
- Firrao G., Carraro L., Gobbi E., Locci R.** (1996) Molecular characterization of a phytoplasma causing phyllody in clover and other herbaceous hosts in northern Italy. *Europ. J. Pl. Pathol.* **102**: 817-822.
- Firrao G., Andersen M., Bertaccini A.** (2004) 'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **54**: 1243-1255.
- Fos A., Danet J. L., Zreik L., Garnier M., Bové J.M.** (1992) Use of a monoclonal-antibody to detect the stolbur mycoplasma-like organism in plants and insects and to identify a vector in France. *Plant Dis.* **76**: 1092-1096.
- Fránová J., Paltrinieri S., Botti S., Šimková M., Bertaccini A.** (2004) Association of phytoplasmas and viruses with malformed clovers. *Folia Microbiol.* **49(5)**: 617-624
- Frasinghelli C., Delaiti L., Grando M.S., Forti D., Vindimian M.E.** (2000) *Cacopsylla costalis* (Flor 1861), as a vector of apple proliferation in Trentino. *J. Phytopathol.-Phytopathologische Zeitschrift* **148**: 425-431.
- Garnier M., Martin-Gros G., Iskra M.L., Zreik L., Gandar J., Fos A., Bové J.M.** (1990) Monoclonal antibodies against the MLOs associated with tomato stolbur and clover phyllody. Recent advances in mycoplasmaology Proceedings of the 7th congress of the International Organization for Mycoplasmaology: 263-269.
- Gatineau F., Larrue J., Clair D., Lorton F., Richard-Molard M., and Boudon-Padiou E.** (2001) A new natural planthopper vector of stolbur in the genus Pentastiridius (Hemiptera: cixiidae). *Eur. J. Plant Pathol.* **107**: 263-271.
- Gibb K.S., Padovan A.C., Mogen B.D.** (1995) Studies on sweet potato little-leaf phytoplasma detected in sweet potato and other plant species growing in Northern Australia. *Phytopathol.* **85**: 169-174.
- Gibb K.S., Schneider B., Padovan A.C.** (1998) Differential detection and genetic relatedness of phytoplasmas in papaya. *Plant Pathol.* **47**: 325-332.
- Gundersen D.E., Lee I.M., Rehner S.A., Davies R.E., Kingsbury B.T.** (1994) Phylogeny of mycoplasma-like organisms (phytoplasmas): a basis for their classification. *J. Bacteriol.* **176**: 5244-5254.
- Harrison N.A., Griffiths H.M., Carpio M.L., Richardson P.A.** (2001) Detection and characterization of an elm yellows (16SrV) group phytoplasma infecting Virginia creeper plants in Southern Florida. *Plant Disease* **85**: 1055-1062.
- Harrison N.A., Womack M., Carpio M.L.** (2002) Detection and characterization of a lethal yellowing (16SrIV) group phytoplasma in Canary Island date palms affected by lethal decline in Texas. *Plant Disease* **86**: 676-681.
- Hogenhout S.A., Oshima K., Ammar E.-D., Kakizawa S., Kingdom H.N., Namba S.** (2008) Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. *Molec. Plant Pathol.* **9**: 403-423.
- Honetslegrova J.F., Vibio M., Bertaccini A.** (1996) Electron microscopy and molecular identification of phytoplasmas associated with strawberry green petals in the Czech Republic. *Europ. J. Pl. Pathol.* **102**: 831-835.
- Iida T.** (1972) Discovery of a plant pathogenic mycoplasma. *Plant Prot.* **26**: 175-176.
- Ishii T., Doi Y., Yora K., Asuyama H.** (1967) Suppressive effects of antibiotics of tetracycline group on symptom development of mulberry dwarf disease. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **33**: 267-275.
- Jarausch W., Eyquard J. P., Mazy K., Lansac M., Dosba F.** (1999) High level of resistance of sweet cherry (*Prunus avium* L.) towards European stone fruit yellows phytoplasmas. *Adv. Horticult. Sci.*: 13.
- Jarausch, B., Schwind, N., Jarausch, W., Krczal, G., Dickler, E., Seemüller, E.** (2003) First report of *Cacopsylla picta* as a vector of apple proliferation phytoplasma in Germany. *Plant Dis.*: 87.
- Jensen D. D., Griggs W. H., Gonzales C. Q. & Schneider H.** (1964) Pear decline virus transmission by pear psylla. *Phytopathol.* **54**: 1346-1351.
- Jomantiene R., Davis R.E., Maas J., Dally E.L.** (1998) Classification of new phytoplasmas associated with diseases of strawberry in Florida, based on analysis of 16S rRNA and ribosomal protein gene operon sequences. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **48**: 269-277.
- Kaminska M., Dziekanowska D.** (2002) Molecular evidence for the presence of aster yellows-related phytoplasmas in lilies with leaf scorch and flower virescence. *J. Phytopathol.* **150**: 90-93.
- Khadhair A.H., Hiruki C., Hwang S., Wang K.** (1997) Molecular identification and relatedness of

- potato witches'- broom phytoplasma isolates from four potato cultivars. *Microbiol. Res.* **152**: 281-286.
- Khan A.J., Botti S., Al-Subhi A.M., Gundersen-Rindal D.E., Bertaccini A.** (2002) Molecular identification of a new phytoplasma strain associated with alfalfa witches' broom in Oman. *Phytopathol.* **92**: 1038-1047.
- Kirkpatrick B.C., Stenger D.C., Morris T.J., Purcell A.H.** (1987) Cloning and Detection of DNA from a Nonculturable Plant Pathogenic Mycoplasma-Like Organism. *Science* **238**: 197-200.
- Kirkpatrick B.C.** (1992) Mycoplasma-like organisms: plant and invertebrate pathogens. Edited by A.Balows, H.G.Trüper, M.Dworkin, W.Harderö K.H. Schleifer. New York: Springer. In *The Prokaryotes 2*: 4050-4067.
- Kison H, Kirkpatrick B.C., Seemüller E.** (1997) Genetic comparison of the peach yellow leaf roll agent with European fruit tree phytoplasmas of the apple proliferation group. *Plant Pathol.* **46**: 538-544.
- Kunkel L.O.** (1926) Studies on aster yellows. *Am. J. Bot.* **23**: 646-705.
- Labonne G., Broquaire J.M., Jarasch W., Freyrier M., Quiot J.B.** (2000) Enroulement chlorotique de l'abricotier. La base d'une stratégie de lutte en vergers d'abricotiers. *Phytoma La Défense des Végétaux* **530**: 32-35.
- Lee I.M., Davis R.E.** (1992) Mycoplasmas which infect plant and insects. In: *Mycoplasmas: Molecular Biology and Pathogenesis* (Maniloff, J., McElhansey, R.N., Finch, L.R. and Baseman, J.B., eds.). Washington, DC: American Society of Microbiology: 379-390.
- Lee I.-M., Hammond R.W., Davis R.E., Gundersen-Rindal D.E.** (1993) Universal amplification and analysis of pathogen 16S rDNA for classification and identification of mycoplasma-like organisms. *Phytopathol.* **83**: 834-842.
- Lee I.-M., Bertaccini A., Vibio M., Gundersen D.E.** (1995) Detection of multiple phytoplasmas in perennial fruit trees with decline symptoms in Italy. *Phytopathol.* **85**: 728-735.
- Lee I.-M., Pastore M., Vibio M., Danielli A., Attathom S., Davis R.E., Bertaccini A.** (1997) Detection and characterization of a phytoplasma associated with annual blue grass (*Poa annua*) white leaf disease in southern Italy. *Europ. J. Pl. Pathol.* **103**: 251-254.
- Lee I.M., Davis R.E., Gundersen-Rindal D.E.** (2000) Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. *Annu. Rev. Microbiol.* **54**: 221-255.
- Lee I.-M., Bottner-Parker K.D., Zhao Y., Villalobos W., Moreira L.** (2011) '*Candidatus* Phytoplasma costaricanum' a new phytoplasma associated with a newly emerging disease in soybean in Costa Rica. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, DOI 10.1099/ ijs.0.029041-0.
- Lefol C., Caudwell A., Lherminier J., Larrue J.** (1993) Attachment of the Flavescence Dorée Pathogen (MLO) to Leafhopper Vectors and Other Insects. *Ann. Appl. Biol.* **123**: 611-622.
- Lefol C., Lherminier J., Boudon-Padieu E., Larrue J., Louis C., Caudwell A.** (1994) Propagation of Flavescence Dorée MLO (Mycoplasma-Like Organism) in the leafhopper vector *Euscelidius variegatus* Kbm. *J. Inverteb. Pathol.* **63**: 285-293.
- Lemoine J.** (1997) La prolifération du pommier. Une maladie à phytoplasme toujours d'actualité. *Phytoma La Défense des Végétaux* **493**: 27-28.
- Liefting L.W., Beever R. E., Winks C. J., Pearson M. N., Forster R.L.S.** (1997). Planthopper transmission of Phormium yellow leaf phytoplasma. *Austral. Plant Pathol.* **26**: 148-154.
- Lin C.P., Chen T.A.** (1986) Comparison of monoclonal antibodies and polyclonal antibodies in detection of the aster yellows mycoplasma-like organism. *Phytopathol.* **76**: 45-50.
- Liu H.W., Goodwin P.H., Kuske C.R.** (1994) Quantification of DNA from the aster yellows mycoplasma-like organism in aster leafhoppers (*Macrostelus fascifrons* Stal) by a competitive polymerase chain-reaction. *Syst. Appl. Microbiol.* **17**: 274-280.
- Lorenz K.H., Schneider B., Ahrens U., Seemüller E.** (1995) Detection of the apple proliferation and pear decline phytoplasmas by PCR amplification of ribosomal and nonribosomal DNA. *Phytopathol.* **85**: 771-776
- Maillet P.L., Gouranton J.** (1970) L'intestin moyen de certains homoptères, lieu de transit et de multiplication des particules de type mycoplasme. *C. R. Acad. Sc. Paris* **270**: 1535-1537.
- Maillet P.L., Gouranton J.** (1971) Etude du cycle biologique du mycoplasme de la phylloïdie du trèfle dans l'insecte vecteur, *Euscelis lineolatus* Brullé (Homoptera, Jassidae). *Journal de Microscopie* **11**: 143-165.
- Maixner M., Ahrens U., Seemüller E.** (1995) Detection of the German grapevine yellows (Vergilbungskrankheit) MLO in grapevine, alternative hosts and a vector by a specific PCR procedure. *Europ. J. Pl. Pathol.* **101**: 241-250.
- Marcone C., Ragozzino A.** (1996 a) Comparative ultrastructural studies on genetically different phytoplasmas using scanning electron microscopy. *Petria* **6**: 125-136.
- Marcone C., Ragozzino A., Seemüller E.** (1996 b) Detection of an elm yellows-related phytoplasma in Eucalyptus trees affected by little-leaf disease in Italy. *Plant Dis.* **80**: 669-673.
- Marcone C., Ragozzino A., Seemüller E.** (1996 c)

- European stone fruit yellows phytoplasma as the cause of peach vein enlargement and other yellows and decline diseases of stone fruits in southern Italy. *J. Phytopathol.* **144**: 11-12.
- Marcone C., Ragozzino A., Seemüller E.** (1996 d) Association of phytoplasmas with the decline of European hazel in southern Italy. *Plant Pathol.* **45**: 857-863.
- Marcone C., Ragozzino A., Seemüller E.** (1997 a) Detection and identification of phytoplasmas in yellows-diseased weeds in Italy. *Plant Pathol.* **46**: 530-537.
- Marcone C., Ragozzino A., Seemüller E.** (1997 b) Identification and characterization of the phytoplasma associated with elm yellows in southern Italy and its relatedness to other phytoplasmas of the elm yellows group. *Europ. J. Forest Pathol.* **27**: 45-54.
- Marcone C., Ragozzino A., Seemüller E.** (1997 c) Witches' broom of *Sarothamnus scoparius*: a new disease associated with a phytoplasma related to the spartium witches' broom agent. *J. Phytopathol.* **145**: 159-161.
- Marcone C., Lee I.M., Davis R.E., Ragozzino A., Seemüller E.** (2000) Classification of aster yellows-group phytoplasmas based on combined analyses of rRNA and tuf gene sequences. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **50**: 1703-1713.
- McCoy R.E., Carroll V.J., Poucher C.P., Gwin G.H.** (1976) Field control of coconut lethal yellowing with oxytetracycline hydrochloride. *Phytopathol.* **66**: 1148-1150.
- McCoy R.E., Caudwell A., Chang C.J., Chen T.A., Chiykowski L.N., Cousin M.T., Dale De Leeuw G.T.N., Golino D.A., Hackett K.J., Kirkpatrick B.C., Marwitz R., Petzold H., Sinha R.C., Suguirra M., Whitcomb R.F., Yang I.L., Zhu B.M. and Seemüller E.** (1989) Plant diseases associated with mycoplasma-like organisms. In: *The Mycoplasmas* (Whitcomb, R.F. and Tully, J.G., eds), New York: Academic Press: 546-640.
- Moya-Raygoza G., Nault L.R.** (1998) Transmission biology of maize bushy stunt Phytoplasma by the corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* **91**: 668-676.
- Mpunami A.A., Tymon A., Jones P., Dickinson M.J.** (1999) Genetic diversity in the coconut lethal yellowing disease phytoplasmas of East Africa. *Plant Pathol.* **48**: 109-114.
- Murrall D.J., Nault L.R., Hoy C.W., Madden L., Miller S.A.** (1996) Effects of temperature and vector age on transmission of two Ohio strains of aster yellows phytoplasma by the aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). *J. Econ. Entomol.* **89**: 1223-1232.
- Murray R.G.E., Schleifer K.H.** (1994) Taxonomic Notes: A Proposal for Recording the Properties of Putative Taxa of Procaryotes. *Int. J. System. Bacteriol.* **44(1)**: 174-176.
- Namba S., Kato S., Iwanam S., Oyaizu H., Shiozawa H., Tsuchizaki T.** (1993) Detection and differentiation of plant-pathogenic mycoplasma-like organisms using polymerase chain reaction. *Phytopathol.* **83**: 786-791.
- Namba S., Oshima K., Gibb K.** (2005) Phytoplasma genomics. In: *Mycoplasmas: molecular biology, pathogenicity and strategies for control* Edited by A.Blanchard, G.Browning. Norfolk, UK: Horizon Bioscience: 97-133.
- Nielson M.W.** (1979). Taxonomic relationships of leafhopper vectors of plant pathogens. Leafhopper vectors and plant disease agents (Maramorosch K., Harris K., eds). Academic Press, New York: 3-27.
- Okuda S.** (1972) Occurrence of diseases caused by mycoplasma-like organisms in Japan. *Plant Prot.* **26**: 180-183.
- Orenstein S, Zahavi T., Weintraub P.** (2001) Distribution of phytoplasma in grapevines in the Golan Heights, Israel, and development of a new universal primer. *Vitis* **40**: 219-223.
- Oshima K., Shiomi T., Kuboyama T., Sawayanagi T., Nishigawa H., Namba S.** (2001) Isolation and characterization of derivative lines of the onion yellows phytoplasma that do not cause stunting or phloem hyperplasia. *Phytopathol.* **91**: 1024-1029.
- Padovan A.C, Gibb K.S, Bertaccini A., Vibio M., Bonfiglioli R.E., Magarey P.A., Sears B.B.** (1995) Molecular detection of the Australian grapevine yellows phytoplasma and comparison with grapevine yellows phytoplasmas from Italy. *Austral. J. Grape Wine Res.* **1**: 25-31.
- Poncarova-Vorackova Z., Franova J., Valova P., Mertelik J., Navratil M., Nebesarova J.** (1998) Identification of phytoplasma infecting *Lilium martagon* in the Czech Republic. *J. Phytopathol.* **146**: 609-612.
- Pribylova J., Spak J., Franova J., Petrzik K.** (2001) Association of aster yellows subgroup 16SrI-B phytoplasmas with a disease of *Rehmannia glutinosa* var. *purpurea*. *Plant Pathol.* **50**: 776-781.
- Rivenez M.O., Bonjotin S.** (1997) Les jaunisses de la vigne : flavescence dorée ou bois noir? Le développement de ces maladies. *Phytoma* **49**: 17-19.
- Rosenberger D.A., Jones A.L.** (1977) Symptom remission in X-disease peach trees as affected by date, method, and rate of application of oxytetracycline-HCl. *Phytopathol.* **67**: 277-282.
- Rue S.D.L, Padovan A., Gibb K.** (2001) *Stylosanthes* is a host for several phytoplasmas, one of

- which shows unique 16S-23S intergenic spacer region heterogeneity. *J. Phytopathol.* **149**: 613-619.
- Schwartz Y., Boudon-Padieu E., Grange J., Meignoz R., Caudwell A.** (1989) Obtention d'anticorps monoclonaux spécifiques de l'agent pathogène de type mycoplasme (MLO) de la flavescence dorée de la vigne. *Res. Microbiol.* **140**: 311-332.
- Sears B.B., Kirkpatrick B.C.** (1994) Unveiling the evolutionary relationships of plantpathogenic mycoplasma-like organisms. *ASM News* **60**: 307-312.
- Schneider B., Gibb K.S.** (1997) Detection of phytoplasmas in declining pears in southern Australia. *Plant Disease* **81**: 254-258.
- Seemüller E., Schneider B., Mäurer R.** (1994) Phylogenetic classification of phytopathogenic mollicutes by sequence analysis of 16S ribosomal DNA. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **44**: 440-446.
- Seemüller E., Marcone C., Lauer U., Ragozzino A., Göschl M.** (1998) Current status of molecular classification of the Phytoplasmas. *J. Plant Pathol.* **80**: 3-26.
- Seruga M., Curkovic Perica M., Skoric D., Kozina B., Mirosevic N., Saric A., Bertaccini A., Krajacic M.** (2000) Geographical distribution of Bois Noir phytoplasmas infecting grapevines in Croatia. *J. Phytopathol.* **147**: 239-242.
- Šeruga M., Škorić D., Botti S., Paltrinieri S., Juretić N., Bertaccini A.** (2003) Molecular characterization of a phytoplasma from the Aster Yellows (16SrI) group naturally infecting *Populus nigra* L. 'Italica' trees in Croatia. *Forest Pathol.* **33**: 113-125.
- Siddique A.B.M., Guthrie J.N., Walsh K.B., White D.T., Scott P.T.** (1998) Histopathology and within-plant distribution of the phytoplasma associated with Australian papaya dieback. *Plant Disease* **82**: 1112-1120.
- Sfalanga A., Martini M., Surico G., Bertaccini A.** (2002) Detection of phytoplasmas in declining *Ulmus* 158. Castro S & J Romero: The association of clover proliferation phytoplasma with stolbur disease of pepper in Spain. *J. Phytopathol.* **150**: 25-29.
- Sforza R., Clair D., Daire X., Larrue J., Boudon-Padieu E.** (1998). The role of *Hyalesthes obsoletus* (Hemiptera: Cixiidae) in the occurrence of bois noir of grapevines in France. *J. Phytopathol.* **146**: 549-556.
- Skoric D., Saric A., Vibio M., Murari E., Krajacic M., Bertaccini A.** (1998) Molecular identification and seasonal monitoring of phytoplasmas infecting Croatian grapevines. *Vitis* **37**: 171-175.
- Siddique A.B.M., Agrawal G.K., Alam N., Krishna Reddy M.** (2001) Electron microscopy and molecular characterization of phytoplasmas associated with little leaf disease of brinjal (*Solanum melongena* L.) and periwinkle (*Catharanthus roseus*) in Bangladesh. *J. Phytopathol.* **149**: 237-244.
- Sinclair W.A., Griffiths H.M., Davis R.E.** (1996) Ash yellows and lilac witches'-broom: phytoplasma diseases of concern in forestry and horticulture. *Pl. Disease* **80**: 468-475.
- Tanne E., Kuznetsova L., Cohen J., Alexandrova S., Gera A.** (2000) Phytoplasmas as causal agents of celosia disease in Israel. *Hortscience* **35**: 1103-1106.
- Tedeschi R., Bosco D., Alma A.** (2002) Population dynamics of *Cacopsylla melanoneura* (Homoptera: Psyllidae), a vector of apple proliferation phytoplasma in northwestern Italy. *J. Econ. Entomol.* **95**: 544-551.
- The IRPCM Phytoplasma/Spiroplasma Working Team - Phytoplasma taxonomy group.** (2004) 'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. *Int. J. of Syst. Evol. Microbiol.* **54**: 1243-1255.
- Tsai J.H.** (1979). Vector transmission of mycoplasma agents of plant diseases. The Phytoplasma III (eds. Whitcomb RE). New York: Academic Press.
- Veronesi F., Bertaccini A., Parente A., Mastronicola M., Pastore M.** (2000) PCR indexing of phytoplasma-infected micropropagated periwinkle treated with PAP-II, a ribosome inactivating protein from *Phytolacca americana* leaves. *Acta Hort.* **530**: 113-119.
- Wang K., Hiruki C., Chen M.H.** (1998) Identification of a phytoplasma causing yellows of *Morinda*. *Plant Pathol.* **47**: 103-106.
- Zhang J., Hogenhout S.A., Nault L.R., Hoy C.W., Miller S.A.** (2004) Molecular and symptom analyses of phytoplasma strains from lettuce reveal a diverse population. *Phytopathol.* **94**: 842-849.
- Zhao Y., Wei W., Davis R.E., Lee I.M.** (2010) Recent advances in 16S rRNA gene-based Phytoplasma differentiation, classification and taxonomy. In: *Phytoplasmas: Genomes, plant hosts and vectors* (P.G. Weintraub, P.Jones (eds.)), Wallingford: CAB International: 64-92.
- Zreik L., Carle P., Bové J.M., Garnier M.** (1995) Characterization of the mycoplasma-like organism associated with witches'-broom disease of lime and proposition of a *Candidatus* taxon for the organism, "*Candidatus* phytoplasma aurantifolia". *Int. J. Syst. Bacteriol.* **45**: 449-453.

G.Sh. Balakishiyeva, A.Ch. Mammadov, I.M. Huseynova

Phytoplasmas are Plant Pathogens

Phytoplasmas are a group of wall-less phytopathogenic micro-organisms related to low G+C content, gram-positive bacteria. Due to the lack of *in vitro* growth, it is difficult to characterize and classify these plant pathogens. Phytoplasmas, constituted a monophyletic group within the class *Mollicutes* have been classified according to 16S-rDNA phylogeny and RFLP profiles into 30 phylogenetic groups. These polymorphic microorganisms with sizes variable from 200 to 800 nm cause hundreds of diseases worldwide and are transmitted from plant to plant by sap-feeding hemipteran insects. Plants infected by phytoplasmas exhibit an array of symptoms such as generalized yellowing, decline, necrosis, abnormal internodes elongation, stunting, development of green leaf like structures instead of flowers, sterility of generative organs etc.

Г.Ш. Балакишиева, А.Ч. Мамедов, И.М. Гусейнова

Фитоплазмы - Патогены Растений

Фитоплазмы - фитопатогенная группа микроорганизмов, которые являются грамм положительными, с низким содержанием гуанозин-цитидина, не имеющие клеточной стенки и близки к бактериям. Невозможность выращивания этих патогенов растений в условиях *in vitro* затрудняет их охарактеризование и классификацию. Фитоплазмы, составляющие монофилетическую группу внутри класса *Mollicutes* согласно филогении 16S-рРНК и профилю RFLP делятся на 30 филогенетических групп. Это микроорганизмы полиморфного строения с диаметром приблизительно 200-800 нм, являющиеся возбудителями сотни болезней, передаются с одного растения на другое посредством насекомых. В результате болезней, вызванных фитоплазмами, у растений возникают общее пожелтение, увядание, некроз, неспецифическая деформация органов, одревеснение стволов, мелколистность, стерильность в генеративных органах, преждевременное расцветание и другие специфические признаки.