Field Crop Studies (2018) XI(1): 5-16
http://fcs.dai-gt.org/bg/

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

REVIEW

# Основни представители от разред *Hemiptera* (*Sternorrhyncha*), подразред *Aphididae* в люцерновата агроценоза. Литературен обзор

**Ивелина Николова**[1]

[1] Институт по фуражните култури, Плевен; ул. ”Генерал Владимир Вазов” 89

**Автор за кореспонденция:** Ивелина Николова; E-mail: imnikolova@abv.bg

# Major insect pests from the order *Hemiptera* (*Sternorrhyncha*), suborder *Aphididae* in alfalfa agrocenoses. Review

**Ivelina Nikolova**[1]

[1]Institute of Forage Crops, Pleven, “General Vladimir Vazov” str. 89, Bulgaria

**Corresponding Autor:** Ivelina Nikolova; E-mail: imnikolova@abv.bg

Received: September 2018 / Accepted: September 2018 /

Published: September 2018 © Author(s)

## Abstract

*Nikolova, I. (2018). Major insect pests from the order Hemiptera (Sternorrhyncha), suborder Aphididae in alfalfa agrocenoses. Review. Field Crops Studies, XI(1), 5-16.*

The report is a brief overview of entomofauna of *Aphididae* suborder in alfalfa agrocenoses - one of the most globally important pests in alfalfa. Presented are essential and economically important aphids in various regions of the world, as a result of their feeding strongly reduced productivity, seed quality, and length of life of feed plants. In addition to the direct damage that they caused, they are carriers of dangerous viral diseases to plants and can completely destroy the plants. Described the mechanism of injury of the dominant species and damages that occur as a response in the plant organism. Indicated some directions for future research.

**Key words:** Suborder *Aphididae*, species, Mechanism of injury, Alfalfa agrocenoses

## Основни представители от разред *Hemiptera*, *Sternorrhyncha*, подразред *Aphididae*

Hemiptera, най-големият разред насекоми с непълна метаморфоза, се състои от над 80 000 видове (Sorensen et al., 1995), класифицирани в четири подразреда – *Cicadomorpha* (цикади), *Fulgoromorpha* (цикади), Heteroptera (дървеници) и *Sternorrhyncha* (листни въшки, бълхи, щитоносни въшки, и белокрилки). Морфологичният белег, обединяващ всички представители, е типът устен апарат, модифициран в пробивно-смучещ стилет. Мнозинството от тях преференциално се хранят с флоемен клетъчен сок, докато само някои групи цикади (*Cicadoidea*), цикади - пянотворки (Cercopoidea) и други преференциално се хранят с клетъчен сок от ксилемата (Backus et al., 2004).

Сред едни от най-глобално значимите неприятели по люцерната са листните въшки (*Hemiptera*: *Aphididae*), които в някои региони се хранят непрекъснато и изключително само в люцернови посеви през цялата година (Klingler et al., 2007). Те могат да унищожат растенията, поради което са били традиционно контролирани чрез инсектициди, въпреки че се увеличават производствените разходи, отрицателните въздействия върху околната среда и възникването на резистентност, свързана с инсектицидите приложения (Oerke and Dehne, 2004). Появяват се ежегодно, намножават се в голяма плътност и могат бързо да обхванат големи площи. Популационната им плътност значително варира в различните части на заетите площи, което налага постоянното им наблюдение.

Листните въшки са развили много специфични части на устния апарат, наречени стилети, които преминават през кутикулата, епидермиса и мезофила, за да се формира мястото на хранене във флоемните решетъчни елементи (Tjallingii 2006; Will et al., 2009). Слюнката на листната въшка, която се инжектира от стилетите във флоема или в околните тъкани на гостоприемника, може да съдържа ефектори, които са разпознват от R протеините (Hogenhout and Bos, 2011). Въшките, хранещи се с растителната клетъчна тъкан, трябва да поемат достатъчно количество хранителен разтвор, поради малкия си размер на тялото и мека кутикула, която ги прави уязвими на бързо обезводняване. Поради тази причина, оцеляването на листните въшки зависи от тяхната възможност да достигнат до флоемните снопове, като избягват или преодоляват отбранителната реакция на растението, и запазват живи флоемните клетки (Giordanengo et al., 2010). Чрез храненето си, неприятелите нанасят леко физическо увреждане на растенията. За достъп до клетъчния сок, листните въшки са разработили „стратегия”, чрез която техните стилети се насочват към решетъчните тръби главно чрез апопластичното отделение (пространство). Храненето им изисква те да преодолеят редица растителни съпротивления, вариращи от запушване на решетъчната тръба и активиране на

фитохормон-сигнални пътища до експресия (изразителност, ярка проява) на молекулите срещу насекомите (Will et al., 2007; Gao et al., 2008). В хода на този извънклетъчен транзит до решетъчните тръби, стилетите също преодоляват вътреклетъчни бариери за оценяване на вътрешния хранителен състав на растението - гостоприемник (Gallo et al., 2002). В допълнение, заобикаляйки съпротивителната защита на растенията, листните въшки засягат първичния метаболизъм, който може да осигури подобряване на състава на хранителните вещества на клетъчния сок, необходим за растежа и развитието на растенията. При взаимодействието между растението и листните въшки, те чрез своето хранене и размножаване причиняват различни промени в растението, включително морфологични изменения, модифициращи разпределението на ресурсите на различни местни и системни симптоми. Повторните слюнчените секрети, инжектирани от първото пробиване в епидермалната тъкан до поглъщането на сока чрез решетъчната тръба, могат да играят решаваща роля относно съвместимостта между листната въшка и растението (Giordanengo et al., 2010). Ето защо, по-доброто познаване на физиологичната и генетична основа на взаимодействието растение - листни въшки е от значение за ефективен контрол на листните въшки (Guo et al., 2012).

Според Divol и колектив (2005), листните въшки при заразяване индуцират системен ефект върху експресията на гени, участващи в модификация на клетъчната стена, воден транспорт, витамини, биосинтеза, фотосинтеза, и асимилация на въглерод и азот. Този системен ефект може да предизвика растителни защитни реакции, които да ограничат следващо нападение по други части на растението, или да предизвика растителни реакции, които да улеснят привличането на други листни въшки. Системните реакции са молекулни, химични или морфологични процеси, които се извършват в неповредените части на нападнатите растения. Те включват растителни реакции, предавани по съдовата тъкан, както и такива, свързани със самостоятелно освободени летливи вещества (Heil and Ton, 2008).

Освен преките повреди, които причиняват, листните въшки са преносители на опасни вирусни заболявания по растенията, едно от които е люцерновия мозаичен вирус (AMV), чрез които неприятелите могат да предизвикат тежки икономически загуби при отглеждането на люцерната (Katis et al. 2007; Bol, 2010; Zumoffen et al., 2012). Според van Emden и Harrington (2007), граховата листна въшка, *Acyrthosiphon (Acyrthosiphon) pisum* Harris е ефективен вектор и е преносител на повече от 30 вида вируси, включително жилкова мозайка (*Pea enation mosaic virus*, PEMV) и жълтеница по бакла (*Broad bean roll virus*, BLRV). Soroka and Otani (2011) докладват, че видът е най-важния насекомо-вектор сред вирусите по бобовите култури, причиняващ включително

вертицилийно увяхване (*Verticillium alboatrum* Reinke and Berth.).

Като основни вредни видове по люцерната в света се посочват четири вида от семейство Aphididae - петнистата люцернова листна въшка, *Therioaphis maculata* Buckton (Integrated Taxonomic Information System (ITIS) = *Therioaphis trifolii trifolii* Monell) (Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: April 2013), *Acyrthosiphon (Acyrthosiphon) kondoi* Shinji, *A. pisum* Harris и *Aphis craccivora* Koch (Pons et al., 2009; Rakhshani et al., 2009; Zumoffen et al., 2012; Ryalls et al., 2013; Ximenez-Embun et al., 2014). Pierce (2013) съобщава, че петнистата люцернова листна въшка отделя и инжектира токсин, който причинява значителна вреда върху растенията и може да предизвика загиване на младата люцерна във фенофаза стъблообразуване. В такива посеви на определени петна растежът е силно потиснат и се наблюдават жълти или хлоротични петна по листата.

Листните въшки са едни от основните неприятели при люцерната в Испания, като *A. pisum*, *A. craccivora* и *T. trifolii* са най-често срещаните видове. Въпреки че присъстват през целия вегетационен период в посевите, при надвишаване на определен праг на вредност, те предизвикат сериозни икономически щети (Pons et al., 2005).

Rakhshani и колектив (2010) в Исфахан, Иран съобщават, че *A. pisum* и *T. trifolii* форма *maculata* (Buckton) заемат съответно 24% и 28% от общата популационна плътност на листните въшки. През вегетационния период в люцернови посеви в Сърбия, Jovičić и колектив (2016) установяват *A. pisum*, *T. trifolii* и *A. craccivora*, които доминират и в Северните райони на Чили (Grez et al., 2010).

Граховата листна въшка има космополитно разпространение в страните с умерен климат. Смята се, че видът е с Палеарктическо-Ориенталски произход (Julier et al., 2004). Открит е за пръв път в Отава – Канада в края на 19 век (Johnson, 1900), но се появява в повечето части на света и се превръща в добре познат вредител при люцерната в Европа, Америка и Океания (Julier et al., 2004). Характерно за този вид е, че може да се появи силно генетично разнообразие между популациите с различни предпочитания и диапазон на гостоприемници (van Emden, 2007).

*Acyrthosiphon pisum* е един от най-важните неприятели сред различните видове въшки, които основно атакуват полетата с люцерна, но се хранят и с други бобови растения като грах, бакла, фасул, леща (Jorgensen, 2005; Soleimani and Madadi, 2015). Видът е олигофаг и се храни във флоемните решетъчни тръби. Повредите от граховата листна въшка се изразяват в изсмукване на растителен сок от листа, стъбла, цветове и бобове. Установено е, че при хранене, слюнката на *A. pisum* съдържа девет протеини, от които

един е хомолог на ангиотензин-конвертиращия ензим (на металопротеаза M2), един M1 цинк-зависима металопротеаза, един глюкозо-метанол-холин (GMC) - оксидоредуктаза и хомолог на регукалцин (предполагаем калций-свързващ протеин). Другите пет протеини не са хомолози на описаните по-горе и включват високо съдържание на слюнчест протеин (представен от ACYPI009881), с прогнозна дължина от 1161 аминокиселини и високо съдържание на серин, тирозин и цистеин (Carolan et al., 2009). Предполага се, че аминокиселинният състав на слюнчестия протеин има защитна роля и предпазва устния апарат от защитни растителни процеси.

Храненето е свързано с пренасочване основно на захари, както и други вещества, образувани чрез процеса фотосинтеза към корените, което възпрепятства използването на фотосинтетичните продукти за растеж на растенията и може да причини листна хлороза, увяхване, спиране на растежа, потискане на цъфтежа и формирането на семена, както и загиване на зимуващите растения (Goggin, 2007). *Acyrthosiphon pisum* е най-важният насекомен вектор на вирусите по бобовите култури, включително вертицилийното увяхване (*Verticillium alboatrum* Reinke and Berth.) - най-разрушителната болест по люцерната в Европа, срещу която основната стратегия се свързва с генетичната селекция (Negahi et al., 2013).

Изследвания върху поведението на листната въшка по повърхността на растенията показват, че предпочитанието на вида към даден гостоприемник е химически медиирано и включва хеморецепция, която вероятно се дължи на вторични съединения, намиращи се в епидермалните или мезофилни клетки. Листните въшки не могат да различат от разстояние гостоприемника от негостоприемника, но определят дали той е подходяща храна или не, след кратки проби и смукване (Caillaud, 1999).

За разлика от грахова листна въшка, петниста люцернова листна въшка (*T. maculata*) инжектира слюнчени токсини при хранене, които могат да убият не само младите, податливи на заразяване люцернови растения, но и напреднали в развитието си растения. Един от ранните симптоми на проявена токсичност е жилково пожълтяване. *Therioaphis maculata* образува много по-големи количества медена роса в сравнение с граховата листна въшка. Медената роса може да благоприятства растежа на мухъл по листата на люцерна, да намали апетитността на фуража и неговото качество (*Soroka and Otani, 2011*).

Петнистата листна въшка е адаптирана към топли, сухи климатични условия, с пикова активност в края на пролетта, лятото и есента, и може да развие едно поколение в рамките на седем дни при температура от 27°C, което я прави изключително сериозен вредител за люцерната, отглеждана в топли и сухи райони (Ryalls et al., 2013).

*Aphis craccivora* се характеризира с широк диапазон от растения гостоприемници, принадлежащи към различни семейства (приблизително 50 вида от 19 семейства). Листната въшка е важен неприятел при *Vigna unguiculata* L., една от най-важните хранителни култури в полупустинни тропическите региони, включително Азия, Африка, Южна Европа, Централна и Южна Америка (Yang et al., 2015). *Aphis craccivora* обикновено се храни с няколко вида бобови растения (семейство Fabaceae) по целия свят, включително и люцерна, боб, нахут, леща, лупина, и фъстъци. Листните въшки повреждат растенията директно чрез хранене с растителните тъкани на листа, бобове и други органи, или нанасят косвена повреда чрез предаването на вирусни заболявания (Sainsbury et al., 2010; Kamphuis et al., 2012). Видът може да причини големи щети, дори в ниска популационна плътност, поради способността му да предава най-малко 14 вируси (Sainsbury et al., 2010; Agunbiade et al., 2013).

Подобно на *A. pisum*, *A. craccivora* е разпространена почти по целия свят, но най-вероятно произхожда от топлите райони на Южна Европа (van Emden, 2007). Видът най-често се свързва с бобовите култури в Австралия, но има потенциал да стане по-вредоносен вид за фуражните бобови растения (включително люцерна) с изменението на климата (Edwards, 2001).

В исторически план, в САЩ *A. craccivora* не се определя като основен неприятел при бобовите култури, особено при фуражните. Въпреки това, според някои изследователи (Summers, 2000; Palumbo and Tickes, 2001; Rice, 2002), статутът на този вид като вредител при *M. sativa* се е променил в последните 10 години, и те докладват за повече от 20 случая на висока популационна плътност на *A. craccivora* в люцернови посеви.

*Acyrthosiphon kondoi* е един от инвазивните видове в Европа, който в момента е с ограничено разпространение и е установен в Гърция и Франция (Coeur d'acier et al., 2010). Видът се съобщава като един от основните вредители по люцерна в Австралия и Нова Зеландия, но в близкия Изток, Иран и други страни, заедно с *A. craccivora*, е в ниска плътност и не застрашава люцерновите посеви (Rakhshani et al., 2010).

Листните въшки, надвишавайки икономическия праг на вредност, нанасят сериозни повреди, водещи до понижаване на добивите и влошаване качеството на продукцията (*Soroka and Otani, 2011*), като при масова инвазия люцерната постига средно едва около 50% от своя потенциален добив (Foyer et al., 2016). Някои автори установяват, че храненето на въшките причинява големи листни щети и увеличава съдържанието на коместрол (фитоестроген) в нападнатите люцернови растения (Loser, 1968; Kain and Biggs, 1980).

За условията на България редица автори (Grigorov, 1964, 1965, 1968; Popova,

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

1968; Ivanova, 2004; Bogatsevska et al., 2008; Nikolova, 2012) съобщават *T. maculata* като един от основните видове листни въшки при люцерната. Друг преобладаващ вреден вид е граховата листна въшка (Grigorov, 1980; Ivanova, 2004; Bogatsevska et al., 2008). В ранно свое проучване Popova (1968) докладва, че в посевите се срещат *Aphis medicaginis* Koch., *A. pisum*, *T. maculata*, но преобладаващ вид е *A. medicaginis*.

Значително по-късно Ivanova и Babrikova (2002) съобщават, че за региона на Пловдив в люцерновите посеви най-широко разпространение и висока численост имат *A. medicaginis* и *A. pisum*, които се характеризират с два пика в популационната си плътност през вегетационния период. В резултат на мониторинг на семейство Coccinellidae (Coleoptera) са установени четири вида хищни калинки, свързани с люцерната, които осъществяват най-ефективна борба с вредните насекоми: *Hippodamia (Hippodamia) variegata* Goeze, *Coccinella septempunctata* L, *Propylea quatuordecimpunctata* Linnaeus и *Adalia (Adalia) bipunctata* Linnaeus. Тяхната плътност, според авторите, силно зависи от плътността на неприятелите. Atanasova (2011), за района на Пловдив, съобщава четири вида листни въшки (семейство Aphididae), като най-високо процентно участие заема *A. pisum* – 63.19%, следван от *T. maculata* – 31.31%. Видовете *A. craccivora* и *A. fabae* се срещат рядко и заемат съответно 2.31% и 3.19% от общата численост на листните въшки.

## Заключение

**В заключение** може да се подчертае, че едни от най-значимите неприятели по люцерната са листните въшки (Hemiptera: Aphididae), които се появяват ежегодно, намножават се в голяма плътност и могат бързо да обхванат големи площи. Чрез своето хранене във флоемните решетъчни елементи и размножаване причиняват различни промени в растението, включително морфологични изменения, както и засягат първичния метаболизъм, който може да осигури подобряване на състава на хранителните вещества на клетъчния сок, необходим за растежа и развитието на растенията. Освен преките повреди, които причиняват, листните въшки са преносители на опасни вирусни заболявания. Основни вредни видове по люцерната са петнистата люцернова листна въшка, *Therioaphis maculata* Buckton, *Acyrthosiphon pisum* Harris и *Aphis craccivora* Koch., които надвишавайки икономическия праг на вредност, нанасят сериозни повреди, водещи до понижаване на добивите и влошаване качеството на продукцията.

## Литература
## References

Agunbiade, T.A., Sun, W.L., Coates, B.S., Djouaka, R., Tamò, M., Ba M.N., et al. (2013). Development of reference transcriptomes for the major field insect pests of cowpea: a toolbox for insect pest management approaches in West Africa. PLOS ONE 8: e79929. doi: 10.1371/journal.pone.0079929. pmid:24278221

Atanasova, D. (2011). Study of the insect pests and their entomophagos on alfalfa (*Medicago sativa* L.). PhD Thesis. Plovdiv, Bulgaria. (Bg)

Backus, E.A., Serrano, M.S. & Ranger, C.M. (2004). Mechanisms of Hopperburn: An Overview of Insect Taxonomy, Behavior, and Physiology. Annual Review of Entomology, 50, 125–151.

Bogatsevska, N., Hristova, D., Simova, S., Staneva, E., Nakova, R., Dimitrova, Ts., Kiryakov, I. & Grigorova, P. (2008). Manual for integrated pest management in grain legumes. Sofia. (Bg)

Bol, JF. (2010). Alfalfa mosaic virus. In: B.W.J. Mahy, and M.H.V. Van Regenmortel (Eds.): Desk Encyclopedia of Plant and Fungal Virology. Elsevier and Academic Press, Oxford, UK. 85-91.

Caillaud, MC. (1999). Behavioural correlates of genetic divergence due to host specialization in the pea aphid, Acyrthosiphon pisum. Entomologia Experimentalis et Applicata, 91, 227–232.

Carolan, JC., Fitzroy, C.I.J., Ashton, P.D., Douglas, A.E. & Wilkinson, T.L. (2009). The secreted salivary proteome of the pea aphid Acyrthosiphon pisum characterised by mass spectrometry. Proteomics, 9, 2457–2467.

Coeur d'acier, A., Perez Hidalgo, N. & Petrović-Obradović, O. (2010). Aphids (*Hemiptera*, *Aphididae*), Chapter 9.2. In: A. Roques, J. Y. Rasplus, C. Lopez-Vaamonde, W. Rabitsch, M. Kenis & W. Nentwig (Eds.): Terrestrial invertebrate invasions in Europe. BioRisk, 435-474.

Divol F., Vilaine, F., Thibivilliers, S., Amselem, J., Palauqui, J.C., Kusiak, C. & Dinant, S. (2005). Systemic response to aphid infestation by *Myzus persicae* in the phloem of Apium graveolens. Plant Molecular Biology, 57, 517–540.

Edwards, OR. (2001). Interspecific and intraspecific variation in the performance of three pest aphid species on five grain legume hosts. Entomologia Experimentalis et Applicata, 100, 21–30.

Foyer, CH., Rasool, B., Davey, J.W. & Hancock, R.D. (2016). Cross-tolerance to biotic and abiotic stresses in plants: a focus on resistance to aphid infestation. Journal of Experimental Botany, 67 (7), 2025-2037.

Gallo D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Baptista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S. & Omoto, C. (2002). Entomologia agrícola. FEALQ,

Piracicaba, Brazil. 920.

Gao, L.-L., Anderson, J.P., Klingler, J.P., Nair, R.M., Edwards, O.R. & Singh, K.B. (2008). Characterization of pea aphid resistance in *Medicago truncatula*. Plant Physiology, 146, 996–1009.

Giordanengo, P., Brunissen, L., Rusterucci, C., Vincent, C., van Bel, A., Dinant, S., Girousse, C., Faucher, M.& Bonnemain, J.L. (2010). Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses. Comptes Rendus Biologies, 333 (6-7), 516-523.

Goggin, FL. (2007). Plant–aphid interactions: molecular and ecological perspectives. Plan biology, 10 (4), 399–408.

Grigorov, St. (1964). Plant Protection, 12, 4, 33-38. (Bg)

Grigorov, St. (1965). Leaf aphids and their management. Sofia, Zemizdat. (Bg)

Grigorov, St. (1968). Leaf aphids. Higher Agricultural Institute "G. Dimitrov, Scientific Writings XIX, Crop Production, 191-209. (Bg)

Grigorov, St. (1980). Leaf aphids and their control. Zemizdat, Sofia. (Bg)

Guo, S-M., Kamphuis, L.G., Gao, L-L., Klingler, J.P., Lichtenzveig, J., Edwards, O. & Singh, K.B. (2012). Identification of distinct quantitative trait loci associated with defence against the closely related aphids *Acyrthosiphon pisum* and *A. kondoi* in *Medicago truncatula*. Journal of Experimental Botany, 63 (10), 3913-3922.

Grez, AA., Torres, C., Zaviezo, T., Lavandero, B. & Ramírez, M. (2010). Migration of coccinellids to alfalfa fields with varying adjacent vegetation in Central Chile. Ciencia e investigación agrarian, 37 (2), 111-121.

Heil, M. & Ton, J. (2008). Long-distance signalling in plant defence. Trends of Plant Science, 13, 264–272.

Hogenhout, S.A. & Bos, J.I.B. (2011). Effector proteins that modulate plant–insect interactions. Current Opinion in Plant Biology, 14, 422-428.

Ivanova, M. (2004). The alfalfa entomofauna in the Plovdiv region and the prognosis of the occurrence of some harmful species. PhD Thesis. Sofia, Bulgaria. (Bg)

Ivanova, M. & Babrikova, T. (2002). Monitoring of the beneficial coccinellids in alfalfa agrocenoses and possibilities for biological pest control. Journal of Environmental Protection and Ecology, 53 (4), 878-882.

Johnson, W.G. (1900). The destructive green-pea louse. The Canadian Entomologist, 32, 56–60.

Jorgensen, A.E. (2005). Conserving natural enemies control Ligus in Washington state alfalfa fields. PhD theses Washington state University, USA.

Jovičić, I., Radonjić, A. & Petrović-Obradović, O. (2016). Aphids (Hemiptera: Aphididae) on Alfalfa and and their Coccinellid Predators in Serbia: Seasonal Abundance. Acta zoologica Bulgarica, 68 (4), 581-587.

Julier, B., Bournoville, R., Landré, B., Ecalle, C. & Carré, S. (2004). Genetic analysis of lucerne (*Medicago sativa* L.) seedling resistance to pea aphid (*Acyrthosiphon pisum* Harris). Euphytica, 138, 133–139.

Kain, WM. & Biggs, D.R. (1980). Effect of pea aphid and bluegreen lucerne aphid (*Acyrthosiphon* spp.) on coumestrol levels in herbage of lucerne (*Medicago sativa*). New Zealand Journal of Agriculture Research, 23, 563-570.

Kamphuis, L.G., Gao, L. & Singh, K.B. (2012). Identification and characterization of resistance to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in *Medicago truncatula*. BMC Plant Biology, 12, 101-109.

Katis, N.I., Tsitsipis, J.A., Stevens, M. & Powell, G. (2007). Transmission of Plant Viruses. In: H. F. Van Emden, and R. Harrington (eds.), Aphids as Crop Pests. CAB International, 353-390.

Klingler, J.P., Edwards, O.R. & Singh, K.B. (2007). Independent action and contrasting phenotypes of resistance genes against spotted alfalfa aphid and bluegreen aphid in Medicago truncatula. New Phytologist, 173, 630–640.

Loser, GM. (1968). Effect of aphid infestation on the coumesterol content of alfalfa varieties differing in aphid resistance. Crop Science, 8,104–106.

Negahi, A., Sarrafi, A., Ebrahimi, A. et al. (2013). Genetic variability of tolerance to Verticillium albo-atrum and Verticillium dahliae in Medicago truncatula. Europian Journal of Plant Pathology, 136 (1), 135-143.

Nikolova, I. (2012). Study on the qualitative composition and population dynamics of leaf aphids (*Homoptera*: *Aphidinea*) in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Plant Sciences, 49, 55-61. (Bg)

Oerke, E.C. & Dehne, H.W. (2004). Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protection, 23, 275–285.

Palumbo, J. & Tickes, B. (2001). Cowpea aphid in alfalfa. U Ariz. Coop. Ext. Yuma County Farm Notes. The University of Arizona Cooperative Extension, Tucson, AZ.

Pierce, J., 2013. Alfalfa Integrated Pest Management: Aphids. GuideA, 339, 1-4.

Pons, X., Núňez, E., Lumbierres, B. & Albajes, R. (2005). Epigeal aphidophagous predators and the role of alfalfa as a reservoir of aphid predators for arable crops. Europian Journal of Entomology, 102, 519–525.

Pons, X., Lumbierres, B. & Albajes, R. (2009). Heteropterans as aphid predators in inter-mountain alfalfa. Europian Journal of Entomology, 106 (3), 369-378.

Popova, B. (1968). The alfalfa entomofauna. Academy of Agricultural Sciences, Institute of Plant Protection, Kostinbrod, Sofia, 5-151. (Bg)

Rakhshani, H., Ebadi, R., Hatami, B., Rakhshani, E. & Gharali, B. (2009). A survey of alfalfa aphids and their natural enemies in Isfahan, Iran, and the effect of alfalfa strip-harvesting on their populations. Journal of Entomological Society of Iran, 30 (1), 13-28.

Rakhshani, H., Ebadi, R. & Mohammadi, A.A. (2010). Population dynamics of alfalfa aphids and their natural enemies, Isfahan, Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 11, 505-520.

Rice, M. (2002). Cowpea aphid: a new pest in Iowa alfalfa . Iowa State University Integrated Crop Management. Iowa State University Cooperative Extension, Ames, IA.

Ryalls, J.M.W., Riegler, M., Moore, B.D. & Johnson, S.N. (2013). Biology and trophic interactions of lucerne aphids. Agricultural and Forest Entomology, 15, 335–350.

Sainsbury, F., Cañizares, M.C. & Lomonossoff, G.P. (2010). Cowpea mosaic virus: the plant virus-based biotechnology workhorse. Annual Revew of Phytopathology, 48, 437–455.

Sorensen, JT., Campbell, B.C., Gill, R.J. & Steffen-Campbell, J.D. (1995). Non-monophyly of *Auchenorrhyncha* ("*Homoptera*"), based upon 18S rDNA phylogeny: eco-evolutionary and cladistic implications within a pre-*Heteropterodea Hemiptera* (s.l.) and a proposal for new monophyletic suborders. Pan-Pacific Entomologist, 71, 31–60.

Soleimani, S. & Madadi, H. (2015). Seasonal dynamics of: the pea aphid, *Acyrthosiphon pisum* (Harris), its natural enemies the seven spotted lady beetle *Coccinella septempunctata* Linnaeus and variegated lady beetle *Hippodamia variegata* Goeze, and their parasitoid *Dinocampus coccinellae* (Schrank). Journal of plant protection research, 55 (4), 421-428.

Soroka, J. & Otani, J. (2011). Arthropods of Legume Forage Crops. In Arthropods of Canadian Grasslands (Volume 2): Inhabitants of a Changing Landscape. Edited by K. D. Floate. Biological Survey of Canada. pp. 239-264.

Summers, C.G. (2000). Tiny pest threatens California alfalfa crop. Calif. Alf. Forage Rev. vol. 3. University of California, Davis, CA.

Tjallingii, WF. (2006). Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. Journal of Experimental Botany, 57, 739-745.

van Emden, H.F. (2007). Host-plant resistance. Aphids as Crop Pests (ed. by H. F. van Emden & R Harrington), pp. 447. CABI, U.K.

van Emden, H.F. & Harrington, R. (2007). Aphids as Crop Pests. CAB International, UK, 717 pp.

Will, T., Kornemann, S.R., Furch, A.C.U., Tjallingii, W.F. & van Bel, A.J.E. (2009). Aphid watery saliva counteracts sieve-tube occlusion: a universal phenomenon?. Journal of Experimental Biology, 212, 3305-3312.

Will, T., Tjallingii, W.F., Thönnessen, A. & van Bel, A.J.E. (2007). Molecular sabotage of plant defense by aphid saliva. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104, 10536–10541.

Ximenez-Embun, M.G., Zaviezo, T. & Grez, A. (2014). Seasonal, spatial and diel

partitioning of *Acyrthosiphon pisum* (*Hemiptera*: *Aphididae*) predators and predation in alfalfa fields. Biological Control, 69, 1-7.

Yang, C., Pan, H., Liu, Y. & Zhou, X. (2015). Temperature and Development Impacts on Housekeeping Gene Expression in Cowpea Aphid, *Aphis craccivora* (*Hemiptera*: *Aphidiae*). PLoS ONE, 10 (6), 345-351.

Zumoffen, L., Salto, C. & Salvo, A. (2012). Preliminary study on parasitism of aphids (*Hemiptera*: *Aphididae*) in relation to characteristics of alfalfa fields (*Medicago sativa* L.) in the Argentine Pampas. Agriculture, Ecosystems & Environment, 159, 49-54.