

# Entomophaga maimaiga – мощен регулиращ фактор на популацията на гъботворката в Североизточна България

Чл.-кор. д.н. Георги ГЕОРГИЕВ, чл.-кор. д.н. Пламен МИРЧЕВ, проф. д-р Маргарита ГЕОРГИЕВА, д-р Севдалин БЕЛИЛОВ – ИГ – БАН, ас. Веселин ИВАНОВ, Любомира ГЕОРГИЕВА – СУ „Св. Климент Охридски“

*Entomophaga maimaiga* е видово специфичен гъбен патоген на гъботворката (*Lymantria dispar*), който през 1999 г. е интродуциран за борба с вредителя в България. В бр. 5 на сп. „Гора“ от 2007 г. е отпечатана информация за интродукцията на патогена в страната – „Високоэффективен патоген на гъботворката, интродуциран в България“. В бр. 6 – 7 от 2013 г. е публикуван материал „Неутрализирана ли е гъботворката?“, а в бр. 5 от 2014 г. – информация за използването на *E. maimaiga* в района на Държавното горско стопанство – Кирково – „Блестящ успех за биологичната борба с гъботворката“. Популярни статии за използването на *E. maimaiga* за борба с гъботворката в България са публикувани също и в други списания. Повече от 25 научни публикации върху биологията, екологията и използването на *E. maimaiga* в България са отпечатани в специализирани ентомологични списания у нас и в чужбина.

Посредством класическа биологична борба с помощта на патогена за последните 25 години са потиснати всички каламитети на гъботворката в страната, в резултат на което на горския отрасъл са спестени над 20 млн. лева.

Гъботворката (*Lymantria dispar* L.) (Lepidoptera: Erebidae) е най-опасният насекомен вредител в широколистните гори в Северното полукукло. Тя е разпространена естествено в Европа, Азия, Япония и Северна Африка, но през 1869 г. е пренесена случайно и в Северна Америка, където поради отсъствие на естествени врагове става главен вредител в новозаетите територии.

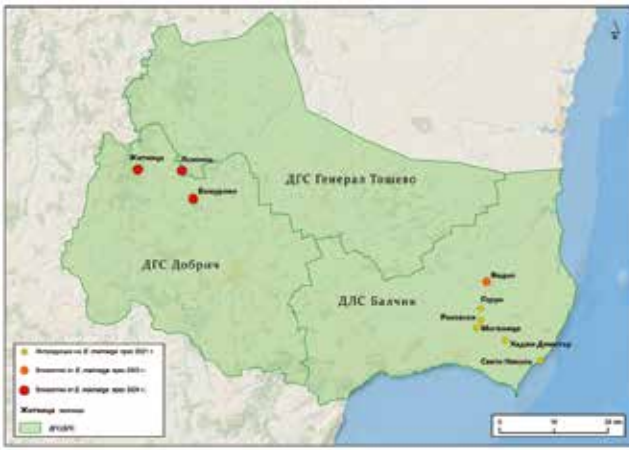
Ентомофторовата гъба *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu & Soper (*Entomophthorales: Entomophthoraceae*) е открита и описана като видовоспецифичен неприятел на гъботворката в Япония, където причинява силни епизоотии на гостоприемника. Естественият ареал на вида обхваща Япония, части на Китай и Далечния изток на Русия (Hajek et al., 2005). Първите опити за интродукция на *E. maimaiga* в САЩ са направени с биологичен материал от Япония през периода 1910 – 1911 г. (Speare, Colley, 1912), а повторно внасяне е извършено през 1985 – 1986 г. (Hajek et al., 1995). Двете интродукции първоначално са оценени като неуспешни, но през 1989 г. патогенът е установен едновременно в седем североизточни щата (Andreadis, Weseloh, 1990). В САЩ се осъществява широкомащабна програма за мониторинг и разширяване на ареала на *E. maimaiga* чрез изкуствено разселване в популациите на гостоприемника (McManus, 1995, Hajek, 1997). В местата, където видът е аклиматизиран в САЩ, щетите от гъботворката намаляват силно поради заразяване на значителна част от гъсениците – до 61 – 98 % (Hajek, 1997, Mott, Smitley, 2000).

България е втората страна в света и първата в Европа, в която е извършена интродукция на *E. maimaiga*. Гъбата е внесена успешно през 1999 г. в района на ДГС – Карлово (Pilarska et al., 2000), а повторни интродукции са извършени през 2000 – 2001 г. в района на Държавните горски стопанства в Своге и Асеновград. През 2005 г. са регистрирани първите силни епизоотии на гъботворката от патогена на територията на Държавните горски стопанства – Говежда, Ботевград, Хасково и

Таблица

Данни за използването на *Entomophaga maimaiga* за борба с гъботворката в България

Година	Стопанство	Смъртност на вредителя, %	Обезлистване, %
2008 – 2010	ДГС – Нова Загора	2009 г. – 87.5 2010 г. – 100	60 – 80 0
2009 – 2011	ДГС – Горна Оряховица	2010 г. – 97.4 2011 г. – 100	< 10 0
2009 – 2011	ДЛС „Черни Лом“	2010 г. – 95.0 2011 г. – 100	< 10 0
2010 – 2011	ДГС – Търговище	2011 г. – 100	< 10
2011 – 2012	ДЛС „Старо Оряхово“	2011 г. – 80.4 2012 г. – 100	40 – 60 0
2013 – 2014	ДГС – Кирково	2014 г. – 100	0
2021	ДГС – Видин	100	< 10
2021 – 2022	ДЛС „Несебър“	100	2021 г. – 95 – 100 2022 г. – 0
2021 – 2022	ОП „УОГСГС“ – Несебър	100	2021 г. – 95 – 100 2022 г. – 0
2021 – 2023	ДЛС „Балчик“	2021 г. – 26.1 2022 г. – > 95 2023 г. – 100	2021 г. – 30 – 40 2022 г. – < 10 2023 г. – 0
2023	ДЛС „Паламара“	90.7	< 10
2023	ДГС „Сеслав“ – гр. Кубрат	100	0
2023	ДЛС „Черни Лом“	100	0
2024	ДГС – Генерал Тошево	95 – 100	130 ха – 25 – 60 23 ха – 100
2024	ДГС – Добрич	90 – 100	1678 ха – 25 – 60 300 ха – 100



**Фиг. 1.** Места на интродукциите на *E. maimaiga* и епизоотиите на *L. dispar* в Североизточна България

Кирково (Pilarska et al., 2006). Масовата смъртност и бързото потискане на каламитетите на вредителя показва, че в комплекса на регулиращите фактори на вредителя се включва нов ефективен биоагент на *L. dispar*.

Жизненият цикъл на *E. maimaiga* е синхронизиран изключително добре с развитието на гъботворката. Активността на патогена през пролетта съпада с ларвното развитие на вредителя. Гъбата презимува в почвената постилка под формата на азигоспори (почиващи спори), които покълват при попада-

не в тялото на гостоприемника. Младите ларви на гъботворката се разсейват от вятъра и онези от тях, които попаднат върху почвата, се заразяват при пълзенето към дърветата. Подобно на останалите ентомофторови гъби патогенът прониква през кутикулата на ларвите. Ако има достатъчно валежи и влага в короните на дърветата, при храненето в телата на болните ларви се образуват конидиоспори, които чрез въздушни течения се пренасят и заразяват здравите гъсеници. Зараза с азигоспори може да настъпи и по-късно, когато възрастните гъсеници (след четвърта възраст) започнат да слизат за почивка през деня по дърветата в основата на стъблата или върху почвената постилка. Епизоотията настъпва обикновено към края на ларвното развитие, когато стъблата на дърветата се покриват с мъртви гъсеници на вредителя.

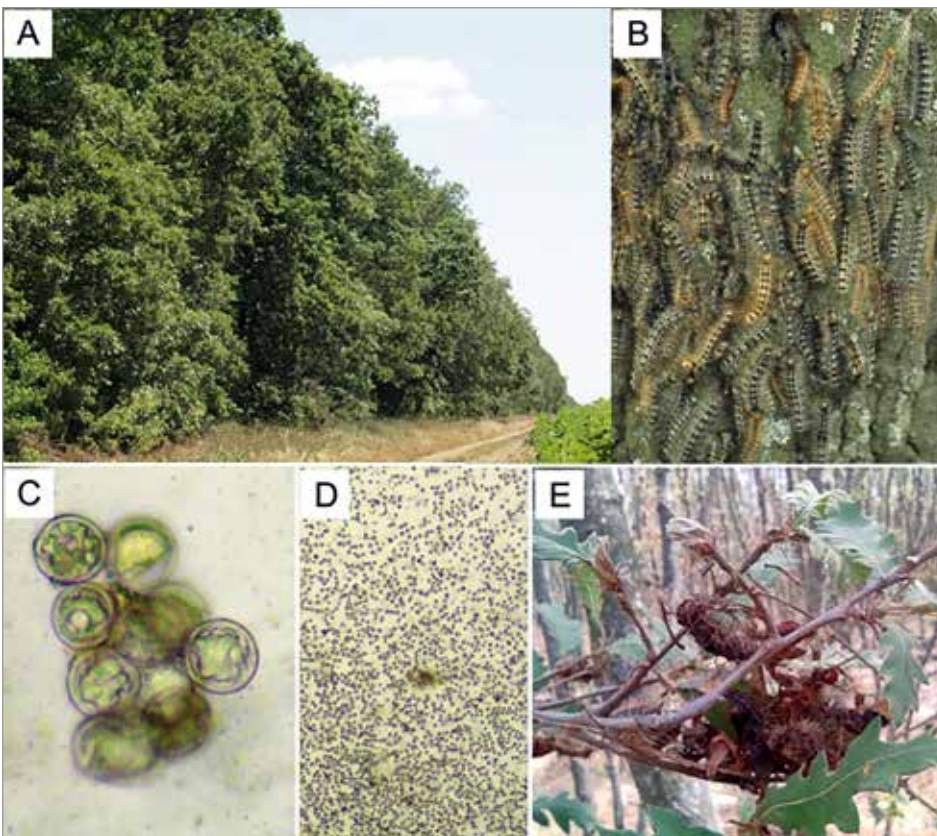
*Entomophaga maimaiga* е свързана почти изцяло само с *L. dispar*. В природни условия в САЩ патогенът е намиран единствено по гъботворка. В лабораторни условия при най-близко родствения вид – монахинята (*Lymantria monacha* L.), при изкуствено заразяване (инжектиране с протопласти на *E. maimaiga*) в телата само на 10 % от мъртвите гъсеници е констатирано развитие на азигоспори, за разлика от гъботворката, където всички мъртви гъсеници образуват азигоспори (Pilarska и др., 2016). При същите опити в природни условия в България (ДФС – Кирково) са констатирани само 0.2 % смъртност на монахинята от *E. maimaiga*, и 100 % – на гъботворката. Тези данни категорично характеризират патогена като видово специфичен за гъботворката, който е безопасен за останалите представители на ентомофауната в горските екосистеми.

След интродукцията на *E. maimaiga* през 1999 г., каламитетите на гъботворката в страната са потиснати чрез интродукция на патогена – първоначално в рамките на фундаментален научен проект с Фонд „Научни изследвания“ (2008 – 2012 г.), а впоследствие – чрез внасяне на зараза във всички новопоявили се популации (таблицата).

#### Потискането на каламитета на гъботворката в Североизточна България

През есента на 2020 г. в полезащитните горски пояси от цер на територията на ДЛС „Балчик“ са регистрирани яйчни купчинки на гъботворка върху 47 ха, от които 43.2 ха (91.9 %) в силна степен, които са предвидени за борба с вредителя. По предложение на Изпълнителната агенция по горите и Лесозащитната станция – Варна, Североизточното държавно предприятие – Шумен, решава да проведе биологична борба с гъботворката посредством използване на ентомопатогенната гъба *E. maimaiga*. Патогенът е интродуциран на 17.03.2021 г. с почва, съдържаща азигоспори на *E. maimaiga*, в десет места на територията на пет землища – селата Свети Никола, Хаджи Димитър, Могилище, Раковски и Горун (фиг. 1).

През 2021 г. смъртността на вредителя от *E. maimaiga* в района на ДЛС „Балчик“ засяга 26.1 % от гъсениците на гъботворката, при което обезлистването в нападнатите насаждения не надхвърля



**Фиг. 2.** Нападение от *L. dispar* и епизоотии, причинени от *E. maimaiga* в района на ДЛС „Балчик“: А – обезлистване на полезащитен пояс през 2021 г. (с. Хаджи Димитър); В – струване на заразени гъсеници по стъблата на дърветата през 2022 г. (с. Хаджи Димитър); С – азигоспори на *E. maimaiga* в мъртви гъсеници на *L. dispar* през 2022 г. (с. Хаджи Димитър); D – множествена ядрена полиедроза в мъртви гъсеници на *L. dispar* през 2022 г. (с. Хаджи Димитър); E – мъртви какавиди на *L. dispar* от *E. maimaiga* през 2023 г. (с. Видно)

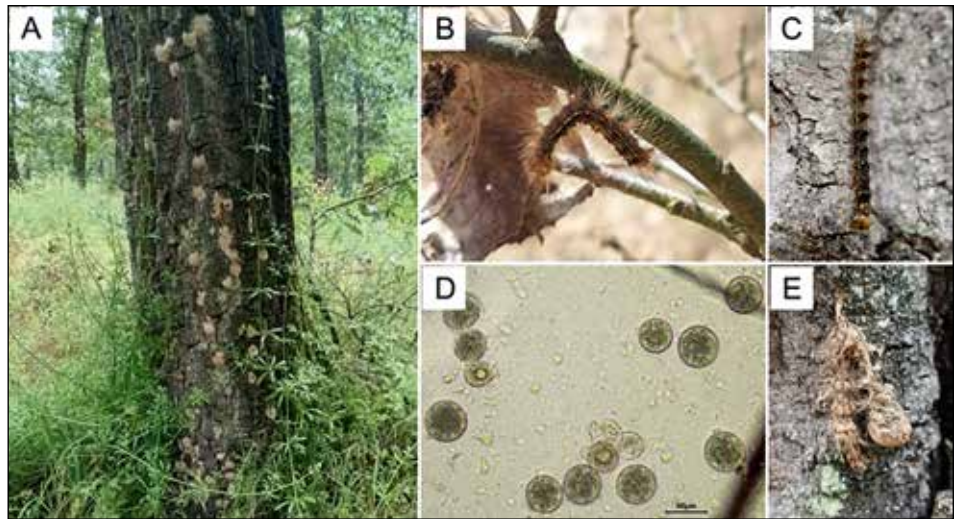
40 % (фиг. 2А). Индикатор за ефекта от биологичната борба е не само степента на нападение, но и популяционната плътност на вредителя преди и след интродукцията на патогена. При следващата генерация (2021 – 2022 г.) площта (47 ха) на нападнатите полезащитни пояси се запазва, но силните нападения (28.4 ха) намаляват с 40 % в сравнение с предишната генерация. През пролетта на 2022 г. е отчетено масово струпване на гъсеници на гъботворка по стъблата на дърветата (фиг. 2В), заразени от *E. taimaiga* (фиг. 2С), и вирус на множествена ядрена полиедроза на *L. dispar* (*LdMNPV*) (фиг. 2D). При генерацията от 2022 – 2023 г. яйчни купчинки на гъботворка са открити в 23 ха полезащитни горски пояси от цер в землището на селата Горичане и Видно, северно от местата на интродукцията на *E. taimaiga* (фиг. 1). През юли 2023 г. е регистрирана смъртност на какавидите на *L. dispar* от *E. taimaiga* (фиг. 2Е), която бележи края на каламитета на вредителя в ДЛС „Балчик“.

Добре е известно, че епизоотиите от *E. taimaiga* са гибелни не само в ларвен, но и в какавиден стадий на гостоприемника, обаче концентрацията на азигоспори в какавидите е много ниска (Hajek, 1999, Georgiev et al., 2019).

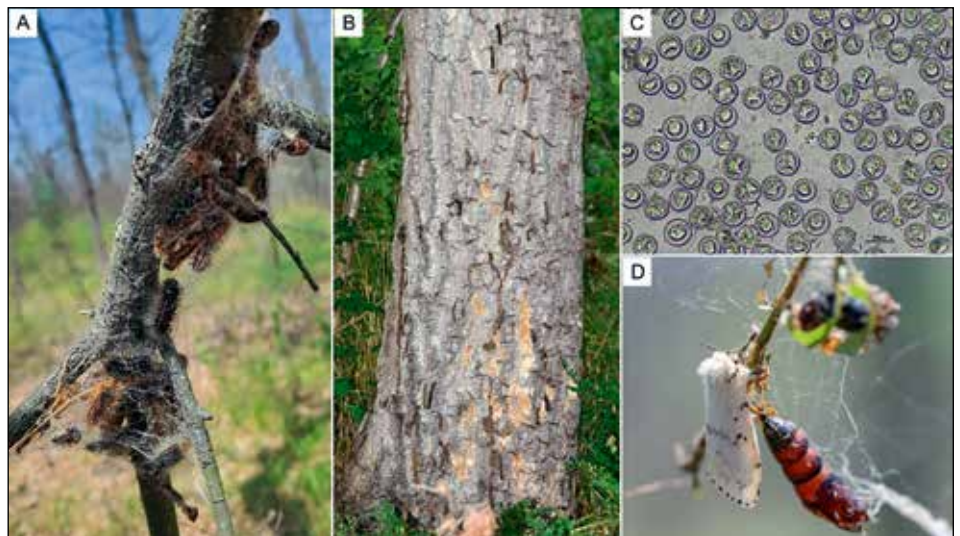
При генерацията от 2023 – 2024 г. не са регистрирани нападения от гъботворка в района на ДЛС „Балчик“, но в съседните две Държавни горски стопанства – Добрич и Генерал Тошево, са отчетени яйчни купчинки на вредителя. Направена е прогноза за обезлистване на повече от 2000 ха дъбови гори, предимно в силна степен, където през 2024 г. е планирано провеждане на микробиологична борба с вредителя. На съвещанието по лесозащита в ИАГ са изказани сериозни резерви относно необходимостта от назначаване на авиационна борба с вредителя поради близостта до районите с епизоотии на *E. taimaiga* на територията на ДЛС „Балчик“ и огромната вероятност за проникване на патогена в нападнатите гори. Отмяната на борбата на местно ниво по категоричен начин впоследствие потвърждава очакванията за наличие на *E. taimaiga* в местата на нападенията.

На 29 май 2024 г. са установени три масови епизоотии на гъботворката от патогена на територията на Държавните горски стопанства в Добрич и Генерал Тошево, землищата на селата Божурово, Лозенец и Житница (фиг. 1). Средната численост на вредителя е много висока – 16 – 55 яйцекупчинки на едно дърво (фиг. 3А), което осигурява потенциал за неколкостранно пълно обезлистване на насажденията.

Смъртността на гъботворката в по-близките до Балчик насаждения (с. Божурово и с. Лозенец) е засегнала основно младите ларви (първа – втора възраст), които са загинали в короните на дърветата. В по-малка степен смъртност в короните на дърветата



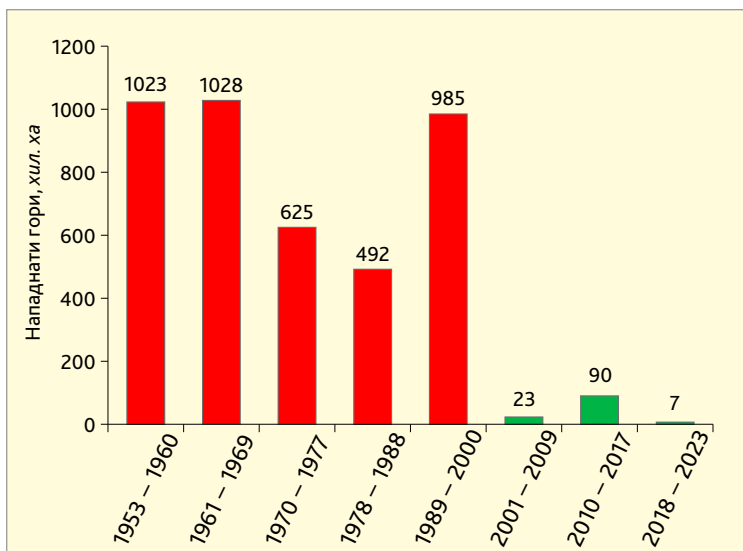
**Фиг. 3.** Нападение от *L. dispar* и епизоотии от *E. taimaiga* в района на ДГС – Добрич, и Генерал Тошево (29.05.2024 г.): А – силно нападение (с. Божурово), В – мъртва средновъзрастна ларва на гъботворка, загинала от *E. taimaiga* (с. Житница), С – загинала възрастна гъсеница на гъботворка от *E. taimaiga* (с. Житница), D – конидиоспори и азигоспори на *E. taimaiga* (с. Лозенец), Е – загинала гъсеница на гъботворка от *E. taimaiga* през 2023 г. (с. Божурово)



**Фиг. 4.** Състояние на популяцията на *L. dispar* в района на ДГС – Добрич и Генерал Тошево (18.06.2024 г.): А – масова смъртност в какавиден стадий (с. Житница), В – масова смъртност в последните ларвени възрасти (с. Лозенец), С – азигоспори в телата на мъртвите гъсеници (с. Лозенец), женска пеперуда на гъботворка (с. Житница)

е установена и при средновъзрастните ларви (трета – четвърта възраст) (фиг. 3В). Поради малкото количество останали живи ларви към момента на обследването обезлистването на двете насаждения е незначително – под 25 %. По стъблата на дърветата са открити единични мъртви гъсеници на гъботворка с типичните признаци за заразяване от *E. taimaiga* – захванати със задните крака и висящи с главата надолу (фиг. 3С).

В най-отдалеченото насаждение (с. Житница) на 29.06.2024 г. също е констатирана висока смъртност на младите ларви на гъботворката в короните на дърветата, но остатъчният жив запас е по-голям и обезлистването на насажденията достига 25 – 60 %. Микроскопските анализи на биологичен материал от трите обследвани насаждения показват наличие на конидиоспори и азигоспори на *E. taimaiga* в телата на загиналите гъсеници на гъботворката (фиг. 3D).



**Фиг. 5.** Нападнати гори при отделните градации на *L. dispar* в България през периода 1953 – 2023 г.

Обследването в района на с. Божурово на 29.05.2024 г. показва, че епизоотия на гъботворка от *E. maimaiga* е имало още през 2023 година. По стъблата на отделни дървета са открити запазени мумифицирани мъртви гъсеници на гъботворка (фиг. 3Е). Натрупаният инфекциозен запас през 2023 г. обяснява липсата на обезлистване в най-силно нападнатото насаждение (55 яйцекупчинки на едно дърво) през 2024 година.

Три седмици по-късно (18.06.2024 г.) обезлистването в част от насажденията в района на с. Житница – около 300 ха, достига 100 % (таблица). По стъблата на дърветата са регистрирани мъртви гъсеници с признаци от заразяване от *E. maimaiga*. Голяма част от заразените гъсеници правят неуспешни опити за какавидиране в общи групи в короните на дърветата (фиг. 4А).

В районите на селата Божурово и Лозенец на 18.06.2024 г. обезлистването на преобладаващата част от насажденията се запазва под 25 – 60 %. В първото находище смъртността на гъботворката от *E. maimaiga* е засегнала предимно младите ларви и по стъблата на дърветата почти липсват мъртви гъсеници. Във второто находище епизоотията е настъпила по-късно, в резултат на което по стъблата на дърветата са открити множество мъртви гъсеници на гостоприемника (фиг. 4В). Наличието на живи гъсеници от последните ларвни възрасти на вредителя води до пълно обезлистване на част от насажденията в района на с. Лозенец (23 ха) (таблица).

При микроскопските анализи в телата на мъртвите гъсеници на гъботворката е открито огромно количество азигоспори на *E. maimaiga* (фиг. 4С).

Парадоксално е, но обезлистването на част от насажденията допринася за по-голяма стабилност на дъбовите екосистеми срещу бъдещи нападения от гъботворка. В обезлистените насаждения има повече мъртви възрастни гъсеници с азигоспори на *E. maimaiga* в сравнение с насажденията, в които смъртността е засегнала предимно младите ларви. Известно е, че в трупите на младите гъсеници се образуват главно конидиоспори с кратка жизненост, а в трупите на възрастните гъсеници – предимно азигоспори (почиващи спори).

В районите на селата Житница и Лозенец са установени единични пеперуди от следващата генерация на вредителя (фиг. 4Д), но инфекциозният запас от *E. maimaiga* без съмнение ще оказва потискащо въздействие на новата ларвна популация.

След изсъхването и разпадането на трупите на гостоприемника азигоспорите на патогена се разсейват в почвената постилка, където устояват на неблагоприятните въздействия на околната среда. Почиващите спори запазват своята жизненост над 10 години и стават източник на зараза за дълъг период (Weseloh, Andreadis, 1997, Hajek et al., 2000 и др.). Изключително ценно качество е обстоятелството, че за разлика от останалите патогени – бактерии и вируси, регулиращата роля на гъбата се проявява както при висока, така и при ниска численост на гостоприемника. Доказано е, че ефективността на *E. maimaiga* не зависи от популационната плътност на гъботворката, а само от количеството на валежите през май и юни (Elkinton et al., 1991).

### Борба с вредителя

В страните от Южна и Централна Европа опазването на горите при висока численост на *L. dispar* се осъществява чрез авиационни третириания с инсектициди. Борбата с вредителя обикновено се води с бактериални препарати на основата на *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, *Saccharopolyspora spinosa* и инсектициди с физиологично действие (Dimilin, Mimic и др.). Бактериалните препарати на основата на *Bacillus thuringiensis* засягат почти всички представители на лепидоптерната фауна, а на основата на *Saccharopolyspora spinosa* – множество насекоми от различни разрези, в т.ч. редки и застрашени видове с голяма консервационна значимост. Инсектицидите с физиологично действие са широкоспектърни ларвициди, гибелни както за насекомите, така и за други групи членестоноги животни. Трябва да се отбележи, че прекомерното използване на тези инсектициди крие сериозни рискове за биологичното разнообразие в горските екосистеми.

До интродукцията на *E. maimaiga* в България нападенията от отделните градации на гъботворка възлизат на 492 000 – 1 028 000 ха въпреки системните авиационни третириания срещу вредителя (фиг. 5). След интродукцията на патогена не се води авиационна борба, но въпреки това при първите две градации са нападнати само 23 000 и 90 000 ха, а при третата (текуща в момента) градация – едва 7000 хектара.

*Entomophaga maimaiga* е класически елемент на биологичен контрол на *L. dispar* и разумна алтернатива на използването на огромни количества скъпоструващи бактериални препарати и инсектициди с физиологично действие в горите. В България са разработени теоретичните основи на интегрирана система за борба с гъботворката, с ключово място на *E. maimaiga* в нея. Патогенът непрекъснато разширява своя ареал и вече е открит и съобщен в почти всички страни от Югоизточна и Централна Европа.

Включването на *E. maimaiga* като основен елемент на интегрирана система за борба с гъботворката в Европа води до следните резултати:

- По-голяма стабилност на горските екосистеми вследствие повишаване на регулиращия потенциал на биотичния лимитиращ комплекс на *L. dispar*.
- По-рядко възникване и по-бързо затихване на каламитетите на най-опасния насекомоен вредител в горите.
- Огромно намаляване на употребата на инсектициди и средствата за борба с гъботворката (след края на научния проект през 2012 г. разходите на горското ведомство за потискане на каламитетите на гъботворката чрез използване на *E. maimaiga* са под 25 000 лв.).
- Запазване на биологичното разнообразие и подобряване на рекреационните качества на горите.