Растителна защита

електронно списание за растителна защита
семена, торове и земеделие
ISSN 2815-522X

Климатичните промени и телените червеи: промени в разпространението, вертикалната миграция и риска за земеделските култури

доц. д-р Гергана Кунчева, Шуменски университет "Епископ Константин Преславски"

Дата 02.11.2026 | **Брой** 11/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Език** BG
www.plant-protection.com/article/2488?lang=bg



Резюме

Климатичните промени изменят температурния и водния режим на почвата и могат съществено да повлияят върху разпространението, сезонната активност и вредите нанесени от телените червеи (Coleoptera: Elateridae). Продължителното развитие на ларвите в почвата ги прави силно зависими от почвения микроклимат, а вертикалната миграция им позволява частично да избягват неблагоприятни условия. Настоящото изследване обобщава наличните количествени данни за влиянието на температурата и почвената влажност върху вертикалното разпределение, преживяемостта и развитието на телените червеи и оценява възможните последствия от климатичните промени за риска за земеделските култури.

Анализираните данни показват ясно изразена сезонна динамика. При благоприятни температурни и водни условия ларвите се концентрират в повърхностните почвени слоеве, докато затоплянето и засушаването на повърхностния слой обикновено предизвикват придвижване в дълбочина. Умереното повишаване на температурата може да ускори развитието и да промени сроковете на сезонна активност, докато високите температури и продължителният температурен стрес могат да намалят преживяемостта. Видово специфичните реакции към температурата и влагата предполагат възможни промени в регионалното разпространение и видовия състав на Elateridae. Следователно климатичните промени могат да изменят пространствените и сезонните модели на риск от повреди, което трябва да се отчита при мониторинга и управлението на телените червеи.

Ключови думи: Elateridae, *Agriotes*, телени червеи, климатични промени, температура на почвата, почвена влажност, вертикална миграция, преживяемост, разпространение

Въведение

Изменението на климата променя температурния и водния режим на сухоземните екосистеми, с важни последици за селскостопанското производс-

тво и динамиката на вредителите. Нарастването на концентрацията на CO_2 в атмосферата от началото на индустриалната ера е сред основните фактори за повишаването на глобалните температури (Forster et al., 2007; IPCC, 2014). Затоплянето засилва изпарението и транспирацията и, в съчетание с промените в режима на валежите, може да доведе до намаляване на почвената влажност и увеличаване на честотата, интензивността и продължителността на засушаванията (Schwalm et al., 2017). Тези промени засягат както продуктивността на земеделските култури, така и развитието, разпространението и сезонната активност на техните вредители (Olesen & Bindi, 2002; Shrestha, 2019; Skendžić et al., 2021).

Промените в температурата и влажността на почвата са от особено значение за почвообитаващите насекоми, които прекарват значителна част от жизнения си цикъл непосредствено изложени на измененията в почвения микроклимат (Oishy et al., 2025). Почвата представлява относително буферирана, но силно хетерогенна среда, в която температурата и влажността се изменят както сезонно, така и по дълбочина на почвения профил (Mondal, 2021). Поради това условията, на които са изложени почвообитаващите организми, могат съществено да се различават в зависимост от тяхното вертикално положение. При подвижните почвени организми вертикалната миграция представлява важен поведенчески механизъм за избягване на неблагоприятни температурни и водни условия. Същевременно продължителното излагане на високи или ниски температури и недостиг на почвена влага може пряко да повлияе върху преживяемостта, развитието, диапаузата и сезонната активност (Skendžić et al., 2021; Nikoukar & Rashed, 2022).

Целта на настоящото изследване е да се обобщят и анализират наличните данни за влиянието на температурата и почвената влажност върху екологията на телените червеи (Coleoptera: Elateridae), с акцент върху вертикалната миграция, преживяемостта, развитието и сезонната активност. На тази основа се оценяват възможните последствия от климатичните промени за пространственото разпространение и видовия състав на икономически важните Elateridae, както и за сезонните периоди на повишен риск от повреди по земеделските култури. Особено внимание се отделя на взаимодействието между температурата и почвената влажност като фактори, определящи положението и активността на ларвите в почвения профил и съответно вероятността за контакт с подземните части на растенията.

Материал и методи

За анализа са използвани публикувани изследвания, съдържащи количествени данни за влиянието на температурата и почвената влажност върху биологичните реакции на телените червеи (Coleoptera: Elateridae). От всяко проучване е извлечена информация за вида, стадия на развитие, условията на изследване, температурата и влажността на почвата, продължителността на експозицията и отчетената биологична реакция. Данните са систематизирани в три основни групи: вертикално разпределение и миграция в почвения профил, преживяемост и развитие.

Поради различията в експерименталния дизайн, изследваните почвени дълбочини и начина на представяне на резултатите в отделните публикации данните са уеднаквени с цел осигуряване на съпоставимост. Когато е било възможно, са използвани директно стойностите, представени от авторите. Допълнителни количествени показатели са изчислявани само когато публикуваните данни позволяват еднозначното им определяне.

За оценка на вертикалното положение на ларвите при изследвания, представящи числеността или относителния им дял в отделни почвени слоеве, е определена средна дълбочина, претеглена спрямо числеността. Промените във вертикалното положение между отделни периоди, сезони или експериментални условия са оценени чрез разликата в средната дълбочина. При наличие на данни за дела на ларвите в горния почвен слой е определена и относителната им численост в повърхностната зона, което позволява да се оцени периодът, през който телените червеи се намират в зоната на корените и са потенциално опасни за земеделските култури.

Влиянието на температурата върху развитието е оценено въз основа на публикуваните данни за продължителността на отделните стадии, като по-кратката продължителност е интерпретирана като по-висока скорост на развитие. Данните за преживяемостта са анализирани спрямо температурните и водните условия, при които са получени. Получените резултати са разгледани съвместно с данните за сезонната активност и вертикалното

разпределение с цел оценка на възможните реакции на телените червеи при промени в температурния и водния режим на почвата.

Резултати и дискусия

Влияние на температурата и почвената влажност върху вертикалната миграция

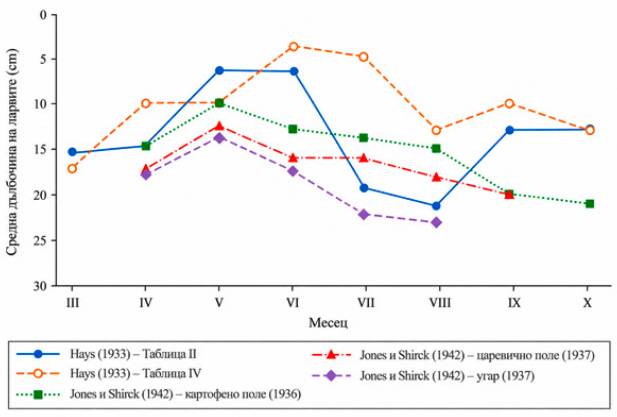
Анализираните изследвания показват ясно изразена сезонна динамика във вертикалното разпределение на телените червеи, определяна основно от съчетаното влияние на температурата и почвената влажност. Въпреки различията между видовете, почвените условия и използваните методи, общата тенденция показва концентрация на ларвите в по-плитките почвени слоеве при благоприятни температурни и водни условия и преместването им в дълбочина при затопляне и засушаване на повърхностния почвен слой.

Най-подробни количествени данни за сезонната вертикална миграция предоставят класическите изследвания на Hays (1933) и Jones & Shirck (1942). При Jones & Shirck (1942) средната претеглена дълбочина на телените червеи в картофено поле се увеличава от 10.44 cm през май до 21.23 cm през август, което съответства на преместване с 10.79 cm в дълбочина. Подобна тенденция е установена при царевица и угар, където сезонното преместване достига съответно 9.09 и 10.66 cm. Независимите наблюдения на Hays (1933) показват още по-изразена динамика – от средна дълбочина 7.87 cm през май до 19.81 cm през юни и 21.59 cm през юли, или общо преместване с 13.72 cm.

Тази сезонна динамика обаче не представлява еднопосочно движение към по-дълбоките почвени слоеве с повишаването на температурата. През зимата телените червеи могат да се намират на значителна дълбочина, след което през пролетта мигрират към повърхността при затопляне на почвата. Kovács et al. (2006) съобщават за презимуване на дълбочина приблизително 50–100 cm и начало на придвижването към горните почвени слоеве при достигане на почвена температура около 7–8°C. С последващото повишаване на температурите и засушаването през лятото се наблюдава обратно придвижване към по-дълбоки слоеве. Следователно връзката между температурата и дълбочината на разпределение е нелинейна и зависи от сезона и съпътстващите промени в почвената влажност.

Съвременните наблюдения върху Agriotes потвърждават значението на тази сезонна вертикална динамика. Wechselberger et al. (2026) установяват значителни промени в дела на активните ларви в горните 0–15 cm на почвения профил през различните периоди на годината. Тези резултати са от особено практическо значение, тъй като именно присъствието на телени червеи в горния почвен слой определя вероятността за контакт със семената, корените и подземните органи на културните растения.

Почвената влажност допълнително модифицира вертикалното разпределение. При Agriotes lineatus Staley et al. (2007) установяват различия в разпределението на ларвите при експериментално променен режим на летните валежи. Изчислената средна претеглена дълбочина е 6.65 cm при увеличени валежи, 4.19 cm при контролни условия и 3.80 cm при засушаване. Тези резултати обаче трябва да се интерпретират предпазливо, тъй като промените в числеността в отделните почвени слоеве могат да отразяват не само вертикална миграция, но и промени в активността, преживяемостта и вероятността за установяване на ларвите при пробовземане.



Фигура 1. Сезонна динамика на вертикалното разпределение на ларвите на Elateridae в почвения профил по данни на Hays (1933) и Jones & Shirck (1942).

В обобщение, вертикалната миграция представлява важен поведенчески механизъм, чрез който телените червеи могат да използват пространствената хетерогенност на почвата и да ограничават излагането си на неблагоприятни температурни и водни условия. Това поведение е особено важно при оценката на последствията от климатичните

ISSN 2815-522X

промени. По-честите периоди на високи температури и засушаване могат временно да ограничават активността на ларвите в повърхностния почвен слой, без непременно да водят до съответно намаляване на популацията. От друга страна, периодите с благоприятно съчетание на температура и почвена влажност могат да предизвикат повторно концентриране на ларвите в горните слоеве и съответно повишаване на риска за земеделските култури.

Източник	Вид/ таксон	Фактор	Изследвана реакция	Основни количествени резултати	Основен извод
Hays (1933)	Elateridae	Сезон, температура	Вертикална миграция	7.87 cm през май → 19.81 cm през юни → 21.59 cm през юли; Δ = +13.72 cm	Преместване в по-дълбоки слоеве с настъпването на летните условия
Jones & Shirck (1942)	*Limonius spp.*	Температура, влажност, сезон	Вертикална миграция	Картофи: 10.44 → 21.23 cm; царевица: 12.10 → 21.19 cm; угар: 13.56 → 24.22 cm	Устойчиво сезонно преместване от повърхностните към по-дълбоките слоеве
Kovács et al. (2006)	Elateridae	Температура, засушаване	Вертикална миграция	Презимуване на 50–100 cm; пролетна миграция нагоре при около 7–8°C	Температурата определя сезонното вертикално положение; горещите и сухи условия стимулират придвижване в дълбочина
Staley et al. (2007)	*Agriotes lineatus*	Почва, влажност, валежи	Вертикално разпределение	Средна дълбочина: 4.19 cm – контрола; 6.65 cm – увеличени валежи; 3.80 cm – засушаване	Водният режим изменя вертикалното разпределение, но ефектът се преплита с промени в числеността
Wechselberger et al. (2026)	*Agriotes* spp.	Сезон, температура и почвени условия	Активност в горния почвен слой	Силни сезонни изменения на дела на ларвите в горните 0–15 cm	Периодите на активност в повърхностния слой определят потенциалния контакт с културите
Van Herk & Vernon (2006)	*Agriotes obscurus*	Температура	Преживяемост		Температурният ефект зависи от условията на експозиция
Barsics et al. (2013)	*Agriotes* spp./Elateridae	Температура	Развитие		Скоростта на развитие е температурно зависима
Huiting & van Rozen	*Agriotes spp.*	Температура, 5–25°C	Вертикално разпределение и хранителна активност	При 5°C >70% от ларвите на 45–60 cm и практически липсват повреди; най-силно придвижване към горния слой при 10°C; най-много повреди при 25°C	Температурата влияе различно върху вертикалното положение и хранителната активност
Huiting & van Rozen	*Agriotes spp.*	Почвена влажност, 10–25%	Вертикално разпределение и хранителна активност	Максимална активност при 20%; при 20–25% >70% от ларвите в горната половина на профила	Междинна до висока почвена влажност благоприятства активността и присъствието в горните слоеве

Falconer (1945)	*Agriotes spp.*	Температура	Активност и термична толерантност	Движение 8–25°C; заравяне 6–33°C; предпочитана T ≈17°C; слабо хранене при 7 и 34°C; горна граница на продължителна толерантност 35–36°C; 100% смъртност след 6 d при −3°C и 4 h при −7°C	Температурата определя активността и храненето, а ефектът на екстремния студ зависи и от скоростта на охлаждане

Влияние на температурата върху активността, термичната толерантност и развитието

Температурата оказва съществено влияние върху активността, храненето, термичната толерантност и развитието на телените червеи, като наличните данни показват, че отделните биологични реакции не следват единен температурен модел. Експерименталните изследвания при *Agriotes* spp. показват различни температурни зависимости на двигателната активност, храненето, развитието и преживяемостта, което налага тези реакции да бъдат разглеждани поотделно.

Едно от най-подробните ранни експериментални изследвания е проведено от Falconer (1945), който проучва поведението и температурната толерантност на телени червеи от род *Agriotes* в широк температурен диапазон. Скоростта на придвижване на ларвите нараства приблизително линейно между 8 и 25°C, а активността им по заравяне е по-висока при повишаване на температурата в диапазона 6–33°C. След адаптиране към условията активността по заравяне при 6°C е почти преустановена. Хранителната активност показва различна зависимост: най-голямо количество пшеница е консумирано при 32°C, докато най-продължително хранене е наблюдавано около 18°C. При 7 и 34°C хранителната активност е слаба. При предоставяне на възможност за температурен избор ларвите проявяват ясно предпочитание към около 17°C в сравнение с 11.5°C и температури ≥21°C. Следователно температурата, при която се отчита максимална краткосрочна консумация на храна, не съвпада непременно с предпочитаната температура или с условията за продължителна активност.

Falconer (1945) установява и сравнително широка температурна толерантност, но с ясно изразени ограничения при екстремни температури. Най-високата температура, която телените червеи могат да понасят продължително без настъпване на парализа, е между 35 и 36°C. Устойчивостта към ниски температури зависи силно от скоростта на охлаждане. При бързо понижаване на температурата всички ларви загиват след шестдневна експозиция при −3°C и след четиричасова експозиция при −7°C. При постепенно охлаждане студоустойчивостта се повишава значително и отделни ларви преживяват най-малко едно денонощие при −10°C. Следователно въздействието на ниските температури зависи не само от достигнатия температурен минимум, но и от продължителността на експозицията и скоростта на настъпване на температурната промяна.

По-нови експериментални данни потвърждават силното влияние на температурата върху активността на телените червеи в почвата. Huiting & van Rozen установяват повишаване на активността на *Agriotes* spp. в диапазона 5–25°C. При 5°C практически не са наблюдавани повреди по картофените клубени, а повече от 70% от ларвите са установени на дълбочина 45–60 cm. Най-силно придвижване към горния почвен слой е отчетено при 10°C, докато най-голям брой повреди по клубените е наблюдаван при 25°C. Почвената влажност допълнително модифицира тази реакция. Най-висока активност е установена при около 20% почвена влажност, а при 20–25% влажност повече от 70% от ларвите са установени в горната половина на експерименталните почвени колони. Тези резултати показват, че вертикалното положение и хранителната активност могат да имат различна температурна зависимост и че влиянието на температурата не може да бъде разглеждано независимо от почвената влажност.

Температурата влияе и върху развитието на телените червеи. Според данните, обобщени от Barsics et al. (2013), ембрионалното развитие на *Agriotes ustulatus* значително се ускорява с пови-

шаването на температурата, като яйцата се излюпват за около 45 дни при 15°C и за 13 дни при 29°C. Тези резултати показват, че по-високите температури могат съществено да съкратят продължителността на определени стадии от развитието, въпреки че въз основа само на ембрионалното развитие не може да се направи заключение за промяната в продължителността на целия жизнен цикъл.

Температурно зависима смъртност е установена и при специфични условия на почвено преовлажняване. Van Herk & Vernon (2006) показват при *Agriotes obscurus*, че при наводняване на почвата смъртността на ларвите се увеличава с повишаване на температурата, като ефектът зависи и от свойствата на почвата. Поради това тези резултати трябва да се разглеждат като взаимодействие между температурата и водния режим, а не като доказателство за проста отрицателна зависимост между температурата и преживяемостта на телените червеи.

Като цяло наличните данни показват, че температурата въздейства върху различни компоненти от биологията на телените червеи чрез частично независими механизми. Умереното повишаване на температурата може да увеличи двигателната и хранителната активност и да ускори определени стадии от развитието, докато температурните крайности ограничават активността или надхвърлят границите на физиологичната толерантност. Ефектът на температурата обаче се модифицира от почвената влажност, продължителността на експозицията и скоростта на температурната промяна. Поради това средната температура на почвата сама по себе си не е достатъчна за прогнозиране на активността и преживяемостта на телените червеи. Взаимодействието между температурния и водния режим, съчетано със способността на ларвите да се придвижват вертикално в почвения профил, определя действителното им излагане на температурни крайности и сезонното им присъствие в зоната на корените на земеделските култури.

Климатични промени, фенология и разпространение на телените червеи

Влиянието на климатичните промени върху телените червеи не се ограничава до промени във вертикалното положение и активността на ларвите. Температурата и водният режим са свързани и с географското разпространение, видовия състав и фенологията на Elateridae. Особено важно е, че отделните видове *Agriotes* се различават по своите екологични изисквания и следователно не може да се очаква еднаква реакция на затоплянето и засушаването.

Ясни доказателства за видово специфична зависимост от климатичните условия са получени от Staudacher et al. (2013) при проучване на телените червеи в земеделски земи в Австрия. Чрез молекулярна идентификация са определени 1348 ларви, събрани от 85 места. Установени са две ясно различаващи се екологични групи. *Agriotes brevis* и *A. ustulatus* са свързани предимно с по-топли и по-сухи райони и с алкални почви, докато *A. obscurus* и *A. lineatus/proximus* се срещат по-често при по-ниски температури, по-голямо количество валежи, по-висока надморска височина и по-кисели, богати на хумус почви. *A. sputator* е широко разпространен при различни условия, което показва по-голяма екологична пластичност на този вид.

Различията са особено ясно изразени по отношение на валежите и надморската височина. Staudacher et al. (2013) установяват *A. obscurus* средно на 481.8 m надморска височина, докато *A. brevis* и *A. ustulatus* са свързани с по-ниски терени – съответно около 304.7 и 279 m. Местата, в които са установени *A. lineatus/proximus* и *A. obscurus*, се характеризират и с по-високи средногодишни валежи – съответно 953.8 и 833.5 mm. Тези резултати показват, че климатичните фактори участват във формирането на пространственото разпределение на отделните видове *Agriotes*, но действието им е свързано и с почвените характеристики.

Съвременни мащабни наблюдения потвърждават тази видова специфичност. Wechselberger et al. (2026), въз основа на 15 786 телени червеи, събрани от повредени култури в 189 земеделски местонахождения в Австрия за период от шест години, установяват ясно разграничаване на видовете според екологичните условия. *A. ustulatus* е особено значим неприятел по картофите в по-топлия Панонски район и присъствието му е положително свързано с по-високи температури, по-високо pH и по-голямо съдържание на глина и прах в почвата. За разлика от него *Hemicrepidius niger* е свързан с по-хладни и влажни условия, по-ниско pH и по-песъчливи, богати на хумус почви. Следователно промяната на климата не трябва да се разглежда просто като фактор, който ще увели-

чава или намалява общата численост на телените червеи. По-вероятно е променящите се температурни и водни условия да създават различни предимства за отделните видове и по този начин постепенно да изменят регионалния видов състав и значението им като неприятели.

Температурата има важно значение и за фенологията на *Agriotes*. Abulebda et al. (2026) проследяват чрез феромонови уловки сезонната динамика на *A. brevis*, *A. sordidus* и *A. litigiosus* в шест местонахождения в Централна Италия през 2024 и 2025 г. Трите вида показват ясно разграничени периоди на поява на възрастните индивиди. Най-рано започва появата на *A. brevis*, последван от *A. sordidus*, докато *A. litigiosus* се появява най-късно. Различията се потвърждават и при изразяване на фенологията чрез натрупаната температурна сума. Началото на появата е отчетено приблизително при 108 degree-days (DD) за *A. brevis*, 252 DD за *A. sordidus* и 646 DD за *A. litigiosus*, а достигането на 50% от кумулативната поява – съответно при 324, 498 и 963 DD. Това показва, че дори близкородствени видове могат да имат съществено различни топлинни изисквания и сезонни периоди на активност.

Тези различия имат важно значение при оценката на възможните последствия от климатичните промени. При по-ранно натрупване на необходимата температурна сума през пролетта може да се очаква изместване на определени фенологични събития към по-ранни периоди. Това обаче не означава, че всички видове *Agriotes* ще реагират еднакво или че затоплянето задължително ще удължи периода им на активност. Abulebda et al. (2026) показват съществени различия не само в началото, но и в продължителността на летежа на отделните видове. Освен това *A. brevis* и *A. sordidus* могат да презимуват като възрастни, докато *A. litigiosus* презимува като ларва. Следователно ефектът от промените в температурния режим ще зависи както от видовите температурни изисквания, така и от стадия, в който популацията прекарва неблагоприятния сезон.

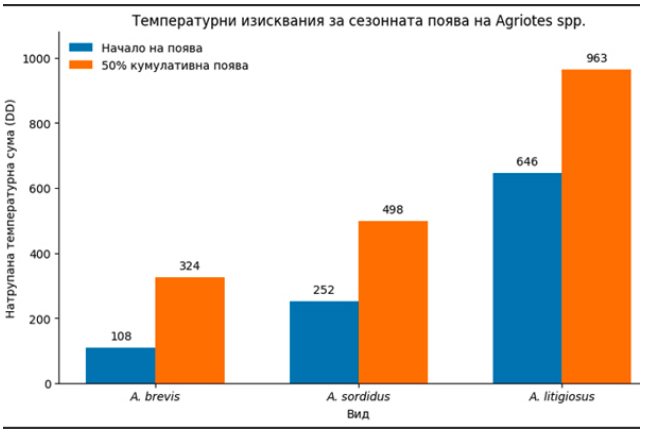


Фигура 2. Концептуална схема на влиянието на климатичните промени върху разпространението, жизнения цикъл, вертикалната миграция и преживяемостта на телените червеи (Coleoptera: Elateridae) и свързания риск за земеделските култури

Съчетаването на тези резултати с данните за вертикалната миграция показва, че климатичните промени могат да въздействат върху телените червеи на няколко взаимосвързани нива. Затоплянето може да измества сроковете на сезонна активност и появата на възрастните, докато промените във валежите и почвената влажност могат едновременно да влияят върху пригодността на местообитанията и върху положението на ларвите в почвения профил. При видове, свързани с потопли и сухи условия, климатичните промени потенциално могат да създадат условия за разширяване на подходящите местообитания, докато за видове, предпочитащи по-хладни и влажни условия, подходящите райони могат да се изместват. Наличните данни обаче не позволяват тези бъдещи промени да бъдат определени еднозначно, тъй като разпространението на телените червеи зависи едновременно от температурата, валежите, почвените свойства, земеползването и наличието на подходящи култури.

От гледна точка на растителната защита най-важното следствие е, че климатичните промени могат да изменят както видовия състав на телените червеи в отделните земеделски райони, така и времето, през което различните стадии са активни. Това може да промени периодите на съвпадение между активните ларви и чувствителните фази от развитието на културите. Поради това бъдещата оценка на риска не трябва да се основава единствено на общата численост на телените червеи, а да отчита конкретния вид, неговите температурни

изисквания, сезонната фенология и динамиката на почвената температура и влажност. Видово специфичният мониторинг и използването на температурни модели могат да подобрят определянето на периодите с повишен риск и избора на подходящ момент за прилагане на мерки за контрол.



Фигура 3. Температурна сума (degree-days, DD), необходима за начало и достигане на 50% от кумулативната поява на възрастните при три вида Agriotes по данни на Abulebda et al. (2026).

Заключение

Температурата и почвената влажност са основни фактори, определящи активността и вертикалното разпределение на телените червеи в почвения профил. При благоприятно съчетание на двата фактора ларвите се концентрират в горните почвени слоеве, докато високите температури и засушаването на повърхностния слой обикновено предизвикват придвижването им в дълбочина. Тази сезонна миграция позволява на телените червеи частично да избягват неблагоприятните условия и означава, че периодите на горещо и сухо време могат да намалят присъствието им в коренообитаемия слой, без непременно да водят до намаляване на популацията.

Температурните промени влияят и върху двигателната и хранителната активност, развитието и фенологията на Elateridae. Видовете се различават съществено по своите температурни и водни изисквания, което се отразява върху географското им разпространение и сезонната поява. Поради това климатичното затопляне не следва да се разглежда като фактор, който еднозначно увеличава числеността на телените червеи, а като предпоставка за промяна на видовия състав, фенологията и периодите на активност на отделните видове.

За растителната защита особено значение има съвпадението между присъствието на активни ларви в повърхностните почвени слоеве и чувствителните фази от развитието на земеделските култури. Промените в температурния и водния режим могат да изместят тези периоди и съответно да променят сезонния риск от повреди. Това подчертава необходимостта мониторингът на телените червеи да отчита не само тяхната численост, но и видовия състав, почвената температура и влажност и сезонната динамика на вертикалната им миграция.

Заглавна снимка: Ларва на телен червей – Agriotes lineatus (Coleoptera: Elateridae).
Източник: Wikimedia Commons, файл „Agriotes-lineatus-011.jpg“.

Литература

[1] Abulebda, A.M.A., Sperandio, G., Ruschioni, S., Pacella, M., Battistelli, M.C., Isidoro, N., Riolo, P. (2026), Species Composition and Emergence Patterns of Agriotes litigiosus, A. brevis and A. sordidus (Coleoptera: Elateridae) in Central Italy, Insects, 17 (2), 172.

[2] Barsics, F., Haubruge, E., Verheggen, F.J. (2013), Wireworms' management: An overview of the existing methods, with particular regards to Agriotes spp. (Coleoptera: Elateridae), Insects, 4 (1), 117–152.

[3] Falconer, D.S. (1945), On the Behaviour of Wireworms of the Genus Agriotes Esch. (Coleoptera, Elateridae) in Relation to Temperature, Journal of Experimental Biology, 21 (1–2), 17–32.

[4] Hays, J.V. (1933), The Seasonal Vertical Movements of Wireworms (Elateridae) in Soil near Manhattan, Kansas.

[5] Huiting, H., van Rozen, K. (2011), Factors influencing monitoring of Agriotes spp. wireworms, IOBC/WPRS Bulletin, 66, 481–484.

[6] Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (eds.), Geneva, IPCC.

[7] Jones, E.W., Shirck, F.H. (1942), The seasonal vertical distribution of wireworms in the soil in relation to their control in the Pacific Northwest, Journal of Agricultural Research, 65, 125–142.

[8] Kovács, T., Kovács, G., Pomsár, P., Németh, L., Páli, O., Kovács, M. (2006), Localisation and seasonal positions of wireworms in soils, Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 71 (2 Pt B), 357–367.

[9] Lafrance, J. (1968), The seasonal movements of wireworms (Coleoptera: Elateridae) in relation to soil moisture and temperature in the organic soils of southwestern Quebec, The Canadian Entomologist, 100 (8), 801–807.

[10] Ma, C.S., Wang, B.X., Wang, X.J., Lin, Q.C., Zhang, W., Yang, X.F., et al. (2025), Crop pest responses to global changes in climate and land management, Nature Reviews Earth & Environment, 6 (4), 264–283.

[11] Nikoukar, A., Rashed, A. (2022), Integrated pest management of wireworms (Coleoptera: Elateridae) and the rhizosphere in agroecosystems, Insects, 13 (9), 769.

[12] Schwalm, C.R., Anderegg, W.R.L., Michalak, A.M., Fisher, J.B., Biondi, F., Koch, G., Litvak, M., Ogle, K., Shaw, J.D., Wolf, A., et al. (2017), Global patterns of drought recovery, Nature, 548, 202–205.

[13] Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I.P., Lešić, V., Lemić, D. (2021), The impact of climate change on agricultural insect pests, Insects, 12, 440.

[14] Staley, J.T., Hodgson, C.J., Mortimer, S.R., Morecroft, M.D., Masters, G.J., Brown, V.K., Taylor, M.E. (2007), Effects of summer rainfall manipulations on the abundance and vertical distribution of herbivorous soil macro-invertebrates, European Journal of Soil Biology, 43 (3), 189–198.

[15] Staudacher, K., Schallhart, N., Pitterl, P., Wallinger, C., Brunner, N., Landl, M., Kromp, B., Glauninger, J., Traugott, M. (2013), Occurrence of Agriotes wireworms in Austrian agricultural land, Journal of Pest Science, 86 (1), 33–39.

[16] van Herk, W.G., Vernon, R.S. (2006), Effect of temperature and soil on the control of a wireworm, Agriotes obscurus L. (Coleoptera: Elateridae), by flooding, Crop Protection, 25 (9), 1057–1061.

[17] Wechselberger, K., Hann, P., Eitzinger, J., Pohn, C., Bacher, E., Brunner, F., et al. (2026), Distribution and ecological drivers of elaterid species in Austrian crops, Crop Protection, 205, 107621.

[18] Wechselberger, K., Hann, P., Trska, C., Schmid, R., Putz, B., Eitzinger, J., et al. (2026), Validation of the prognosis model SIMAGRIO-W to predict larval activity in top soil layers for Agriotes larvae in eastern Austria, Agricultural and Forest Entomology, 28 (2), 232–244.