Растителна защита

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

Изменение климата и проволочники: изменения в распространении, вертикальной миграции и риске для сельскохозяйственных культур

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

Дата 02.11.2026 | **Выпуск** 11/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Язык** RU
www.plant-protection.com/article/2488?lang=ru



Аннотация

Изменение климата изменяет температурный и водный режим почвы и может существенно повлиять на распространение, сезонную активность и ущерб, причиняемый проволочниками (Coleoptera: Elateridae). Продолжительное развитие личинок в почве делает их в высокой степени зависимыми от почвенного микроклимата, тогда как вертикальная миграция позволяет им частично избегать неблагоприятных условий. Настоящее исследование обобщает имеющиеся количественные данные о влиянии температуры и влажности почвы на вертикальное распределение, выживаемость и развитие проволочников и оценивает возможные последствия изменения климата для риска для сельскохозяйственных культур.

Анализируемые данные показывают чётко выраженную сезонную динамику. При благоприятных температурных и водных условиях личинки концентрируются в более поверхностных слоях почвы, тогда как потепление и высыхание поверхностного слоя обычно вызывают перемещение вглубь. Умеренное повышение температуры может ускорить развитие и сдвинуть сроки сезонной активности, тогда как высокие температуры и продолжительный термический стресс могут снизить выживаемость. Видоспецифичные реакции на температуру и влажность указывают на возможные изменения в региональном распространении и видовом составе Elateridae. Следовательно, изменение климата может изменить пространственные и сезонные закономерности риска повреждения, что следует учитывать при мониторинге и управлении численностью проволочников.

Ключевые слова: Elateridae, *Agriotes*, проволочники, изменение климата, температура почвы, влажность почвы, вертикальная миграция, выживаемость, распределение

Введение

ISSN 2815-522X

Изменение климата изменяет температурный и водный режим наземных экосистем, что имеет важные последствия для сельскохозяйственного производства и динамики вредителей. Рост концентрации атмосферного CO_2 с начала промышленной эпохи является одним из основных факторов повышения глобальных температур (Forster et al., 2007; IPCC, 2014). Потепление усиливает испарение и транспирацию и в сочетании с изменениями в режиме осадков может привести к снижению влажности почвы и увеличению частоты, интенсивности и продолжительности засух (Schwalm et al., 2017). Эти изменения влияют как на продуктивность сельскохозяйственных культур, так и на развитие, распространение и сезонную активность их вредителей (Olesen & Bindi, 2002; Shrestha, 2019; Skendžić et al., 2021).

Изменения температуры и влажности почвы имеют особое значение для почвообитающих насекомых, которые проводят значительную часть своего жизненного цикла, непосредственно подвергаясь воздействию изменений почвенного микроклимата (Oishy et al., 2025). Почва представляет собой относительно буферную, но highly heterogeneous среду, в которой температура и влажность варьируют как сезонно, так и с глубиной почвенного профиля (Mondal, 2021). Поэтому условия, воздействию которых подвергаются почвообитающие организмы, могут существенно различаться в зависимости от их вертикального положения. У подвижных почвообитающих организмов вертикальная миграция представляет собой важный поведенческий механизм избегания неблагоприятных температурных и водных условий. В то же время продолжительное воздействие высоких или низких температур и недостаток почвенной влаги могут напрямую влиять на выживаемость, развитие, диапаузу и сезонную активность (Skendžić et al., 2021; Nikoukar & Rashed, 2022).

Целью настоящего исследования является обобщение и анализ имеющихся данных о влиянии температуры и влажности почвы на экологию проволочников (Coleoptera: Elateridae), с акцентом на вертикальную миграцию, выживаемость, развитие и сезонную активность. На этой основе оцениваются возможные последствия изменения климата для пространственного распределения и видового состава экономически важных Elateridae, а также для сезонных периодов повышенного риска повреждения сельскохозяйственных культур. Особое внимание уделяется взаимодействию между температурой и влажностью почвы как факторами, определяющими положение и активность личинок в почвенном профиле и, соответственно, вероятность контакта с подземными частями растений.

Материалы и методы

Для анализа использовались опубликованные исследования, содержащие количественные данные о влиянии температуры и влажности почвы на биологические реакции проволочников (Coleoptera: Elateridae). Из каждого исследования извлекалась информация о виде, стадии развития, условиях исследования, температуре и влажности почвы, продолжительности воздействия и зарегистрированной биологической реакции. Данные были систематизированы в три основные группы: вертикальное распределение и миграция в почвенном профиле, выживаемость и развитие.

В связи с различиями в экспериментальном дизайне, изучаемых глубинах почвы и способе представления результатов в отдельных публикациях данные были гармонизированы для обеспечения сопоставимости. Где это было возможно, значения, представленные авторами, использовались напрямую. Дополнительные количественные показатели рассчитывались только тогда, когда опубликованные данные позволяли их однозначное определение.

Для оценки вертикального положения личинок в исследованиях, представляющих их численность или относительную долю в отдельных слоях почвы, определялась средняя глубина, взвешенная по численности. Изменения вертикального положения между отдельными периодами, сезонами или экспериментальными условиями оценивались через разницу средней глубины. Где имелись данные о доле личинок в верхнем слое почвы, также определялась их относительная численность в поверхностной зоне, что позволяет оценить период, в течение которого проволочники находятся в корневой зоне и потенциально вредны для сельскохозяйственных культур.

Влияние температуры на развитие оценивалось на основе опубликованных данных о продолжительности отдельных стадий, причём

более короткая продолжительность интерпретировалась как более высокая скорость развития. Данные о выживаемости анализировались в связи с температурными и водными условиями, при которых они были получены. Полученные результаты рассматривались совместно с данными о сезонной активности и вертикальном распределении для оценки возможных реакций проволочников на изменения температурного и водного режима почвы.

Результаты и обсуждение

Влияние температуры и влажности почвы на вертикальную миграцию

Анализируемые исследования показывают чётко выраженную сезонную динамику вертикального распределения проволочников, определяемую главным образом совместным влиянием температуры и влажности почвы. Несмотря на различия между видами, почвенными условиями и используемыми методами, общая тенденция показывает концентрацию личинок в более поверхностных слоях почвы при благоприятных температурных и водных условиях и их перемещение вглубь при потеплении и высыхании поверхностного слоя почвы.

Наиболее подробные количественные данные о сезонной вертикальной миграции предоставляют классические исследования Hays (1933) и Jones & Shirck (1942). В работе Jones & Shirck (1942) средняя взвешенная глубина проволочников на картофельном поле увеличилась с 10,44 см в мае до 21,23 см в августе, что соответствует перемещению на 10,79 см вглубь. Аналогичная тенденция была установлена в кукурузе и на пару, где сезонное перемещение достигло 9,09 и 10,66 см соответственно. Независимые наблюдения Hays (1933) показывают ещё более выраженную динамику — от средней глубины 7,87 см в мае до 19,81 см в июне и 21,59 см в июле, или общее перемещение на 13,72 см.

Однако эта сезонная динамика не представляет собой однонаправленное движение в более глубокие слои почвы с повышением температуры. Зимой проволочники могут находиться на значительной глубине, после чего весной они мигрируют к поверхности по мере прогревания почвы. Kovács et al. (2006) сообщают о зимовке на глубине примерно 50–100 см и начале движения к верхним слоям почвы при достижении температуры почвы около 7–8°C. При последующем повышении температур и высыхании летом наблюдается обратное движение к более глубоким слоям. Следовательно, связь между температурой и глубиной распределения нелинейна и зависит от сезона и сопутствующих изменений влажности почвы.

Современные наблюдения за Agriotes подтверждают важность этой сезонной вертикальной динамики. Wechselberger et al. (2026) установили значительные изменения доли активных личинок в верхних 0–15 см почвенного профиля в разные периоды года. Эти результаты имеют особое практическое значение, поскольку именно присутствие проволочников в верхнем слое почвы определяет вероятность контакта с семенами, корнями и подземными органами культурных растений.

Влажность почвы дополнительно модифицирует вертикальное распределение. У Agriotes lineatus Staley et al. (2007) установили различия в распределении личинок при экспериментально изменённом режиме летних осадков. Рассчитанная средняя взвешенная глубина составила 6,65 см при увеличенном количестве осадков, 4,19 см в контрольных условиях и 3,80 см при засухе. Однако эти результаты следует интерпретировать с осторожностью, поскольку изменения численности в отдельных слоях почвы могут отражать не только вертикальную миграцию, но и изменения активности, выживаемости и вероятности обнаружения личинок при отборе проб.

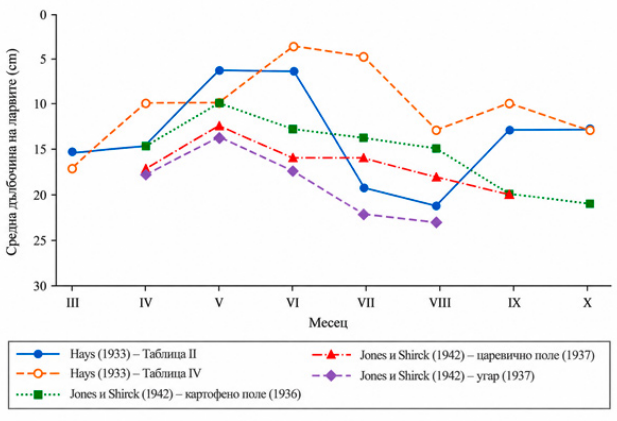


Рисунок 1. Сезонная динамика вертикального распределения личинок Elateridae в почвенном профиле по данным Hays (1933) и Jones & Shirck

(1942).

В целом вертикальная миграция представляет собой важный поведенческий механизм, посредством которого проволочники могут использовать пространственную неоднородность почвы и ограничивать своё воздействие неблагоприятных температурных и водных условий. Это поведение особенно важно при оценке последствий изменения климата. Более частые периоды высоких температур и засухи могут временно ограничить активность личинок в поверхностном слое почвы без обязательного соответствующего снижения популяции. С другой стороны, периоды с благоприятным сочетанием температуры и влажности почвы могут вызвать повторную концентрацию личинок в верхних слоях и, соответственно, повышенный риск для сельскохозяйственных культур.

Источник	**Вид/ таксон**	**Фактор**	**Изучаемая реакция**	**Основные количественные результаты**	**Основной вывод**
Hays (1933)	Elateridae	Сезон, температура	Вертикальная миграция	7,87 см в мае → 19,81 см в июне → 21,59 см в июле; Δ = +13,72 см	Перемещение в более глубокие слои с наступлением летних условий
Jones & Shirck (1942)	*Limonius spp.*	Температура, влажность, сезон	Вертикальная миграция	Картофель: 10,44 → 21,23 см; кукуруза: 12,10 → 21,19 см; пар: 13,56 → 24,22 см	Устойчивое сезонное перемещение с поверхности в более глубокие слои
Kovács et al. (2006)	Elateridae	Температура, засуха	Вертикальная миграция	Зимовка на 50–100 см; весенняя миграция вверх при около 7–8°C	Температура определяет сезонное вертикальное положение; жаркие и сухие условия стимулируют перемещение вглубь
Staley et al. (2007)	*Agriotes lineatus*	Почва, влажность, осадки	Вертикальное распределение	Средняя глубина: 4,19 см – контроль; 6,65 см – увеличенные осадки; 3,80 см – засуха	Водный режим изменяет вертикальное распределение, но эффект смешивается с изменениями численности
Wechselberger et al. (2026)	*Agriotes* spp.	Сезон, температура и почвенные условия	Активность в верхнем слое почвы	Сильные сезонные изменения доли личинок в верхних 0–15 см	Периоды активности в поверхностном слое определяют потенциальный контакт с культурами
Van Herk & Vernon (2006)	*Agriotes obscurus*	Температура	Выживаемость		Эффект