

Zusammenfassung

Die Intensivierung der Landnutzung durch Landwirtschaft und Besiedelung verursacht einen erheblichen Rückgang der Artendiversität von Pflanzen und Tieren. Jedoch ist bisher nur wenig darüber bekannt, wie diese Umweltveränderungen biotische Interaktionen funktionell beeinflussen. Obwohl die Effekte von Pflanzendüften und Pflanzenstrukturen auf Herbivor-Parasitoid Interaktionen immer mehr Beachtung finden, gibt es noch einige Wissenslücken hinsichtlich der Auswirkungen von chemischer und struktureller Diversität ganzer Habitatflecken auf die Fitness von herbivoren Insekten und ihrer natürlichen Feinde.

In der vorliegenden Dissertation wurde als **allgemeine Hypothese** untersucht, dass diverse und komplexe Vegetation von Habitaten Herbivore schützt, aber den Sucherfolg von Parasitoiden beeinträchtigt. Das Ziel der Arbeit war es, zu bestimmen, wie Pflanzenartendiversität und das damit verbundene Duftbouquet, aber auch die strukturelle Komplexität der Vegetation die Wahl des Eiablageplatzes des Blattkäfers *Galeruca tanacetii* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) und den Parasitierungserfolg seines Eiparasitoiden *Oomyzus galerucivorus* Hedqvist (Hymenoptera: Eulophidae) beeinflusst.

Die Eiablage an Stellen mit hoher Pflanzenartendiversität könnte für Käfereigelege einen „infochemischen Schutzraum“ darstellen und eine verringerte Parasitierungsrate zur Folge haben, da ein möglicherweise damit zusammenhängendes, komplexes Duftbouquet sich negativ auf die Wirtsfindung des Eiparasitoiden auswirken könnte. Andererseits könnte die zukünftige Verfügbarkeit von Futterpflanzen für die Larven eine größere Bedeutung für die Eiablage haben als das Entkommen in einen feindfreien Raum. Im Freiland wirkte sich das Vorhandensein und die Quantität von zwei Hauptfutterpflanzen des Käfers aus der Familie der Asteraceen, *Achillea millefolium* (Schafgarbe) und *Centaurea jacea*, positiv auf das Vorkommen von Käfereigelegen aus. Darüber hinaus wurden Käfereigelege signifikant häufiger an Stellen mit hoher Pflanzenartendiversität gefunden. Olfaktometer Biotests zeigten, dass Käferweibchen auf Pflanzendüfte während der Eiablage reagieren. Die

Käferweibchen bevorzugten die Düfte einer diversen Kombination von Pflanzenarten (einschließlich Futterpflanzen) zur Eiablage, wenn diese gegenüber Grassdüften angeboten wurden. Als Eiablagesubstrat nutzen die Käfer hauptsächlich Gräser. Jedoch wenn ein Duftgemisch, das von einer diversen Pflanzenartenmischung stammte, gegenüber den Schafgarbedüften angeboten wurde, konnte kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Eiablagen gefunden werden. In einem statischen Vierkammerolfaktometer wurde die Reaktion von Parasitoiden auf Pflanzendüfte von Wirts- und Nichtwirtspflanzen des Käfers getestet. Die getesteten Individuen waren entweder naiv oder hatten zuvor Erfahrung mit Schafgarbe gemacht. Die Biotests zeigten, dass erfahrene Parasitoide von Schafgarbedüften angelockt werden, naive Individuen aber nicht. Erfahrene Parasitoide zeigten jedoch keine positive Reaktion auf Schafgarbedüfte mehr, wenn diese gemeinsam in einer Mischung mit Thymiidüften (*Thymus vulgaris*, Lamiaceae), eine Nichtwirtspflanze des Blattkäfers, angeboten wurden. Zusammenfassend konnte also festgestellt werden, dass Parasitoide nur auf reine Wirtspflanzendüfte reagieren, aber nicht auf Duftmischungen die von Wirts- und Nichtwirtspflanzen stammen. Im Freiland legte der Blattkäfer seine Eigelege bevorzugt an Stellen ab, die eine hohe Pflanzenartendiversität und eine hohe Futterpflanzenverfügbarkeit aufweisen. Die Laborergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass die Futterpflanzenverfügbarkeit für die Eiablage wichtiger ist als die Pflanzendiversität. Aber unabhängig davon, ob die Wahl des Eiablageplatzes durch *G. tanaceti* eine aktive Wahl von Stellen mit hoher Pflanzendiversität ist oder vielmehr eine passive Folge aufgrund der Eiablage in der unmittelbaren Nähe von Wirtspflanzen, kann dieses Eiablageverhalten entscheidende selektive Vorteile für den Blattkäfer haben. Dadurch könnte ein herbivores Insekt das Dilemma lösen, gleichzeitig eine verringerte Eiparasitierung und die Verfügbarkeit von Nahrung für die Larven zu gewährleisten (**Kapitel 2**).

Neben einer diversen Pflanzenartenzusammensetzung, können auch hohe und strukturell komplexe Pflanzen oder Vegetation einen feindfreien Raum für den Herbivor darstellen, weil diese die Wirtssuche des Parasitoiden erschweren. Im Freiland wurde der Einfluss der Architektur von Pflanzen, die zur Eiablage gewählt wurden, als auch der Vegetationsstruktur der umgebenden Vegetation auf die Wahl des Eiablageplatzes durch den Blattkäfer und den Parasitierungserfolg des Eiparasitoiden untersucht. Auf der Pflanzenskala hatte die Pflanzenhöhe einen positiven Einfluss auf

die Eiablage des Herbivoren und die Höhe des Eigeleges an der Pflanze einen negativen Einfluss auf die Parasitierung. Zusätzlich war die Wahrscheinlichkeit einer Eiablage durch den Käfer auf unverzweigten Pflanzen höher als auf Pflanzen mit Verzweigungen, während der Parasitoid nicht vom Grad der Verzweigung beeinflusst wurde. Auf der Mikrohabitatskala ($r = 0,1$ m eine Pflanze mit Eigelege) erhöhte sowohl die zunehmende Höhe als auch die Dichte der Vegetation die Käfereiablage, wohingegen die Parasitierung der Eigelege dadurch verringert wurde. Demnach wurden der Herbivor und der Parasitoid in gegensätzlicher Weise von der Habitatstruktur auf beiden untersuchten Skalen beeinflusst. Dies deutet auf einen feindfreien Raum für die Käfereiablage an hohen Pflanzen sowie in hoher und komplexer Vegetation hin (**Kapitel 3**).

Die Eiablagehöhe ist möglicherweise ein entscheidender Faktor für die Fitness der überwinterten Blattkäferei in bezug auf verschiedene biotische und abiotische Mortalitätsrisiken. Deshalb wurde die Höhe, in der die Eigelege an Pflanzen angebracht waren, in verschiedenen Habitaten und zu unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht. Die Eiablagehöhe wurde mit der generell vorherrschenden Vegetationshöhe innerhalb der Habitate verglichen und ihr Einfluss auf die Wintermortalität und das Parasitierungsrisiko der Eigelege untersucht. Die Eiablagehöhe des Blattkäfers war nicht einheitlich, sondern schwankte signifikant mit der Struktur des Habitats und im Verlauf der Eiablageseason. Die mittlere Eiablagehöhe pro Fläche ($70,2 \pm 4,9$ cm) war signifikant höher als die mittlere Vegetationshöhe ($28,4 \pm 2,4$ cm). Die Höhe von Pflanzen mit Eigelege und die Eiablagehöhe waren signifikant positiv miteinander korreliert. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Käferweibchen versuchen möglichst hoch in der Vegetation und auf den gewählten Pflanzen abzulegen. Dementsprechend sank die Wahrscheinlichkeit der Parasitierung und der Wintermortalität signifikant mit zunehmender Eiablagehöhe. Eine Bevorzugung von *G. tanacetii* von Eiablageplätzen hoch in der Vegetation könnte sich deshalb aufgrund des Selektionsdrucks durch den Parasitoiden und der Wintermortalität entwickelt haben (**Kapitel 4**).

Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass der Blattkäfer das Parasitierungsrisiko seiner Eigelege verringern kann, indem er seine Eigelege in strukturell komplexer Vegetation ablegt (siehe Kapitel 3). Demnach sollten

Käferweibchen Stellen mit dichter Vegetation bevorzugen und aktiv für die Eiablage auswählen, um ihren eigenen Reproduktionserfolg zu erhöhen. Um die Bedeutung der Vegetationsstruktur für die Eiablage zu untersuchen, wurden Felddaten mit Nullmodellen statistisch analysiert und die gewonnenen Ergebnisse in Biotests im Labor evaluiert. Die beiden folgenden Hypothesen wurden untersucht: (A) Die Blattkäferweibchen treffen zufällig auf Grashalme, welche sie zur Eiablage verwenden. Deshalb ist innerhalb eines Habitats die Anzahl der Eigelege an Stellen mit unterschiedlicher Grashalmdichte direkt proportional zu der Anzahl der Halme an diesen Stellen. (B) Die Blattkäferweibchen wählen gezielt Eiablagestellen mit hoher Halmdichte und vermeiden die Eiablage an Stellen mit niedriger Halmdichte. Deshalb ist die Anzahl der Eigelege an Stellen mit hoher Halmdichte überproportional höher als an Stellen mit niedriger Halmdichte. Die statistische Analyse der Freilanddaten zeigte, dass sowohl die Halmdichte als auch die Vegetationshöhe mit dem Vorkommen von Eigelegen signifikant positiv korreliert sind. Zudem wurde im Freiland ein überproportional höheres Vorkommen von Eigelegen an Stellen mit hoher Halmdichte festgestellt. In Zweifachwahl-Tests im Labor jedoch legten die Käferweibchen keine überproportional höhere Anzahl von Eigelegen an Stellen mit hoher Halmdichte. Die Ergebnisse deuteten jedoch an, dass die Halmbegegnungsraten einen Einfluss auf die Eiablage hat. Demgegenüber legen die Freilandergebnisse nahe, dass die Wahl des Eiablageplatzes des Blattkäfers von Halmdichte und Vegetationshöhe bestimmt wird (**Kapitel 5**).

Vorhergehende Freilanduntersuchungen belegten, dass hohe und dichte Vegetation sowie die Eiablage nahe an der Spitze von hohen Pflanzen den Parasitierungserfolg verringert (siehe Kapitel 3 und 4). Um die Mechanismen aufzuklären, die der niedrigen Parasitierungseffizienz in komplexer Vegetationsstruktur zu Grunde liegen, wurde das Suchverhalten des Parasitoiden im Labor untersucht. In Biotestarenen wurden getrocknete Grashalme, entsprechend der natürlichen Situation, in hoher oder niedriger Dichte, Höhe und Konnektivität (Anzahl der Verbindungen zwischen Halmen) angeordnet. Die Laborbiotests zeigten, dass hohe Halmdichte die gelaufene Zeit der Parasitoide auf dem Boden reduzierte, aber die Neigung, von Halm zu Halm zu fliegen, erhöhte. Hohe Halme erhöhten die Dauer, welche die Parasitoide auf den Halmen liefen, wobei die gelaufene Zeit in etwa proportional zur Grashalmlänge war. In allen untersuchten Anordnungen wurde kein Unterschied in der Anzahl der

Halmkontakte festgestellt. Bei hoher Konnektivität dagegen erreichten weniger Parasitoide den mittleren und oberen Teil der Grashalme. Damit kann die Eiablage an der Spitze von hohen Pflanzen in dichter Vegetation als eine adaptive Strategie des Blattkäfers betrachtet werden, da diese Art von Vegetationsstruktur die Anzahl der Verbindungs- oder Berührungspunkte zwischen Pflanzen maximiert. Die Verbindungspunkte desorientieren die Parasitoide, die dort Zeit verlieren, die Bewegungsrichtung umkehren oder sogar wegfliegen (**Kapitel 6**).

Diverse Habitate, in denen Wirts- und Nichtwirtspflanzen nebeneinander vorkommen, können tiefgreifende Auswirkungen auf das Orientierungsverhalten, und damit auch auf die Fitness, von herbivoren Insekten und ihrer natürlicher Feinde haben. Die räumliche Struktur von Pflanzen kann sich auf die visuelle Orientierung und das Bewegungsverhalten von Arthropoden auswirken. Zudem kann die Pflanzenartendiversität Einfluss auf die Zusammensetzung von Duftbouquets in Habitaten nehmen, da unterschiedliche Pflanzenarten verschiedenste flüchtige Verbindungen an die Luft abgeben können. Deshalb kann die Pflanzendiversität auch die olfaktorische Orientierung von Arthropoden beeinflussen. Hinsichtlich der Effekte von diverser und komplexer Vegetation auf Arthropoden haben experimentelle Studien bisher widersprüchliche Ergebnisse erbracht. Verschiedene Hypothesen sind bis jetzt vorgeschlagen worden, und Nachweise für jede dieser Theorien konnten gesammelt werden, dennoch werden sie immer noch kritisch diskutiert. Im Hinblick auf die verfügbaren Kenntnisse über die Auswirkungen komplexer Vegetation auf Arthropoden, sind einige mögliche Zusammenhänge bisher kaum berücksichtigt worden. **Kapitel 7** behandelt diesen Sachverhalt und fasst zunächst den gegenwärtigen Wissenstand über die, bei herbivoren und karnivoren Arthropoden, nachgewiesenen Effekte und Mechanismen von komplexer Vegetation zusammen, einschließlich der Ergebnisse dieser Dissertation. Schließlich wird auf der Grundlage der verfügbaren Informationen auf bisher wenig betrachtete Zusammenhänge zwischen Pflanzenartendiversität/chemischer Diversität und struktureller Komplexität hingewiesen. Darin fließt mit ein, dass sich die chemische Diversität von flüchtigen Verbindungen sowohl mit der Pflanzenartenzusammensetzung als auch mit der strukturellen Komplexität verändern kann, und damit auch tiefgreifende Effekte auf die Wahrnehmung von chemischer Diversität von Herbivoren und höheren trophischen Ebenen haben kann.

