

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	小林 義浩
題 目	コニシキソウにおけるアリによる種子散布の意義とアリにとっての種子の価値 (The significance of seed dispersal by ants in the prostrate annual, <i>Chamaesyce maculata</i> (L.) Small (Euphorbiaceae) and benefits of carrying the seeds for ants)
<p>コニシキソウは栄養成長を継続しながら長期にわたって種子を生産する一年草である。夏期の種子はすぐに発芽するため、1 年間に数世代が重複して親子間競争が生じる。秋期の種子では、翌年以降の発芽時に兄弟間で競争が生じる。したがって、親子間や兄弟間の競争が必ず生じ、種子の分散が重要になる。</p> <p>コニシキソウでは季節によって異なる種子散布様式がみられた。夏期には、親子間競争を回避するために自動種子散布を行ない親株の広がりよりも遠くへ種子を分散させた。一方、秋期に生産された種子では、アリによる種子散布がみられた。</p> <p>コニシキソウの種子を運搬するオオズアリとトビイロシワアリの行動を調べることで種子の運命を明らかにした。さらに、アリに種子が運搬された場合の実生の分布様式を実験的に調べることで散布効果を評価し、2種のアリによる種子散布の意義を考察した。</p> <p>オオズアリは、種子を巣へ搬入するまでにさまざまな場所で種子を紛失する確率が高く、一度巣へ運び込んだ種子のほとんどを消費した。そのため、巣口周辺には実生は出現しなかったが、紛失による散布範囲が広がった。一方、トビイロシワアリは、種子の紛失率は低く、種子表面の物質に対して選好性を示し、巣内に搬入した種子の表面物質のみを消費する傾向がみられ、巣へ運び込んだ種子の約 75%が食害されず、約半数が再び巣外へ搬出された。したがって、翌年の実生は、巣口周辺に集中して出現した。どちらのアリに種子が運ばれても分布域が拡大し、新たな生育環境を獲得できるが、種子散布の意義はアリの種によって異なっていた。トビイロシワアリは低い食害率によって種子散布に貢献し、オオズアリは高い種子紛失率と散布場所の分散によって種子散布に貢献していた。これらの違いは、種子の価値がアリの種によって異なることが影響していると考えられた。</p> <p>また、散布前の種子がアリに防衛されることが判明した。しかし、アリは種子捕食者であるカメムシ類を完全に排除できないため、株周辺には健全な種子とカメムシ類によって吸汁食害された種子が存在した。吸汁食害された種子は、発芽能力がなく、アリにとって健全な種子より栄養的に劣ることが考えられるため、アリがこれらの種子を運搬することは植物とアリの両者に不利益をもたらす。オオズアリは、健全な種子とカメムシによって食害された種子を識別できなかったが、トビイロシワアリは健全な種子を優先して運搬し、効率のよい種子散布を行っていた。</p> <p>本研究では、植物・種子散布者・種子捕食者の 3 者関係を生物間相互作用として包括的にとらえ、種子散布に関わるアリの行動の解析により、コニシキソウのアリによる種子散布ではアリの種によって種子散布の効果や意義が異なることを明らかにした。また、種子捕食者排除や健全種子の選好的運搬などの種子散布における新しいアリの役割を初めて示した。</p>	

学 位 論 文 要 旨

氏 名	Yoshihiro Kobayashi
題 目	The significance of seed dispersal by ants in the prostrate annual, <i>Chamaesyce maculata</i> (L.) Small (Euphorbiaceae) and benefits of carrying the seeds for ants (コニシキソウにおけるアリによる種子散布の意義とアリにとっての種子の価値)
<p><i>Chamaesyce maculata</i> (L.) Small is a prostrate annual weed. Plants that emerged in June commenced sexual reproduction from late July, and thereafter both vegetative growth and sexual reproduction continued together until early November. Seeds produced in the summer germinated without dormancy, resulting in overlapping multiple generations within a year. Consequently, the competition between parents and offspring would occur. Seeds produced in the autumn germinated from early summer of the next year, and the competition among offspring seedlings would occur. Therefore, in <i>C. maculata</i>, the seed dispersal is important for escaping from the sib-competitions.</p> <p><i>C. maculata</i> has two seasonally different modes of seed dispersal; autochory in the summer and myrmecochory in the autumn. The large proportion of seeds produced in the summer was dispersed further than the expanse of the parent plants by automatic mechanical seed dispersal. Therefore, autochory would be effective for avoiding competition between parent and offspring plants. No autochory occurred in the seeds produced in the autumn. The seeds were dispersed by seed-collecting ants of two species, <i>Tetramorium tsushimae</i> and <i>Pheidole noda</i>, in the autumn.</p> <p>In <i>P. noda</i>, the frequency of seed loss was high during the seed carry, while almost of the seeds carried into the nest were consumed. In <i>T. tsushimae</i>, the frequency of seed loss was low during the seed carry. However, about 75 % of the seeds carried into the nest were not consumed and about half of the seeds carried into the nest were carried out of the nest. Ants of <i>T. tsushimae</i> tended to prefer surface substances of <i>C. maculata</i> seeds, and they consumed only the surface substances of seeds. As a result, the emergence of seedlings concentrated around their nest. The significance of the seed carrying by ants for <i>C. maculata</i> differed between two ant species. <i>T. tsushimae</i> contributed to the seed dispersal of <i>C. maculata</i> by their low consumption rate, while <i>P. noda</i> contributed to the seed dispersion of <i>C. maculata</i> by their high frequency of seed loss during the seed carry. The difference in the significance of the seed carrying by ants for <i>C. maculata</i> would be caused by the difference in the value of the seeds for each ant species.</p> <p>Furthermore, seed carrying ants defended the pre-dispersal seeds from seed predators (stinkbugs). However, ants could not completely exclude stinkbugs from the plants. Then, both injured and non-injured seeds existed around the plants. The seeds sucked by stinkbugs lacked the ability of germination, and seem to be nutritionally inferior to non-injured seeds as a food for ants. Therefore, the seed carrying by ants may lead to some disadvantage for both plants and ants. Although <i>P. noda</i> could not distinguish the non-injured seeds from injured seeds, <i>T. tsushimae</i> could distinguish them and carried the non-injured seeds more quickly than the injured seeds. Therefore, both the defense against the pre-dispersal seed predation by stinkbugs and the preferential carrying of non-injured seeds by <i>T. tsushimae</i> might result in benefits for <i>C. maculata</i>.</p>	

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏 名	小林 義浩
審査委員	主査 佐賀 大学 鈴木 信彦
	副査 佐賀 大学 早川 洋一
	副査 鹿児島 大学 曾根 晃一
	副査 佐賀 大学 野間口 眞太郎
	副査 鹿児島 大学 津田 勝男
審査協力者	
題 目	<p>コニシキソウにおけるアリによる種子散布の意義とアリにとっての種子の価値</p> <p>(The significance of seed dispersal by ants in the prostrate annual, <i>Chamaesyce maculata</i> (L.) Small (Euphorbiaceae) and benefits of carrying the seeds for ants)</p>
<p>コニシキソウは栄養成長を継続しながら長期にわたって種子を生産する一年草である。夏期の種子はすぐに発芽するため、1年間に数世代が重複して親子間競争が生じる。秋期の種子では、翌年以降の発芽時に兄弟間で競争が生じる。したがって、親子間や兄弟間の競争が必ず生じ、種子の分散が重要になる。</p> <p>コニシキソウでは季節によって異なる種子散布様式がみられた。夏期には、親子間競争を回避するために自動種子散布を行ない親株の広がりよりも遠くへ種子を分散させた。一方、秋期に生産された種子では、アリによる種子散布がみられた。</p> <p>コニシキソウの種子を運搬するオオズアリとトビイロシワアリの行動を調べることで種子の運命を明らかにした。さらに、アリに種子が運搬された場合の実生の分布様式を実験的に調べることで散布効果を評価し、2種のアリによる種子散布の意義を考察した。</p>	

オオズアリは、種子を巣へ搬入するまでにさまざまな場所で種子を紛失する確率が高く、一度巣へ運び込んだ種子のほとんどを消費した。そのため、巣口周辺には実生は出現しなかったが、紛失による散布範囲が広がった。一方、トビイロシワアリは、種子の紛失率は低く、種子表面の物質に対して選好性を示し、巣内に搬入した種子の表面物質のみを消費する傾向がみられ、巣へ運び込んだ種子の約75%が食害されず、約半数が再び巣外へ搬出された。したがって、翌年の実生は、巣口周辺に集中して出現した。どちらのアリに種子が運ばれても分布域が拡大し、新たな生育環境を獲得できるが、種子散布の意義はアリの種によって異なっていた。トビイロシワアリは低い食害率によって種子散布に貢献し、オオズアリは高い種子紛失率と散布場所の分散によって種子散布に貢献していた。これらの違いは、種子の価値がアリの種によって異なることが影響していると考えられた。

また、散布前の種子がアリに防衛されることが判明した。しかし、アリは種子捕食者であるカメムシ類を完全に排除できないため、株周辺には健全な種子とカメムシ類によって吸汁食害された種子が存在した。吸汁食害された種子は、発芽能力がなく、アリにとって健全な種子より栄養的に劣ることが考えられるため、アリがこれらの種子を運搬することは植物とアリの両者に不利益をもたらす。オオズアリは、健全な種子とカメムシによって食害された種子を識別できなかったが、トビイロシワアリは健全な種子を優先して運搬し、効率のよい種子散布を行っていた。

本研究では、植物・種子散布者・種子捕食者の3者関係を生物間相互作用として包括的にとらえ、種子散布に関わるアリの行動の解析により、コニシキソウのアリによる種子散布ではアリの種によって種子散布の効果や意義が異なることを明らかにした。また、種子捕食者排除や健全種子の選好的運搬などの種子散布における新しいアリの役割を初めて示した。

これらの研究成果は、群集生態学の発展に大きく貢献するだけでなく、農業生態系の生物群集における生物間相互作用を利用した雑草制御や害虫制御に新しい視点を提供するものであり、学位論文として十分な価値があるものと判定された。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏名	小林 義浩
審査委員	主査 佐賀 大学 鈴木 信彦
	副査 佐賀 大学 早川 洋一
	副査 鹿児島 大学 曾根 晃一
	副査 佐賀 大学 野間口 眞太郎
	副査 鹿児島 大学 津田 勝男
審査協力者	
実施年月日	平成21年 7月17日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) (口答)・筆答	
<p>主査及び副査は、平成21年7月17日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士(農学)の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏 名	小林 義浩
<p>[質問1] オオズアリが巣と反対方向に種子を紛失するのはなぜか？なぜ真っ直ぐ巣に帰らないのか？</p> <p>[回答1] まだ解明されていない。今後明らかにしていかなければいけない。</p> <p>[質問2] アリによる 150cm の散布距離は親株から十分に散布された距離ですか？</p> <p>[回答2] 親株の広がりやが150cmを越えることはないため、親株との競争回避には十分な距離です。</p> <p>[質問3] この研究の売りは何か、そして農業上、直接的あるいは間接的にどんな意味があるのか？</p> <p>[回答3] 種子を運ぶアリは砂漠でも見られ、種子を運ばせることで、砂漠の緑化に貢献できるのではないかと。また、種子捕食者をアリが排除するので、そういうアリの行動を上手く使えば、作物の種子を守ることができる可能性もあります。</p> <p>[質問4] 秋は自動種子散布の機能は無くなるのか、それとも行わないのか？</p> <p>[回答4] 構造上散布できなくなっているのか、温度などの環境条件で散布できなくなっているのかは分からないが、自動種子散布は行わない。</p> <p>[質問5] 種子が自動散布される前にアリが持っていってしまうのか？</p> <p>[回答5] アリが株上から種子を持っていくことはあまりなく、自動種子散布せずに親株の下に落ちている種子をアリが運びます。</p> <p>[質問6] アリの種類により種子散布様式が異なり、それぞれの散布様式には良い点もあれば悪い点もあると思われるので、良い点と悪い点をトータルで評価できないか？</p> <p>[回答6] それぞれのアリによる種子散布の結果、翌年出現した実生の生存率を比較したが、3つの実験区での生存率には差がなかった。今年行った同様な実験で、生存率の違いから評価できると思っています。</p> <p>[質問7] コニシキソウの下にアリが巣を作ったりすることはないのか？ そうなると種子分散があまり役に立っていないことにならないか？ その場合オオズアリはいいがシワアリは役に立たない？</p> <p>[回答7] コニシキソウが生育している場所にアリが巣を作ったのではなく、シワアリが巣の周りに運んだ種子が翌年発芽したと思われまます。</p>	

[質問 8] 次世代は巣の周りに密集してしまうから良くないのではないか？

[回答 8] 野外のコロニーは今回の実験で使ったコロニーよりも大きく、巣口があちこちにたくさんあるので、パッチ状に実生は分散すると思われます。また、アリの巣の近くに生育することで種子捕食者から守ってもらえるという点で、散布以外のアリの貢献があると思われます。

[質問 9] 種子のみ食べるクロナガアリは株に来訪するけど、種子を運ばないようだが、運ぶか運ばないかはどこで決まるのか？

[回答 9] 一般的にワーカーの大きさと種子のサイズに関係があって、それで運ぶ種子を決めていると言われているが、クロナガアリは少し大きめのアリなので、コニシキソウのように小さな種子だと逆に掴めないかもしれません。

[質問 10] 夏の種子にも表面物質は付いているのに、シワアリが利用しないのはなぜか？

[回答 10] 他にもっと良い餌があるためだと思います。あるいは夏に自動散布された種子は株から離れていて、さらにすぐに発芽するので、アリが見つかる前に発芽してしまい、アリは運ばないのではなく、運べないのかもしれない。

[質問 11] カメムシが吸汁した種子と健全な種子をアリはどう見分けるのか？

[回答 11] コニシキソウの健全な種子と食害された種子は重さが違い、アリが種を運ぶ前に抱え込んで調べるような格好をするので、その時に重さを比べているのかもしれない。

[質問 12] 選択的な種子散布実験で、最終的には食害された種子もほとんど運ばれているように見えるが、野外ではどうか？

[回答 12] 実験では 20 粒与えたため、時間がたつと種子が少なくなり、食害された種子も運んだが、野外ではもっとたくさんの種子があるため、食害された種子がほとんど運ばれることはないと思います。