菌床シイタケ害虫に対する昆虫病原性微生物製剤の効果

Effecacy of entomopathogenic microbiologic agent against Shiitak-peste insect of mycelial block cultivation

松本哲夫・齊藤みづほ・和南城聡・坂田春生*

要旨

菌床シイタケ栽培の害虫であるムラサキアツバ、セモンホソオオキノコムシ、コクガに対するバイオセーフとバシレックスの効果を検討したところ、以下のことが明らかになった。

1　バシレックスは、菌床栽培のシイタケに害を与えない。

2　ムラサキアツバ幼虫に対して、バイオセーフは殺虫効果が、バシレックスは殺虫及び発生前の散布も効果が認められる。

3　セモンホソオオキノコムシ幼虫に対して、濃度10,000頭／mlのバイオセーフ懸濁液散布は、殺虫効果が認められる。

4　コクガ幼虫に対する殺虫効果については、判然とした効果が認められない。

キーワード　菌床シイタケ、ムラサキアツバ、セモンホソオオキノコムシ、バイオセーフ、バシレックス

Ⅰ　はじめに

シイタケ栽培の主流は原木栽培から菌床栽培へと移り変わって久しく、国内の生シイタケ全生産量の約９割を菌床栽培が占めている（群馬県林業振興課，2017）。また、群馬県における菌床シイタケの生産額は特用林産物全体の約45％を占めており（群馬県林業振興課，2017）、主要な産業のひとつである。菌床シイタケは、子実体の発生と収穫を数回繰り返すことが可能で、その期間も１か月から数か月と長期にわたる。また、発生施設も簡易なパイプハウスで行われていることが多い。そのため、昆虫類が容易に侵入可能であり、内部で世代交代することで害虫化している事例が増加している。害虫の与える被害は、直接きのこや菌床を食害するだけでなく、梱包時に異物として混入することで消費者に不快な思いをさせるものもある。

近年、被害が増加している害虫には、チョウ目ヤガ科のムラサキアツバ(*Diomea cremata*)、コウチュウ目オオキノコムシ科のセモンホソオオキノコムシ(*Dacne picta*)、チョウ目ヒロズコガ科のコクガ(*Nemapogon granella*)がいる。ムラサキアツバの成虫は開張28～30㎜、翅は黒褐色で紫色を帯びている（吉松，2011）（図－１）。菌床シイタケ栽培で害虫化し、各地で被害が発生している（吉松ら，2003：岩澤ら，2005：杉本ら，2006：石谷，2009）。幼虫（図－２）がシイタケだけでなく菌床表面を削り取るように食害するため（後藤ら，1995）、菌床の劣化が進み収穫量が減少する原因となる。セモンホソオオキノコムシの成虫は体長３㎜程度、前胸背板は橙黄色で中央に黒褐色紋がある（古川ら，1986）（図－３）。幼虫（図－４）が菌床内部に潜り込んで菌糸を摂食する他、幼虫及び成虫がシイタケを食害する。コクガの成虫は開張15㎜程度、前翅は灰白色で中央部が褐色で黒褐色斑が散在す

＊林業振興課きのこ普及室

図－１　ムラサキアツバ成虫

図－２　ムラサキアツバ幼虫

図－３　セモンホソオオキノコムシ成虫

図－４　セモンホソオオキノコムシ幼虫

図－５　コクガ成虫

図－６　コクガ幼虫

る（古川ら，1986)（図－５)。幼虫（図－６）が菌床内部を食害し菌床の劣化を早める。

現在実施されている対策は、誘引補虫機の使用や目視による除去といった物理的防除であり、いずれも害虫発生後の対症療法的で非効率である。また、農薬については使用できるものが限られている上に、きのこは農薬を使わず栽培しているイメージが強いことから、特に化学農薬は生産者も敬遠している。

これらの問題を解決する農薬として、天敵生物を使用した生物的防除がある。天敵生物は生物農薬とも呼ばれ、農業の分野では広く利用されている。生物的防除は、安全性と有効性、経済性を備えた

防除方法であり、環境汚染の問題がなく、人間や野生動物にも無害と言う利点がある（平嶋，1986）。現在市販されている生物農薬として、バイオセーフ（図－７）やバシレックス水和剤（以下バシレックス、図－８）（ともに株式会社エス・ディー・エスバイオテック製）などが農業分野で使用を認められている。なお、両農薬の有効成分等については、表－１に示すとおりである。これらの生物農薬を菌床シイタケ栽培に適用拡大できれば、比較的簡易に効果的な害虫防除が可能となる。

そこで、バイオセーフのムラサキアツバ、セモンホソオオキノコムシ、コクガに対する殺虫効果と、バシレックスのムラサキアツバとコクガに対する殺虫効果について検討した。また、バシレックスについては、シイタケの発生に対する薬害の有無と、ムラサキアツバに対する幼虫発生前の散布について検討した。

なお、本研究は、農林水産省イノベーション創出強化研究推進事業「高品質シイタケ安定生産に向けた天敵利用によるケミカルレスな害虫激減技術の開発」の資金を活用して実施した。

図－７　バイオセーフ

図－８　バシレックス

表－１　試験対象生物農薬

農薬名	バイオセーフ	バシレックス
有効成分	スタイナーネマ　カーポカプサエオール株 感染態３期幼虫 250万頭／ｇ	BT菌の生芽胞及び産生結晶毒素 力価として1,000B.m.B単位／mg 10％
性　状	淡黄色塊状	類白色水和性粉末
毒　性	普通物	普通物
有効期限	４ヶ月（５℃）	４年
特　徴	センチュウが昆虫の口などから体内に侵入し殺虫効果を示す	有効成分を昆虫が摂食することで殺虫効果を示す

（SDS農薬要覧2019，2018a，2018b：日本生物防除協議会，2016a，2016b）

Ⅱ　方法

１　バシレックス薬害試験

培養が終了し、シイタケ子実体の発生時期を迎えた菌床を購入し、2018年５月22日に林業試験場内（群馬県北群馬郡榛東村大字新井2935　以下同じ）のパイプハウスに搬入した。その後、５月25日に除袋を行った（図－９）。試験条件を表－２に示す。菌床の重量は1.1kg、品種は森産業株式会社の森XR1とした。除袋した菌床に、通常使用濃度の２倍に当たる250倍に希釈したバシレックスを均等に降りかかるよう散布した。対照区には、水道水を同量散布した。散布は、乾電池式噴霧器（株式会社工進製GT-5HSR）（図－10）で行った。バシレックスを散布後、24時間経過してから散水を開始し、子実体の発生を促した。発生した子実体については、傘の裏の膜が切れてヒダが確認される時期に採取した。採取した子実体は、発生個数、傘の大きさ、収量について計測した。また、パイプハウス内の温湿度を測定した。試験の終了は、菌床からの子実体の初回発生及び収穫が終了した時点とした。

表－２　バシレックス薬害試験条件

	散布薬剤	散布濃度	散布量	菌床数	散水管理	試験開始日	除袋日	試験終了日
試験区	バシレックス	250倍希釈	50ml／菌床	30個	２回／日 30分	2018年5月22日	2018年5月25日	2018年6月1日
対照区	水道水 (残量塩素含む)	－	50ml／菌床	30個	２回／日 30分	2018年5月22日	2018年5月25日	2018年6月1日

図－９　菌床設置状況

図－10　乾電池式噴霧器

２　ムラサキアツバ幼虫に対するバイオセーフ及びバシレックスの殺虫試験

除袋後の初回発生が終了した菌床を準備し､接種孔に水がたまり対象昆虫が死亡するのを防ぐため、菌床底面を上にして林業試験場内パイプハウスの棚に設置した後、菌床上にムラサキアツバの幼虫を放虫した。試験条件を表－３に示す。菌床数は棚３段に９個ずつ設置した。各段の８個の菌床には幼虫を１頭ずつ、１個の菌床には２頭、合計で各試験区30頭となるように放虫した。放虫後、速やかにバイオセーフ懸濁液又はバシレックス懸濁液を散布した。対照区には水道水を同量散布した。散布は、乾電池式噴霧器で行った。懸濁液散布後、24時間経過してから散水を開始した。その後、３～４日間隔で菌床上の生存虫数を目視により数えた。羽化が確実に認められた個体については、生存虫数として数えた。他の場所に幼虫が移動したことにより生存が確認できなかった個体については、生存虫数から除外した。また、パイプハウス内の温湿度を測定した。試験の終了は、生存虫が確認できない、

もしくは全ての幼虫が蛹化した時期とした。

表－３　ムラサキアツバ幼虫に対するバイオセーフ及びバシレックスの殺虫試験条件

	散布薬剤	散布濃度	散布量	菌床数	幼虫放虫数	散水管理	薬剤散布日	幼虫放虫日	観察開始日	観察終了日
試験区	バイオセーフ	1,000頭／ml	50ml／菌床	27個	30頭	２回／日 30分	2018年8月10日	2018年8月10日	2018年8月14日	2018年9月3日
		5,000頭／ml	50ml／菌床	27個	30頭	２回／日 30分	2018年8月10日	2018年8月10日	2018年8月14日	2018年9月3日
	バシレックス	1,000倍希釈	50ml／菌床	27個	30頭	２回／日 30分	2018年8月10日	2018年8月10日	2018年8月14日	2018年9月3日
		500倍希釈	50ml／菌床	27個	30頭	２回／日 30分	2018年8月10日	2018年8月10日	2018年8月14日	2018年9月3日
対照区	水道水 (残量塩素含む)	－	50ml／菌床	27個	30頭	２回／日 30分	2018年8月10日	2018年8月10日	2018年8月14日	2018年9月3日

３　ムラサキアツバ幼虫に対するバシレックスの発生前散布試験

除袋後の初回発生が終了した菌床を準備し、菌床底面を上にして林業試験場内パイプハウスの棚に設置した後、バシレックスを散布した。試験条件を表－４に示す。散布は、乾電池式噴霧器で行った。対照区は水道水を同量散布した。菌床を棚ごと24メッシュの網で囲い（図－11）、中にムラサキアツバ成虫を雌雄30頭ずつ放虫して菌床上に産卵させ、幼虫を発生させた。散布後、７日間は散水を停止した。７日後に菌床を各試験区ごとに棚を分けて設置し、散水を開始した。その後、３～４日間隔で菌床上の生存虫数を数えた。他の場所に幼虫が移動したことにより生存が確認できなかった個体については、生存虫数から除外した。また、パイプハウス内の温湿度を測定した。試験の終了は、生存虫が確認できない、もしくは全ての幼虫が蛹化した時期とした。

図－11　網で囲った棚

表－４　ムラサキアツバ幼虫に対するバシレックスの発生前散布試験条件

	散布薬剤	散布濃度	散布量	菌床数	散水管理	薬剤散布日	成虫放虫日	観察開始日	観察終了日
試験区	バシレックス	1,000倍希釈	50ml／菌床	18個	２回／日 30分	2018年9月4日	2018年9月4日	2018年9月11日	2018年11月12日
		500倍希釈	50ml／菌床	18個	２回／日 30分	2018年9月4日	2018年9月4日	2018年9月11日	2018年11月12日
対照区	水道水 (残量塩素含む)	－	50ml／菌床	18個	２回／日 30分	2018年9月4日	2018年9月4日	2018年9月11日	2018年11月12日

４　セモンホソオオキノコムシ幼虫に対するバイオセーフの殺虫試験

除袋後の初回発生が終了した菌床を準備し、菌床底面を上にして林業試験場内パイプハウスの棚に設置した。試験条件を表－５に示す。棚に設置後、底を切り取ったPET製の蓋付き透明カップ（口径66㎜、高さ36㎜、容量74ml　以下カップ）を菌床に差し込んだ。その中に、セモンホソオオキノコムシの幼虫を放虫し、蓋をした（図－12）。放虫翌日、幼虫がカップから菌床に移動したのを確認し、カップを除去した。除去日から６日経過後、バイオセーフ懸濁液を散布した。対照区は水道水を同量散布した。散布は乾電池式噴霧器で行った。散布後、菌床上面と底面に４×10㎝の粘着シートを置き、

表－５　セモンホソオオキノコムシ幼虫に対するバイオセーフの殺虫試験条件

	散布薬剤	散布濃度	散布量	菌床数	幼虫放虫数	散水管理	幼虫放虫日	薬剤散布日	羽化成虫測定日
試験区	バイオセーフ	5,000頭／ml	50ml／菌床	18個	50頭／１菌床	２回／日 30分	2018年5月24日	2018年5月31日	2018年7月11日
		10,000頭／ml	50ml／菌床	18個	50頭／１菌床	２回／日 30分	2018年5月24日	2018年5月31日	2018年7月11日
対照区	水道水 (残量塩素含む)	－	50ml／菌床	18個	50頭／１菌床	２回／日 30分	2018年5月24日	2018年5月31日	2018年7月11日

菌床上面には竹串を３本立てた（図－13)。その後、不織布でできた排水口用の水切り２枚で底面側と上面側から覆い、重なった部分をゴムバンドでとめた（図－14)。不織布と粘着シート及び菌床が接触するのを竹串を立てることで防いだ。製剤散布後、24時間経過してから散水を開始した。散布から41日経過後に不織布を取り除き、羽化の確認された成虫を数え、１菌床当たりの羽化成虫数を求めた。また、パイプハウス内の温湿度を測定した。

図－12　菌床とカップ

図－13　竹串と粘着シート設置

図－14　不織布で覆った菌床

５　コクガ幼虫に対するバイオセーフ及びバシレックスの殺虫試験

試験４と同時期に同様の方法で、コクガに対するバイオセーフとバシレックスの殺虫効果試験を行った。試験条件を表－６に示す。散布から41日経過後に不織布を取り除き、羽化の確認された成虫を数え、１菌床当たりの羽化成虫数を求めた。また、パイプハウス内の温湿度については、試験４と同時期であるため、同じ結果を用いた。

表－６　コクガ幼虫に対するバイオセーフ及びバシレックスの殺虫試験条件

	散布薬剤	散布濃度	散布量	菌床数	幼虫放虫数	散水管理	幼虫放虫日	薬剤散布日	羽化成虫測定日
試験区	バイオセーフ	5,000頭／ml	50ml／菌床	18個	20頭／１菌床	２回／日 30分	2018年5月25日	2018年5月31日	2018年7月11日
		10,000頭／ml	50ml／菌床	18個	20頭／１菌床	２回／日 30分	2018年5月25日	2018年5月31日	2018年7月11日
	バシレックス	500倍希釈	50ml／菌床	18個	20頭／１菌床	２回／日 30分	2018年5月25日	2018年5月31日	2018年7月11日
対照区	水道水 (残量塩素含む)	－	50ml／菌床	18個	20頭／１菌床	２回／日 30分	2018年5月25日	2018年5月31日	2018年7月11日

Ⅲ　結果及び考察

1　バシレックス薬害試験

結果を表－７に示す。またパイプハウス内の温湿度の測定結果は図－15に示すとおりである。今回の試験では、初回発生のみの結果である。収穫された子実体の合計個数及び合計収量は、若干対照区の方が多かったが有意な差はなく（ｔ検定　$p>0.05$）、平均個重は同じであった。発生した子実体の形状も対照区と比べて遜色なく（図－16、17）、変形子実体もほぼ同量で、試験区では２個と非常に少なかった。対照区と試験区との間に有意な差はなく、バシレックスの薬害は認められなかった。

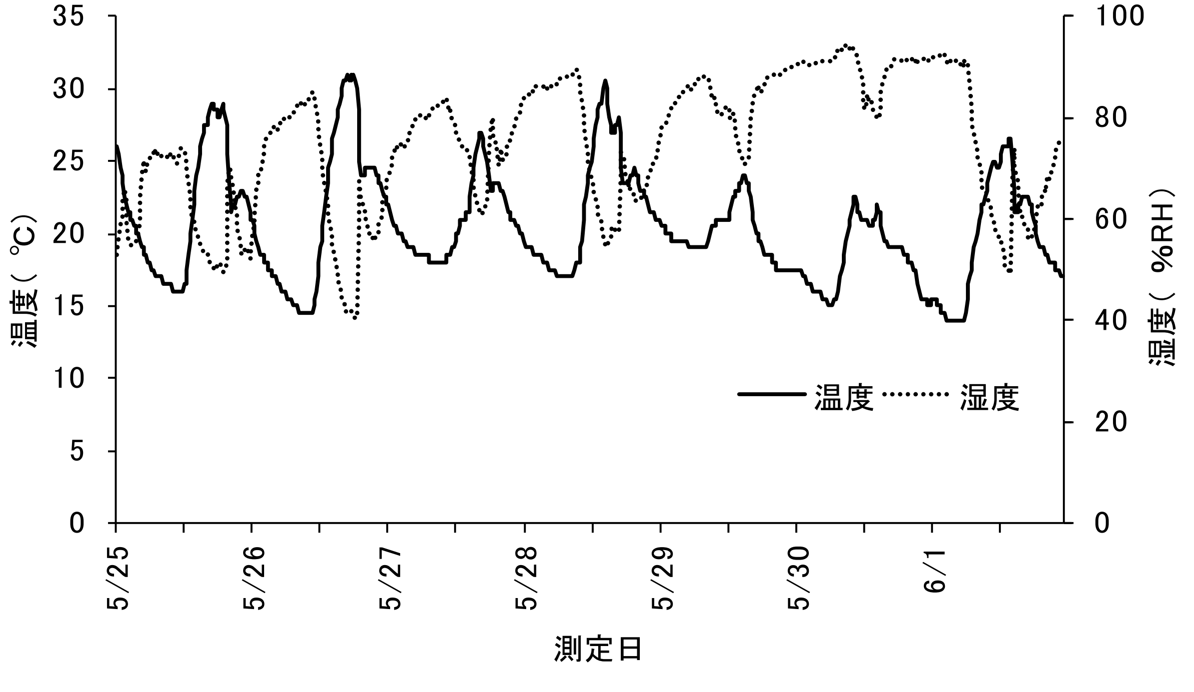
バシレックスは、すでに使用が認められている野菜類やリンゴ、カキなどの作物についても薬害はなく、安全性が認められている。菌床シイタケ栽培についても薬害が認められなかったことから、生産性を抑制することのない安全な薬剤として使用できる可能性が高まったと言える。

なお、通常シイタケの菌床栽培では子実体を複数回発生、採取する。バシレックスの有効性を確認するため、繰り返し発生させた場合の試験も必要であると考えられた。

表－７　シイタケの発生に対するバシレックス薬害の有無

	サイズ	２Ｓ	Ｓ	Ｍ	Ｌ	２Ｌ	３Ｌ	変形	合計	平均 １個重
試験区	個数(個)	15	63	85	113	54	8	2	340	
	収量（g)	50.4	375.0	901.8	2013.8	1440.5	284.8	11.0	5077.3	14.9
対照区	個数(個)	16	57	98	122	48	8	3	352	
	収量（g)	48.9	343.2	1065.9	2191.6	1229.3	296.2	54.7	5229.8	14.9

個数、収量ともに試験と対照区との間に有意差無し（ｔ検定　$p>0.05$）



図－15　バシレックス薬害試験時のパイプハウス内温湿度

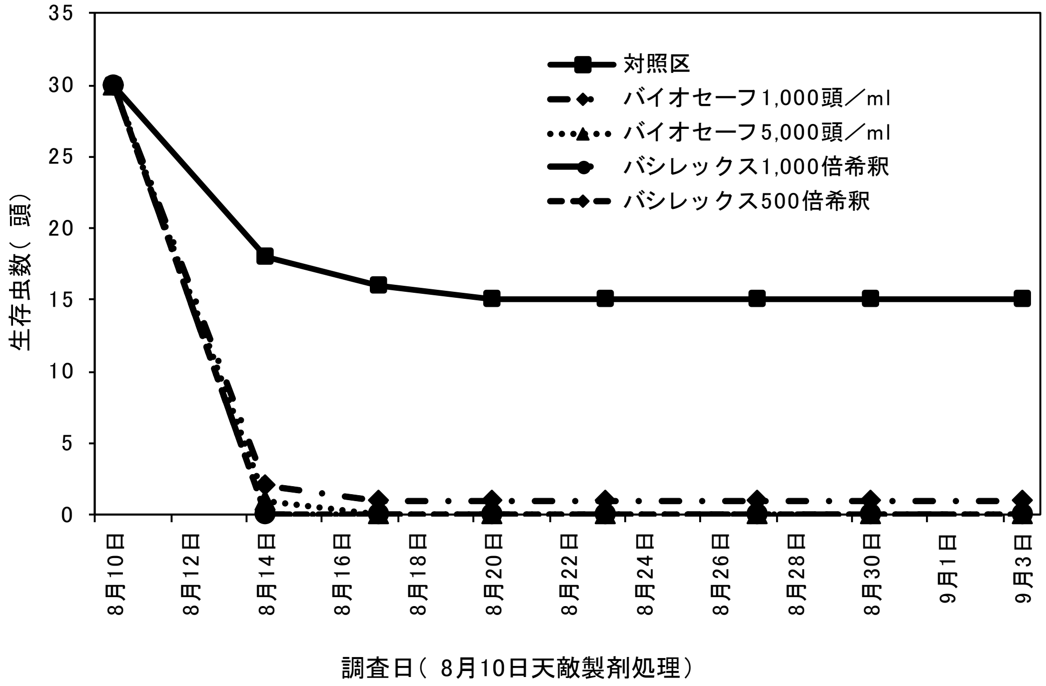
図－16　対照区に発生した子実体

図－17　試験区に発生した子実体

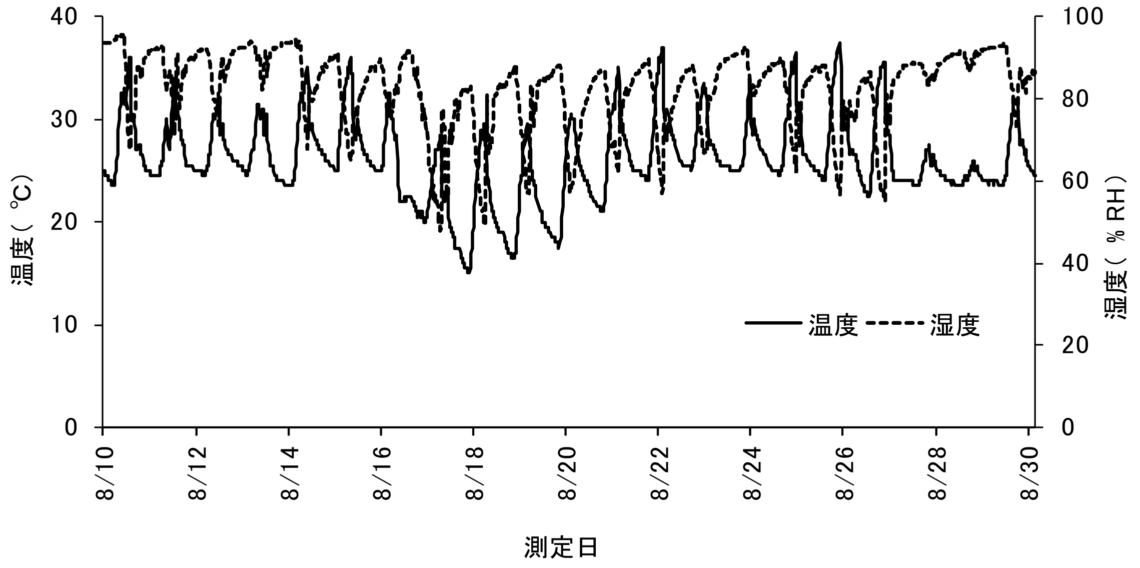
２　ムラサキアツバ幼虫に対するバイオセーフ及びバシレックスの殺虫試験

結果を図－18に示す。パイプハウス内の温湿度の測定結果は図－19に示すとおりである。対照区では３回目の調査まで生存虫数が減り続けたが、その後は安定し、放虫した数の半分が生存した。対照区では幼虫の死骸が確認できなかったため、減少の原因は、他所への移動が主な理由と考えられる。バイオセーフについては、1,000頭／ml区では、２回目の調査で生存虫数が１頭となり、その１頭が最後まで生存、羽化し成虫となった。5,000頭／ml区では、３回目の調査以降、生存虫数は確認できなかった。バシレックスを散布した試験区は1,000倍希釈、500倍希釈の両方とも１回目の調査の時点で生存虫数が確認できなくなり、その後も増加することはなかった。

以上のことから、バイオセーフとバシレックスは、ともにムラサキアツバに対する殺虫効果が期待でき、その効果は散布後速やかに現れることがわかった。



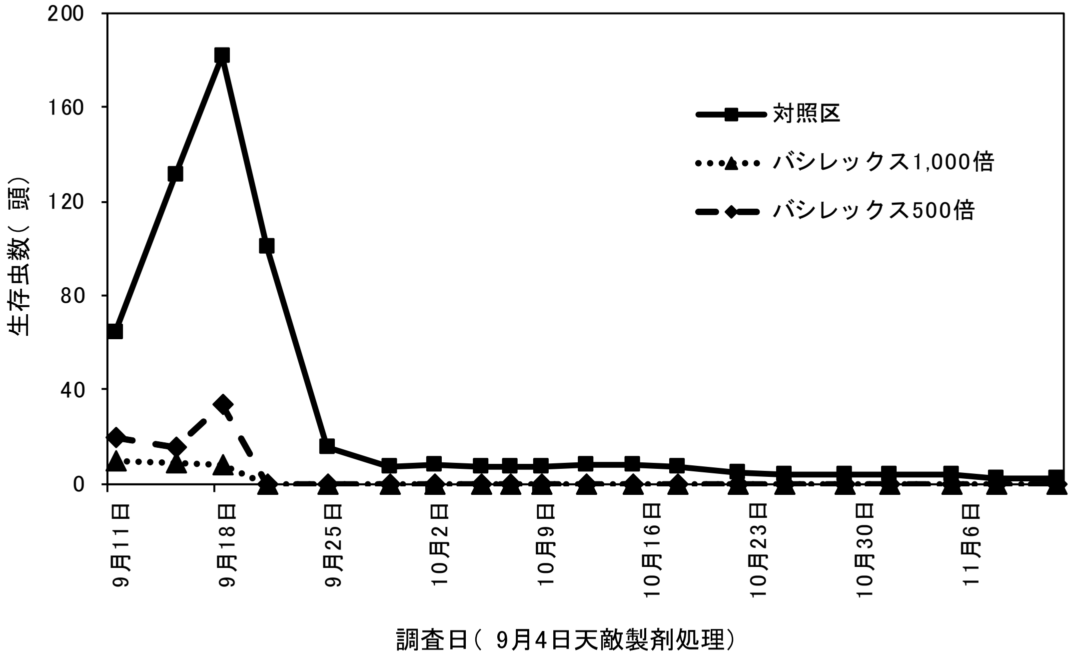
図－18　ムラサキアツバ幼虫に対するバイオセーフ及びバシレックスの殺虫試験



図－19　ムラサキアツバ幼虫に対する殺虫試験時のパイプハウス内温湿度

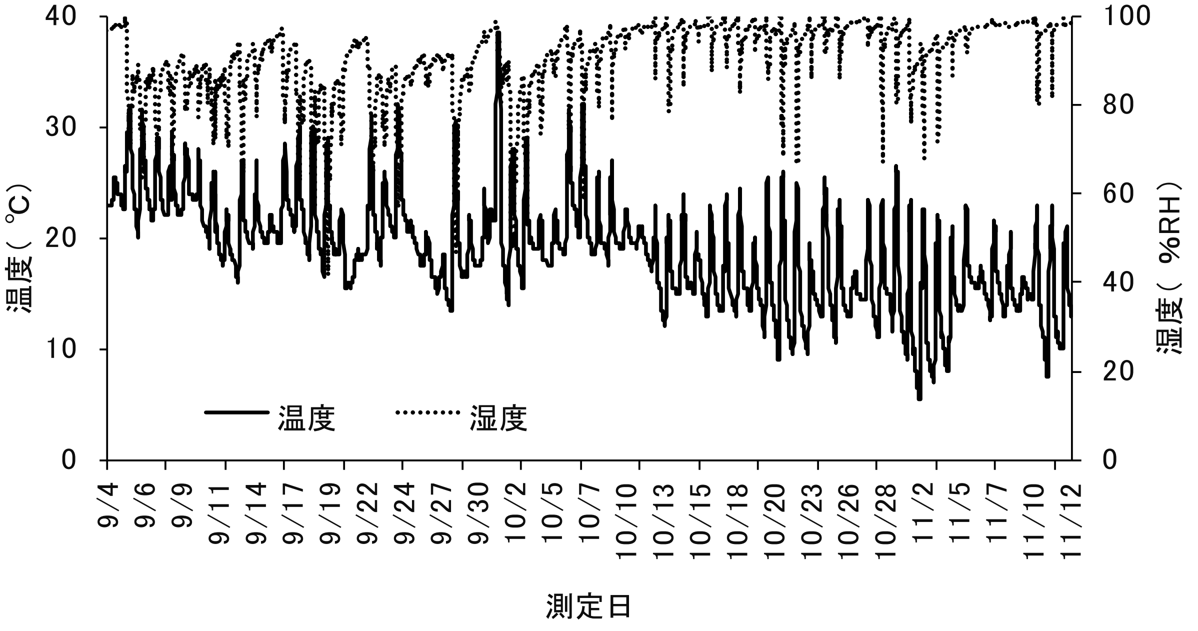
3　ムラサキアツバ幼虫に対するバシレックスの発生前散布試験

結果を図－20に示す。パイプハウス内の温湿度の測定結果は図－21に示すとおりである。対照区は２回目の調査まで生存虫数が増加し、その後は減少に転じた。対照区で幼虫が減少した原因としては、試験２と同様、他所への移動が主な理由と考えられる。最終的には２頭の蛹化が確認できた。バシレックスを散布した試験区では、２試験区ともに初期値が対照区の半分以下となっていた。濃度500倍希釈の試験区については、２回目の調査で幼虫数は一時的に増えたが、その後は減少し、３回目の調査では生存虫が確認できなくなった。濃度1,000倍希釈の試験区についても３回目の調査で生存虫が確認できなくなった。



図－20　ムラサキアツバ幼虫に対するバシレックスの発生前散布試験

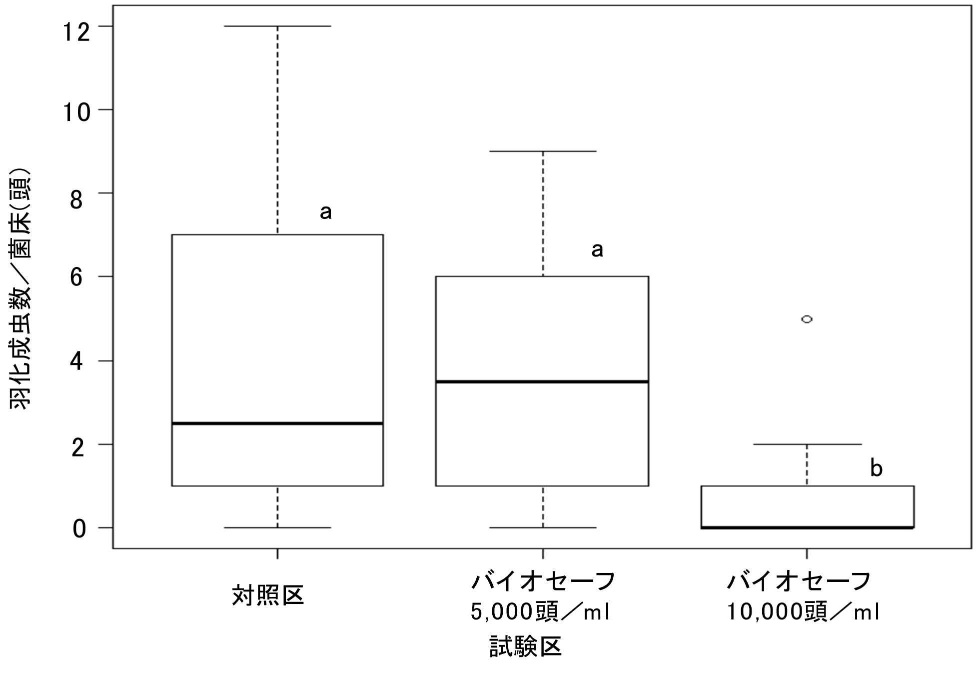
以上のことから、バシレックスをムラサキアツバ幼虫の発生前に散布しても、幼虫の増加を防ぐ効果が期待できると考えられた。また、バシレックス散布区では、初期値も対照区の半分以下となっていたことから、極めて早い段階で効果が現れると考えられた。



図－21　ムラサキアツバ幼虫に対するバシレックス発生前散布試験時のパイプハウス内温湿度

4　セモンホソオオキノコムシに対するバイオセーフの殺虫試験

結果を図－22に示す。またパイプハウス内の温湿度の測定結果は図－23に示すとおりである。

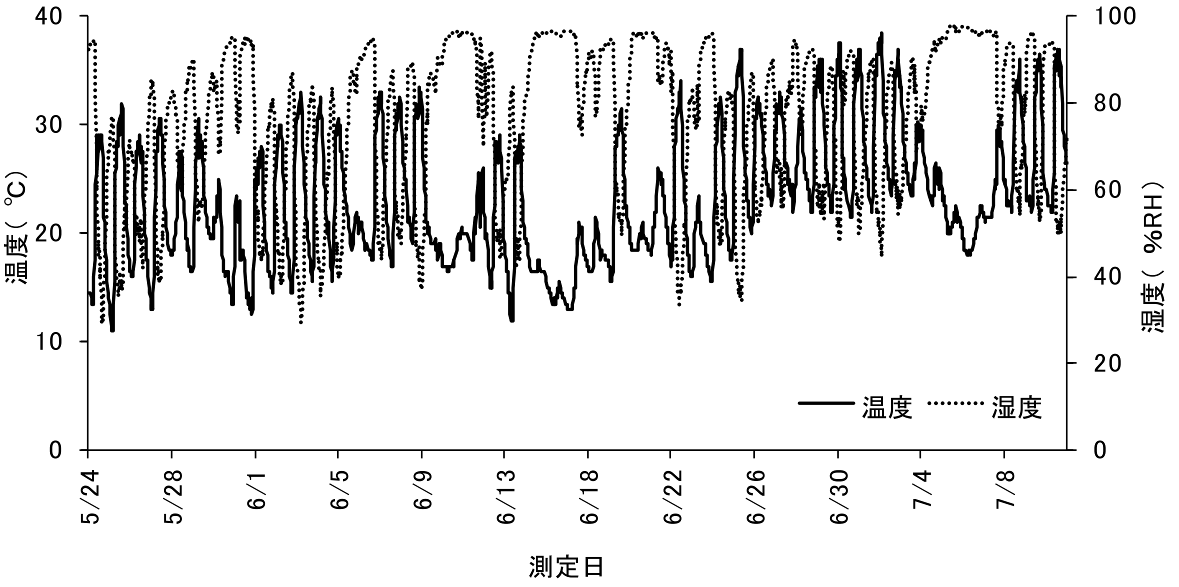


図－22　セモンホソオオキノコムシ幼虫に対するバイオセーフ殺虫試験

異なるアルファベット間に有意差有り（Steel-Dwass検定　$p<0.01$）

１菌床当たりの羽化成虫数は、対照区を含む全試験区で少なかったが、10,000頭／ml区は特に少なかった。羽化成虫数は対照区と5,000頭／ml区ではほぼ同等であったが、10,000頭／ml区では非常に少なく、他の試験区との間に有意な差も見られた。(Steel－Dwass検定　$p<0.01$)

以上のことから、バイオセーフはセモンホソオオキノコムシに対して、10,000頭／mlの濃度で散布すると殺虫効果が期待できると考えられた。

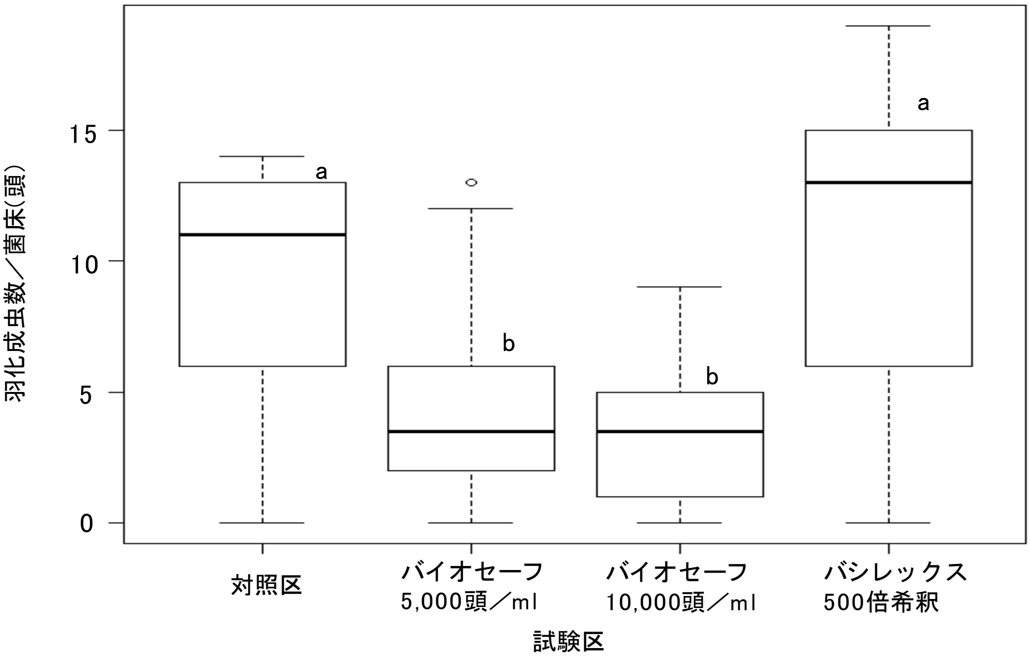


図－23　セモンホソオオキノコムシ幼虫に対するバイオセーフ殺虫試験時のパイプハウス内温湿度

５　コクガに対するバイオセーフ及びバシレックスの殺虫試験

結果を図－24に示す。パイプハウス内の温湿度については、図－23に同じである。１菌床当たりの最大羽化成虫数は、対照区で15頭をやや下回っていた。バイオセーフ散布区では5,000頭／ml区で10頭をやや超えており、10,000頭／ml区では10頭をやや下回っていた。一方で、バシレックスを散布した試験区では15頭を超えていた。また、対照区とバシレックス散布区の間には有意な差は見られなかったが（Steel－Dwass検定　$p>0.05$)、バイオセーフを散布した２試験区との間には有意な差が見られた。(Steel－Dwass検定　$p<0.05$）また、バイオセーフを散布した２試験区間にも有意な差は見られなかった。(Steel－Dwass検定　$p>0.05$)

以上のように、バシレックスについては数値が対照区を上回っており、殺虫効果はあまり期待できないと考えられた。バイオセーフについては、２試験区とも対照区の半分程度からそれ以下の数値となっており、有意差も見られることから殺虫効果はあると考えられる。ただし、10,000頭／ml区でも10頭近くが羽化している菌床があることから、実際に現場で使用するには効果が限定的であると考えられた。



図－24　コクガ幼虫に対するバイオセーフ及びバシレックス殺虫試験
異なるアルファベット間に有意差有り（Steel-Dwass検定　p＜0.05）

Ⅳ　総合考察

これまでのきのこ栽培における害虫では、原木シイタケ栽培におけるシイタケオオヒロズコガ（古川ら，1986）や、マッシュルーム栽培におけるツクリタケクロバネキノコバエ（古川ら，1986）等の存在が知られていた。それが近年では、菌床シイタケ栽培においてナガマドキノコバエ類（川島ら，2010）やナメクジ類の被害も現れるようになってきた。ナガマドキノコバエ類については、専用の誘引殺虫機が開発され（北島ら，2011　阿部，2013）、ナメクジ類については銅素材（富田ら，2016）や電圧を負荷したアルミニウム箔（池田，2009）を利用した防除方法が検討されており、現場での検討も進められている。これらの防除方法は、安全性には優れているが、即効性の面では薬剤の方が効果的であるといえる。きのこ栽培における殺虫剤については、フェニトロチオンやBT剤のゼンターリなどが農薬として登録されているがいずれも原木シイタケ栽培用であり（関谷，2018）、菌床シイタケ栽培で安全に使用できる農薬類の登場が待たれるところである。

本研究の結果から得られた対象昆虫と農薬の効果について表－８に示す。

表－８　対象昆虫と農薬の効果

	使用農薬	バイオセーフ 5,000頭／ml		バイオセーフ 10,000頭／ml		バシレックス 1,000倍希釈		バシレックス 500倍希釈	
対象昆虫	効果	殺虫	発生前	殺虫	発生前	殺虫	発生前	殺虫	発生前
ムラサキアツバ		○	－	○	－	○	○	○	○
セモンホソオオキノコムシ		×	－	○	－	－	－	－	－
コクガ		×	－	×	－	－	－	×	－

○：効果有り　×：効果無し　－：未試験

本研究により、バシレックスはシイタケの発生、生育に害を与えず、ムラサキアツバ幼虫に対して速やかに殺虫効果を示し、発生前の散布も効果的であることがわかった。また、バイオセーフについてもムラサキアツバ幼虫に対して速やかに殺虫効果が発揮されることがわかった。さらにバイオセーフは、濃度10,000頭／mlで散布すると、セモンホソオオキノコムシに対しても効果が見られた。

ムラサキアツバとセモンホソオオキノコムシは、ともに突発的な発生が見られ、時に大きな被害を与える。生物農薬がそれぞれの幼虫に対して殺虫効果があることは、菌床シイタケ栽培において非常に有望な対策方法である。特にムラサキアツバ幼虫に対するバシレックスの発生前散布は、対症療法に頼っていた菌床シイタケにおける害虫防除について被害を未然に防ぐことで、様々な労力の軽減につながる。子実体の発生、生育時の幼虫の除去が不要となり、収穫時の手間を減らすことが可能となる。さらに、幼虫が異物混入することを防ぐこともできるので、梱包時の手間も軽減できる。また、バシレックスと同じBT剤であるゼンターリ顆粒水和剤は、原木シイタケ栽培での使用が認められている（関谷，2018）。バシレックスも有機JAS認定の農薬であり（有機JAS認定農薬一覧表，2017）、殺虫効果や幼虫の増加を防ぐ効果が高く、安全性も高い薬剤と考えられるため、使用することで、消費者に安全、安心なきのこを提供することができる。バシレックスの菌床シイタケ栽培への適用拡大が期待されるところである。

バイオセーフも、ムラサキアツバに対して高い効果が認められた。殺虫試験において速やかで確実に効果が現れ、散布から７日経過後には生存虫数が１頭まで激減した。バイオセーフは、有効成分である線虫が昆虫の口などから体内に侵入し殺虫効果を示す製剤である（日本生物防除協議会，2016a）。農業分野では、かんしょに対するゾウムシ類や、野菜類、果樹類に対するガ類等への使用が登録されており、安全性と効果が認められている。本試験においても、速やかに幼虫を減少させる効果が確認できたことから、菌床シイタケへの適用拡大が期待されるところである。

以上のように、バシレックス、あるいはバイオセーフを使用することで、ムラサキアツバの被害は確実に防げるものと思われる。

バイオセーフについては、セモンホソオオキノコムシにも確認されたが、散布幼虫数に対して羽化率が低く、低濃度区（5,000頭／ml）と対照区に差異が生じなかったことから、更なる追加試験が必要である。また、コクガについても顕著な効果が認められなかった。

セモンホソオオキノコムシとコクガの幼虫は、菌床の内部に生息している。必然的に薬剤が直接付着する可能性は低くなり、散布後に移動した線虫が接触しなければ、殺虫効果は期待できないと考えられる。線虫の移動能力や製剤の菌床への浸透能力なども改善、考慮できれば、効果も高くなると考えられる。

また、コクガについては、バシレックスも明らかな効果は見られなかった。バシレックスは、昆虫が有効成分を摂食することによって体内に取り込み、効果が現れる製剤である（日本生物防除協議会，2016b）。そのため、今回のような散布方法では菌床内部で生息するコクガ幼虫には、摂食する機会が少ないと考えられる。コクガに対しては、他の方法を検討する必要がある。

以上のように、バイオセーフ、バシレックスともに、効果が認められる害虫類が明らかになった。シイタケへの適用拡大と有効利用によって、被害を未然に防ぎ、安全・安心なシイタケの提供につながれば幸いである。

謝辞

本研究を進めるに当たり、適切な御助言、供試昆虫の提供、試研研究の進行に御協力いただいた、

（国研）森林総合研究所の北島博博士に、厚く御礼申し上げる。

引用文献

阿部正範(2013)，LEDを利用したナガマドキノコバエ補虫器の開発，森林科学67，37-40

古川久彦・野淵輝(1986)，コクガ，栽培きのこ害菌・害虫ハンドブック，284pp，東京

古川久彦・野淵輝(1986)，シイタケオオヒロズコガ，栽培きのこ害菌・害虫ハンドブック，284pp，東京

古川久彦・野淵輝(1986)，ツクリタケクロバネキノコバエ，栽培きのこ害菌・害虫ハンドブック，284pp，東京

古川久彦・野淵輝(1986)，ニホンホソオオキノコムシ，栽培きのこ害菌・害虫ハンドブック，284pp，東京

後藤忠男・伊藤雅道(1995)，Ⅳ菌床栽培における主要害虫の簡易同定法とクロバネきのこ類の防除法，きのこ菌床栽培の病原菌と害虫，39-54，農林水産省農林水産技術会議事務局・林野庁森林総合研究所，つくば

群馬県林業振興課(2017)，特用林産物生産・流通の実態　Ⅱ全国統計，43pp，群馬県

平嶋義宏(1986)，生物的防除（１）生物的防除とは（新応用昆虫学，斎藤哲夫・松本義明・平嶋義宏・久野英二・中島敏夫共著，280pp，朝倉書店，東京都）175-176

池田和弘(2009)，電圧を負荷したアルミニウム箔テープによるナメクジ食害回避，関東森林研究60，277-280

石谷栄次(2009)，千葉県における菌床しいたけの栽培と確認された害虫，関東森林研究，No.60，231-232

岩澤勝巳・石谷栄次(2005)，千葉県で発生した害虫と防除法の検討（続），森林防疫，No.643，9-15

川島祐介・國友幸夫(2010)，菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの生態と防除に関する研究，群馬林試研報15，1-15

北島博・阿部正範・杉本博之・川島祐介・石谷英次・藤林範子・陶山純・本荘絵未・岡本武光・薦田邦晃・國友幸夫・西沢元・宮川治郎・大谷英児(2011)，菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの環境保全型防除技術の開発，森林防疫60，19-27

日本生物防除協議会(2016a)，天敵線虫，http://www.biocontrol.jp/tenteki_sentyu.html，(参照2018－12-19)

日本生物防除協議会(2016b)，微生物殺虫剤，http://www.biocontrol.jp/sattyuzai.html，(参照2018－12-19)

SDS農薬要覧2019(2018a)，バイオセーフ，http://www.sdsbio.co.jp/products/yoranpdf/SDS_21503.pdf，(参照2019-2-12)

SDS農薬要覧2019(2018b)，バシレックス水和剤，http://www.sdsbio.co.jp/products/yoranpdf/SDS_15000.pdf，(参照2019-2-12)

関谷敦(2018)，第４章きのこ生産に関する関係精度Ⅱきのこ栽培と農薬規制等の動きについて１農薬取締法ときのこ栽培（2018年度版きのこ年鑑，343pp，株式会社プランツワールド，東京），143－145

杉本博之・井上雄一(2006)，シイタケ菌床栽培施設に発生したムラサキアツバの生態，森林防疫，No.650，2-5

富田莉奈・山口晶子・小林久泰(2016)，マイタケ原木露地栽培環境下における銅素材を用いたナメクジの食害防除，関東森林研究67-1，169-170
吉松慎一・仲田幸樹(2003)，シイタケの害虫としてのムラサキアツバ（鱗翅目：ヤガ科)，Jpn.J.Ent.(N.S)，6(2)，101-102,
吉松慎一(2011)，インターネット版日本農業害虫大辞典　害虫新情報　ムラサキアツバ，http://www.boujo.net/release/%E3%83%A0%E3%83%A9%E3%82%B5%E3%82%AD%E3%82%A2%E3%83%84%E3%83%90.html，(参照2018－11－29)
有機JAS認定農薬一覧表(2017)，バチルス菌BT剤　バチルス菌BT剤の農薬の種類一覧　有機JAS認定農薬，https://organicjas.blogspot.com/p/blog-page_21.html，(参照2018－12－10)