

小型マルチローターを用いた農薬散布の水稻病害虫に対する防除効果

誌名	北日本病害虫研究会報
ISSN	0368623X
著者名	新山,徳光 藤井,直哉 松田,英樹
発行元	北日本病害虫研究会
巻/号	69号
巻号補足	
掲載ページ	p. 98-104
発行年月	2018年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



小型マルチローターを用いた 農薬散布の水稻病虫害に対する防除効果

新山 徳光^{1,*}・藤井 直哉¹・松田 英樹¹

Control of Panicle Blast, Plant Bugs, and Rice Planthoppers Using a Small Radio-controlled Multi-rotor for Fungicide and Pesticide Application in Rice Paddy Fields

Tokumitsu NIIYAMA^{1,*}, Naoya FUJII¹ and Hideki MATSUDA¹

タンク容量が4 Lの小型マルチローターを用いて農薬散布した場合の穂いもち、斑点米カメムシ類およびウンカ類に対する防除効果をタンク容量が8 Lの大型マルチローターや無人ヘリコプターと比較した。その結果、小型マルチローターは、大型マルチローターと比較すると調査紙への落下粒数が草冠高の1/2の高さではほぼ同等であったが、草冠高ではやや少なく、防除効果は穂いもち、斑点米、ウンカ類ともやや劣る傾向であった。一方、無人ヘリコプターと比較すると調査紙への落下粒数は多く、防除効果は穂いもちではやや劣り、斑点米ではほぼ同等、セジロウンカではまさり、ヒメトビウンカではほぼ同等であった。以上のことから、小型マルチローターを用いた農薬散布による水稻病虫害防除は大型マルチローターよりやや劣る傾向があるものの、空中散布機の主流である無人ヘリコプターと比べると、ほぼ同等の防除効果が期待できると考えられた。

Key words: chemical control, panicle blast, plant bugs, rice planthoppers, radio-controlled multi-rotor

近年、小型の無人航空機であるマルチローターが急速に普及し、様々な分野での利活用が期待されている。農業分野では作物の生育状態や雑草の発生状況、病虫害被害による葉色の変化などの情報収集での活用が検討されているが、なかでも植物防疫分野において最も期待されているのは農薬散布機としての活用である。

農林水産省が2015年に産業用無人ヘリコプターとマルチローターを包含する形で「空中散布等における無人航空機利用技術指導指針（以下、指導指針）」(4)を策定したことにより、マルチローターによる農薬散布が可能となった。しかし、マルチローターによる農薬散布は無人ヘリコプターの場合とは違い、農薬登録のための防除効果や薬害、落下分散状況等の試験は行われていないため、都道府県レベルで作成している防除基準や発生予察情報、各種技術情報等による生産現場への指導・助言が困難な状況である。

そのような中、高橋・藤井(7)はイネ出穂期の病害

虫防除におけるマルチローター利用の実用性について検討し、マルチローターによる農薬散布の防除効果は、おおむね無人ヘリコプターと同等以上であることを報告した。一方、指導指針(4)では、小型の無人航空機は下降気流(ダウンウォッシュ)が小さく、風の影響を受けやすいとされていることから、機体重量の違いによって病虫害に対する防除効果が異なる可能性が考えられる。

そこで、本研究では高橋・藤井が供試した機種よりも小型のマルチローターを用いた農薬散布の穂いもち *Pyricularia oryzae* と斑点米カメムシ類、ウンカ類に対する防除効果や薬剤の落下分散等について検討を行った。

報告に先立ち、散布試験の際に多大なご協力をいただいた東光鉄工株式会社および北興化学工業株式会社の関係者に感謝申し上げる。

材料および方法

試験は、2017年に秋田県農業試験場内(秋田県秋田

1) 秋田県農業試験場

Akita Agricultural Experiment Station, Genpachizawa34-1, Yuuwa-Aikawa, Akita 010-1231, Japan

*) 責任著者 (Corresponding Author)

受理日: 2018年9月5日 (Accepted: September 5, 2018)

市)のカルパーコーティング種子を用いた湛水直播栽培は場で行った。品種「あきたこまち」を5月12日に条間30cmで条播し、出穂期は8月13日であった。1haの試験は場内に、小型マルチローター区、大型マルチローター区、無人ヘリコプター区および無処理区をそれぞれ6.0a、6.0a、7.5a、6.0aずつ設置した。試験区の配置や各種調査地点の場所を第1図に示した。50m×200mのは場を12～15mごとに区切り、試験区間には5mの緩衝帯を設けた。薬剤散布区には①～⑤で示した5か所に落下分散調査地点を設置し、矢印のような飛行行程で薬剤を散布した。いもち病の試験は自然発生条件とし、葉いもち防除として、7月26日にフサライド水和剤8倍液、0.8L/10a相当量をほ場の全面に無人ヘリコプターで散布した。

供試薬剤はフサライド・ジノテフラン水和剤で、8月23日(出穂期10日後)に4倍液を0.8L/10aの設定で散布した。

本試験に供試した無人航空機の機種は、小型マルチローターがTSV-AH1(東光鉄工株式会社製)、大型マルチローターがTSV-AQ1(同)、無人ヘリコプターがRMAX(型式:L15、ヤマハ発動機株式会社製)としこ(第1表)。

1. 気象条件および薬剤の落下分散状況調査

散布直前の気温、風速、風向はハンディタイプの気象計(KL-3500NV、Nielsen-Kellerman社製)により計測し、散布後数日間の降水量をアメダス(観測地点:大正寺)により調査した。

散布薬剤の落下分散状況を確認するため、黒色調査紙を草冠高とその約1/2の高さに5地点ずつ水平に設置し、一般社団法人農林水産航空協会の落下分散調査指標(3)に基づく指数(落下粒数/cm²)により調査した。

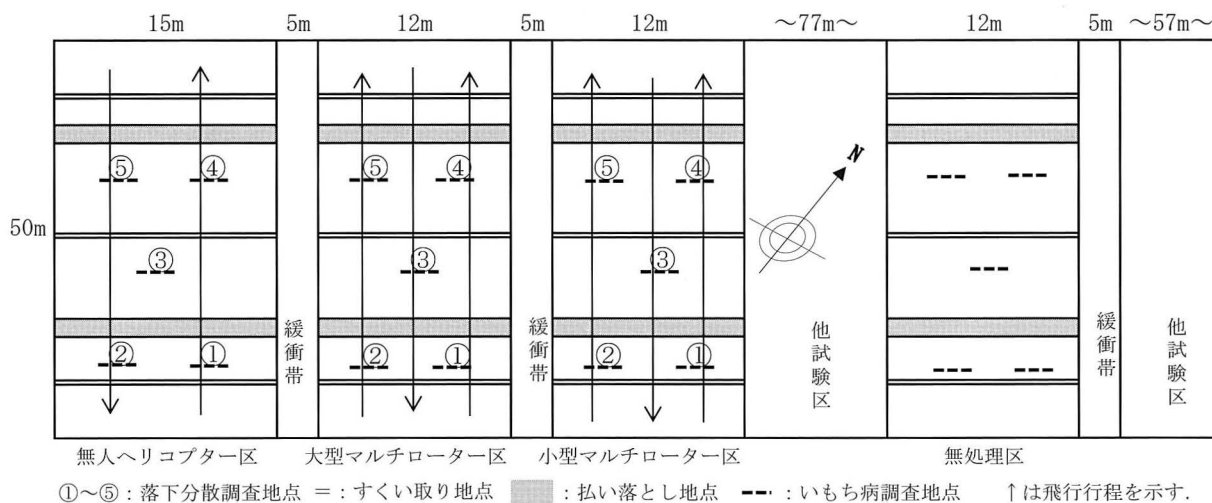
2. いもち病調査

葉いもちは各区の落下分散調査地点近傍の5地点において、8月8日(出穂期5日前)に各条長1m内の茎数と上位3葉の病斑数、8月21日(出穂期8日後)には同条長内の茎数と止葉の病斑数を数え、それぞれm²当たり茎数とm²当たり病斑数を算出した。

穂いもちは9月19日(黄熟期)に葉いもちと同様の地点および同条長内の穂数と発病穂数を数え、m²当たり穂数と発病穂率を算出した。発病穂は発病程度別(a:穂首発病、b:枝梗の1/3以上が発病、c:枝梗の1/3未満が発病)に調査し、被害度を次式により算出した。

$$\text{被害度} = \text{a穂率} + (\text{b穂率} \times 0.66) + (\text{c穂率} \times 0.26)$$

防除効果の判定は、新農薬実用化試験における評価方



第1図 試験区の配置

第1表 使用機種の飛行諸元

試験区	機種名 (製造メーカー名)	最大 離陸重量 (kg)	タンク容量 (L)	メイン ローター数 (枚)	散布幅 (m)	飛行高度 (m)	飛行速度 (km/h)
小型マルチローター区	TSV-AH1 (東光鉄工)	12	4	6	4.0	2	15
大型マルチローター区	TSV-AQ1 (東光鉄工)	20	8	4	4.0	2	10～20
無人ヘリコプター区	RMAX (ヤマハ)	69 ¹⁾	24	1	7.5	3～4	10～20

1) 機体+燃料+散布装置(薬剤は除く)

法(6)により行い、防除価81以上は効果が高い、同61～80は効果がある、同41～60は効果が認められるがその程度は低い、同40以下は効果が低いとした。小型マルチローターの他機種に対する評価は、防除価の差が-5以下は効果がまさる、同±5は効果がほぼ同等、同+5～+20は効果がやや劣る、同+20以上は効果が劣るとした。防除価は、次式により算出した。

$$\text{防除価} = 100 - (\text{処理区の被害度} / \text{無処理区の被害度}) \times 100$$

3. 斑点米カメムシ類調査

斑点米カメムシ類の発生密度を確認するため、薬剤散布2日前、薬剤散布3、7、14、21日後に捕虫網によるすくい取り調査(20回振り)を各区3地点で行い、種類別に成幼虫数を計数した。また、9月23日に各区10株を3地点から採取し、斑点米混入率を加害部位別に調査した。斑点米混入率調査には、乾燥・調製後に1.9mmの篩にかけた精玄米を用いた。防除効果の判定は、新農薬実用化試験における評価方法(6)に従い、斑点米カメムシ類すくい取り虫数の密度指数と斑点米混入率の防除価で判定した。

すくい取り虫数の密度指数が10以下は効果が高い、同10～30は効果がある、同30～50は効果が認められるがその程度は低い、同50以上は効果が低いとした。また、斑点米混入率の防除価が90以上は効果が高い、同70～90は効果がある、同50～70は効果が認められるがその程度は低い、同50以下は効果が低いとした。

小型マルチローターの他機種に対する評価は、斑点米カメムシ類すくい取り虫数の密度指数が-5以下は効果がまさる、同±5は効果がほぼ同等、同+5～+20は効果がやや劣る、同+20以上は効果が劣るとした。また、斑点米混入率の防除価が+5以上は効果がまさる、同±5は効果がほぼ同等、同-5～-20は効果がやや劣る、同-20

以下は効果が劣るとした。防除価は、次式により算出した。

$$\text{防除価} = 100 - (\text{処理区の斑点米混入率} / \text{無処理区の斑点米混入率}) \times 100$$

4. ウンカ類調査

ウンカ類の発生密度は、薬剤散布2日前、薬剤散布3、7、14日後に18×25cmの粘着板を用いて粘着板法四株叩き式(1)により、10株相当の払い落としを各区2か所で行い、実体顕微鏡下で種類ごとに成幼虫数を調査した。防除効果の判定および小型マルチローターの他機種に対する評価は、斑点米カメムシ類と同様の方法で行った。

結 果

1. 気象条件および薬剤の落下分散状況

散布時の天候はくもり、小型マルチローターの薬剤散布時の気温は24.4℃、最大風速0.9m/sであった。大型マルチローターの薬剤散布時の気温は24.3℃、最大風速0.9m/s、無人ヘリコプターの薬剤散布時の気温は26.0℃、最大風速1.5m/sであり、いずれも散布時の気象条件は良好であった(第2表)。薬剤の散布液量は大型マルチローター区ではほぼ目標値どおりであったが、小型マルチローター区と無人ヘリコプター区では目標値よりやや多くなった(第2表)。

降水量は散布当日に1.5mm(散布13時間後)、1、2日後にそれぞれ119mm、31mmが記録されており、防除効果に影響した可能性があった(第3表)。

黒色調査紙による薬剤の落下分散調査において、小型マルチローター区は明らかに無人ヘリコプター区に比べて草冠高およびその1/2の高さともに落下量が多かったが、大型マルチローター区と比べると草冠高では落下量がやや少なく、1/2の高さではほぼ同程度であった(第4表)。

第2表 散布時の気象条件と散布量

試験区	気温 (℃)	風速 (m/s)		風向	散布液量 (L/区)	
		平均	最大		目標値	実測値
小型マルチローター区	24.4	0.4	0.9	北西	0.48	0.54
大型マルチローター区	24.3	0.6	0.9	西北西	0.48	0.46
無人ヘリコプター区	26.0	0.9	1.5	北西	0.60	0.83

第3表 散布当日以降の降水量¹⁾

月		8月						
日	23	24	25	26	27	28	29	30
降水量 (mm)	1.5	119.0	31.0	0	0	0	40.0	0

1) 降水量はアメダスデータ(観測地点:大正寺)

第4表 薬剤の落下調査結果¹⁾

試験区	設置高	指数（落下粒数cm ² ）		
		最高値	最低値	平均値
小型マルチローター区	草冠高	68.0	8.8	27.6
	草冠高の1/2	35.4	2.2	13.8
大型マルチローター区	草冠高	68.8	11.4	40.2
	草冠高の1/2	33.8	4.2	13.3
無人ヘリコプター区	草冠高	19.4	3.0	7.9
	草冠高の1/2	11.4	2.0	5.0

1) (一社) 農林水産航空協会の薬剤落下調査指標から粒径と粒子の密度を読み取り、指数（落下粒数/cm²）の表から算出した。

第5表 葉いもちの発病状況と穂いもちに対する防除効果

試験区	調査 地点	葉いもち(8月8日)		止葉いもち(8月21日)		穂いもち(9月19日)					被害度	防除価 ¹⁾
		茎数 (本/m ²)	病斑数 (個/m ²)	茎数 (本/m ²)	病斑数 (個/m ²)	穂数 (本/m ²)	発病穂率(%)			合計 (a+b+c) ²⁾		
							a	b	c			
小型マルチローター区	①	360.0	63.3	403.3	3.3	383.3	7.0	8.7	13.0	28.7	16.1	
	②	496.7	46.7	460.0	13.3	403.3	5.8	9.1	9.1	24.0	14.1	
	③	520.0	140.0	496.7	10.0	490.0	3.4	6.8	14.3	24.5	11.6	
	④	510.0	50.0	440.0	10.0	416.7	4.0	7.2	8.0	19.2	10.8	
	⑤	516.7	160.0	500.0	3.3	450.0	3.7	13.3	9.6	26.7	15.0	
	平均	480.7	92.0	460.0	8.0	428.7	4.8	9.0	10.8	24.6	13.5	51
大型マルチローター区	①	396.7	73.3	393.3	6.7	410.0	3.3	9.8	11.4	24.4	12.7	
	②	506.7	106.7	486.7	10.0	433.3	2.3	6.9	7.7	16.9	8.9	
	③	523.3	80.0	493.3	10.0	470.0	2.1	9.9	5.7	17.7	10.2	
	④	486.7	80.0	423.3	3.3	426.7	3.1	10.9	10.9	25.0	13.2	
	⑤	456.7	63.3	430.0	0.0	420.0	2.4	4.0	4.0	10.3	6.0	
	平均	474.0	80.7	445.3	6.0	432.0	2.6	8.3	7.9	18.9	10.2	63
無人ヘリコプター区	①	433.3	56.7	453.3	10.0	390.0	4.3	12.0	12.8	29.1	15.5	
	②	380.0	53.3	380.0	6.7	366.7	4.5	7.3	8.2	20.0	11.5	
	③	490.0	43.3	496.7	3.3	446.7	3.7	7.5	10.4	21.6	11.4	
	④	410.0	63.3	493.3	6.7	463.3	2.9	5.0	3.6	11.5	7.1	
	⑤	493.3	53.3	516.7	6.7	456.7	1.5	2.2	2.9	6.6	3.7	
	平均	441.3	54.0	468.0	6.7	424.7	3.4	6.8	7.6	17.8	9.8	64
無処理区	①	443.3	83.3	460.0	10.0	443.3	10.5	13.5	21.8	45.9	25.1	/
	②	410.0	36.7	466.7	6.7	460.0	10.9	21.0	24.6	56.5	31.1	
	③	440.0	60.0	406.7	3.3	440.0	13.6	19.7	21.2	54.5	32.2	
	④	586.7	63.3	450.0	6.7	480.0	9.7	13.9	26.4	50.0	25.8	
	⑤	503.3	46.7	523.3	6.7	503.3	7.9	10.6	28.5	47.0	22.3	
	平均	476.7	58.0	461.3	6.7	465.3	10.5	15.7	24.5	50.8	27.3	

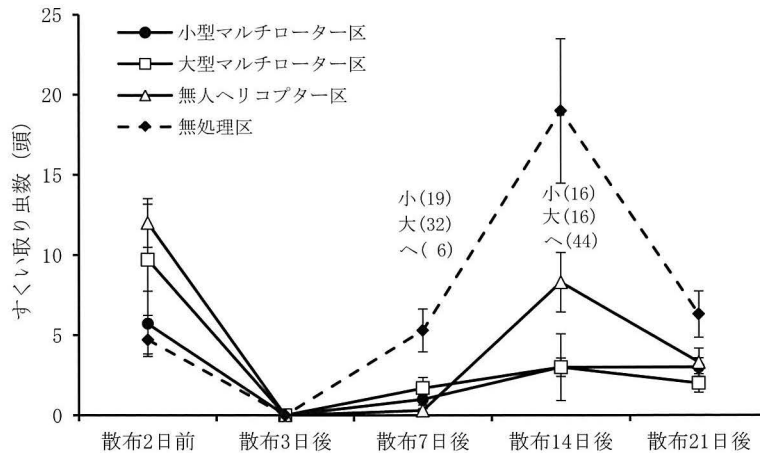
1) 防除価は被害度の平均値から算出した。

2) ラウンドの関係で合計値が一致しない場合がある。

2. 穂いもちに対する防除効果

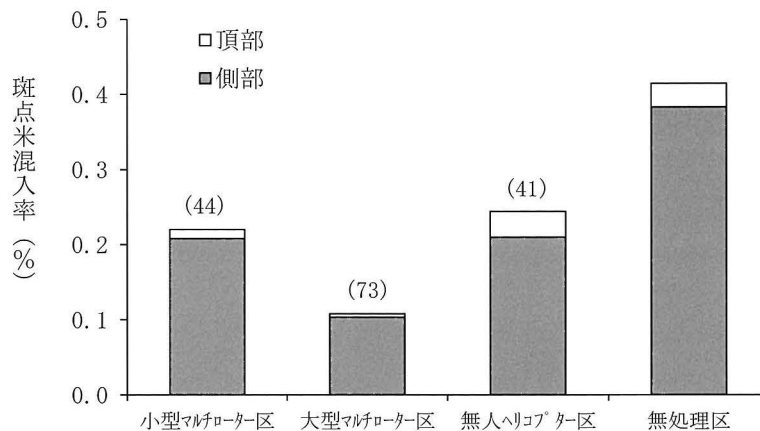
葉いもちの発生程度は各区とも調査地点により差が見られたが、平均すると上位3葉および止葉でのm²当たり病斑数は、小型マルチローター区で92.0個および8.0個、大型マルチローター区で80.7個および6.0個、無人ヘリコプター区で54.0個および6.7個、無処理区で58.0個および6.7個であった（第5表）。

無処理区における穂いもちの被害度は27.3であり、試験ほ場は中発生条件であった。小型マルチローター区、大型マルチローター区、無人ヘリコプター区における被害度はそれぞれ13.5、10.2、9.8、防除価はそれぞれ51、63、64であり（第5表）、小型マルチローター区は防除効果が認められるがその程度はやや低く、大型マルチローター区および無人ヘリコプター区はいずれも防



第2図 斑点米カメムシ類の発生推移

- 1) () は密度指数, 小は小型マルチローター, 大は大型マルチローター, へは無人ヘリコプターを示す.
- 2) 図中のバーは標準誤差を示す.



第3図 斑点米混入率調査結果

- 1) () は防除値を示す.
- 2) 斑点米混入率は3地点の平均値を示す.

除効果が認められた。したがって、防除値から判断すると、小型マルチローター区は大型マルチローター区や無人ヘリコプター区と比較して防除効果がやや劣った。

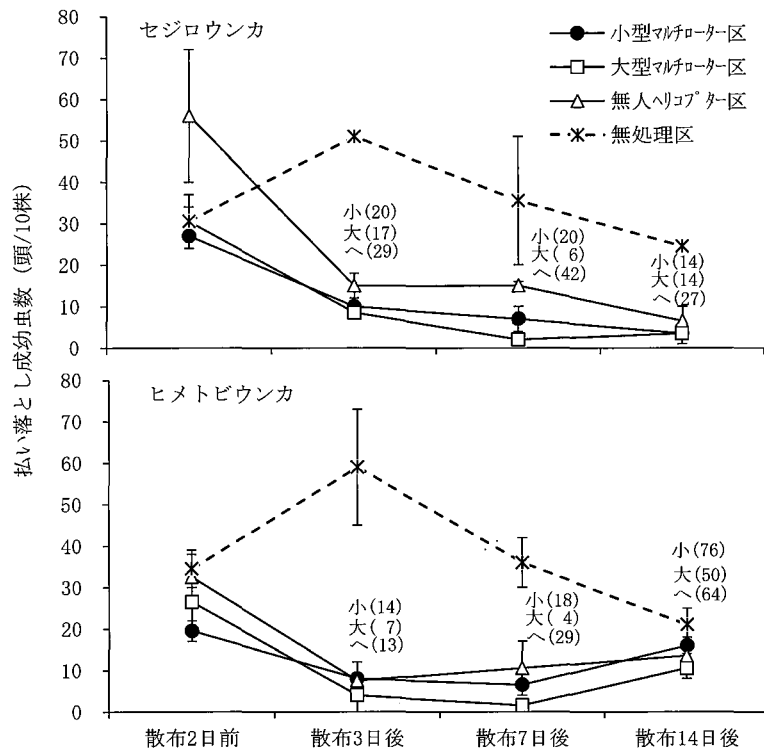
3. 斑点米カメムシ類に対する防除効果

斑点米カメムシ類調査では、アカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* が優占し、アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* が混発していた。各区のすくい取り虫数の推移を第2図に示した。散布3日後は、すくい取り調査時の強風の影響で無処理区を含む全ての試験区ですくい取り虫数が0頭であった。その後、無処理区では散布7日後から同14日後にかけてすくい取り虫数が増加した。各薬剤散布区においても、散布7日後から14日後にかけてすくい取り虫数がやや増加したが、虫数は散布2日前に比べて少なく、密度抑制効果が認められた。また、散布7日後と同14日後の密度指数の平均値から判断すると、小型マルチローター区

(平均17.5) は大型マルチローター区 (同24.0) や無人ヘリコプター区 (同25.0) よりまさる密度抑制効果であった。斑点米調査における小型マルチローター区、大型マルチローター区、無人ヘリコプター区および無処理区の斑点米混入率は、それぞれ0.22%, 0.11%, 0.24%, 0.41%であり、側部斑点米が大部分を占め、頂部斑点米の割合は小さかった。防除値から判断すると、小型マルチローター区 (防除値44) は大型マルチローター区 (同73) より劣るものの、無人ヘリコプター区 (同41) とほぼ同等の防除効果が認められた (第3図)。

4. ウンカ類に対する防除効果

ウンカ類調査では、セジロウンカ *Sogatella furcifera*、ヒメトビウンカ *Laodelphax striatella* とともに少発生であった。いずれの種も両マルチローター区と無人ヘリコプター区の薬剤散布後の発生推移はほぼ同様であった (第4図)。散布3, 7, 14日後の密度指数の平均値から



第4図 ウンカ類の発生推移

- 1) () は密度指数, 小は小型マルチローター, 大は大型マルチローター, へは無人ヘリコプターを示す.
- 2) 図中のバーは標準誤差を示す.

判断すると、セジロウンカ対して、小型マルチローター区（平均18.0）は大型マルチローター区（同12.3）よりやや劣るが、無人ヘリコプター区（同32.7）よりまさる防除効果であった。同様にヒメトビウンカに対して、小型マルチローター区（平均36.0）は大型マルチローター区（同20.3）よりやや劣るが、無人ヘリコプター区（同35.3）とはほぼ同等の防除効果であった。

考 察

本研究では、指導指針（4）の空中散布等の基準に記載されている適用機種のうち、タンク容量が4Lである小型マルチローターを用いて農薬散布した場合の穂いもち、斑点米カメムシ類およびウンカ類に対する防除効果をタンク容量が8Lの大型マルチローターや無人ヘリコプターと比較した。その結果、小型マルチローターは、大型マルチローターと比較すると調査紙への落下粒数が草冠高の1/2の高さではほぼ同等であったが、草冠高ではやや少なく、防除効果は穂いもちに対してやや劣り、斑点米抑制効果は劣り、セジロウンカ、ヒメトビウンカともにやや劣った。また、無人ヘリコプターと比較すると、調査紙への落下粒数は草冠高とその1/2の高さのいずれも多く、防除効果は穂いもちに対してやや劣り、斑点米抑制効果はほぼ同等、セジロウンカにはまさり、ヒメトビウンカにはほぼ同等であった。

イネの草冠高の薬剤付着量は穂いもちや斑点米カメムシ類の防除効果に影響し、イネの株元の薬剤付着量はウンカ類の防除効果に影響すると考えられる（5, 7）。本研究における小型マルチローターによる薬剤散布は、大型マルチローターと比べて稲体への薬剤付着量が少ない傾向であったことが防除効果に反映されたものと思われる。一方、無人ヘリコプターと比較すると薬剤付着量が明らかに多かったにもかかわらず、穂いもちや斑点米抑制効果、ヒメトビウンカに対する防除効果の傾向とは一致しなかった。その原因は判然としないため、薬剤付着量以外の要因を検討する必要がある。なお、無人ヘリコプター区の散布液量の実測値が目標値よりも多かった（目標値の138%）が、飛行旋回時と飛行終了時に薬液の吐出が数秒間続いたことが観察されたことから、実際に試験区内に投下された液量は実測値より少なかったと推定される。その他、防除効果に影響した要因として、穂いもちについては特に止葉における葉いもちの病斑数が小型マルチローター区が他区より多かったため、穂いもちの伝染源量に差があったことや薬剤散布が適期（出穂期～同7日後）から遅れたことが考えられる。また、散布当日～2日後に150 mm以上の降雨があったが、穂いもち防除剤のフサライド剤は浸透移行性が弱いものの、耐雨性および残効性に優れる（2）ことから、防除効果に対する影響は少なかったと推測される。一方、殺

虫剤として用いたジノテフラン剤は優れた浸透移行性を有し、残効性が高いとされているが、水溶解性が40 g/L (20℃) とフサライドの 4.62×10^{-4} g/L (25℃) よりはるかに高いため (2)、散布後の豪雨の影響を受け、適期に散布したにもかかわらず、十分な防除効果が得られなかった可能性が考えられる。

なお、大型マルチローターは無人ヘリコプターと比較して、明らかに調査紙への落下粒数が多く、穂いもちに対する防除効果が同等で、斑点米抑制効果とウンカ類に対する防除効果はまさり、大型マルチローターを用いた高橋・藤井 (7) の報告と斑点米カメムシ類とヒメトビウンカの評価がやや異なったが、全体的な評価としては同等またはまさると考えられ、傾向は一致していた。

以上のことから、小型マルチローターを用いた薬剤散布による水稻病虫害防除は大型マルチローターよりやや劣る傾向があるものの、空中散布機の主流である無人ヘリコプターと比べると、少なくとも同等の防除効果が期待できると考えられる。

引用文献

1) 飯富暁康・中村信夫・松橋正仁 (1988) 粘着板法

における稲ウンカ類の捕捉効率と密度推定の精度. 北日本病虫研報 39: 149-152.

2) 一般社団法人日本植物防疫協会 (2016) 農薬ハンドブック 2016年版, 一般社団法人日本植物防疫協会, 東京, pp. 100-101 および 362-363.

3) 一般社団法人農林水産航空協会 (2017) 産業用マルチローター安全対策マニュアル [平成29年版], 一般社団法人農林水産航空協会, 東京, pp. 101-102 および p. 108.

4) 農林水産省 (2015) 空中散布等における無人航空機利用技術指導指針, 消安第4545号, 消費・安全局長通知.

5) 小野元治・山本千恵・柳 真一・和田 節 (2007) 無人ヘリによるイネウンカ類の防除: 大分県における事例. 九病虫研会報 53: 33-38.

6) 社団法人日本植物防疫協会 (2011) 薬効・薬害試験研究の手引き. 社団法人日本植物防疫協会, 東京, pp. 62-64.

7) 高橋良知・藤井直哉 (2017) イネ出穂期の病虫害防除におけるマルチローター利用の実用性. 北日本病虫研報 68: 134-139.