

2013 年度に冬期湛水有機栽培水田において発生した

トビイロウンカ (*Nilaparvata lugens* Stal) 被害

大森誉紀 武智和彦

Damage from the brown planthopper
at the winter-flooded organic paddy field on 2013

OOMORI Takanori and TAKECHI Kazuhiko

要 旨

水稲有機栽培に 5 年間取り組み、2013 年度だけ冬期湛水栽培における施肥試験水田で坪枯れが発生した。2013 年度の 7~8 月の気温は平年より 1.7°C 高く、8 月下旬におけるトビイロウンカの発生密度は過去 2 年と同程度で数週間後に坪枯れが発生するほどではなかった。しかし、9 月中旬以降再び高気温で推移し、冬期湛水では茎葉の生育が旺盛で葉色が濃く体内窒素レベルが高く、トビイロウンカの吸汁活動が活発に行われた結果、増殖率が高まり、坪枯れ被害が急激に拡大した。冬期湛水では無肥料でも冬期乾田の慣行施肥栽培と同等に生育が旺盛となるので、中干し後は直ちに慣行水管理とし、適正な稲体窒素濃度とするなどの留意が必要である。

キーワード：ウンカ類，坪枯れ，窒素施肥，葉色，クモ類，有機栽培，水稲，害虫，冬期湛水

1. 緒言

水稲栽培では、ニカメイガやウンカ類（トビイロウンカ、セジロウンカ等）が古くから最も重要な害虫とされてきた。しかし、近年は県内大部分の地域でニカメイガの発生が少なく、ウンカ類が水稲の最重要害虫といえる。ウンカ類の中でもトビイロウンカやセジロウンカは、中国大陸南部や東南アジアから梅雨時期に日本に飛来することが知られている（渡邊，1990）。この内、セジロウンカは多量に飛来する年が多く、飛来した成虫とその次世代幼虫の被害が大きい。トビイロウンカでは飛来数は少ないものの、飛来後 1 か月で世代更新し、一般には第 3 世代の被害が大きい（愛媛県，2013）。トビイロウンカ被害の特徴は、稲株がまとまって不規則な円形に倒伏する坪枯れを発生させることで（岸本ら，1987）、被害が著しい場合には圃場全面が倒伏する場合がある。

筆者らは、2008 年から水稲有機栽培に取り組み、2012 年度まではウンカ類の防除対策を講じなくてもトビイロウンカの被害は受けなかった。しかし、2013 年度は冬期湛水栽培における施肥試験水田の約 4 割の面積で坪枯れが発生した。自然農法などの有機水田ではクモ類等が多く、天敵捕食圧とトビイロウンカの増殖抑制

との関連が指摘されている（杉本ら，1984）。また、窒素を多く施用した水稲ではトビイロウンカの吸汁が活発となり（菅野ら，1977）、窒素欠乏の稲体では遊離アミノ酸等が低下しトビイロウンカの増殖率が低下する（寒川，1972）。さらに、窒素含有率が高く繁茂した条件ではイネウンカ類の発生が多く（森ら，2013；佐藤ら，2007）、防除を怠ればトビイロウンカの発生が多くなり減収率が高くなる（菖蒲ら，1992）。このため、有機栽培で 7 月の生育量を抑えることがトビイロウンカ被害の回避に有効である（森ら，2013）とされている。そこで、今後の水稲有機栽培におけるトビイロウンカ被害防止の基礎資料とするため、冬期湛水田における施肥法および、水稲の生育や栄養状態とトビイロウンカ被害との関係について検討した。

2. 材料および方法

試験は 2013 年に所内の水田（土性 SL，粗粒質灰色低地土）で行った。一筆 20a の圃場を畦シートで区切り、冬期湛水を行った 18a と冬期湛水を行わない冬期乾田 2a を設置した。冬期湛水は 2012 年 12 月 20 日から始め、1 月から 6 月まで毎月 1 回代かきを実施し、中干し開始の 7 月 24 日まで湛水状態を維持した。冬期

湛水の施肥区として、基肥窒素施用量を 0, 2 および 4kg/10a, 穂肥窒素施用量も 0, 2 および 4kg/10a とし、「基肥窒素施用量+穂肥窒素施用量」で示した N0+0 区, N2+2 区, N4+0 区, N0+4 区および N4+4 区の 5 施肥区を, 1 区 1a で 3 反復設置した. 冬期乾田では, 窒素施用量は N0+0 区および N4+4 区の 2 施肥区 (以下, 乾 0+0 区, 乾 4+4 区とする) を, 1 区 1a で設置した. 品種にはヒノヒカリを用い, 5 月 28 日に播種, 6 月 20 日に条間 30cm, 株間 18cm で稚苗移植した. 施肥には油粕を用い, 基肥を 6 月 17 日, 穂肥を 8 月 7 日に施用した. 雑草対策では, 除草剤を使用せず出穂直前の 8 月 23 日に雑草調査を兼ねて圃場全体で手取り除草を行った. 病害虫対策では殺虫剤および殺菌剤は使用しなかった.

被害発生前の生育調査は, 7 月 30 日と 9 月 9 日に草丈, 茎数および葉色 (SPAD) を測定した. 葉色は各株最長稈の針葉から数え 3 枚目の葉身を葉緑素計 (ミノルタ SPAD-502) で測定した. 収穫期の生育調査は, 10 月 10 日に稈長, 穂長, 穂数を測定した. わら重, 籾重及び精玄米重は 60 株の坪刈調査から求めた. 生育, 坪刈調査では, 冬期湛水で 1 区 1 か所, 冬期乾田で 1 区 3 か所調査し, 統計処理した. また, 収穫期生育調査株は風乾後に粉碎し, 窒素含有率と C/N 比を CN コーダー法 (日本シイベルヘグナー社 vario MAX CNS), ケイ素含有率を重量法で測定した.

被害調査は, 収穫期に各施肥区内で坪枯れにより倒伏した面積の割合から被害面積率を求めた. また, 森ら (2013) や末永ら (1994) の方法を参考に, 草丈×茎数×葉色や草丈×茎数, 草丈×葉色, 茎数×葉色の積と被害面積率との関係を解析した.

トビイロウンカの発生状況調査は, 20 cm×20 cm の青色の粘着板を用い連続した 10 株の払落し調査法により個体数を求めた. 冬期湛水田として N4+4 区を 3 反復で調査した. また, この水田に隣接した慣行水田 (箱

施肥および場内慣行ヘリ防除を実施) では, 圃場内を 3 反復で調査した. クモ類の調査は, トビイロウンカの発生状況調査と同じ場所で行った. 調査方法は, 直径 42 cm 補虫網を用いた 20 回振りによるすくい取り調査法と, トビイロウンカの発生状況調査と同じ払落し調査法で行い個体数を求めた. 調査は 2 反復で実施した.

なお, 発生状況の年次変動を明らかにするために, 同様な方法で調査した過去 2 年間の調査結果と比較した.

3. 結果

3.1 冬期湛水栽培水稻の生育と収量

7 月 30 日の水稻の草丈は, 冬期湛水の各区でほぼ同等で, 冬期乾田の区より高かった. 茎数は, N2+2 区と N4+4 区で多く, 乾 0+0 区で少なかった. 葉色は冬期湛水の各区でほぼ同等で, 冬期乾田の区で低かった (表 1). 9 月 9 日の水稻の草丈は, 7 月 30 日の調査と同様であった. 茎数は, 冬期湛水の各区の間には有意差はないが N4+4 区でやや多く, 乾 0+0 区は有意に少なかった. 葉色は, 穂肥を施用した冬期湛水の N0+4 区と N4+4 区, および乾 4+4 区で高く, 乾 0+0 区で低かった.

10 月 10 日の水稻の稈長は, 冬期湛水の区で冬期乾田の区より高く, 穂数やわら重は多かった. 籾重は, 冬期湛水の区で冬期乾田の区より有意に多く, 精玄米重は冬期湛水の区で多かった.

3.2 トビイロウンカの発生状況と被害面積率

9 月 24 日に, トビイロウンカによる坪枯れを試験区内で複数確認したため, 枯死株を撤去した. しかしその後も, 目視で 1 日に 1m ずつ坪枯れ箇所が拡大するとともに, 新たな坪枯れ箇所も数箇所発生した. 収穫期のトビイロウンカによる坪枯れは冬期湛水の区でのみ発生した. 各施肥区の被害面積率は, N4+4 区で 68%

表 1 有機栽培水稻の生育および収量

冬期管理	区	7月30日			9月9日			10月10日					
		草丈 (cm)	茎数 (本/株)	葉色 (SPAD)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	葉色 (SPAD)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	わら重 (kg/10a)	籾重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)
湛水	N0+0	60 ^a	23 ^{ab}	40 ^{ab}	105 ^a	352 ^{ab}	36 ^{ab}	77 ^{ab}	19 ^a	352 ^{ab}	920 ^a	644 ^a	453 ^{ab}
	N4+0	61 ^a	22 ^{ab}	42 ^a	109 ^a	352 ^{ab}	36 ^{ab}	78 ^{ab}	20 ^a	352 ^{ab}	817 ^{ab}	641 ^a	458 ^{ab}
	N2+2	60 ^a	25 ^a	40 ^{ab}	105 ^a	370 ^{ab}	37 ^{ab}	78 ^{ab}	20 ^a	352 ^{ab}	800 ^{ab}	625 ^a	424 ^{ab}
	N0+4	59 ^{ab}	21 ^{ab}	41 ^a	106 ^a	333 ^{ab}	38 ^a	80 ^a	19 ^a	333 ^{ab}	942 ^a	690 ^a	488 ^a
	N4+4	61 ^a	26 ^a	40 ^{ab}	110 ^a	426 ^a	38 ^a	81 ^a	20 ^a	389 ^a	880 ^a	647 ^a	432 ^{ab}
乾田	乾0+0	51 ^c	15 ^b	36 ^c	87 ^c	241 ^c	33 ^b	63 ^c	19 ^a	241 ^b	613 ^b	367 ^b	267 ^c
	乾4+4	55 ^b	20 ^{ab}	37 ^b	97 ^b	296 ^b	38 ^a	72 ^b	20 ^a	296 ^{ab}	675 ^{ab}	445 ^b	337 ^{bc}

品種はヒノヒカリ. 基肥施肥は 6/17, 穂肥施肥は 8/7. 施肥区名は基肥+穂肥 (10a あたり窒素施用量 (kg)) を示す. 出穂日は, 8 月 27 日. 各項目の同一アルファベットは Tukey の多重検定で有意差が無い.

と高く、次いでN2+2区で50%、N0+4区で49%であり、N4+0区の35%とN0+0区の13%がこれに続いた。全圃場では39%が被害を受けた(図1)。

過去2年間のトビイロウンカの発生状況では、2011年度は調査期間を通じて冬期湛水田においても発生がなかった。2012年度は9月下旬に0.13頭/株の発生であった。2013年度は8月上旬に0.02頭/株、8月下旬に0.27頭/株発生が確認された。8月上旬では全てが幼虫で、8月下旬では幼虫が0.17頭/株であった。9月中旬に冬期湛水では24頭/株、慣行水田で15頭/株と急激に増加し、このうち幼虫がそれぞれ23頭/株、14頭/株であった。冬期湛水では収穫直前にも21頭/株認められ、このうち幼虫が10頭/株であった(図2)。

3.3 水稻の生育と被害面積率の関係

7月30日の水稻形質と被害面積率の間には、全区を対象とすると全ての形質で有意な相関にあったが、冬期湛水の区のみに限ると全ての項目で有意な相関は認められなかった(表2)。

一方、9月9日では、全区を対象とすると葉色でのみ

有意な相関ではなかった。ところが、冬期湛水の区のみに限ると、逆に葉色や草丈×葉色の項目でのみ有意な相関が認められた。

収穫期のわらの窒素含有率と被害面積率の間には正の相関が認められ $R^2=0.741^*$ で、5%水準で有意であった。C/N比と被害面積率の間には負の相関があり $R^2=0.817^{**}$ で、1%水準で有意であった。しかし、ケイ素含有率との間には有意な相関は認められなかった(図3)。

3.4 冬期湛水有機栽培田におけるクモ類の発生状況

冬期湛水田のクモ類の個体数は、すくい取り調査法と払落し調査法の両調査法とも、いずれの年も冬期湛水田で慣行水田より多く推移した。2013年のクモ類の個体数は、すくい取り調査法では、冬期湛水田、慣行水田とも過去2年間に比べ少なく推移した。払落し調査法では、冬期湛水田の2012年度と2013年度で8月に多く、24年度は9月に低下したが2013年度は逆に増加した(図4)。

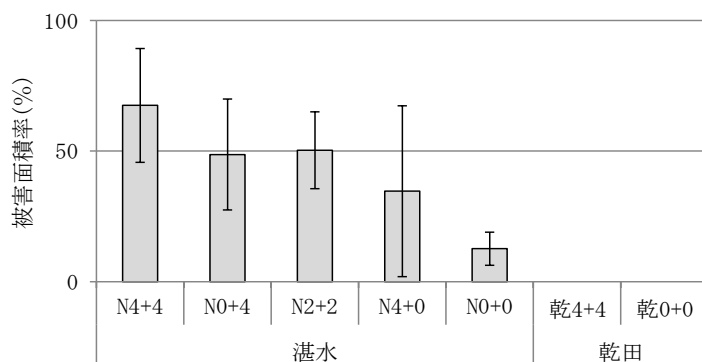


図1 各施肥試験区のトビイロウンカ被害面積率
エラーバーは標準誤差を示す。区名は基肥N+穂肥N量を示す。

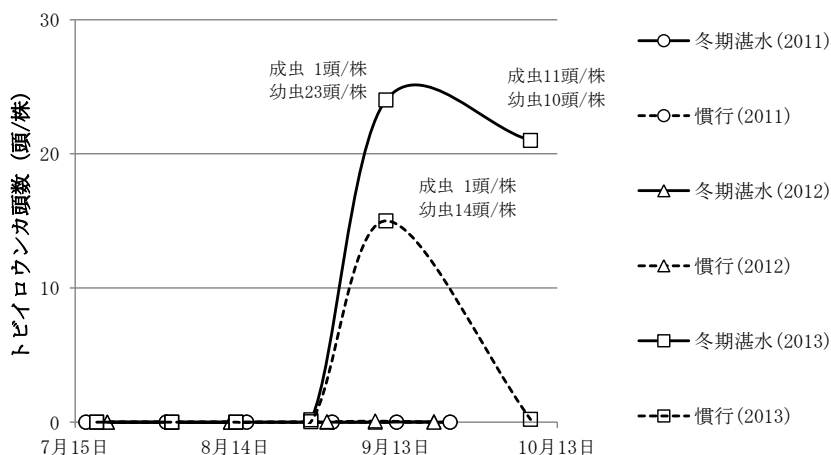


図2 冬期湛水田と慣行水田のトビイロウンカ発生状況

表2 水稻形質とウンカ被害面積率との単相関係数 (R)

水稻形質	7月30日		9月9日	
	全区	湛水区のみ	全区	湛水区のみ
草丈 (L)	0.76 *	0.30	0.78 *	0.47
茎数 (N)	0.78 *	0.53	0.85 *	0.67
葉色 (C)	0.76 *	0.20	0.53	0.89 *
L×N×C	0.83 *	0.63	0.86 *	0.78
L×N	0.80 *	0.53	0.85 *	0.67
L×C	0.77 *	0.28	0.78 *	0.89 *
N×C	0.82 *	0.65	0.86 *	0.79

注) 湛水区のみは N0+0 区, N2+2 区, N4+0 区, N0+4 区および N4+4 区.
 全区は, 湛水の区に, 乾 0+0 区と乾 4+4 区を含む.
 草丈は cm、茎数は本/株、葉色は SPAD 値. *は 5%水準で有意差あり.

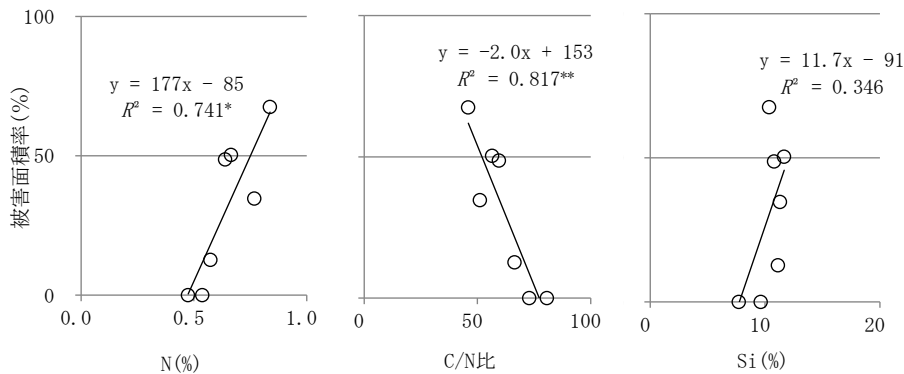


図3 収穫期のわらの植物栄養成分とウンカ被害面積率との関係

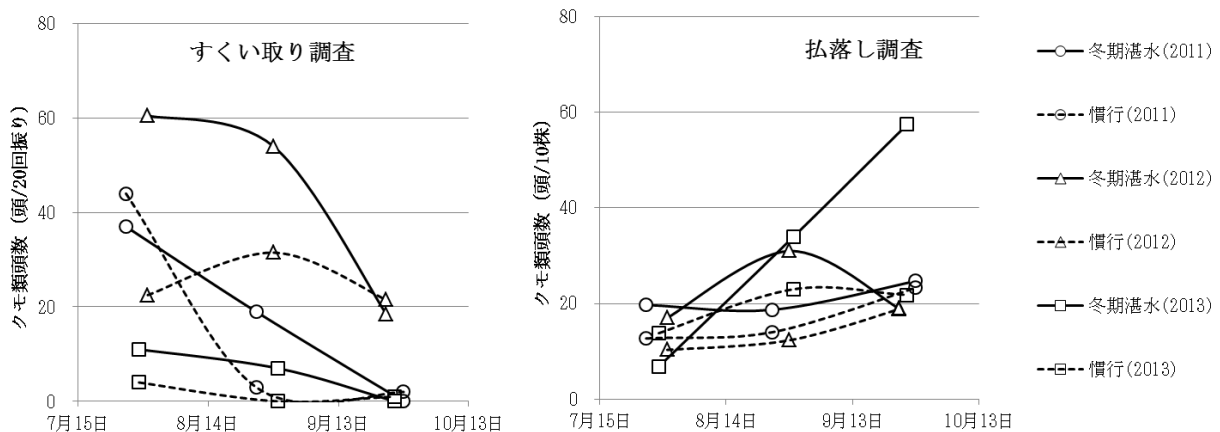


図4 冬期湛水田と慣行水田のクモ類の発生状況

4. 考察

4.1 本年の気候とウンカ被害の関係

2013年のトビイロウンカの飛来は5月29日, 6月19日および7月4~6日, 7月22~26日の4回あったと思われる. 发育ステージ予測では平年気温で9月下旬に第4世代が発生すると推察された(愛媛県病害虫防除所,

2013). 2013年9月上旬の調査では, 供試水田, 慣行水田とも, この時期の要防除水準とされる20~30頭/100株(一般社団法人日本植物防疫協会, 2012)より著しく多かった. 坪枯れが発生しなかった過去2年間と比較して, 早い時期から世代交代を繰り返していたと考えられるものの, 2013年度8月下旬の発生密度は数週間後に坪枯れが発生するほどではなかったことが特筆

に値する。2013年の9月下旬から10月上旬の日平均気温は平年の9月中旬並みであった(表3)。9月上旬の調査で確認した多数のトビイロウンカの孵化幼虫が、これ以降の高気温により成育が助長されたことにより、坪枯れ被害が急激に拡大したと考えられた。

表3 2013年度と平年の水稲栽培期間中の日平均気温(°C)

月	旬	2013年度	平年	差
6	上旬	21.3	21.6	-0.3
	中旬	25.7	22.7	3.0
	下旬	22.0	23.8	-1.8
7	上旬	27.7	25.6	2.1
	中旬	29.1	27.0	2.1
	下旬	29.2	27.9	1.3
8	上旬	30.0	28.1	1.9
	中旬	30.2	27.9	2.3
	下旬	27.6	27.4	0.2
9	上旬	24.1	26.2	-2.1
	中旬	25.3	24.4	0.9
	下旬	24.3	22.4	1.9
10	上旬	24.0	20.5	3.5
	中旬	19.2	19.0	0.2
	下旬	17.4	16.6	0.8

平年の気温は1981年～2010年。
アメダス(松山)データから作成。

4.2 冬期湛水有機栽培水稲の生育・栄養状態とウンカ被害の関係

水稲形質と被害面積率の関係では、冬期の管理方法の違いで7月30日の生育量に差が大きかったため、全試験区を対象にすると全ての形質で有意な相関が認められた。一方、冬期湛水の区間では生育量に差がほとんど無かったため、全ての形質で相関が認められなかった。森らは、7月の水稲の草丈×茎数×葉色の積とトビイロウンカ発生量との相関が高いことから、水稲生育初期の生育量を抑えることが有機栽培での被害回避に有効であると報告している(森ら, 2013)。本試験でも生育量が小さい冬期乾田の区で被害面積率が低く、森らと同様の結果であった。

しかし、トビイロウンカの発生量は、8月下旬までは過去2年と同様に少なく、9月から著しく増加し、被害が拡大した。このことから、第3世代以降の増殖率が被害と密接に関わっていると考えられた。

9月の水稲生育では、冬期湛水の区のみを対象とすると、葉色や草丈×葉色で有意な相関が認められた。全区を対象とすると、葉色でのみ被害面積率と相関が認められなかった。これは、穂肥施用量が多い区で葉色

が高かったためと考えられた。冬期湛水の各区とも穂肥施用量に関わらず葉色が濃いことから、生育期間を通じて窒素を多く吸収していると考えられる。トビイロウンカの吸汁活動は、水稲への窒素施肥により高まる(菅野ら, 1976)ことから、冬期湛水ではトビイロウンカの吸汁が活発で増殖率が高く、一方冬期乾田では窒素吸収が少なくトビイロウンカの増殖率が低かったと考えられた。

冬期湛水では、各区の水稲の生育は同様に推移したことから、生育環境が同一ならば葉色が濃い部分で坪枯れ被害が多くなったと思われる。しかし、冬期乾田など生育環境が異なる条件が加わると葉色との相関が認められなかったことから、一般的には葉色と被害の関係はないものと推察される。また、トビイロウンカは水田へ飛び込んだ後、数世代の増殖を経て急激に密度が上昇することから、葉色が濃い場所へトビイロウンカが多く飛来したと考えるより、葉色が濃い部分でトビイロウンカの増殖率が高まったことが坪枯れの要因と考えられた。

被害面積率とわらのN(%)とは正の相関にあったが、被害面積率とC/N比とは負の相関にあった。これは、いずれのわらのC(%)もほぼ同じであったためである。また、冬期湛水の区ではSi(%)は10～11%で冬期乾田の区よりやや高かった。イネにケイ酸を施すと病害虫に対する抵抗力が高くなる(伊達ら, 2004)とされている。本結果ではケイ酸含有率の差が小さかったのでトビイロウンカに対する密度抑制効果の向上は明らかではなく、被害面積率はNの含有率との関係が大きいたことが明らかとなった。

4.3 天敵類等とウンカ類発生の関係

トビイロウンカは水際に近いところに生息している(宇根ら, 1990)ことから、払落し調査法によるクモ類の個体数は、トビイロウンカの生息数と関係があると思われた。本年はトビイロウンカが冬期湛水田で9月から多発したため、クモ類も9月に増加したと考えられた。一方2012年度は、クモ類の個体数が8月に2013年度と同程度であったものの、トビイロウンカの発生が少ないため、その後減少したと考えられた。

すくい取り調査法では、過去2年に比べ本年のクモ類の個体数は少なかった。水稲の成熟期にかけてトビイロウンカは水稲上部でも観察された。天敵の捕食圧とトビイロウンカの増殖抑制との関連が指摘されている(杉本ら, 1984)。本年、水稲上部のクモ類が少ない理由は明らかではないが、トビイロウンカの被害

が著しかったことと関係があったとも考えられ、今後詳細なデータの蓄積が必要である。

水稲の有機栽培では雑草対策が最も重要なため、布マルチ直播栽培や機械除草栽培、冬期湛水栽培、アイガモ利用栽培等様々な栽培法が考案され普及している。また、多くの栽培法で少窒素施肥による耕種的病害虫防除対策が実施されている。冬期湛水では無肥料でも冬期乾田の慣行施肥栽培と同等以上の生育が得られる。施肥区では水稲の生育量はさらに大きく、葉色も濃いことから、冬期湛水の施肥区はウンカ類にとって好適な生育環境にあったと思われる。このような条件で、本年は作期を通じて高温で推移したため甚大な被害となったと考えられた。このことから、中干し後は直ちに慣行水管理とし、適正稲体窒素濃度とすることが必要である。また、アイガモ利用栽培ではウンカ類の防除効果が認められ(古野, 1992)、疎植栽培では幼穂形成期頃の生育量を抑えてトビイロウンカの発生抑制に効果が認められる(佐藤ら, 2007)ので、これらと併用することも有効と考えられた。

謝辞

クモ類の調査では、愛媛県衛生環境研究所生物多様性センター 山中悟次長、畑中満政主任研究員、山中省子主任研究員、好岡江里子前主任研究員(現農林水産部農業振興局農地整備課)等の方々にお世話になった。ここに記して謝意を表する。

引用文献

一般社団法人日本植物防疫協会(2012): 都道府県が設定している要防除水準(水稲害虫),
http://www.jppn.ne.jp/jpp/bouteq/bojosuijun_data/suitougaichu.pdf
宇根豊, 日高一雅, 赤松富仁(1990): 鶯色ウンカ, 減農薬のための田の虫図鑑—害虫・益虫・ただの虫—, 社団法人農山漁村文化協会, 東京, 21.
愛媛県(2013): 農作物病害虫等防除指針(2013年), 37.
愛媛県病害虫防除所(2013): 病害虫発生予報(8月),
<http://www.pref.ehime.jp/h35118/2406/byocyubojou/html/documents/25yohou-8.pdf>
菅野紘男, 金武祐, 石井象二郎(1977): 稲に対する窒素施肥がトビイロウンカの吸汁活動に及ぼす影響, 日本応用動物昆虫学会誌, 21, 110—112.
佐藤大和, 荒木雅登, 川村富輝, 石塚明子, 福島裕助,

井上拓治(2007): 水稲の減農薬・減化学肥料栽培における安定栽培法—窒素施肥法と栽植密度の違いが収量および病害虫発生程度に及ぼす影響—, 福岡県農業総合試験場研究報告, 26, 79—84.

寒川一成(1972): トビイロウンカの吸汁習性に関する研究, 第3報 吸汁活動に及ぼすアミノ酸およびその他の物質の効果, 日本応用動物昆虫学会誌, 16, 1—7.

杉本毅, 桜谷保之, 山下美智代(1984): 自然農法田と慣行農法田におけるトビイロウンカによる被害の比較, 近畿大学農学部紀要, 17, 13—20.

伊達昇, 御子柴穆, 塩崎尚郎, 武井昭夫, 松崎敏英(2004): ケイ酸質肥料, 肥料便覧 第5版, 社団法人農山漁村文化協会, 東京, 166—169.

古野隆雄(1992): 害虫防除効果, 合鴨ばんざい—アイガモ水稲同時作の実際—, 社団法人農山漁村文化協会, 東京, 31—41.

森則子, 三原実(2013): 佐賀県における水稲の有機栽培技術の検証 第2報 異なる施肥体系がトビイロウンカの発生に及ぼす影響, 日本作物学会九州支部会報, 79, 22—26.

渡邊朋也(1990): 高層天気図を利用した長距離移動性ウンカ類飛来時期予測のためのコンピュータプログラム(LLJET), 九州農試報告, 26, 233—260.