

カメムシ低密度地域のダイズ生産における適切な農薬散布回数

伊藤健二¹・水谷信夫・田淵 研²・守屋成一
(中央農業総合研究センター)

Determination of the Optimal Number of Pesticide Spray Applications in Soybean Cultivation in a Low Density Stinkbug Area

Kenji ITO³, Nobuo MIZUTANI, Ken TABUCHI and Seiichi MORIYA

Abstract

The relationship between the number of pesticide spray applications and the ratio of undamaged soybean was investigated from 2002 to 2003 in a soybean field at Shintone-cho, Ibaraki Prefecture. Stinkbug density and the ratio of undamaged soybean were negatively correlated with the number of pesticide spray applications. Damage to soybean varied among the years and experimental blocks. In order to harvest 85% and 90% undamaged soybean, the insecticide needed to be sprayed for one and two times, respectively. These results imply that the number of pesticide spray applications can be reduced from three times to two times in soybean production at Shintone-cho.

緒 言

虫害はダイズ栽培における品質低下の主要因になっている場合が多く、中でもカメムシ類は子実を直接加害するため品質に重大な影響を及ぼす重要な要因の一つとなっている(河野, 1991; 樋口, 2001)。これらカメムシ類の被害防止のためには農薬を定期的に散布せざるを得ないのが実情であるが(樋口, 2001)、近年環境保全型農業への関心の高まりから、病害虫に対して十分な防除効果を維持しながら農薬散布頻度を軽減することが求められている。カメムシ類の防除時期や薬剤散布回数に関する多数の報告があるが、防除に必要な農薬散布頻度・時期を明らかにする取り組みは一部の地域でしか行われていない(河野・山根, 1987; 寺本・永井, 1983)。また、ダイズ生産における被害予測モデルは地域や品種ごとに異なった傾向を示すことが知ら

れており(河野, 1991)、特定の地域・品種を対象として適切な防除を行うためには、より生産現場に近い環境での個別のデータ収集が必要となる。

茨城県稲敷郡新利根町はダイズカメムシ類の密度が比較的低い地域であり、水田転作作物としてダイズが大規模に作付けされている。東北-関東地域の慣行防除におけるカメムシ類に対する農薬散布回数は3回とされている(奈良部ら, 2005)、新利根町の実産現場では8月下旬の1回散布のみが行われることが多い(濱口, 私信)。しかし、この地域における農薬散布とダイズ被害の関係は調べられておらず、これらの農薬散布回数が必要十分なものであるかどうかは明らかになっていない。そこで、本研究では新利根町ダイズ圃場において農薬散布回数とダイズ被害の関係を調べ、この地域のダイズ生産における適切な農薬散布回数に

1 現在 農業環境技術研究所

2 現在 学術振興会特別研究員, 森林総合研究所北海道支所

3 Address : National Institute for Agro-Environmental Sciences, Biodiversity Division, 3-1-3, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan

2006年4月18日受領

2006年7月21日登載決定

ついでに検討を行った。

材料および方法

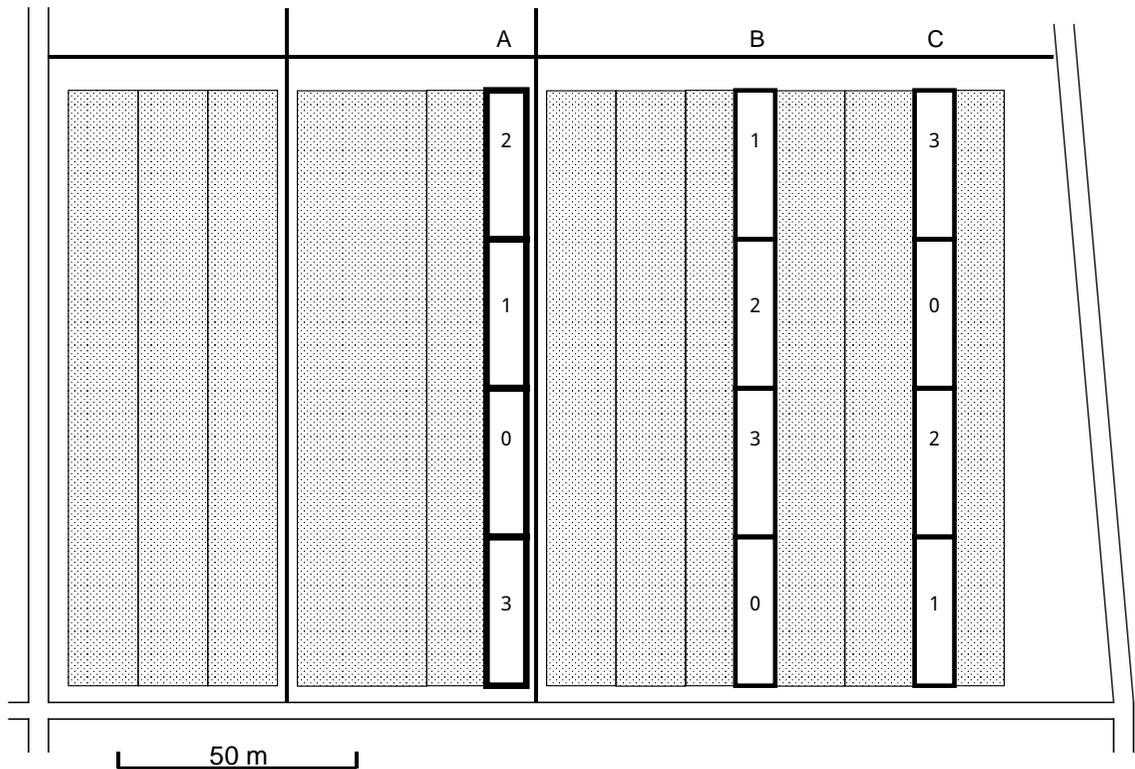
1. 調査方法

調査は2002および2003年の2年間、新利根町太田新田のダイズ圃場（品種：タチナガハ、面積：12,000m²）で行った。実験区には面積640m²のブロックを3カ所（A, B, C）設け、各ブロック内に殺虫剤散布回数の異なる4つの試験区（3回、2回、1回散布区および無散布区）をランダムに配置した（第1図）。各ブロック間は試験区の3回散布区と同じ処理を行ったダイズ圃場によって区分されているが、試験を行ったダイズ圃場は周囲を水田で囲まれていた。ダイズの播種は2002年は6月20日、2003年は6月24-25日に行い、栽植密度は18粒/m²（機械播種）だった。これら試験区に対し、パーマチオン水和剤（1000倍液）を2002年は8月22日（全ての散布区）、9月3日（2および3回散布区）および9月18日（3回散布区）に、2003年は8月25日（全ての散布区）、9月8日（2および3回散布区）お

よび9月24日（3回散布区）にそれぞれ10aあたり100 l 散布した。また、殺菌剤としてトップジンM水和剤（1000倍液）を10aあたり100 l、パーマチオンと混合で、2002年は8月22日に、2003年は8月25日に散布した。農薬散布実施から1週間後（2002年には10月10日に更に1回）、各区から任意に20-30株を選定し、株上に生息するカメムシ類（ホソヘリカメムシ *Riptorus clavatus* (Thunberg)）およびイチモンジカメムシ *Piezodorus hybneri* (Gmelin)）を見取り調査した。実験終了後、各ブロック2カ所から1m²ずつダイズを収穫し、健全粒数と被害粒数の調査を行った。

2. 解析方法

農薬散布回数を与えるカメムシ密度への影響を検討するために、株当たりのカメムシ密度を従属変数とし、農薬散布回数とブロック、年を独立変数とする分散分析を行った。カメムシ類の成虫・幼虫ともダイズ子実を加害するので、カメムシの種類、幼虫・成虫の区別は行わず、調査期間を通じた株当たりの平均個体数を



第1図 実験区とブロック（A-C）の配置。図中の数字は試験区ごとの農薬散布回数を示し、網掛けは試験区以外のダイズ圃場を表している。試験区以外のダイズ圃場における農薬散布処理は試験区の3回散布区と同じ手続きで行った。

解析に用いた。解析に先立ち、株当たり個体数データを正規分布に近似させるために、データ離散幅の半分である1/160を加えて対数変換を施した (Yamamura, 1999)。効果が有意でない交互作用はモデルから除外した。

農薬散布回数と健全粒率の関係を明らかにするために、健全粒率を従属変数とするロジスティック回帰分析を行った (Crawley, 2002)。本研究における健全粒率の解析では、農薬散布スケジュールの影響は無視しうるほど小さいことを仮定している。また、非健全粒には様々な被害要因 (虫害・病害など) が考えられるが、被害の痕跡から被害要因を正確に特定することが困難であるため、被害要因はすべて区別せず扱った。

まず、被害全体の変動パターンに影響する要因を把握するために、健全粒率を従属変数として年・ブロック・農薬散布回数を独立変数とするロジスティック回帰分析を行った。推定された尤度比の検定にはカイ二乗検定を用いた (Agresti, 1996)。尤度比検定の結果、有意でない交互作用はモデルから除外した。モデルの当てはめにおいて過大分散が見られたので、検定に際してはscaling parameterによる補正を行った (Agresti, 1996; Wilson and Hardy, 2002)。

農産物検査規定によれば、普通サイズ一級の条件のひとつは被害粒率15%以下である。また、これまで報告されているサイズカメムシ類による許容被害粒率には10.9-11%という推定値がある (河野, 1991)。そこで、本研究では健全粒率85-90%を被害許容水準として採用した。この基準を満たすことが可能な農薬散布回数を推定するために、年・ブロックごとの農薬散布回数と健全粒率のデータにロジスティックモデルを当てはめ、健全粒率が85%と90%になる農薬散布回数の逆推定を行った。

カメムシ密度に対する分散分析と健全粒率に及ぼす年・ブロック・農薬散布回数の影響のモデル化には統計解析パッケージR Version 2.2を用いた (Agresti, 1996; Crawley, 2002; 中澤, 2003)。健全粒率に対する農薬散布

回数の逆推定には統計パッケージJMP Version 5.1 (SAS institute, 2002)を用いた。全ての有意性検定には $p < 0.05$ の水準を用いた。

結 果

1. 農薬散布回数とカメムシ密度の関係

調査地におけるカメムシの発生量は全体的に低い水準で推移した。農薬無散布区におけるホソヘリカメムシの発生量を見ると、2002年・2003年の発生量のピークはそれぞれ幼虫が0.01個体/株と0.01個体/株、成虫が0.02個体/株と0.02個体/株だった。これは、2002年・2003年の茨城県つくば市観音台の中央農業総合研究センターダイズ圃場で観察されたホソヘリカメムシの密度のピーク (2002年: 幼虫0.4個体/株, 成虫0.2個体/株, 2003年: 幼虫0.2個体/株, 成虫0.1個体/株) に比べ極めて低い水準である (田淵ら, 2005)。第2図に農薬散布回数とカメムシ類密度 (ホソヘリカメムシ・イチモンジカメムシの幼虫・成虫合計値) の関係を示した。無散布区におけるカメムシ類の密度は0.06個体/株 (2002年, ブロックC) から0.32個体/株 (2003年, ブロックB) までの値だった。この値は、それぞれの調査期間を通じ、見つかったカメムシ個体数が5個体 (計80株調査) から29個体 (計90株調査) という水準である。2002年は農薬散布回数が増加するに従いカメムシ密度が明瞭に減少する傾向が見られたが、2003年には農薬散布の一貫した影響が見えにくいブロックもあった (第2図)。

第1表にカメムシ密度に対する分散分析の結果を示した。モデル選択の結果、有意な交互作用は認められなかった。農薬散布回数はカメムシ密度に対して強い負の影響を及ぼしていた。ブロック間にもカメムシ密度の弱い変動が見られ、2002年・2003年いずれもAとBのカメムシ密度がやや高く、Cはやや低い傾向があることが示された (第2図)。

2. 農薬散布回数と健全粒率の関係

第2表に健全粒率を従属変数とするロジスティック回帰モデルとその有意性検定の結果を示した。解析の

第1表 カメムシ類密度を従属変数とする分散分析の結果

要因	自由度	MS	F値	p値
年(2002, 2003)	1	0.0667	0.42	0.5250
ブロック(A, B, C)	2	0.4592	2.892	0.0800
農薬散布回数(0~3回)	1	3.7653	23.716	0.0001
残差	19	0.1558		

結果，要因間の有意な交互作用は検出されなかった。年・ブロック・農薬散布回数は健全粒率に有意に影響していた。第3図には年・ブロック毎のデータから得られた農薬散布回数と健全粒率の関係に対してロジスティック回帰式を当てはめた結果を示した。全ての年・ブロックの組み合わせにおいて農薬散布回数と健全粒率の間には有意な正の効果が見られた（尤度比検定， $p < 0.001$ ）。農薬散布回数と健全粒率の関係は年・ブロックごとに異なった値を示し，もっとも被害が大きかったのは2003年のブロックBだった。

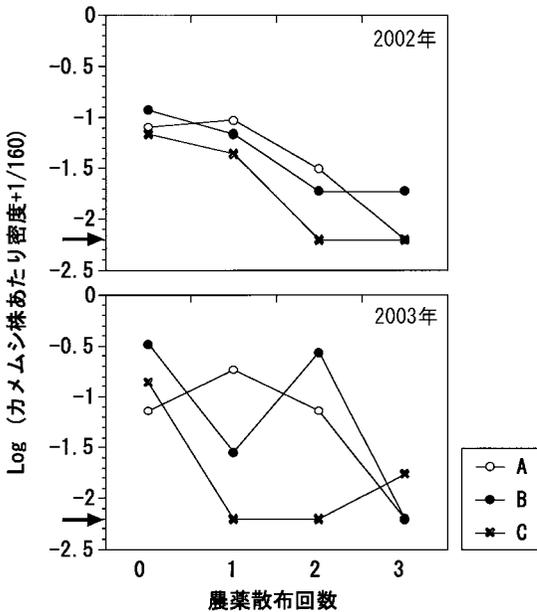
3. 被害許容水準を満たす農薬散布回数の推定

第4図は年・ブロックごとの健全粒率85%と90%が得られる農薬散布回数の逆推定値であり，エラーバーは95%信頼限界を示している。解析に用いたデータの農薬散布回数は0回以上であるため，0以下の値にな

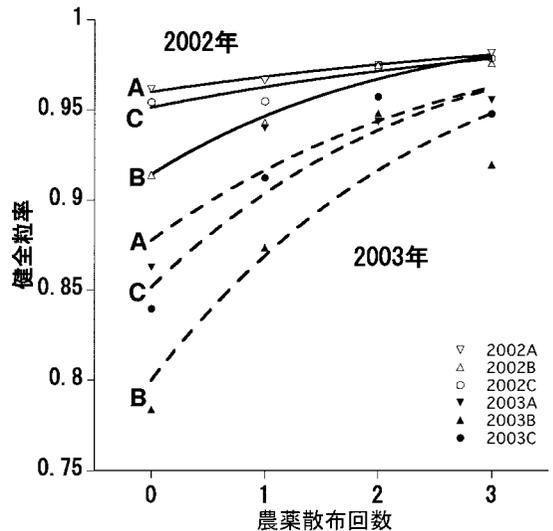
った農薬散布回数の逆推定値は外挿である（中澤，2003）。農薬散布回数が0回以下になることはあり得ないため，この部分の推定値には「農薬散布が必要ない」という以上の意味はないと考えられる。全ての期間を通じ，もっとも健全粒率が低かったのは2003年のBブロックであり（第3図），健全粒率85・90%を達成するために必要な農薬散布回数は2003年のBブロックがもっとも多かった。全てのブロックの結果を通じ，85%の健全粒率を達成するために必要な農薬散布回数は95%信頼限界の範囲も含めて1回以下で，90%の健全粒率を達成するために必要な農薬散布回数も2回以下であった。2002年の結果では，健全粒率85・90%を達成するためには農薬散布の必要はなかった。

考 察

今回の結果では，被害のもっとも大きかった2003年のブロックBにおいても85%の健全粒率を得るために必要な農薬散布回数は1回以下，90%の健全粒率を得



第2図 農薬散布回数とカメムシ類（ホソヘリカメムシ，イチモンジカメムシ）密度の関係。水平方向の矢印はカメムシ類密度が0の水準を示す。



第3図 農薬散布回数と健全粒率。曲線は年・ブロックごとに当てはめを行ったロジスティック回帰式（実線：2002年，破線：2003年）。

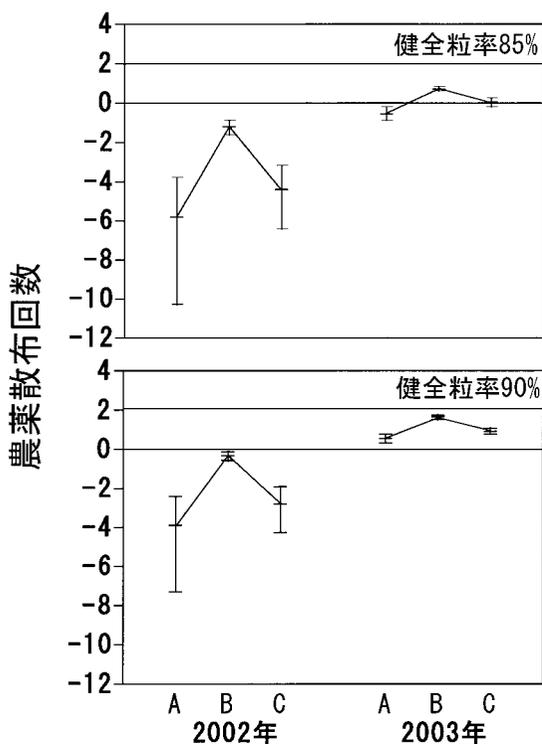
第2表 ダイズ健全粒率を従属変数とするロジスティック回帰分析の結果

要因	自由度	尤度比 (X^2)	p値
年(2002, 2003)	1	105.00	1.22×10^{-24}
ブロック(A, B, C)	2	9.27	9.40×10^{-5}
農薬散布回数(0~3回)	1	87.04	1.06×10^{-20}

Scaling parameter = 10.73

るために必要な散布回数も2回以下だった。このことは、カメムシ少発地域である本調査地の周辺で健全粒率85・90%を達成することを目標とする場合、適切な農薬散布回数は1・2回であることを示している。この結果は今回得られた圃場での実データ(第2図)とも一致する。全ての解析を通じ、農薬散布回数が2回の場合には健全粒率が94.4・97.5%, 1回でも87.4・96.6%であった(第3図)。今回行った解析にはいくつかの問題が残されているが(後述)、信頼限界を含む推定値と実際のデータを鑑みる限り、適切な農薬散布回数が1・2回であるという結論には妥当性が高いと考えられる。本調査地のダイズ生産では東北・関東地域の慣行防除とされる3回の農薬散布は少なくとも2回に削減可能であるが、実際の生産現場で行われている1回散布では場合によって90%の健全粒率を達成できない可能性がある。

今回の解析はダイズの健全粒率だけを解析対象とし



第4図 健全粒率85%, 90%を達成するために必要な農薬散布回数(年・ブロックごとのロジスティック回帰式からの逆推定値)。A-Cは実験区の各ブロックを表している。エラーバーは推定値の95%信頼限界。

た。しかし、農産物検査規定における普通ダイズ1級の条件には被害粒率15%以下という基準だけではなく、「著しい被害粒等1%以下」という基準もある。今回の被害粒調査では「著しい被害」と通常の被害を区別しなかったため「著しい被害粒」を解析対象として取り上げることが出来なかった。実際の生産現場でのダイズの等級決定には、この「著しい被害粒の割合」が重要になることも多い(濱口, 私信)。より実情に即した農薬散布回数の推定を行うためには、この「著しい被害粒」も要防除水準として考慮に入れる必要があるだろう。

明らかに虫害と考えられる被害粒のうち約95%がダイズカメムシ類による被害であったが(守屋・水谷, 未発表), 農薬散布に伴うカメムシ密度の変動パターンは健全粒率の変動パターンとは必ずしも一致しなかった。例えば、カメムシの密度はブロックAとBでやや高くCで低い傾向が見られたが、実際の被害はB>C>Aの順に小さくなっている(第3図)。また、年変動はダイズの被害に大きく影響したものの、カメムシ密度については有意な差が見いだされていない(第1表)。このようなカメムシ類の密度と被害の対応に一部矛盾する結果が見られる現象は、今回考慮に入れていない生育不良や病気などカメムシの吸汁以外の要因によるプロセスに起因していると考えられる。

カメムシ類の被害粒率は農薬散布のタイミングによって変化することが知られているが(河野・山根, 1987; 寺本・永井, 1983), 本試験では用意できる圃場の制約から農薬散布のスケジュールやダイズの開花タイミングを考慮することができなかった。また、気象変動や圃場条件など、生育に影響を与えるであろう様々な要因を考慮に入れていないため、健全粒率変動の具体的な要因を明らかにすることが出来なかった。圃場の実態を反映した農薬散布回数や手法を決定するためには、これらの要因を考慮したより適切なモデルを構築することが必要であろう。

引用文献

Agresti, A. (1996) An Introduction to Categorical Data Analysis, Wiley, New York. 290p.
 Crawley, M.J. (2002) Statistical Computing: An Introduction to Data Analysis using S-Plus. John Wiley & Sons, Chichester. 761p.
 樋口博也(2001)植物防疫 55: 220 - 223.
 河野 哲・山根伸夫(1987)兵庫農総セ研報 35:

- 33 - 38.
- 河野 哲 (1991) 兵庫中農技特別研究報告 16 : 1 - 181
- 中澤 港 (2003) Rによる統計解析の基礎. ピアソン・エデュケーション, 東京 . 174p.
- 奈良部 孝ら (2005) IPMマニュアル・環境負荷低減のための病害虫総合管理技術 (梅川 學ほか編). 中央農業総合研究センター, つくば, pp. 157 - 173.
- 田淵 研・守屋成一・水谷信夫 (2005) 応動昆 49 : 99 - 104.
- 寺本 敏・永井清文 (1983) 九州農業研究 45 : 124 .
- Wilson, K. and I. C. W. Hardy (2002) Sex ratios: Concept and Research Methods (I. C. W. Hardy ed.) . Cambridge University Press, Cambridge. pp. 48 - 92.
- Yamamura, K. (1999) Res. Popul. Ecol. 41 : 229 - 234.