長野県のコムギ作におけるヒメアマナズナ、クジラグサ、グンバイナズナの 出芽消長と防除技術*

青木政晴^{★1}・浅井元朗^{2,3}

要 約：長野県のコムギ連作圃場で問題となっているアブラナ科の帰化雑草であるヒメアマナズナ、クジラグサ、グンバイナズナの防除技術を確立するため、多発圃場におけるコムギ収量への影響および出芽パターンを調査し、コムギの播種期移動および除草剤による防除効果について検討した。3草種の多発によりコムギ収量は、ヒメアマナズナで約25%、クジラグサおよびグンバイナズナで約45%減少した。生存個体数の最大期は、積雪期間が2ヶ月間の地域では3草種とも播種後1ヶ月であった。積雪期間が数日間の地域では、ヒメアマナズナは播種後1ヶ月、クジラグサは越冬中、グンバイナズナは播種後1ヶ月の最大期を経て越冬後にも増加した。3草種に対してコムギの晩播により出芽数が大幅に減少したが、クジラグサおよびグンバイナズナに対しては、積雪期間が短い地域では防除効果が完全ではないことが示された。ジフルフェニカン含有剤の播種後土壌処理により高い防除効果が認められた。クジラグサおよびグンバイナズナに対しては、2月以降の残草状況によりチフェンスルフロンメチル水和剤の茎葉処理との体系処理が有効であった。

キーワード：帰化アブラナ科雑草、雑草害、コムギ、出芽生態、防除

緒 言

近年、長野県のコムギ圃場では、ヨーロッパからアジア原産の一年生アブラナ科帰化植物であるヒメアマナズナ (*Camelina microcarpa* Andr. ex DC.)、クジラグサ (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl)、グンバイナズナ (*Thlaspi arvense* L.) の発生が拡大し、収獲放棄圃場も出現している。

これらの草種は北米の一般的な耕地雑草である (Best and McIntyre 1975; Blackshaw 1990; Francis and Warwick 2009)。日本においては、北海道の帰化植物として、明治期にはグンバイナズナ、明治期以降から戦前にはヒメアマナズナとクジラ

グサが侵入したとされている (森田 1981)。1997 年の全国農業改良普及センター等へのアンケートでは、新たに発生がみられる帰化雑草として上記3草種は含まれていなかった (中山・高林 1978) が、1990 年代には関東地域の飼料畑、草地、普通畑、転換畑等でグンバイナズナの発生が報告されている (清水ら 1994)。これら3草種の侵入時期は明治期以降であるものの、耕地雑草としての認識は近年である。近年、農耕地に侵入し雑草化した理由として、1990 年代の北米からの輸入冬作穀物中に、上記3草種の混入が確認されたことから (浅井ら 2007)、輸入飼料を通じた農耕地への分布拡大の可能性が挙げられる。これら3草種の発生生態や防除法に関する情報は未だ不足しているため、発生した場合に防除が徹底されないことに加え、長野県内では長期固定方式のムギ転作圃場の増加、ムギ作におけるコスト低減による防除圧の低下等によってこれら3草種は蔓延したと考えられる。

これまで、帰化アブラナ科3草種に対する耕種的防除法として、夏期2ヶ月間の湛水圃場管理により埋土生存種子が大幅に減少することを明らかにした (青木ら 2012) が、ムギ作期間の防除法については未検討であった。生産現場で防除を徹底するためには、ムギ作期間の防除技術を複数準備する必要がある。ムギ作の雑草発生密度は耕耘時期が遅れるにつれて急激に減少すること (荒井 1961)、また、コムギ作におけるカラスムギの発生に対しては、コムギ播種時期の遅延とトリフルラリン剤処理が有効であることから (浅井・與語 2010)、帰化アブラナ科3草種に対してもコムギの播種期移動による耕種的防除効果が期待される。

化学的防除法については、北米ではクジラグサに対して2,4-Dの秋処理 (Anderson 1969; Molberg 1969)、グンバイナズナに対して2,4-D, MCPA またはこれらを含む混合剤 (Best and McIntyre 1975; Kirkland and Keys 1979)、2,4-Dの秋処理 (Anderson 1969) など、日本での未登録剤の有効性が認められている。橘ら (2008) は、アブラナ科帰化雑草であるハルザキヤマガラシ (*Barbarea vulgaris* R. Br.) の北東北における出芽時期を明らかにし、播種直後のリニュロン水和剤、出芽終期のアイオキシニル乳剤、5月上旬の条間中耕またはアイオキシニル乳剤のうち、2つの時期に適切な除草管理を組み合わせることが有効であることを示した。このことから、3草種に対しても、草種ごとの出芽消長に合わせて既登録の除草剤と耕種管理等複数の防除手段を組み合わせることにより、高い防除効果が期待される。

* 大要を第49回日本雑草学会講演会 (2010年) で発表した。

1 長野県農業試験場

〒382-0051 長野県須坂市八重森 610

★ aoki-masaharu@pref.nagano.lg.jp

2 農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター
〒305-8666 茨城県つくば市観音段 3-1-1

3 現、農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター
福島研究拠点

〒960-2156 福島県福島市荒井字原宿南 30

(2015年1月14日受付, 2016年2月10日受理)

そこで本研究では、長野県内の現地多発圃場における帰化アブラナ科3草種（ヒメアマナズナ、クジラグサ、ゲンバイナズナ）の発生量、埋土種子量およびコムギの被害程度を調査するとともに、ムギ作期間中の防除法を確立するため、対象草種の出芽パターンを考慮し、コムギ播種期の移動および主要除草剤による防除効果を比較検討した。

材料および方法

現地における帰化アブラナ科3草種の埋土種子、発生量調査とコムギ作付期間中の除草剤による防除試験は、長野県伊那市と安曇野市で行った。これらの地域ではコムギ単作またはコムギ・ダイズ作を繰り返す作付け体系が多く見られる。コムギ播種は単作では10月5半旬から、ダイズ後作では11月3半旬から行われ、冬期のコムギの生育は低温や積雪のため停滞する。コムギの収穫期は6月5半旬～7月1半旬である。また、コムギの播種期移動による耕種的防除試験および除草剤による防除試験を長野県須坂市で行った。

県内3地点の平年の気象は、12～1月の平均気温が3℃以下であり、伊那では降雪は少ないものの降雨が多い一方、安曇野では降雪があるものの積雪は1ヶ月間程度であり、須坂では積雪期間は2ヶ月間程度である。また、3地点とも4月からコムギの収穫期までは13℃以下で、降水量は伊那では600 mm以下、安曇野および須坂では400 mm以下という条件である。

1. 現地多発圃場における対象草種の発生状況およびコムギの減収率

現地圃場における調査は、対象草種の発生量および埋土種子密度、コムギ収穫期における対象草種の発生量とコムギの減収率、対象草種の出芽および生存個体数の推移を対象とした。調査圃場は、2008年までにコムギを5年程度連作し、ヒメアマナズナ、クジラグサまたはゲンバイナズナが発生した現地水田転換畑4圃場（A～D）とし、各圃場の概要を第1表に示す。ヒメアマナズナの発生調査は長野県伊那市の2圃場（多湿黒ボク土、各20 a程度）で行った。A圃場はコムギ作と夏期の耕起管理が繰り返された履歴をもつ。B圃場は2008年まではA圃場と同様の管理であったが、ヒメアマ

ナズナが多発したため、2009年にコムギ作から野菜作に転換した。クジラグサの発生調査はコムギ・ダイズ作体系を繰り返す長野県安曇野市のC圃場（灰色低地土、20 a）で行った。ゲンバイナズナはコムギ作と夏期の耕起管理を繰り返す長野県伊那市のD圃場（多湿黒ボク土、30 a程度）で行った。

(1) 対象草種の発生量および埋土種子密度

第1表に示した4圃場を対象に、2008年から2010年にかけて各草種の発生程度、埋土種子量、農作物の作付状況および圃場の管理履歴を調査した。

各草種の発生程度は、各年次の6月上中旬（コムギ登熟期）の遠観調査にもとづいて区分した。すなわち、1 m²当たり1個体以下を微、5個体以下を少、20個体以下を中、50個体以下を多、それ以上を甚の5段階により評価した。埋土種子量については、直径4 cm・深さ15 cmの土壌コアを各圃場の10ヶ所より採取した後、圃場毎に混合し、45℃で3日間乾燥させ、室温保存した。各草種の埋土種子は50%炭酸カリウム溶液比重分離法（小林・渡邊2010）により回収し、実体顕微鏡下で検鏡して同定、計数した。

(2) コムギ収穫期における対象草種の発生量とコムギの減収率

帰化アブラナ科雑草の発生量調査は、ヒメアマナズナはA圃場、クジラグサはC圃場、ゲンバイナズナはD圃場で行った。現地での優占状態を考慮し、2008年はヒメアマナズナおよびゲンバイナズナの2草種、2009年は3草種の調査を行った。雑草発生量調査は、コムギの収穫期である2009年および2010年の7月に行った。調査項目は各草種の草丈、乾物重および残存個体数とした。対象草種の残存量は、2008年は、圃場内で対象草種が多発した区域および発生が無い微の区域においてそれぞれ3ヶ所を調査した。2009年は、同一圃場内に各30 m²のジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤の播種後土壌処理およびチフェンスルフロメチル水和剤の生育期茎葉処理を行った除草剤処理区域と無処理区域を設け、各2ヶ所を調査した。コムギ収穫期に1ヶ所あたり1.0～3.3 m²を刈り取り、2週間の風乾後に対象草種の乾物重および残存個体数を測定し、1 m²当たりの平均値に換算した。草丈は、各調査圃場においてコムギ収穫期に草丈の高い対象草種を1ヶ所当たり15個体選び測定した。

第1表 帰化アブラナ科雑草の現地多発圃場における圃場管理履歴およびコムギ耕種概要

圃場	草種	場所	圃場管理			コムギ作				2008 年試験		2009 年試験
			2008 年 夏～秋期	2009 年 夏～秋期	2010 年 夏期	品種	播種量 (kg/10 a)	播種条間 (cm)	播種法	播種期 (月 / 日)	土壌処理剤処理 ¹⁾ (月 / 日)	播種期 (月 / 日)
A	ヒメアマナズナ	伊那市	耕起→コムギ	耕起→コムギ	耕起	ハナマンテン	8	33	ドリル	10/28	11/5	10/31
B			耕起	野菜→耕起	野菜					—	—	—
C	クジラグサ	安曇野市	ダイズ→コムギ	ダイズ→コムギ	ダイズ	シラネコムギ	8	25	ドリル	—	—	11/29
D	ゲンバイナズナ	伊那市	耕起→コムギ	耕起→コムギ	耕起	ハナマンテン	8	33	ドリル	10/28	11/5	10/29

1) 圃場前面にジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤を背負い式動力散粒機を用いて散布。

また、コムギの草丈、穂数および子実重を雑草発生調査と同一場所において調査した。平均的な生育量の箇所を選び、1ヶ所当たり連続した15株の草丈および1m間の穂数を計測した。コムギの子実重は対象雑草の乾物重および残存個体数調査と同一の面積および箇所数で測定し、1m²当たりの平均値に換算した。対象草種の影響によるコムギの穂数減少率および子実減収率は、2008年は圃場内における対象草種の発生無ないし微区域に対する発生甚大区域の穂数または子実重の比率から算出した。2009年は圃場内における除草剤の処理区域に対する無処理区域の穂数または子実重の比率から算出した。

(3) 対象草種の出芽および生存個体数の推移

各圃場で発生する対象草種の出芽パターンを明らかにするため、2008年および2009年に、ヒメアマナズナはA圃場、クジラグサは2009年にC圃場、グンバイナズナはD圃場において調査を行った。各圃場の耕種概要は第1表に示す。上記の雑草、コムギ収穫期調査場所と同一の、2008年には圃場内の対象草種が多発した区域、2009年には除草剤無処理区域に、各50cm×50cm(0.25m²)の定置枠(3ヶ所)を設け、対象草種の出芽および生存個体数を調査した。出芽個体数は、調査日毎に実生を抜き取り計測した。生存個体数は別の定置枠を設け、調査日毎に生存した個体数を計測することで調査した。個体数の記録は、A圃場では2008年12月19日から2009年4月17日の間、2009年11月24日から2010年4月15日の間、D圃場では、2009年12月24日から2010年4月15日の間、E圃場では、2008年12月19日から2009年4月17日の間および2009年11月24日から2010年4月15日の間に行った。生育が停滞する冬期間を除き、2週間から1ヶ月間隔で調査し、1m²当たりの平均値に換算、平均値を算出した。

2. コムギの播種期移動による対象草種の出芽および生存個体数への影響

試験は2009年に長野県須坂市の長野県農業試験場圃場(以下、須坂圃場)において行った。ヒメアマナズナ、クジラグサ、グンバイナズナの3草種とも2009年6月に伊那市のコムギ作圃場から集団採種した種子を供試した。採種後に自然乾燥させ、その後室温保存し、粒厚選別と風選で選別した充実種子を供試した。

コムギ品種は「ユメアサヒ」を供試し、播種期を2009年10月28日(以下、標期)および11月16日(以下、晩期)とし、標期では10a当たり8kg、晩期では10a当たり10kgを条間27cmでドリル播種した。コムギ播種後、ヒメアマナズナは1400粒/m²、クジラグサは740粒/m²、グンバイナズナは980粒/m²相当量を1区面積10.2m²(3.4m×3.0m)のコムギ播種条間に斉一に散播した。播種後、土壌表層約10cmを手作業で混和した後、全面を簡易ローラーで鎮圧し

た。除草剤は使用しなかった。試験は3反復とし計18区を設けた。

出芽個体数および生存個体数の調査は、前節の現地圃場と同様の方法で50cm×50cm(0.25m²)定置枠を設けて調査した。調査は、播種後から2010年4月20日まで約2週間間隔で行った。

3. 各種除草剤の防除効果

土壌処理型除草剤(以下、土壌処理剤)および茎葉処理型除草剤(以下、茎葉処理剤)の処理時期が3草種の防除効果に及ぼす影響について、2009年に須坂圃場で試験を行った。供試種子および試験の耕種概要は、上記2節の試験のうち標期播種と同様である。

処理薬量等は第3表により、除草剤および処理時期毎に試験区を設けた。ジフルフェニカン・トリフルラリン乳剤を播種後当日に、ジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤をコムギ2葉期にあたる11月27日に土壌処理した。また、ピラフルフェンエチル水和剤およびチフェンスルフロンメチル水和剤を12月20日、2010年3月1日および3月31日に茎葉処理した。乳剤および水和剤は100l/10aの散布水量で手押し式噴霧器を用いた。茎葉処理時に50cm×50cm(0.25m²)内における対象草種の全生存個体のロゼット径を測定した。2010年6月1日に1m×54cm(0.54m²)内の個体を刈り取り、乾物重を測定し、1m²当たりの値に換算した。試験は3反復とした。

また、長野県伊那市および安曇野市の現地圃場において、体系処理による防除効果について試験を行った。コムギの耕種概要は第2表の2009年試験のとおりであり、播種後、以下の体系処理区を設置した。

A圃場では11月1日、C圃場では11月30日、D圃場では10月30日にジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤4kg/10a(0.06kg a.i./ha, 0.80kg a.i./ha)を土壌処理した。また、AおよびD圃場では2010年2月22日、C圃場では同年2月26日に、ピラフルフェンエチル水和剤50ml/10a(0.01kg a.i./ha)、チフェンスルフロンメチル水和剤5g/10a(0.037kg a.i./ha)を100l/10aの散布水量で手押し式噴霧器を用いて散布した。いずれの薬剤も単用処理とジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤との体系処理を設け、1区面積はAおよびC圃場では25m²、D圃場では30m²とした。各除草剤の薬量等は第4表に示した。除草剤処理時に50cm×50cm(0.25m²)内における対象雑草の全生存個体のロゼット径を測定した。3圃場とも除草剤無処理区は、上述の現地多発圃場における対象草種の発生状況およびコムギの減収率に関する試験と同一である。

ヒメアマナズナは6月22日、グンバイナズナは6月10日に1m×66cm(0.66m²)内の個体を、クジラグサは6月28日に1m×50cm(0.5m²)内の個体を刈り取り、乾物重を測

定し、1 m² 当たりの値に換算した。試験は反復を設けず、調査は2箇所で行った。

結 果

1. 現地多発圃場における対象草種の発生状況およびコムギの減収率

(1) 対象草種の発生量および埋土種子密度

コムギを連作し、夏期は耕起管理を繰り返したA圃場では、コムギ収穫期のヒメアマナズナの残存個体数は17~54個体/m²で、埋土種子量はコムギ播種前には約500粒/m²、2009年のコムギ収穫後には約9,000粒/m²であった。また、ヒメアマナズナの多発(32個体/m²)により野菜作に転換したB圃場では、野菜の作付期間中はマルチ管理および除草剤使用、不作付期間中は耕起管理を行い、2年後の埋土種子量は約2,000粒/m²であった(第2表)。

コムギ・ダイズ体系を繰り返すC圃場では、クジラグサの発生程度が少発生から次第に増加し、2009年には残存個体数が194個体/m²を示し、埋土種子量は2009年のコムギ1作後に約100粒/m²から約90,000粒/m²まで大幅に増加した(第2表)。

コムギを連作し、夏期は耕起管理を繰り返したD圃場では、コムギ収穫期のゲンバイナズナ残存個体数は39~57個体/m²であった。埋土種子量は、2009年のコムギ播種前には約3,000粒/m²、2009年のコムギ収穫後には約2,500/m²であった(第2表)。

(2) コムギ収穫期における対象草種の発生量とコムギの減収率

コムギ収穫時の各対象草種の草丈、残存個体数およびコムギの減収率は草種、年次により異なり、3草種のコムギ収穫期残存個体数は約20~200個体/m²、乾物重は約30~400g/m²、

減収率は約30~50%であった(第2表)。ヒメアマナズナの草丈はコムギと同程度~約20cm高く、茎上部が湾曲し、コムギの草冠を覆った。2008年は残存個体数17個体/m²、乾物重129g/m²、2009年の残存個体数は54個体/m²、乾物重30g/m²と年次により異なったが、多発箇所でのコムギの減収率は23~27%であった(第2表)。クジラグサの草丈はコムギより約30cm高く、茎は直立し、多発箇所ではコムギが44%減収した(第2表)。ゲンバイナズナの草丈はコムギより約40cm低く、2008年には39個体/m²、277g/m²、2009年には57個体/m²、182g/m²であったが、多発箇所での減収率は47~51%であった(第2表)。コムギの穂数減少率は16~26%であった(第2表)。

(3) 対象草種の出芽および生存個体数の推移

調査期間中の試験圃場周辺における平均気温、降水量を第1図に示す。伊那市については伊那アメダス観測所、安曇野市については松本アメダス観測所、須坂市については長野アメダス観測所における観測値である。2009年12月から2月の伊那市、安曇野市、須坂市の平均気温はそれぞれ2.1℃、1.9℃、1.5℃であり、同じく降水量は243mm、129mm、187mmであった。なお、積雪日数は安曇野市では5日、伊那市では5日未満、須坂市では53日間であり、日照時間はそれぞれ450時間、463時間、392時間であった。

ヒメアマナズナの出芽は、総数が2008年には49個体/m²、2009年には1388個体/m²となり、土壌処理剤処理の有無にかかわらず2ヶ年とも12月中に出芽総数の98~100%に達した(第2図)。現地圃場での生存個体数は、2ヶ年とも年内に最大となり、その後コムギ収穫期には出芽総数の約19%である17~54個体/m²に減少した。土壌処理剤の無処理の2009年には、播種1ヶ月後を最大にその後大幅に減

第2表 帰化アブラナ科雑草の発生程度および埋土種子、多発条件下でのコムギの生育および収量

草種	圃場	試験 年次	対象草種 ¹⁾						コムギ ¹⁾		
			残存程度	乾物重 (g/m ²)	残存個体数 (/m ²)	草丈 (cm)	埋土種子量		草丈 ²⁾ (cm)	穂数減少率 (%)	減収率 (%)
							コムギ播種前 (/m ²)	コムギ収穫後 (/m ²)			
ヒメアマナズナ	A	2007	中	—	—	—	—	—	—	—	—
		2008	中	112	17	102	—	—	80	17	27
		2009	多	30	54	83	487	9301	74	16	23
	B	2007	多	—	32	—	—	—	—	—	—
		2008	無	—	—	—	—	—	—	—	—
		2009	無	—	—	—	2040	—	—	—	—
クジラグサ	C	2007	少	—	—	—	—	—	—	—	—
		2008	中	—	—	—	—	—	—	—	—
		2009	甚	379	194	116	111	92247	88	26	44
ゲンバイナズナ	D	2007	多	—	—	—	—	—	—	—	—
		2008	多	277	39	46	—	—	80	24	51
		2009	多	182	57	72	2973	2477	94	26	47

1) —は未調査。2) 稈長と穂長の計。

第1図 アブラナ科帰化雑草の出芽期間の平均気温と平年値および降水量

'08は2008年播種，'09は2009年播種，伊那は伊那アメダス観測所，安曇野は松本アメダス観測所，須坂は長野アメダス観測所のデータ。1ヶ月を3旬にまとめたデータを用いた。

第2図 現地圃場における帰化アブラナ科雑草3種の出芽パターン
累積出芽数割合は、4月中旬までの出芽総数に対する調査期毎の累積出芽数を割合として示した。

コムギ播種期（年/月/日）は、ヒメアマナズナ'08が2008/10/28、ヒメアマナズナ'09が2009/10/31、クジラグサ'09が2009/11/29、グンバイナズナ'08が2008/10/28、グンバイナズナ'09が2009/10/29。

第3図 現地圃場における帰化アブラナ科雑草3種の生存個体数の推移

コムギ播種時期は第2図と同様。

少しした（第3図）。

クジラグサの出芽は、総数が1932個体/m²となり、コムギ播種後1ヶ月間の12月までにその35%が出芽し、その後も出芽が継続し、2月下旬には出芽総数の93%に達した（第2図）。生存個体数は、播種2ヶ月後の1月下旬まで急激に増加し、その後に急減し、コムギ収穫期には出芽総数の10%の194個体/m²となった（第3図）。

グンバイナズナの出芽総数は、2008年が598個体/m²、2009年が699個体/m²であった。12月までの出芽は、土壌処理剤を処理した2008年は出芽総数の約40%、土壌処理剤無処理の2009年は約80%と異なったものの、両年とも3月まで継続した（第2図）。生存個体数は、土壌処理剤を処理した2008年には2月下旬まで緩やかに増加し、その後に減少した。一方、土壌処理剤無処理の2009年には播種後1ヶ月間に急増し、2月下旬～2月上旬に間に再び増加した。コムギ収穫期には出芽総数の約7%である39～57個体/m²となった（第3図）。

現地における3草種の出芽パターンは草種により異なり、標期播種におけるヒメアマナズナではコムギ播種後から年内に出芽が集中していたが、晩期播種におけるクジラグサおよび標期播種におけるグンバイナズナでは越冬中および越冬後にも出芽が継続した。生存個体数は草種により最大期が異なり、ヒメアマナズナは2ヶ年とも越冬前、クジラグサは越冬期間中、グンバイナズナは越冬後、または、越冬前および越冬後の2回と土壌処理剤の有無により異なった。

第4図 コムギ播種時期とアブラナ科帰化雑草3種の出芽パターンとの関係

累積出芽数割合は、4月中旬までの出芽総数に対する調査期毎の累積出芽数を割合として示した。晩期の累積出芽割合は、標期の出芽総数に対する割合。

播種期(年/月/日)は、標期が2009/10/28、晩期が2009/11/16。

2. コムギの播種期移動による出芽および生存個体数への影響

須坂圃場での標期および晩期の出芽総数は、ヒメアマナズナが208個体/m²および40個体/m²、クジラグサが381個体/m²および56個体/m²、グンバイナズナが261個体/m²および86個体/m²であった。標期における3草種の出芽は、コムギ播種1ヶ月後には出芽総数の約70%、越冬前には95%、越冬後の2月中旬には99%に達した(第4図)。一方、晩期では出芽総数が少なく、累積出芽数は3草種とも標期よりも大幅に減少し、播種1ヶ月後で標期の出芽総数の10%未満、4月においてもそれぞれ標期の出芽総数に対してヒメアマナズナでは19%、クジラグサでは33%、グンバイナズナでは15%にとどまった(第4図)。

ヒメアマナズナの生存個体数は、標期ではコムギ播種23日後から急増し、34日後に最大となり、越冬後から漸減し、4月には播種34日後の41%に減少した。晩期では、越冬前後に生存個体が存在するものの、4月には皆無となった(第5図)。クジラグサの生存個体数は、標期では播種23日後から急増し、29日後に最大となり、越冬前から漸減し、4月には播種29日後の22%に減少した。晩期では、越冬前および越冬後には生存個体が存在するものの、4月にはヒメアマナズナと同様に皆無となった(第5図)。グンバイナズナの生存個体数は、標期では播種23日後に急増し最大となり、播種1ヶ月以降に減少し、4月には播種23日後の18%に減少した。晩期では、越冬前後には生存個体が存在するものの、4月の生存個体数は標期の17%となった(第5図)。

第5図 コムギ播種時期と帰化アブラナ科雑草3種の生存個体数との関係

播種期は第4図と同様。

このように須坂圃場の播種期移動試験では、3草種とも同様な出芽パターンを示し、コムギ播種年内に出芽総数の95%が出芽した。また、播種数に対する標期および晩期における出芽総数の割合は、それぞれヒメアマナズナでは15%、3%、クジラグサでは52%、8%、グンバイナズナでは27%、9%であった。一方、生存個体数の推移は草種、播種時期によって異なり、標期播種のヒメアマナズナは越冬前から緩やかな減少を示した。現地圃場と同時期の晩播のクジラグサは12月下旬および3月初旬に増加し、越冬前後でやや変動を示した。標準期播種のグンバイナズナは11月下旬に急激に減少した。

3. 各種除草剤の防除効果

(1) 土壌処理剤の効果

須坂圃場および現地圃場において、ジフルフェニカン・トリフルラリン乳剤または粉粒剤の播種後出芽前処理は、3草種に対していずれも無処理区対比で乾物重を1%未満に抑制した(第3表)。一方、ジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤のコムギ2葉期処理(須坂圃場)では、無処理区対比の乾物重はヒメアマナズナ42%、クジラグサ47%、グンバイナズナ25%で、播種後出芽前に比べ効果が低かった(第3表)。

(2) 処理時期による生育期茎葉処理剤の効果

ピラフルフェンエチル水和剤およびチフェンスルフロエチル水和剤とも3草種に対して効果が認められ、草種および処理時の処理時のロゼット径による効果の変動幅は以下の範囲であった。

ヒメアマナズナに対するピラフルフェンエチル水和剤の効

第3表 アブラナ科帰化雑草3草種に対する各除草剤の効果

試験地	処理／除草剤	処理時期 ¹⁾	処理量 (10 a 当たり)	有効成分 (kg a.i./ha)	ヒメアマナズナ		クジラグサ		ゲンバイナズナ	
					処理時 ²⁾	乾物重 ³⁾ (g/m ²)	処理時 ²⁾	乾物重 ³⁾ (g/m ²)	処理時 ²⁾	乾物重 ³⁾ (g/m ²)
須坂	無処理	—	—	—	—	151.2 ± 53.7 (100)	—	26.3 ± 103.9 (100)	—	19.7 ± 14.1 (100)
	ジフルフェニカン・トリフル ラリン乳剤	2009/10/28 (+0)	200 ml	0.074・0.74	—	0.0 ± 0.0 (0)	—	0.0 ± 0.0 (0)	—	0.0 ± 0.0 (0)
	ジフルフェニカン・トリフル ラリン粉粒剤	2009/11/27 (+30)	4 kg	0.06・0.8	1 (0.5)	63.7 ± 12.0 (42)	1 (0.5)	12.5 ± 4.5 (47)	1 (0.5)	4.9 ± 3.9 (25)
	ピラフルフェンエチル水和剤	2009/12/20 (+53)	50 ml	0.01	4 (2.1)	1.7 ± 0.9 (1)	3 (1.7)	4.6 ± 2.5 (17)	4 (2.1)	3.1 ± 3.0 (16)
	ピラフルフェンエチル水和剤	2010/3/1 (+124)	50 ml	0.01	7 (3.4)	12.0 ± 17.8 (8)	6 (3.0)	1.5 ± 1.1 (6)	6 (3.5)	4.4 ± 1.7 (22)
	ピラフルフェンエチル水和剤	2010/3/31 (+154)	50 ml	0.01	13 (6.1)	4.4 ± 2.3 (3)	10 (5.0)	0.4 ± 0.6 (1)	10 (6.1)	3.4 ± 3.1 (17)
	チフェンスルフロンメチル水 和剤	2009/12/20 (+53)	5 g	0.037	4 (2.1)	8.1 ± 12.0 (5)	3 (1.6)	0.7 ± 0.6 (3)	4 (2.2)	4.5 ± 3.7 (23)
	チフェンスルフロンメチル水 和剤	2010/3/1 (+124)	5 g	0.037	7 (3.6)	2.2 ± 2.1 (1)	6 (2.6)	0.2 ± 0.1 (1)	8 (3.9)	3.1 ± 2.6 (16)
	チフェンスルフロンメチル水 和剤	2010/3/31 (+154)	5 g	0.037	13 (6.1)	2.2 ± 1.1 (1)	12 (5.0)	0.3 ± 0.3 (1)	10 (5.7)	2.6 ± 1.1 (13)
現地	無処理	—	—	—	—	29.5 ± 0.0 (100)	—	378.6 ± 40.6 (100)	—	181.9 ± 61.8 (100)
	ジフルフェニカン・トリフル ラリン粉粒剤	播種翌日 (+1)	4 kg	0.06・0.8	—	0.0 ± 0.0 (0)	—	2.5 ± 3.5 (1)	—	0.2 ± 0.3 (0)
	ピラフルフェンエチル水和剤	2010/2/ 下 (+89~116)	50 ml	0.01	4 (1.5)	4.9 ± 0.9 (17)	6 (1.3)	137.0 ± 136.1 (36)	4 (1.6)	51.4 ± 31.3 (28)
	チフェンスルフロンメチル水 和剤	2010/2/ 下 (+89~116)	5 g	0.037	4 (1.6)	1.4 ± 0.9 (5)	6 (1.0)	22.5 ± 10.3 (6)	4 (2.4)	3.9 ± 4.9 (2)
	ジフルフェニカン・トリフル ラリン粉粒剤 + ピラフル フェンエチル水和剤	播種翌日 + 2010/2/ 下 (+1) + (+89~116)	4 kg + 50 ml	0.06・0.8 + 0.01	— 2 (1.2)	0.0 ± 0.0 (0)	— 3 (1.2)	0.0 ± 0.0 (0)	4 (0.8)	10.9 ± 18.0 (6)
	ジフルフェニカン・トリフル ラリン粉粒剤 + チフェンス ルフロンメチル水和剤	播種翌日 + 2010/2/ 下 (+1) + (+89~116)	4 kg + 5 g	0.06・0.8 + 0.037	—	0.0 ± 0.0 (0)	— 0.5(0.5)	0.0 ± 0.0 (0)	— 3 (1.4)	1.4 ± 0.3 (1)

1) () 内は播種後日数を示す。2) 各除草剤の最大ロゼット径 (cm), () 内は平均ロゼット径 (cm) を示す。3) 須坂が平均値 (3 反復) ± 標準偏差, 現地が平均値 (無反復の 2 箇所) ± 標準偏差, () 内は対無処理比 (%) を示す。

果には場所間で変動があった。須坂圃場では処理時の最大ロゼット径 4 cm および 13 cm 時処理において無処理区対比の乾物重が 3% 未満であったのに対し、伊那圃場では 4 cm 時処理で同 17% であった。チフェンスルフロンメチル水和剤の効果は、須坂圃場では処理時の最大ロゼット径が 7 cm および 13 cm 時処理において無処理区対比の乾物重が 2% 未満であった。それに対し伊那圃場では、4 cm 時処理で同 5% 未満であった (第 3 表)。

クジラグサに対するピラフルフェンエチル水和剤の効果は、須坂圃場では処理時期が遅いほど乾物重が小さく、最も遅い処理時の最大ロゼット径 10 cm 時の処理では無処理区対比の乾物重が約 1% であった。一方、安曇野圃場では最大ロゼット径 6 cm 時の処理では、無処理区対比の乾物重が 36% であった。チフェンスルフロンメチル水和剤の効果は、須坂圃場では処理時の最大ロゼット径 3~12 cm 時の処理におい

て無処理区対比の乾物重が 3% 未満であったが、安曇野圃場では 6 cm 時処理で無処理区対比 6% であった (第 3 表)。

ゲンバイナズナに対するピラフルフェンエチル水和剤の効果は上記 2 草種より低かった。須坂圃場および伊那圃場で最大ロゼット径 4 cm 以上の処理において、無処理区対比の乾物重は 16% 以上であった。チフェンスルフロンメチル水和剤の効果は、須坂圃場では最大ロゼット径 4~10 cm 時の処理において、無処理区対比の乾物重が 23% 以下であったが、伊那圃場では 4 cm 時処理で無処理区対比 2% であった (第 3 表)。

(3) 除草剤の体系処理による防除効果

伊那および安曇野圃場においてジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤を播種後処理、ピラフルフェンエチル水和剤またはチフェンスルフロンメチル水和剤を越冬後処理する体系処理では、伊那圃場のヒメアマナズナおよび安曇野圃場の

クジラグサの残草が皆無であった(第3表)。ゲンバイナズナに対しては、ピラフルフェニエチル水和剤の体系およびチフェンスルフロンメチル水和剤の体系が無処理区対比6%以下の乾物重であった(第3表)。

考 察

1. 帰化アブラナ科雑草の多発によるコムギの生育および収量への影響

帰化アブラナ科雑草の多発によるコムギ収量への影響は、カナダではゲンバイナズナとクジラグサの混発により冬コムギの収量が18~32%減少した(Blackshaw 1990)が、本試験の現地多発圃場におけるコムギの減収率は、ヒメアマナズナにより約25%、クジラグサにより44%、ゲンバイナズナにより約49%であった(第2表)。本調査結果により、日本国内では3草種それぞれの単発で北米以上にコムギ収量に大きく影響する強害雑草であることが示された。

北米におけるクジラグサの埋土種子量は最大約700,000粒/m²の記録がある(Stevens 1957)。本調査での多発圃場での埋土種子は約90,000粒/m²であったが(第2表)、コムギ作圃場においては著しい減収をもたらすことが示された。また、播種前の埋土種子量が100粒/m²でもコムギの減収が問題となることが明らかになった。

2. 圃場における各草種の出芽パターンと生存個体数の推移

伊那圃場におけるヒメアマナズナの年内までの累積出芽数割合は、98%以上であり、安曇野圃場におけるクジラグサは約35%、また、伊那圃場におけるゲンバイナズナは約40~80%であった(第2図)。一方、種子を播き込み、土壌水分が高く推移する中粗粒グライ土の須坂圃場では3草種ともに年内までの累積出芽数割合は95%であった(第4図)。

クジラグサの出芽パターンについて、晩播条件の安曇野圃場では冬期間も出芽が継続(第2図)したが、須坂圃場では標播および晩播ともに出芽は停滞した(第4図)。12月から2月の平均気温は両地域とも約2℃であることから、冬期間の出芽継続には積雪期間が影響すると考えられる。

また、種子を播き込んだ須坂圃場における標期の未出芽種子割合は、ヒメアマナズナが85%、クジラグサが48%、ゲンバイナズナが73%であり、晩期では3草種とも90%以上であった。標期と晩期の間の出芽割合の差は、ヒメアマナズナ12%、クジラグサ44%、ゲンバイナズナ18%で、これは標期以降の低温条件での各草種の発芽能を示すと考えられる。現地で観測した出芽パターンにおいても、1月以降の出芽割合はクジラグサ、ゲンバイナズナ、ヒメアマナズナの順に多かった(第2図)。

このことから、長野県の標播のムギ作圃場において、ヒメアマナズナの出芽は積雪量にかかわらず年内にほぼ完了すると推察される。一方、クジラグサの出芽パターンには積雪期

間が影響し、積雪期間が数日の地域(安曇野)では継続し、積雪期間が2ヶ月間程に及ぶ地域(須坂)では停滞すると考えられる。また、ゲンバイナズナは年内に60%程度が出芽するが、2009年の伊那圃場では播種後1ヶ月間および2月下旬~3月上旬の2回、出芽増加期があった(第2図)。したがってゲンバイナズナはほぼ積雪しない地域(伊那)では平均気温が約3℃以上である年内および越冬後に出芽すると考えられる。

各草種の生存個体数の最大期はこうした出芽パターンに対応する。ヒメアマナズナはいずれの地域においても播種後1ヶ月に最大となり、以降、緩やかに減少する。ゲンバイナズナの生存個体数最大期は、ほぼ積雪しない地域(伊那)では播種1ヶ月後となり、以降、冬期間の乾湿の繰り返しによる凍み上がりのため、徐々に減少するが、新たな出芽個体により2月下旬~3月上旬に再び増加する(第3図)。

このような草種によって異なる出芽パターンの考慮が防除技術の検討にあたって重要となる。

3. 防除技術

須坂圃場においてムギ播種期の移動試験を行った結果、3草種ともに、晩播で出芽数が大幅に減少した。須坂圃場では19日間の播種期移動により標播に比べ、累積出芽総数が15~33%に減少(第4図)し、4月下旬における生存個体数はヒメアマナズナおよびクジラグサは皆無、ゲンバイナズナは9個体/m²に減少した(第5図)。須坂圃場での結果は、晩播によって帰化アブラナ科3草種の耕種防除が可能であることを示す。しかし、積雪期間が短い安曇野圃場の晩播条件では、クジラグサが約190個体/m²残存した(第3表)。このことは、コムギの播種期移動の効果が高いものの、冬期間も出芽が継続するクジラグサ、ゲンバイナズナに対しては、積雪期間が短い地域では晩播の効果が完全でないことを示す。なお、晩播は越冬障害による減収が危惧されるため、長野県では標高別に播種適期が設定されており(長野県2010)、雑草害回避のための播種期移動の程度については、地域毎の播種適期も考慮する必要がある。

ジフルフェニカン・トリフルラリン乳剤または粉粒剤の播種後出芽前処理は、須坂圃場および現地圃場ともに3草種に対して卓効を示した(第3表)。アブラナ科一年生雑草はトリフルラリンに対して効果が低い(日本植物防疫協会2005)ため、ジフルフェニカンによる効果が高いと考えられる。

また、ヒメアマナズナに対して、須坂および伊那圃場ともにジフルフェニカン・トリフルラリン乳剤または粉粒剤の効果が高かったが(第3表)、これは薬剤効果が継続する年内に98%程度が出芽するためと考えられる。

クジラグサに対して、安曇野圃場の晩播条件ではジフルフェニカン・トリフルラリン粉粒剤が高い効果を示した(第3表)。ただし、標播の場合にはクジラグサは冬期も出芽

が継続する（第4図）ため、体系処理が必要と考えられる。

ゲンバイナズナに対して、須坂圃場および伊那圃場ともにジフルフェニカン・トリフルラリン乳剤または粉粒剤が高い効果を示した（第3表）。しかし、積雪期間の短い条件における出芽の増加期が播種後および越冬後の2回（第2図）であることから、越冬後に生存個体が存在する場合は体系処理が必要と考えられる。また、生育期処理剤の単用処理では完全な効果は得られないものの、3草種ともにチフェンスルフロンメチル水和剤が安定した効果を示した（第3表）。

これらの除草剤による効果と先述の出芽期間から想定される3草種の防除法は、いずれもジフルフェニカン含有剤の播種後出芽前の土壌処理が推奨される。さらに、多発条件や冬期間に出芽が見られた場合には、クジラグサは2月、ゲンバイナズナは3月前半にチフェンスルフロンメチル水和剤の茎葉処理による体系処理が有効と考えられる。

以上のように長野県のコムギ作において問題となっている帰化アブラナ科雑草の防除対策として、3草種ごとの出芽時期を考慮したコムギの播種期移動および効果的な除草剤体系を明らかにした。他の耕種的手段として、夏期2ヶ月間の湛水管理により3草種の生存種子が大幅に減少するが、種子の根絶には2作以上の水稻作への転換が必要である（青木ら2012）。このため、効率的な防除対策のためには、発生草種、発生程度に応じてこれらを組み合わせた総合防除が有効と考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、長野県農業試験場の原田良太氏、酒井長雄氏、土屋学氏、他職員各位には調査に協力頂いた。現地圃場試験では上伊那農業改良普及センター伊藤常雄氏、吉川昭氏、松本農業改良普及センター宮原薫氏に協力頂き（所属は当時）、農業経営者には快く圃場をご提供頂き、運営にご協力頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

Anderson, C. H. 1969. Control of winter annual forms of stinkweed and flaxweed. *Can J. Plant Sci.* 49, 87–89.

青木政晴・浅井元朗・酒井長雄 2012. 夏期湛水条件がヒメアマナズナ、クジラグサ、ゲンバイナズナ種子の生存に及ぼす影響. *雑草研究* 57, 109–115.

荒井正雄 1961. 水田裏作雑草の生態学的研究. 関東東山農業試験場研究報告 122–160.

浅井元朗・與語靖洋 2005. 関東・東海地域の麦作圃場におけるカラスミギ、ネズミミギの発生実態とその背景. *雑草研究* 50, 73–81.

浅井元朗・黒川俊二・清水矩宏・榎本敬 2007. 1990年代の輸入冬作穀物中の混入雑草種子とその種組成. *雑草研究* 52, 1–10.

浅井元朗・與語靖洋 2010. コムギ播種時期・播種量とトリフルラリン剤処理がカラスミギ防除に及ぼす影響. *雑草研究* 55, 158–166.

Best, K. F. and G. I. McIntyre 1975. The biology of Canadian weeds. 9. *Thlaspi arvense* L. *Can. J. Plant Sci.* 55, 279–292.

Blackshaw, R. E. 1990. Control of stinkweed (*Thlaspi arvense*) and flaxweed (*Descurainia sophia*) in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Can. J. Plant Sci.* 70, 817–824.

Francis A. and S. I. Warwick 2009. The biology of Canadian weeds. 142. *Camelina alyssum* (Mill.) Thell.; *C. microcarpa* Andr. ex DC.; *C. sativa* (L.) Crantz. *Can. J. Plant Sci.* 89, 791–810.

Kirkland, K. J. and C. H. Keys 1979. The long-term effect of picloram and its residue on grain production and weed control. *Weed Sci.* 27, 493–497.

小林浩幸・渡邊寛明 2010. 雑草研究における埋土種子調査の目的と手法. *雑草研究* 55, 194–207.

Molberg, E. S. 1969. Fall applications of 2,4-D for flaxweed and stinkweed control. Canada Weed Committee (Western Section). Res. Rep. 315.

森田弘彦 1981. 北海道における帰化雑草の特徴と防除上の問題点. *雑草研究* 26, 200–214.

長野県農政部農業技術課編 2010. 「主要穀類等指導指針」. 長野県, 長野, pp. 232–233.

中山兼徳・高林実 1978. 畑の多年生雑草・帰化雑草の発生と分布. *農業技術* 33, 533–536.

日本植物防疫協会編 2005. 「農薬ハンドブック」. 日本植物防疫協会, 東京, pp. 610.

清水矩宏・魚住順・西田智子・原島徳一・的場和弘・田村良文・橘雅明・伊藤一幸・萩野耕司・佐藤節郎・小林良次・館野宏司 1994. 最近増加している草地・飼料畑の外來雑草の発生実態. *雑草研究別号* 33, 228–229.

Stevens, O. A. 1957. Weights of seeds and numbers per plant. *Weeds* 5, 46–55.

橘雅明・伊藤一幸・渡邊寛明・中山壮一・山口裕文 2008. 北東北地域のコムギ作における帰化雑草ハルザキヤマガラシ、カミツレモドキ、イヌカミツレの出芽時期と防除体系. *雑草研究* 53, 175–184.

Emergence and control of naturalized weeds, *Camelina microcarpa* Andr. ex DC., *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, and *Thlaspi arvense* L., in wheat fields in Nagano Prefecture

Masaharu Aoki^{★1} and Motoaki Asai^{2,3}

Summary

In Nagano Prefecture, naturalized Brassicaceous weeds, *Camelina microcarpa* Andr. ex DC., *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl and *Thlaspi arvense* L., have infested single-crop rotation wheat

fields. We investigated wheat yield loss and emergence pattern in the infested fields and examined the effects of delayed seeding and selected herbicides on three weed species to establish control methods. Wheat yield decreased by about 25% in the presence of *C. microcarpa* and by 45% with *D. sophia* and *T. arvense*. Plant number of the three weed species peaked one month after wheat seeding in the region where snow covers the ground for two months. Whereas in the region having only a few snow days, *C. microcarpa* plant number peaked one month after seeding, *D. sophia* peaked during the winter, and *T. arvense* peaked one month after seeding and had a second flush after over-wintering. Delayed seeding remarkably decreased the emergence of all three weed species; however, *D. sophia* and *T. arvense* suppression was insufficient in the region with the shorter snow season. PRE application of diflufenican herbicides effectively controlled all three weed species. Residual *D. sophia* and *T. arvense* weeds in February were effectively suppressed with a foliar application of thifensulfuron-methyl.

Keywords: naturalized Brassicaceous weeds, weed loss, wheat, emergence, weed control

1 Nagano Agricultural Experiment Station, 610 Yaemori, Suzaka, Nagano 382-0051, Japan

★ aoki-masaharu@pref.nagano.lg.jp

2 NARO Agricultural Research Center, 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan

3 Present address: NARO Tohoku Agricultural Research Center, Fukushima Research Station, 50 Harajukuminami, Arai, Fukushima, Fukushima 960-2156, Japan