

蒸気除草機処理による雑草イネ種子の死滅効果

長野県農業試験場 酒井長雄

はじめに

長野県内の水稲作において、玄米果皮が赤色で脱粒性が高い雑草イネの多発による減収、種子混入による品質低下が生産阻害要因となっている。直播栽培で多発した場合は、いったん移植栽培に戻し、有効な除草剤を利用する防除対策を取る必要がある(酒井ら 2003)。一方で、埋土化した雑草イネ種子は死滅により1~2年で大幅に減少し、3年目では存在しなくなることが知られており(細井ら 2010)、3カ年の除草剤による体系防除と手取りによってほぼ根絶が可能である(酒井ら 2011)。これらの対策に加えて収穫後の地表面に存在する脱粒種子を駆除できれば、埋土種子が減少することで移植栽培、直播栽培問わずに防除効率が大きくな

ると思われる。蒸気除草機は地温を上昇させ、地表面に存在する脱粒種子の防除効果が期待される。このため、雑草イネ種子の駆除技術の確立を目的とし、2010年~2012年に現地水田において蒸気除草機処理を行い、地温上昇と雑草イネ種子の発芽反応の関係を検討した。

蒸気除草機について

蒸気除草機は(株)丸文製作所が1964年に開発した蒸気消毒機SBシリーズを原型として、主に土壌病害の耕種防除を目的に、あわせて雑草防除用にも改良が加えられたものである((株)丸文製作所ホームページ 2013)。すでに植物体の枯死効果は実証されているが、種子に対する効果の検討は今回が初めての試みである。

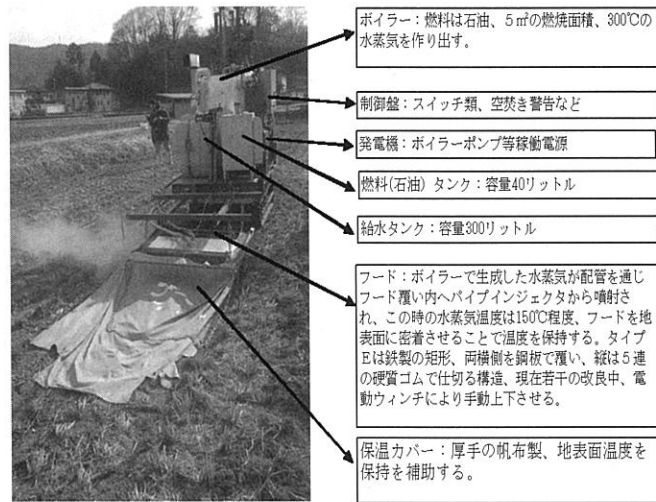


図-1 自走式蒸気除草機 JJ-5.0 (株式会社丸文製作所製、試作機、2011年11月)
注) 長野県内の現地水田における処理の様子

試作機である自走式蒸気除草機は、圃場運搬機に水のタンクとボイラーを搭載し、加熱した水蒸気を運搬機後部に連結した鉄製の覆い（フード）内に設置したパイプ式のインジェクタより噴射し、土壌へ熱伝導するものである（図-1）。試験にはボイラーの燃焼面積が2㎡の型式JJ-2.1(2010年)、同5㎡のJJ-5.0(2011年～)を使用した。また、機密性を向上させるためフードおよび保温カバーは順次改良を加えた。

蒸気除草機処理と雑草イネ種子の反応について

(1) 試験方法

長野県の水稲収穫後の不耕起状態の現地水田において蒸気除草機処理を行った。各試験に供試した機器の主な仕様を表-1に示す。いずれの試験においても除草機は約0.7km/hの速度で走行し、圃場地表面をフレームが通過する時間は約5秒である。

除草機の走路真下に雑草イネ（長野県で2010年9月に採種）を所定の粉水分に調整後、100粒、3または4反復をポリエチレン製不織布に包んで（以下封入種子）所定の深さに設置した。蒸気処理時に、種子埋設深度の地温変化を自記温度センサーにて記録した。処理後、地温が常温に戻った時点で封入種子を回収した。処理翌日～3週程度経過してから発芽試験を行った。20倍希釈チウラム・ベノミル水和剤に種子を5分間浸漬後、封入から取り出した種子をNo.1定性濾紙1枚を敷いたシャーレに置床し、30℃の恒温槽内にて暗条件で14日間供した。この発芽試験で未発芽の種子については、シャーレ内にて乾燥常温保存し、3～6ヶ

月後に再度発芽調査に供し、生存を確認した。

試験1：2010年11月8、9日（日最高温はそれぞれ17.2、14.8℃）に長野県下の雑草イネ発生水田（標高700m、中粗粒グライ土・埴壤土）2圃場で試験を行った。蒸気除草機JJ-2.1（保温カバーB型）を用い、土壌表面、深さ2cm、5cmに水分13.5%の乾燥粉（以下乾粉）、水分20%の吸水粉（以下中吸水）、同26%の吸水粉（以下満吸水）の雑草イネ種子を設置した。

試験2：2011年1月13日（日最高温5℃）に愛知県のダイズ収穫後の畑条件にて、蒸気除草機JJ-2.1（保温カバーE型）を用い、雑草イネ種子は試験1と同様な粉水分条件とし、土壌表面および深さ2cmに設置した。

試験3：2011年3月30日（日最高温は14.4℃）に長野県下（試験1と同一圃場）に、蒸気除草機JJ-5.0（ボイラーを高出力に改良、保温カバーE型）を用い、最高出力にて試験1と同様の粉水分の雑草イネ種子を土壌表面および深さ2cmに設置した。また、稲わら残渣あり、なし条件での効果の比較を行った。

試験4：2011年7月1日（日最高気温31.2℃）に静岡県下ではJJ-5.0を用い、試験3と同様の粉水分、設置条件とし、さらに麦わら残渣あり、なしでの効果を比較した。

(2) 結果および考察

試験1（水稲後秋処理）：試験圃場1（土壌水分41%）は土壌が軟弱であり、除草機のクローラ跡の凹凸を通じてフード外への蒸気漏れが観察された。蒸気処理による地表面最高温度は約40℃にとどまり、この条件で蒸気処理した地表面の雑草イネ種子の発芽率は無処理区と

表-1 試験に供した蒸気除草機とその仕様。

試験名	試験期日	場所	使用機種	保温カバー	仕様備考
試験1	2010年11月8、9日	長野県	JJ-2.1	フードB	蒸気温度最高180℃
試験2	2011年1月13日	愛知県	JJ-2.1	フードE	蒸気温度最高300℃
試験3	2011年3月30日	長野県	JJ-5.0	フードE	蒸気温度最高300℃
試験4	2011年7月1日	静岡県	JJ-5.0	フードE	蒸気温度最高300℃

注) ボイラー燃焼面積はJJ-2.1は2㎡、JJ-5.0は5㎡、保温カバーのパイプフードEはBの側壁の鉄板を厚くし、内部仕切りの耐熱ゴムを補強し、より機密性を高める改良が加わる。

差がなかった（データ略）。試験圃場2（土壌水分35%）では蒸気漏れはなく、地表面最高温度は約70℃となった。回収直後の発芽試験において、乾燥粉では設置位置による差はなかったが、中吸水粉および満吸水粉において、発芽率は表面<2cm<5cmの順となった（図-2）。置床14日目まで不発芽の種子は吸水状態を保持し、透明感があった。乾燥放置し、約1ヶ月経過後にTTC検定に供したところ一部の種子が赤く染色し、3、6ヶ月後の再発芽試験を行った結果、ほとんどが発芽した（データ略）。

試験2（ダイズ後）：地表面最高温度が85℃程度となり、地表面の吸水粉の発芽率は10%程度にとどまった。試験1同様に不発芽種子の生存を確認したところ、処理直後に発芽抑制

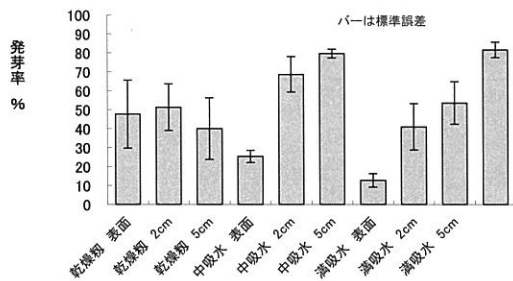


図-2 蒸気除草機 JJ-2.1 処理による雑草イネ種子発芽への影響 (2010年, 長野県農業試験場)
注) 2010年11月8日、長野県下の水田、日最高気温17.2℃、表面最高温度69.2℃、中粗粒ケライ土・堆積土、土壌水分35%の作業性が良好な圃場。

効果が見られた地表面の乾粉には変化はなかったが、6ヶ月後において中吸水では16%、満吸水粉は10%発芽率が増加した（表-2）。

試験3（水稻後春処理）：土壌水分が24%と蒸気除草機のクローラ跡の凸部が刻印される程度で蒸気の漏れも少なく走行できた（観察）。平常時の地温13℃から処理により地表面最高温度は97℃まで上昇、50℃以上が30秒程度継続した。稲わら残渣がある状態でも、地表面の地温は残渣なしと同程度まで上昇し、さらに常温への低下が遅くなった（図-3）。この処理によって、地表面設置の雑草イネ種子は、大きな発芽抑制効果が得られ、回収直後の調査では発芽が0%であった。土中2cmに設置した種子は最高出力の満吸水で15%程度、中吸水で7%の不発芽があったものの、他は無処理区と同程度にほとんどが発芽した。なお、大きな発芽抑制効果が得られたわらなし処理において4ヶ月後の追跡調査では、1~3%の範囲でわずかに発芽率が増加した（表-3）。

試験4（コムギ後）：蒸気処理により平常時の地温約30℃から地表面最高温度がほぼ100℃に達し、50℃以上の継続時間が延長した。雑草イネ種子は吸水状態にかかわらず、わらあり、なしとも発芽率は0%であった。発芽試験中、不発芽種子の胚の一部が粉からはみ出す現象（破裂種子）が確認された。発芽試験を14日間から1ヶ月延長して観察したものの、幼

表-2 蒸気除草機 JJ-2.1 で処理した雑草イネ種子の発芽。

		2012年、長野県農業試験場		
雑草イネ種子設置	籾水分状態	発芽試験の時期別発芽率 (%)		
		直後	3ヶ月後	6ヶ月後
表面	乾 粉	68.5	69.0	69.5
	中 吸 水	40.3 *	53.5	56.0
	満 吸 水	13.0 *	22.0	23.3
地中2cm	乾 粉	88.8	89.0	89.0
	中 吸 水	92.5	93.5	93.5
	満 吸 水	95.8	96.0	96.0
無処理		83.3	84.0	84.5

注) *は5%水準で独立して有意差あり(Dunnett法)、愛知県下、大豆後畑条件、2011年1月13日、日最高気温5℃、地表面温度85℃。

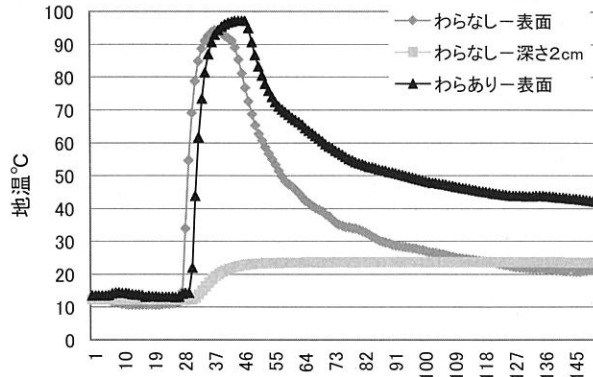


図-3 蒸気除草機 JJ-5.0 処理による地温変化(2011年, 長野県農業試験場)
注)長野県下の水田, 2011年3月30日, 中粗粒グライ土・埴壤土、土壌水分24%、日最高気温14.4°C。

表-3 蒸気除草機 JJ-5.0 の春処理における雑草イネ種子の発芽。

2012年, 長野県農業試験場

蒸気除草機	ほ場状態	雑草イネ	籾水分	発芽率%		
				回収直後	sd	4ヶ月後
処理	わらなし	表面	乾 籾	0.0	—	0.7
			中 吸水	0.0	—	3.0
			満 吸水	0.0	—	1.3
		2cm	乾 籾	95.7	±2.1	96.3
			中 吸水	93.3	±5.5	95.3
			満 吸水	85.7	±13.7	86.3
	わらあり	表面	乾 籾	0.0	—	—
			中 吸水	0.3	±0.6	—
			満 吸水	0.0	—	—
		2cm	乾 籾	96.7	±0.6	—
			中 吸水	96.3	±0.6	—
			満 吸水	89.3	±11.6	—
無処理		乾 籾	97.3	±1.2	100	

注1) 発芽試験は回収翌日から開始、100粒3反復調査、蒸気処理は2011年3月30日、長野県下水田、中粗粒グライ土・埴壤土、土壌水分24%、日最高気温14.4°C、地表面温度97°C。

芽の伸長はなく腐敗死滅した(表-4)。

以上から、蒸気処理に対する雑草イネ種子の発芽反応が明らかとなった。地表面最高温度40°C程度では影響はほとんどなく、最高70~85°Cの範囲では温度の上昇とともに不発芽種子の割合が高まるが、吸水状態により一部の種子は発芽能を保持する。最高97°Cでは吸水状態にかかわらずほとんどの種子が不発芽となり、100°Cまで上昇する条件においては、種子

内容物の籾外露出をともなう強度の熱損傷を伴い、完全に死滅する可能性が高い。一方、供試した蒸気除草機による処理では土中埋設種子の発芽への影響は認められなかった。

本研究の一連の実験から得られた熱処理に対するイネ籾の反応は、既往の知見と概ね一致する。実験室における過熱水蒸気による種子伝染性病対象の消毒では、種子周囲の温度80°C以下で発芽への影響がないとされる(安達・塚本

表-4 蒸気除草機 JJ-5.0 の夏処理における雑草イネ種子の発芽。

2012年、長野県農業試験場					
ほ場の状態	籾水分	発芽率%	sd	破裂種子率'	sd
わらあり	乾 籾	0.0	—	0.0	—
	中 吸水	0.0	—	0.3	±0.6
	満 吸水	0.0	—	8.7	±4.0
わらなし	乾 籾	0.0	—	0.0	—
	中 吸水	0.0	—	0.3	±0.6
	満 吸水	0.0	—	26.7	±3.5
無処理		95.3	±2.3	—	—

注1) 発芽試験は回収後3日目から開始、100粒3反復調査、蒸気処理は2011年7月1日、静岡県下、表栽培後畑条件、日最高気温31.2℃、地表面温度100℃。

2010)。本研究においても、蒸気処理した雑草イネは地温 40℃まではほとんど発芽への影響がなく 70℃以上で影響が生じることが確認された。また、籾の吸水状態と発芽反応の関係については、60℃の温水浴を 15 分ほど行う温湯種子消毒においては、乾燥籾を用いることで発芽の安全性が保たれ、吸水籾と同様の処理をすると発芽率が極端に低下する（山下ら 2000、長野県主要穀類栽培指針 2009）。また、吸水籾の催芽では、高水温（40℃以上）とすると発芽障害が生じるため、30℃前後で行うことが一般的である。本研究においても吸水程度が高いほど雑草イネの発芽抑制効果が高く、妥当な結果といえる

広域実証試験と処理の適用条件

2012年3月下旬～4月上旬にかけて、長

野県の雑草イネ発生地域の現地水田において6筆、延べ面積 134a の実証試験を行った。3月21日の処理開始時の地温は5℃であったが、蒸気除草機の過熱水蒸気 300℃、走行速度 0.7km / hr の処理により表面の地温 93.7～96.4℃まで上昇した。この処理で不織布に封入した満吸水させた雑草イネ種子の死滅率は 97.3～100%であった（図表省略）。3月21日に実施したほ場は土壌水分 31～35%でやや軟弱ながら作業可能であった。3月26日のほ場は土壌水分 17～23%とほぼ乾燥状態であり、快適な運行が可能であった。4月4日に実施したほ場は土壌水分 47～52%でコンバインのわだち跡主体にはほ場全体が湛水状態であり、作業が困難となったため処理が困難であった（表-5）。以上のように現地では土壌水分 35%程度のやや軟弱条件までが作業の適用範囲と判断された。

表-5 広域実証における作業と灯油消費量、ほ場状況。

2012年、長野県農業試験場

作業日	ほ場名	処理面積	土壌水分、ほ場コンディション	灯油消費量%	作業時間
3月21日	A	4 a	土壌水分27～31%、作業性良好	30	—
3月22日	B	20a	土壌水分31～35%、作業機わだち5cm程度刻印したが、運行可能	120	3時間53分
3月26日	C	24a	土壌水分17～23%、作業性極良好	145	5時間6分
3月30日	D	28a		156	5時間51分
4月4日	E	5 a (29a中)	土壌水分47～52%、コンバインわだちあと主体にはほ場湛水、作業機不能	42	1時間46分
4月10日	E, F	24 a (29a中) + 22a (30a中)	Fほ場：土壌水分42%、作業機沈むが辛うじて作業可能、Fほ場：土壌水分39%、作業機やや沈むが作業可能	184	5時間19分
4月12日	F	8a (30a中)	作業性良好	53	1時間7分

作業性能および経済性試算について

作業実証は2人組が基本となり、準備作業として農業用水からトラックに積載した1,000リットルタンクへの給水を行い、ほ場での実作業では1名は蒸気除草機の運転、もう1名は水の補給、灯油の補給となった。0.7km/hr、蒸気温度300℃処理時の10a当たり作業能率は約2時間であった。また、灯油使用量は10a当たり54リットルを消費した。このほか運搬機の軽油は10a当たり約2リットル、発電機のガソリンは10a当たり1.5リットル消費した。水（農業用水路から汲み上げ）は10a当たり約600リットル必要で、この補給のためのエンジンポンプのガソリン使用量は10ミリリットル程度であった。

表-6 蒸気除草機の作業マニュアル

2012年、長野県農業試験場		
内容	手順	留意点
水の確保	トラックに搭載したタンクに作業必要量の水を確保する。	上水道水以外河川水等を用いる場合は配管等の目詰まり防止のため清水を使用する。
作業機のほ場への搬入	自走させる	作業機のバランス保持上、水タンクを空にして移動する
燃料等補給	ほ場に配置された蒸気除草機JJ-5.0のボイラーへの吸水、ボイラーへの給油(灯油)、作業機への給油(ガソリン)を行う。	
ボイラーの始動	水の排出ドレン、バルブをすべて閉じる。メインSW-ON、水圧計の目盛り2~3でボイラー点火SW-ON、ボイラー内圧力計0.3~0.4mhpとなり、噴出口温度計が150℃程度で定格出力となる。	20分程度のアイドリングをする。
除草作業	①ほ場外周を3周してから中央部を隣接往復処理	①②いずれでもよいが、無処理地帯がないよう作業工程のあわせを正確にする。
	②外周に沿って渦巻き処理	枕地を踏み荒らさないようにする。
	手元のウィンチ操作ボタンにより、フードを降ろして直線作業を行う。旋回時はフードを上昇させる。	隣接条のあわせは、フードの接地跡が目安となる。
ボイラーへの給水	45分程度で水の補給が必要となるので、トラックに積載したタンクの近位において小型ポンプ等で吸水する。	空焚きは機械の損傷、爆発の危険があるので厳重に注意する。補給タンクから作業機が遠いと、補給が困難となるので、作業機と補給タンクと近位にて早めに補給する。
灯油の補給	1時間程度で灯油の補給が必要となる。	
作業終了時	パーナーSW-OFF、水圧0Mhp、蒸気温度100℃以下を目安にメインSW-OFF、ドレンから水を抜く。	ドレンから排出される水は高温なので注意する。凍結防止のため、確実に排水を行う。
機械の洗浄	エリアでの作業が完全に終わったら、高圧洗浄機を用い作業機の足回りを洗浄する。	

作業マニュアルの策定

3カ年の試験および実証から表-6のとおり、作業マニュアルを策定した。

今後の課題

本研究では、不織布に封入して設置した雑草イネ種子を用い死滅効果を検討したが、圃場において自然脱粒した雑草イネ種子に対する防除効果および埋土種子の挙動も含めた経年効果についても評価を加える必要がある。蒸気除草機の処理性能の改良と合わせて雑草イネの駆除技術としての実用性を継続して検討する予定である。

付記 本成果は「実用技術開発事業 蒸気除草機を利用した土地利用型作物の難防除雑草駆除技術の開発」(独)農研機構中央農業総合研究センター中核)2010～2012年により得られたものである。

引用文献

安達直人・塚本昇市 2010. 過熱水蒸気を利用した種子消毒によるイネ苗立枯細菌病防除の検討. 石川県農業総合研究センター研究報告 29: 13～17.

株式会社丸文製作所 2013. 会社概要 ホームページ.

酒井長雄・齋藤稔 2003. 長野県における雑草イネの発生状況と防除法. 日本雑草学会 第18

回シンポジウム要旨集, 1-6

酒井長雄・青木政晴・細井淳・谷口岳志・岡部知恭 2011. 長野県に発生した雑草イネとその防除対策(第2報). 北陸作物学会報 46: 42-44.

長野県主要穀類栽培指針 2010.:109.

細井淳・牛木純・酒井長雄・青木政晴・斉藤康一 2010. 長野県で発生した雑草イネ(トウコン)における地表面種子の越冬生存性と埋土種子の寿命. 日本作物学会紀事 79(3), 322-326

山下亨・酒井長雄・江口直樹・赤沼礼一・斉藤栄成 2000. 水稻種子の温湯浸漬法による種子伝染性病害の防除(2)温湯浸漬処理の水稻種子の発芽に及ぼす影響. 関東東山病害虫学研報 47: 13-16.

雑草・病害・害虫の写真 15,000点と解説を 無料公開

病害虫・雑草の情報基地としてインターネットで見られます。ご利用下さい。

Please access boujo.net



http://www.boujo.net/

病害虫・雑草の情報基地

検索



電子ブックで公開

日本植物病害大事典

農業分野で重要な植物病害を写真と解説で約6,200種収録した最大の図書を完全公開。(1,248ページ)

日本農業害虫大事典

農作物、花卉、庭木、貯蔵植物性食品を含む、害虫1,800種を専門家により、写真と解説で紹介した大事典を完全公開。(1,203ページ)

三雑草図鑑

水田・水路・湿地から畑地・果樹園・非農耕地に発生する483余種の雑草を幼植物から成植物まで生育段階の姿で掲載。(192ページ)

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東 1-26-6
http://www.zennokyo.co.jp