

水田におけるクサネム種子の動態

鳥取県西部農業改良普及所大山普及支所 福見尚哉

はじめに

クサネム *Aeschynomene indica* L. は水稲作において近年相対的に残草が目立つようになってきた雑草である。1950～1960年代の水田雑草の量的記録においてクサネムは出現の多い方から38番目に位置し、どちらかというあまり重要でない草種であった(笠原 1972)。しかし2001～2003年に全国規模で実施された調査では、発生が問題となっている水田の数で上位から10番目にランクする草種となっている(田中ら 2006)。本種は水稲直播栽培や転換畑大豆作でも問題になっており(小荒井 2011)、昨今の水田農業における最重要雑草の一つであると言える。

クサネムは一発処理剤の散布のみでは防除の困難な、難防除雑草と認識されている。このような雑草の防除体系を確立するためには、発生量そのものを少なくするような圃場管理と防除技術を組み合わせる、総合的雑草管理という視点が重要と思われる。すなわち、雑草発生の源である圃場中の繁殖体の量を減少させる、あるいは増加させないことに留意しながら、除草剤等の防除技術を適切に実施することにより、実用的な防除効果の実現を目指すのが現実的である。種子繁殖をする雑草を対象とした総合的雑草管理においては埋土種子動態の予測・制御が重要であり、そのためには種子の休眠や発芽に関する生態を明らかにすることが不可欠である(小林 2009)。

本稿では近年明らかになってきた水田におけるクサネム種子の動態について、筆者の行った研究

を中心に紹介する。なお、本稿で引用する筆者の研究はすべて鳥取県鳥取市の鳥取県農業試験場(現鳥取県農林総合研究所農業試験場)で実施したものである。

クサネム種子の休眠性

クサネムは1個の花から1個の果実(節果)を形成する。節果は通常5～8個の種子を含み、成熟すると種子1個を含む小節果に分離するが、莢は裂開しない。クサネムの種子散布単位は、莢の中に1個の種子の入った小節果である(写真-1)。小節果は水によく浮き、湛水状態の水田では実生ともども、水面を浮遊する様子がよく観察される。

クサネムはマメ科に属し、その種子は多くのマメ科植物と同様、明瞭な硬実性を持っている。休眠(硬実)の打破されていない種子は発芽好適条件下でも全く吸水しないが、種皮に傷を付ける刺傷処理を施すと、吸水膨潤化して発芽する。

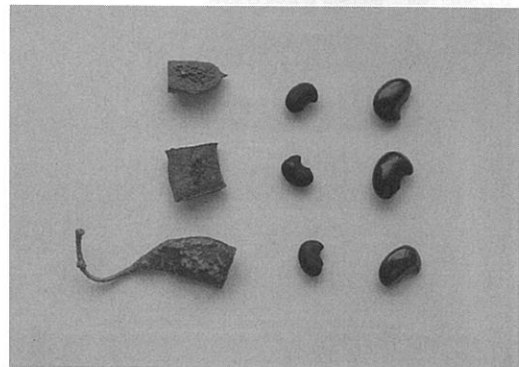


写真-1 クサネム果実の構造

左:小節果 中:吸水前の種子 右:吸水膨潤化した種子

クサネム種子の成熟過程を調査した結果を図-1に示す(福見 2010)。開花後11日の時点で種子は発芽力を有し、25°C暗条件の発芽試験で10日以内にほとんどが発芽した。以後、成熟が進むにつれて種子の発芽速度は低下し、開花後17日の種子は大部分が発芽試験開始後10~20日の間に発芽した。開花後20日以降は、節果が容易に小節果に分離する状態となり、ほとんどの種子が刺傷処理を行わなければ発芽できなかった。このように、小節果が脱粒性を示して自然に散布される時期には、クサネム種子は硬実由来する休眠性をほぼ獲得している。

クサネム種子の休眠覚醒条件

多くの水田夏雑草種子は低温湿潤条件で休眠覚醒が進むと考えられ、冬季に野外の土壤中に埋土しておくことで発芽可能な状態になる場合が多い(宮原 1992, 山末 2001)。しかしながら、秋に採取したクサネム種子を土壤中に埋土して翌春まで屋外に置いておいてもほとんど発芽率は向上せず、ガラス室内での風乾貯蔵や、降水を遮断する条件で土壌表面に放置した場合に発芽率が高まった(福見・中田 2008a)(表-1)。

クサネム種子の休眠覚醒を促す環境条件を明らかにするために、温度・水分条件を制御したもとの貯蔵した種子の休眠程度を調査した(福見・中

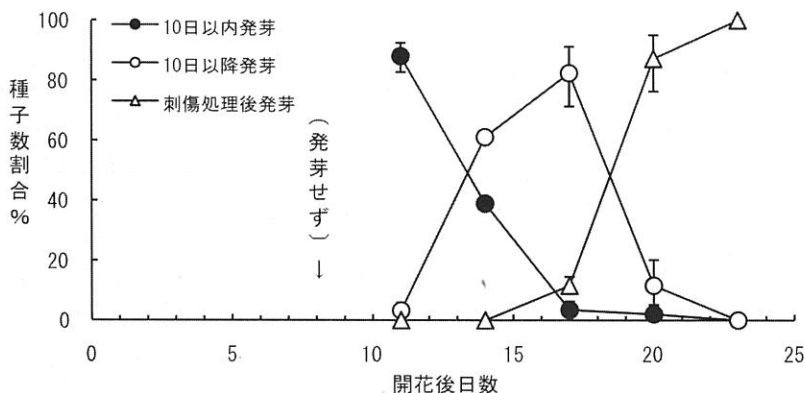


図-1 開花後の採取時期とクサネム種子の休眠程度

1999年8月6日に開花した花に由来する節果を2~3日おきに採取し、25°C暗条件での種子発芽率を調査した。20日間の発芽試験で発芽しない種子には刺傷処理を施した。誤差線は標準偏差 (n=3) を示す。

表-1 小節果貯蔵条件がクサネム種子の発芽率に及ぼす影響

貯蔵方法	回収日		
	2月21日	3月27日	4月26日
ガラス室風乾	15.0 ± 4.1	56.2 ± 10.0	96.0 ± 3.1
ポット 土壌	土壌表面・雨よけ	-	94.2 ± 0.7
	土壌中・雨よけ	-	7.9 ± 3.3
	土壌表面・屋外	-	2.9 ± 2.2
	土壌中・屋外	-	0.3 ± 0.3

2002年産小節果を2002年12月4日より貯蔵し、2003年に回収して発芽試験に供試した。「ガラス室風乾」は網袋に入れて無加温ガラス室内に吊して貯蔵した。「ポット土壌」はワグネルポットに詰めた水田土壌の表面または土中10cm深に貯蔵し、ポットを屋外または屋根の下(雨よけ)に置いた。数値は25°C暗条件10日間置床後の発芽率%を示す(平均値±標準誤差, n=3)。

田 2008b) (表-2)。貯蔵条件が全期間一定の場合、最も発芽率の高かったのは30℃/15℃風乾貯蔵で、次いで30℃風乾貯蔵と30℃/15℃湿潤貯蔵も発芽率を上昇させた。この他の条件での貯蔵後の発芽率は低く、明瞭な休眠覚醒は認められなかった。また、30℃風乾貯蔵した後の30℃/15℃風乾貯蔵への移行は全期間30℃/15℃風乾貯蔵よりも休眠覚醒効果が大きかった。

以上より、クサネム種子の休眠覚醒は、乾燥と変温条件への遭遇によって促進されると考えられた。後で述べるように、この特性は種子の埋土深さや植生破壊によって生じる裸地条件を感知する機構として働いている可能性がある。

水田におけるクサネム種子の休眠状態の変化

一般に硬実種子は休眠が深いと考えられており、そのためにクサネムの出芽が不斉一であると推察されてきた(原田・田中 1983, 佐倉ら 1983)。しかし代かき後早い時期の比較的斉一な出芽を観察した事例のあることから(川名ら 2005, 福見・中田 2008a)、実際には水田においてクサネム種子の休眠覚醒を促すような環境条件が出現しているものと考えられる。水田で越冬するクサネム種子の休眠状態の変化を明らかにするため、小節果をポリプロピレン・ポリエステル・ポリエチレン製不織布パック(お茶パック)に入れて冬季休閑水田に設置し、回収して種子の生存状態を調査した(福見 2011)。秋耕の有無、冬雑

表-2 貯蔵時の温度・水分条件がクサネム種子の発芽率に及ぼす影響

貯蔵条件		貯蔵中および貯蔵後の発芽率 (%)	
前期37日間	後期28日間	37日貯蔵	65日貯蔵
5℃湿潤	5℃湿潤	3.9 ± 2.3	1.3 ± 1.3
	30/15℃風乾		26.5 ± 3.7
5℃風乾	5℃風乾	2.7 ± 2.7	2.7 ± 1.3
	30/15℃風乾		32.3 ± 4.3
15℃湿潤	15℃湿潤	6.4 ± 1.3	2.5 ± 2.5
	30/15℃風乾		16.9 ± 3.4
15℃風乾	15℃風乾	1.3 ± 1.3	1.3 ± 1.3
	30/15℃風乾		30.3 ± 2.3
30℃湿潤	30℃湿潤	2.6 ± 1.3	6.1 ± 2.3
	30/15℃風乾		26.1 ± 5.2
30℃風乾	30℃風乾	5.4 ± 2.7	18.7 ± 4.8
	30/15℃風乾		74.7 ± 2.7
30/15℃湿潤	30/15℃湿潤	12.0 ± 3.0	10.5 ± 3.3
	30/15℃風乾		18.2 ± 6.9
30/15℃風乾	30/15℃風乾	13.0 ± 1.5	36.0 ± 4.6

2003年に採取後、風乾状態で低温暗所貯蔵していた小節果をプラスチックシャーレ内に置床し、2005年1月12日より恒温器内に貯蔵した。変温貯蔵(30℃/15℃)の温度は12時間ごとに切り換えた。水分条件は適宜給水する湿潤条件と全く給水しない風乾条件とした。一定条件で37日間および65日間貯蔵する処理と、37日間貯蔵したのち30℃/15℃風乾条件で28日間(合計65日間)貯蔵する処理を設けた。数値は貯蔵中および貯蔵後25℃暗条件の発芽試験で発芽した種子の割合(%)を示す(平均値±標準誤差, n=3)。

表-3 冬春季の圃場条件と埋土位置がクサネム種子の休眠覚醒に及ぼす影響

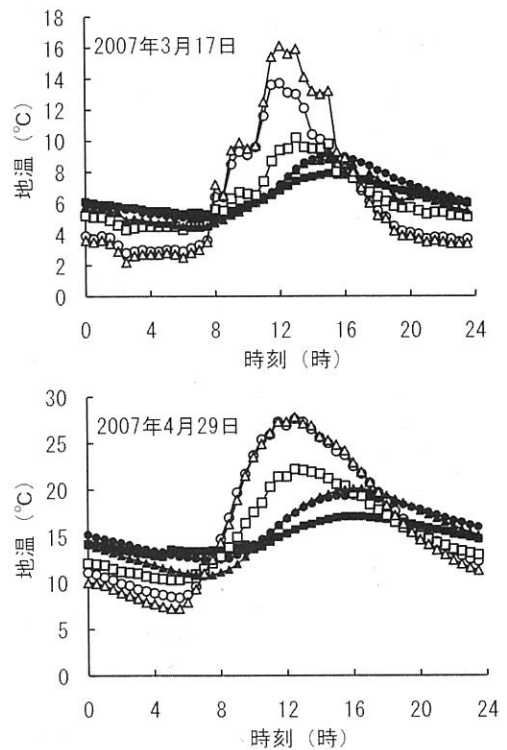
処理	休眠覚醒割合 (%)						
	2006年産				2007年産		
	2.26	3.23	4.23	5.25	3.5	4.16	5.16
裸地土中	1.3 b	1.3 b	2.7 b	1.3 b	9.3	6.8 b	9.4 b
冬雑草土中	4.0 b	5.3 b	2.8 b	0.0 b	—	—	—
稲わら土中	0.0 b	8.0 b	4.0 b	0.0 b	8.0	2.7 b	6.6 b
裸地地表面	80.7 c	96.1 a	97.4 a	97.3 a	2.7	63.3 a	97.3 a
冬雑草地表面	28.0 a	84.2 a	94.7 a	97.3 a	—	—	—
稲わら地表面	2.7 b	1.3 b	5.3 b	28.9 b	4.0	4.0 b	44.1 b

秋に採取したクサネム小節果を冬季休閑水田の土中約10cm深または土壌表面に設置し、翌年5月にかけての種子休眠程度の変化を調査した。地表面の被覆状態は冬雑草を極力除去する裸地区、放任する冬雑草区、切断した稲わらを散布する稲わら区とした。試験開始は2006年産は同年10月20日、2007年産は同年11月29日とした。各調査日内で同一文字を付した数値の間には、逆正弦変換後のTukeyの方法による多重比較において5%水準で有意差がないことを示す。

草防除の有無、コンバイン収穫時の稲わら散布の有無を想定し、バックは地表面または土中約10cm深に設置し、適宜冬雑草を防除する裸地区、特に管理を行わない冬雑草区、地表面に稲わらを散布する稲わら区を設けた。

調査結果を表-3に示す。地表面の条件に関わりなく、土中10cm深に埋土した種子の休眠覚醒はほとんど進まず、5月中下旬の休眠覚醒種子の割合は10%以下であった。一方、地表面の種子は冬から春にかけて休眠覚醒が進み、年次変動はあるものの、裸地条件では3月下旬～5月中旬までに95%以上の種子が休眠覚醒した。この結果は、水田地表面には冬から春にかけてクサネム種子の休眠を打破するような条件が出現し、鳥取県の移植盛期の5月下旬頃までにほとんどの種子が休眠覚醒しうることを示唆する。しかしながら冬雑草や稲わらなどの被覆物の存在する条件では地表面であっても休眠覚醒の進行は遅延し、冬雑草区では最終的に95%以上が休眠覚醒に到ったものの、稲わら区の休眠覚醒種子の割合は5月中下旬の時点でも50%以下にとどまった。

実験圃場における地温の日変化の一例を図-2に示す。晴天日には、地表面では土中10cm深に比べて著しい温度の日変化が観察された。ただし



▲裸地土中10cm ●冬雑草土中10cm ■稲わら土中10cm
△裸地地表面 ○冬雑草地表面 □稲わら地表面

図-2 地表面被覆条件の異なる水田の地温の日変化表-3試験において30分おきに測定。測定日の天候は晴れ。

稲わらや冬雑草植生などの地表面被覆物は地温の日変化を抑制し、裸地に比べると変温幅は小さくなった。このように、クサネム種子が水田で遭遇する温度環境は埋土位置や地表面被覆物の有無で大きく異なり、温度変化の大きい環境に置かれた場合ほど休眠覚醒が促進された。地表面被覆物の存在は温度変化を抑制するのみならず、水分環境を湿潤な状態に保つ効果もあると考えられ、このことも休眠覚醒の抑制に働いているものと推察される。

以上のことから、秋耕は地表面に落下したクサネム種子を土中に埋没させるので、休眠覚醒の進行を抑制する効果があるものと考えられる。一方、冬季を不耕起状態で管理する水田ではクサネム種子の休眠覚醒が促進され、特に稲わらを散布せずに持ち出した場合は、前年秋に散布された種子の大部分が水稲作付け時期までに休眠覚醒するものと予想される。

休眠覚醒した種子の動態

鳥取県でクサネムの出芽が観察されるのは通常

早くとも5月上旬頃であるが、先に述べた圃場での休眠覚醒実験においては、3月頃であっても吸水膨潤化した状態で回収される種子が見られた。その中には膨潤化していても発芽できず腐敗する種子も含まれており、これらは休眠覚醒しているものの活力を失った種子と考えられる。また、小節果の中に種子が残っていない場合もあり、これらは圃場で発芽または吸水腐敗したものと解釈される。このように、早期に休眠覚醒した種子の一部は、出芽時期までに圃場で死亡している可能性がある（福見 2011）。

水稲作付け直前に生存していた種子は、その後どのような挙動を示すのであろうか。先の圃場での休眠覚醒実験において冬春季を異なる条件で経過させたクサネム小節果を5月16日にワグネルポットに溜めた水面に浮遊させ、45日間発芽状況を観察したのち、種子の生存状態を調査した（福見 2011）。湛水浮遊条件での発芽消長を図-3に示す。裸地区の地表面に置かれて休眠覚醒の進んでいた種子は5日以内にほとんどが発芽し、45日経過後の7月1日の時点で生存種子は残存

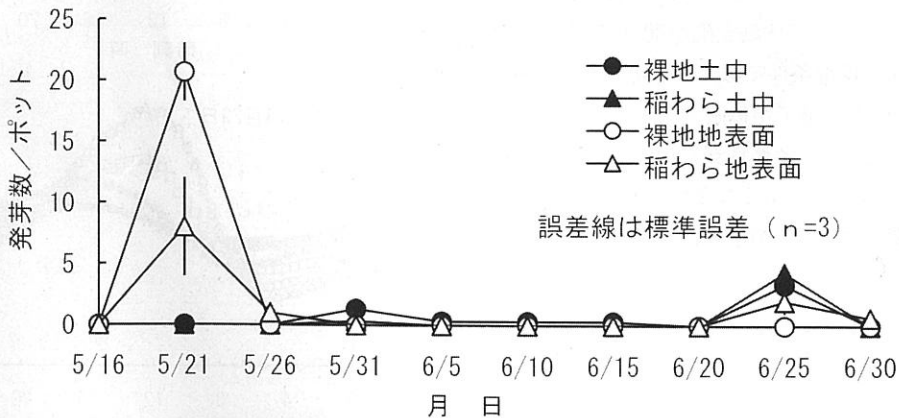


図-3 冬春季を異なる条件で経過したクサネム種子からの湛水浮遊条件での発芽消長

2007年秋に採取したクサネム小節果を翌年まで地表面被覆状態の異なる水田に置いたのち、2008年5月16日にワグネルポット内の水面に浮遊させて45日間発芽消長を調査した。ポットあたり小節果数は25個とした。

しなかった。稲わら被覆条件で地表面に置かれた種子からの発芽も大部分は湛水浮遊後5日以内に見られたが、発芽数は全種子の半数程度で、未発芽種子の多くは休眠状態を維持して7月1日まで生存した。冬春季を土中で経過した種子からの発芽数は全種子の20%前後で、発芽時期はばらつき、60%以上の種子が7月1日まで休眠状態を維持して生存した。この結果から、水稲作付け時期までに休眠覚醒していた種子のほとんどは湛水期間中に速やかに発芽する一方、休眠状態であった種子は水面を浮遊しながらもほぼ休眠状態を保って生存するものと考えられる。なお、土中に埋めこまれた休眠覚醒種子は湛水状態ではほとんど出芽できず、長期湛水条件下では死亡する可能性が高い(福見 2010)。今のところクサネム種子では、休眠覚醒した種子が再び休眠状態になる、二次休眠と思われる現象は観察されていない。

中干し期以降の種子の動態については、現時点では調査が不十分である。湛水期間中に観察される実生の多くは浮遊した小節果に由来すると考えられるが(川名ら 2005, 福見・中田 2008a)、中干し期には土中からの出芽個体もよく見られる。これらが湛水期間中を生きながらえた休眠覚醒種子に由来するのか、あるいは中干し後に休眠覚醒が進んで土中からの出芽が起こるのかはよく分かっていない。

クサネムの個体群動態

これまでの研究から、冬から春にかけての圃場管理のやり方によっては、秋季に散布されたクサネム種子のほとんどを翌春までに休眠覚醒させることが可能と考えられる。休眠覚醒した種子は発芽または死亡のどちらかの運命をたどるので、埋土種子量は一時的には劇的に減少するものと思われる。しかしながら休眠覚醒種子が多ければ出芽個体数も増えるリスクがあるので、防除が不十分であった場合には、生残個体が多量の種子生産を行って逆に埋土種子量が増加する可能性もある。

毎年のクサネム発生密度を営農上問題ないレベルに抑えるためには、冬から春にかけてクサネム種子の休眠覚醒を促進することが果たして有利であろうか。この点を明らかにするためには、想定される条件下でのクサネムの個体数の増減、すなわち個体群動態を予測する必要がある。

既往の知見をもとにクサネムの個体群動態を試算した結果では、冬季休閑・秋耕なしの水稲連作条件が埋土種子量の減少に有効であることが示唆されている(小荒井 2011)。この試算はいくつかの仮定に基づいたもので、水田除草剤が一定以上の防除圧を示すことと、畦畔等の水田周辺部に生育する個体の種子生産を強く抑制することが前提となっている。近年、従来剤よりもクサネムに効果の高いとされる水田除草剤が実用化されており、これらが畦畔に漂着する個体も含めたクサネムの生育に与える影響は、個体群動態の観点からも明らかにすべき課題と思われる。

クサネムの個体群動態の試算結果は、徹底防除の有効性を示唆するものでもある。種子休眠覚醒を促す圃場管理を行ったうえで徹底して種子生産を抑制すれば、水田土壌中の埋土種子は急速に枯渇し、翌年以降の発生量は激減するものと思われる。手取り除草や比較的高価な中後期除草剤の散布は労力・コストの面で敬遠される場面も多いが、多発圃場における1~2年限りの措置と見込まれるならば、実施することも選択肢の一つとなるであろう。このように、生態の知見に基づく雑草個体群動態のシミュレーションからは、さまざまな仮説が導き出される(浅井 2011)。農業現場では、個体群動態の仮説を実際の圃場条件で検証し、合理的なクサネム防除技術への活用を図っていくことが重要である。

引用文献

- 浅井元朗 2011. 雑草の個体群動態を予測するモデル. 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター編「総合的雑

- 草管理 (IWM) マニュアル」, つくば, pp.53-57.
- 福見尚哉・中田昇 2008a. 水田におけるクサネムの個体数の推移と種子休眠性の変化. 雑草研究 53, 185-191.
- 福見尚哉・中田昇 2008b. 貯蔵中の温度・水分条件がクサネム種子の休眠性に及ぼす影響. 雑草研究 53, 192-195.
- 福見尚哉 2010. 水田におけるクサネム種子の動態に関する研究. 鳥取県農林総合研究所農業試験場特別研究報告 1.
- 福見尚哉 2011. 冬春季の水田管理の違いがクサネム種子の休眠覚醒と発芽に及ぼす影響. 雑草研究 56, 1-6.
- 原田二郎・田中孝幸 1983. 水田雑草クサネムの発芽特性と各種除草剤の効果. 北陸農業試験場報告 25, 65-78.
- 笠原安夫 1972. 「日本雑草図説」. 養賢堂, 東京, pp.1-10, 207-208.
- 川名義明・住吉正・児嶋清 2005. 水稲湛水直播栽培における主要雑草の発生に及ぼす播種後落水管理の影響. 九州沖縄農業研究センター研究資料 91, 75-78.
- 小荒井晃 2011. 個体群動態モデルから防除への提言②水田周辺の管理によりクサネムの増加を防ぐ. 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター編「総合的雑草管理 (IWM) マニュアル」, つくば, pp.61-63.
- 小林浩幸 2009. 畑雑草との闘い-埋土種子のコントロールを目指して. 種生物学会編「発芽生物学-種子発芽の生理・生態・分子機構」, 文一総合出版, 東京, pp.131-146.
- 宮原益次 1992. 「水田雑草の生態とその防除」. 全国農村教育協会, 東京, pp.28-113, 119-122, 143-146, 151-162.
- 佐合隆一・大西茂志・田中文隆 1983. 水田作におけるクサネムの生態と防除. 雑草研究 28, 100-105.
- 田中十城・高橋宏和・竹下孝史 2006. 水稲生育中後期における水田雑草の発生実態調査. 雑草研究 51, 31-35.
- 山末祐二 2001. 種子の休眠・発芽調査法. 日本雑草学会編「雑草科学実験法」, pp.50-56.

新版

日本原色 雑草図鑑

雑草の全体的な感じは写真で、識別のポイントとなる細部は細密図で、という最もわかりやすい図鑑の基本形を作り出した初の図鑑。主要種はステージを追った写真を、類似雑草は区別点ができるような写真を掲載。すべての種的生活型を記号で示す。560余種。写真1,020点。

沼田真・吉沢長人／編集 B5判 414頁 定価10,290円(本体9,800円)

全国農村教育協会 〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
TEL.03-3839-9160 FAX.03-3833-1665
<http://www.zennokyo.co.jp>