

ハダカムギの枯熟れ様障害対策の現地実証

東善敏 大森誉紀 兼頭明宏 木村浩*

Field verification for control of abnormal early ripening of naked barley

HIGASHI Yoshitoshi, OOMORI Takanori, KANETOU Akihiro and KIMURA Hiroshi

要 旨

2016年産ハダカムギにおいて、松前町や伊予市で枯熟れ様障害が発生したことを受けて、総合的対策の実証試験を現地ほ場で行った。枯熟れ様障害が発生した栽培管理を再現した区や、当地域の慣行栽培では枯熟れ様障害が発生したのに対して、土壌 pH の適正維持や堆肥施用による土壌の健全化、適正苗立数の確保と追肥重点型の施肥体系、並びに麦踏みの徹底を組み合わせた総合的対策により、枯熟れ様障害は軽減し、収量は向上した。根張りの向上と、登熟期まで根の機能を維持できたことが主な要因と考えられた。

キーワード：ハダカムギ、枯熟れ、早播き、土壌 pH、追肥重点

1. 緒言

本県の東中予地域では、平坦部を中心にハダカムギの栽培が盛んで、収穫量は1987年産以降、連続日本一を誇る。しかし近年は、麦作期間中の降水量の増加や規模拡大に伴う適期外播種の増加、管理作業の不徹底等により、単収は低下傾向にあった。こうした中、2016年産のハダカムギにおいて、松前町や伊予市で、株が通常の成熟期より早く枯死し、登熟不良となる枯熟れ様障害（以下、'枯熟れ'とする）が発生した。枯熟れとは、登熟中期以降に下葉が急速に枯れ始め、症状の進行とともに止葉が枯れ、成熟期前に穂が枯れ上がり、子実の充実が著しく不良となる現象（小田，2008）である。ハダカムギでの枯熟れは、1945年頃から中国四国九州で問題となり（原田ら，1965）、各地で研究が行われてきた。枯熟れが発生する要因として、登熟前中期の高温と乾燥並びに後期の乾湿の急変（加島ら，1955）、春先の多雨と登熟期の少雨、強日射（原田ら，1965）、カリ、苦土の不足や窒素との不均衡（古川・越生，1961）等が報告されている。県内でも内田（1986）が、枯熟れの要因は明確ではないが、気象条件、土壌条件、栽培条件等が関係して麦の生育途中で湿害を受けて発生するケースが多いと報告している。このように枯熟れの直接的な要因は解明

されておらず、気象条件や土壌条件等が複合的に作用して発生するものと考えられている（原田ら，1965）。

そこで、考えられる全てのハダカムギの枯熟れ発生要因に対して、総合的な対策技術を組み合わせ、枯熟れの軽減に向けた実証試験を現地ほ場で実施したので、その結果を報告する。

2. 材料および方法

2.1 試験区の概要

試験は、前年産でハダカムギの枯熟れが発生した松前町の現地ほ場で行った。播種前の額縁明渠は2016年10月26日に施工、弾丸暗渠は施工しなかった。苦土石灰と堆肥は11月2日、基肥は11月7日に施用した。播種時期は前年産と同じ早播きとし、11月7日に播種した。播種法はドリル播で条間20cmとし、品種は'ハルヒメボシ'を供試した。

試験区の構成を表1に示す。15aのほ場を中央で2分割し、一方を枯熟れの軽減を目的に対策技術を組み合わせた改善区とし、他方に前年産に枯熟れが発生した栽培管理を再現した再現区を設置した（図3）。また生産者が慣行栽培で管理する隣接ほ場を慣行区とした。

土壌酸度の矯正では、改善区はハダカムギの適正 pH6.2~6.9（愛媛県土壌作物体診断マニュアル）の上限値の矯正に必要な苦土石灰

*元 愛媛県農林水産研究所

施用量を pH 緩衝曲線から求め、100 kg/10 a を施用した。再現区及び慣行区では、それぞれ 100 kg/10 a、120 kg/10 a とした。なお改善区で施用した苦土石灰は、保肥力や地力向上をねらい、腐食酸含有肥料を用いた。

堆肥施用では、地力や保水力の向上を目的に、改善区は牛ふん堆肥 5 t/10 a を施用し、再現区及び慣行区には施用しなかった。

播種量は、改善区では早播き栽培による生育前半の過剰生育を抑えるため、標準播きの基準 8 kg/10 a より 1 kg 少ない 7 kg/10 a とした。再現区では 13 kg/10 a とし、慣行区では生産者慣行とした。

施肥量は、改善区では窒素成分で基肥量を標準播きの基準 7 kg/10 a より 2 kg/10 a 少ない 5 kg/10 a とし、12 月下旬に中間追肥として 2 kg/10 a を追加し、2 回目の中間追肥を 1 月中旬に 2 kg/10 a、穂肥を 2 月中旬に 3 kg/10 a 施用する施肥体系とした（以下、‘追肥重点型施肥’とする）。再現区及び慣行区では、それぞれ基肥量が 8 kg/10 a、6 kg/10 a、1 月の中間追肥量が 2 kg/10 a、4 kg/10 a、穂肥量が 3 kg、2.5 kg とした。なお中間追肥には、改善区ではカリの補給を目的に NK 化成を使用し、再現区及び慣行区では地域の栽培暦に準じ、硫安を使用した。

麦踏みは、過繁茂の抑制と根張りの向上を目的に、改善区では 12 月中旬から 2 月中旬の

間に概ね 3 週間毎に 4 回行い、再現区では 1 回、慣行区では 2 回とした。また明渠の間隔は、改善区では湿害による根傷みを防止するため 3m 毎とし、再現区では 6m 毎、慣行区では 5m 毎とした。土入れ作業は改善区では 1 月に 2 回行ったが、再現区及び慣行区では行わなかった。

2.2 調査方法

生育期間中の土壌 pH の推移を把握するため、12 月上旬から 4 月上旬まで、地表面から 10cm までの土壌 pH を測定した。生育を把握するため、苗立数、2 月中旬の茎数と黄化程度、出穂期、及び 5 月初旬の枯熟れ程度を調査した。葉色は葉緑素計（ミノルタ SPAD-502）を用い、12 月下旬から 3 月中旬まで展開第 2 葉を測定した。成熟期には稈長、穂長、穂数を調査し、坪刈りサンプルを基にして、子実重、屑麦率、千粒重、粒厚 2.4 mm 上の重量割合を調査した。屑麦率は 2.1 mm 篩下の重量割合とし、粒厚 2.4 mm 上の重量割合は縦目篩選別機（藤原製作所）で測定した。また枯熟れが発生する時期や程度について試験区間の差を明らかにするために、4 月上旬から 5 月上旬まで止葉の相対含水率を測定した。測定では、各試験区ごとに止葉を 10 枚ずつ採取し、チャック付きアルミラミネート袋に入れて封をして実験室に持ち帰り、荒木ら（2018）の方法に準じ、新鮮重、飽和新鮮重及び乾物重を測定し、次式により相対

表 1 試験区の構成

対策技術	改善区	再現区	慣行区
土壌酸度矯正	腐植酸含有苦土石灰 100 kg	苦土石灰 100 kg	苦土石灰 120 kg
堆肥施用	牛ふん堆肥 5 t	0	0
播種量	7 kg	13 kg	生産者慣行
窒素施用量 (肥料の種類、 施用月日)	基肥 5 kg (高度化成) 追肥 2 kg (NK 化成, 12/25) 追肥 2 kg (NK 化成, 1/18) 穂肥 3 kg (NK 化成, 2/16)	基肥 8 kg (高度化成) 追肥 2 kg (硫安, 1/18) 穂肥 3 kg (NK 化成, 2/16)	基肥 6 kg (高度化成) 追肥 4 kg (硫安, 1/7) 穂肥 2.5 kg (NK 化成, 2/11)
麦踏み回数 (実施月日)	4 回 (12/12, 1/5, 1/25, 2/13)	1 回 (12/12)	2 回 (12/7, 1/4)
明渠の間隔	3m	6m	5m
土入れ回数 (実施月日)	2 回 (1/5, 1/25)	0	0

注) 施用量、播種量は 10 a あたり

含水率を求めた。

$$\text{相対含水率} = (\text{新鮮重} - \text{乾物重}) / (\text{飽和新鮮重} - \text{乾物重}) \times 100$$

なお、いずれの調査項目も各試験区で3か所調査し、その平均を測定値とした。

3. 結果および考察

3.1 土壌 pH の推移

土壌 pH は、12月2日に改善区で5.1、再現区で5.6、慣行区で5.9であったが、いずれの区も1月5日に7.1~7.4に上昇し、その後3月8日までは低下を続け、4月10日にやや高くなった。1月5日以降、改善区では pH6.0 を下回ることがなかったが、再現区では3月8日に、また慣行区では2月3日から4月10日まで pH6.0 を下回った (図1)。

慣行区では苦土石灰の施用量が最も多いにもかかわらず、2月3日から4月10日の間は他の区より土壌 pH は低く推移した。再現区では苦土石灰施用量は改善区と同じであったが、3月8日以降の土壌 pH は改善区を下回った。慣行区では追肥に生理的酸性肥料である硫酸を窒素成分で4 kg/10 a 施用し、再現区では同様に2 kg/10 a 施

用したため、いずれも土壌 pH が改善区よりも低下し、特に硫酸の施用量が多かった慣行区で低下が大きくなったと考えられた。なお12月から1月にかけて改善区の土壌 pH は他区よりやや低かった。改善区でのみ牛ふん堆肥を施用したことから、堆肥施用によって無機態窒素が多くなり地力が向上した一方で、pH を低下させたものと考えられた。

3.2 葉色の推移と黄化程度

改善区の葉色は12月25日から2月16日までほぼ一定で、SPAD 値 35~38 で推移した (図2)。また黄化程度は他の区より低く、黄化程度も低かった (表2)。一方、再現区と慣行区では、葉色が1月に大きく低下し (図2)、黄化程度は高かった (表2)。

早播き栽培では、播種量を減らすことで茎数増加が抑えられ、葉色の維持が図られる (辻田ら, 2014)。また中間追肥を12月と1月に2回を施用することで、黄化程度は低くなる (下田ら, 2006)。改善区では播種量を適正にしたことで苗立数が150本/m²程度に抑えられ (表2)、また基肥量を削減し、麦踏みを行ったことで、

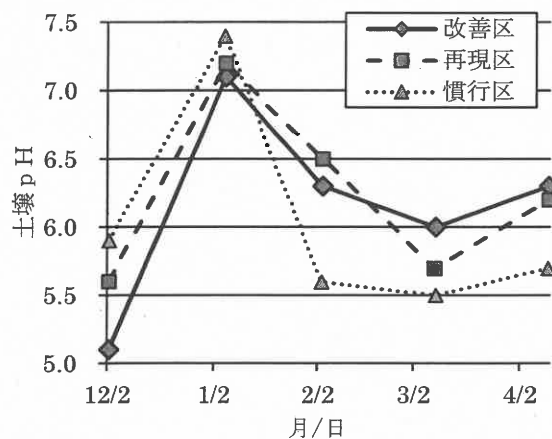


図1 土壌 pH の推移

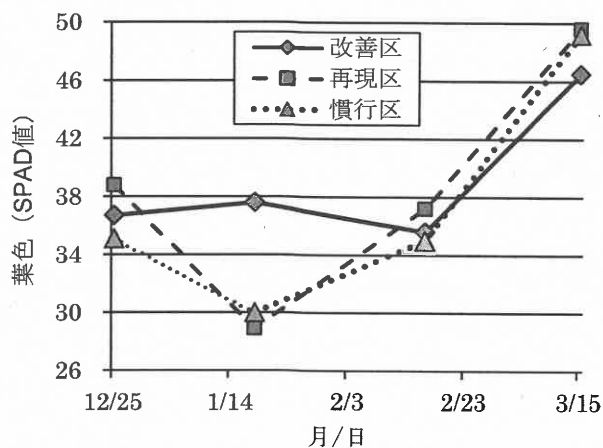


図2 葉色の推移

表2 苗立数及び2月の生育と出穂期並びに枯熟れ程度

試験区	苗立数 (本/m ²)	2月16日調査		出穂期 (月/日)	5月2日調査	
		茎数 (本/m ²)	黄化程度		調査か所	区全体
改善区	148	988	1.0	3/26	1.0	1.0
再現区	329	1,190	3.3	3/21	1.3	3.0
慣行区	257	1,210	3.3	3/20	2.3	3.0

注) 黄化程度, 枯熟れ程度は無 (0) ~ 甚 (5) の6段階

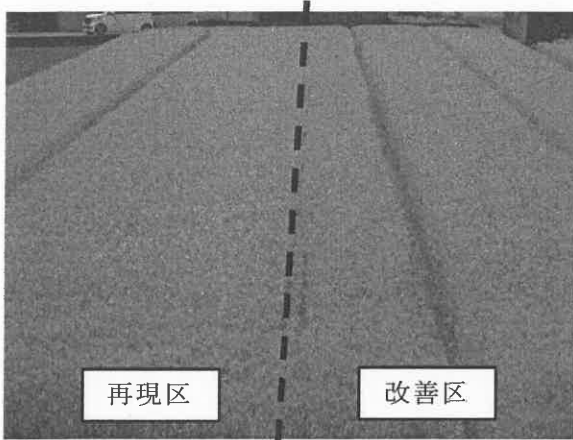


図3 現地ほ場における枯熟れの発生状況 (5月2日)
右:改善区, 左:再現区 【73 ページ】

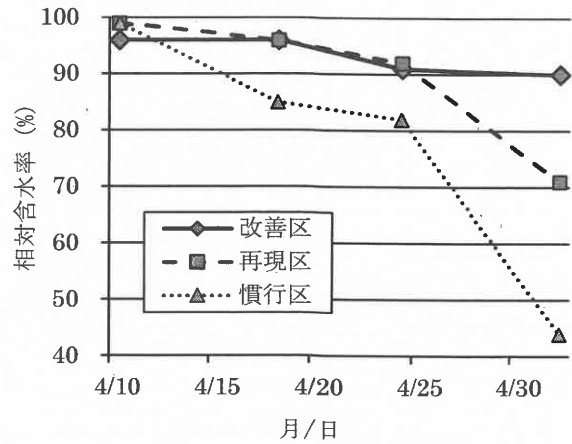


図4 止葉の相対含水率の推移

表3 成熟期の生育および収量, 品質

試験区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	子実重		屑麦率 (%)	千粒重 (g)	粒厚 2.4 mm上 (%)
				(kg/a)	(指数)			
改善区	92	6.9	377	46.3	120	11.5	31.9	62.6
再現区	89	6.6	415	38.7	100	15.8	31.3	57.0
慣行区	89	6.3	431	36.6	95	20.4	29.9	44.4

注) 坪刈りは全区5月7日に実施。改善区は成熟期前
子実重は2.1mm篩上で水分13%補正。屑麦率は2.4mm篩下の重量割合
粒厚は2.1mm篩上の試料を藤原製作所縦目篩選別機で振とう後の重量割合

生育初期の過繁茂を抑制した。また12月と1月に中間追肥を施用したことで、茎1本あたりの窒素栄養状態が高くなり、2月の黄化程度が低くなったと考えられた。一方、再現区や慣行区では、苗立数が250~330本/m²程度と著しく多く(表2)、生育初期は過繁茂であり、また12月に追肥を行わなかったことで、茎1本あたりの窒素栄養状態が低く、黄化程度が高くなったと考えられた。

3.3 枯熟れの改善効果

改善区の出穂期は3月26日で、再現区や慣行区に比べ5~6日遅かった(表2)。

枯熟れの兆候である葉や芒、穂の黄化は、登熟中期の4月半ば頃から再現区と慣行区で見られ始め、発生程度は、改善区では再現区や慣行区に比べて低かった(表2, 図3)。また登熟期間の止葉の相対含水率の推移は、改善区では登熟終盤まで90%を維持し、葉は生気を保っていたが、再現区では5月2日に、また慣行区では4月18日から低下を始めており、この時期から枯熟れが始まっていたと考えられた(図4)。

枯熟れしたハダカムギの根には変質が確認されており(古川・越生, 1959)、枯熟れは何らかの要因で根の活力が低下し、養水分吸収が阻害されて生じる可能性が指摘されている(小田, 2008)。改善区では土壌pHが適正に維持されたことや、堆肥の施用により土壌の保水力や地力が向上し、根の健全さが維持されたと考えられる。また麦踏みによって根張りが向上し、適正播種量と追肥重点型施肥により2月の黄化程度が低く、登熟期まで根の機能が持続できたと考えられる。このため、登熟期の養水分吸収が持続し、枯熟れが軽減したと考えられた。なお、本調査ほ場では湿害の発生はみられず、ほ場の排水改善による枯熟れ軽減については、今回の調査では明確にならなかった。

3.4 収量, 品質の向上効果

改善区の収量は、再現区や慣行区と比べて20~25%高かった。また改善区の千粒重は、再現区や慣行区より重かった(表3)。これは、改善区では屑麦割合が低く、2.4mm以上の大粒割合が高い一方、再現区や慣行区では屑麦割合が

高く、大粒割合が低いため(表3)と考えられた。

ハダカムギは、枯熟れを生じると千粒重が軽く、屑麦割合が高くなる(加島ら, 1955)。改善区では生育前半の過繁茂を抑えて、追肥重点型施肥により高い栄養状態を維持し、成熟期まで根の健全さを保ち、養水分吸収機能を高く維持できたと考えられる。このため、収穫直前まで粒が肥大して粒重が重くなり、収量や品質が向上したと考えられた。

以上の結果より、当地域において発生した枯熟れは、土壌 pH の改善や土壌の保水性、地力の向上、適正な播種量による適正な苗立数の確保、追肥重点型施肥による厳寒期の葉の黄化の回避、並びに麦踏みの徹底による根張り向上により軽減できることが確認できた。今回の試験では確認ができなかったが、ほ場の排水性向上による湿害回避も枯熟れ軽減の効果は期待できる。なお、ほ場条件によっては、これら全ての対策に取り組む必要がない場合も考えられるため、適切なほ場診断により、改善対策を明確にして取り組むことが望ましい。また本試験は11月上旬の早播き栽培で行ったが、早播きは生育過剰により枯熟れの発生を助長する要因と考えられるため、極力控え、適期播種を行う必要がある。

謝辞

本試験を実施するにあたり、中予地方局産業振興課、愛媛県米麦振興協会の方々に、調査、資材の提供について御尽力・御協力頂いた。ここに記してお礼申し上げます。

引用文献

荒木英樹, 水田圭祐, 八田浩一, 中村和弘, 松中仁, 藤間充, 丹野研一, 高橋肇 (2018): 熊本県のパン用コムギ品種ミナミノカオリにおける枯れ熟れ様登熟不良の発症パターンと発症要因の探索, 日作紀, 87(1), 21-29.
古川太一, 越生博次 (1959): 枯熟れ麦の根に認められる変質について, 日作紀, 27(2), 275-277.
古川太一, 越生博次 (1961): 稈麦の枯熟れ発生と肥料要素との関係, 日作紀, 29(3), 356-358.

原田哲夫, 江戸義治, 古川太一 (1965): 広島県における稈麦の枯熟れに関する研究, 広島県立農業試験場報告, 20, 1-44.

加島了相, 田原芳範, 織田善吉 (1955): 稈麦の枯熟れに関する研究(第1報), 九州農業研究, 15, 12-14.

小田俊介 (2008): ムギ類の枯れ熟れ様障害, 農業技術体系作物編, 追録第30, 枝242の2-6.

下田かおり, 日野恭子, 山口憲一, 住吉俊治, 木村浩 (2006): 裸麦‘マンネンボシ’の早播播種に対応した施肥による安定生産技術, 愛媛県農業試験場研究報告, 40, 1-4.

辻田泉, 木村浩, 山口憲一 (2014): はだか麦の早播栽培における播種量と基肥窒素量が生育と収量・品質に与える影響, 愛媛県農林水産研究報告, 6, 27-31.

内田音四郎 (1986): 愛媛県米麦作研究50年のあゆみ, 愛媛県米麦作研究50年のあゆみ刊行委員会, 明朗社印刷工業所, 515.