

ハダカムギの硝子率に及ぼす刈取時期，降雨

ならびに窒素肥効の影響

大森誉紀 辻田 泉*

Effect of reaping time, rainfall and nitrogen fertilization on steely grain rate in naked barley

OOMORI Takanori and TSUJITA Izumi

要 旨

‘ハルヒメボシ’の硝子率は、刈取時期、降雨、窒素肥効等の処理に関わらず成熟期まではほぼ一定で、その後は処理区の内容によって硝子率が低下する程度やタイミングに違いはあるものの、いずれの処理区とも成熟期以降に硝子率は一様に低下した。成熟期以降、硝子質粒割合は低下し、半硝子質粒または粉質粒の割合が増加した。生育ステージ（GS）において、GS90を超えると硝子率は急激に低下したが、出穂後積算温度との関係では、なだらかな放物線を描いて硝子率は低下した。実肥施用で成熟期以降の硝子率の低下が緩やかとなり、被覆緩効性肥料（LP30）の施用で分施肥体系より硝子率は概ね高かった。成熟期の降雨や散水によって硝子率が有意に低下した。これらのことから、硝子率は成熟期頃から低下を始め、降雨や散水による穂濡れは硝子率の低下を助長する要因の一つと考えられ、一方、開花期以降の窒素肥効は硝子率を高める要因であると考えられた。

キーワード：成熟期，硝子質粒，生育ステージ，被覆緩効性肥料，散水

keyword：coated slow release fertilizer，growth stage，maturity period，vitreous grains，watering

1. 緒言

麦類は、農産物検査法に基づく麦品位等検査で2等以上と確認されたものについて、品質ランク区分に応じて経営所得安定対策で支払われる直接支払交付金の交付単価が決まっており、品質ランク区分が高いほど交付金額も高くなる。ハダカムギの硝子率は、麦品質ランク区分の評価項目の一つであり、基準値（50%）以下であればランク区分が高く、許容値（60%）以上では2ランク格下げし交付金額は低くなる。

ハダカムギ‘マンネンボシ’の硝子率が高まる要因について、辻田ら（2014）は早播栽培試験において、慣行播ではすべて許容値を下回ったものの、早播では12区の内9区で許容値を上回ったことを報告している。また、木村ら（2006）は成熟期前後の期間では刈り取り時期が早いほど硝子率は高いこと、山口ら（2015）は重回帰分析から原麦タンパク質含量と種子

比重の2つの主要因が硝子率を高めることに関与していることを報告している。以上のように、‘マンネンボシ’を対象とした調査で、ハダカムギの硝子率を高める要因については、早播、早刈、遅い窒素肥効による原麦タンパクの増加などが明らかにされつつある。

‘ハルヒメボシ’は本来、硝子率が低い品種で、2013年に奨励品種に採用された（松長ら、2014）。山口ら（2014）は、‘ハルヒメボシ’の穂肥量が窒素成分で3～5kg/10aでは硝子率が50%以下であり、窒素成分が7kg/10aで硝子率が50%を上回ったことから‘ハルヒメボシ’は施肥増に起因した硝子率の上昇が小さい品種であると結論付けている。

しかし、近年県内の産地では硝子率が高いために品質ランク区分が低下する事例がみられる。そこで、‘マンネンボシ’の硝子率を高める要因である早播、早刈、遅い窒素肥効が、‘ハルヒメボシ’でも硝子率を高める要因となるか、検証を行った。また、硝子率を下げる要因

*現 愛媛県農林水産部農政企画局農業経済課

について調査事例はないが、木村ら(2006)は、成熟期を過ぎると、次第に硝子率は低下し精麦白度は高くなり、これらの減少は降雨によって助長されると推察している。そこで、降雨処理が硝子率に及ぼす影響も調査したのであわせて報告する。

なお、本試験は、農林水産省委託「収益力向上のための研究開発」プロジェクト、「多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発」で実施した。

2. 材料および方法

2.1 耕種概要

2.1.1 播種期試験

試験は2017年11月から2018年5月に農水研A20号ほ場で、条間20cmのドリル播種による畝立同時播種で実施した。早播区では‘ハルヒメボシ’を播種量6.0kg/10aで11月3日に播種した。同様に、普通播区では7.2kg/10aで11月16日播種、遅播区では12.0kg/10aで12月14日に播種した。施肥窒素量は、いずれも基肥を4kg/10a、追肥①、追肥②及び穂肥をいずれも3kg/10aで実施し、基肥の施用はいずれの区も播種直前とした。追肥①、②および穂肥の施用日は、早播区では12月18日、1月19日、2月20日、普通播区では12月26日、1月22日、2月23日、遅播区では1月23日、2月21日、3月16日とした。試験規模は各区30㎡で、いずれも3反復とした。

2.1.2 被覆緩効性肥料試験

播種は2.1.1と同様とした。施肥は速効性成分を含まない被覆緩効性肥料(LP30)のみの基肥全量施肥とし窒素施用量は12kg/10aとした。試験規模は各区30㎡で、いずれも3反復とした。

2.1.3 実肥試験

試験は農水研A28号ほ場において、2.1.2と同様2017年11月から2018年5月に、条間20cmのドリル播種による畝立同時播種で、施肥窒素量を基肥が4kg/10a、追肥①、②及び穂肥がいずれも3kg/10aで実施した。実肥N2kg区では、窒素成分が2%の尿素液を開花期(4月13日)にN2kg/10aになるよう肩掛蓄圧式噴霧器で葉面

散布した。同様に、実肥N4kg区では窒素成分が2%の尿素液を1回あたりN2kg/10aで、4月13日と4月18日の2回に分けて葉面散布した。実肥を散布しない区を実肥無処理区とした。試験規模は各区15㎡で、いずれも3反復とした。

2.1.4 雨除け試験

農水研A29ほ場において2017年11月から2018年5月に、2.1.3と同様に‘ハルヒメボシ’を栽培した。3月31日に出穂、4月13日に開花期となった‘ハルヒメボシ’の一畝50mに、夏秋キュウリ栽培で用いるアーチパイプを畝両側の排水溝を含めアーチの裾幅が約2mとなるよう設置し、5月1日に透明ビニルシートを被覆し雨除け処理を行った(図1)。

アーチパイプの中に、雨除け区と散水区を設置し、同一畝の被覆していない場所は無処理(露地)区を設けた。雨除け区は被覆のみとし、散水区では5月14日と5月21日の日中に動噴とスズラン噴口を用いてそれぞれ降水10mm相当を散水した。試験規模は各区15㎡で、いずれも3反復とした。



図1 ‘ハルヒメボシ’の雨よけ処理の様子

2.2 調査方法

成熟期の降水量及び気温は南吉田のアメダスデータを用いた。

硝子率や硝子質粒等の割合について、2.1.1の試験では成熟期の3週間(以下、-3週とし、他の調査時期も同様な表記とする)から、早播区

では+2週まで、普通播区と遅播区では+1週まで、それぞれ7日おきにm²刈りし、はざ架けした後、脱穀し、硝子率判定器（ケツ）で測定した。生育ステージは穀物の成長段階スケールを10進コードで示したZadoks Decimal code (J. C. Zadoks et al., 1974) を用いた。2.1.2の試験では成熟期と+1週あるいは+2週の時期に同様な方法で硝子率を調査した。2.1.3及び2.1.4の試験では-2週から+1週の時期に同様に調査した。千粒重は常法で測定し、等級検査は日本穀物検定協会に依頼した。緩効性肥料（LP30）からの窒素溶出パターンは圃場への埋め込み調査法で行い、定期的に圃場から取り出し、残存肥料窒素量を分析することで求めた。

3. 結果

3.1.1 播種期試験

出穂日は早播区で3月23日、普通播区で3月29日、遅播区で4月9日、成熟期は同様に5月11日、5月17日、5月23日であった。

早播区では、-3週から-1週までは硝子質粒割合は60～85%、硝子率は80～90%であったが、成熟期以降は硝子質粒割合や硝子率は急激に低下し、+1週では硝子質粒は10%、半硝子質粒が75%を占め硝子率は59%であり、+2週では半硝子質粒と粉質粒が共に47%で硝子率は30%であった（図2）。

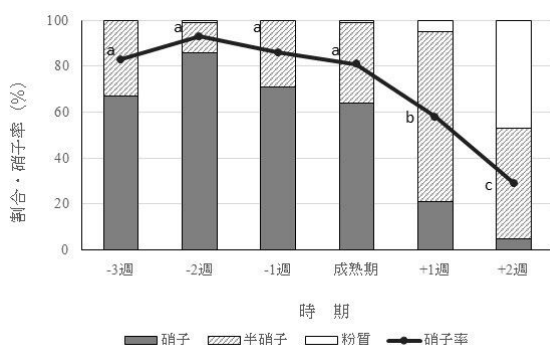


図2 成熟期前後の日数と硝子率や硝子質粒割合 (早播区)

図中の同一の英小文字は Tukey の多重比較 (5%) で有意な差がないことを示す

普通播区でも同様に、-3週から-1週までは、硝子質粒割合が多く、硝子率は80%程度であり、成熟期以降は硝子質粒割合や硝子率は急激に低下し、+1週では半硝子質粒が最も多く硝子率は59%であり、+2週では粉質粒が最も多く約50%を占め、硝子率は30%であった（図3）。

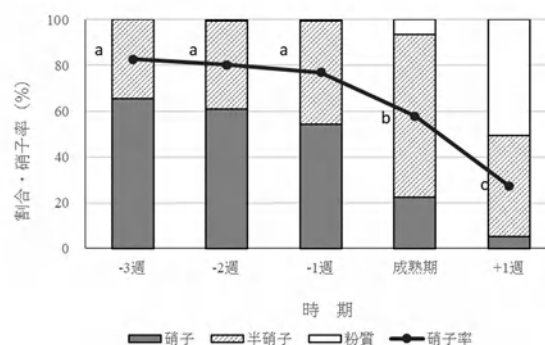


図3 成熟期前後の日数と硝子率や硝子質粒割合 (普通播区)

図中の同一の英小文字は Tukey の多重比較 (5%) で有意な差がないことを示す

遅播区も同様に、-3週から-1週までは硝子質粒割合が多く硝子率は90%程度あり、成熟期以降は硝子質粒割合や硝子率は急激に低下し、半硝子質粒が最も多く6～7割を占めた。硝子質粒は成熟期には40%、+1週では7%と低下し、硝子率もそれぞれ67%、40%と低下した（図4）。

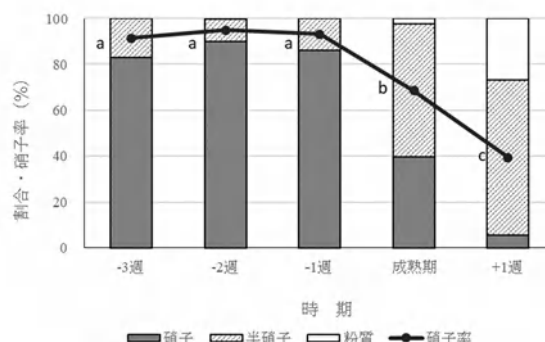


図4 成熟期前後の日数と硝子率や硝子質粒割合 (遅播区)

図中の同一の英小文字は Tukey の多重比較 (5%) で有意な差がないことを示す

生育ステージ (GS) と硝子率の関係では、GS90までは硝子率はわずかに低下し、GS90を超えると急激に低下した (図5)。一方、出穂後の積算温度と硝子率の関係では、硝子率はなだらかな放物線を描いて低下した (図6)。

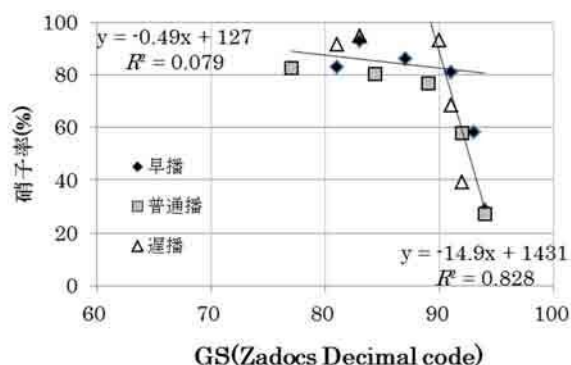


図5 生育ステージ (GS) と硝子率の関係

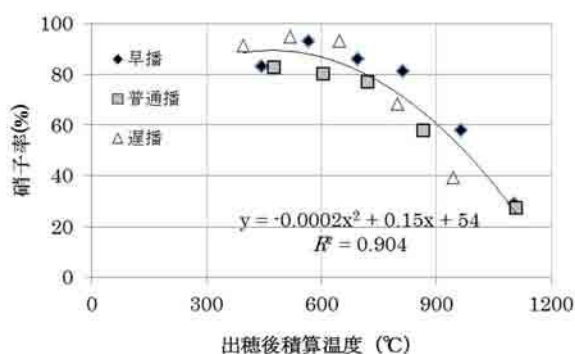


図6 出穂後積算温度と硝子率の関係

3.1.2 被覆緩効性肥料試験

成熟日は、早播区が5月13日、普通播区が5月20日、遅播区が5月24日であった。

被覆緩効性肥料 (LP30) の硝子率と、比較のために3.1.1の慣行分施で施肥した播種期別硝子率を図7に示した。早播区および普通播区ではLP30も分施と同様に成熟期から1週ごとの調査で硝子率は有意に低下した。また、早播区の成熟期を除き、LP30では分施より有意に高かった。一方、遅播区の硝子率では、LP30では分施より有意に高く、またLP30では成熟期と+1週で同程度であった (図7)。

千粒重は、早播区および普通播区ではLP30が分施より重く、遅播区ではLP30と分施は同程

度であった (図7)。

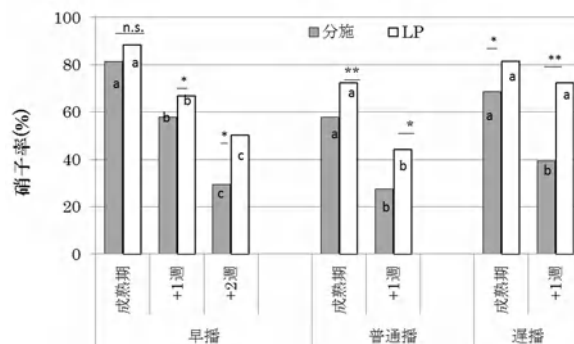


図7 被覆緩効性肥料 (LP30) が硝子率に及ぼす影響

千粒重は、LP30では早播区が38.6g、普通播区が38.5g、遅播区が36.5g、分施では早播区が35.6g、普通播区が35.6g、遅播区が36.0g。

図中の同一の英小文字はそれぞれの播種期の各施肥法において各調査時期の硝子率にTukeyの多重比較(5%)で有意な差がないことを示す。

**または*は同じ播種期・同じ調査時期のLPと分施の硝子率についてt検定で1%または5%水準で有意な差があり、n.s.は有意な差がないことを示す。

埋め込み調査による栽培期間中のLP30の窒素溶出パターンは、早播区および普通播区では3月19日~4月23日の間に大きく増加した。一方、遅播区では4月23日~5月23日にかけても大きく増加した (図8)。

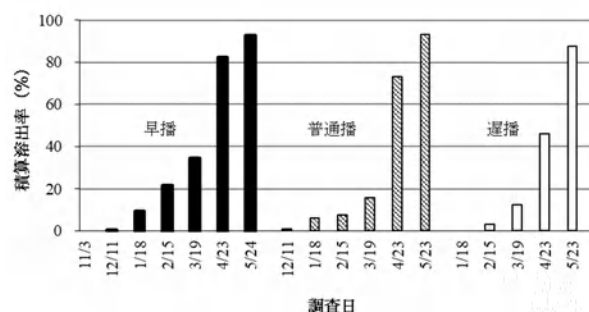


図8 埋め込み調査による栽培期間中のLP30の窒素溶出パターン

3.1.3 実肥試験

成熟期はいずれの処理区も5月15日であった。実肥施用の有無に関わらず、-1週ではいずれの区も硝子率は95%程度あった。成熟期以降はいずれの区も硝子率は低下したが、実肥を施用したN2kg区やN4kg区では硝子率の低下の程度が緩やかで、成熟期には実肥を施用した両区で無処理区より有意に高く、+1週ではN4kg区、N2kg区、無処理区の順に有意に高かった(図9)。

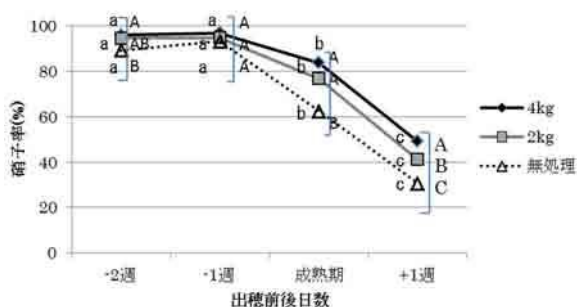


図9 実肥が硝子率に及ぼす影響

図中の同一の英小文字は同じ処理区内において Tukey の多重比較 (5%) で有意な差がないことを示し、同一の英大文字は同じ調査時期において Tukey の多重比較 (5%) で処理区内に有意な差がないことを示す。

1.4 雨除け試験

成熟期は、雨除け区が5月17日、散水区が5月16日、無処理(露地)区が5月15日であった。

各処理区の硝子率の推移は、雨除け区では-2週~成熟期まで同等で+1週で有意に低下した。一方、散水区と無処理(露地)区では雨除け区より硝子率が低下する時期が早く成熟期以降有意に低下した(図10)。

各生育ステージにおける各処理区の硝子率を比較すると、-1週では雨除け区で96%と高く散水区で87%と低かったがその差は小さかった。成熟期以降は各処理区間に有意な差があり、成熟期には雨除け区で89%、無処理(露地)区で62%、+1週には同様に72%、31%と各処理区の硝子率の差は極めて大きかった(図10)。

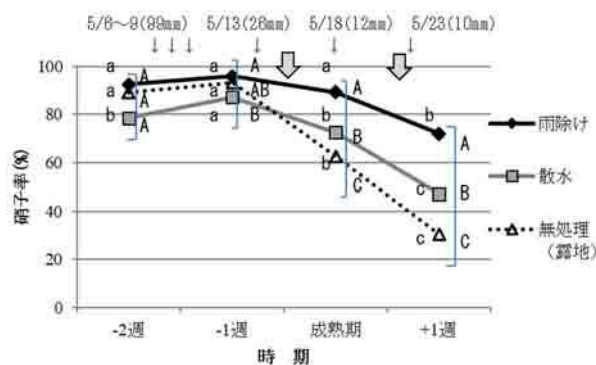


図10 雨除けが硝子率に及ぼす影響

↓は降雨時期と降水量、⏴は散水(10mm)時期。

等級検査では、散水区と無処理(露地)区のいずれも+1週のみ退色粒で2等となり、他の試料は全て1等であった。

図中の同一の英小文字は同じ処理区内において Tukey の多重比較 (5%) で有意な差がないことを示し、同一の英大文字は同じ調査時期において Tukey の多重比較 (5%) で処理区内に有意な差がないことを示す。

4. 考察

本研究では、本来、硝子率が低い‘ハルヒメボシ’において、早播、早刈、遅い窒素肥効が硝子率を高める要因となるか、また、降雨が硝子率の変動に関わっているか、について単年度試験ではあるが4つの試験を元に検証を行った。

まず、いずれの試験においても全ての処理区で成熟期までは硝子率はほぼ一定で、その後は処理区の内容によって硝子率が低下する程度やタイミングに違いはあるものの、成熟期以降に硝子率が低下することは共通であった。このことから、‘ハルヒメボシ’の硝子率は成熟期以降低下するので、成熟期よりも早い早刈では硝子率が高い状態で収穫することとなる。木村ら(2006)が指摘した早刈とは、この成熟期前の段階での収穫を指しているものと思われる。成熟期の生育ステージはGS90で、子実がロウ程度の硬さの時期である。しかし、ハダカムギは一株の中でも出穂時期にばらつきがあり、さらに一穂の中でも開花時期にばらつきがあることから、圃場全体でのGS90の時期を把握することは極めて難しい。また、過度に硝子率の低下を気にするあまり、

刈遅れで品質低下となり 2 等麦の生産となれば、麦作経営上極めて問題である。生産者が収穫適期を簡便に判断できる基準の策定が望まれるとともに、遅れ穂が少なく出穂が揃い硝子率が速やかに低下する栽培法の確立が望まれる。

次に、播種時期と硝子率の関係について、辻田ら (2014) は早播で硝子率が高まりやすいと報告している。本播種時期試験でも早播で硝子率が高かったが、遅播で普通播より高かったことから、播種期が早いと硝子率が高いという明確な傾向は得られなかった。硝子率と出穂後の積算温度との関係は播種時期に関わらず同一の回帰式で表せられたことから、辻田ら (2014) の指摘した早播とは、早播で出穂が早いものの気温が低く、登熟日数は長いものの積算温度が低い状態で刈り取ることを指しているものと思われる。図 6 から硝子率が 50% 以下になる出穂後の積算温度は 970℃と推定できるが、今回の試験は単年度の結果であり、より精度を高めるためには複数年のデータを蓄積し、硝子率も判断基準に含めた収穫適期基準の策定が望まれる。

三つ目は、成熟後期の窒素肥効について、辻田ら (2014) や山口ら (2015) は原麦タンパク質含有率が高いと硝子率が高いことを指摘している。鎌田ら (2016) は、子実タンパクは、栄養器官からの転流だけでなく地中からの吸収によっても増加したと推察でき、登熟後半の窒素の吸収のしかたによっては原麦タンパク質が高まる場合があると報告している。本試験では実肥や春以降に肥効が発現する被覆肥料を用いて後期肥効を高めたところ、硝子率も高まることを確認した。また、被覆緩効性肥料 (LP30) の早播区および普通播区では成熟期以降、硝子率は大きく低下したが、遅播区では低下しなかった。遅播区における LP30 からの窒素溶出は、他の播種期と異なり成熟期の 1 か月前の 4 月 23 日から成熟期の 5 月 23 日まで続いており、後期肥効の影響が顕著であったことが高い硝子率を示したと考えられる。以上のことから、溶出が遅い被覆肥料を登熟後期に肥効が発現する時期に施用したり、家畜ふん堆肥等を多施用し春の地温が高くなって地力窒素が放出される条件などでは、原麦

タンパクが高まり硝子率が高まりやすい条件であると考えられることから、このような栽培方法は避けることが望ましい。

最後に、雨除け試験で成熟期の降雨や雨除けハウス下での散水によって硝子率が有意に低下した。これらのことから、硝子率は成熟期頃から低下を始め、降雨や散水による穂濡れは硝子率の低下を助長する要因の一つと思われる。ハダカムギでは穂濡れと硝子率の関係を示した報告は見られないが、コムギでは、登熟期に降雨に遭遇することで子実の水分が上昇し、加水分解酵素が活性化することで品質低下を引き起こすことが報告されている (内村ら, 2004)。オオムギでは、子実水分が 20% 以下に低下した後、雨濡れによる吸水とその後の乾燥により子実の構造が変化するので、降雨後に硝子率が極端に低下することが報告されている (井上ら, 2017)。ハダカムギの子実の電子顕微鏡観察から、硝子率が高い状態では子実内のデンプン粒の隙間が漆喰状に塗り込められた状態にある (山口ら, 2015)。ところが硝子質粒のハダカムギ子実を切断し水滴をたらし、再び乾燥して電子顕微鏡で断面を観察すると粉質粒のように子実内の漆喰様物質がなくなりデンプン粒のみが観察される (大森ら, 2017)。また、木村 (1978) は総説の中で、穀物の乳熟期における数日の雨で穀粒重が減少することを述べている。ハダカムギは水溶性の β -グルカンを含んでいることから、子実が濡れることでこれら水溶性物質を含むマトリックスがリーチングし、これによって硝子質粒が減少し硝子率が低下していることが考えられ、今後の詳細な研究が望まれる。

以上のことから、ハダカムギの硝子率は成熟期頃から低下を始め、降雨や散水による穂濡れは硝子率の低下を助長する要因の一つと考えられ、一方、開花期以降の窒素肥効や早播、早刈は硝子率を高める要因であると考えられた。

引用文献

井上健一・和田陽介・奥村華子・中村真也(2017): 大麦の硝子質粒発生に及ぼす要因について

I. 成熟期後の雨濡れの影響, 北陸作物学会報, 52, 49-51.

J. C. Zadoks, T. T. Chang, C. F. Konzak (1974) :
A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals,
Weed Research, 14, 415-421.

鎌田英一郎・高橋肇・池尻明彦・内山亜希・金子
和彦・松永雅志・荒木英樹・丹野研一
(2016) : 穂肥窒素の増施が裸麦の登熟期間
中の物質生産および窒素代謝に及ぼす影響,
日本作物学会紀事, 85 (3), 288-293.

木村浩・住吉俊治・下田かおり (2006) : 裸麦
‘マンネンボシ’の刈取り時期による品質変
動, 愛媛県農業試験場研究報告, 40, 41-43.

木村和義 (1978) : 雨と植物-リーチングを中
心として-, 農業気象, 34 (1), 23-30.

松長崇・水口聡・池内浩樹・兼頭明宏 (2014) :
はだか麦奨励品種‘ハルヒメボシ’の特性,
愛媛県農林水産研究報告, 6, 16-21.

大森誉紀・池田達哉・山口憲一・木村浩・辻田
泉 (2017) : ハダカムギ‘マンネンボシ’と
‘ハルヒメボシ’の硝子質粒と粉質粒の比較,
日本作物学会四国支部会報(講要), 54, 26
-27.

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, 27-33.

内村要介・佐藤大和・尾形武文・松江勇次
(2004) : 成熟期の降雨処理によるコムギの
子実水分含有率の変化と品質低下の品種間
差, 日本作物学会紀事, 73 (1), 29-34.

山口憲一・松長崇・辻田泉・池内浩樹・水口聡・
兼頭明宏 (2014) : はだか麦新品種‘ハルヒ
メボシ’の施肥体系の検討, 愛媛県農林水産
研究報告, 6, 23-26.

山口憲一・辻田泉・木村浩・水口聡・兼頭明宏・
池田達哉・長嶺敬 (2015) : ハダカムギ‘マ
ンネンボシ’の硝子率に対する種子比重の寄
与, 日本作物学会紀事, 84 (3) : 271-278.