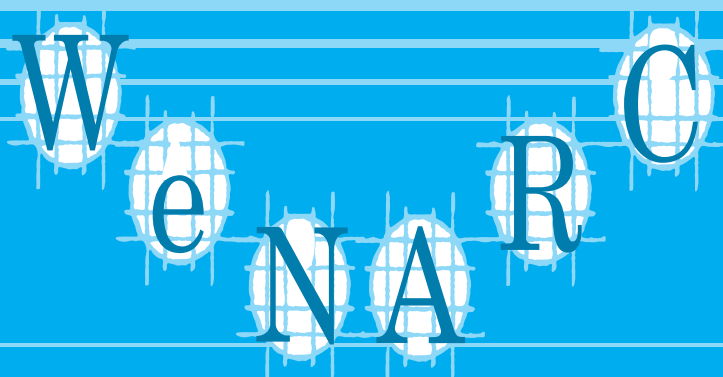


MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

March, 2011 No.8

平成23年 3月 第8号

近畿中国四国農業研究センター研究資料



独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
近畿中国四国農業研究センター

NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH ORGANIZATION
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

近畿中国四国農業研究センター研究資料

第8号

所 長 長 峰 司

編集委員会

委 員 長	今 川 俊 明		
委 員	児 嶋 清	河 合 章	
	川 上 秀 和	楠 田 宰	
	澤 村 篤	萩 森 学	
	篠 田 満	吉 田 智 一	
	三 浦 一 芸	高 橋 飛 鳥	
	吉 村 亜希子	熊 倉 裕 史	
	池 田 順 一	高 橋 佳 孝	
	清 水 裕 行	十 鳥 政 信	

MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No. 8

Tsukasa NAGAMINE, Director General

EDITORIAL BOARD

Toshiaki IMAGAWA, Chairman

Kiyoshi KOJIMA	Akira KAWAI
Hidekazu KAWAKAMI	Osamu KUSUDA
Atsushi SAWAMURA	Manabu HAGIMORI
Mitsuru SHINODA	Tomokazu YOSHIDA
Kazuki MIURA	Asuka TAKAHASHI
Akiko YOSHIMURA	Hiroshi KUMAKURA
Jun-ichi IKEDA	Yoshitaka TAKAHASHI
Hiroyuki SHIMIZU	Masanobu JUTORI

近畿中国四国農業研究センター研究資料 第8号

(平成23年3月)

目 次

遺伝子組換えコムギの生物多様性影響評価のための事例報告 —日本に自生するコムギ連植物との交雑性— 高田兼則	1
島根県斐川町の低湿地転換畑でのオオムギ跡ヒマワリ作における 土着AM菌の感染の実態 花野義雄・井上久義・佐藤泰一郎・成岡 市	9

MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No. 8 March 2011

CONTENTS

Case Study for Biological Diversity Risk Assessment of Genetically
Modified Wheat
—The Cross-Compatibility Between Wheat and Indigenous Species
of Genus *Triteceae* in Japan—
Kanenori TAKATA 1

Behavior of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Converted Paddy Fields
under Sunflower-Barely Cropping System on Hikawa Town
in Shimane Prefecture 9
Yoshio HANANO, Hisayoshi INOUE, Taiichirou SATOU
and Hajime NARIOKA

〔 近中四農研資 8 〕
〔 1 - 7 (2011) 〕

遺伝子組換えコムギの生物多様性影響評価のための事例報告

—日本に自生するコムギ連植物との交雑性—

高田兼則

Key words: コムギ, 遺伝子組換え, 近縁野生植物, 生物多様性, カルタヘナ法

目 次

I 緒 言	1	V 摘 要	5
II コムギ属の野生種	2	謝 辞	5
III コムギの近縁野生種	2	引用文献	5
IV コムギとの交雑親和性	3	Summary	7

I 緒 言

遺伝子組換え生物の使用による生物多様性への悪影響を防止することを目的として「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書」が2000年に国連で採択された。これを受けて我が国では2003年に「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」（カルタヘナ法）が成立した。カルタヘナ法においては、遺伝子組換え生物等の使用等に係る措置として、「第一種使用等（環境中への拡散を防止する措置を執らざりて行う使用等）」及び「第二種使用等（環境中への拡散を防止する措置を執りて行う使用等）」が規定されている。すなわち評価の対象となる遺伝子組換え植物と交雑可能な野生植物が、第一種使用等を行う環境下で生育している場合に、交雑性に起因する生物多様性への影響が生ずるおそれの

有無を判断しなければならない。そのため評価者（申請者）は、生物多様性影響評価項目のうち交雑性に起因する生物多様性影響評価を行うにあたって、当該組換え植物の宿主と国内に生育する宿主の近縁野生植物の生理・生態学的特性等に関する情報を収集し、それらに基づき、第一種使用等を行う環境下における宿主とその近縁野生植物との交雑の可能性について検討する必要がある。さらに、交雑可能な野生植物が存在する場合、当該組換え植物に移入された核酸がそれらに浸透していく可能性があるため、それらを「影響を受ける可能性のある野生植物」として特定することとなる。

現在、日本において使用場所、使用期間を特定しない一般使用や隔離圃場を使用する第一種使用等に対応する遺伝子組換えコムギの試験は行われていないが、閉鎖系温室等を使用した第二種使用等に対応する研究は実施されている。また、海外ではまもなく遺伝子組換えコムギの商業栽培が開始されようと

していることから、我が国においても第一種使用等を行う環境下での生物多様性評価の調査を進めておく必要がある。

本研究の目的は、遺伝子組換えコムギの生物多様性影響評価において、第一種使用等を行う環境下での交雑性に起因する生物多様性への影響が生じるおそれの有無を判断するために、文献調査等を通じて我が国におけるコムギの野生種や関連する植物種の有無を明らかにし、それらとコムギとの交雑の可能性についての事例を明示することである。

II コムギ属の野生種

日本で商業的に栽培されているコムギは普通系コムギ (*Triticum aestivum* L. 染色体数 $2n=6x=42$ ゲノム構成AABBDD) (6倍体コムギ, パンコムギとも呼称される) だけである。普通系コムギは栽培種のみで野生種は存在しない。我が国での栽培は行われていないがコムギ属の他の栽培種には4倍体のデュラムコムギ (*T. turgidum* $2n=4x=28$, AABB) や2倍体のヒトツブコムギ (*T. monococum* $2n=2x=14$, AA) などがあり、これらには野生種が存在する。しかし、コムギの起源地である中近東から

遠方に位置する日本には2倍体や4倍体コムギの野生種は自生しない。また、普通系コムギは、4倍体コムギと野生種のタルホコムギ *T. taushii* ($2n=2x=14$, DD) (= *Aegilops squarrosa*) との交雑によって成立した植物種であるが、タルホコムギも日本には自生しない。以上のことから、日本にはカルタヘナ法の対象となるコムギ属の野生種は自生していない。

III コムギの近縁野生種

コムギ属 (*Triticum*) はコムギ連 (*Triticeae*) に属し、コムギ属のほかにライ麦属 (*Secale*)、オオムギ属 (*Hordeum*) やエギロプス属 (*Aegilops*) をはじめとする多数の属からなり、これらの野生種や近縁野生種は従来からコムギの遺伝資源として利用されてきた経緯がある。コムギ連植物は多数の属、種からなるため所属する属、種の分類が未だに定まっていなかったものもある。そこで、本報告では日本に自生するコムギ連植物を長田武政著「日本イネ科植物図譜」¹⁾ をもとに「Plant Genetics/Genomics Volume7 Genetics and Genomics of the Triticeae」²⁾ の分類を参照して決定した。さらに、その地域に固

第1表 日本に自生するコムギ連植物 (日本イネ科植物図譜等参照)

和名	学名	分布地域	染色体数	ゲノム構成	備考
エゾムギ属 アオカモジグサ	<i>Elymus racemifer</i> (= <i>Elymus ciliaris</i>)	北海道～九州・沖縄, (中国)	$2n=28$	4倍体 StStYY	
タチカモジグサ ¹⁾ イヌカモジグサ	<i>Elymus racemifer</i> var. <i>japonesis</i> <i>Elymus gmelinii</i> var. <i>tenuisetus</i>	本州・四国・九州の丘陵地 長野県高地草原に極めて稀 (西シベリア～中国)	$2n=28$	4倍体 StStYY	
イブキカモジグサ	<i>Elymus caninus</i>	伊吹山特産/帰化種(安土桃山時代) (ヨーロッパ～シベリア)	$2n=28$	4倍体 StStHH	
エゾカモジグサ コウリョウカモジグサ ¹⁾ エゾムギ	<i>Elymus yezoensis</i> <i>Elymus yezoensis</i> var. <i>koryoensis</i> <i>Elymus sibiricus</i>	北海道・本州中部地方, (朝鮮北部・中国北部) 帝釈峡, (朝鮮中部) 北海道・長野県に稀	$2n=28$	4倍体 StStYY 4倍体 StStHH	絶滅危惧IA類 絶滅危惧IA類
オニカモジグサ カモジグサ ¹⁾ タカネエゾムギ ハマムギ	<i>Elymus tsukushiensis</i> <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> <i>Elymus yubarikensis</i> <i>Elymus dahuricus</i>	福岡県の一部 北海道～九州・沖縄, (中国・朝鮮) 夕張岳特産 北海道・本州・九州の海岸, (朝鮮～シベリア)	$2n=42$ $2n=28$ $2n=28, 42$	6倍体 StStYYHH 4倍体 StStYY 4倍体 StStYY 6倍体 StStYYHH	絶滅危惧IA類 絶滅危惧IA類
ヤマムギ ¹⁾ ミズタカモジ	<i>Elymus dahuricus</i> var. <i>villosulus</i> <i>Elymus humidus</i>	北海道・本州中部地方 本州・九州, (中国)	$2n=42$	6倍体 StStYYHH	絶滅危惧II類
テンキグサ属 テンキグサ	<i>Leymus mollis</i>	北海道・本州・九州の海岸 (極東ロシア～北米)	$2n=28$	4倍体 NNXX	
アズマガヤ属 アズマガヤ イワタケソウ	<i>Histrix longe-aristata</i> <i>Histrix japonica</i>	北海道～九州, 朝鮮北部 本州・四国・九州の産地に稀	$2n=28$	4倍体 StHorN	

ゲノム構成はPlant Genetics/Genomics Vol. 7 Genetics and Genomics of the Triticeae参照

1) 自生種の変種として分類

有の野生動植物種を対象とするカルタヘナ条約の主旨にもとづき、帰化植物のうち比較的導入時期が新しい幕末期以降の植物種は、調査対象から除外した。

その結果、日本に自生するコムギ連植物種はエゾムギ属 (*Elymus*)、テンキグサ属 (*Leymus*)、アズマガヤ属 (*Histrix*) の3属に含まれた (第1表)。日本のエゾムギ属植物はStH, StY, StHYの2または3種のゲノムからなる4倍体または6倍体種で、アオカモジグサ (*Elymus racemifer*)、タチカモジグサ (*Elymus racemifer* var. *japonesis*)、イヌカモジグサ (*Elymus gmelinii* var. *tenuisetus*)、イブキカモジグサ (*Elymus caninus*)、エゾカモジグサ (*Elymus yezoensis*)、コウリョウカモジグサ (*Elymus yezoensis* var. *koryoensis*)、エゾムギ (*Elymus sibiricus*)、オニカモジグサ (*Elymus tsukushiensis*)、カモジグサ (*Elymus tsukushiensis* var. *transiens*)、タカネエゾムギ (*Elymus yubaridakensis*)、ハمامギ (*Elymus dahuricus*)、ヤマムギ (*Elymus dahuricus* var. *villosulus*)、ミズタカモジ (*Elymus humidus*) の13種 (変種含む) からなる。テンキグサ属 (別名ハマニンク属) はNXゲノムの4倍体種でテンキグサ (*Leymus mollis*) 1種がある。ゲノム構成が明確になっていないアズマガヤ属にはアズマガヤ (*Histrix longe-aristata*) とイワタケソウ (*Histrix japonica*) の2種が含まれる。

第1表に記載した分布地域は「日本イネ科植物図譜」から抜粋したもので、1989年以前の情報である。近年、日本各地でエゾムギ属植物の採集を行った山形大学笹沼准教授からの私信を含め2009年時点での大まかな分布状況は以下の通りである。アオカモジグサ、カモジグサは北海道を除く日本各地の草地、路傍に普通に見られる。エゾカモジグサは北海道の平地・雑木林で見られる。ミズタカモジは水田や用水路にわずかに認められ絶滅危惧種Ⅱ類に指定されている。ハمامギは北海道の海岸、テンキグサ属のテンキグサは北海道から本州にかけての海浜で比較的頻繁に見られる。現在では環境省レッドデータ絶滅危惧種に指定されている種もあり、希少種の現在の分布状況については不明である。

Ⅳ コムギとの交雑親和性

前述の通り、日本には調査対象となる種間交雑が可能なコムギ属植物は自生しないが、コムギ連内には遠縁の3属に含まれる植物種が自生している。そこで、上記の植物種と普通系コムギとの交雑親和性について調査を行った。これまでにコムギと交雑実験が行われている植物種として、アオカモジグサ^{3,4)}、カモジグサ⁴⁾、エゾカモジグサ^{3,4)}、ミズタカモジ⁴⁾、ハمامギ^{5,6)}、イブキカモジグサ⁷⁾、テンキグサ^{8,9)}、エゾムギ¹⁰⁾、イヌカモジグサ¹¹⁾ が確認された。こ

第2表 コムギと近縁野生種の交配試験に関する報告

使用された近縁野生種と交配組合せ	採集地	胚培養の有無	引用文献
アオカモジグサ <i>E. ciliaris</i> /T. <i>aestivum</i>	中国	有	Theor. Appl. Genet. 66 (1983) ³⁾
	日本	有	Proc. 6th Wheat Genetic Symp. (1983) ⁴⁾
カモジグサ <i>E. tsukushiensis</i> /T. <i>aestivum</i>	日本	有	〃
エゾカモジグサ <i>E. yezoensis</i> /T. <i>aestivum</i>	日本	有	〃
	中国	有	Theor. Appl. Genet. 66 (1983) ³⁾
ミズタカモジ <i>E. humidus</i> /T. <i>aestivum</i>	日本	有	Proc. 6th Wheat Genetic symp. (1983) ⁴⁾
ハمامギ <i>E. dahuricus</i> /T. <i>aestivum</i>	中国	有	Genome 29 (1987) ⁵⁾
	日本	有	育種学研究2 別2 (2000) ⁶⁾
イブキカモジグサ <i>E. caninus</i> /T. <i>aestivum</i>	不明	有	Theor. Appl. Genet. 71 (1986) ⁷⁾
テンキグサ <i>T. aestivum</i> /L. <i>mollis</i>	米国	有	Euphytica 93 (1997) ⁸⁾
	日本	有	育種学研究2 別1 (2000) ⁹⁾
エゾムギ <i>E. sibiricus</i> /T. <i>aestivum</i>	ドイツ	不明	Nauch-techn. Bull. VSGI (Odessa) 2 (1992) ¹⁰⁾
イヌカモジグサ <i>E. gmelinii</i> /T. <i>aestivum</i>	デンマーク	不明	Hereditas 116 (1992) ¹¹⁾

のうち、アオカモジグサ、カモジグサ、エゾカモジグサ、ミズタカモジ、ハママギおよびテンキグサでは国内の自生種が用いられていた(第2表)。文献調査の結果からは、国内に自生する16種全てでの交雑実験は確認できなかったが、ゲノム構成からはアズマガヤを除くStH, StY, StHY, NXとコムギABDとの間での交雑が行われていた。

雑種作成の手法が確認できた交配では、いずれも胚培養によってF₁雑種植物を得ており、胚培養を行わない場合に発芽能力のある着粒種子は得られていない(第2表)。これらのうち、交配結果が示されている報告^{3, 8, 12)}についての抜粋を第3表に示した。エゾムギ属ではアオカモジグサ、エゾカモジグサ、カモジグサを用いた交配においてコムギを花粉親に使用した場合には着粒が得られていた。一方、

コムギを種子親としたアオカモジグサおよびエゾカモジグサとの交配では着粒は得られていなかった。また、これらの交配およびテンキグサ属のテンキグサとコムギとの交配では、いずれも胚培養によって再分化個体を得られている。第4表には著者が過去に行った交配実験の結果(第2表の育種学研究2(別2)を含む)を示した。着粒率は0~41%で、既報と同様に交配後14日前後に雑種胚を摘出し、胚培養を行うことにより雑種個体を得た。着粒種子はいずれも胚乳を形成せず液状であり、そのまま経過すると萎縮して発芽能力のない不完全種子(しいな)となる。

第5表には、コムギとエゾムギ属植物のF₁雑種における減数分裂第一分裂中期の染色体対合の頻度について示した^{3, 4, 6, 14)}。F₁雑種における染色体対

第3表 既報におけるコムギ近縁野生種とコムギとの遠縁交雑の結果

種子親	花粉親	交配 小花数	着粒率 (%)	培養 胚数	発芽率 (%)	再分化数	引用 文献
アオカモジグサ	コムギ	762	21.7	149	38.3	24	12)
カモジグサ	コムギ	369	2.2	8	37.5	2	
アオカモジグサ	コムギ	214	18.0	6		1	3)
コムギ	アオカモジグサ	350	0.0				
エゾカモジグサ	コムギ	210	15.4	9		5	
コムギ	エゾカモジグサ	227	0.0				8)
コムギ	テンキグサ	737		34		31	

第4表 コムギと近縁野生種との交配結果

種子親	花粉親	交配 小花数	着粒数 (%)	培養胚数	再分化 個体数
ミズタカモジ	コムギ	159	21(13.2)	14	6
コムギ	ミズタカモジ	38	0(0.0)	0	0
エゾカモジグサ	コムギ	74	24(32.4)	23	0
アオカモジグサ	コムギ	168	69(41.1)	55	8
ハママギ	コムギ	250	37(14.8)	32	15
コムギ	テンキグサ	716	1(0.1)	1	0

注：1998年~2001年に著者が行った結果。

第5表 コムギとエゾムギ属植物のF₁雑種における減数分裂第一分裂中期の染色体対合

エゾムギ属植物名	染色体数 (2n=)	染色体対合					引用 文献
		一価染色体	棒状二価染色体	環状二価染色体	二価染色体合計	三価染色体	
アオカモジグサ	35	33.85			0.56	0.01	4)
アオカモジグサ	35	26.18	3.84	0.41	4.25	0.11	3)
エゾカモジグサ	35	33.54	0.73	0.00	0.73	0.00	
カモジグサ	42	40.37	0.80	0.01	0.81		14)
ハママギ	42	37.16	1.91	0.41	2.32	0.09	6)

合は大部分が対合していない一価染色体であり、二価染色体数は細胞当たり0.56~4.25と低く、その多くが片側の染色体腕のみで対合が起こった棒状二価染色体であった。低頻度ながら観察された環状二価染色体やⅢ価染色体は、これまでの研究における染色体対合頻度からコムギ属ゲノム間およびエゾムギ属ゲノム間の同祖染色体間の対合と結論づけられており、コムギおよびカモジグサの染色体間での対合の可能性は低い。

アズマガヤ属についてはコムギとの交雑試験についての文献はなかったが、アズマガヤ属のアズマガヤとエゾムギ属のアオカモジグサおよびエゾカモジグサとの交雑試験が報告されていた¹³⁾。報告によると、胚培養によってF₁雑種を得ているが、減数分裂の観察がなされたアズマガヤとアオカモジグサとのF₁雑種では染色体数が不安定で、ゲノム間の同祖性も低く、F₁雑種が不稔であることからアズマガヤとアオカモジグサは遠縁の植物種であると結論づけている。この結果は、エゾムギ属植物とコムギとの交配結果よりも細胞遺伝学的に不安定性が増していることを示している。以上のことから、コムギとアズマガヤとの自然交雑および雑種成立の可能性は他のコムギ連植物と同様に起こりえないと考えられる。

V 摘 要

日本にはコムギと交雑可能なコムギ属植物は自生していない。コムギ属やコムギ近縁野生種を含むコムギ連ではエゾムギ属、テンキグサ属、アズマガヤ属の3属16種の植物種が日本に自生している。交雑試験の報告からは、これら16種のコムギ連の近縁野生種とコムギ間での自然交雑の可能性は極めて低く、仮に交雑が起こりえたとしても人為的に交雑胚を摘出して胚培養を行わない限りF₁雑種が成立することはないと考えられた。また、コムギとコムギ連の近縁野生種とのゲノムの親和性は低く、コムギからこれら近縁野生種への遺伝子移入は自然条件下では考えられない。以上のことから、日本において遺伝子組換えコムギが第一種使用等を行う環境下で

の交雑性に起因する生物多様性への影響が生じるおそれはないと考えられる。

謝 辞

本報告をとりまとめるにあたり、山形大学笹沼准教授から近年の日本のコムギ連植物の分布状況について情報をいただいた。ここに記して謝意を表す。本研究は農林水産省の「遺伝子組換え生物の産業利用における安全性確保総合研究」のもとに実施された。

引用文献

- 1) 長田武政 1993. 日本イネ科植物図譜. 平凡社, 東京. 402-435.
- 2) M.E. Barkworth and R. von Bothmer 2009. Scientific names in *Triticeae*. Ed. C. Feuillet and G.J. Muehlbauer, Plant Genetics/Genomics Volume7 Genetics and Genomics of the *Triticeae*. Springer, New York. 3-30.
- 3) H.C. Sharma and B.S. Gill 1983. New hybrids between *Agropyron* and Wheat. *Ther. Appl. Genet.* 66 (2): 111-121.
- 4) M. Muramatsu, S. Kaneta, R. Ikeda, T. Uetsuki and K. Takahashi 1983. Hybridization of Japanese indigenous *Agropyron* (*Roegneria*) species with hexaploid wheat and cytogenetics of some of the F₁, BF₁ and amphiploid plants. 1983. *Proc. 6th Intern. Wheat Genet. Symp.* 1041-1048.
- 5) Y. Yang and D. Liu 1987. Production, morphology, and cytogenetics of intergeneric hybrids of *Elumus* L. species with *Triticum aestivum* L. and their backcross derivatives. *Geneome* 29 (5): 689-694.
- 6) 高田兼則, 西尾善太, 桑原達雄 2000. コムギとヒメカモジグサおよびハمامギとの属間雑種の作出. *育種学研究* 2 (別2): 334.
- 7) H.C. Sharma and P.S. Baenziger 1986. Produc-

- tion, morphology, and cytogenetic analysis of *Elymus caninus* (*Agropyron caninum*) x *Triticum aestivum* F₁ hybrids and backcross-1 derivatives. Theor. Appl. Genet. 71 (5): 750-756.
- 8) K. A-Jonsson, S.K. Bodvarsdottir, B. Th. Bragason, J. Gudmundsson, P.K. Martin and R.M.D. Koebner 1997. Wide hybridization between wheat (*Triticum* L.) and lymegrass (*Leymus* Hochst.) Euphytica 93 (3): 293-300.
- 9) 岸井正浩, 長岐清孝, 辻本 壽, 笹隈哲夫 2000. コムギ育種遺伝資源としての四倍生レイムス属の細胞遺伝学多様性. 育種学研究2 (別1): 263.
- 10) V.K. Simonenko and I.I. Motsny. 1992. Hybridization of bread wheat with different incomplete wheat-*Elymus* hybrids. Nauch-techn. Bull. VSGI (Odessa) 1 (81): 14-18. (Russian).
- 11) R. Franke, R. Nestrowicz, A. Senula and B. Staat 1992. Intergeneric hybrids between *Triticum aestivum* L. and wild Triticeae. Hereditas 116: 225-231.
- 12) M. Muramatsu, N. Tamura, H. Uno, N. Kuioi, T. Kudo, S. Shiota, M. Yamaguchi, K. Ohe, K. Hijiya, H. Tsutsumi, M. Sorai, N. Kashino, T. Ohta and T.T. Vu 1992. Cross-compatibility of Triticeae species indigenous to Japan and cytogenetics of F₁ hybrids. Hereditas 116: 263-269.
- 13) M. Muramatsu 2001. Features of the F₁ hybrids of *Hystrix longe-aristata* and two Japanese *Elymus* species. Hereditas 135: 115-118.
- 14) 高橋克宗, 村松幹夫 1981. カモジグサ (*Agropyron tsukushiense*) とコムギのF₁雑種について. 育種学雑誌31 (別1): 116-117.

Case Study for Biological Diversity Risk Assessment of Genetically Modified Wheat

—The Cross-Compatibility Between Wheat and Indigenous Species
of Genus *Triteceae* in Japan—

Kanenori TAKATA

Summary

There are not indigenous species of genus *Triticum* in Japan. *Triticum* belongs to tribe *Triticeae*. For *Triteceae*, sixteen species in three genera of *Elymus*, *Leymus* and *Histrix* grow in Japan. It was impossible to naturally cross between wheat and them as described the previous reports for wide hybridization. It was reported that F₁ hybrid plants were only regenerated by the embryo rescue technique. Homology between wheat and the wild species was very low from observed chromosome pairing at metaphase I of meiosis in the F₁ hybrids. It suggested that gene introgressions were not occurred from wheat to wild species in natural condition. The results suppose that the genetic recombinant wheat does not influence to biological diversity through natural cross under the procedure of type 1 use (the use of living modified organisms without preventive measures against their dispersal into environment) in Japan.

〔 近中四農研資 8 〕
9 - 23 (2011) 〕

島根県斐川町の低湿地転換畑でのオオムギ跡ヒマワリ作における 土着 AM 菌の感染の実態

花野義雄¹・井上久義¹・佐藤泰一郎²・成岡 市³

Key words: 低湿地転換畑, ヒマワリ, オオムギ, AM 菌, 排水改善, バイオマス

目 次

I 緒 言	9	2) ヒマワリの生育調査	18
II 斐川町内圃場の AM 菌感染の実態	10	3) AM 菌の感染状況	18
1 調査地区	10	3 結果及び考察	18
2 調査方法	12	1) 作土内の水位変化	18
3 結果及び考察	13	2) ヒマワリの生育状況	19
1) 斐川町内圃場の AM 菌感染状況	13	3) AM 菌の感染状況	20
2) 感染不良の原因についての考察	14	IV ま と め	21
III 試験圃場内の土着 AM 菌の消長	16	V 摘 要	22
1 調査地区	16	謝 辞	22
2 調査方法	18	引用文献	22
1) 作土内の水位変化	18	Summary	24

I 緒 言

石油などの化石資源は有限である上に、それらを燃焼することによる大気中の二酸化炭素濃度の上昇が今日の地球温暖化現象の原因の一つと考えられる。このため、化石資源に代わるエネルギー資源を創出することが世界的に重要な課題となっている。このような背景の下、わが国でもバイオマスの利活

用に注目が集まり、転換畑を活用したナタネやヒマワリ等の油料作物の栽培が進められるようになってきている¹²⁾。

近畿中国四国農業研究センター中山間耕畜連携・水田輪作研究チーム（バイオマス利用グループ）は、2006年度より油料作物を導入したバイオマス資源地域循環システムの構築を目的とした研究に取り組んでいる。そのなかで、ヒマワリ-オオムギ作を主体とする水田転換作付を推進している島根県斐川町

（平成22年11月22日受付，平成23年2月14日受理）

- 1 中山間耕畜連携・水田輪作研究チーム，バイオマス利用グループ
- 2 高知大学農学部
- 3 三重大学生物資源学部

(第1図)を対象として調査・研究を実施している。筆者らは、ヒマワリーオオムギ作体系において安定したヒマワリ生産を可能とする管理技術の確立を目指して、排水技術の改善とAM菌(Arbuscular Mycorrhizal Fungi)の高度利用技術の開発に取り組んだ。排水技術については井上ら⁶⁾が既に報告した。ここでは、AM菌の高度利用技術の開発について報告する。

AM菌は植物根内に菌糸(内生菌糸)を伸ばし、根の細胞内に樹枝状体(arbuscule)や嚢状体(vesicule)と呼ばれる器官を形成し、土壤中の菌糸(外生菌糸)により集めた養分や水と宿主植物の代謝生産物とを交換して生活する絶対共生菌として知られている²⁴⁾。

AM菌はアブラナ科やアカザ科などの植物を除く地球上の被子植物の80%に共生し²⁴⁾、なかでも、ネギ類、豆類やヒマワリなどによく共生する^{11,22)}。

AM菌の共生に伴う効果としては、リンなどの栄養分の吸収増加による宿主作物の成長促進が挙げられる^{9,10,23,27)}。また、AM菌が植物の耐乾性を改善する作用を持つことも知られている¹⁾。たとえば、AM菌の共生により宿主植物の水分生理が変化して根内での水流抵抗が40%低下し、水分移送能力が増大すること、低水分時にも気孔を閉じずに維持できるようになることなどの特徴が明らかにされている²⁰⁾。加えて、宿主の病害抵抗性の上昇についてもAM菌の効果が確認されている^{4,13)}。さらに、AM菌は外生菌糸を広く土壤中に進展させ、土壌の一次粒子を互いに結合させて微細団粒を形成し、さらに微

細団粒の安定化を促進することによって粗大団粒形成に大きな役割を果たすことも知られている^{8,15,16,28)}。

AM菌に関するこれまでの研究は、黒ボク土などの畑地を対象であり¹⁰⁾、水田転換畑を対象とする報告は見られない。しかし、転換畑の利活用が求められる中、AM菌の機能を活用した転換畑の生産環境の改善は転換畑の利活用にも大きく貢献すると考えられる。すなわち、水田跡の土壌は代掻き等の影響によって土壌構造が消滅していることが常態であり、AM菌の団粒化機能を活用することによってより迅速に土壌構造の畑地土壌化を進めることができる。また、AM菌の栄養分吸収機能により施肥量を減らした減肥栽培が推進される。このように、AM菌を活用することによって環境保全を重視した水田の転換畑利用が期待されることから、AM菌の実態解明と活性化方策の確立が求められている。

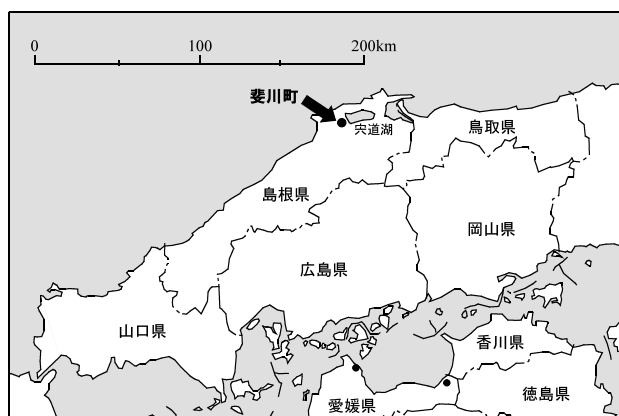
そこで、ヒマワリと共生しやすい¹¹⁾AM菌の諸機能を活用した栽培技術を確立するために、本報告では、2002年度からヒマワリーオオムギ作体系を行っている斐川町の低湿地転換畑における作物へのAM菌感染の実態について調査した結果について述べる。

II 斐川町内圃場のAM菌感染の実態

1 調査地区

対象とした島根県斐川町は宍道湖西岸に位置し、宍道湖と斐伊川に囲まれた低湿地水田地域で(第2図)、年平均降雨量は約1,500mmである。町の北側および南側を中心に標高200~500m程度の山々に囲まれ、西側(出雲方面)に開けた地形である。

斐川町では、1977年から1992年にかけて圃場の大区画化(0.5~1.0ha)と汎用農地化を目指して圃場整備および灌漑排水事業が行われ、ダイズ、ハトムギ、ネギ作等を中心として畑転換が進められてきた。2002年にはヒマワリーオオムギ作体系が導入され、特に新たな作物としてのヒマワリ作が町を挙げて推進されている。しかし、この地域は、排水が悪く、第1表に示すように約30haでヒマワリが栽培されているものの、搾油可能部分の収量は、世界的には



第1図 島根県斐川町の位置



第2図 高根県斐川町内の調査地区

第1表 斐川町におけるヒマワリの栽培面積と収量

年次	2002	2003	2004	2005	2006
栽培面積 (ha)	15.0	20.0	30.0	33.5	33.1
生産量 (t)	8.1	7.7	8.4	7.9	8.1
単収 (kg/10a)	54.0	38.5	28.0	23.6	31.2

収量は、採油可能部分（種子部分）の値。

J A 斐川、営農組合および斐川町の間で開催されるヒマワリ栽培確立会議の資料より引用。

第2表 斐川町調査地区の作土の理化学性

	瑞穂		福富		土手町	
	排水側	用水側	排水側	用水側	排水側	用水側
pH	7.4	7.2	6.0	6.5	6.8	6.9
可給態P mgP ₂ O ₅ /100g	115	103	19.1	26.1	36.1	35.8
交換性K mg/100g	95.5	88.2	23.2	26.7	15.8	15.5
交換性Mg mg/100g	75.6	57	24.6	24.0	7.1	7.0
交換性Ca mg/100g	974	673	272	292	221	213
Mg : K比 当量比	1.8	1.5	2.5	2.1	1.0	1.0
Ca : Ma比 当量比	9.3	8.5	8.0	8.7	22.5	21.9
石灰飽和度 %	119.8	119.5	72.7	80.7	117.2	105.3
塩基飽和度 %	139.7	142.9	85.5	94.3	127.4	114.6
リン酸吸収係数 CEC me/100g	921	744	606	562	319	333
透水係数 cm/s	29	20.1	13.4	12.9	6.7	7.2
乾燥密度 Mg/m ³	7.5 × 10 ⁻⁷	6.7 × 10 ⁻⁶	5.2 × 10 ⁻³	1.4 × 10 ⁻³	1.4 × 10 ⁻²	8.7 × 10 ⁻³
土性	1.28	1.20	1.00	1.15	1.07	1.13
	Loam		Sandy Loam		Sandy Loam	

2006年にオオムギを収穫後採取した土壌を用いた。福富は6月24日、土手町、瑞穂は6月14日に深さ10cmより採取した試料を1点ずつ分析。

分析は十勝農協連農産科学研究所に依頼した。

150~200kg/10a¹⁹⁾とされる中で30~40kg/10a程度に過ぎない。

斐川町内においてヒマワリーオオムギ作体系を導入している3つの地区(瑞穂, 土手町, 福富地区)で転換畑圃場を選定して調査した(第2図)。各地区の土層断面は別報⁶⁾で詳述したが, その理化学性について第2表に示す。

斐川町東部の宍道湖畔に位置する瑞穂地区は, 1963年に宍道湖底土を客土したため作土に粘土分が多く, 土性は壤土(Loam)で透水性が低い。一方, 北部の斐伊川河畔に位置する土手町地区は, 80%以上が砂分で土性は砂壤土(Sandy Loam)である。福富地区は斐川町中央付近に位置し, 他の地区に比べて砂, シルト, 粘土のバランスがとれている砂壤土(Sandy Loam)である。

2 調査方法

上記3地区の調査圃場から, ヒマワリについては着蕾期, 開花期, 収穫後に, オオムギについては出穂期, 稔実期(乳熟期または糊熟期), 収穫後にそれぞれ根のサンプリングを行い, AM菌の孢子密度, 感染率を計測した。すなわち, 対象とするヒマワリまたはオオムギの株を根ごとスコップで掘り起こし, 根周辺の土壌を集めて孢子密度測定用の土壌サ

ンプルとした。その後, 根を水道水でよく洗い土を落とした後, 根を切り集め感染率測定用のサンプルとした。また, 孢子密度測定用の土壌サンプルを用いて土壌中のリン酸濃度を計測した。さらに, 開花時期などでは水洗した根の主根長も併せて計測した。なお, 孢子数, 感染率, 主根長などの計測に用いたサンプル数は各区3検体ずつとした。

調査は2005年から2008年にかけて行った。各調査圃場における調査日並びに調査項目を第3表に示す。調査にあたっては, ヒマワリ収穫後のオオムギ栽培時における土壌中のリン酸含量とヒマワリ前作の影響を知るため, 標準施肥, リン減肥(リン約30%減肥), 前作ヒマワリ無しの3区を設けてAM菌の感染の相違を調査した。なお, ヒマワリの栽培にあたっては, 播種前に堆肥を1.5t/10a投入し, 播種時に元肥としてアラジン444(N14, P14, K14)を40kg/10a, 追肥として硫安(N21)を10kg/10aそれぞれ施肥した。一方, オオムギの栽培では, 播種前に2.0t/10aの堆肥を投入し, 播種時に元肥としてアラジン444を40kg/10a, 追肥として硫安を20kg/10a, 穂肥としてアラジン403(N14, P10, K13)を20kg/10aそれぞれ施肥した。オオムギの栽培ではこれを標準施肥として, リン減肥区では元肥をアラジン444に代えてアラジン403を40kg

第3表 斐川町におけるAM菌の調査

測定日 月 日	2005年			2006年						2007年					2008年			
	8月 2日 ヒマワリ 着蕾期	10月 18日 ヒマワリ 収穫後	11/10 播種	3月 7日 オオムギ 出穂期	4月 20日 乳熟期	5月 8日 糊熟期	6月 6日 オオムギ 収穫後	7月 31日 ヒマワリ 着蕾期	8月 16日 開花期	10月 12日 ヒマワリ 収穫後	4月 4日 オオムギ 出穂期	4月 23日 糊熟期	6月 8日 オオムギ 収穫後	8月 2日 ヒマワリ 着蕾期	8月 16日 開花期	4月 7日 オオムギ 出穂期	5月 1日 乳熟期	5月 27日 オオムギ 収穫後
地区名	瑞穂			福富						土手町								
時期	標準施肥 リン減肥 ヒマワリ無し			標準施肥						標準施肥 リン減肥 ヒマワリ無し								
調査項目	◎	△		◎	◎	□	◎	◎	○	◎	◎	□	◎	◎	□	□	□	△

表中の印は表上部の日付に調査したことを示す。測定項目は以下の通り。

- ◎: 感染率, 孢子密度, リン酸含量の計測
- : 感染率, 孢子密度の計測
- : 孢子密度, リン酸含量の計測
- △: 孢子密度のみ計測

オオムギ栽培時の標準施肥およびヒマワリ無し圃場は, 元肥アラジン444(14, 14, 14)40kg/10a, 追肥 硫安20kg/10a, 穂肥アラジン403(14, 10, 13)20kg/10a

減肥区は, 元肥をアラジン403(14, 10, 13)40kg/10a(他は同じ)としてリンを約30%減肥している。

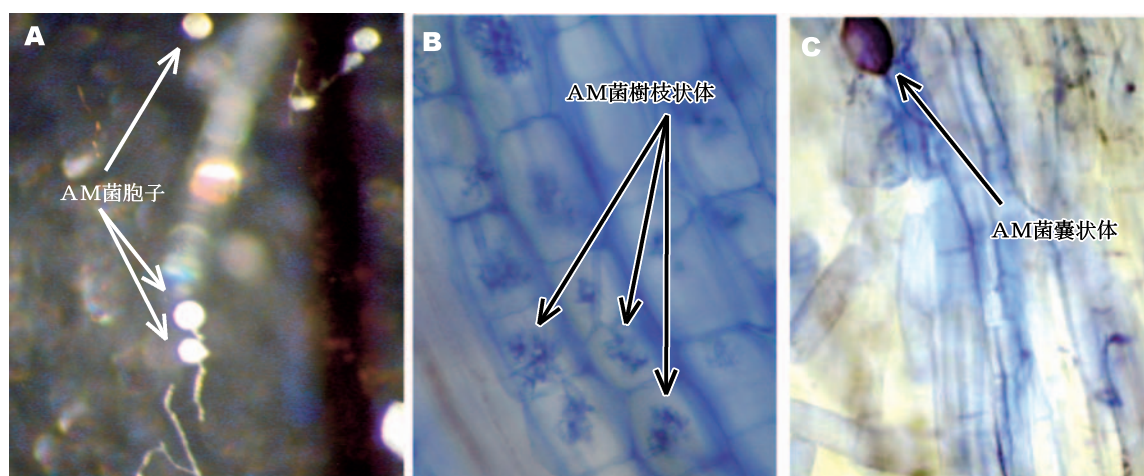


写真1 観測されたAM菌の状態

処理・染色後の根に感染したAM菌の状態を示す。Aは孢子，Bは樹枝状体，Cは嚢状体をそれぞれ表す。

/10 a 施肥した。なお、栽培に用いたヒマワリの品種は、ハイブリッドサンフラワー、オオムギはアサカゴールドであった。各地区での栽培経過（播種日、収穫日など）を第3表にまとめて示す。

AM菌の孢子密度、感染率およびリン酸濃度については以下のような方法で測定した。

(1) AM菌孢子密度¹⁴⁾

土壌サンプル20 gを水中でよく攪拌・分散して上澄みを53 μ m篩にあける作業を繰り返すことによって、篩上に土壌サンプル中の孢子を集め、さらにその試料を、550-gで5分間遠心分離して孢子を取り出し、実体顕微鏡でその数を計測した(写真1-A)。

(2) AM菌感染率¹⁸⁾

トリパンブルーで染色した試料根をスライドガラスの短辺に対して平行になるように無作為に並べ、生体顕微鏡で根を観察した。視野の中心と根が交差したときに染色された内生菌糸、樹枝状体(写真1-B)、嚢状体(写真1-C)の有無を確認・計測し、各構造物のカウント数の根の総交点に対する百分率を求め、感染率(%)とした。

(3) 土壌中リン酸濃度

土壌中の可給態リン酸濃度は、土壌サンプル中のリン酸を硫酸を用いて抽出し、抽出液の吸光度を分

光光度計によって計測するトルオーグ法⁵⁾により測定した。

3 結果及び考察

1) 斐川町内圃場のAM菌感染状況

第4表に2005年から2008年のAM菌孢子密度の変化を、第5表に同期間中のAM菌感染率の推移を示す。

斐川町圃場でのAM菌の感染率は極めて低く、オオムギへの感染はほとんど見られなかった。同時に、施肥条件の相違による孢子数の違いやAM菌感染率の違いもまったく観察することができなかった。

土壌中のAM菌の孢子密度は年によるバラツキが多いが、ヒマワリでは生土20 gあたり30~60個程度であった。なお、2007年の瑞穂地区では300個を超える孢子が認められた。オオムギでは、収穫後には瑞穂地区で200個以上見られる場合が多く見られた。なお、感染率が非常に高いトウモロコシの場合でも生土20 gあたり30~40個程度¹⁰⁾であったことを考えると、本調査におけるAM菌孢子密度はかなり高い値であった。

一方、AM菌の感染率は、感染しやすいといわれるヒマワリにおいても、福富地区で2006年に約25%であった以外はほとんどが10%以下で、AM菌の感染は極めて低かった。なお、AM菌の感染率は、ヒマワリでは約80%¹⁰⁾、トウモロコシでは90%¹⁰⁾を

第4表 斐川町圃場のAM菌胞子密度

年 月日 生育時期	2005年						2006年															
	8月2日		10月18日		3月7日		4月20日		5月8日		6月6日		7月31日		8月16日		10月12日					
	ヒマワリ着雷		ヒマワリ収穫後		オオムギ出穂期		オオムギ乳熟期		オオムギ糊熟期		オオムギ収穫後		ヒマワリ着雷期		ヒマワリ開花期		ヒマワリ収穫後					
地区名	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し				
瑞穂	27.0	7.0	50.0	27.0	69.0	27.0	2	59.5	33.7	6	267.7	77.9	3	32.0	15.5	6	65.2	48.8	6	62.2	38.8	6
福富	25.0	10.0	55.0	211.0	70.0	26.5	3	90.0	5.0	3	69.3	63.7	6	120.2	32.7	6	50.2	39.0	6			
土手町											35.8	38.8	3	101.7	39.0	3	160.7	63.2	3			

胞子密度 個/20g土壌

年 月日 生育時期	2007年						2008年																	
	4月4日		4月23日		6月8日		8月2日		8月16日		4月7日		5月1日		5月27日									
	オオムギ出穂期		オオムギ糊熟期		オオムギ収穫後		ヒマワリ着雷期		ヒマワリ開花期		オオムギ出穂期		オオムギ乳熟期		オオムギ収穫後									
地区名	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し						
瑞穂	97.7	26.7	3	241.0	0.0	3	213.3	90.6	3	374.3	114.0	3	113.7	35.9	3	34.7	15.0	3	15.7	4.0	3	34.3	2.5	3
福富							62.0	32.6	3	21.7	5.0	3				24.0	7.2	3	34.3	11.0	3			
土手町	76.3	16.9	3	224.3	50.7	3	108.0	32.2	3	106.7	19.5	3	53.3	31.7	3	29.7	5.0	3	12.3	4.7	3	26.3	3.5	3
	50.7	28.8	3	167.0	0.0	3	264.0	56.9	3															
	10.0	3.6	3	24.3	9.8	3																		

胞子密度 個/20g土壌

第5表 斐川町圃場のAM菌感染率

年 月日 生育時期	2005年						2006年											
	8月2日		3月7日		4月20日		5月8日		7月31日		8月16日							
	ヒマワリ着雷		オオムギ出穂期		オオムギ乳熟期		オオムギ糊熟期		ヒマワリ着雷期		ヒマワリ開花期							
地区名	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し						
瑞穂	14.7	10.8	3	0.0	0.0	3	0.6	1.0	6	0.0	0.0	6	1.6	2.5	6	13.1	11.1	6
福富	29.5	8.2	3							3.8	4.5	6	25.0	16.8	6			
土手町										0.0	0.0	3	6.6	6.4	3			

感染率 (%)

年 月日 生育時期	2007年						2008								
	4月4日		4月23日		8月2日		8月16日		4月7日		5月1日				
	オオムギ出穂期		オオムギ糊熟期		ヒマワリ着雷期		ヒマワリ開花期		オオムギ出穂期		オオムギ乳熟期				
地区名	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し	標準	P減肥	ヒマワリ無し			
瑞穂	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3
福富							0.0	0.0	3				0.3	0.4	3
土手町	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3	13.5	12.5	3	0.0	0.0	3
	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3									
	0.0	0.0	3	0.0	0.0	3									

感染率 (%)

超える場合も報告されているが、インゲンマメやオオムギの場合は20~40%程度と報告されている⁹⁾。

ヒマワリやオオムギへの感染率がほとんどゼロに近い場合でも胞子数は大きな値を示したことから、土壤中の胞子密度と感染率には関係が見られなかった。

AM菌は、地球上のほとんどの植物に感染する¹⁷⁾。ヒマワリやオオムギを栽培している圃場であってもそれらだけに感染するわけではなく、圃場にある感染しやすい雑草などの植物根に感染する⁷⁾。AM菌がヒマワリやオオムギの根に対して低感染率だったにもかかわらず高い土壤中の胞子密度となったの

は、圃場に生育する雑草などの植物全体が影響したことも考えられる。

2) 感染不良の原因についての考察

オオムギについて、鈴木²⁵⁾は比較的感染しやすい作物として報告している。一方、Black & Tinker³⁾の計測結果では20%程度の根への感染率しか示しておらず、その感染しやすさについての評価は定かではない。一方、ヒマワリはAM菌に良く感染する作物として知られている^{10,11)}。今回の測定では、感染しやすいヒマワリでさえ感染率は年次によらず極めて低く、また土壌や施肥方法の違いによ

第6表 斐川町圃場のリン酸濃度

年 月日 生育時期	2005年			2006年																		
	10月18日			3月7日			4月20日			6月6日			7月31日			8月16日			10月12日			
	ヒマワリ収穫後			オオムギ出穂期			オオムギ乳熟期			オオムギ収穫後			ヒマワリ着蕾期			ヒマワリ開花期			ヒマワリ収穫後			
	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	
瑞穂	標準	2.8	1	38.4	1	69.0	6.6	2	38.6	1	37.7	20.0	2	40.9	18.3	2	38.5	13.0	2			
	P減肥			39.5	1	35.5	5.3	2	39.5	1												
	ヒマワリ無し			25.0	1	17.8		1	25.5	1												
福富		8.8	1								11.7	0.3	2	12.4	1.4	2	12.2	1.1	2			
土手町	標準施肥										24.0	1	20.5	1	23.7	1						
	P減肥																					
	ヒマワリ無し																					
可給態リン mgP ₂ O ₅ /100g乾土																						
年 月日 生育時期	2007年																					
	4月4日			4月23日			6月8日			8月2日			8月16日									
	オオムギ出穂期			オオムギ糊熟期			オオムギ収穫後			ヒマワリ着蕾期			ヒマワリ開花期									
	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N							
瑞穂	標準	31.3	1	36.0	1	50.5	1	48.7	1	48.2	1											
	P減肥	53.9	1	44.2	1	34.3	1															
	ヒマワリ無し																					
福富								23.2	1	17.8	1											
土手町	標準施肥	39.7	1	28.7	1	30.5	1	16.7	1	29.0	1											
	P減肥	26.1	1	25.2	1	26.5	1															
	ヒマワリ無し	17.5	1	9.7	1																	
可給態リン mgP ₂ O ₅ /100g乾土																						

ても際だった特徴が見られなかった。

そこで、AM菌の感染要因として考えられる以下の項目について検討を行った。

① 土壌中のリン酸濃度

土壌中の可給態リン量が多い場合には、AM菌の根への感染が阻害されることがよく知られている²⁾。第6表に期間中の地区圃場における土壌中の可給態リン酸濃度を示す。Azconra²⁾はレタスを用いた試験で、乾土100gあたりリン酸濃度が70~120mg P₂O₅を超えるとAM菌の宿主根への感染に影響が始めると報告した。今回の計測では、瑞穂地区ではリン酸濃度が乾土100gあたり60mg P₂O₅前後と比較的高めであったが、その他の地区ではそれより低く、土壌中の可給態リン酸濃度がAM菌感染に大きな影響を及ぼしたと考えにくかった。

② 温度

一般に温度が上昇するとAM菌の感染が促進される傾向があることが知られている。鈴木²⁵⁾は、28~34℃でAM菌菌糸の根面への定着は最大となり、樹枝状体形成は30℃、嚢状体形成は35℃で最大となり、一方、0℃以下では定着は著しく抑制されると述べている。本調査でのヒマワリの場合、着蕾から開花は8月であり、低温に遭遇することはなく低温によるAM菌の感染抑制は考えられなかった。一方、斐川町の最低気温は、アメダスデータによると2006

年は-4.5℃、2007、2008年は-2.4℃と0℃を下まわっており、オオムギの場合には感染に影響を受けたことも考えられる。また、出穂・開花は4月以降(平均気温は12℃程度、最低気温6~8℃)であるが、AM菌胞子の発芽適温は地温で13℃~35℃とされており²⁶⁾、現地において実測した地温データはないが、気温から推察すると少なからず地温の影響を受けているものと考えられた。

③ 圃場の水分状態

AM菌に感染する作物は畑作物が多いため²⁶⁾、研究の多くは畑地土壌を対象として進められている。このため、水分に関わる検討も畑状態に限られている場合が多い。たとえば、唐沢¹⁰⁾は水分状態とAM菌の活性につき黒ボク土を用いた試験を行い、湿潤状態でAM菌感染率が增加することを報告したが、この場合の湿潤状態は、-0.01MPa (pF2.0)であり、一般に、転換畑においてこの状態を維持することはかなり難しいものと考えられる。特に、今回のように、作土内に水が滞留しやすく、土壌が飽和もしくはそれに近い状態で長い間維持されることが頻繁に生じる⁶⁾斐川町の低湿地転換畑においては、作期中にpF2.0の状態では土壌水分が維持されることはほとんど不可能と考えられた。AM菌は好気性菌であり、胞子発芽やその感染能力は湛水・過湿状態になると大きく低下することが知られており⁸⁾、本圃場にお

瑞穂地区
主根長：10.6±2.8cm (N=3)

福富地区
主根長：11.9±1.7cm(N=3)

土手町地区
主根長：6.6±2.3cm(N=3)



写真2 調査地区の着蕾期のヒマワリ根の状況 (2007年8月2日着蕾期)

ける低感染率の一つの原因と考えられた。

④宿主の生理的变化

一般にAM菌の感染は、作物の栄養成長期には少なく、開花期になり宿主植物に根の伸張が抑制されるなどの生理的な変化が生じると、AM菌の共生が増加すると言われている³⁾。しかし、今回の試験では、オオムギでは出穂から乳熟・糊熟期にかけて、ヒマワリでは着蕾期から開花期にかけて主にサンプリングしており、このことが今回AM菌の低感染率の原因となっていることは考え難かった。

⑤宿主根の状態

根の生育とAM菌の感染の関係について、Saif²¹⁾は植物が若くて根の密度が低く、根の発達が急な時はあまり感染せず (lag stage)、次第に根の密度が増し根の成長が緩慢になると急に感染を開始し (rapid stage)、以降ほぼ一定値を保つ (constant stage) という3つのステージが存在することを報告した。

写真2に2007年8月2日(着蕾期)における調査地区でのヒマワリ根の発達状態を示す。いずれの地区においても主根の長さは10cm程度と発達が悪かった。作物が生育していくためにはまず根が十分発達している必要があり、作物とAM菌が共生するためには、胞子から出たAM菌外生菌糸と作物根との遭遇する機会をできるだけ多くする必要がある。今回、根の分布状態は調査しなかったが、主根長の発達は極めて悪いことが観察された。AM菌の感染不良に

ついて原因を明らかにするためには、今後、実際の土壌中での根の発達状態とAM菌感染状態について精査する必要がある。

以上のことから、斐川町圃場におけるAM菌の低感染率の原因として、低湿地転換畑における排水不良に伴う過剰水分状態や、それに伴う湿害によるヒマワリ根の発達の悪さが主なものと推察した。

Ⅲ 試験圃場内の土着AM菌の消長

1 調査地区

福富地区内に試験圃場(第3図)を設け、ヒマワリ-オオムギ作体系で栽培を行い、圃場の水分状態に注目しながら、栽培中の作物、特にヒマワリの生育状況やAM菌胞子密度、作物根の感染率を調査した。試験は、2007年から2008年にかけて行った。栽培品種は、ヒマワリはハイブリッドサンフラワー、オオムギはアサカゴールドを使用した。

試験圃場の土層状態については別報⁶⁾に詳述したが、その理化学性について第7表に示す。土壌の理化学性は、近くの福富地区一般圃場と大差はなく、作土の透水性は 10^{-3} cm/sオーダーで比較的良く、土性は砂壤土であった。

試験圃場は30m×35m(海拔約5m)で、すぐ南を排水河川である五右衛門川が流れている(第3図)。五右衛門川の水位は、通常、圃場面から概ね

230cm下方であった。

ヒマワリの栽培は、2007年は、試験圃場を5m×8mの8つの試験区に分割し、標準施肥区、リン酸の施肥量を成分量で25%減少させた区（P25%減区）、リン酸の施肥量を50%減少させた区（P50%減区）と施肥条件を変えて、各々2区ずつ行った（第4図）。5m×8mのブロックにおいて、畝は長辺方向に約75cm間隔とし、株間約20cmで播種した。

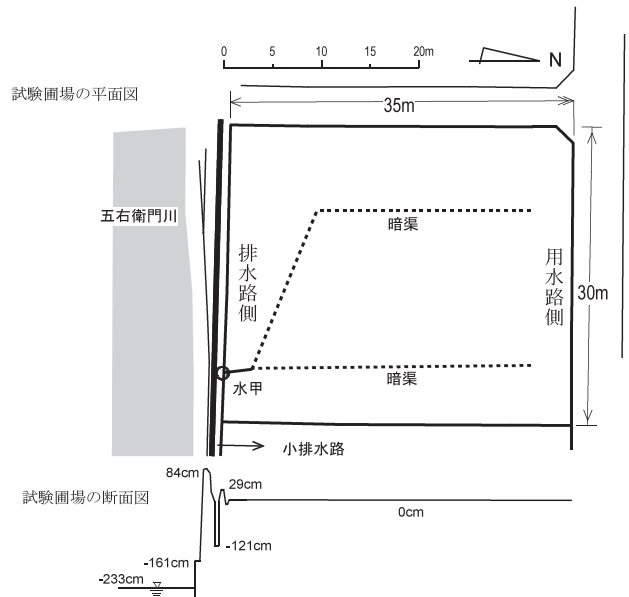
肥料は標準でNK化成（N16，P0，K16）35kg/10a，過リン酸石灰（P₂O₅ 17.5%）24kg/10aを施肥し，25%減，50%減区は過リン酸石灰量をそれぞれ18kg/10a，12kg/10aとした。標準施肥区での施

肥量は斐川町一般農家の施肥（アラジン444を40kg/10a）によるN，P，Kの施肥量（各5.6kg/10a）と等しくなるようにした。このほか、ヒマワリ以外に、AM菌と共生をしないソバ（信濃1号）も2区栽培した。ヒマワリは、6月22日に播種し、9月19日に収穫した。その後、11月20日にオオムギの播種を行ったが、施肥等の栽培管理は同地区のオオムギ栽培農家の標準栽培と同様に行った（元肥としてアラジン444を40kg/10a，追肥として硫酸を20kg/10a，穂肥としてアラジン403を20kg/10a）。収穫は2008年5月22日であった。

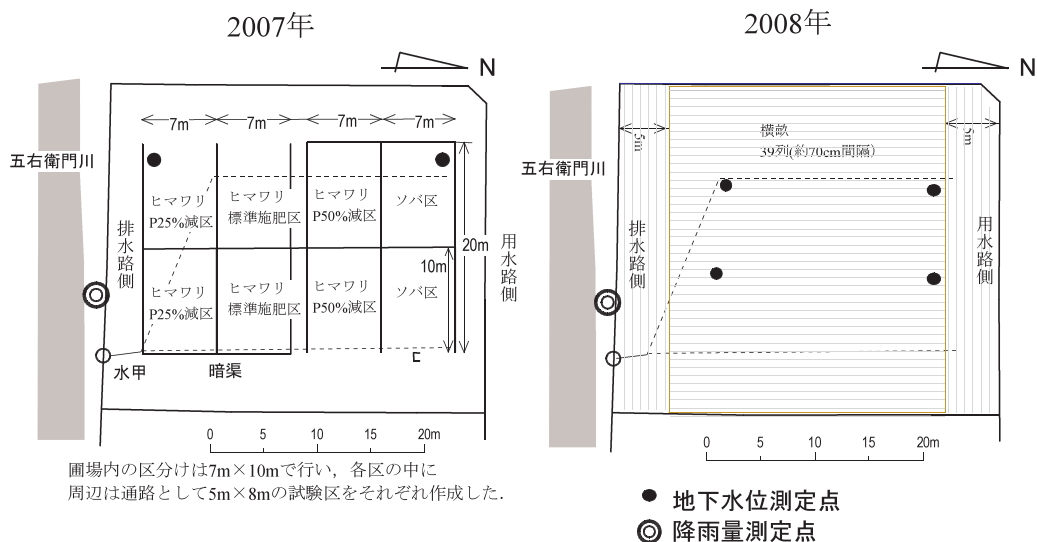
第7表 福富地区試験圃場の作土の理化学性

	2007.9.19		2008.8.18	
	標準施肥区	排水側	用水側	
pH	5.7	5.4	5.8	
可給態P mgP ₂ O ₅ /100g	29.8	26.1	28.3	
交換性K mg/100g	26.3	15.8	35.9	
交換性Mg mg/100g	11.3	13.1	15.8	
交換性Ca mg/100g	185.6	151.5	180.0	
Mg : K比 当量比	1.0	1.9	1.0	
Ca : Ma比 当量比	11.8	8.3	8.2	
石灰飽和度 %	52.7	44.2	52.3	
塩基飽和度 %	61.6	52.2	64.8	
リン酸吸収係数 CEC me/100g	473	492	468	
透水係数 cm/s	12.6	12.2	12.3	
乾燥密度 Mg/m ³	1.6×10^{-3}	1.6×10^{-3}	7.5×10^{-3}	
土性	1.20	1.20	0.99	
	Sandy Loam	Sandy Loam		

深さは10cmより採取した試料を1点ずつ分析した。分析は十勝農協連農産科学研究所に依頼した。



第3図 福富地区試験圃場の概要



第4図 福富地区試験圃場の栽培状況

2008年は2007年のような区割りは行わず、全面均一栽培とし、管理を農家に委託した(第4図)。元肥は周辺農家と同様にアラジン403(N14, P10, K13)を40kg/10aの割合とした。ヒマワリは6月21日に播種したが、鳥やネキリムシ(ヤガ類幼虫)による被害が圃場の周辺部に出たため、この部分について6月28日に再播種した。収穫は10月8日であった。畝は、南北畝が主体で約70cm間隔に39畝作った。圃場の南端と北端のそれぞれ5mは東西畝とした(第4図)。また、オオムギは11月10日に播種したが、栽培管理は農家に委託した。なお、2008年はオオムギを収穫後、5月27~28日にかけて試験圃場の排水改善のため暗渠機能の改善対策を行った⁶⁾。

2 調査方法

1) 作土内の水位変化

圃場内の水分状態を把握するために2007年、2008年ともに6月から11月にかけて、試験圃場の作土内に生じる水位変化を排水路側と用水路側の2カ所で水位センサによって30分間隔で継続的に測定した(第4図)。

また、2008年は、測点を暗渠の近傍と中間点の2カ所を用水路側と排水路側それぞれに設定し、計4カ所で計測した(第4図)。これにあわせて、五右衛門川堤防上に転倒柵形雨量計を設置し、ヒマワリ栽培期間中の6月から11月にかけて降雨量を計測した。また、近辺のアメダス観測点である出雲空港の降雨データを非観測時や欠測時の参考とした。

2) ヒマワリの生育調査

ヒマワリの地表面から茎部頂点までの草丈を計測した。

計測は播種後約10日経過した7月1日から7~10日間隔で開花するまで行った。

2007年は6ブロックでヒマワリの栽培を行ったが、5m×8mのブロックにおいて各畝毎に2m間隔に4株ずつ、1ブロックあたり計24株の生育を追跡した。

2008年は、全面均一栽培でヒマワリを栽培し、南北方向に39畝作成したが、生育状態の調査はこの南

北畝を対象に3畝毎全部で10畝で調査した。なお、発芽が悪く再播種した東西それぞれ3畝ずつは調査対象から除外した。計測は、播種後約10日経過した7月1日から7~10日間隔で開花するまで行った。

なお、両年とも、開花後の頭花径の分布も同様の方法で計測した。

3) AM菌の感染状況

AM菌の孢子数および感染率については、斐川町内圃場調査の場合と同様に、ヒマワリでは着蕾期、開花期、収穫後に、オオムギでは出穂期、稔実期(乳熟期または糊熟期)、収穫後にそれぞれ根を掘り出しサンプリングを行い、前述の方法で処理した後各々3試料ずつ計測した。

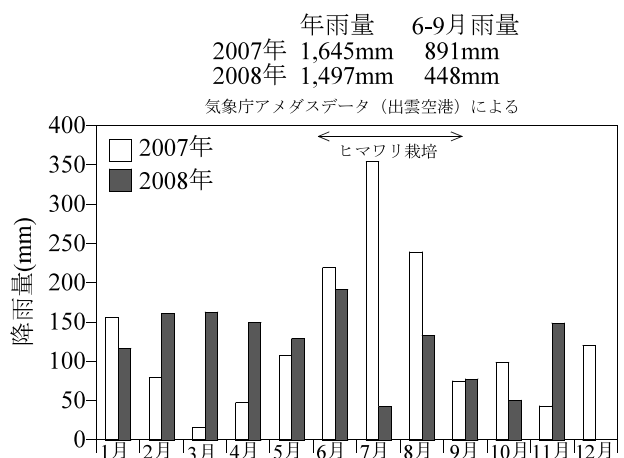
3 結果及び考察

1) 作土内の水位変化

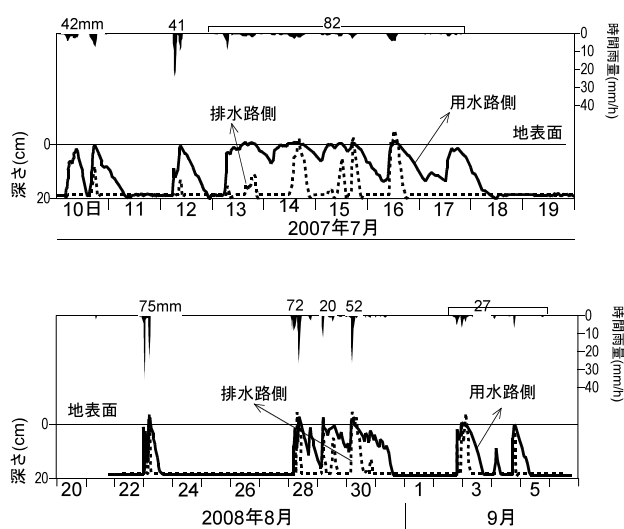
第5図には2007年および2008年の降雨状況を、第6図には両年の作土内の水位変化を示す。

年降水量は2007年が1600mm、2008年が1500mmで大きな差はなかった。しかし、2008年はヒマワリの栽培期間である6~9月の降雨量が少なく450mmで、同時期の降雨量が890mmであった2007年と比べると約半分であった。

作土内の水位は、2007年には作土内の水位が地表面を超える(圃場表面に湛水が生じる)まで上昇した日があり、7月の長雨時期には1週間から10日にわたって作土内に水位が残存した。一方、2008年に



第5図 2007年及び2008年における斐川町の降雨状況



第6図 2007年及び2008年の試験圃場作土内の水位変化
2008年は暗渠付近では水位は発生しなかったため暗渠中央部の用水側・排水側を示す。

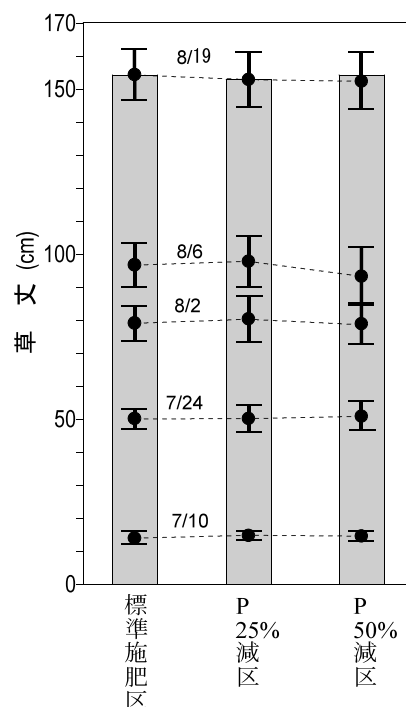
は排水対策を施したことと併せてヒマワリの栽培時期が少雨であったこともあり、多少のまとまった雨があっても作土内に水が滞留することはなく、かなり乾燥した条件でヒマワリが栽培できたものと考えられた。なお、2008年は暗渠近傍ではまったく水位上昇が見られず、第6図に暗渠中間点の用水側、排水側での作土内の水位変化を示す。

2) ヒマワリの生育状況

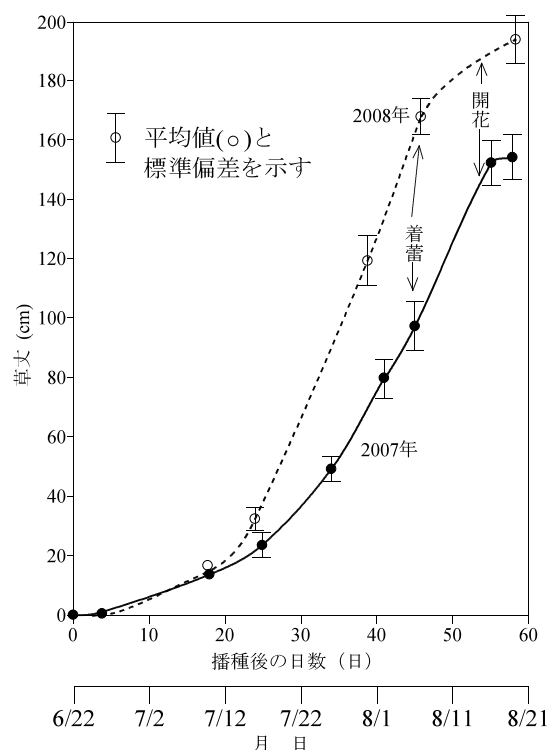
2007年のヒマワリの草丈は、標準施肥区、P25%減区、P50%減区の各区間でほとんど差が見られず、高さは140~150cm程度であった(第7図)。収穫時の頭花径は15cm程度で、これも各区間で顕著な差は認められなかった。草丈、花径とも斐川町内で栽培されている一般圃場の生育とほぼ同様で、いずれもあまり良い生育ではなかった。

2008年は、5月に圃場内の排水改良対策を行った後播種したが、第6図に示すように、2007年に比べて乾燥した条件下でヒマワリを栽培することができた。

第8図に、2007年と2008年のヒマワリ生育の生育を示す。また、第9図には開花期(両年もとも8月19日)のヒマワリの草丈の度数分布を示す。2007年はリン酸施肥による生育差がまったく見られなかつ



第7図 2007年ヒマワリの草丈の変化
ヒマワリの播種は6月22日とした。
N = 48の平均値。工は標準偏差を示す。



第8図 福富地区試験圃場における2007年及び2008年のヒマワリ草丈の変化

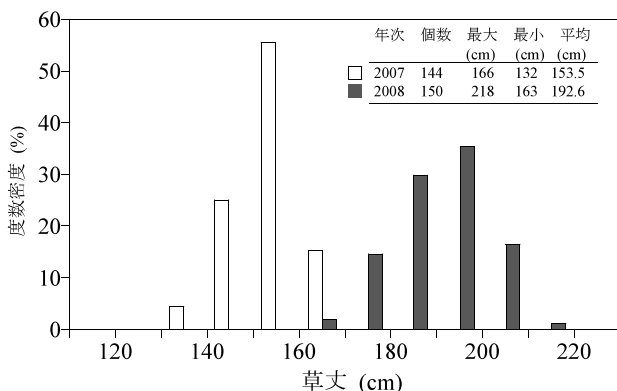
2007年は各区とも標準施肥区と差がないため全試料(N = 144)の平均値を用いた。

2008年は全試料(N = 150)の平均値を用いた。

たため、全サンプル (N=144) を用いて2008年 (N=150) と比較した。

生育が悪く草丈が150cm程度にとどまった2007年に比べて、2008年は生育が非常に良く、平均でも2m近くまで達した。両年の草丈の差は播種後20日前後から見られるようになり、開花期には平均で約40cmの差となり、草丈の度数分布も2007年と2008年とで差が明瞭に見られた。

第10図に両年のヒマワリの頭花径の違いを示す。2008年は頭花径が20cmを超える大きな花が見られる一方で、頭花径のパラツキが大きかったため、平均



第9図 福富地区試験圃場における2007年及び2008年開花期のヒマワリ草丈の度数分布の違い

2007年は各区とも標準施肥区と差がないため全試料 (N=144) を用いた。

2008年は標準施肥で全試料 (N=150) を用いた。

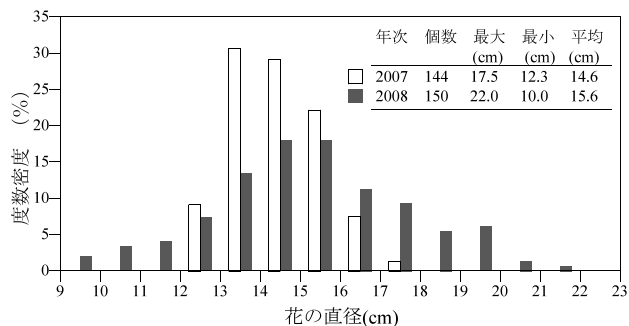
両年とも開花期8月19日のデータ

では16cm程度であったが、2007年に比べて大きな頭花径のものが多かった。

こうした生育の差は、施肥条件等に差はないことから、2008年が2007年に比べて乾燥した状態でヒマワリが栽培されたことによるものと考えられた。

3) AM菌の感染状況

写真3に2007, 2008年両年の根の発達の違いを示す。作土での水の滞留が多く見られた2007年のヒマワリの主根は11cm程度と萎縮しているのに対して、2008年は約20cmの太い主根が発達し、細根量も多かった。



第10図 福富地区試験圃場における2007年及び2008年のヒマワリ頭花径の分布

2007年は各区とも標準施肥区と差がないため全試料 (N=144) を用いた。

2008年は標準施肥で全試料 (N=150) を用いた。

両年とも開花期8月19日のデータ

主根長: 11.2 ± 1.0 cm (N=3)
2007年8月19日 開花期



主根長: 20.8 ± 0.9 cm (N=3)
2008年8月19日 開花期

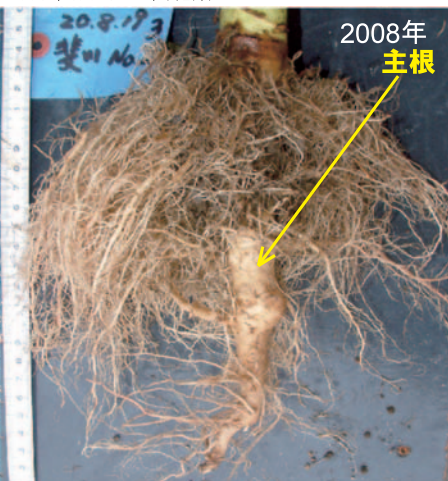


写真3 福富地区試験圃場における開花期のヒマワリ根の比較

2008年は細根が非常に多く主根が見えなかったため、主根を表すため細根の多くを切断した。

第8表 ヒマワリ根のAM菌感染率 (%)

	2007年				2008年	
	8/2 着蕾期	8/16 開花期			8/7 着蕾期	8/19 開花期
試験圃場						
P50%減	0.0±0 (N=6)	1.8±2.0 (N=6)			15.0±0.9 (N=3)	54.2±8.3 (N=3)
P標準	0.9±1.3 (N=6)	13.2±12.2 (N=6)				
P25%減	1.8±2.6 (N=6)	7.4±5.1 (N=6)				
地区圃場						
瑞穂	0.0±0 (N=3)	0.0±0 (N=3)			計測無し	計測無し
福富	0.0±0 (N=3)	0.0±0 (N=3)				
土手町	0.0±0 (N=3)	13.5±12.5 (N=3)				

感染率は平均値±標準偏差で表示。Nは試料数。

第9表 福富地区試験圃場における2007年及び2008年の可給態リン酸濃度の変化

可給態リン酸 mgP ₂ O ₅ /100g乾土	年 月日	2007年											
		4月19日			8月2日			8月19日			6月6日		
		区割前	圃場中央	ヒマワリ着蕾期	ヒマワリ開花期	ヒマワリ開花期	ヒマワリ収穫後						
		平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N
試験圃場 標準施肥		19.5		1	20.4		1	21.9	2.0	6	17.0	1.9	6
P25%減肥		_____			19.7		1	19.1	0.3	6	15.7	0.6	6
P50%減肥		_____			19.7		1	19.0	3.3	6	16.3	2.3	6

可給態リン酸 mgP ₂ O ₅ /100g乾土	年 月日	2008年														
		4月7日			5月1日			8月7日			8月19日			11月4日		
		オオムギ出穂期	オオムギ乳熟期	ヒマワリ着蕾期	ヒマワリ開花期	ヒマワリ開花期	ヒマワリ収穫後									
		平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N
試験圃場 標準施肥		16.9	2.7	3	14.5	2.2	3	13.8	3.0	3	15.2	2.5	3	12.6	0.1	3
P25%減肥		_____			_____			_____			_____			_____		
P50%減肥		_____			_____			_____			_____			_____		

2008年は用水路側、圃場中央、排水路側の3ヵ所から採土した試料の平均値

第8表に、両年のAM菌感染率を示す。2007年は、斐川町の他の地区と同様に感染率は高くても13%でほとんど感染していなかった。これに対し、少雨や排水対策で作土への滞水が見られなかった2008年は着蕾期でAM菌の感染率は10数%あり、開花期には54%の感染が認められた。

試験圃場の土壤中可給態リン酸の2007年から2008年の変化を第9表に示す。この期間のリン酸濃度は乾土100gあたり15~20mg程度の低い値で推移し、2007年と2008年の間に大きな差異は認められず、リン酸濃度がAM菌の感染に大きな影響を及ぼしたとは考えられなかった。

以上から、2008年は排水対策を施し、かつ極めて少雨であったことにより圃場の滞水が抑制され、土壤が乾燥状態で推移したことがヒマワリの根へのAM菌の感染を促進した原因の一つと考えられた。

IV まとめ

AM菌は地球上の多くの植物と共生し、リン酸吸収や耐干害性、耐病性の促進、土壤構造化の促進など宿主植物が生育しやすい環境を整備するための機能を果たすことが知られている¹⁷⁾。現在、バイオマス資源の有効利用が推進されており、転換畑へバイオマス資源として油料作物を導入する例が増加している¹⁹⁾。この中で、ヒマワリは輪作体系を組み入れやすいだけでなく、AM菌に感染しやすい作物として、またAM菌感染による減肥栽培や、転換畑作土の構造変化などの付随効果も大きい作物として期待されている。

しかし、今回対象とした斐川町のように、転換畑は低湿地である場合が多く、ヒマワリの生育には不適

であり、AM菌の感染が十分に進展しないと思われる。本報告では、転換畑においてAM菌の感染の実態を把握するとともに、AM菌が感染しない主な理由を考察した。その一つとして、排水不良とそれに伴う根の発育不全が考えられた。そこで、排水改善を行い作土内の滞水を抑制するなどによって圃場を乾燥状態で維持したところ、AM菌の感染率が上昇することが明らかになった。AM菌は農業生産にとって有効な諸機能を持つことは知られている。水田跡で過湿になりやすい転換畑において安定したAM菌の感染率を保つことができれば、AM菌の持つ機能を活用したリン減肥栽培などの栽培体系を進めることが可能となる。

福富地区の試験圃場におけるAM菌感染率の上昇とヒマワリの良好な生育結果は単年度のものであり、今後、継続して効果を確認し、根の発達状況との関係などについて精査するとともに、転換畑においてAM菌の感染下での減肥効果や収量への影響などを調査することが必要である。

V 摘 要

バイオマス利用を前提としたヒマワリ-オオムギ作体系が導入されている斐川町の低湿地転換畑を対象として、ヒマワリと共生し宿主植物に養分吸収促進、耐乾性増進などの効果が期待されているAM菌の感染状況について調査したところ以下のことが明らかとなった。

- ①オオムギにはほとんど感染が見られなかった。
- ②ヒマワリには25%程度の感染が見られたものの、栽培年によってはほとんど感染が認められなかった。
- ③砂質土、壤質土間で感染に差は見られなかった。
- ④標準施肥、リン酸減肥など施肥管理の違いによる感染率の差は認められなかった。
- ⑤孢子密度は比較的高かった。

ヒマワリなど感染しやすい作物への感染率の低さについて原因を検討した結果、圃場が過湿であり、根の発達が悪いことが原因と考えられた。

試験圃場で排水対策を行う前後でヒマワリの生育

と感染率の違いについて調査した結果、以下のことが明らかとなった。

- ①排水対策前はヒマワリの草丈は150cm程度と悪かった。
- ②この状態でのAM菌の感染率は13%程度であり、ほとんど根への感染が認められなかった。
- ③排水対策後、湿害が生じにくい状態で栽培した結果、ヒマワリは200cm程度にまで生長した。
- ④排水対策後の根へのAM菌の感染率は約55%であった。

以上から、排水条件の悪い転換畑ではAM菌の根への感染率は低く、排水条件の改良などを通じて圃場を乾燥状態に改良することによってAM菌の感染率を大きく高めることができると考えられた。

謝 辞

本課題の遂行にあたり、斐川町営農組合の方々、斐川町農林振興課、JA斐川営農部の皆様には多くのご協力をいただいた。改めて衷心よりお礼を申し上げる。圃場調査、試料の採取・調整などについては多田久芳氏をはじめとする近中四農研業務第2科の各位に、データの整理、試料の分析などについては岡田洋子氏に、このほか出張調査や共同研究の遂行などこの課題を進めるにあたって近中四農研各位には多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) Auge, R.M. 2004. Arbuscular Mycorrhizae and Soil/Plant Water Relations. *Canadian J. of Soil Science*. 84: 373-381
- 2) Azcon, R., Marin, A.D., Barea, J.M. 1978. Comparative Role of Phosphate in Soil or Inside the Host on the Formation and Effects of Endomycorrhiza. *Plant and Soil*. 49: 561-567
- 3) Black, R., Tinker, P.B. 1976. The Development of Endomycorrhizal Root System. *New Phytologist*. 83: 401-413

- 4) Davis, R.M., Menge, J.A. 1998. Influence of *Glomus fasciculatus* and Soil Phosphorous on Phytophthora Root Rot of Citrus. *Phytopathology*. 70: 447-452
- 5) 土壤環境分析法編集委員会 1997. 土壤環境分析法. 博友社, 東京. 267-269
- 6) 井上久義・花野義雄・成岡市・佐藤泰一郎 2010. ヒマワリ作転換畑における排水対策. 近畿中国四国農業研究センター資料7:1-20
- 7) 磯部勝孝・坪木良雄 1999. 冬作物の導入がアーバスキュラ菌根菌の密度と後作インゲンマメの生育に及ぼす影響. 日本作物学会紀事. 68: 118-125
- 8) 磯部勝孝 2001. 植物の根, 菌根の発達と土壤物理性. 土壤の物理性. 86:39-46
- 9) 磯部勝孝・村上 学・立石 亮・野村和成・井上弘明・坪木良雄 2002. アーバスキュラ菌根菌の感染がインゲン豆の根の形態に及ぼす影響. 日本作物学会紀事. 71:91-95
- 10) 唐沢敏彦 2004. 輪作におけるアーバスキュラ菌根菌の動態と作物の生育に関する研究. 北海道農業研究センター報告. 179: 1-71
- 11) 木村洋司・雪野継代・清水池義治・三島徳三 2010. 高オレイン酸ひまわり栽培・ひまわり油成分分析と今後の課題. 名寄大学道北地域研究所年報. 28:37-51
- 12) 木下 卓 2007. 国産バイオ燃料の推進に向けて. 農業技術. 63:105-111
- 13) 小林紀彦 1988. V A菌根菌と病害防除への利用. 植物防疫. 42:259-266
- 14) 小島知子・大場広輔 2006. アーバスキュラ菌根実験法(3) 胞子の分離・観察. 土と微生物. 60:57-61
- 15) Miller, R.M., Jastrow, J.D. 1990. Hierarchy of Root and Mycorrhizal Fungal Interactions with Soil Aggregations. *Soil Biology and Biochemistry*. 22: 579-584
- 16) Oades, J.M., Waters, A.G. 1911. Aggregate Hierarchy in Soils. *Australian J. of Soil Research*. 29: 815-828
- 17) 小川 眞 1986. V A菌根と作物の生育. 農業技術. 41:16-21
- 18) 大場広輔・斎藤勝晴・藤吉正明 2006. アーバスキュラ菌根実験法(2) アーバスキュラ菌根の観察. 土と微生物. 60:57-61
- 19) 岡田謙介・松崎守夫・安本知子 2007. バイオ燃料を目的とした油糧作物研究の現状と展開方向. 農業技術. 63(2):130-135
- 20) Safir, G.R., Boyer, J.S., Gerdemann, J.W. 1972. Nutrient Status and Enhancement of Water Transport in Soybean. *Plant Physiology*. 49: 700-703
- 21) Saif, S.R. 1977. The Influence of Stage of Host Development on Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and Endogonaceous Spore Population in Field-grown Vegetable Crops. I. Summer-grown Crops. *New Phytologist*. 79: 341-348
- 22) 斎藤雅典 2002. 土壤養分の代謝に関わる微生物の有効利用—菌根菌の有効利用について—, 平成17年度革新的農業技術習得研修「高度先端技術研修」. 1-10
- 23) 佐藤 喬・久米民和・平田 熙 1998. 黒ボク心土を用いた異なる施肥リレベル下でのダイズの生育と根粒活性に及ぼすV A菌根菌接種の影響. 日土肥誌. 69:62-72
- 24) 鈴木達彦 1986. V A菌根に関する諸問題(1). 農業および園芸. 61:1023-1028
- 25) 鈴木達彦 1986. V A菌根に関する諸問題(3). 農業および園芸. 61:1373-1378
- 26) 武永順次 2001. 園芸作物とV A菌根菌との多様性(1). 農業および園芸. 76:444-450
- 27) 俵谷圭太郎・斎藤雅典 1993. V A菌根菌 *Gigaspora margarita*の菌糸の代謝活性に及ぼすリン酸施用の影響. 日土肥誌. 64:678-680
- 28) Tisdall, J.M. 1991. Fungal Hyphae and Structural Stability of Soil. *Australian J. of Soil Research*. 29: 729-743

Behavior of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Converted Paddy Fields under Sunflower-Barely Cropping System on Hikawa Town in Shimane Prefecture

Yoshio HANANO, Hisayoshi INOUE, Taiichirou SATOU¹ and Hajime NARIOKA²

Summary

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are known well as symbiotic fungi with most plants on the earth except crucifers, chenopods and so on. Many researchers have made clear that infection by AMF brings to host plants about significant effects on nutrient uptake (especially phosphorus), disease tolerance and dryness resistance in upland condition. Although the effects of AMF are expected also in the wetter condition like converted paddy fields in Japan, behavior of AMF has not yet revealed enough in such a condition. Thus, we investigated the behavior of AMF in the converted paddy fields under wetter condition where sunflowers and barley were cultivated rotationally, which are supposed to be easily infected by AMF.

The results of the observation are shown as follows,

1. the infection by AMF into barely was rarely seen,
2. the infection by AMF into sunflowers was significantly stagnant, and infection rate was around 25%,
3. comparatively many spores of AMF (100-200 spores/20g soil) were found in the soils of the field.

After improvement in the drainage condition of the test field, which was set in Hikawa town, the sunflowers and their roots grew very well, and infection rate by AMF into sunflowers could reach 40-60%.

Therefore, the improvement in the wetter condition brought the infection rate of AMF into roots of the sunflowers.

WeNARC, Research Team for Hillside Paddy Utilization.

¹ Kochi University, Faculty of Agriculture and Agricultural Science Program

² Mie University, Faculty of Bioresources

近畿中国四国農業研究センター研究資料 第8号

平成23年3月11日 印刷

平成23年3月11日 発行

発行所 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

近畿中国四国農業研究センター

〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1

発行者 長 峰 司

印刷所 株式会社デルタプリント

〒732-0802 広島市南区大州2丁目12-15

