

茨城県農業試験場研究報告

第 2 2 号

BULLETIN

OF THE

IBARAKI AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 22

— 1 9 8 2 —

茨 城 県 農 業 試 験 場

水戸市・上国井町

IBARAKI AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

KAMIKUNII-CHO, MITO, JAPAN

茨城県農業試験場研究報告 第22号 目次

陸稲新品種「ツクバハタモチ」について

— 育成試験および奨励品種決定試験の概要 —

…………… 古賀義昭・石原正敏・奥津喜章・須賀立夫・根本博雄

河野 隆・岩瀬一行・坪 存・北崎 進・新妻芳弘…………… 1

イネしま葉枯病の疫学的解明

第1報 イネしま葉枯病の発生動態と1977年異常発生の解析

…………… 高井 昭・小森隆太郎…………… 19

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

第1報 地下水位と作物の生育・収量・作土層の水分吸引圧、気相率および

土壌養分の動態との関係…………… 幸田浩俊…………… 25

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

第2報 田畑輪換圃場に適した暗渠排水…………… 幸田浩俊…………… 65

茨城県農用地における重金属類元素（カドミウム・亜鉛・銅・鉛およびヒ素）

の天然賦存量

…………… 津田公男・平山 力・石川 実・石川昌男・吉原 貢…………… 91

1981年の小貝川決壊による農作物被害とその軽減対策

…………… 狩野幹夫・幸田浩俊・岡野博文・塩幡昭光…………… 113

陸稲新品種「ツクバハタモチ」について — 育成試験および奨励品種決定試験の概要 —

(育成関係) 古賀義昭・石原正敏^{*}・奥津喜章・須賀立夫・根本博雄
(採用関係) 河野隆・岩瀬一行^{**}・坪存^{***}・北崎進・新妻芳弘

ツクバハタモチは普通期栽培用中晩生品種の育成を目標として、関東糯63号×ハタフサモチの交配組合せから育成された。昭和42年に交配が行われ、49年にF₇世代で石系214号、50年に関東糯115号に命名され、57年6月陸稲農林糯53号に登録された。57年度でF₁₅世代にあたる。主要特性は関東の中生の熟期で、耐干性が強く、ごま葉枯病の被害が少なく熟色が良く、また、いもち病に強いなどの特徴があげられ、これらの特性のため安定して多収である。

茨城県の奨励品種決定試験においては、昭和50年以来ハタキヌモチと対比して検討を行い、上記特性が確められ、昭和57年度から奨励品種採用が決定された。干ばつ頻度が高く収量が不安定な普通畑作地帯を主な対象として普及されることとなった。

結 言

ツクバハタモチは昭和57年6月、陸稲農林糯53号に登録され、同年から茨城県の奨励品種として普及に移されることになった。

陸稲の作付は、昭和56年度現在全国で27,000haであり、主要地帯は茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉の関東平坦部15,000haと、熊本、大分、宮崎、鹿児島九州一円8,100haに集中し、その他東北一円の1,500haの他、東海、近畿地域にも小面積が点在している。このうち茨城県は、9,540haで全国の35%を占め、作付のもっとも多い県である。

陸稲作の位置づけは、かつて戦中・戦後には主食米生産の一役を担って全国で最高時（昭和35年）には18万ha、茨城県では約4万ha（昭和12年）の作付で、粳品種が50%以上を占めた。その後水稻の増産と畑作地帯における野菜栽培の普及に伴って、陸稲の作付面積は減少してきた。しかし、現在では畑作地帯の輪作体系の中で収益性の高い作物として重要な役割をもち畑作経営安定化のた

めに寄与している。野菜栽培においては連作障害は常に随伴する問題であり、この障害の回避のためにはイネ科の輪作々物の導入が有効で、陸稲も野菜の連作害を軽減する効果の高い省力的作物である。品種的には作付面積の95%以上を糯品種で占めており、糯米需要の安定している現状では魅力ある換金作物としても注目されている。このように、陸稲は野菜栽培とも結合して、これからも畑作農業の中で不可欠な位置づけを確立していくであろう。

ツクバハタモチは茨城県の中生品種として、耐干性が強く、熟色がよく、安定多収が期待される特性をそなえており、干ばつ頻度の高い普通畑作地帯を主な対象とするが、一部野菜作地帯にも導入され、陸稲作柄の安定化に役立つものと考えられる。

以下に育種部が担当した育成関係試験と作物部が担当した奨励品種決定試験の成績を紹介し、関係者の参考に供したい。

* 現茨城県農試作物部 ** 現茨城県西総合事務所 *** 現茨城県北総合事務所（昭和58年3月31日現在）

I 育成選抜の概要

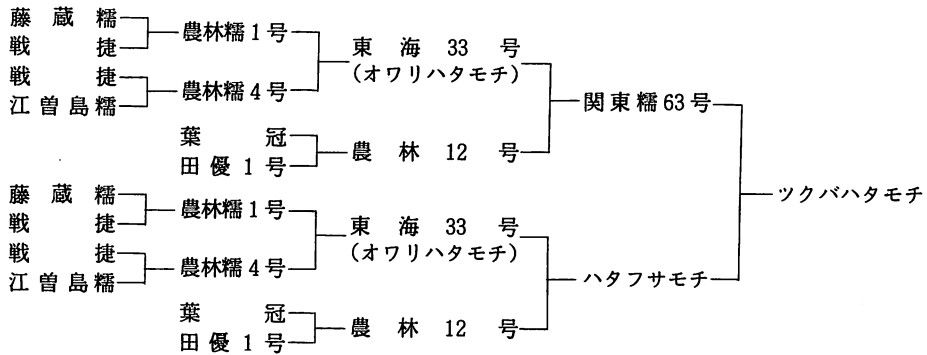
1. 育種目標

関東地方以西向きの普通期栽培用中晩生品種育成の目標のもとに、母「関東糯63号」の耐干性および強稈性と

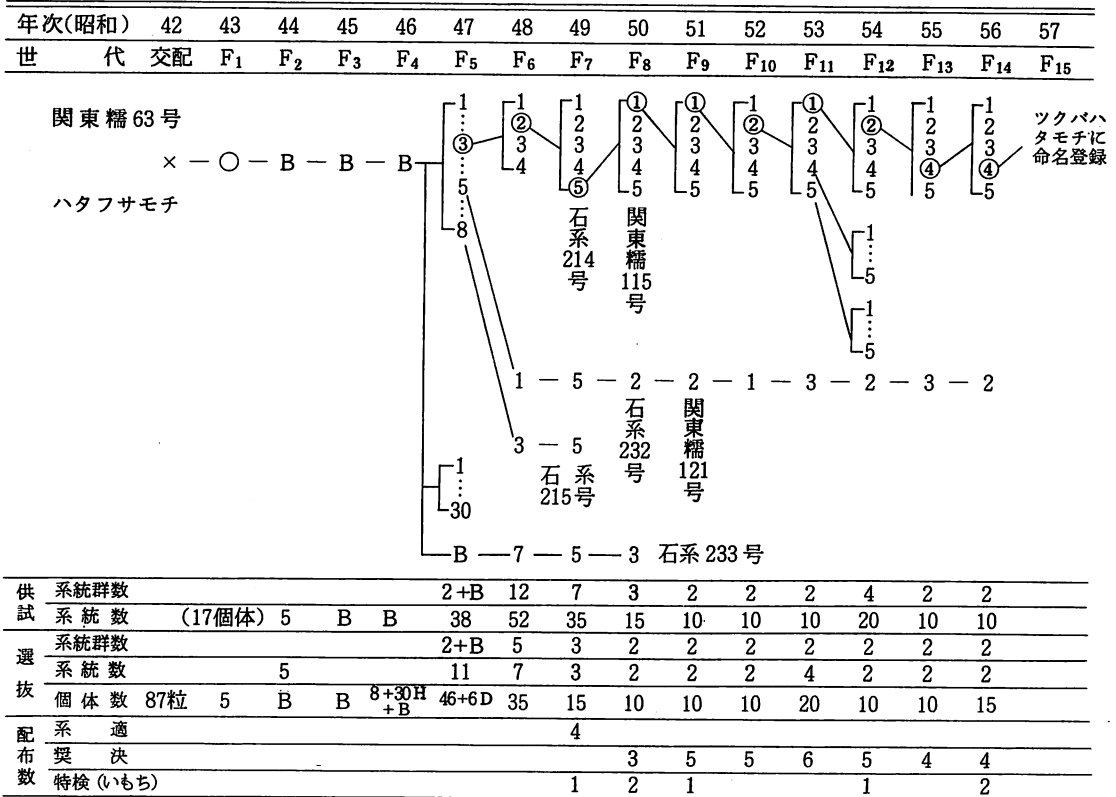
父「ハタフサモチ」の良質性および多収性との結びつきをねらいとした。

2. 育成経過

育成系譜を第1図に、育成経過を第2図に示した。以下にその概要を説明する。



第1図 ツクバハタモチの系譜



注 図中はBは集団, Hは穂拔数, Dは派生系統を示す。

第2図 ツクバハタモチの育成経過

陸稲新品種「ツクバハタモチ」について一育成試験および奨励品種決定試験の概要一

交配（昭和42年）：関東糯63号を母，ハタフサモチを父として人工交配を行い，87粒の交配種子をえた。

F₁世代（昭和43年）：水田に30×15cmの間隔で1株1本植とし，17個体を養成した。F₁個体であることを確認して5個体を選抜した。草穂状は母親に似ていた。

F₂世代（昭和44年）：畑栽培（以下各世代とも畑栽培）で5系統を養成し，次年度集団用として穂抜きした。

F₃世代（昭和45年）：F₃集団の特性は，中～晩生，中～長稈で草状良く，干害が少なかった。次年度集団用として穂抜きした。

F₄世代（昭和46年）：F₄集団の特性は，中～長稈で草穂状良く，耐干性や，強とみられた。このうちとくに中生の早～中生の8個体を選抜し，さらに1株から1穂ずつ30穂の穂選抜を行い，残りは次年度集団用として穂抜きした。

F₅世代（昭和47年）：前年個体選抜した8個体は準系統として養成した。特性は中生～中晩生で草状良く，耐干性強とみられた。このうち5系統を選抜し，次年度の生産力検定予備試験用に選外採種を行った。

前年度穂選抜した30穂は穂別系統として養成し，中生の早～中生の6系統を派生系統として選抜した。

集団からは中生で良好な特性をもつ22株を個体選抜した。

F₆世代（昭和48年）：前年準系統から選抜した5系統を一般系統として系統群に展開した。このうち3系統群を生産力検定予備試験に供試した結果，1系統群は中生・中稈・良質であり，他の1系統群は中生の晩，やゝ多収良質で，それぞれ有望視されたので，各1系統を選抜し次年度に前者は石系214号，後者は石系215号の番号を付して生産力検定本試験において検討することとした。また残りの1系統群については，中生の晩・やゝ長稈・草状良であったので，系統選抜を行い，次年度も生産力検定予備試験において再検討することとした。

前年の穂別系統に由来する6派生系統からはまとまりの良い1系統を選抜した。前年集団から選抜した22個体は準系統に展開し，中生で草穂状の良い3系統を選抜した。

F₇世代（昭和49年）：前年度生産力検定予備試験において有望視された石系214号および石系215号は生産力検定本試験に供試すると同時に系統適応性検定試験地に配布した。生産力検定本試験においては，両系統とも中生で草穂状良く，良質多収であった。他方，栃木県農業試験場，千葉県農業試験場，熊本県農業試験場阿蘇分場および鹿児島県農業試験場大隅支場における系統適応検定試験の結果，石系214号は各試験地において対照品種より多収・良質であり有望～再検討の評価をえたので，次年度から関東糯115号として配布・検討することとした。石系215号は各試験地とも前者に比べ評価が劣ったので，本年度限りで試験を打切った。

前年に一般系統から選抜した中生の晩・やゝ長稈・草状良の系統は生産力検定予備試験に供試した結果有望であった。なおこの系統は昭和50年に石系232号，同51年から関東糯121号として関係県に配布したが，晩熟の評価をえたため，昭和56年までで試験を打切った。

また前年度の準系統から一般系統にくり入れた系統群は，中生で草状よく良質・多収とみられたので系統選抜を行った。この系統も昭和50年に石系233号として生産力検定試験に供試したが，関東糯115号に類似し，収量的にこれに及ばなかったため，同年限りで試験を打切った。

前年度の派生系統に申来する系統群もとくに有望性が認められなかったので廃棄した。

F₈～F₁₅（昭和50～57年）：石系214号は昭和50年に関東糯115号に命名し，以後系統選抜，生産力検定試験および諸特性の検定試験を継続すると同時に，茨城県のほか関係県の奨励品種決定試験に配布した。

生産力検定試験においては，標準品種農林糯26号および比較品種ハタキヌモチ・ハツサクモチと比較した。その結果，熟期的にはハタキヌモチとハツサクモチの中間で茨城県における中生であり，収量性は年次を通じて標準および比較品種より多収を示した。またごま葉枯病の被害が少なく，生育後期の生葉が多く，葉色が鮮かな傾向を認めた。この特性は干ばつ年において著しく，後述する耐干性検定試験の結果とあわせて，耐干性強と判断された。またいもち病については，育成地における検定

の他、愛知県農業総合試験場山間技術実験農場にも検定を依頼した。その結果、葉いもちは極強、穂いもちは強で、良好な結果をえた。

奨励品種決定試験は茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、熊本、宮崎、鹿児島 の8県で行われた。茨城県では中晩生種のハタキヌモチを対照として試験を行い、有望性が確認されたため、昭和57年度から奨励品種に採用することとなった。他の県においてはワラベハタモチ(栃木)ハツサクモチ(埼玉)、農林糯20号(熊本、宮崎)の早生品種および農林糯4号(群馬)、農林糯1号(千葉)ハタフサモチ(鹿児島)の中～晩生品種を対象に比較された。この結果、関東糯115号は対象品種に比しやゝ晩熟である点、または県の陸稲作付規模に伴う奨励品種事情

により、奨励品種に採用されなかったが、一般的にみると収量性は確保されており、これらの地域、中でも関東地域平坦部には、十分適応するものと判断された。

以上の経過により、昭和57年2月新品種審査会の査定を経て、同年6月陸稲農林糯53号に登録され、ツクバハタモチと命名された。

3. 特性概要

育成試験成績に基づいて、一般的特性および特性検定試験の概要を述べる。

1) 一般的特性

(1) 形態的特性

第1表に形質調査成績を示した。幼苗時の草型は伸長型で葉は細長く、分けつ期以降の草姿はやゝ立型である。

第1表 形質調査成績

品 種 名	稈		芒		稈先色	稈色	粒着疎密	脱粒難易	玄 米		
	細太	剛柔	多少	長短					形状	大小	光沢
ツクバハタモチ	やや太	中	少	短	黄白	黄白	やや密	難	やや長	中	中
(標) 農林糯26号	やや太	やや剛	少	やや短	黄白	黄白	中	難	やや長	中	中
(比) ハタキヌモチ	やや太	やや剛	少	短	黄白	黄白	中	難	やや長	中	中
(比) ハツサクモチ	やや細	やや柔	少	短	紫	黄白	中	やや難	やや円	小	やや良

稈長は農林糯26号より4cm程度短かく、ハタキヌモチより4cm程度長い、やゝ長稈の品種である。草型は偏穂重型に属する。籾は短芒を少しつけ、稈先色は黄白色で、粒着密度はやゝ密、脱粒性は難、みかけの品質は中に分

類され農林糯26号およびハタキヌモチとほぼ同等である。

(2) 生態的特性

第2表に生育調査成績を、第3表に収量および品質調査成績を示した。出穂期は農林糯26号およびハタキヌモチ

第2表 生育調査成績

(昭和50～56年, 印は53～56年の平均値, 標準栽培)

品 種 名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	被 害				
					倒伏多少	穂いもち	ごま葉枯病	カラバエ	干害(葉の萎凋度)
ツクバハタモチ	8・20	75	20.4	267	0.9	0.8	2.9	1.4	1.5
(標) 農林糯26号	8・26	79	21.0	249	0.8	0.7	3.5	1.1	1.6
(比) ハタキヌモチ	8・26	71	21.2	248	0.8	0.8	3.9	1.2	1.8
(比) ハツサクモチ	8・16	68	19.7	248	0.6	1.9	4.2	0.8	1.9

注* 被害の程度は右記基準による観察指数である。

程度	無	微	少	中	多	甚
指数	0	1	2	3	4	5

第3表 収量および品質調査成績

(昭和50~56年平均, 標準栽培)

品 種 名	わら重 (kg/a)	精籾歩合 (%)	玄米重 (kg/a)	対標準比 率 (%)	籾摺歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米品質	評 価
ツクバハタモチ	54.3	34	22.3	123	78	19.8	4.6	○~◎
(標)農林糯26号	58.6	28	18.1	100	78	19.6	4.6	-
(比)ハタキヌモチ	52.6	29	17.6	97	78	19.4	4.7	-
(比)ハツサクモチ	41.9	31	15.5	86	77	17.0	5.9	-

注 玄米品質は右記基準による観察指数である。

程度	上上	上中	上下	中上	中中	中下	下上	下中	下下
指数	1	2	3	4	5	6	7	8	9

より約6日早く、ハツサクモチより約4日遅く、両者のほぼ中間に位置し、茨城県の中生種に相当する。倒伏は標準栽培では農林糯26号およびハタキヌモチと同程度である。被害のうち、穂いもちは農林糯26号、ハタキヌモチと同程度で非常に少ない。カラバエは他の品種よりやや多いが栽培上はほとんど問題ないと考えられる。ごま葉枯病の被害は明らかに少なく、生育後期にも生葉が多

く、登熟に有利である。収量性は農林糯26号およびハタキヌモチより明らかに多収である。また精籾歩合も高く、品質は両品種並でハツサクモチに比べると明らかに優れる。

また播種期の移動に伴う収量の動きについて4月播と5月播を比較した結果、ツクバハタモチは両播種期ともハタキヌモチより多収を示し、ハツサクモチより明らかに多収であった。この特性は作物部による播種期試験成

第4表 播種期適応性検定試験成績

(昭和55・56年の平均)

播種期	品 種 名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重 (kg/a)	精籾歩合 (%)	玄米重 (kg/a)	同左比 較比率 (%)	同左対 4月播 比率(%)	籾摺歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米品質
4月播	ツクバハタモチ	8・18	78	19.8	281	58.0	41	30.6	128	100	78	19.3	4.3
	ハタキヌモチ	8・22	75	20.0	285	60.8	34	23.9	100	100	78	19.5	5.0
	ハツサクモチ	8・14	69	19.2	288	50.2	41	26.0	109	100	79	17.9	5.5
5月播	ツクバハタモチ	8・22	86	19.0	321	70.6	36	29.1	122	95	78	18.6	4.5
	ハタキヌモチ	8・26	81	19.9	313	71.6	31	23.8	100	100	78	19.1	4.8
	ハツサクモチ	8・19	71	18.6	319	62.1	32	20.6	87	79	78	16.9	6.0

注 播種月日

年度	4月播	5月播
昭和55年	4月22日	5月12日
昭和56年	4月23日	5月15日

績(第22表)においても認められており、ツクバハタモチの播種期適応性はハタキヌモチより広く、ハツサクモチに比べると明らかに晩播適応性が高いと考えられる。

2) 特性検定試験成績

いもち病、耐干性等の重要特性については特性検定試験を行った。以下に各特性について述べる。

(1) いもち病耐病性

第5表に育成地における葉いもちおよび穂いもち耐病性検定試験の結果を示した。葉いもちは極強の基準品種である農林糯4号と同等の耐病性である。穂いもちは農林糯26号よりわずかに劣るが、農林糯4号、ハタキヌモチと同程度の強さである。第6表に示した愛知県農業総

第5表 いもち病耐病性検定試験成績 (育成地)

項目	品種名	試験年次 (昭和)										評価
		48	49	50	51	52	53	54	55	56	50~56 平均	
葉 い もち	ツクバハタモチ	1	1	1.5	1.5	1	2.5	1	1	2	1.5	極強
	農林糯26号	2.5	2	2.5	2	2	2	2	1	2.5	2.0	強
	ハタキヌモチ	2.5	-	1.5	2.5	2	2	2.5	0.5	3.0	2.0	強
	ハツサクモチ	-	2	1.5	2	2	1.5	2	1	2.5	1.8	強
	農林糯4号	2	2	1.5	2	1	1.5	2	1	2	1.6	極強
穂 い もち	ツクバハタモチ	0	1	0.5	2.5	1	1	0.7	1	2.3	1.3	強
	農林糯26号	1	1	0.5	1.5	1	1	1	0.7	1.8	1.1	極強
	ハタキヌモチ	1	-	0.5	2	1.5	1	1	0.5	3.0	1.4	強
	ハツサクモチ	-	2	1.5	2	1.5	2	2	1.3	3.8	2.0	やや強
	農林糯4号	0	2	0	2	1	1.5	2	0.5	2.3	1.3	強

注 1. 指数は、罹病程度により右記の基準によった。

2. 葉いもちは、畑晩播多室法による。

耐病性指数	0	~	5
罹病程度	葉いもち 穂いもち	無発病	無発病 ~ 全基葉枯死 ~ 全穂首罹病

第6表 いもち病耐病性依頼検定における結果

(愛知県農業総合試験場山間技術実験農場成績)

項目	品種名	試験年次 (昭和)				
		49	50	51	54	56
葉 い もち	ツクバハタモチ	強~極強	極強		1.2	0.9
	農林糯4号	極強	極強		2.1	1.3
	農林12号	強	強		2.1	2.4
穂 い もち	ツクバハタモチ		中~強	やや強		0.9
	農林糯4号		中~強	強		1.0
	農林12号		-	やや強		2.4

注 54.56年の耐病性指数は下記の基準による。

耐病性指数	0	~	10
罹病度	葉いもち 穂いもち	進展性病斑無し~全基葉ほとんど枯死	罹病を認めない~全穂首罹病

合試験場山間技術実験農場における依頼検定結果も同様の傾向であった。

第7表に判別用7菌系接種試験による推定遺伝子型を示した。結果は新2号型反応を示しており、特定の主働遺伝子をもたない(+)と推定され、ツクバハタモチの葉いもち抵抗性は圃場抵抗性によるものと判断される。

(2) 耐干性

第8表に示したが、耐干性に関する主要形質の灌水区と無灌水区の比較試験、および、第9表に示した葉の萎凋度の観察によって耐干性を評価した。葉の萎凋度にはほとんど差が認められなかったが、灌水区と無灌水区間の諸形質比較において、ツクバハタモチは耐干性が強い結果をえた。すなわち、ツクバハタモチの無灌水区 /

第7表 葉いもち抵抗性の推定遺伝子型検定結果

(昭和49年)

品種名	菌系名	P-2b	研53-33	稲72	北1	研54-20	研54-04	稲168	反応型	推定遺伝子型
ツクバハタモチ		S	S	S	S	S	MS	S	新2号型	+
蒙 古 稻		S	S	S	S	S	MS	S	新2号型	+
愛 知 旭		-	-	R	-	S	S	R	愛知旭型	Pi-a

注 1. 注射接種法による。

2. S: 罹病性反応, R: 抵抗性反応。

陸稲新品種「ツクバハタモチ」について一育成試験および奨励品種決定試験の概要一

第8表 耐干性検定試験成績(a)
主要形質の無かん水区/かん水区比率

(昭和56年)

品 種 名	処理区 および 比 率	出穂期* (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	わら重 (g)	精 粳 歩 合 (%)	玄米重 (g)	玄 米 千 粒 重 (g)	玄米** 品質
ツクバハタモチ	無かん水	8.23	61	17.1	5.1	117	35	51	16.9	5.0
	かん水	8.22	81	20.8	5.0	142	41	81	19.9	4.0
	無かん水区 かん水区%	+ 1	75	82	102	82	85	63	85	+1.0
農 林 糯 26 号	無かん水	8.28	63	17.3	4.0	110	27	32	16.6	5.3
	かん水	8.26	80	21.2	4.5	128	39	66	19.6	4.5
	無かん水区 かん水区%	+ 2	79	82	89	86	69	48	85	+0.8
ハタキヌモチ	無かん水	8.28	56	17.5	4.0	109	29	36	17.6	5.0
	かん水	8.26	78	21.3	5.6	145	43	88	19.7	4.5
	無かん水区 かん水区%	+ 2	72	82	71	75	67	41	89	+0.5

- 注 1. かん水区は8月3日, 10日の2回畦間かんがいを行なった。
 2. 稈長, 穂長, 穂数は10株平均, わら重, 玄米重は10株重。
 3. * 出穂期はかん水区に対する無かん水区の出穂のおくれを示す
 ** 玄米品質は同じく品質の低下を示す。

第9表 耐干性検定試験成績(b)
葉の萎凋度

品 種 名	試 験 年 次 (昭 和)										概 評
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	50~56 平 均	
ツクバハタモチ	4	0.5	1.5	-	1.5	3.5	1.5	-	1	1.8	少
農 林 糯 26 号	3	1	1	-	2	3	0.7	-	1.2	1.6	少
ハタキヌモチ	3	-	1.5	-	1.5	4	1	-	1.2	1.8	少
ハツサクモチ	-	0.5	2.5	-	1	3	1	-	1.1	1.7	少
農 林 糯 4 号	4	0	1	-	2	4	1	-	1.6	1.9	少

- 注 1. 萎凋度は次表の調査基準による。

萎凋度	観 察
0	正 常
1	半巻葉がかなりみられる。
2	ほとんど半巻葉となり, 一部全巻葉もみられる。
3	ほとんど全巻葉となる。
4	全部全巻葉となり, 針状葉もかなりみられる。
5	全部針状葉となる。

2. 昭和51年は適雨, 55年は多雨により検定不能。

灌水区の比率を農林糯26号と比較すると、わら重と稈長でやや低いが、穂長 穂数、玄米千粒重、玄米品質ではほぼ同等であり、玄米重および精歩合は高く、出穂の遅れは1日少ない結果を示しており、ツクバハタモチは農林糯26号と同等またはこれより強い耐干性をもつと推定される。またハタキヌモチと比較すると更に差が大きく、ツクバハタモチはハタキヌモチより耐干性が明らか

に強い結果を示した。農林糯26号は陸稲品種の中で耐干性に分類されるので、総合的にみたツクバハタモチの耐干性は強と考えられる。

この特性は前述したごま葉枯病の被害が少なく熟色が良い特性とも関連していると思われ、これらが総合されて、第10表に示したように年次を通じて安定多収の特性をもたらしていると考えられる

第10表 生産力検定試験における収量の動き(普通栽培)

項目	品 種 名	年 次 (昭 和)									
		48*	49	50	51	52	53	54	55	56	平均
玄米重 (kg/a)	ツクバハタモチ	(30.2)	23.0	16.3	20.0	29.1	15.2	18.1	40.2	17.3	22.3
	農林糯26号	(27.9)	17.3	11.0	20.0	20.6	10.1	16.6	31.2	17.1	18.1
	ハタキヌモチ	(33.7)	-	6.8	19.7	21.2	11.2	14.1	35.0	14.9	17.6
	ハツサクモチ	-	12.8	9.0	15.1	17.9	4.3	16.0	31.6	14.3	15.5
玄米重 比 率 (%)	ツクバハタモチ	(108)	133	148	100	141	150	109	129	101	123
	農林糯26号	(100)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	ハタキヌモチ	(121)	-	62	99	103	111	85	112	87	97
	ハツサクモチ	-	74	82	76	87	43	96	101	84	86
精 歩 合 (%)	ツクバハタモチ	40	38	30	37	37	30	30	45	29	34
	農林糯26号	35	31	24	32	30	23	27	34	27	28
	ハタキヌモチ	37	-	17	36	33	27	25	40	25	29
	ハツサクモチ	-	33	27	38	33	14	33	40	32	31
備 考	気 象 概 況	強かんばつ(6月 下~8月 中旬)	軽かんばつ(8月 下旬),少 雨多照	強かんばつ(7月 下~9月 中旬) 出穂遅延	低温少照 多雨(8 月上~中 旬) 出穂遅延	適雨	極強干ばつ(7月 中~8月 下旬)	軽かんばつ(8月 中旬),收 穫期長雨 穂発芽	適雨, 異常低 温(7 ~8月)	中干ばつ 出穂遅延	
	灌 水 の 有 無	2回 (80mm)	-	2回 (90mm)	-	-	3回 (140mm)	-	-	1回 (40mm)	

注 *48年()は精歩重およびその比率

第11表 穂発芽性検定試験成績

品 種 名	試 験 年 次 (昭 和)										評 価
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	50~56 平均	
ツクバハタモチ	15	5	20	25	20	25	80	22	30	32	難
農林糯26号	2	10	15	15	15	40	80	2	50	31	難
ハタキヌモチ	10	-	20	45	25	25	85	7	50	37	難
ハツサクモチ	-	30	30	30	20	25	70	70	75	46	やや難

注 検定は25°C 96時間水浸漬処理の発芽粒%

陸稲新品種「ツクバハタモチ」について一育成試験および奨励品種決定試験の概要一

(3) 穂発芽性

第11表に示した穂発芽性検定試験結果からツクバハタモチは農林糯26号およびハタキヌモチと同程度の穂発芽性で、難にランクされる。

3) 玄米特性および食味

(1) 玄米の形状およびとう精特性

玄米形状調査成績を第12表に示した。ツクバハタモチの玄米形状は農林糯26号およびハタキヌモチ並で、やや長に分類される。

とう精試験の結果は第13表に示したようにツクバハタモチはとう精歩留りにおいて農林糯26号およびハタキヌ

第12表 玄米形状調査成績

(昭和56年)

品 種 名	粒 大 (mm)			長径/背腹径比
	長径	背腹径	横径	
ツクバハタモチ	5.51	2.98	1.94	1.85
農 林 糯 26 号	5.40	2.93	1.93	1.84
ハタキヌモチ	5.35	2.88	1.93	1.86
ハツサクモチ	5.28	2.89	1.92	1.83

注 整粒50粒の平均値。

モチよりわずかに高く、ハツサクモチより高い。とう精時間、白度、胚芽残存歩合および砕粒歩合では、これら比較品種とはほぼ同程度と判断される。

第13表 とう精試験成績

品 種 名	とう精歩留 (%)	とう精時間 (分・秒)	白 度			胚芽残存歩合 (%)	砕粒歩合 (%)
			玄 米	適とう精	過とう精		
ツクバハタモチ	86.7	4.34	25.3	54.4	63.9	2.2	5.7
農 林 糯 26 号	85.8	4.21	22.9	55.2	61.2	0.3	8.2
ハタキヌモチ	86.1	4.28	22.3	55.0	62.0	0.3	5.6
ハツサクモチ	84.2	4.36	23.8	54.8	63.5	1.0	9.7

- 注 1. とう精歩留および時間は、昭和50~56年の平均、その他は昭和56年度成績。
 2. とう精は Kett TPII 型機使用、供試玄米の水分は 14.5 %。
 3. 白度は Kett 光電白度計 (標準板85) 使用、過とう精の白度は適とう精+5分で調査。
 4. 胚芽残存率および砕粒歩合は各5g 3反復の平均。
 胚芽残存率は右記指数の加重平均。

胚芽残存程度	完全に残る	半分程度残る	わずかに残る
指 数	1.0	0.5	0.3

第14表 食味試験成績

試験年次 (昭和)	品 種 名	みため の餅質	味	なめら かさ	は た ご え	粘り	総合評価と95% 信頼限界	パネ ル数	備 考
50	ツクバハタモチ	0.15	-0.08	0.08	0.42	0.23	0.00±0.43	13	強干ばつ年
	農林糯26号(基準)	0	0	0	0	0	0		
55	ツクバハタモチ	-0.42	-0.56	-0.05	0.15	0.00	-0.35±0.49	20	適 雨 年
	ハタキヌモチ	0.63	0.58	0.95	1.05	0.65	0.95±0.49		
56	農林糯26号(基準)	0	0	0	0	0	0	22	中干ばつ年
	ツクバハタモチ	-0.55	-0.35	-0.59	-0.50	-0.41	-0.50±0.47		
	ハタキヌモチ	-0.55	-0.42	-0.68	0.27	-0.27	-0.50±0.40		

注 餅の試食により、次の分類による評点で調査した。
 ただし、はごたえと粘りは弱いを不良とした。

程 度	良 い	不 良
基準品種より	1	-1
"	2	-2
"	3	-3
"	4	-4
"	5	-5

第15表 系統適応性検定試験成績

(昭和49年)

試験地名	栽培条件	ツクバハタモチの 玄米重 (kg / a)	同左比較 比率(%)	比較品種名	概評
栃木	標準	21.4	113	農林糯26号	- やや多収
千葉	早期	23.1	254	農林糯1号	△ やや短稈, 多収, 品質やや不良, 耐干性やや弱
熊本	標準	38.0	99	農林糯20号	◎ 大粒で良質
鹿児島	早期	32.6	123	ハタフサモチ	△ ハタフサモチよりやや早い, 比較的良質

第16表 配布先における試験成績概要

(収量性と概評)

試験地 県名 場所	栽培様式	試験年次 (昭和)							標準品種名
		50	51	52	53	54	55	56	
茨城*	本場標準	28.1 △ 86	28.9 △ 98	28.1 ○ 142	32.5 ○ 108	18.9 ○ △ 152	37.9 ○ 125	24.1 ◎ 103	ハタキヌモチ
栃木	本場5月播				30.3 ○ 115	29.1 × 98			ワラベハタモチ
群馬	本場標準			28.7 △ 91	34.7 ○ △ 99	23.2 △ 94	28.6 ○ △ 100	17.4 △ 70	農林糯4号
	群馬町標準			34.3 △ 109					農林糯4号
埼玉	本場標準			27.1 ○ 277	24.6 ○ 162	21.7 △ 226	22.8 △ 76	24.0 △ 104	ハツサクモチ
	ドリル			20.7 284	19.1 303	17.7 175	22.3 71	28.9 118	
千葉	本場早期		29.8 △ 116	41.6 ○ 117	34.2 ○ 171	29.0 △ 154	39.7 ○ 97	33.2 △ 95	農林糯1号
熊本	阿蘇分場標準	44.7 ○ 121	32.5 × 108						農林糯20号
	波野村標準	35.1 ○ 105	22.0 △ 101						"
	高森町標準	26.9 × 94	32.4 △ 108						"
	矢部分場標準	35.4 △ 102	37.1 × 92						"
	矢部町標準	32.0 × 79							"
	清和村標準		20.9 × 84						"
宮崎	都城支場早期		17.1 △ 95	33.7 △ 113	31.9 × 143				農林糯20号
鹿児島	大隅支場早期	31.2 × 101	35.2 × 88						ハタフサモチ

注 1. 上段はツクバハタモチの玄米重 (kg / a), 下段は標準品種に対する玄米重比率 (%) と有望度。

2. * 印は奨励品種採用県。

現地試験成績は別項II参照のこと。

(2) 食味

餅の食味試験の結果は第14表に示した。ツクバハタモチの食味は農林糯26号と比較すると同等またはやや劣る程度である。ハタキヌモチとの比較では年次による差が大きく、昭和56年の適雨年の試験ではハタキヌモチに及ばないが56年度の干ばつ気味の年次では同等であった。同様の傾向は作物部の試験結果(第20表)にも現われ、本場における干ばつのきびしい条件下ではツクバハタモチがハタキヌモチにまさったが、地下水位の高い条件下にある協和試験地ではほぼ同等であった。ハタキヌモチは陸稲品種の中で品質食味が良にランクされており、上記の結果から、ツクバハタモチの食味は適湿条件下ではハタキヌモチに及ばないが、干ばつ条件下では耐干性強の特性が働いて、ハタキヌモチと同等またはこれ以上の

食味が期待されると考えられる。

4. 適応地域

系統適応性検定試験成績(第15表)および配布先における試験成績(第16表)からみて、関東一円の平坦部の中～晩生品種が作付される地帯に適応するものと考えられる。とくに耐干性が強い特性から、干ばつ頻度の高い地帯によく適応すると考えられる。

5. 命名の由来

奨励品種に採用された茨城県の名峰筑波山にちなんで「ツクバハタモチ」と命名された。

6. 育成従事者

本品種は昭和42年に交配され、本年新品種として登録されるまでの間の育成従事者は下図の通りである。

氏名	年次(昭和)	交配														備考*	
	世代	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55		56
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄		
古賀義昭																	現在員
石原正敏		+															現在員
奥津喜章																	現在員
須賀立夫																	現在員
新妻芳弘		+															現茨城農試作物部
小野信一		+															現中国農試作物部
阿部祥治		+															現茨城農試作物部
酒井保																	現茨城県那珂地区農改普及所
根本博雄																	現茨城農試育種部
岡野博文		+															現茨城農試竜ヶ崎試験地

注* 昭和57年3月31日現在

II 奨励品種の採用について

現在、茨城県の陸稲奨励品種は極早生のフクハタモチ早生のハツサクモチ、および中晩生のハタキヌモチが普及されている。作物部では育種部から配布を受けた交配系統の県内での適応性について検討を行い奨励品種候補を決定している。

ハタキヌモチは昭和40年に奨励品種として採用され、強稈・良質・多収のすぐれた特性をもっているが、耐干性は必ずしも強くないため収量が不安定で、熟期的にもやや遅く改善されるべき点をもっている。この品種は

県西・県北地帯を中心に、昭和56年度現在2,290 ha(24%)が栽培されている。

ハタキヌモチについてはこれらの点を補うため、いくつかの育成系統と比較してきた結果、ツクバハタモチが有望視され、57年度から奨励品種として採用することとなった。以下、ツクバハタモチの県内における特性および栽培成績について述べる。

1. 生産力検定試験

1) 試験方法

本場においては昭和50年～56年の7ヶ年、現地試験(協和町:地下水位の比較的高い普通畑, 三和町:肥沃な野

菜畑地帯、谷和原村：畑かん設備を有する普通畑地帯)
は昭和53~56年の4ヶ年間、中晩生のハタキヌモチを対
照品種として試験を実施した。

本場および現地試験の耕種概要は第17表のとおりであ
る。

2) 試験結果

(1) 生育調査

主な特性を第18表に示した。ツクバハタモチの出穂期・
成熟期はハタキヌモチに比べ平均4日程度早い秋冷が
比較的早い場合や適雨適湿地など生育条件が良い場合は
成熟期がハタキヌモチと同程度かやゝ遅くなることもある。

形態的特性についてみると稈長は6cm前後長く、穂数・
一穂穎花数はやゝ少ない傾向がある。登熟期間中の葉色
が濃く、下葉の枯れ上がりが少なく、熟色・草姿ともに
良好である。

耐倒伏性については普通作物の輪作体系をとっている

本場においてはほとんど倒伏した例はないが、野菜跡地
や地下水位の高い圃場などの現地試験の結果からみると
稈長の伸びる条件では強稈のハタキヌモチよりやゝ劣る
ことがうかがわれる。

耐病性はとくにごま葉枯病に強く、いもち病にもハタ
キヌモチと同程度に強く、カラバエの被害は少ない。ま
た、昭和55年は冷夏であり、低温による白稈発生の品種
間差がみられた年であるが、ツクバハタモチは白稈の発
生もやゝ少ないことが観察された。

(2) 収量および品質調査

第18表に示すように、ツクバハタモチはハタキヌモチ
より本場では8%、現地試験では1~7%増収している。
とくに、本場で灌水を行わなかった昭和51・52・53年の
3ヶ年については平均19%の増収であった。この主要
因はツクバハタモチがハタキヌモチより耐干性にすぐれ
ることを示したものと考えられる。また、現地試験で地

第17表 耕種概要

場所・年次	項 目	播種期 (月・日)	畦巾 (cm)	播種量 (kg/a)	施肥量 (kg/a)			追肥 時期 (月・日)	灌水 回数	1区 面積 (m ²)	区制	前作物
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O					
水戸市 (本場)	昭 50	4.17	60	0.5	0.6+0.3	1.2	1.1	6.11	1	5.4	3	落花生
	51	4.15	60	0.5	0.6+0.2	0.9	0.6+0.2	6.23	0	5.4	3	ナガイモ
	52	4.18	60	0.5	0.6+0.2	0.9	0.6+0.2	6.17	0	7.2	2	大豆
	53	4.18	60	0.5	0.6+0.2	0.9	0.6+0.2	6.12	7	7.2	3	大豆
	54	5.26	60	0.5	0.6+0.2	0.9	0.8+0.2	6.28	2	7.2	3	落花生
	55	4.18	60	0.5	0.5+0.3	0.8	0.7+0.3	6.5	0	7.2	3	大豆
	56	4.20	60	0.5	0.5+0.3	0.8	0.7+0.3	6.8	4	7.2	3	陸稲
協和町	53	4.20	60	0.5	0.7+0.3	1.0	0.9+0.3	6.15	1	7.2	3	大豆
	54	4.19	60	0.5	0.7+0.3	1.0	0.9+0.3	6.11	0	7.2	3	落花生
	55	4.21	60	0.5	0.5+0.2	0.8	0.7+0.2	6.10	0	7.2	3	陸稲
	56	4.22	60	0.5	0.3+0.3	0.5	0.7+0.3	6.9	0	7.2	2	大豆
三和町	53	4.20	60	0.3	0.1	0.1	0.1	—	3	7.2	2	ナス
	54	4.13	60	0.5	0.3	0.5	0.4	—	0	7.2	3	メロウサイ
	55	4.16	60	0.5	0.5+0.3	0.8	0.7+0.3	6.10	0	7.2	3	花木
	56	4.21	60	0.5	0.3	0.5	0.4	—	0	7.2	2	メロウサイ
谷和原村	53	4.19	45	0.5	0.5+0.1	0.7	0.7	6.12	6	5.4	2	陸稲
	54	4.16	45	0.5	0.5+0.2	0.8	0.7+0.2	6.16	2	5.4	3	陸稲
	55	4.16	60	0.5	0.5+0.3	0.8	0.7+0.3	6.10	1	7.2	3	陸稲
	56	4.21	45	0.5	0.5	0.8	0.7	—	3	5.4	3	ダイコン

下水位の高い協和町，畑かん栽培を行った谷和原村のように干害を受けない条件では，両品種間の収量差は小さいことが示されている。

ハタキヌモチと玄米 ℓ 量および玄米品質はおおむね同程度であるが千粒重はツクバハタモチがやゝ大きい。

(3) とう精特性および餅の食味試験

とう精試験の結果は第19表に示すとおり，昭和56年1ヶ年の成績では適とう精までの時間が本場産，協和町産ともツクバハタモチはハタキヌモチより短かくなっているので，やゝとう精しやすいと考えられる。

また，食味試験の結果は，第20表に示すとおり，総合評価で見ると中程度の干ばつを受けた本場産はハタキヌモチよりツクバハタモチが明らかに良く，適湿条件で栽培された協和町産ではハタキヌモチが若干良い結果が得られた。

2. 栽培法試験

1) 施肥量試験

(1) 試験方法

昭和55年は基肥窒素を0.3・0.5・0.8(kg/a)の3水準で，昭和56年にはさらに1.0を加えた4水準で本場内で検討した。

(2) 試験結果

両年とも，どの試験区でもツクバハタモチがハタキヌモチより収量が多く，第21表に示したように，増肥程度に応じた玄米量の増加率はツクバハタモチが大きく，施肥量に対する反応は鈍くないと見ることができる。また，昭和55年の窒素施肥量0.8 + 0.3 kg/a区でツクバハタモチとしては最高収量の41.1 kg/aが得られたが，その際の稈長は82cmで倒伏はみられなかった。このことから稈長を80cm程度に抑えれば，一般栽培でも倒伏についての

第18表 生育・収量調査成績

(a) 基本調査

項目	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏の		病虫害			玄米重 (kg/a)	同左対 標比(%)	ℓ 重 (g)	千粒重 (g)	品質
						多	少	穂いもち	ごまもち	カラ葉枯					
水戸市	50	8. 7	9. 12	81	22.2	273	0	1	—	1	28.1	86	—	21.2	5
	51	8. 19	10. 1	79	21.2	205	0	0	0~1	—	28.9	98	811	22.9	5
	52	8. 12	9. 17	83	21.1	288	0	0~1	1~2	2	28.1	142	798	19.9	4
	53	8. 4	9. 8	91	23.0	280	0	0	2	1	32.5	108	799	22.1	4
	54	8. 23	10. 3	86	22.2	298	4	—	3	1~2	18.9	152	757	20.1	5
	55	8. 14	9. 24	78	19.8	260	0	0	0~1	0~1	37.9	125	789	20.0	4~5
	56	8. 24	10. 6	72	20.4	204	0	1	2~3	0~1	24.1	103	790	20.1	3
平均	8. 13	9. 21	81	21.3	252					29.9	108	797	21.0		
(本場)	50	8. 10	9. 14	75	23.5	281	0	1	—	1~2	32.7	100	—	20.2	4~5
	51	8. 23	10. 8	73	22.3	198	0	0	0~1	—	29.5	100	824	22.1	4
	52	8. 17	9. 24	74	20.4	285	0	1	3~4	1~2	19.8	100	803	20.3	4
	53	8. 9	9. 16	84	22.4	318	0	0	3	1	30.1	100	801	22.1	4
	54	8. 25	10. 3	76	22.7	274	3~4	—	4~5	1~2	12.4	100	750	19.8	5
	55	8. 16	9. 22	77	19.9	311	0	0	2	1	30.4	100	786	19.6	5~6
	56	8. 27	10. 6	69	22.0	201	0	0	0~1	3~4	1	23.5	100	776	19.3
平均	8. 17	9. 25	75	21.8	266					27.7	100	798	20.6		

注 1. 54年度は晩播(5月26日播)のため平均値から除外
 2. 倒伏・病虫害の程度(0:無 ↔ 5:甚)
 3. 品質(1:上上 ↔ 9:下下)

(b) 現地調査

項目		出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏の 多 少	玄米重 (kg/a)	同左対 標比(%)	千粒重 (g)	品 質	
協和	ツクバハタモチ	53	8. 4	92	22.4	349	0~1	34.6	109	18.7	5
		54	8.10	114	25.1	294	4	41.5	94	21.5	4
		55	8.11	88	21.4	251	0	33.2	109	21.0	4
		56	8.21	100	22.3	237	1~2	38.9	99	21.4	2
	平均	8.12	99	22.8	283		37.1	102	20.7		
町	(標) ハタキヌモチ	53	8. 4	84	24.5	345	0	31.8	100	19.2	4~5
		54	8.13	102	25.4	329	2~3	44.3	100	21.8	4
		55	8.13	82	21.5	251	0	30.5	100	20.2	4
		56	8.22	93	24.4	245	0	39.3	100	21.2	3
	平均	8.13	91	24.0	293		36.5	100	20.6		
三和町 (野菜跡)	ツクバハタモチ	53	7.31	88	23.2	310	0	17.7	127	20.7	4
		54	8. 8	101	24.1	324	5	33.3	103	20.5	4
		55	8. 9	96	22.4	235	1	36.4	103	21.9	4
		56	8.20	110	24.4	318	5	32.3	106	20.8	3~4
	平均	8. 9	99	23.5	297		29.9	107	21.0		
	(標) ハタキヌモチ	53	8. 7	83	23.7	310	0	13.7	100	19.8	5~6
		54	8. 7	89	24.0	357	5	32.4	100	20.7	4
		55	8.11	90	20.4	310	0	35.3	100	21.8	4
		56	8.23	99	24.8	314	5	30.5	100	21.3	3
	平均	8.12	90	23.3	323		28.0	100	20.9		
谷和原村 (畑かん)	ツクバハタモチ	53	8. 1	88	21.8	385	0~1	37.4	95	21.2	4
		54	8. 6	84	21.1	291	4~5	22.9	137	20.4	4
		55	—	63	18.7	207	0	20.9	101	20.0	4
		56	8.20	99	20.9	356	5	30.8	89	20.4	3~4
	平均	8. 9	84	20.7	310		28.0	101	20.5		
	(標) ハタキヌモチ	53	8. 6	88	23.9	329	1	39.2	100	21.1	4
		54	8.11	74	21.0	269	2~3	16.7	100	19.7	6
		55	—	61	19.7	242	0	20.7	100	18.8	5
		56	8.24	90	21.6	426	5	34.9	100	20.8	3~4
	平均	8.14	78	21.6	317		27.8	100	20.1		

心配はないと考えられる。

2) 播種期試験 (昭和56年)

(1) 試験方法

本場において播種期を4月20日とし、この他に表間作、
麦刈取後を想定して5月6日、6月6日に設定した。6

月6日の播種量を0.8kg/aとした他は、第17表の耕種
概要と同じである。

(2) 試験結果

第22表に示したように、どの播種期においてもツクバ
ハタモチがハタキヌモチより多収で、しかも晩播ほどハ

陸稲新品種「ツクバハタモチ」について一育成試験および奨励品種決定試験の概要一

タキヌモチとの収量差が大きくなっている。

また、昭和54年は立枯のため播き直しを行ったので、晩播と同じ条件（5月26日播）になったが、この場合の生産力検定試験においてもツクバハタモチの収量比がハタキヌモチに対し152%であった。

これらのことから、ツクバハタモチはハタキヌモチより晩播適応性が高いことが認められ、県下で部分的に栽培が見られる麦間作に対しても適応性をもつと考えられる。

3. 本県における適応地帯

ツクバハタモチは耐干性が強く普通畑栽培では多肥にしない限り、稈長が伸び過ぎて倒伏する恐れは少ない。したがって、干ばつのおそれがあり作柄が不安定な普通畑作地帯及び地力中庸な野菜畑などに広く好適する品種であると考えられる。ツクバハタモチはハタキヌモチに

比較すればやゝ倒伏し易いが、耐干性が強く安定して多収を示している。

ハタキヌモチは強稈で品質、食味が良く多収性のすぐれた品種であるが、耐干性がやゝ弱く普通畑では干ばつのため収量が不安定である。

なお、対照品種になっていないが、7日程度早熟のハツサクモチは小粒で収量がやゝ低く、稈が弱いなどの欠点があり、一部ツクバハタモチにかわっていくものと考えられる。

4. 栽培上の注意

ツクバハタモチはハタキヌモチより耐倒伏性がやゝ劣り、稈長が90cm前後になると倒伏が心配されるので肥料の残効の多い野菜跡地、肥沃地、地下水位の高い低湿畑には適さない。普通畑の場合も、施肥量に留意し、極端な多肥栽培は避ける。

第19表 とう精試験（昭和56年）

品種名	本 場				協 和 町			
	時間(秒)	歩留り(%)	白 度	水分(%)	時間(秒)	歩留り(%)	白 度	水分(%)
ツクバハタモチ	165	87.9	50	13.6	150	87.6	55	14.4
(標)ハタキヌモチ	210	86.6	47	13.6	180	86.1	54	14.4

- (注) 1. 適とう精時の数値を示した。
 2. とう精機は Kett TP II 型を使用し玄米 100g を供試した。
 3. 白度計は Kett C-3 型を使用した。

第20表 餅食味試験（昭和56年）

場 所	品 種 名	総合評価	みた目の餅 質	味	なめらかさ	はごたえ	粘 り
本 場	ツクバハタモチ	1.17±0.46	0.50±0.51	0.75±0.55	0.58±0.92	-0.08±0.74	0.55±0.59
	(標)ハタキヌモチ	0	0	0	0	0	0
協和町	ツクバハタモチ	-0.42±0.50	0.08±0.50	-0.08±0.50	-0.50±0.43	-0.75±0.40	-0.50±0.33
	(標)ハタキヌモチ	0	0	0	0	0	0

- (注) 1. 倒伏状況：本場・無倒伏；協和町・ツクバハタモチ3、ハタキヌモチ2
 2. パネル数 12（農試験員）
 3. 各項目の評点は「ハタキヌモチ」を0とし右記による。
 但し、「はごたえ」「粘り」については「弱い」を不良とした。

程 度		良	不 良
基準より	わずかに	1	-1
"	少 し	2	-2
"	か なり	3	-3
"	たいそう	4	-4
"	極 端に	5	-5

茨城県農業試験場研究報告 第22号 (1983)

第21表 施肥量試験成績

項目		出穂期	稈長	穂長	穂数	倒伏	玄米重	同左対	千粒重	品質	
施肥量・品種・年次		(月・日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	の多少	(kg/a)	標比(%)	(g)		
N 0.3 kg/a	ツクバハタモチ	55	8.14	77	20.1	235	0	33.6	111	20.4	4~5
		56	8.25	70	19.8	198	0	22.1	107	19.9	3
	平均	8.20	74	20.0	217		27.9	109	20.2		
(標) ハタキヌモチ	55	8.17	72	20.1	259	0	30.4	100	19.5	5~6	
		56	8.28	67	22.3	195	0	20.6	100	19.2	4
	平均	8.23	70	21.2	227		25.5	100	19.4		
N 0.5 kg/a	ツクバハタモチ	55	8.14	78	19.8	260	0	37.9	125	20.0	4~5
		56	8.24	72	20.4	204	0	24.1	103	20.1	3
	平均	8.19	75	20.1	232		31.0	115	20.1		
(標) ハタキヌモチ	55	8.16	77	17.9	311	0	30.4	100	19.6	5~6	
		56	8.27	69	22.0	201	0	23.5	100	19.3	4
	平均	8.22	73	21.0	256		27.0	100	19.5		
N 0.8 kg/a	ツクバハタモチ	55	8.14	82	20.1	281	0	41.1	126	20.5	4~5
		56	8.23	73	20.3	236	0	24.3	104	19.3	4
	平均	8.19	78	20.2	259		32.7	117	19.9		
(標) ハタキヌモチ	55	8.16	81	20.4	293	0	32.5	100	19.4	5~6	
		56	8.26	68	21.3	222	0	23.3	100	19.1	5
	平均	8.21	75	20.9	258		27.9	100	19.3		
N 1.0 kg/a	ツクバハタモチ	56	8.22	77	20.8	236	0	26.3	102	19.6	4
	(標)ハタキヌモチ	56	8.26	73	21.8	239	0	25.7	100	19.1	5

(注) 1. N 1.0 kg/a 区は昭和56年のみの数値
2. 追肥は全区 N 0.3 kg/a

第22表 播種期試験成績 (昭和56年)

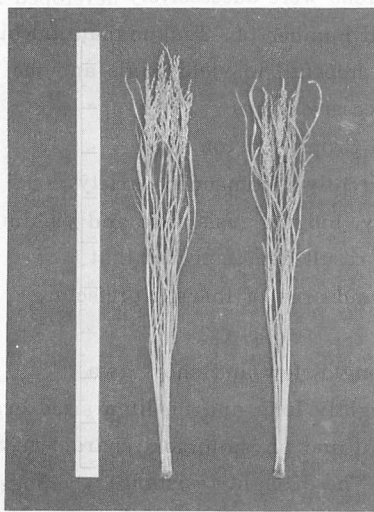
項目		発芽期	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	葉重	玄米重	同左対	千粒重
播種期・品種名		(月・日)	(月・日)	(月・日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(kg/a)	(kg/a)	標比(%)	(g)
4 20	ツクバハタモチ	5. 6	8. 24	10. 6	67	19.6	219	36.2	27.7	101	19.6
	(標)ハタキヌモチ	5. 6	8. 26	10. 7	66	20.8	237	41.3	24.5	100	19.2
5 6	ツクバハタモチ	5. 19	8. 25	10. 8	67	19.0	219	40.7	22.2	121	19.1
	(標)ハタキヌモチ	5. 19	8. 29	10. 10	63	20.5	228	43.2	18.4	100	18.5
6 6	ツクバハタモチ	6. 14	9. 4	10. 19	65	18.4	245	36.6	11.9	195	16.7
	(標)ハタキヌモチ	6. 14	9. 8	10. 19	59	19.9	216	37.7	6.1	100	16.6

(注) 1. 6月6日播種の成熟期は刈取日

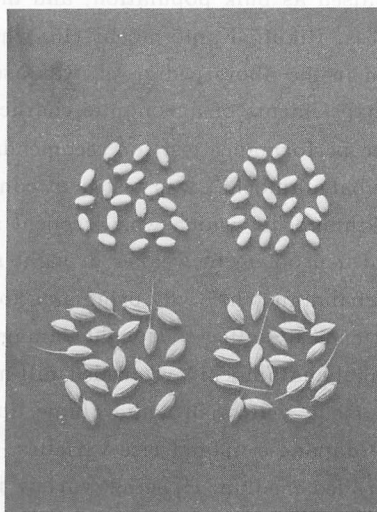
謝 辞

本品種の育成にあたり、特性検定、系統適応性検定および奨励品種決定試験等に御協力をいただいた関係各県農業試験場の担当各位に対し心から感謝の意を表する。

奨励品種採用および県における奨励品種決定試験の実施にあたっては飯田栄前場長はじめ、茨城県農林水産部改良普及課および流通園芸課の関係者各位の御甚力に対し深く感謝する。また現地試験実施にあたっては担当農家の労をえたことを感謝する。



左 ツクバハタモチ
右 ハタキヌモチ



左 ツクバハタモチ
右 ハタキヌモチ

ツクバハタモチと対照品種ハタキヌモチ

Reports on new upland rice variety "Tsukubahatamochi"
—results of breeding experiment and performance test for
recomendable variety —

(Authors in charge of breeding experiment)

Yoshiaki Koga, Masatoshi Ishihara, Yoshiaki Okutsu, Ritsuo Suga,
Hiroo Nemoto.

(Authors in charge of performance test for recomedable variety)

Takashi Kawano, Kazuyuki Iwase, Tamotsu Akutsu Susumu Kitazaki,
Yoshihiro Niitsuma.

Summary

The upland rice variety "Tsukubahatamochi" was newly bred up by Breeding division of Ibaraki Agriculture Experiment Station. It was resistered as Rikutō Nōrin-mochi 53 (national registration number for glutinous upland rice variety) in 1982. It was also adopted as new recomendable variety of Ibaraki Prefecture, through performance test for recomendable upland rice variety by Crops division of Ibaraki Agriculture Experiment

Station.

"Tsukubahatamochi" was originated from the cross combination between "Kantō-mochi 63" and "Hatafusamochi". The crossing was made in 1967 based on the breeding target to breed the variety of medium to late maturity for common cultivation area west to Kantō. Major objective was to combine higher drought and lodging resistance of female parent with higher yielding and better grain quality of male parent. F₂ to F₄ generations were raised as bulk population, and the later generations were successively developed in pedigrees. Rikutō Kantō-mochi 115, which was a local number of "Tsukubahatamochi" selected in the above pedigrees, was ascertained to be hopeful in yield trials and the other experiments of agronomic characteristics in successive years.

In the performance test for recommendable variety by Crops division, the "Tsukubahatamochi" was tested in comparison of currently recommended variety "Hatakinumochi" which was excellent in grain quality, lodging resistance and yielding but had a problem in weaker drought resistance. The result demonstrated that "Tsukubahatamochi" was promising for common upland area of Ibaraki prefecture which tends to suffer a drought damage.

"Tsukubahatamochi" is graded tall-medium culm length, few and short awn development, yellowish white glume tip color, and slightly long and medium sized grain among Japanese upland rice varieties. As to ecological and physiological characteristics, it is graded medium ripening variety in Kantō area. The drought resistance belongs to the strongest class among Japanese upland rice varieties. The field resistance to blast disease belongs also to higher class. The yielding shown to be constantly higher than standard varieties of "Nōrin-mochi 26" and "Hatakinumochi".

By the above characteristics, the "Tsukubahatamochi" would contribute to stabilize the upland rice growing at common cultivation area in Ibaraki.

イネしま葉枯病の疫学的解析

第I報 イネしま葉枯病の発生動態と1977年異常発生への解析

高井 昭・小森隆太郎*

現在、北関東四県（茨城、栃木、群馬、埼玉）でイネしま葉枯病が流行しているため、本県の主発病地である県西地域について発生予察事業の調査データを取りまとめ、イネしま葉枯病の年次変動と1977年の異常多発生について解析した。

さらに第II報では、ヒメトビウンカ保毒虫率変動モデルによる流行機作の解析とイネしま葉枯病の発生予察方法について検討する予定である。

現在のイネしま葉枯病流行の発端は1977年5月のヒメトビウンカ第1世代1令幼虫の異常多発生である。このヒメトビウンカ異常多発生の原因を解明することが発生予察方法を確立する上で重要なことである。しかし、これを確立するためには個体群生態学的研究なしには困難である。

久野²⁾はヒメトビウンカの水田における自然調節作用を認めなかったと報告しているが、著者らは水田に侵入する前の世代、すなわち麦類で増殖する第1世代において自然調節作用の存在を認めた。

I 緒 論

本県におけるイネしま葉枯病は、いもち病に次ぐイネの重要病害であり、年次変動も大きく、その流行機構の解明は発生予察および防除対策を立てる上で重要である。

現在のイネしま葉枯病流行は、1977年の春におけるヒメトビウンカ第1世代の異常多発生が発端となって、イネしま葉枯病の多発生・保毒虫率の上昇、と悪循環のくり返しによるものである。これらの現象は本県だけでなく、北関東の栃木県・群馬県・埼玉県にも共通していることから、1977年のヒメトビウンカ異常多発生は広域的な原因によるものと示唆される。

原¹⁾、高山¹⁰⁾が指摘したように、恒久的な水田再編対策によって麦類栽培面積の増加が予想されるので、今後ますますイネしま葉枯病の流行が懸念される。

イネしま葉枯病はウイルス病であるために直接の治療剤はなく、媒介昆虫であるヒメトビウンカの防除による感染防止対策がとられている。したがってイネしま葉枯病による減収を考慮したヒメトビウンカの要防除密度の

策定は重要な問題となっている。

発生予察事業で定期的に行っている巡回調査を主体に、本県の主発病地である下館病害虫防除所管内（以下「県西地域」という）のデータについて、イネしま葉枯病の年次変動と1977年の異常多発生を解析し、流行の原因について検討したので報告する。

II 調査方法

1. 巡回調査

調査時期：稲作期間中は毎月第2半旬と第5半旬の2回調査した。

調査地点の抽出：5万分の1地図上においてオスボン式系統抽出法により県西地域から36カ所の調査水田を抽出した。

調査株の抽出：調査水田内の約1アールから一般の線型任意系統抽出法を同時に2方向を考え平面型にした、平面型任意系統抽出法⁹⁾により25株を抽出し調査した。

調査方法：イネしま葉枯病は発病株率^{*})を調査し、本

*現在 美野里地区農業改良普及所

文では36地点の平均値を使用した。

2. 黄色水盤による調査

ヒメトビウカ第1回成虫を対象として、3月中旬～5月上旬に小麦畑に設置したタキロン製黄色水盤(30cm×30cm)へ飛来した成虫数を調査した。本文では2個の合計虫数を使用した。

3. 保毒虫率の検定^{**})

抗体感作赤血球凝集反応法によった。供試虫数は1地点300頭以上を目標とした。

4. ヒメトビウカ第1世代1令幼虫数調査

4月下旬～5月中旬に小麦50～120茎をほぼ1週間間隔で数回採取し、25℃の定温器に入れてふ化した幼虫を数えた。本文の中では小麦200茎あたりの虫数に換算して使用した。なお年次間比較のため数回の調査を単純に集計し相対的な値として用いた。

5. ヒメトビウカ第2回成虫密度調査

6月上旬に13地点の小麦畑ですくい取り法(10回振り)により成幼虫数を調査し、これを第2回成虫数とした。

III 結 果

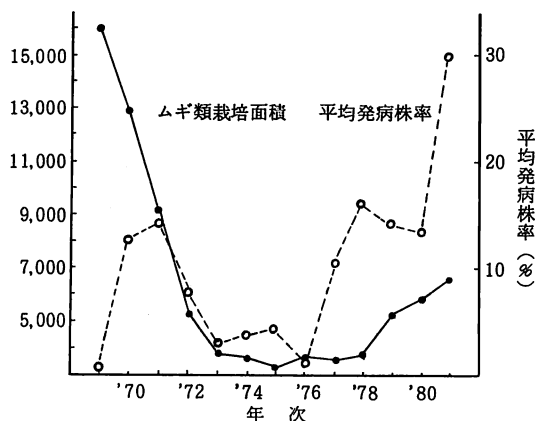
1. イネしま葉枯病の発現現況と年次変動

近年のイネしま葉枯病の発生をみると、1963年からの流行は県北地域が主体であったが、1967年からの流行は鹿行地域以外の全県下で起った。

1977年に端を発した今回の流行は県西地域で、関東では栃木県の南部・群馬県の東部・埼玉県の東部とお互に隣接した地域である。これらの地域で共通した点は麦類の栽培面積が大きいということである。

村松ら³⁾はシミュレーション実験の結果、小麦作付面積の増加だけではイネしま葉枯病は増加しないと報告しているが、原ら¹⁾は茨城県の麦類作付面積の推移とイネしま葉枯病発生面積の推移は似た変化をしていると報告

している。第1図は県西地域における麦類作付面積推移とイネしま葉枯病平均発病株率(8月第5半旬)の年次変動を示したものであるが、1969年にはイネしま葉枯病の発生が認められず、1971年以後では両者ともほぼ似た傾向を示していることがわかる。また、1977年以降流行が続いていることも明らかである。



第1図 県西地域におけるイネしま葉枯病平均発病株率とムギ類栽培面積との関係

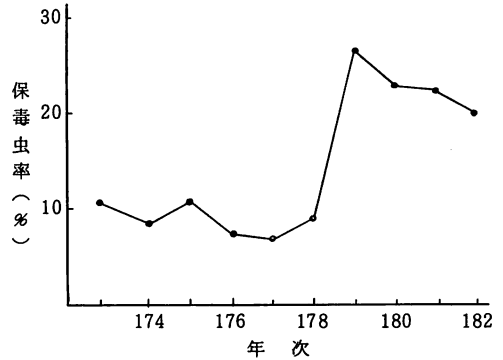
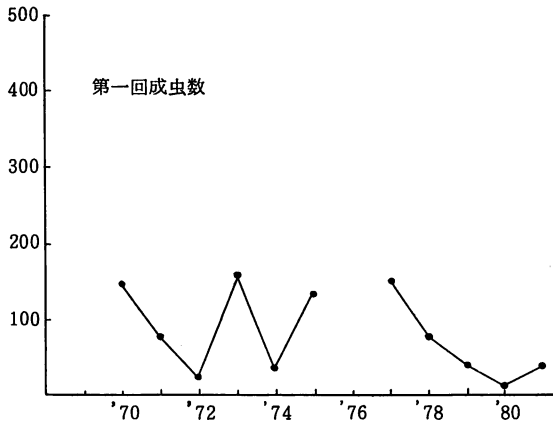
1977年の越冬前後のヒメトビウカ幼虫数は平年並で、第1回成虫数は多かったが異常というほどではなかった(第2図上)。産卵数については調査が不備なために検討できなかったが、第1世代1令幼虫数は異常に多かった(第2図中)。第2回成虫は羽化後直ちに麦畑から移出してしまうので、羽化期(6月上旬)にすくい取り法で調査した第2回成虫と第1世代老令幼虫は前者と同様に異常に多かった(第2図下)。これが1977年のイネしま葉枯病の異常多発生をひき起したものと考えられる。

1978年以降第2回成虫数が平年並であるにもかかわらずイネしま葉枯病の流行が続いているのは、1977年のイネしま葉枯病多発生によって、それ以降のヒメトビウカ保毒虫率が高くなり(第3図)、それが継続されているためである。

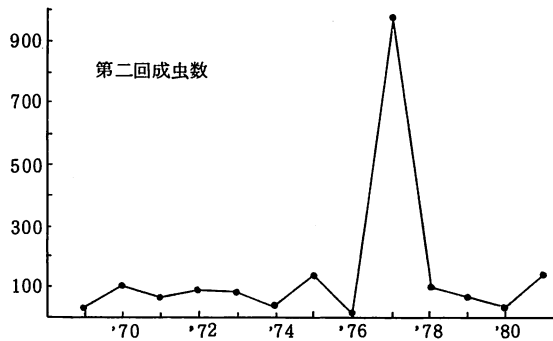
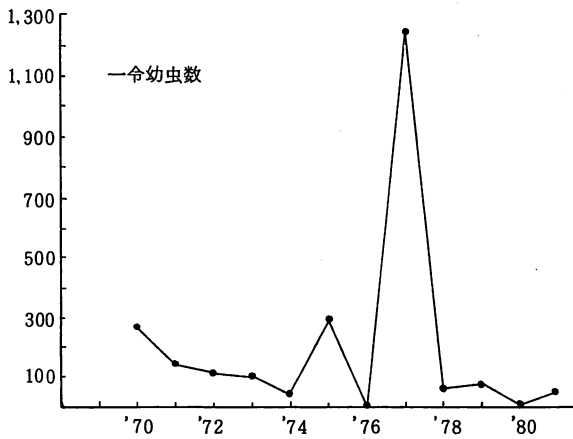
*) 安尾ら³⁾はイネしま葉枯病の発病株は発病時期により被害程度が著しく異なるので、減収量まで推定するためには被害穂率の調査の方が正確であると報告しているが、労力的な面と発生予察事業では減収量の推定よりも要防除面積の推定に重点をおいているために

発病株率の調査を行った。

**) 抗血清の提供と検定方法の御指導をいただいた前農林水産省農事試験場岸本良一博士(現三重大学)に謝意を表す。



第3図 ヒメトビウカ越冬世代のイネしま葉枯病保毒虫率年次推移(結城市)



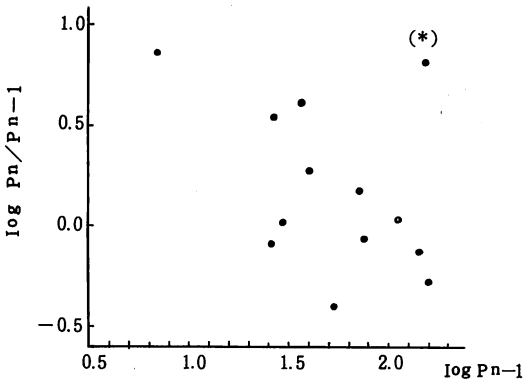
第2図 ヒメトビウカ発生量の年次推移

上図：小麦畑における黄色水盤での第1回成虫誘殺数
 中図：小麦茎の加温による第1世代1令幼虫数
 下図：6月上旬の小麦すくい取りによる第1世代老令幼虫および第2回成虫数

2. ヒメトビウカ個体群の自然調節作用

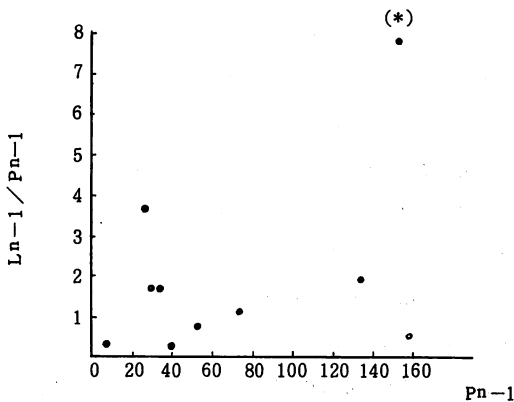
個体群の調節過程の検出には、ひき続く二世代の密度間における回帰係数 b の値を調べる方法がある⁵⁾。しかしヒメトビウカ第1世代の場合は、麦で一代だけしか過ごさないために、麦畑に侵入する第1回成虫、麦畑から移出する第2回成虫とも移動をとまないので、野外においては相対的密度であっても同一の方法で調査することはできない。調査効率などの問題で直接比較することはできないので、第1回成虫(P_{n-1})に対する第2回成虫までの増殖率(P_n/P_{n-1})をプロットしたのが第4図である。この図から第2回成虫の増殖率($\log P_n/P_{n-1}$)は第1回成虫($\log P_{n-1}$)の密度に依存して低下していることがわかった。その個体数安定化機構を解明しようとしたが、産卵数や卵期死亡率の調査が不備なために検討することはできなかった。それで、第1回成虫(P_{n-1})と第1回成虫あたり第1世代1令幼虫(L_{1n-1}/P_{n-1})をプロットしたのが第5図である。前述したように1977年の第1世代1令幼虫の異常多発生が第5図でも明瞭に示されたが、密度に依存した傾向は認められなかった。

第1世代1令幼虫(L_{1n-1})と第1世代1令幼虫あたり第2回成虫(P_n/L_{1n-1})との関係は密度独立であった。



第4図 ヒメトビウンカ第1回成虫(Pn-1)と第2回成虫(Pn)の間における増殖率(Pn/Pn-1)の関係

*) は1977年



第5図 ヒメトビウンカ第1回成虫(Pn-1)と第1回成虫あたり第1世代1令幼虫数(Ln-1/Pn-1)との関係

*) は1977年

Ⅳ 考 察

現在のイネしま葉枯病多発生は、1977年から流行が始まった。1977年に関東農政局管内でイネしま葉枯病多発生の予察情報を発表した各県のうち、注意報が茨城・群馬・埼玉・山梨の4県、警報が栃木・長野の2県であった。その根拠として各県ともヒメトビウンカ第1世代幼虫か第2回成虫の異常多発生をとりあげている。

森ら⁴⁾は静岡県における1965年のイネしま葉枯病多発生は、ヒメトビウンカ第2回成虫と第2世代幼虫が多かったためであると報告している。今回の流行も1977年の小

麦におけるヒメトビウンカ第1世代1令幼虫および第2回成虫が異常に多発生しているの、これが一つの大きな原因であると考えられる。

ヒメトビウンカ異常多発生の原因解明は、イネしま葉枯病の予察をする上で重要である。

ヒメトビウンカの発生量と気象との関係については、安尾ら³⁾は6月の降水量と第2回成虫発生量の相関が高いことを認めている。また、村松³⁾は小麦畑における第1回成虫と第1世代幼虫間の変動に、気象条件として4月下旬～5月上旬の降水量と平均気温が影響することを報告している。横山ら⁴⁾は、ヒメトビウンカ第2回成虫の発生量は第1回成虫の畦畔・休閒田における生息密度から予察が可能であると報告しているが、杉野ら⁷⁾は小麦における第1世代幼虫密度と第2回成虫密度との間にははっきりした傾向を認めないと報告している。本県でも平常発生の範囲内では第1世代1令幼虫数と第2回成虫数の間における相関は認めないが、1977年は両者とも異常に多かった。

要するに、1977年の第1回成虫数はやや多かったが、その産卵数が異常に多かったのか卵の死亡率が異常に低かったのかは調査が不備なためにわからないが、第1世代1令幼虫数は異常に多かった(第2図中)。その原因については、6県で同時にヒメトビウンカの異常多発生があったことから考えても気象のような広域に影響を及ぼすものであると考えられる。本県における1977年の気象は4月下旬・5月上旬とも気温は平年並で降水量は少く多発生の条件であったが、翌1978年も同様の気象で異常多発生は起っていないので、これが異常多発生の原因とは考えられず、気象要因からの解明はできなかった。

ヒメトビウンカ異常多発生の原因が解明できず予察上の問題点は残るが、小麦の加温による第1世代1令幼虫数の調査で実用上は異常多発生の早期発見は可能であると考えられる。

久野²⁾はツマグロヨコバイでは水田侵入世代密度の高いときはその後の増殖率が低く、いっぽう水田侵入世代密度が低いときはその後の増殖率が高く、強い自然調節作用を各世代一貫して認めている。なお、その平衡密度

はイネを枯死させないような低い密度である。トビウカ・セジロウカはこのような調節機構の働きは弱く、水田侵入世代密度の高低が秋の密度を左右する。ヒメトビウカについては、どの世代も調節作用が認められなかった。これはもともと調節作用がないためではなく、水田での増殖力が低く種個体群の年間を通じての増殖期がむしろ水田侵入以前の雑草や麦で過ごす世代にあるとみられる本種の場合、水田個体群だけを対象とした調査では、生息密度の変域が十分にとれなかったからに過ぎないと結論づけている。

著者らは、久野²⁾が推論したとおり、ヒメトビウカ個体群の自然調節作用を麦畑における第1世代において認めた(第4図)。しかし、1977年のような異常多発生のときには調節機能の働きが弱められるような結果が示された(第4, 5図)。ヒメトビウカ幼虫に対するカマバチ類の寄生率は、越冬世代(休閑田)で平均50%前後ときわめて高いが、第1世代(麦畑)は前者の1/2~1/20ときわめて低くなり、年次変動も大きい⁸⁾ので異常多発生のときには天敵などからの「エスケープ」も考えられる。

現在のイネしま葉枯病流行の原因をとりまとめてみると以下のことが考えられる。

1) 品種 品種耐病性については、日本水稻はすべて罹病性で強抵抗性品種はないといわれているが、ほ場抵抗性は品種間でかなりの差異がある(上原¹¹⁾, 山口¹²⁾ 孫工⁶⁾)。県西地域においては場抵抗性の弱い日本晴の作付面積率は、1975年がピークで50%近くも占めたが、それ以後は急激に減少し、現在はほ場抵抗性のやや弱いコシヒカリが過半数を占めるようになったので、作付品種が今回の流行には大きな影響を及ぼしているとは考えられない。

2) 気象 気象条件がイネ自体の罹病性に及ぼす研究は少なく、安尾¹³⁾は苗代末期から本田初期にかけていちじるしく低温寡照の場合はイネの生育が遅れ、好条件の場合にくらべると葉令が少なく、罹病性の高い時期が長びくといっている。1977年のイネ初期生育はやや遅延したが、イネしま葉枯病の多発生を誘起するほどではな

かったと考えられる。

3) ヒメトビウカの密度 春季の年次変動をみると1977年の第1世代1令幼虫が突然異常に多発生した(第2図中)。第1世代幼虫および第2回成虫が多発生した現象は前述したように北関東の隣接した4県で起っており、これが1977年のイネしま葉枯病の多発生をまねき、次いで保毒虫率が高まって現在も流行が続いているものと考えられる。森⁴⁾も1965年のイネしま葉枯病多発生の原因はヒメトビウカ第2回成虫・第2世代幼虫の多発生であると報告している。このように、イネしま葉枯病多発生の原因としてヒメトビウカ第2回成虫の多発生はかなり普遍的な事象ではないかと考えられるが、イネしま葉枯病の流行を誘起するためにはヒメトビウカの移動による保毒虫率の異なる個体群の混合という現象があり、一般的には保毒虫率が低下するので、ヒメトビウカの異常多発生はある地域としての広さと異常多発生の程度が重要な要因ではないかと考えられる。

終りに、本論文の校閲の労をとられた農業技術研究所昆虫科長桐谷圭治博士に対し感謝する次第である。なお、予察データの調査にあられた下館病害虫防除所の方々に厚く感謝の意を表す。

V 摘 要

ここ数年来県西地域でイネしま葉枯病が多発生し、大きな被害をうけているので発生予察事業で行っている調査データを取りまとめ、流行が起った原因について検討し、次の結果を得た。

1) 県西地域内36調査地点のイネしま葉枯病平均発病株率年次推移は麦類栽培面積とほぼ似た傾向を示したが1977年には異常多発生した。その原因はヒメトビウカ第1世代1令幼虫が異常多発生し、その結果第2回成虫の発生が多かったためであると考えられる。

2) 1977年のヒメトビウカ異常多発生は、茨城・栃木・群馬・埼玉各県のお互に隣接した地域で同時に起っているため、気象のような広域な要因が原因であると考えられるが詳細については不明である。

3) 1978年以後ヒメトビウカの発生は平年並である

にもかかわらずイネしま葉枯病の流行が続いているのは、1977年のイネしま葉枯病多発生によってヒメトビウカの保毒虫率が上昇したためである。

4) ヒメトビウカ第2回成虫の増殖率は第1回成虫の密度に依存して低下しており、密度効果の存在を認めた。

引用文献

1) 原敬之助・松井武彦・上田康朗・高井昭(1978) 茨城県におけるイネ縞葉枯病の発生経過と発生予察に関する知見 茨城農試研報 19: 39~47

2) 久野英二(1968) 水田における稲ウンカ・ヨコバエ類個体群の動態に関する研究 九州農試研報 14(2): 131~246

3) 村松義司(1979) システムダイナミックス・モデルによるイネ縞葉枯病流行機作解析 静岡農試研報 24: 1~3

4) 森喜作・牧野秋雄・大沢高志(1966) 静岡県における昭和40年のイネ縞葉枯病多発生の原因 関東病虫研 13: 25

5) MORRIS, R. F. (1963) Predictive population equations based on key factors. Mem. Ent. Soc. can., 32, 16~21.

6) 孫工弥寿雄(1973) イネ縞葉枯病に対するイネ品種抵抗性と病原ウイルスの感染ならびに増殖機構に関する研究 中国農試研報 E, 8, 1~86

7) 杉野多万司・沢木忠雄・村松義司・高橋浅夫・戸崎正弘(1975) イネ縞葉枯病の発生予察方法の確立に関する特殊調査 I 農作物有害動植物発生予察特別報告第26号, 農林省農産園芸局植物防疫課: 3~36

8) 高井昭・稲生稔・上田康朗(1976) イネしま葉枯病ベクターとしてのヒメトビウカの生命表作成 関東々山海地域試験研究打合せ会議資料(害虫関係) 1-1-1

9) 高木信一・西野操(1957) ニカメイチュウ被害調査株の選定 静岡農試研報 2: 137~147

10) 高山隆夫・岩田直記・中里筆二・原栄一(1981) 稲縞葉枯病防除対策研究 群馬農試研報 21: 11~24

11) 上原等・佐藤芳久・川染正(1965) 暖地におけるイネ縞葉枯病の防除に関する研究 6・ほ場検定による抵抗性の品種間差異について 香川農試研報 16, 23~29

12) 山口富夫・安尾俊・石井正義(1965) 稲縞葉枯病に関する研究 第2報 品種耐病性に関する研究 農事試研報 8: 109~160

13) 安尾俊・石井正義・山口富夫(1965) 稲縞葉枯病に関する研究 第1報 関東々山地域における稲縞葉枯病の発生機構に関する研究 農事試研報 8: 17~108

14) 横山佐太正・高崎登美雄・野田政春・藤吉臨(1975) イネ縞葉枯病の発生予察方法の確立に関する特殊調査 I 農作物有害動植物発生予察特別報告第26号, 農林省農産園芸局植物防疫課: 124~137

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

第1報 地下水位と作物の生育・収量（作土層の水分吸引圧・ 気相率、および土壌養分の動態との関係）

幸 田 浩 俊

地下水位を水平に保てる傾斜畑をつくり、傾斜畑の位置で地下水位が変るようにして野菜類23種類（サトイモ・ショウガ・春播きニンジン・夏播きニンジン・ニンニク・タマネギ・ヤマノイモ・ホウレンソウ・シュンギク・夏播き冬どりキャベツ・極早生夏播きキャベツ・ハクサイ・レタス・ハナヤサイ・ブロッコリ・スイカ・キュウリ・カボチャ・ナス・ピーマン・トマト・スイートコーン・インゲンマメ）、普通作物8種類（アズキ・ラッカセイ・ダイズ・ソバ・サツマイモ・コムギ・六条オオムギ・二条オオムギ）、飼料作物3種類（飼料用夏播き六条オオムギ・飼料用夏播き二条オオムギ・グレインソルガム）を栽培し、地下水位による生育・収量の変化や土壌の物理性（水分吸引圧と気相率）、化学性（炭素・窒素・石灰・苦土・カリの含有量）の変化を調査した。

これらの結果を統計的手法によって定量的に解析し、作物の収量、土壌の物理性や養分の動態などを総合して、低湿地帯の輪換畑では地下水位を50cmにさげられるように基盤整備を行なったうえで、地下水位を個々の作物の生育に適した範囲に制御することがよいという結論を得た。

目	次	
I 緒言	26	1) 野菜 = 根茎菜類 32
II 材料と方法	26	①サトイモ ②ショウガ ③ニンジン
1. 傾斜畑の構造・供試作物と品種・栽培時期など	26	④ニンニク・タマネギ ⑤ヤマノイモ
2. 作物の収穫方法	28	2) 野菜 = 葉菜類 35
3. 地下水位の測定法	28	①ホウレンソウ・シュンギク ②キャベツ
4. 土壌養分の分析	28	③ハクサイ ④レタス ⑤ハナヤサイ・ブロッコリ
5. 結果の解析方法	28	3) 野菜 = 果菜類 38
III 結果	31	①スイカ ②キュウリ ③カボチャ ④ナス
1. 地下水位と作土の水分吸引圧、気相率	31	⑤ピーマン ⑥トマト
2. 地下水位と畑作物の生育・収量	32	4) 野菜 = マメ類、その他 41
		①スイートコーン ②インゲンマメ
		5) 普通作物 42

注) この研究は、1973年から1975年まで県単費課題「地下水位の高低と作物の生育・収量」、1976年から1979年まで農林水産省の総合助成試験課題「田畑輪換圃場の透水性改善と地力増強による水稲・野菜の増収に関する

試験」、1980年からは「田畑輪換による麦類・ダイズの連作害軽減対策技術の確立」として行なった試験をまとめたものである。

①アズキ ②ラッカセイ ③ダイズ ④ソバ	
⑤サツマイモ ⑥ムギ類	
6) 飼料作物	46
①飼料ムギ ②グレイソルガム	
3. 地下水位と土壤養分の変化	47
1) 作物の生育	47
2) 土壤養分の変化	47
①全窒素 ②硝酸態窒素 ③全炭素 ④石灰	
⑤苦土 ⑥カリ	
IV 考察	50
1. 田畑輪換に関する既往の研究と 本研究の位置	50
2. 地下水位と作物の生育	53
3. 土壤水分吸引圧と作物の生育	55
4. 土壤の気相率と作物の生育	56
5. 地下水位と土壤養分の動態	57
6. まとめ	58
V 摘要	59
引用文献	60

II 諸言

山崎(1952)によれば、地下水位が高かったり排水が不良であると、作土層の孔隙の大部分に水がたまり、拡散や温度変化などによる土壤空気と空中空気の交換ができにくくなる。また、土壤中の酸素は微生物や植物根の呼吸によって常時消費されている。このため、酸素濃度は著るしく低くなり、根は十分な呼吸ができず、根中の酸化酵素の活性は衰え還元酵素の活性が高まってくる。地温が高いと、微生物や根の呼吸による酸素消費量が増大する。また、易分解性有機物が存在する場合、土壤の酸化還元電位(Eh)は急激に低くなり、土壤中の二価鉄や硫化物・可溶性マンガンなどの還元生産物が増加する。これらの物質は根に侵入し細胞の生活機能を一層衰えさせる。その結果、根は壊死・木化・腐敗をおこし、養水分の吸収が悪くなり、はなはだしいときは枯死してしまう⁸⁵⁾。

畑作物の湿害のあらわれかたは、その種類や生育段階、

環境によって異なり、根の酸素要求量の多少¹³⁾、低濃度の酸素に対する耐性¹⁵⁾、莖葉から根への酸素の供給能力¹⁴⁾や根の張りかたなどの作物側の生理・生態的要因と、土壤の種類や地温⁸⁵⁾、作土の気相率や土壤空气中の酸素の減少²⁾と炭酸ガス増加⁶⁵⁾などの環境要因とによって決められるため、一概に論じることができない。しかし、生産現場では土壤の過湿が湿害の引き金になり、ことに低湿輪換畑では地下水位が高いことが畑作物の生育が悪い原因になっている場合が多い^{20, 42)}。

これまでにも、地下水位と作物の生育や収量との関係をみた試験は数多く行なわれ^{4, 17, 34, 53, 81, 82, 83)}、注目すべき成果も少なくない。しかし、これら既往の成果の大部分はポット試験や框試験で得られたものであるため、供試個体数や試験区数が少なく、地下水位がどの位であれば作物は正常に生育するかとか、地下水位によって収量はどう変るかといった問題については、研究者の観察と経験による判断にまかされ、定量的解析が不十分であったように思える。

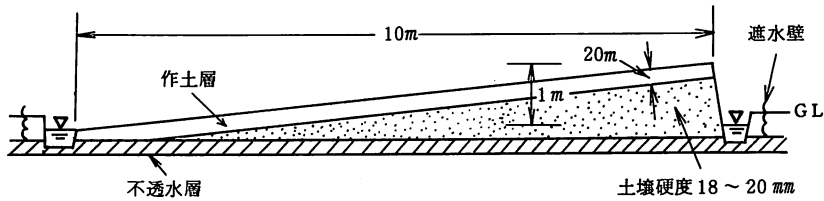
そこで著者は、池田ら¹¹⁾や森³⁷⁾が作った傾斜畦を大型にし、地下水位を水平に保てる傾斜畑を作り、十分な試験区数を得られるようにして、1976年(昭和51年)以来地下水位と畑作物の生育などとの関係を調査し、この問題を定量的に解明しようと試みてきた。その結果、地下水位が畑作物の生育や土壤の理化学性に及ぼす影響について、いくつかの知見を得ることができたので、ここに報告することにした。

II 材料と方法

1. 傾斜畑の構造・供試作物と品種・栽培時期など

ブルドーザで床締めした陸田の上に中粗粒土を盛り、第1図に示す断面を持つ長さ14mの傾向畑を作った。この周囲に深さ30cm・巾50cmの明渠を掘り、この明渠に常時灌水した。傾斜畑のフォールラインにそって2mおきに地下水位測定管を埋設し地下水位を測定したところ、春・秋では明渠に水を入れてから1週間後に、夏には約12日後に地下水位測定管内の水位と明渠の水位がほぼ同

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究



第1図 傾斜畑の構造

じ高さになった。

なお、不透水層の飽和透水係数は $3.6 \times 10^{-7} \text{cm/秒}$ であり、明渠の減水深はやや大きく $20 \sim 25 \text{mm/日}$ であった。

傾斜畑のフォールラインに対し平行に畦を作り、サトイモ・トマト・キャベツなど野菜類23種類、ダイズ・コ

ムギなど普通作物8種類、飼料作物3種類を1981年まで順次栽培し、生育や収量などを調査した。供試品種などは第1表のとおりである。各作物の施肥量、施肥時期などは茨城県耕種基準⁹⁾に従った。

第1表 供試作物と品種

作物名	供試品種	傾斜畑での栽培期間	前作物
サトイモ	土三春	1976年4月20日 - 11月15日	なし
ニンジン	黒田5	1976年4月20日 - 11月10日	なし
ニタマヤホシキ	新東い豊中冬ベ	1976年3月15日 - 7月15日	なし
ハレハブス	黒田5	1976年8月9日 - 12月20日	なし
カキ	ウイロ	1976年10月15日 - 1977年6月25日	スイートコーン
ピーマン	ウイロ	1976年11月15日 - 1977年6月10日	ショウガ
ピーマン	ウイロ	1977年4月10日 - 11月25日	サトイモ
ピーマン	ウイロ	1976年10月1日 - 12月9日	春播ニンジン
ピーマン	ウイロ	1976年10月1日 - 12月14日	葉ショウガ
ピーマン	ウイロ	1977年9月5日 - 1978年1月18日	イネゲンマメ
ピーマン	ウイロ	1979年8月16日 - 12月25日	二条オオムギ
ピーマン	ウイロ	1977年9月13日 - 12月26日	スイカ
ピーマン	ウイロ	1979年4月4日 - 6月5日	キュウリ
ピーマン	ウイロ	1979年8月16日 - 12月25日	トマト
ピーマン	ウイロ	1979年8月16日 - 12月25日	レタス
ピーマン	ウイロ	1977年4月30日 - 8月15日	ホウレンソウ・シュンギク
ピーマン	ウイロ	1978年6月13日 - 8月30日	夏播冬どりキャベツ・ハクサイ
ピーマン	ウイロ	1978年4月16日 - 8月30日	ヤマノイモ
ピーマン	ウイロ	1978年4月17日 - 10月5日	アズキ
ピーマン	ウイロ	1978年4月17日 - 10月5日	ラッカセイ
ピーマン	ウイロ	1979年5月2日 - 8月13日	カボチャ
ピーマン	ウイロ	1976年4月25日 - 8月10日	なし
ピーマン	ウイロ	1977年4月30日 - 8月31日	夏播ニンジン
ピーマン	ウイロ	1977年6月25日 - 10月25日	タマネギ
ピーマン	ウイロ	1977年5月15日 - 9月26日	なし
ピーマン	ウイロ	1978年7月20日 - 11月15日	ハクサイ
ピーマン	ウイロ	1978年8月30日 - 11月10日	ニンニク
ピーマン	ウイロ	1980年6月15日 - 10月25日	グレイソルガム・飼料ムギ
ピーマン	ウイロ	1978年11月16日 - 1979年6月15日	ナス
ピーマン	ウイロ	1978年11月16日 - 1979年5月28日	ピーマン
ピーマン	ウイロ	1978年11月16日 - 1979年5月31日	ダイズ
ピーマン	ウイロ	1979年8月31日 - 12月20日	コムギ
ピーマン	ウイロ	1979年8月25日 - 12月20日	ソバ
ピーマン	ウイロ	1979年6月29日 - 12月24日	六条オオムギ
地下水位と土壌養分			
スイートコーン	農林61号	1980年11月10日 - 1981年6月10日	ブロッコリ
ダイズ	ニオン	1981年4月30日 - 8月30日	ハナヤサイ
サツマイモ	高系14号	1981年6月20日 - 11月1日	サツマイモ
サツマイモ	高系14号	1981年6月20日 - 11月10日	極早生夏播キャベツ

作土5—10cm層の水分吸引圧はテンシオメーターで、気相率は実容積測定装置(DK—100)で求め、異常値を除いた平均値で示した。

2. 作物の収穫方法

通常、野菜類はある規格の大きさに達した個体から順次収穫するが、この方法では自然な個体分布に人による選別操作が加わるためかたよりを生じ、各種変数変換を行っても正規分布に近似させることは難かしい。しかし、一斉に収穫すると各特性値は正規分布に近似的なことが確認できたので、圃場が狭く反復をとることができなかったこの試験では、果菜類を除いて60~70%の個体が収穫適期に達したとみなせる時期に一斉に収穫した。そして収量などを調査した。

3. 地下水位の測定法

直径10cm長さ120cmの塩化ビニールパイプを用い、先端から60cmの位置まで小穴をあけ、泥土の流入を防ぐためパイプの外側を縄で巻いた。これを土壌表面から垂直に100cmの深さに埋め込み、このパイプ中の水位を地下水位とみなした。

本報告では地下水位がたとえば地表下40cmより高い場合には「40cm以内」、これにより低い場合には「40cm以下」と呼ぶことにした。

4. 土壌養分の分析

1980年冬作から1981年夏作にかけて、コムギ・スイートコーン・サツマイモを傾斜畑に栽培し、地下水位による土壌養分の動態を調査した。

地下水位0cmにあたる地点と100cmにあたる地点の間を傾斜畑のフォールラインにそって6~9等分し、同じ地下水位に相当する5地点の土壌を作土5~10cm層と15~20cm層にわけて各約100gずつを採取し、よく混和しガラス室内で風乾した。これを砕土し0.5mm篩を通過した土壌を四分法で約20~30gとり分析に供した。

CとNは、土壌500mgに助燃材としてCuO2gを添加し、よく混和したものを柳本CNコーダー(MT500)で分析した。硝酸態窒素は土壌10gを100mlポリビンにとり脱塩水25mlを加え30分間振とうし、硝酸イオンメーター(HG—3型)で測定した。Kは土壌2gを100mlポリ

ビンにとり、1N酢酸アンモニウム液25mlを加え30分間振とう、NO₅cの濾液を炎光光度分析計で分析、CaとMgはこの濾液2mlにSrCl₂1000ppm溶液50mlを加えた試料を原子吸光光度計(日立180-50S型)で分析し、それぞれK₂O、CaO、MgOに換算して表示した。

5. 結果の解析

結果の解析には大塚の開発した折れ線モデル^{54,55)}をあてはめた。

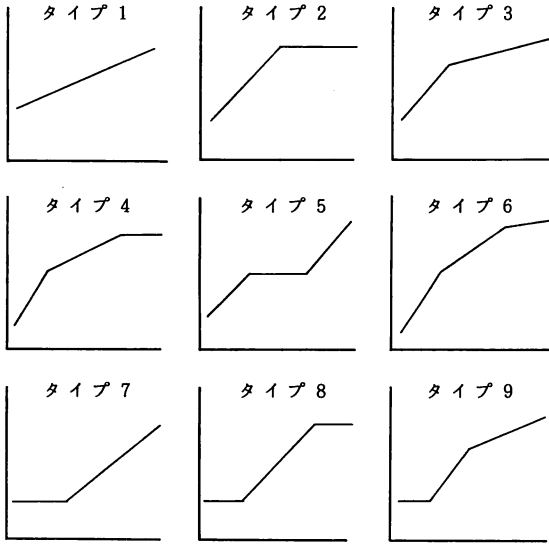
2つの変量(たとえば地下水位と収量など)の間に直線的関係を仮定することが適当でない場合、従来は2次、3次の曲線モデルをあてはめていた。しかし、なめらかな曲線では情報を要約することが難かしい場合も少なかった。折れ線モデルは第2図に示すように、最高3つの直線を組み合わせて得られる9通りの折れ線関係(タイプ1~タイプ9までで、勾配は+、-のいずれをも含む)のいずれかを仮定して独立変数*x*に対する従属変数*y*の関係を要約する手法であるので、独立変数(たとえば地下水位)に対する従属変数(収量)の反応が頭打ちに達する点とか、急激に変化する点などの値を知ることができる新しい手法であるとして採用した。その計算方法は3通りあり、折れ点が既知の場合と未知の場合にわかれ、後者はさらに折れ点が独立変数のある区間内にあると仮定する場合と、ある区間の等分点上にあると仮定する場合でやや異なる。ある区間内にあると仮定した場合には、折れ点の分散から折れ点の*x*座標上の信頼限界を求めることもできる。

いま、折れ点がある区間(*x_{j-1}*, *x_j*), *j*=3, 4, ..., *n*-1にあると仮定したときの折れ点を推定する算法は、折れ線モデルタイプ2を例にすると重回帰⁵²⁾と同じになる。

折れ線モデルの構造式は

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + e_i$$

但し、 β_1 は直線の回帰係数を、 X_2 は平行移動させるダミー変数を、 β_2 は平行移動の大きさをあらわす。



第2図 折れ線モデルの各タイプ

このときの各観測値は

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{12} + \varepsilon_1 \\
 y_\alpha &= \beta_0 + \beta_1 x_{\alpha 1} + \beta_2 x_{\alpha 2} + \varepsilon_\alpha \\
 y_n &= \beta_0 + \beta_1 x_{n1} + \beta_2 x_{n2} + \varepsilon_n
 \end{aligned}$$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ の最少数乗推定値を b_0, b_1, b_2 とする。
 y の x_1, x_2 に対する重回帰式 $Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$ によってもとのデータ $(x_{\alpha 1}, x_{\alpha 2})$ に対する y を推定すると、その推定値 \widehat{Y}_α は、

$$\widehat{Y}_\alpha = b_0 + b_1 x_{\alpha 1} + b_2 x_{\alpha 2}$$

これと観測値 y との差を残渣とよび、 e_α であらわすと、 $e_\alpha = y_\alpha - \widehat{Y}_\alpha$ ($\alpha = 1, 2, \dots, n$)

そこで

$$\sum_{\alpha=1}^n e_\alpha^2 = \sum_{\alpha=1}^n (y_\alpha - \widehat{Y}_\alpha)^2 = Q$$

を最少にする b_0, b_1, b_2 を求めればよい。

すなわち、

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial b_0} = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b_1} = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b_2} = 0 \end{cases} \text{ を解くことになる。}$$

この解は、① 折れ点が区間 (x_j, x_{j-1}) の間にあること、および② 回帰からの残渣分散が最少になること、という2つの条件を満たさなければならない。

省略のために、

$$\begin{aligned}
 \sum_{\alpha=1}^n y_\alpha &= [y], \quad \sum_{\alpha=1}^n x_{\alpha 1} \cdot x_{\alpha 1} = [x_1 x_1] \\
 \sum_{\alpha=1}^n x_{\alpha 1} \cdot x_{\alpha 2} &= [x_1 x_2], \quad \sum_{\alpha=1}^n x_{\alpha 2} \cdot x_{\alpha 2} = [x_2 x_2] \\
 \sum_{\alpha=1}^n x_{\alpha 1} \cdot y_\alpha &= [x_1 y], \quad \sum_{\alpha=1}^n x_{\alpha 2} \cdot y_\alpha = [x_2 y] \\
 \sum_{\alpha=1}^n y_\alpha \cdot y_\alpha &= [yy]
 \end{aligned}$$

とあらわすと、 $Q = y_\alpha - (b_0 + b_1 x_{\alpha 1} + b_2 x_{\alpha 2})$ であるから

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial Q}{\partial b_0} &= 0 \text{ より } [1] b_0 + [x_1] b_1 + [x_2] b_2 \\
 &= [y] \cdot 1 \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial Q}{\partial b_1} &= 0 \text{ より } [x_1] b_0 + [x_1 x_2] b_1 + [x_1 x_2] b_2 \\
 &= [x_1 y] \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial Q}{\partial b_2} &= 0 \text{ より } [x_2] b_0 + [x_1 x_2] b_1 + [x_2 x_2] b_2 \\
 &= [x_2 y] \dots \dots \dots (3)
 \end{aligned}$$

を得る。

(1)式は $n b_0 + [x_1] b_1 + [x_2] b_2 = [y]$ であるから両辺を n で割ると、 $b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 \dots \dots \dots (4)$

これを(2)式に代入すると、

$$\begin{aligned}
 b_1 \left([x_1 x_1] - n \bar{x}_1^2 \right) + b_2 \left([x_1 x_2] - n \bar{x}_1 \bar{x}_2 \right) \\
 = [x_1 y] - n \bar{x}_1 \bar{y} \dots \dots \dots (5)
 \end{aligned}$$

となるが、

$$\begin{aligned}
 [x_1 x_1] - n \bar{x}_1^2 &= \sum x_1^2 - n \left(\frac{\sum x_1}{n} \right)^2 = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n} \\
 &= S_{11} \text{ であり、同様に}
 \end{aligned}$$

$$[x_1 x_2] - n \bar{x}_1 \bar{x}_2 = \sum x_1 x_2 - \frac{\sum x_1 \sum x_2}{n} = S_{12}$$

$$[x_1 y] - n \bar{x}_1 \bar{y} = \sum x_1 y - \frac{\sum x_1 \sum y}{n} = S_{1y}$$

であるから (5)式は

$$b_1 S_{11} + b_2 S_{12} = S_{1y} \dots \dots \dots (6)$$

(4)を(3)式に代入して、同様に

$$b_1 S_{21} + b_2 S_{22} = S_2 y \quad \dots\dots\dots (7)$$

以上の(4), (6), (7)より b_0, b_1, b_2 を求めればよい。

この解の条件①は、タイプ2の場合、第3図のように

$$u_1 = \frac{b_2}{(-b_1)} \quad \text{であるので、} \quad 0 \leq u_1 \leq (x_j - x_{j-1})$$

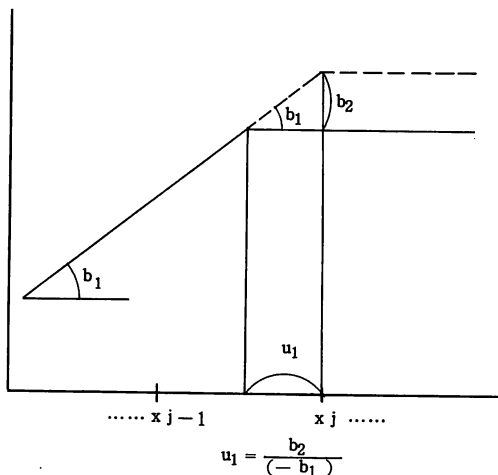
を満たすか否かを検討することと同じであり、条件②は、

$$S_e = \sum_{\alpha=1}^n (y\alpha - \widehat{Y}\alpha)^2 = S_{yy} - b_1 S_{1y} - b_2 S_{2y} \quad \dots\dots\dots (8)$$

を最少にする b_0, b_1, b_2 の組み合わせを選択することと同じである。

なお、一層具体的な計算例を示すと以下のようである。

1978年11月に播種したコムギの調査結果は、第2表に示すようであった。



第3図 折れ線モデルタイプ2の区間推定と u_1
(大塚・吉原より)

第2表 地下水位とコムギの生育収量

地下水位 (cm)	出穂迄日 数(日)	成熟迄日 数(日)	5月7日 葉色	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	全量 (kg/a)	全麦重 (kg/a)	屑重 (kg/a)
10	153	203	1	68.65	6.94	488	126.2	36.4	0
20	154	204	2	92.83	7.78	644	188.6	54.0	0.4
30	155	206	3	87.75	7.93	840	198.4	56.4	0.16
40	156	207	3	93.68	7.84	696	195.4	58.0	0
50	156	207	4	94.45	8.20	846	198.0	60.7	0
60	157	208	4	98.98	8.53	958	186.5	61.2	0.14
70	157	209	5	93.00	9.43	768	178.2	59.4	0.2
80	157	209	5	96.20	9.24	668	186.0	62.3	0.16
90	157	209	5	100.98	9.23	1,104	197.8	58.4	0.16
100	158	200	-1	92.60	9.20	1,126	192.0	57.5	0.3

注) -1は欠測値、全重は稲架乾燥

この精麦重にタイプ2の折れ線をあてはめてみよう。

大塚のプログラムを用いて計算すると、コンピュータは地下水位20cmから90cmまでの間の10cmおきに区分した7区間(10~20cmと90~100cmの間に折れ点があってもタイプ2をあてはめる意味がないので除く)のどれかに望ましい折れ点があると考え、7回 b_0, b_1, b_2 を計算し S_e を最少にし、かつ $0 \leq u_1 \leq x_j - x_{j-1}$ を満足する b_0, b_1, b_2 の組み合わせを出力する。

手計算を行なうときは あらかじめ地下水位と精麦重の散布図を描き、折れ点が存在しそうな区間の見当をつ

けてからはじめるとよい。この例では、地下水位20~30cmの間に折れ点が存在しそうなので、その区間にあると仮定して計算することにする。

データ行列と、それをもとにした補助表は第3表のようになる。

これより、

$$S_{11} = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n} = 7,700 - \frac{(270)^2}{10} = 410$$

$$S_{12} = \sum x_1 x_2 - \frac{\sum x_1 \cdot \sum x_2}{n} = 240 - \frac{270 \times 8}{10} = 24$$

第3表 積和・平方和の計算補助表

No.	y	1	x	x ₂	x ₁ x ₁	x ₁ x ₂	x ₂ x ₂	x ₁ y	x ₂ y	yy
1	36.4	1	10	0	100	0	0	364	0	1,324.96
2	54.0	1	20	0	400	0	0	1,080	0	2,916
3	56.4	1	30	1	900	30	1	1,692	56.4	3,180.96
4	58.0	1	30	1	900	30	1	1,740	58.0	3,364
5	60.7	1	30	1	900	30	1	1,821	60.7	3,684.49
6	61.2	1	30	1	900	30	1	1,836	61.2	3,745.44
7	59.4	1	30	1	900	30	1	1,782	59.4	3,528.36
8	62.3	1	30	1	900	30	1	1,869	62.3	3,881.29
9	58.4	1	30	1	900	30	1	1,752	58.4	3,410.56
10	57.5	1	30	1	900	30	1	1,725	57.5	3,306.25
計	564.3	10	270	8	7,700	240	8	15,661	473.9	32,342.31

$$S_{22} = \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n} = 8 - \frac{64}{10} = 1.6$$

$$S_{1y} = \sum x_1 y - \frac{\sum x_1 \cdot \sum y}{n} = 15,661 - \frac{270 \times 564.3}{10} = 424.9$$

$$S_{2y} = \sum x_2 y - \frac{\sum x_2 \cdot \sum y}{n} = 473.9 - \frac{8 \times 564.3}{10} = 22.46$$

を得る。

これらを(4), (6), (7)式に代入にて b_0, b_1, b_2 を求める。

$b_0 = 18.8, b_1 = 1.76, b_2 = -12.36$ を得る。
 $u_1 = b_0 / (-b_1) = 7.02$ で $x_i - x_{i-1} = 30 - 20 = 10$ より小さく、第1の条件を満たしており、折れ点の x 座標は $30 - 7.02 = 22.98$ (cm) になる。

このときの S_e は、

$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 32,342.31 - \frac{(564.3)^2}{10} = 498.86$$

および(8)式より、 $S_e = 28.64$ を得る。

このときの寄与率は

$$R^2 = 1 - \frac{S_e}{S_{yy}} = 0.9426 \quad \text{となる。}$$

また回帰による変動は、

$$S_R = b_1 S_{1y} + b_2 S_{2y} = 470.22 \quad \text{であるから}$$

分散分析は第4表に示すとおりになる。

第4表 回帰分散分析表

変動因	自由度 df	平方和 SS	分散 MS	分散比 F
全 体	9	$S_{yy} = 498.86$		
回帰による	2	$S_R = 470.22$	235.11	57.464
残 差	7	$S_e = 28.64$	4.0914	

こうして求めた折れ線は、つぎのように解釈できる。
 コムギの精麦重は、地下水位が地表面と同じ場合 18.8 kg/a (b_0) で、地下水位が 1 cm 下がるごとに 1.76 kg/a (b_1) ずつ増収し、地下水位が 22.98 cm (折れ線) になるとそれより低下しても収量は増加せず一定になる。このときの収量は $y = 1b_0 + b_1 x_1$ より $18.8 + 1.76 \times 20.98 = 59.24$ kg/a である。この折れ線モデルによって地下水位とコムギの精麦重の関係は全情報の 94% (寄与率) を説明でき、回帰分散分析は有意 ($F = 57.464^{**}$) になる。

このように、折れ線モデルをあてはめることによって、情報をわかりやすく要約することができる。

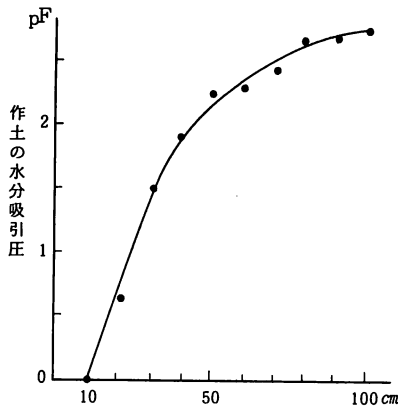
Ⅲ 結 果

1. 地下水位と作土の水分吸引圧, 気相率

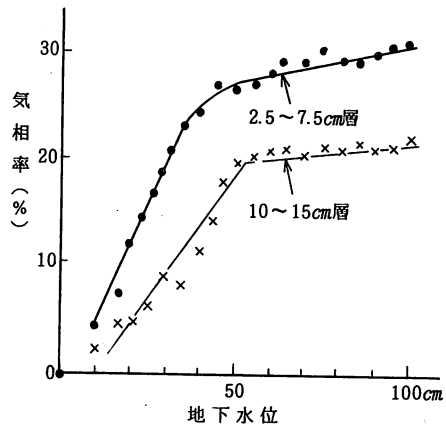
傾斜畑の地下水位は、圃場造成後 4 年目まで理論水位との差が 5 cm 以内で、ほぼ一定とみなすことができた。5 年目に入ると耕盤の形成が顕著になり、傾斜畑中央部での理論水位との差が 5 cm を超え、1982 年 (6 年目) には 10 cm を超えるようになったため、以後試験を中止した。

1976 年から 1979 年までの 4 年間の 7 月下旬における地下水位と作土 5~10 cm 層の水分吸引圧との関係は、第 4 図のとおりであった。土壌の水分吸引圧は作物根の水分吸引によって大きく変化するので、ここでは地下水位との関係を明らかにするために裸地の条件で調査した。地下水位が 40~50 cm 以下にさがると、pF の上昇はやや緩やかになった。

地下水位と作土の気相率との関係は第 5 図のとおりで、地下水位が 50 cm 以内の場合は作土 2.5~7.5 cm, 10~15 cm 層ともに地下水位の低下にともなって増加するが、50 cm 以下では横ばいに近くなった。



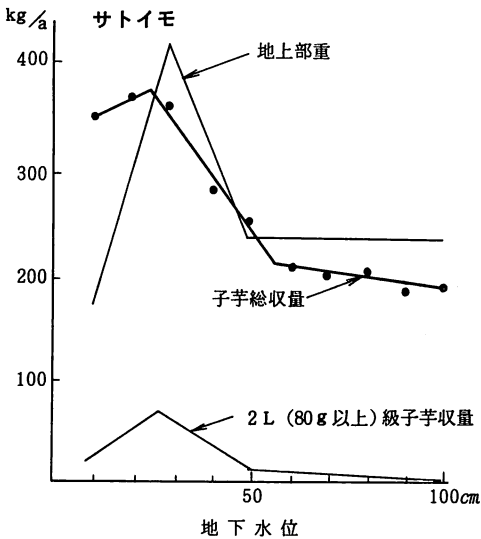
第4図 傾斜畑の地下水位と作土 (5~10cm層)の水分吸引圧の関係



第5図 傾斜畑の地下水位と気相率

2. 地下水位と畑作物の生育・収量

1) 野菜=根菜類・茎菜類



第6図 地下水位とサトイモの収量

① サトイモ

土垂を用い、1976年4月20日に植付けた。地下水位に関係なく植付後27日に出芽した。植付2か月後になると地下水位40cm以内の株は生育がよくなり、4か月後になると地下水位30cm以内の株は生育がほかより明らかにまされた。11月15日に収穫した。

地上部重は地下水位がさがるとともに重くなり、地下水位約30cmのところでも最も重く、さらに地下水位がさがると軽くなり、約45cm以下になるとほぼ一定になった。

親芋(種芋に着生した一次芋)の着生数は地下水位30cm以内の株にやや多く、また地下水位が高いと子芋(親芋に着生した二次芋)が出現しやすい傾向がうかがえた。

子芋総収量は、地下水位約10cmでもかなり高収で340 kg/aを示し、地下水位約25cmで最高の380 kg/aになった。地下水位がそれより低下すると収量は急激に低くなり、約50cmで202 kg/aまで落ち、さらに地下水位がさがると徐々に低収になった。地下水位が約12cm以内の株には、親芋・子芋ともに着生基部(首の部分)が細長くなるものが多く、外観がやや劣った。

貯蔵性をみるために、段ボール箱の中に塊茎を粗がらとともに入れ、室温下で4か月まで貯蔵し、芋の生体重減少率と腐敗率を調べた。その結果は第5表のとおりである。

第5表 地下水位とサトイモの貯蔵性

処 理	項 目	貯 蔵 日 数			
		30日	60日	90日	120日
地下水位 30cm以内	生体重減少率	12.7%	15.1	16.3	23.6
	腐 敗 率	5.2	7.2	10.5	23.6
同30~60cm	生体重減少率	5.4%	8.4	11.3	15.2
	腐 敗 率	0	3.6	4.3	10.3
同60cm以下	生体重減少率	6.2%	7.9	12.6	15.8
	腐 敗 率	0	3.9	4.9	10.9

注) 腐敗率は 子芋表面の一部が軟化した芋の全貯蔵数に対するパーセントで示した。

地下水位30cm以内のところで栽培した塊茎では、それ以下のところのものに比べて生体重は早く減少し、腐敗率も約2倍になった。したがって、約30cm以内というような地下水位が高い圃場で栽培したサトイモは、多収ではあるがなるべく早く出荷することが望ましく、翌年の種芋には適さない。

こうした結果と第4, 5図から、サトイモの生育に適した土壌水分吸引圧は約pF 1.5, 気相率は2.5~7.5cm層で約21%, 10~15cm層で約9%であると推定された。

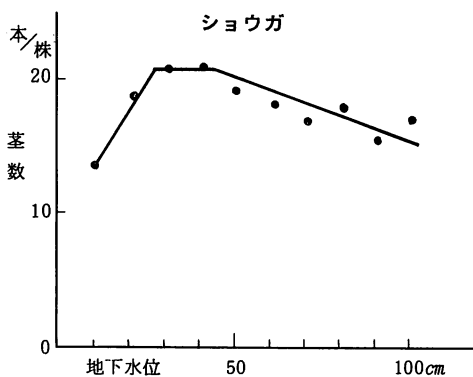
② ショウガ

三州を用い、1976年4月20日に植付け、7月20日(葉ショウガ用)と11月10日(新ショウガ用)に収穫した。発芽は斉一であったが、梅雨期に入るとピシウム菌によると思われる黄化株が出現し始め、7月下旬には地下水位20cm以内のところでは48%, 20~40cmのところでも30%の株が黄化症を呈した。

第6表 地下水位とショウガ黄化症の発生程度

黄化症の発生程度	地下水位				
	10~20cm	20~40	40~60	60~80	80~100
甚	10%	5	0	0	0
中	15	12	8	0	0
軽	23	14	9	10	5
計	48	31	17	10	5

注) 茎の基部まで黄化したものが半数以上の株を甚, 1/4~1/2 1/4以下の株を軽とし, 全株数に対する被害株のパーセントで示した



〈葉ショウガ出荷のばあい〉

第7図 地下水位とショウガの収量

この症状を示した株は、塊茎が木化し、葉ショウガとしての品質は劣っていた。地下水位30cm以内のところの健全な株は、塊茎が細長く伸び極めて良質であった。

葉ショウガ出荷の場合の株当たり茎数は、第7図左のとおりで、地下水位26~42cmのところの株が最も良質多収であった。

新ショウガとしての収量は、第7図右に示すとおりである。

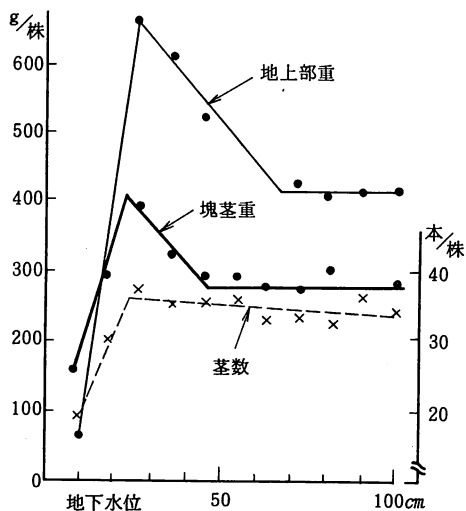
地下水位10cmのところでは、地上部重は軽く、茎数が少なく、新ショウガ塊茎重も軽く、種ショウガは腐敗していた。20cmになると、地上部は正常に生育し、収量は高くなった。最高収量は地下水位約25cmのところを得られた。それより地下水位がさがると収量は減少し、地下水位約45cm以下では、ほぼ一定になった。

新ショウガの塊茎を室温で貯蔵すると、生体重はサトイモとほぼ同じように変化し、地下水位20cm以内の株はその減少率が大きく、種ショウガ用に貯蔵するのは不適當であった。

ショウガ栽培に適した作土の土壌水分吸引圧は約 pF 1.1~1.9, 気相率は2.5~7.5cm層で約7~15%, 10~15cm層で約16~27%と推定された。

③ ニンジン

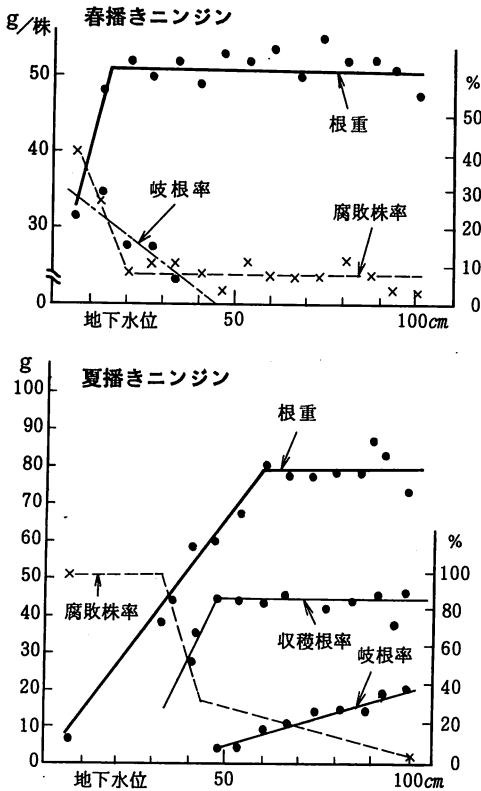
春蒔 US 4寸(1976年3月15日播, 7月15日収穫)と夏播きの新黒田5寸(1976年8月9日播, 12月20日収穫)を用いた。発芽は両作型とも地下水位30cm以内のところ



〈新ショウガ出荷のばあい〉

がすぐれ、ついで50cm以内のところであった。

地下水位と根重などの関係は、第8図のとおりである。



第8図 地下水位とニンジンの収量

春播きニンジン：地下水位5cm以内のところでは3葉期までにほとんどの株が枯死し、15cm以内のところでは生育が停滞した、地下水位20cm以内では根の腐敗が多く、また40cm以内では岐根が多く発生した。根重は15cm以下のところではほぼ一定になるが、地下水位30cm以内のところでは皮目が荒く根色も帯黄色を示した。春播き短根ニンジンには約40cm以下の地下水位が適するといえよう。このときの作土の水分吸引圧は約 p^F 2.1以上、気相率は2.5～7.5cm層で約27%以上、10～15cm層で約15%以上と推定された。

夏播きニンジン：春播きニンジンより高温期に生育するため、地下水位が高いところではさまざまな障害が発生した。地下水位15cm以内のところでは、3葉期までに

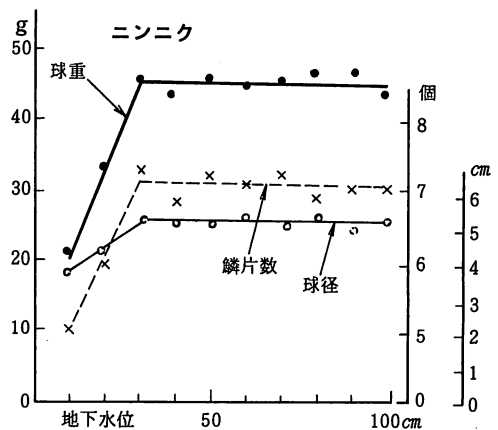
全ての株が枯死し、30cm以内のところでは6葉期に65%の株が萎凋し、収穫根率が90%近くに達したのは地下水位約47cm以下のところであった。腐敗根率は地下水位33cm以内のところでは100%に達し、地下水位がさがると伴い減少し、43cmで33%に、100cmでは4%になった。根重は地下水位がさがるともなって増加し、60cm以下のところでは一定になった。岐根は地下水位が低下するとやや増加したが、正常根の根色がよいことから、夏播きニンジンの適地下水位は約60cm以下とみられた。

このときの作土の水分吸引圧は p^F 2.5以上、気相率は2.5～7.5cm層で約29%以上、10～15cm層で約20%以上と推定された。

④ ニンニク・タマネギ

ニンニク：ホワイト6片を用いた。鱗片重5g前後のものを1976年10月15日に植付けた。発芽日数は20日間を要したが、地下水位による影響は認められず斉一であった。地下水位による生育差は、翌年の4月初旬からあらわれはじめ、地下水位30cm以内のところでは、草丈が短かく葉色は淡くなり、6月に入ると地下水位が10cm以内のところの株は枯死した。

6月25日に収穫した結果は、第9図のとおりである。



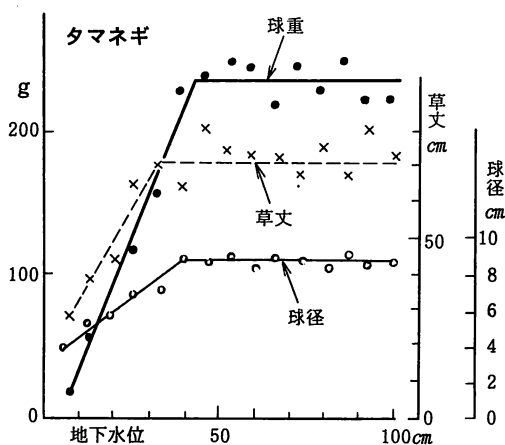
第9図 地下水位とニンニクの収量

球重、球径、鱗片数ともに、地下水位30cmまでは地下水位がさがるとつれて増加し、それ以下ではほぼ一定になった。草丈、葉数も同様の傾向であった。これらのこと

から、ニンニクの適地下水位は30cm以下とみられた。このときの作土のpFは1.5以上、気相率は2.5～7.5cm層で約21%以上、10～15cm層で約9%以上と推定された。

タマネギ：東京レッドを用いた。1976年10月1日に播種し、11月15日にショウガの跡地に定植した。定植後の生育は順調であったが、翌年の3月中旬以降、地下水位が高いところでの草丈伸長の停滞が目立ちはじめ、地下水位が20cm以内のところでは葉数も少なくなった。

6月10日に収穫した結果は、第10図のとおりである。



第10図 地下水位とタマネギの収量

草丈、球径、球重ともに、地下水位がさがるにつれて増加し、草丈は地下水位約30cm、球径、球重はともに約40cm以下ではほぼ一定になった。なお、地下水位20cm以内のところでは甲高球が多くなる傾向を示した。

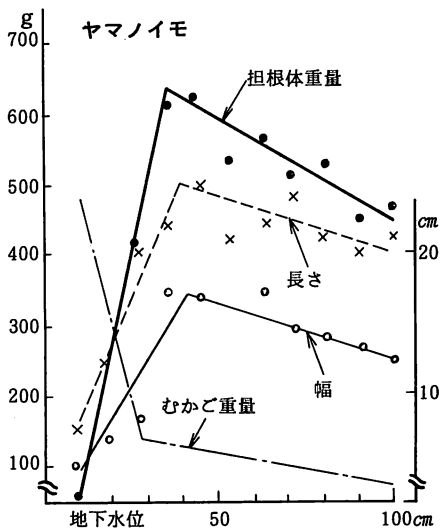
収穫後、球を通風乾燥したところ、地下水位30cm以内でとれた球では生体重の減少は他の区より幾分か小さかったが、乾燥が終了するまで時間がかかった。

これらの結果から、タマネギの適地下水位は約45cm以下と思われ、このときの作土のpFは2.0以上、気相率は2.5～7.5cm層で27%以上、10～15cm層で17%以上と推定された。

⑤ ヤマノイモ

担根体が1mにもなる“ながいも”は地下水位が高いところでは腐敗してしまうので、担根体の短い“いちょういも”を用いた。1976年4月10日に植付けた。発芽は斉一であったが、地下水位20cm以内のところの株は、

7月下旬から生育がやや劣るようになり、むかごの着生が多く、葉の黄変も早まった。地下水位が10cm以内では8割の株が枯死し、残った株も担根体の大部分が腐敗していた。地下水位が20cmになると87%の株が収穫するまで生育を続け、担根体の腐敗は認められなかったが、その形状は巾が狭いやや扁平なものが多かった。



第11図 地下水位とヤマノイモの収量

11月25日に収穫した。担根体重は第11図に示すように地下水位37cmで最も重く、その長さ・巾は地下水位約40cmで最も大きくなった。むかご重量は地下水位が高いと重く、地下水位が30cmまでは地下水位がさがるにつれて急激に減少し、30cm以下のところでは緩やかに減少した。

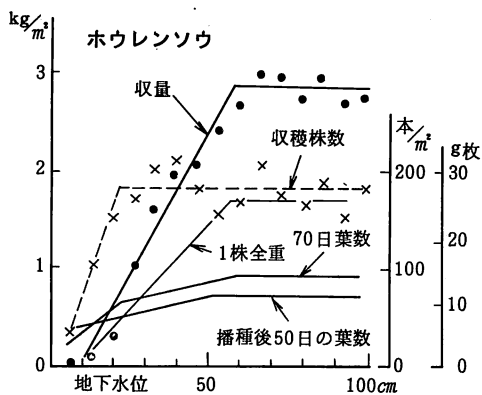
こうしたことから、いちょういもの適地下水位は約35cm以下とみられ、このときの作土のpFは約1.75以上、気相率は2.5～7.5cm層で約24%以上、10～15cm層で約12%以上と推定された。

2) 野菜＝葉菜類

① ホウレンソウ・シュンギク

ホウレンソウは豊葉を、シュンギクは中葉春菊を用い1976年10月1日にそれぞれ春播きニンジンと葉ショウガ跡に播種した。シュンギクは地下水位5cm以内、ホウレンソウは15cm以内のところでは発芽が悪く、その後の生育も劣った。

ホウレンソウ：地下水位15～50cmの間での発芽は、齊一であった。しかし播種後50日になると、地下水位が高いところほど葉数は少なく、葉長も短い傾向が認められた。12月9日に収穫した結果は、第12図のとおりである。

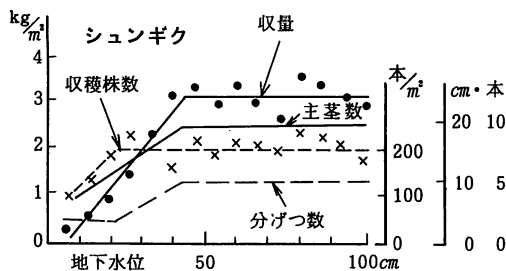


第12図 地下水位とホウレンソウの収量

1㎡当たり収穫株数は、地下水位が高いところでは発芽が悪かったため、23cm以内では地下水位が高くなると急激に減少した。収量、1株全重はともに地下水位がさがるとともに増加し、57～58cm以下のところでは一定になった。葉数も地下水位がさがるとともに増加し、特に地下水位23cmまでの増加が著しく、60cm以下になると一定になった。

以上のことからホウレンソウに適した地下水位は約60cm以下とみられ、このときの作土のpFは2.5以上、気相率は2.5～7.5cm層で約29%以上、10～15cm層で約21%以上と推定された。

シュンギク：播種後75日に行なった収量調査の結果は第13図のとおりである。



第13図 地下水位とシュンギクの収量

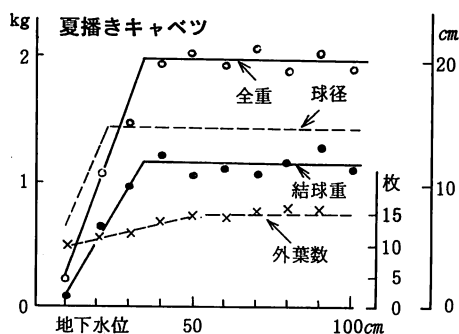
分けつは、地下水位が20cm以内のところでは抑制され20cm以下になると地下水位の低下に伴い増加し、約43cm以下のところではほぼ一定になった。収穫株数は地下水位22cmまで、主茎長と主茎節数および収量は44cmまでは、地下水位がさがるとともに増加し、それを越えたところではほぼ一定になった。

このことから、シュンギクの適地下水位は約45cm以下とみられ、このときの作土の水分吸引圧はpF1.95以上、気相率は2.5～7.5cm層で約26%以上、10～15cm層で約16%以上と推定された。

② キャベツ

夏播き冬どり栽培（品種冬どりB号）と夏播き11月どりの極早生キャベツ（品種はベスト）の晩播栽培を比較した。

夏播き冬どり栽培：1977年8月5日に播種し、9月5日に6.5葉苗を定植し、翌年の1月18日に収穫した。定植後10日で地下水位5cm以内のところにある株は枯死あるいは生育が停止した。地下水位10cmのところの株は結球したもの、結球重は極めて軽く緊度も弱かった。地下水位20cm以内の株には、アントシアンが多く発現したが、地下水位がそれより低くなると少なくなった。収量調査の結果は、第14図のとおりである。



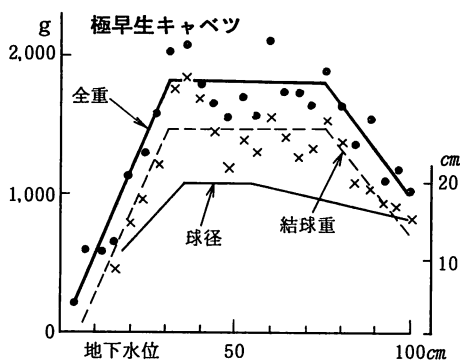
第14図 地下水位と夏播き冬どりキャベツの収量

全重・結球重は、地下水位約35cmまで地下水位がさがるとともに増加し、それ以下ではほぼ一定になった。球径は地下水位約25cm以下で、外葉数は約75cm以下でほぼ一定になった。このことから、夏播き冬どりキャベツの

適地下水位は約35cm以下とみられ、このときの作土のpFは1.7以上、気相率は2.5～7.5cm層で約24%以上、10～15cm層で約12%以上と推定された。

極早生キャベツ晩播栽培：1979年7月22日に播種し、8月16日に4.5葉苗を定植した。これは11月中旬から12月下旬にかけて出荷する作型で、土壤水分が高い輪換畑の能力を十分に発揮できるものの一つである。

地下水位が0cmのところでは、キャベツは定植後1週間で枯死し、小さくとも結球状態にまで生育できたのは、地下水位12cm以下のところのキャベツであった。12月25日に収穫した結果は、第15図のとおりである。



第15図 地下水位と極早生キャベツ晩播栽培の収量

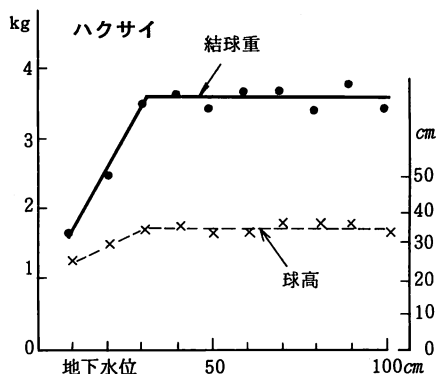
全重・結球重は地下水位約30～75cmの間で最大に、球径は25～54cmの間で最大になった。また地下水位が30cm以内のところのキャベツは結球緊度がやや弱く、結球葉数も少なかった。

以上により、極早生キャベツの適地下水位は約35～55cmとみられた。このときの作土の土壤水分吸引圧はpF 1.6～2.3で、気相率は2.5～7.5cm層で約22～28%、10～15cm層で約11～20%と推定された。

③ ハクサイ

王将を用いた。1977年8月30日に練床に播種し、9月13日にスイカの跡地に定植した。地下水位が0cmのところの株は定植後1週間で枯死したが、地下水位が10cmのところの株は結球状態を示し、キャベツよりやや多湿に強い傾向がうかがえた。12月26日に収穫した結果は、第

16図のとおりである。



第16図 地下水位とハクサイの収量

結球重・球高ともに地下水位がさがるとともに増加し地下水位が32cm以下になるとほぼ一定になった。

この結果からハクサイの適地下水位は約32cm以下とみられ、このときの作土のpFは約1.6以上、気相率は2.5～7.5cm層で約22%以上、10～15cm層では約10%以上と推定された。

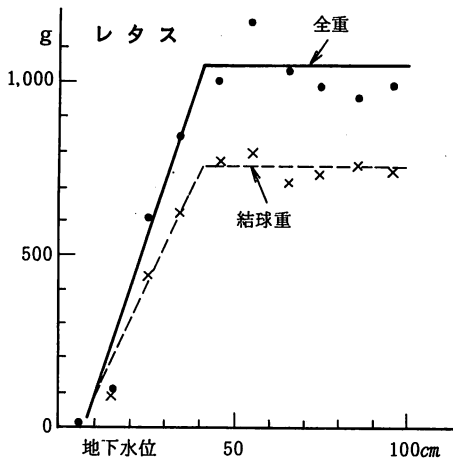
④ レタス

グレートレークス 366を用いた。1979年3月2日に播種し、4月4日に定植した。地下水位が地表面まで上昇しているところでは、レタスは定植後1週間で枯死し、地下水位が5cmではレタスは生育が停止したものの最後まで生存した。結球状態に達したのは、地下水位が15cm以下のところの株であった。収穫期が6月5日になり、予定より1週間遅れたため、結球は大きくなりすぎたが、地下水位に対する生育反応は把握できた。

収量調査の結果は、第17図のとおりである。

5月下旬での葉の開張程度は、地下水位30cmまでは地下水位の低下に伴って増加するが、30cm以下ではほぼ一定になった。地下水位が70cm以下にさがると、結球重の個体変動が大きくなった。全重・結球重は地下水位約40cmまでは地下水位がさがるとともに増加し、それを超えると一定になった。しかし、地下水位が60cm以下になると結球の揃いが悪くなった。

以上の結果から、レタスの適地下水位は約30～60cmとみられ、このときの作土のpFは約1.5～2.5で、気相率は2.5～7.5cm層で約21～29%、10～15cm層では約10～20%であると推定された。

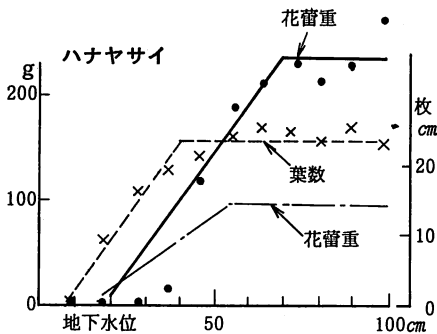


第17図 地下水位とレタスの収量

⑤ ハナヤサイ・ブロッコリ

ハナヤサイは野崎中生を、ブロッコリは中生緑花椰菜を用いた。いずれも1979年7月20日に播種し、8月16日にレタス跡に定植した。

ハナヤサイ：地下水位が5cm以内の株は定植後1週間で枯死した。地下水位15cm以内の株は花蕾を着生せず、生育は極端に抑制された。12月25日に収穫した結果は、第18図のとおりである。



第18図 地下水位とハナヤサイの収量

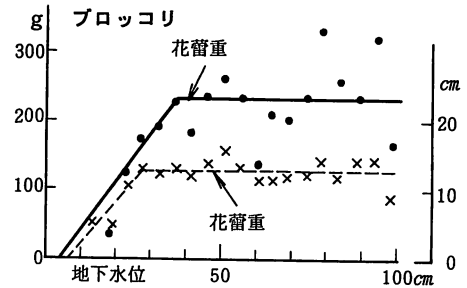
葉数は地下水位がさがるとつれて増加し、40cm以下で一定になった。花蕾重は地下水位40cmまではかなり小さく、70cmまで地下水位の低下とともに増加し、それを超えると一定になった。花蕾径は地下水位55cm以下で一定になった。

以上のことから、ハナヤサイの適地下水位は約60cm以下、

作土のpFは約2.5以上、気相率は2.5~7.5cmで約29%以上、10~15cm層では約21%以上が適すると推定された。

ブロッコリ：地下水位0cmの株は定植後まもなく枯死したが、ハナヤサイより高地下水位に耐え、地下水位が約15cmのところの株でも花蕾を着生した。

12月25日に収穫した結果は、第19図のとおりである。



第19図 地下水位とブロッコリの収量

全重・花蕾重はともに地下水位約30cmまで、花蕾重は約40cmまで地下水位がさがるとともに増加し、それを超えるとほぼ一定になった。しかし、地下水位が70cm以下にさがると、花蕾の揃いが悪くなった。

以上のことから、ブロッコリの適地下水位は約40~70cmとみられ、このときの作土のpFは2.1~2.4、気相率は2.5~7.5cm層が約27%、10~15cm層では約15~19%と推定された。

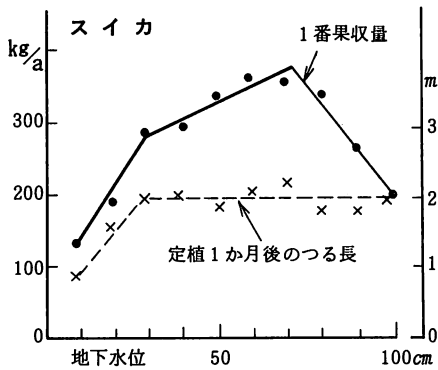
3) 野菜=果菜類

① スイカ

ユウガオ台に接木した縞王を用いた。1977年4月20日に定植した。地下水位10cmのところの株は生育が緩慢でつるの伸びが悪く、定植後1カ月の調査では、地下水位30cm以下のところの株が、正常な生育を示した。この試験では1株に2個の果実を着けさせたが、地下水位10cmのところの株は1個しか着果しなかった。

7月20日以降収穫したが、その結果は第20図のとおりである。

スイカの収量は、地下水位が高いと低く、30cm以内では地下水位がさがるとともに急激に増加し、30~70cmの間では地下水位の低下とともに漸増し、それ以下では逆に低下した。



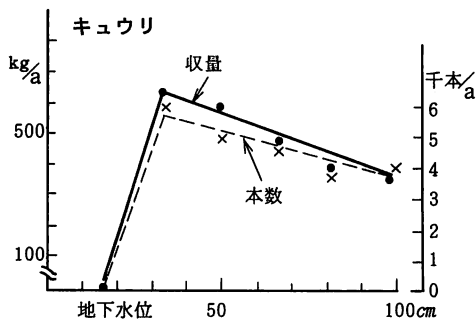
第20図 地下水位とスイカの収量

したがって、スイカの適地下水位は約30~80cmの間とみられ、このときの作土のpFは1.5~2.7、気相率は2.5~7.5 cm層で約21~30%、10~15cm層で約9~21%と推定された。

② キュウリ

露地ネット栽培とし、ときわ新2号を用いた。1978年5月25日に播種し、6月13日に4葉苗を定植した。地下水位7cm以内の株はまもなく枯死した。整枝法は、主枝1本、分枝2本の3本仕立てとした。地下水位が15cm以内の株は、生長点附近の葉色が淡く、生育は遅れた。

7月中旬から8月下旬までの収量は、第21図のとおりである。



第21図 地下水位とキュウリの収量

地下水位が15cmのところのキュウリは、収穫始めまで生存したものの、幼果は全て落果した。最も高収になっ

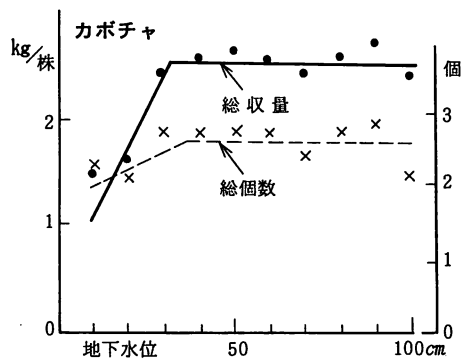
たのは地下水位30cmのところであった。8月中旬以降の後期収量は、地下水位が低下するほど少なくなったため、地下水位30cm以下の株の収量は漸減した。

以上の結果から、キュウリの適地下水位は約30~50cmとみられ、このときの作土のpFは約1.5~2.3、気相率は2.5~7.5 cm層で約21~28%、10~15cm層で約9~19%と推定された。

③ カボチャ

芳香青皮栗を用いた。4葉苗を1978年4月16日に定植し、トンネル栽培を行なった。3本整枝で1本1果をめざしたが、地下水位が20cmのところでも約半数の株が枯死してしまい、目標に近い着果率を確保できたのは、地下水位30cm以下の株であった。

収量調査の結果は、第22図のとおりである。



第22図 地下水位とカボチャの収量

着果数は地下水位35cmまで、収量は32cmまでは地下水位の低下とともに増加し、それらを超えると一定になった。地下水位が40cm以内のところでは、果実が接地した部分にイボ状の突起を生じ、みかけの品質を落としたが、ワラなどを敷くとこの障害は防げた。

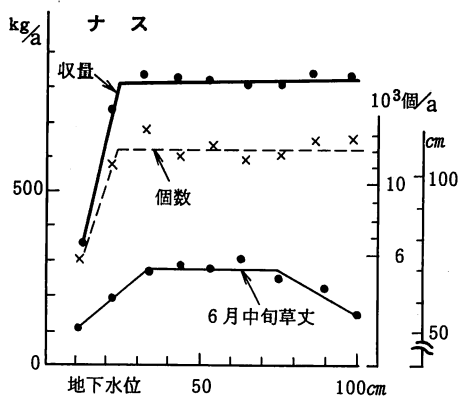
以上の結果から、カボチャの適地下水位は約30cm以下、作土のpFは約1.5以上、気相率は2.5~7.5 cm層で約21%以上、10~15cm層で約9%以上と推定された。

④ ナス

千両2号を用いた。1978年2月14日に播種し、4葉苗を4月17日に定植し、トンネル栽培を行なった。地下水

位20cm以内では生育が抑制されたが枯死には至らず、6月中旬の草丈は地下水位32~72cmで高くなり、台形状を示した。

収穫は5月28日から10月5日まで行なったが、その結果は第23図のとおりである。



第23図 地下水位とナスの収量

収穫した果数・果重ともに、地下水位25cmまでは地下水位の低下とともに増加し、それを超えると一定になった。地下水位が20cm以内の場所では、初期収量(7月5日まで)がやや多かった。

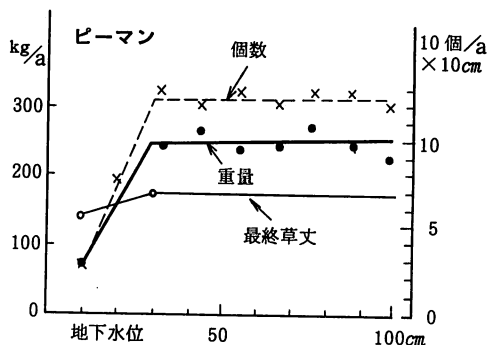
以上の結果から、ナスの適地下水位は約25cm以下とみられ、このときの作土のpFは約1.25以上、気相率は2.5cm層で約18%以上、10~15cm層で約7%以上と推定された。

⑤ ピーマン

エースを用いた。1978年2月14日に播種し、4月17日に定植し、トンネル栽培を行なった。地下水位10cm以内の場所では生育が抑制され、また疫病被害果は地下水位30cm以内の場所で多いことが認められた。

5月20日から10月5日まで収穫したが、その結果は第24図のとおりである。

地下水位が10cm以内の場所では収量は全収穫期間を通じて少なかった。地下水位が10~30cmの場所では、7月中旬までの初期収量が多かったが、後期収量が少なくなった。とくに9月上旬以降に、疫病被害果が増加した。地上部の生育、収量ともに地下水位30cmまでは地下水位がさがるにともない増加し、それを超えるとほぼ一定になった。



第24図 地下水位とピーマンの収量

ピーマンの適地下水位は約30cm以下とみられるが、地下水位が高いと疫病に罹病しやすくなるようであった。このときの作土のpFは約1.5以上、気相率は2.5~7.5cm層で約21%以上、10~15cm層で9%以上と推定された。

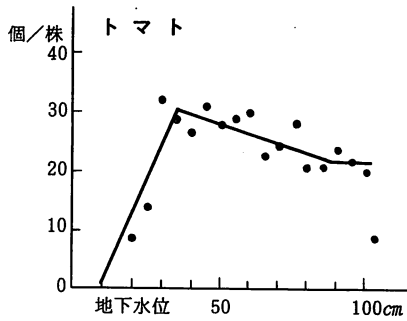
⑥ トマト

大型端光を1979年3月5日に播種し、5月2日に定植した。定植後2週間で地下水位10cm以内の場合のトマトは萎凋し、20日後に枯死した。地下水位20cmの場所のトマトは生育が極めて悪かったが、地下水位が25cm以下の場所では正常に生育した。

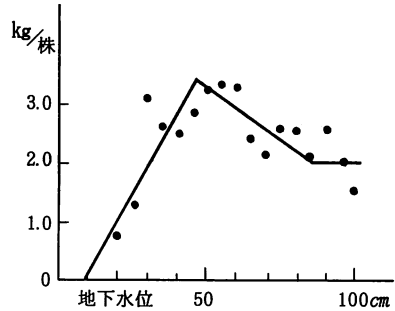
6月27日から8月13日まで収穫した結果は、第25図のとおりである。

地下水位が約60cm以下になる場合のトマトは7月下旬以後の収量がやや低下した。収穫果数は地下水位約35cmで、果実重量は約50cmで最も多く、地下水位が90cm以下にさがるとほぼ一定になった。1果平均重は地下水位47cmの場所が最も大きくなった。尻腐れ果は地下水位60cm以下でやや増加した。

したがってトマトの適地下水位は約30~50cmの間とみられた。このときの作土はpFは1.5~2.3で、気相率は2.5~7.5cm層で約21~28%、10~15cm層で約9~19%と推定された。



第25図 地下水位とトマトの収量

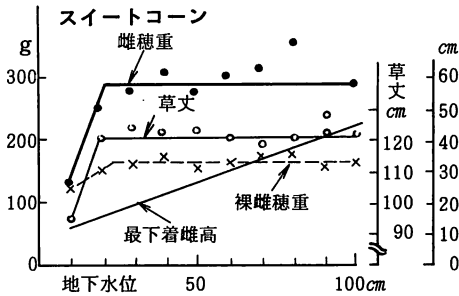


4) 野菜＝マメ類・その他

① スイートコーン

ハニーバントムを用いた。1976年4月25日に播種（マルチ栽培1穴4粒播）した。地下水位が20cm以内のところでは発芽がやや悪かった。草丈は地下水位15cm以内の場所で低かった。雄穂の出現は地下水位20cm以内の場所で遅れ、地下水位10cm以内のところでは市場性のある雌穂を生産することができなかった。

7月25日に収穫した結果は、第26図のとおりである。

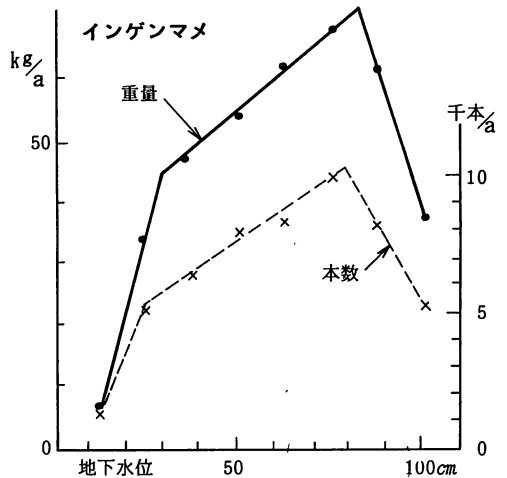


第26図 地下水位とスイートコーンの収量

② インゲンマメ

尺五寸を用いた。1977年4月30日に播種した。地下水位0cmのところでは初生葉展開期以後生育が停滞し、まもなく枯死した。地下水位10cmでは最後まで生育したが収量は極めて低かった。

7月5日以降収穫したが、結果は第27図のとおりである。



第27図 地下水位とインゲンマメの収量

草丈は地下水位約20cmまで、雌穂重と裸雌穂重はともに地下水位約24cmまで、地下水位が低下するとともに増加し、それらを超えるとほぼ一定になった。着雌穂高は地下水位の低下にともない高くなる傾向を示した。

スイートコーンの適地下水位は約25cm以下、作土のpFは約1.25以上、気相率は2.5～7.5cm層で約18%以上、10～15cm層で約7%以上と推定された。

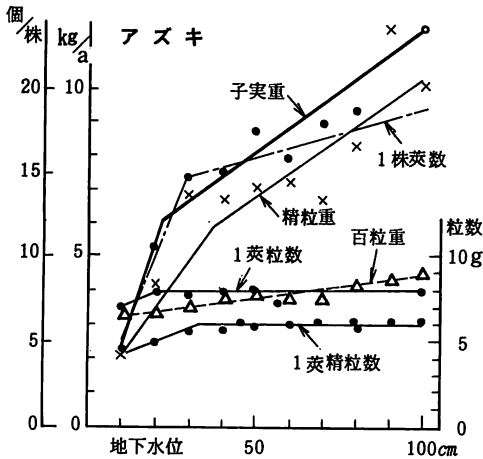
収穫本数・重量ともに地下水位30cm以内の場所では少なく、約80cm以下の場所では梅雨明け後の収量が少なくなった。比較的安定した収量を示したのは地下水位30～80cmの間の場所であることから、インゲンマメの適地下水位は30～80cmとみられ、このときの作土のpFは1.5～2.7、気相率は2.5～7.5cm層で約21～30%、10～15cm層で約9～12%と推定された。

5) 普通作物

① アズキ

早生大粒を用い、1977年6月25日に播種した。地下水位が0cmのところでは地中で種子が腐敗した。地下水位10cm以内の場所では、大部分のアズキが初生葉展開期に黄変枯死した。

10月25日に収穫した結果は、第28図のとおりである。



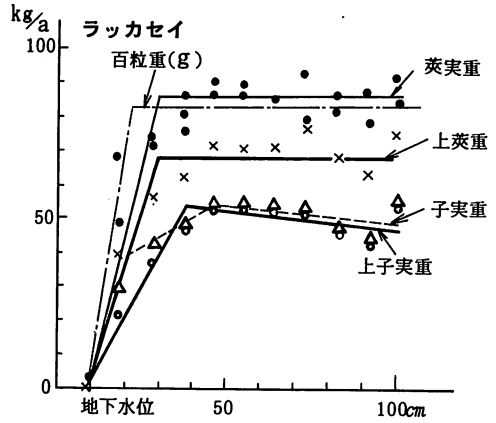
第28図 地下水位とアズキの収量

1莢粒数は地下水位20cmまで、1莢精粒数は約33cmまで、地下水位の低下によって漸増し、それ以下になるとほぼ一定になった。1株莢数は地下水位10cmの場所では5個と少なく、地下水位30cmに折れ点を持つノ型になった。また、百粒重は地下水位がさがるほど増加する傾向を示したため、収量は地下水位が1mまで低下しても頭打ちにならず、しかも収量は精粒重で11.7kg/aにすぎなかった。

以上のことから、アズキは地下水位1m以内の輪換畑には不向きな作物であるとみられる。

② ラッカセイ

千葉半立を用い、1977年5月15日に播種した。1カ月後になると、ほぼ湛水状態の場所のラッカセイは黄変し、以後の生育は停滞した。2カ月後になると、地下水位40cm以内の場所の生育がやや劣り、分枝長は短かく、2次分枝数も少ないことが観察された。



第29図 地下水位とラッカセイの収量

9月26日に収穫した結果は、第29図のとおりである。地上重・主茎長・主茎葉数・最長分枝長は、それぞれ地下水位約32, 34, 20, 30cmまでは地下水位がさがるとともに増加し、それを越えると一定になった。百粒重は地下水位20cm以下ではほぼ一定になるのに対し、莢実重・上莢重は地下水位30cm以下ではほぼ一定になり、子実重・上子実重は約40cmの場所でも最重くなる傾向を示した。

以上の結果から、ラッカセイの適地下水位は約40cm以下、作土のpFは約2.1以上、気相率は2.5~7.5cm層で約27%以上、10~15cm層で約15%以上と推定された。

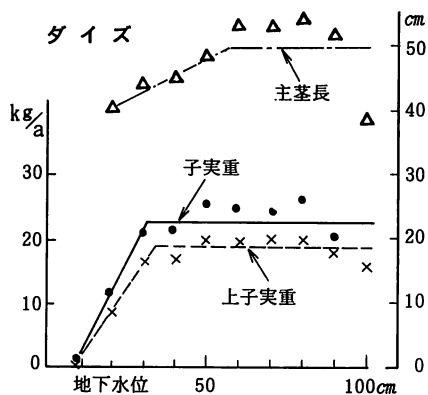
③ ダイズ

東山80号を用いた。1978年7月20日に播種したが、地表面と地下水が接するところでは発芽せず、地下水位10cmの場所では初生葉展開期に枯死し、20cm以下の場所になるとダイズは正常に生育した。地下水位によって開花期に差がみられ、地下水位が30cm以内の場所のダイズは8月4日に、30~60cmの場所のダイズはそれより1日遅れ、60cm以下では2日遅れた。成熟期は地下水位20cm以内の場所ですぐ早くなった。

11月15日に収穫した結果は、第30図のとおりである。

主茎長は地下水位がさがると長くなり、60cm以下ではほぼ一定になった。子実重・上子実重は地下水位約30cm以下で一定になった。m²当たり節数は子実重と同様の傾向で、30cm以下で一定になった。百粒重は地下水位による影響をあまり受けず、ほとんど一定であった。

こうしたことから、ダイズの適地下水位は約30cm以下、作土のpFは約1.5以上、気相率は2.5～7.5cm層で約21%以上、10～15cm層で約9%以上と推定された。

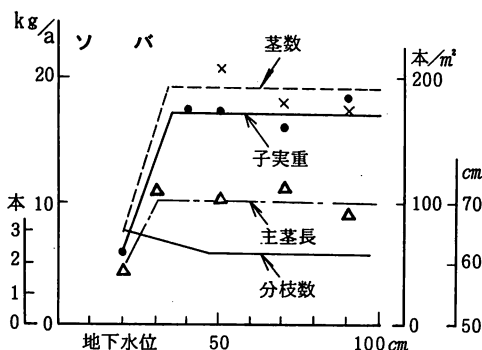


第30図 地下水位とダイズの収量

④ ソバ

金砂郷在来種を用いた。1978年8月30日に畦巾50cmでスイートコーンの跡に条播した。地下水位が0cmのところでの発芽率は25%、地下水位10cmのところでは42%であったが、いずれも子葉展開期に枯死した。開花期間は9月下旬から10月中旬までで、地下水位による差は認められなかった。しかし、草丈は地下水位30cm以内の場所で短かく、 m 当たり茎数や1株花房数も少ない傾向を示した。

11月10日に収穫した結果は、第31図のとおりである。



第31図 地下水位とソバの収量

主茎長・茎数・子実重はともに地下水位が低下するにつれて増加し、それぞれ約30cm、約32cm、約34cmを超えると一定になり、分枝数は地下水位約45cm以内では地下水位が高いほど多い傾向を示した。

ソバの適地下水位は子実重からみて約35cm以下とみられ、このときの作土のpFは1.75以上、気相率は2.5～7.5cm層で約24%以上、10～15cm層で約12%以上と推定された。

⑤ サツマイモ

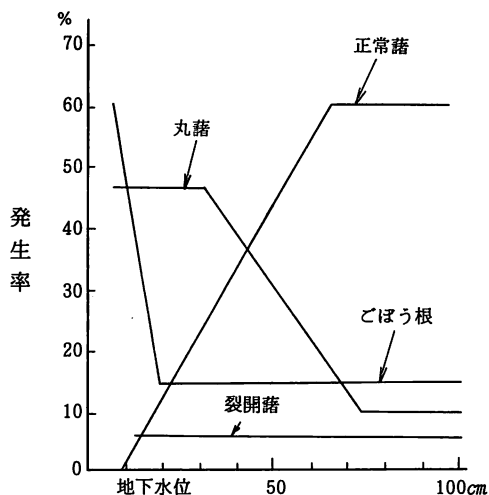
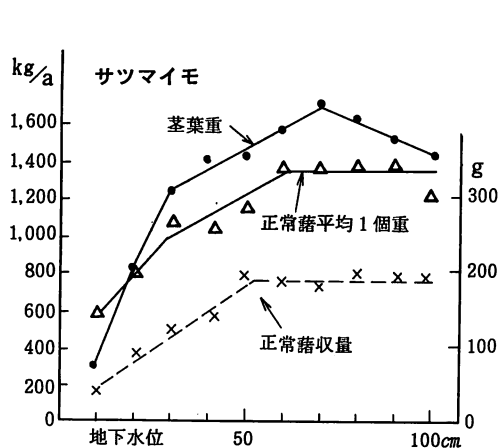
高系14号を用いた。展開葉3枚を付けた苗を1980年6月15日に舟底挿した。活着は地下水位が高いところほどよく、30cm以内の場所では95%、30～60cmでは92%、60cm以下では85%の苗が活着した。地下水位が10cm以内の場所ではほとんどつるが伸びず、30cm以内のところでは茎葉の繁茂が少なかった。

10月25日に収穫したが、結果は第32図のとおりである。

茎葉重は地下水位が低下するとともに急激に増加し、30cm以下の場所ではやや緩やかになり、地下水位約70cmで最も重くなった。正常蓄収量は、地下水位約53cm以下の場所ではほぼ一定になり、正常蓄平均重は地下水位約60cm以下の場所ではほぼ一定になった(第32図左)。

裂開蓄(表皮がさめ肌状になったもの、ひび割れを生じたもの、割れ口から腐敗しているもの)の発生は地下水位の影響を受けなかったが、正常蓄や丸蓄(長径・短径の比が3.0以下のもの)、不肥大根(ごぼう根と若根)の発生は地下水位によって大きく変化した。すなわち、不肥大根は地下水位10cm以内の場所に極めて多く発生し、地下水位が20cm以下になるとその発生率はほぼ一定になった。また丸蓄は地下水位30cm以内の場所に多く発生し、地下水位70cmまでは地下水位の低下とともに少なくなり、70cm以下になると発生率はほぼ一定になった。一方、正常蓄は地下水位が低くなるほど多くなり、約60cm以下で発生率はほぼ一定になった(第32図右)。

以上の結果から、サツマイモの適地下水位は60cm以下とみられた。このときの作土のpFは約2.5以上、気相率は2.5～7.5cm層で約29%以上、10～15cm層で約21%以上と推定された。



第32図 地下水位とサツマイモの収量

⑥ ムギ類

コムギは農林61号を、六条オオムギはカシマムギを、二条オオムギはビール用のあかぎ二条を用いた。1978年11月16日に、それぞれ1㎡当たり11g、13g、15gを散播した。なお前作はキュウリ、ナスとピーマン、カボチャであった。

水田裏作ムギでは出穂期以後の、隣接田の代かきや田植えによる地下水位の上昇がムギ類の湿害を引きおこすことが多いので、4月上旬から傾斜畑周囲の明渠に水を入れ、圃場の地下水位を一定に保つようにした。

出穂期・成熟期はともに地下水位が低い場所ほど遅くなったが、出穂期はコムギで地下水位約60cm以下、六条オオムギで約80cm以下、二条オオムギで約70cm以下になると一定になり、成熟期はそれぞれ約70cm、約60cm、約60cm以下になると一定になった。地下水位が10cm以内のところは、コムギで4日、六条オオムギで7日、二条オオムギで5日ほど出穂期がそれより早まり、成熟期はそれぞれ6日、7日、11日早まった。

5月初旬になると、地下水位が10cm以内の場所の六条オオムギは枯死した。また、どのムギ類も地下水位70cm以上の場所のムギ類に比べて40cm以内の場所のムギ類は、葉色が淡かった。

コムギは6月15日に、六条オオムギは5月28日に、二

条オオムギは5月31日に収穫した。その結果は、第33図のとおりである。

コムギ：全重は地下水位約20cm以下、稈長は地下水位約30cm以下の場所ではほぼ一定になった。穂長は地下水位約75cm以下のところで一定になり、穂数は地下水位が低下すると漸増した。しかし、地下水位が30cmのところでは千粒重がやや軽くなるため、穂数増が収量増につながらず、精麦重は地下水位の低下にともなって増加し約25cm以下の場所ではほぼ一定になった(第33図上)。

精麦重からみたコムギの適地下水位は約25cm以下とみられ、このときの作土のpFは約1.25以上、気相率は2.5~7.5cm層で約18%以上、10~15cm層で約7%以上と推定された。

六条オオムギ：穂長・穂数の地下水位による変化は少ないが、稈長は地下水位約50cmまで、全重と精麦重は約65cmまでは地下水位の低下にともない増加し、それ以下に地下水位がさがるとほぼ一定になった(第33図中)。

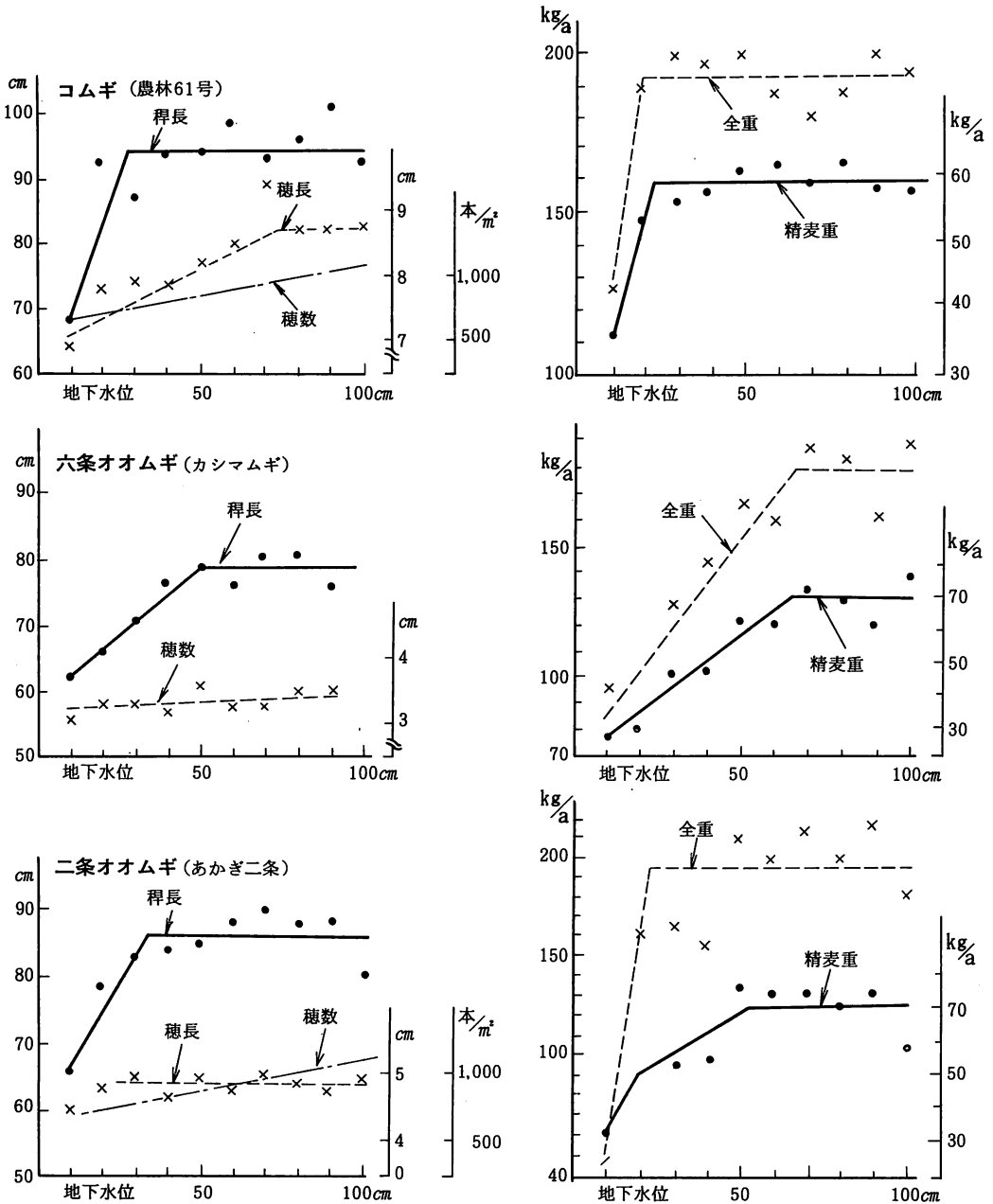
精麦重からみた六条オオムギの適地下水位は約65cm以下とみられ、そのときの作土のpFは約2.5以上、気相率は2.5~7.5cm層で約29%以上、10~15cm層で約21%以上と推定された。

二条オオムギ：穂数は地下水位の低下に伴い漸増した。穂長は地下水位24cm以下で、稈長は地下水位約33cm以下

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

ではほぼ一定になった。精麦重は、地下水位の低下とともに増加し、地下水位約50cm以下の場所ではほぼ一定になった。精麦重からみた二条オオムギの適地下水位は約50cm以

下とみられ、そのときの作土のpFは約2.3以上、気相率は2.5~7.5cm層で約28%以上、10~15cm層で約19%以上と推定された。



第33図 地下水位とムギ類の生育・収量

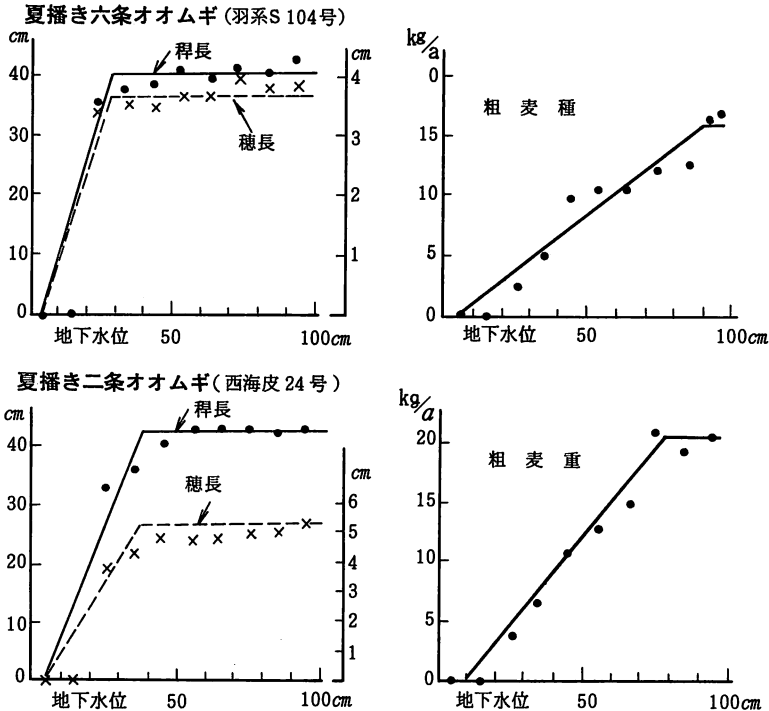
6) 飼料作物

① 飼料ムギ

羽系S 104号(六条種)と西海皮24号(二条種)を用いた。前者は1979年8月31日に、後者は8月25日に播種した。播種量はいずれの品種も1㎡当たり10gとし、25cm巾のドリル播を行なった。

地表面と地下水面が接するところでは両品種ともほとんど発芽せず、5cmでは2葉期で枯死し、地下水位が10cmの場所では大部分のムギが4葉期で枯死した。10月初旬から白絹病⁴⁸⁾が発生し、ほぼ半数の株が枯れたため、収量は15~20kg/aに落ちた。

12月20日に収穫した結果は、第34図のとおりである。



第34図 地下水位と夏播きオオムギの生育・収量

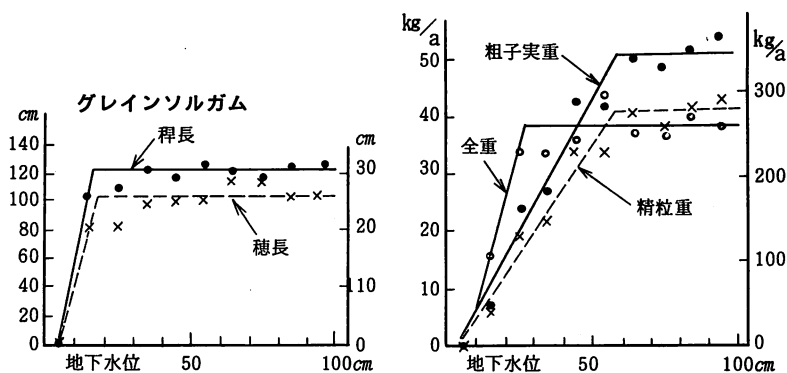
羽系S 104号では、稈長・穂長ともに地下水位が低くなると増加し、地下水位30cm以下の場所ではほぼ一定になった。穂数は地下水位の低下に伴い増加したので、粗麦重は地下水位約90cmまで増加を続けた。

西海皮24号では、稈長・穂長はともに地下水位40cmのところまで、粗麦重は約80cmまで、地下水位の低下とともに増加し、それ以下の場所ではほぼ一定になった。

夏播きムギでも、秋播きと同様に二条オオムギの方が六条オオムギよりやや高い地下水位に適應できるとみられた。

② グレインソルガム

デカルブC⁺⁴⁶を用い、1979年6月29日播種した。畦巾は60cmとし、条播した。地下水面が地表面と接するところでは発芽しなかったが、地下水位2cmのところでも発芽し、6葉期までは地下水位が低い場所のソルガムとほぼ同様の生育をした。しかし、7.5葉期ごろから差を生じ、地下水位20cm以内の場所では葉色が急に淡くなり、生育は停滞気味になった。地下水位15cmの場所では出穂したものの、稔実は極めて悪く、地下水位25cmのところでも約50%が不稔粒であった。



第35図 地下水位とグレインソルガムの収量

12月24日に収穫した結果は、第35図のとおりである。

稈長・穂長・全重は地下水位の低下に伴い急増し、地下水位約30cm以下ではほぼ一定になったが、粗子実重・精子実重はともに約60cm以下の場所でほぼ一定になった。

グレインソルガムの栽培には、地下水位を60cm以下に保つことが必要で、このときの作土のpFは約2.5以上、気相率は2.5～7.5cm層で約29%以上、10～15cm層で約21%以上であった。

3. 地下水位と土壤養分の動態

1) 作物の生育状況

コムギ：1981年11月20日、コムギ農林61号を30cm畦巾にドリル播(播種量1㎡当たり8g)した。生育は順調で、地下水位による影響はすでに述べた傾向(本報44頁)とほぼ同様であった。地下水位23cm以下の場所で精麦重はほぼ一定(53kg/a)になった。

スイートコーン：基肥施用量が多い作物の中からスイートコーンを選んだ。ハニーバンタムを用い、1982年5月10日に90×30cmの千鳥に播種し、マルチ栽培した。生育経過や収量は前述した傾向(本報41頁)とほぼ同様で、地下水位約25cm以下の場所での収量はほぼ一定であった。

サツマイモ：基肥施用量が少ない夏作物としてサツマイモを選んだ。高系14号を1981年6月25日に60×30cmに挿苗した。地下水位30cm以内のところでは、1980年に栽培したときよりつる割れ病が多発し、欠株が発生したが、その他の生育経過は前年と同様で、地下水位約50cm以下の場所の収量はほぼ一定であった。

なお施肥量はつぎの通りである。

コムギは基肥0.8:1.0:1.0kg/aとし、窒素0.3kg/aを3月初めに追肥した。スイートコーンは基肥2.0:1.5:2.0kg/aとした。サツマイモは基肥0.3:1.0:1.0kg/aとした。いずれも耕起前に全面散布し、ロータリで攪拌耕した。

2) 土壤養分の変化

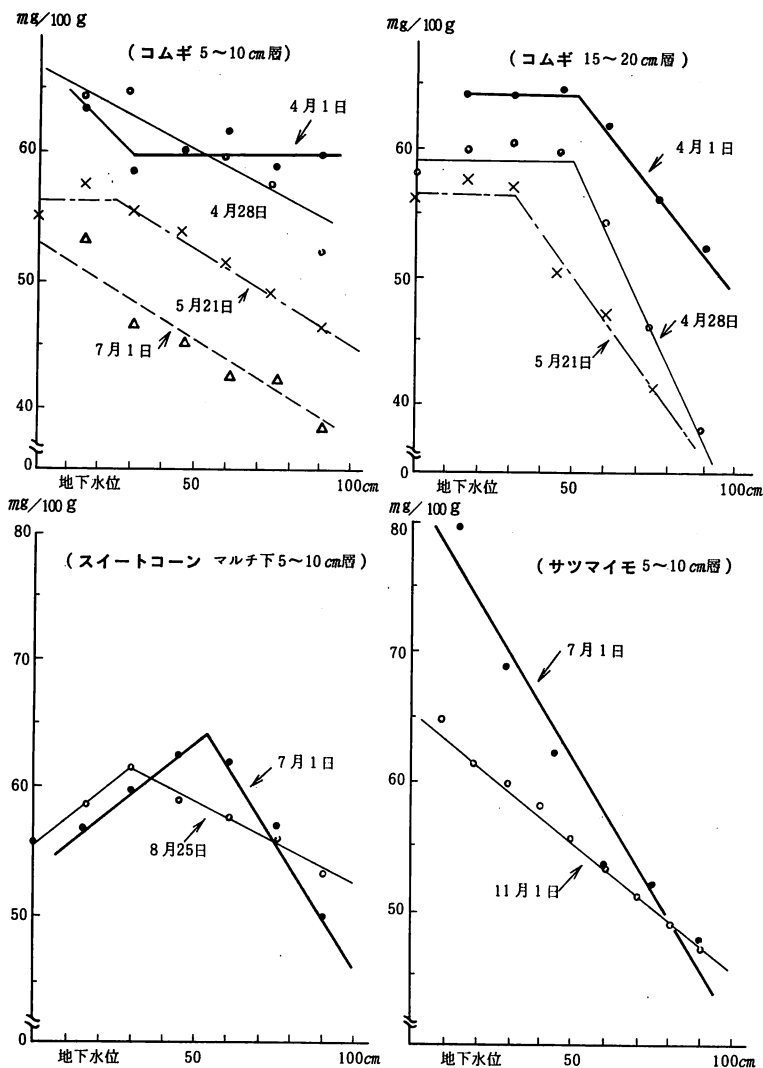
① 全窒素

コムギ圃場の全窒素：4月はじめの作土5～10cm層の全窒素は、地下水位が高いところでやや多く、30cm以下のところでは地下水位による影響は少なく、ほぼ一定になった。4月下旬になると地下水位が低いところほど全窒素は減少する傾向を示し、5月下旬には地下水位が高いところでも減少しはじめた。コムギ収穫跡地の全窒素量は、4月はじめのそれより地下水位15cmのところでは約10mg/100g、90cmのところでは約20mg/100g以上減少した。

作土15～20cm層では、4月1日と28日には地下水位が50cm以内のところでは、5月21日には30cm以内のところではほぼ一定であり、それ以下になると地下水位の低下に伴い減少した。

スイートコーン圃場の全窒素：作土5～10cm層において、7月1日には地下水位約55cm、8月25日には約30cmのところでは全窒素は最大になった。これらの水位までは地下水位の低下に伴い全窒素は増加し、それらを超えると減少した。

サツマイモ圃場の全窒素：挿苗後6日目にあたる7月1日では、地下水位が高いところほど全窒素は多く、地



第36図 地下水位のちがいによる全窒素の変化

下水位が低下すると急激に減少した。11月1日も同様の傾向を示したが、地下水位が高いところでは7月1日のときより全窒素は減少した。

② 硝酸態窒素

コムギ圃場の硝酸態窒素は4月1日から5月21日までの間では、地下水位による変化は小さく、含有量は0.25 mg/100g~0.9 mg/100gの間であった。ところがコムギ収穫後の7月1日になると、地下水位が低いところほど含有量が多くなり、地下水位15cmのところでは0.8 mg/100gであったが90cmのところでは1.75 mg/100gになった。

スイートコーン圃場でも、絹糸抽出期にあたる7月1日の硝酸態窒素含有量は1.0~3.0 mg/100gの間で、地下水位による変化は小さかった。茎葉が黄変した8月25日には、地下水位が低いところほど急激に増加し、地下水位15cmのところでは6.2 mg/100g、90cmのところでは18.3 mg/100gに達した。

サツマイモ圃場も、7月1日には地下水位約35cmのところでは硝酸態窒素が最も少なくなる傾向をみせたが、地下水位による影響は少なく、最少値が0.5 mg/100gで最大値が1.2 mg/100gであった。ところが、サツマイモ収

穫後の11月1日になると、測定値の変動は大きいものの、地下水位が低いところほど硝酸態窒素は増加する傾向を示した。その含有量は、地下水位10cmのところでは1.0 mg/100 g、60cmのところでは2.9 mg/100 gであった。

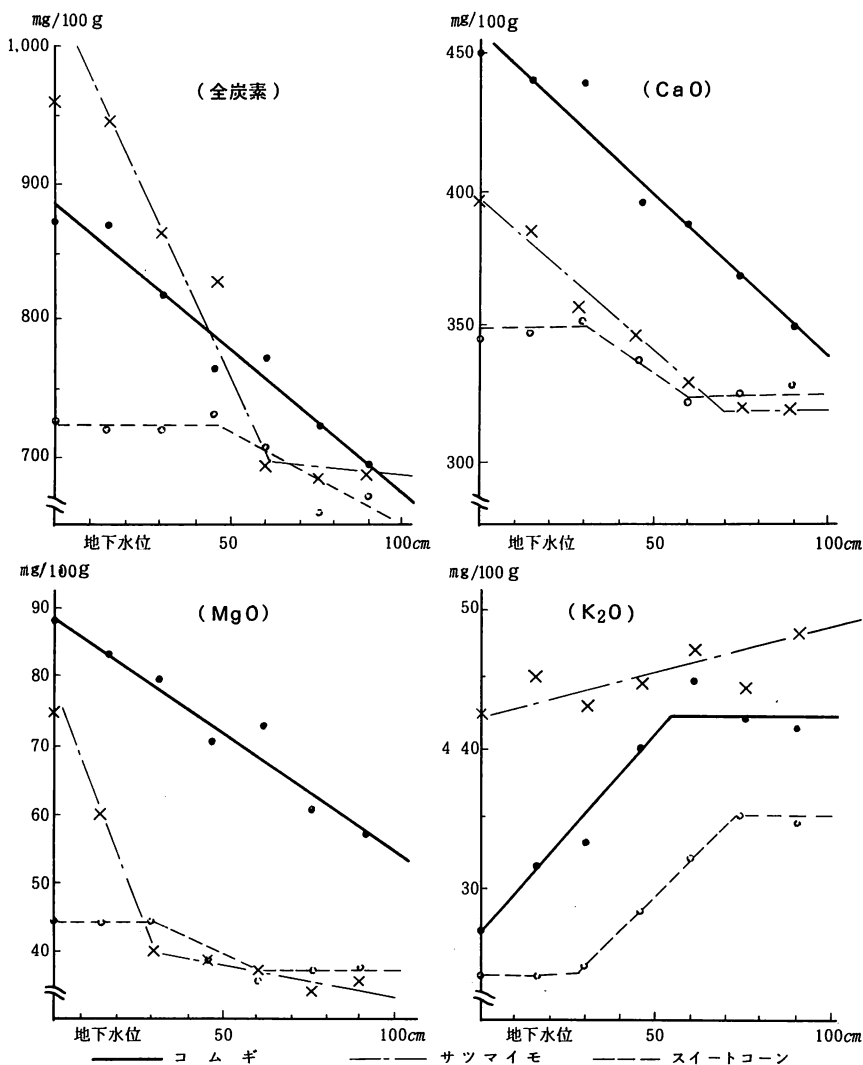
③ 全炭素

全炭素は、採土した時期や層位による変化が小さかったので、各作物ごとの平均値で示した(第37図上左)。

コムギ圃場では、地下水位が低下するとともに全炭素含有量は直線的に少なくなった。

スイートコーン圃場でも、地下水位の低下に伴ない全炭素が減少する傾向はコムギ圃場と同様であったが、その減少率ははるかに緩やかで、とくに地下水位50cm以内において地下水位の低下に伴う減少はわずかであった。

サツマイモ圃場では、地下水位が60cm以内のところでは全炭素は地下水位の低下とともに急激に減少し、それ以下になると緩やかになった。7月1日の全炭素の減少率は、11月1日時点の約2倍であった。



第37図 地下水位のちがいによる全炭素・石灰・苦土・カリの変化

④ 石灰

石灰もコムギの5~10cm層を除けば、採土した時期による変化が小さかったので、各作物ごとの平均値で示した(第37図上右)。

コムギ圃場の石灰は、採土した時期による若干の変化はあるが、作土5~10cm層では地下水位50cm以内、15~20cm層では35cm以内にやや多く存在した。いずれの層とも、地下水位が低下すると含有量は減少した。また、4月よりは5月、5月よりは7月の方が、その減少率は大きかった。

スイートコーン圃場では、石灰の地下水位低下による減少は小さく、地下水位30cm以内ではほとんど減少しなかった。

サツマイモ圃場では、7月1日、11月1日ともに地下水位の低下に伴い石灰含有量は減少したが、地下水位が60cm以下になると減少率は緩やかになった。

⑤ 苦土

採土した時期により、地下水位による変化傾向に緩急があったが、各作物ごとの傾向は同一であったので平均値で示した(第37図下左)。

コムギ圃場の苦土は、5~10cm層、15~20cm層の双方とも地下水位が低いところほど、また4月より5月、5月より7月と採土時期が遅くなるほど減少した。減少率は採土時期が遅れるほど大きくなった。

スイートコーン圃場の苦土の変化は、石灰含有量の地下水位による変化傾向と極めてよく似ていた。すなわち、7月1日は地下水位の低下によってわずかに減少する傾向を示したが、8月25日には地下水位30cmのところでも高くなり、この両者を平均すると地下水位30cm以内と60cm以下ではほとんど変化しなかった。

サツマイモ圃場の苦土は、7月1日で地下水位約35cm以内、11月1日で約50cm以内で地下水位の低下とともに減少し、それ以下では極めて緩やかに減少した。

⑥ カリ

採土時期による変化は石灰や苦土に比べて大きかったが、作物ごとでは共通していたので、平均値で示した(第37図下右)。

コムギ圃場のカリは、地下水位の低下に伴い増加した。5~10cm層、15~20cm層の双方とも4月より5月のほうが含有量が減っていた。しかし、収穫後の7月1日には地下水位の低下によって急激に増加し、地下水位45cm以下のところではほぼ一定になった。

スイートコーン圃場では、地下水位30cm以内ではカリ含有量は少ないが、30cm以下になると地下水位が低下するとともにカリ含有量は増加した。

サツマイモ圃場のカリは、7月1日には地下水位による含有量の変化が小さかったが、収穫後の11月1日では地下水位が低いところほど増加する傾向を示した。

IV 考 察

1. 田畑輪換に関する既往の研究と 本研究の位置

わが国の田畑輪換に関する研究は、さまざまな時代の要請にこたえた水田高度利用の一つとして数多く行なわれ、注目すべき業績も少なくない。それを大別すると、つぎの4つの時期にわけることができる。

第1期(1930年~1940年代なかば)

北海道農業試験場上川支場は、稲作北限地帯における冷害対策として水田の1部を畑地化し酪農を導入するなど経営を多角化し、凶作年の農家経済の破綻を防止するため、1930年ごろから田畑輪換の研究を行なった^{19, 61)}。これが第1期(いわば黎明期)にあたる。その結果 ①輪換畑の生産力は土性によって異なり、細粒質土では畑地化するのに3~4年かかるがより軽い鉾質土壌や泥炭では初年目から高い畑作物収量があげられる ②田畑輪換を行なえば雑草は減少し、普通の田畑と同じ程度の草量に戻るには4~5年かかる ③水田に戻したときのイネの収量は著しく増大し、その効果は約3年続く ④輪換畑では耕盤がこわされ腐植層が厚くなり物理性はよくなるが、リン酸がアルミニウムと結びついて下層に流失するため、水田に戻したときにはリン酸質肥料を施用すること ⑤圃場の各区ごとに自由に灌排水ができる施設をつくる必要があることなどの諸点が明らかにされた。

第2期（1940年代なかば～1950年代）

第2期は太平洋戦争後の食糧増産時代の研究で、田畑輪換をイネの10a当たり収量の停滞性を打破する新らしい水田利用形態としてとらえ、全国的な規模で行なわれた。

山形農試庄内分場では、砂質秋落ち水田の生産力増強のために、1948年から14年間にわたって田畑輪換の研究を行った⁴⁴⁾。これは、連作田を標準にダイズイネ、パレイショイネの隔年輪換と、ダイズパレイショイネ、パレイショイネの3年畑輪換を比較し、収量や土壌の理化学性の変化を検討したものであった。その結果、①イネの収量や養分吸収量は、常に連作田より輪換田の方が多く、輪換田では多肥多収栽培が可能になる ②輪換畑土壌は水との親和性が小さくなり、水中沈定客積は小さく土壌がしまるとともに、団粒構造が発達する ③田畑輪換圃場は連作田より硫化水素の発生が少ない ④土壌の全窒素、全炭素および乾土効果は、隔年輪換区でも減少し、3年畑輪換区ではさらに減少する ⑤輪換畑に適する作物は、ダイズ・パレイショイネ・コムギ・飼料カブなどであり、田畑輪換を行なうと1人当たり労働報酬はやや低くなるが、10a当たり粗収入は約30%増加する などを明らかにした。

関東東山農試では、鴻巣の沖積半湿田と現地において1948年から1957年まで田畑輪換に関する研究を行なった^{63,70,71,72,73,74,75)}。これは畑期間中の作物の生育の変化をみるとともに、前作物のちがいと畑期間の長短が輪換田のイネの生育に及ぼす影響、田畑輪換による雑草の変化、輪換畑の土壌の変化などから水稲の増収原因を究明したものである。その結果、①3連作までで収量低下が著しい畑作物はダイズとソラマメ、収量がやや低下するものはオオムギ・コムギ、収量変化が少ないものはサツマイモ・ナタネで、マメ科とナタネの後作畑作物は増収する ②輪換畑の夏雑草は、1～2年目は普通畑より少なく3年目にはほぼ同程度になるが、冬雑草は3年目でも少なく、輪換田の雑草も連作田に比べ著しく少なく、畑期間が長いほどその傾向が強まる ③輪換田では湛水直後のNH₄⁺-Nの供給量が多く、Ehは中～後期に高く新

根の発生量が多いため、穂数・1穂粒数・千粒重の増加により増収し、とくに畑期間が長く堆肥を増施した区ほど顕著に増収するなどの諸点が明らかにされた。

奈良農試でも排水良好な第4紀新層壤土水田で、コムギ・サツマイモ・キャベツ・スイカ・青刈トウモロコシなど26作物を用いた田畑輪換の研究を1948年から1955年まで行ない⁴³⁾、その結果、①冬作物ではインゲン・ソラマメ・青刈エンバクは輪換畑の方が高収で、タマネギ・キャベツ・ナタネは差がなく、ハダカムギ・コムギは水田裏作の方が高収になる ②畑期間中の地力は、堆肥施用総量が多く作付回数が少ない体系ほど高くなり、輪換田裏作コムギの収量は5年目まで連作田裏作コムギより高く、イネの収量は北海道農試・山形農試・農事試の結果と同じく3年目まで連作田より高くなる ③秋落ち地帯で田畑輪換を行なうと、イネの草丈は伸び莖数も増加し、籾ノわら比も高く増収するが、この効果は畑期間が長いほど強くあらわれ、2年畑後の水田でもほぼ非秋落ち田の収量まで高まること、などが明らかにされた。

この時期の研究は、沢村ら⁶⁰⁾がまとめている。

第3期（1960年代）

1960年代に入ると多目的ダムの建設に伴い、田畑輪換方式による開発が静岡県三方ヶ原、埼玉県荒川中部榑引原、群馬県の鐮川地区や赤城榛名、岩手県のと賀中部、栃木県那須野ヶ原などで計画された。これは水のない洪積台地で国民の食生活の多様化に対応した田畑輪換を行なおうとするもので、研究の方向は、これまでの主穀類による輪換から畜産物生産のための飼料作物や、野菜類を導入した田畑輪換に向けられた。

この中で、①畑地化すると一般に腐植化が進むが、牧草類を栽培すると刈取残量が多くその95%が作土の表層15cm以内に存在し、これが新しい有機物資源になるため全炭素含量は下層土まで増加し、水田に戻したときの窒素の過剰発生やイネの赤枯れの原因になる^{12,59,77)}

②こうした影響は輪換田2年目以降はしだいに消失する^{59,77)}

③野菜類を栽培すると、禾穀類や牧草に比べ堆肥の施用量が多いにもかかわらず作土の全炭素・全窒素・乾土効果の減少が目立ち⁸⁾、このため跡作水稲の収量は

連作田よりは高いものの、禾穀類や牧草跡に比べ低くなる⁴⁷⁾ ④野菜類では3連作すると病虫害が増え、収量はやや低下するため畑2年水田2年の田畑輪換が望ましい⁶⁴⁾ ⑤牧草では夏枯れが発生するため、やはり畑2年が望ましい³¹⁾ ⑥輪換畑では耕盤の存在により早湿害が起こるが、この防止には土壌を深耕することがよい^{78,79)} ⑦輪換田の用水量は10a当たり2,000~2,670m³、日減水深は22~30mmで、連作田より50~80%増加し^{59,64)}、代かきが不十分であると漏水過多になる⁵⁶⁾などの諸点が明らかにされた。

さらに農事試、四国農試、石川農試などでは、飼料作物の導入の研究を行ない、①冬作物ではイタリアンライグラスが最も安定しており^{30,49,68,69)}、夏作物では牧草より長大作物がよい ②多量の残根による耕耘・整地の難渋化や水稻移植後の窒素飢餓、また土壌の強還元による障害は、水水前に反転耕を行ない風化を十分に進めたり^{40,76)}、マメ科牧草との混播や刈取後の石灰窒素と除草剤の散布によってさけられる⁴¹⁾などのことを明らかにした。

東海近畿農試では、水田における野菜生産が多いという地域の特徴を反映し「水田環境下における導入作物の生産安定に関する研究」を行ない、①野菜類の生育・収量に大きな影響力を持つ要因は、地下水位と土壌酸素の濃度であり^{20,21,27,28)} ②施肥窒素の2分の1近くを有機質肥料で施すと、この施肥残効に原因する土壌有効窒素は跡作水稻の幼穂形成期以後により多く放出されかつ吸収されるため、遅できや過繁茂、倒伏によるイネの減収につながる^{7,80)} ③野菜類の土壌病菌は、水田に戻しても4か月程度の湛水では発病率が減じるまでには至らない³³⁾などのことを明らかにした。

このように幾多の研究成果を生み出したにもかかわらず、畑作物の収益性はイネに比べて低いことや生産基盤の整備に資金が必要なことなどのために、田畑輪換は一部の地方を除いて農家技術として定着化することなく水田稲作という伝統的営農に吸収されていった。

第4期(1970年代以降)

米の需要は1962年(昭和37年)の1人当たり米消費量

年118kgをピークに減少の一途をたどり、1967年(昭和42年)の大豊作によって表面化した米過剰問題を契機に、1970年(昭和45年)以降水田転作が奨励されるようになった。

この時代の研究は、これまでの栽培学的土壌学的研究成果を基礎に、過去の技術の見なおしと生産基盤条件の整備、および大型機械利用による水田の畑利用の規模拡大や集団化、定着化⁴⁶⁾をめざしたものが多くことが特徴である。すなわち、1968年から3年間行なわれた農林水産省特別研究「重粘土地帯水田の土層改良と用排水組織に関する研究」⁴⁵⁾は、柵がら壁暗渠と弾丸暗渠の組み合わせによって、排水が悪い圃場でイネの安定多収省力栽培を可能にするとともに低湿地帯での田畑輪換栽培をも可能にする基盤造成技術を生み出した。秋田農試では、土木の工法や植生を利用することによって過湿重粘な八郎瀧ヘドロの効率的乾燥や地耐力強化と耕地化の促進を行ない²⁵⁾、また暗渠排水と地下水位制御により自由に畑にも水田にもしうる圃場を造成し、畑利用初期の土壌基盤のあり方や生産性について検討し²²⁾、①輪換畑初年目は地下水位を地表下60cm以下にさげ、心土破碎を行なうなど土壌の物理性を改善する技術を先行させなければならぬが ②2年目以後は堆肥や塩類を補給し、地下水位をあまり低下させない地力維持と養分溶脱防止策が必要になり ③こうした圃場では、ダイズ、ハクサイ、トマト、牧草類などの安定した高収が期待できることを示した。

現在、転作割り当て面積を消化することに行政指導の力点が置かれていることや田畑輪換を可能にする諸条件が未だ十分にはととのっていないことなどのために、多くの研究の方向性が水田の畑利用の面に限定されている。したがって、この時期の研究を概括することは別の機会に譲りたい。

本研究の位置

農林水産省が発表した米需要の長期見通しは、1990年(昭和65年)には1人当たり純食糧として年66~63kgにまで低下することを示しており、水田利用再編の動きは年々強まっている。こうした米過剰を長期的に解決し、

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

わが国の食糧生産を安定化するには、湛水・排水が自由にできる圃場を造成し、畑作物もイネと同様に経営の中の基幹作物として位置づけ、需要に応じて両作目の作付面積を田畑輪換方式の中で増減することが望ましいと考える。

田畑輪換栽培は、水田の排水と湛水を人為的に交互に繰り返すことによって土壤水分の自然な平衡状態を強く攪乱し、このときの土壤の理化学性・生物性の変化を土台に、放出される潜在的地力を有効に利用し、あるいは作物根の環境を改善して生産力を高める栽培法である。この方法を活用すれば、水田・畑の双方において最高の生産力を発揮させることも可能となる。しかし、このためには、導入作物の選定、地下水位の制御、すぐれた排水能力と湛水能力をあわせもつ圃場の造成法、輪換畑と輪換田を通じた有効な有機物の補給や土壤の養分状態に応じた施肥、田畑輪換の周期に対する配慮など、総合的な対策が必要になってくる。

しかし、これまでの研究には体系的技術化をめざしたものは少なく²²⁾、またその多くが地下水位の比較的低い水田や洪積台地上の水田などを対象にしたものであった。地下水位が高いために水田としてしか利用できなかった低湿地帯は北海道・関東東山・北陸地方では全水田面積の約40%を占めているにもかかわらず、こうした低湿水田における技術化を目標にした田畑輪換の研究は不十分であったと思われる。

そこで、全水田面積の3分の1近くを畑利用しなければならない情勢を背景に既往の研究上の諸成果の上に立ち、とくに低湿地帯の田畑輪換栽培について、技術確立を目標にして本研究は行われた。

2. 地下水位と作物の生育

生産物の品質・収量を考慮に入れて求めた各作物ごとの適地下水位範囲は、第7表のとおりである。

第7表 作物の適地下水位早見表

作物名	10 50 100cm			作物名	10 50 100cm		
	----- ----- -----				----- ----- -----		
サトイモ	----- ----- -----			スイカ	----- ----- -----		
シヨウガ	----- ----- -----			キュウリ	----- ----- -----		
ニンジン(春播き)	----- ----- -----			カボチ	----- ----- -----		
(夏播き)	----- ----- -----			ナス	----- ----- -----		
ニンニク	----- ----- -----			ピーマン	----- ----- -----		
タマネギ	----- ----- -----			トマト	----- ----- -----		
ヤマノイモ	----- ----- -----			アズキ	----- ----- -----		
ホウレンソウ	----- ----- -----			ラッカセイ	----- ----- -----		
シュンギク	----- ----- -----			ダイズ	----- ----- -----		
キャベツ(夏播き冬どり)	----- ----- -----			ソバ	----- ----- -----		
(極早生晩播)	----- ----- -----			サツマイモ	----- ----- -----		
ハクサイ	----- ----- -----			秋播き小麦	----- ----- -----		
レタス	----- ----- -----			秋播き六条大麦	----- ----- -----		
ハナヤサイ	----- ----- -----			秋播き二条大麦	----- ----- -----		
ブロッコリ	----- ----- -----			飼料用	----- ----- -----		
スイートコーン	----- ----- -----			夏播き六条大麦	----- ----- -----		
インゲンマメ	----- ----- -----			夏播き二条大麦	----- ----- -----		
				グレインソルガム	----- ----- -----		

低湿地帯の輪換畑には不適

4月はじめ以後の地下水位

同
同

供試した32作物を地下水位に対する適性でわけると、およそつぎのようになる。

(1) 地下水位約20cmでも正常に生育するもの……サトイモ；しかし、高地下水位で栽培したものは貯蔵性がわるい。

(2) 地下水位が地表面下30cmにさがれば正常に生育するもの；このグループは30cm未満でもよいもの（ショウガ・スイートコーン・ナス・秋播きコムギ）と、30cm以下がよいもの（ニンニク・レタス・ハクサイ・インゲンマメ・スイカ・キュウリ・カボチャ・ピーマン・トマト・ダイズ）の2群に細分できる。

(3) 地下水位約40cm以下で正常に生育するもの；短根ニンジン・タマネギ・ヤマノイモ・シュンギク・キャベツ・ブロッコリ・ラッカセイ・ソバ

(4) 地下水位が50～60cm以下にさがらないと正常に生育しないもの；夏播き短根ニンジン・ホウレンソウ・ハナヤサイ・サツマイモ・秋播き二条オオムギ・秋播き六条オオムギ・グレイソルガム

(5) 低湿地帯の輪換畑には不適当なもの；アズキ・

夏播き六条飼料オオムギ・夏播き二条飼料オオムギ

以上の5群にわけることができる。

橋爪ら⁶⁾は、火山灰の混入する中粗粒グライ土水田に傾斜畑（勾配20分の1、高さ1m）を造成し、各種の野菜を栽培して地下水位に対する反応を調べ、つぎの4つのグループに分けた。①地下水位20～30cmが適する作物はサトイモ・ショウガ・キュウリ ②地下水位20cm以下がよく、地下水位による影響を受けにくい作物はナス・ヤマノイモ・ダイズ・トウモロコシ・ニンニク ③地下水位30cm以下がよく、地下水位が高いと生育がやや不良になる作物はラッカセイ・ピーマン・コカブ・カボチャ・オクラ・アズキ・シロウリ・イチゴ・キャベツ・ハクサイ ④高い地下水位では生育が劣る作物はシュンギク・ハナヤサイ・ジャガイモ・タマネギ・インゲン・ネギ・サツマイモ・ホウレンソウ・ニンジン・スイカ

そこで、本試験と品種・作型がともに同じ10の作物について、本試験と同じタイプの折れ線モデルをあてはめて比較したところ、第8表に示すように類似した結果を得た。

表8表 本試験の結果と橋爪らの試験結果の比較

作物名	特性値	あてはめた折れ線のタイプ*	折れ点の地下水位(cm)		偏差	
			(A) 本試験	(B) 橋爪らの結果	A	B
サトイモ	子芋総収量	6	23.7 と 56.1	27.7 と 53.0	4.0	3.1
ショウガ	塊茎重	4	22.6 と 45.7	24.3 と 46.3	1.7	0.6
ニンニク	球重	2	29.0	30.3	1.3	
タマネギ	球重	2	42.1	43.5	1.4	
ヤマノイモ	担根体重	3	37.4	36.5	0.9	
ホウレンソウ	1株全重	2	56.1	56.5	0.4	
シュンギク	収量	2	44.0	44.1	0.1	
ハナヤサイ	花蕾重	2	70.1	68.3	1.8	
インゲンマメ	収量	6	28.1 と 85.1	29.6 と 82.3	1.5	2.8
ラッカセイ	上莢重	2	30.1	29.7	0.4	

* 第2図参照

すなわち、収量水準や折れ線モデルのあてはまりのよさ（寄与率）には違いがあるが、収量など解析が必要な特性値の変化傾向が変わる点（折れ点）の座標は、最大4cmのちがいしかなかった。

このほかにも、タマネギは地下水位40～60cm以下がよ

く³⁴⁾、ダイズは30～40cm以下がよく^{4,83)}、青刈ソルゴーは50cm以下がよい^{81,82)}とした過去の知見や阿部らの結果¹⁾と比べて、大きく異なる点は認められない。

今までの知見とやや異なる変化を示したのはコムギで、入沢は生育初期から地下水位を一定に保った場合、地下

水位20cmでは初期から生育が悪く、30cmでは茎数が少なく、40cmでは穂数と千粒重が減少するため、地下水位が低いほどコムギの収量は高く、約40cm以下でないとい定にならないことをみた¹⁷⁾。このときの穂数の増加率は地下水位が1cmさがることに約10本と大きく、本試験のそれは約5.5本と小さかった。この差異は、本試験の場合ほとんど等しい生育をしているコムギに対し4月初旬より地下水位処理を行なったために起きたものと思われ、この穂数増加率のちがいが収量からみた適地下水位範囲の差になってあらわれたものと思われる。

畑作物の収量は、化学的性質が同じと思える土壤に栽培しても、肥培管理によって生じる作土の厚さ・透水性・

保水性などのちがいによって異なるので、本試験の結果は、ごく標準的な管理のもとではほぼ全生育期間を通して（秋播きコムギとオオムギを除く）地下水位の変動が小さい場合の生育反応と理解すべきであることはいうまでもない。しかし、橋爪らの試験結果とよく類似していたことは、本試験で明らかにした地下水位と作物の生育・収量の関係は土壤条件などが異なってもあてはまりうることを示していると思える。

3. 土壤水分吸引圧と作物の生育

本試験の結果をもとに、各作物の生育に適した土壤水分吸引圧を推定し、第9表に示した。

第9表 作物の適pF（作土5～10cm層）の早見表

作物名	pF			作物名	pF		
	1.0	2.0	2.6		1.0	2.0	2.6
サトイモ	●	—	—	スイカ	—	—	—
ショウガ	●	—	—	キュウリ	—	—	—
ニンジン(春播き)	—	—	●	カボチ	—	—	—
(夏播き)	—	—	—	ナス	—	—	—
ニンニク	—	—	—	ピーマン	—	—	—
タマネギ	—	—	—	トマト	—	—	—
ヤマノイモ	—	—	—	ダイズ	—	—	—
ホウレンソウ	—	—	—	ソバ	—	—	—
シュンギク	—	—	—	ヤマノイモ	—	—	—
キャベツ(夏播き冬どり)	—	—	—	秋播き小麦	—	—	—
(極早生晩播)	—	—	—	秋播き六条大麦	—	—	—
ハクサイ	—	—	—	秋播き二条大麦	—	—	—
レタス	—	—	—	飼料用	—	—	—
ハナヤサイ	—	—	—	夏播き六条大麦	—	—	—
ブロッコリ	—	—	—	夏播き二条大麦	—	—	—
スイートコーン	—	—	—	グレインソルガム	—	—	—
インゲンマメ	—	—	—				

供試した作物をpFに対する適性でわけると、およそつぎのようになる。

(1) 土壤水分吸引圧が常時pF1.5より多水分であってもほぼ正常に生育するもの；サトイモ・ショウガ・スイートコーン・ナス・秋播きコムギ

(2) pF1.5付近が多水分の限界になるもの；ニンニク・レタス・インゲンマメ・スイカ・キュウリ・カボチヤ・ピーマン・トマト・ダイズ・ハクサイ・キャベツ・ソバ・ヤマノイモ

(3) pF2.0付近が多水分の限界になるもの；タマネ

ギ・シュンギク・ブロッコリ・ラッカセイ・春播きニンジン

(4) pF 2.3~2.5が多水分の限界になるもの；夏播きニンジン・ハウレンソウ・ハナヤサイ・サツマイモ・秋播き二条オオムギ・秋播き六条オオムギ・グレインソルガム・夏播き飼料用二条オオムギ・夏播き飼料六条オオムギ

以上の4群にわけることができる。

野菜類は種類が多く、食用部分也多岐にわたっているため、水分管理の試験は個々の作物について数多く行なわれてきた。しかしそれらは、収量向上のために主として土壌水分の乾燥限界を明らかにしたもので、pF 1.5を湿潤限界として乾燥限界の差からかん水量を求めたものが多く²³⁾、本試験のように多湿限界をみつかったものは

少ない。

本試験に供試した作物のかん水点、サトイモでpF 1.5²⁶⁾あるいはpF 2.0~2.3²³⁾、ナスでpF 2.0以下³⁾あるいはpF 2.3~2.5¹⁶⁾、レタスでpF 1.5~2.0⁶⁶⁾あるいはpF 2.0~2.3²³⁾、キュウリのハウス栽培でpF 1.4~2.7^{24,39)}、露地栽培でpF 2.3~2.5¹⁶⁾あるいはpF 1.3~1.7^{35,50)}、トマトでpF 1.5~1.7^{36,51)}、ニンジンでpF 3.0²³⁾がよいとされている。これと本試験の結果を比較すると、pFが低い高水分条件下を多湿限界とする作物はおおむねかん水を開始するpFも低く、類似した点も認められる。

4. 土壌の気相率と作物の生育

本試験で推定した各作物の生育に適した気相率を第10表に示した。

第10表 作物の適気相率早見表

作物名	%						作物名	%					
	5	10	15	20	25	30		5	10	15	20	25	30
サトイモ	○-----○-----						スイカ	○-----○-----					
ショウガ	○-----○-----						キュウリ	○-----○-----					
ニンジン(春播き)	○-----○-----						カボチャ	○-----○-----					
(夏播き)	○-----○-----						ナス	○-----○-----					
ニンニク	○-----○-----						ピーマン	○-----○-----					
タマネギ	○-----○-----						トマト	○-----○-----					
ヤマイモ	○-----○-----						アズキ	推定不能					
ハウレンソウ	○-----○-----						ラッカセイ	○-----○-----					
シュンギク	○-----○-----						ダイズ	○-----○-----					
キャベツ(夏播き冬どり)	○-----○-----						ソバ	○-----○-----					
(極早生晩播)	○-----○-----						サツマイモ	○-----○-----					
ハクサイ	○-----○-----						秋播き小麦	○-----○-----					
レタス	○-----○-----						秋播き六条大麦	○-----○-----					
ハナヤサイ	○-----○-----						秋播き二条大麦	○-----○-----					
ブロッコリ	○-----○-----						飼料用	○-----○-----					
スイートコーン	○-----○-----						夏播き六条大麦	○-----○-----					
インゲンマン	○-----○-----						夏播き二条大麦	○-----○-----					
							グレインソルガム	○-----○-----					

注) ———は作土 2.5~7.5 cm層の気相率 ○-----は10~15cm層のそれを示す

作土10~15cm層の気相率に対する適性で分けると、およそつぎのようになる。

(1) 気相率5%未満で正常に生育する作物はなく、

約5%が最少限界になるもの=作土 2.5~7.5 cm層の気相率約15%が限界になるもの；サトイモ・ショウガ

(2) 気相率約11%が最少限界になるもの；これは作

土 2.5 ~ 7.5 cm 層の気相率でさらに 3 群に細分できる。

① 作土 2.5 ~ 7.5 cm 層の気相率約 18% が最少限界になるもの；スイートコーン・ナス・秋播きコムギ

② 作土 2.5 ~ 7.5 cm 層の気相率約 21% が最少限界になるもの；ニンニク・レタス・ハクサイ・スイカ・キュウリ・カボチャ・ピーマン・トマト・ダイズ・インゲンマメ

③ 作土 2.5 ~ 7.5 cm 層の気相率 24% が最少限界になるもの；ヤマノイモ・キャベツ・ソバ

(3) 気相率約 15% が最少限界になるもの = 作土 2.5 ~ 7.5 cm 層の気相率約 27% が最少限界になるもの；春播きニンジン・タマネギ・シュンギク・ブロッコリ・ラッカセイ

(4) 気相率 21% 以上を必要とするもの = 作土 2.5 ~ 7.5 cm 層の気相率約 30% を必要とするもの；夏播きニンジン・ハウレンソウ・ハナヤサイ・サツマイモ・秋播き二条オオムギ・秋播き六条オオムギ・グレンソルガム
以上の 4 群に分けられる。

白石⁶²⁾は、土壌の気相率が 11% 以下になると通気性が制限され土壌の空気組成は低酸素型に傾きはじめ、5% 以下に低下すると酸素濃度 10% 以下・炭酸ガス濃度 10% 以上という極端な低酸素—高炭酸ガス組成になることを示した。本試験の供試作物のうち、上述の(1)群および(2)群に属する作物は、低酸素型空気組成に比較的耐えらるるといえる。籠橋ら²¹⁾は、野菜を土耕し通気によって土壌酸素濃度を変えた結果から、供試野菜を酸素不足に対して強い作物（レタス・キャベツ・トマト・ナス・キュウリ）と、概して酸素不足に耐える力が弱い作物（サツマイモ・ハウレンソウなど）、および酸素不足に耐えない作物（ハナヤサイ・ニンジン・ピーマンなど）の 3 群にわけた。本試験の結果は、ピーマンを除いてこれとよく一致している。

森ら³⁸⁾は土壌の気相率と根の伸長を調査し、最も空気を多く必要とするのはキャベツの 24% で、カブ・コモンベッチ・キュウリ・オオムギ・コムギがこれにつぐ 20% が必要で、エンパク・ソルゴーは 15%、イタリアンライグラス・イネは 10% でもよいとし、本試験の結果とは異

なる結果を示している。このちがいは、氏らが播種後 7 ~ 10 日の根長を調べ、気相率が生育極初期の根の伸長に及ぼす影響に限定したために起きたものと思われる。

但野ら⁶⁷⁾は、シュンギク・キュウリなど 17 作物について、普通畑と水分飽和状態の過湿圃場における乾物生産量の比から、アブラナ科葉菜類やナス科ウリ科の果菜類は耐湿性が乏しいとし、森らの結果に近い結論を得ている。土壌中の酸素濃度が一定でも、根への酸素供給量は根径や水膜の厚さで異なり、pF 値が低くなると水膜の厚さはそれに反比例して増大し²⁹⁾、水膜が厚くなると根表面の酸素濃度は逆対数的に減少する³⁶⁾ので、但野らの行なった水分飽和状態（本試験の地下水位 0 cm に相当する）では根への酸素供給は処理開始後まもなく極めて小さくなると考えられる。したがって、氏らの結果は農作物としての耐湿性をみたのではなく、植物としての耐湿性それも極端な酸素不足に対する耐性の種間差をみたものと理解すべきであろう。

5. 地下水位と土壌養分の動き

本試験を行なった傾斜畑は、野菜類を 6 年間栽培し消石灰を年間 15 ~ 20 kg/a 施用し続けたため、CaO は 314 ~ 477 mg/100 g に達し（CEC は 11.0 me であり石灰飽和度は 100 ~ 152 %）、石灰過剰になっていた。

水田を畑化すると土壌の全炭素・全窒素・石灰・苦土が減少することはすでに知られており^{44, 47)}、本試験の結果はこれらと一致した。本試験により、全炭素や全窒素の減少はある特定の乾燥条件によって起るのではなく、湛水条件から地下水位を変化させることで得られる作土の乾燥程度に応じて連続的に減少することが判明した。

土壌養分の含有量は、施肥量や作物体の吸収量によって大きく異なる。著者の分析によれば、収穫期まで生存した作物体の無機養分濃度には地下水位による差は認められず、養分吸収量のちがいは a 当たり乾物重のちがいに依存し、コムギの N の吸収量は 0.69 ~ 1.12 (平均 0.93) kg/a、CaO は 0.09 ~ 0.136 (平均 0.124) kg/a、MgO は 0.12 ~ 0.159 (平均 0.144) kg/a、K₂O は 0.11 ~ 0.151 (平均 0.14) kg/a であった。これらの吸収量は既往の結果^{5, 57, 58)}と一致しており、したがって収量がほぼ一定にな

る地下水位の範囲内での土壌養分含有量の差は、地下水位のちがいで生じたものといえるし、施肥量が異なる3作物の比較であるにもかかわらず地下水位による変化のしかたが各養分でそれぞれ共通していたことは、この動態が地下水位のちがいで生じたものであることを示唆しているといえよう。

地下水による作土層への水分供給は、 H_2O60cm 以下という低水分張力下では定常流をなしているという⁸⁴⁾が、これは地下水位が地表下30~50cmに存在していることに相当する。全窒素・石灰・苦土ともに地下水位による変化傾向が異なると思われる地点の地下水位がちょうどこの範囲内に存在し、また全窒素も地下水位がこの範囲内であればそれ以下になるときより減少が緩やかになる場合が多かったことは興味深い。

硝化作用は作土の気相率によって異なり、10~12%以下になると硝化作用は抑制され、鉍質土壌(孔隙率50.4%)で硝化作用が良好に行なわれる気相率は10~30%とされている¹⁰⁾。本傾斜畑では、地下水位約15~20cmのとき作土2.5~7.5cm層の気相率が約10%になるが、この水位の場合、作土中の硝酸態窒素含有量は作物収穫後でも低かった。

本試験で得られた土壌養分の動きを要素ごとにまとめると、およそつぎのようになる。

(1) 栽培時期・施肥量・マルチの有無にかかわらず、地下水位が低下するとともに作土中の含有量が減少するもの；全炭素

(2) 地下水位が低下するとともに含有量が減少するが、マルチの被覆が強く影響し、栽培時期の影響もうけるもの；全窒素・石灰・苦土

このうち石灰と作土15~20cm層の全窒素は、冬作では地下水位約30~50cmまではあまり減少せず、それを超えると地下水位がさがるとともに減少する。一方夏作では、地下水位の低下に伴い直線的に減少する。

苦土は5月末まで地下水位が下がると緩やかに減少するが、7~11月の間は急激に減少し35~55cm以下になるとほぼ一定になる。

これら3者はいずれも、マルチ被覆下では地下水位が

30~50cmになる作土層に集積する傾向を示す。

(3) 栽培時期・施肥量・マルチの有無にかかわらず、地下水位が低下すると逆に増加するもの；カリ

(4) 栽培期間中は地下水位による変化が小さいが、収穫後の跡地では地下水位が低いところほど含有量が増加するもの；硝酸態窒素

6. ま と め

水田・畑の区別は、水を媒体とする土壌の物理性・化学性の自然的安定状態を区分する概念である。低湿地帯で田畑輪換を行なうには、まず表面水を排除し地下水位をさげなければならないが、地下水位を下げると土壌の理化学性はその低下程度に応じて連続的に変化し、やがてその環境条件下での安定状態に達しそれなりの生産力を維持することになる。

高い生産力を保つためには、土壌の不必要な変化を最少限におさえ、有機物の補給や施肥を合理的に行なうなど、作物の生育に適した土壌の理化学性・生物性を人為的につくりだす必要がある。ここで見逃してはならないのが地下水位管理であろう。地下水位は、さげすぎるとネコブセンチュウなどが増加しやすくなり¹⁸⁾、作土は乾燥し土壌有機物の分解は早まり塩基は溶脱しやすくなるので、低湿地帯の輪換畑では、畑作物の生育に適し、土壌の物理性改善に役立ち、有機物の分解や石灰・苦土の減少をおさえ、有害微生物などを少なくするように地下水位を保持しなければならない。

本報で明らかなように、作物の生育からみた地下水位は地表下50cmが望ましく、そのときのpFは作土5~10cm層で約2.2と多くの作物にとって好適な範囲にあり、気相率は2.5~7.5cm層で26%、10~15cm層で19%で(供試土壌の固相率は43%であるから気相率と液相率の比は2.5~7.5cm層で約1:1、10~15cm層で1:2になる)これも畑作物にとっての好適範囲(三相分布50:25:25)に近いものであった。また、地下水位が地表下100cmのときの0cmに対する土壌養分減少率を100として地表下50cmのところの減少率をあらわすと、全炭素が約50、全窒素が約20~50、石灰が0~50、苦土が約50~100で、いずれもかなり小さくなった。

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

したがって、水田を畑利用する場合の地下水位は、地表下50cmに保持することが適当と考える。

謝 辞

茨城県農業試験場作業技術部長 岡野博文氏には本試験の一部を分担していただき、竜ヶ崎試験地の作業員と臨時職員の方々には傾斜畑の造成から作物栽培までを手助けしていただいた。また、結果の解析にあたって、農林水産省農業技術研究所 物理統計部調査科長 堀江正樹博士には有力な助言をいただき、同 試験設計研究室長 大塚雅雄氏には折れ線モデルの解析プログラムを心よく提供していただいた。農業研究センタープロジェクト研究第1チーム長 高橋均博士には貴重な資料の提供とはげましをいただいた。そして、茨城県農業試験場長 石川昌男博士と、東京大学農学部教授 岩田正利博士には御校閲の労を賜った。記して深甚の謝意を表するしだいである。

V 摘 要

(1) 陸田をブルトーザで転圧し不透水層を作った上に中粗粒質土壌を10分の1勾配に盛り、その周囲に明渠をめぐらし、これに湛水することにより水平な地下水位面を作成し傾斜畑の位置で地下水位からの距離が変わるようにした。

この傾斜畑に野菜類23種類(サトイモ・ショウガ・春播きニンジン・夏播きニンジン・ニンニク・タマネギ・ヤマノイモ・ホウレンソウ・シュンギク・夏播き冬どりキャベツ・極早生夏播きキャベツ・ハクサイ・レタス・ハナヤサイ・ブロッコリ・スイカ・キュウリ・カボチャ・ナス・ピーマン・トマト・スイートコーン・インゲンマメ)と普通作物8種類(アズキ・ラッカセイ・ダイズ・ソバ・サツマイモ・コムギ・六条オオムギ・二条オオムギ)、飼料作物3種類(飼料用夏播き六条オオムギ・飼料用夏播き二条オオムギ・グレンソルガム)を栽培し、地下水位による生育・収量の変化、作土の水分吸引圧、気相率および土壌養分(全炭素・全窒素・硝酸態窒素・CaO・MgO・K₂O)の変化を調査し、折れ線モデルを用いて変化傾向

が変わる地下水位を計算し、地下水位の影響を解析した。

(2) 地下水位と作物の生育の関係はつぎのとおりであった。

① 地下水位20cm前後でも正常な生育をする作物は、サトイモだけであったが、高地下水位で栽培したサトイモは貯蔵性が低かった。

② 地下水位が30cmにさがると正常に生育する作物は多く、ショウガ・ニンニク・レタス・ハクサイ・スイカ・キュウリ・カボチャ・ナス・ピーマン・トマト・スイートコーン・インゲンマメ・ダイズがこのグループに含まれた。

これらのうちショウガは地下水位40cm以内で黄化症が発生しやすく、レタスは地下水位が60cm以下になると結球重の個体変動が大きく、トマトも60cm以下にさがると尻腐れ果が増加し、キュウリは60cm以下にインゲンマメは80cm以下になると後期収量が低下した。スイカは地下水位が80cm以下にさがると果実がやや小型になった。ピーマンは地下水位の高低にかかわらず疫病にかかりやすかった。カボチャは地下水位40cm以内では果実が接地する部分にイボ状の突起を生じたが、ワラを敷くことで防止できた。

③ 地下水位が40cmにさがると、春播き短根ニンジン・タマネギ・ヤマノイモ・シュンギク・キャベツ・ブロッコリ・ラッカセイ・ソバが正常な生育をした。

これらのうち、極早生キャベツの晩播栽培は地下水位35—55cmが適し、60cm以下にさがると球径がやや小さくなったが、夏播き冬どりキャベツではそうした傾向は認められなかった。ブロッコリは地下水位が70cm以下にさがると花蕾重の変動が大きくなった。

④ 地下水位が60cm前後に低下すると、夏播き短根ニンジン・ホウレンソウ・ハナヤサイ・サツマイモ・グレンソルガムが正常に生育した。

これらのうち夏播き短根ニンジンは、地下水位がさがるとともに岐根が増加したが、60cm以下になると上物収量は一定になり根色がよくなった。グレンソルガムは地下水位が約30cmより低ければみかけ上の生育はよいが不稔粒が多く、子実重は60cm以下でないと一定にならな

った。

⑤ 秋播きムギ類は周辺水田の湛水による地下水位の上昇が低収の原因になることが多いので、4月初旬から地下水位処理をはじめた。コムギ・二条オオムギ・六条オオムギともに地下水位がさがるほど出穂期・成熟期が遅れ、60—70cm以下ではほぼ一定になった。穂数は地下水位がさがるとともにやや増加し、穂長も同様な傾向を示した。コムギは地下水位約25cm以下、二条オオムギでは約50cm以下、六条オオムギは約65cm以下が適すると思われた。

⑥ 夏播き飼料ムギは二条種が約80cm以下、六条種が90cm以下、アズキは1m以下が適することから、これらは低湿地帯の輪換畑には導入不適な作物とみなされた。

(3) 作土中の全炭素は地下水位がさがると連続的に減少した。全窒素と石灰はともによく似た行動をし、冬作で地下水位が比較的高いとあまり減少せず地下水位が30—50cm以下に低下すると減少が起り、夏作では地下水位の低下に伴ない減少した。苦土は冬作期間中の減少はゆるやかで夏作で急激に減少した。カリは地下水位がさがると逆に増加した。

(4) これらの結果を既往の研究成果と比較し、類似性を確認した上で、低湿水田を畑利用するときには、地下水位を地表下50cmに保つ基盤整備を行ない、個々の作物に適した範囲に制御することが望ましいことを明らかにした。

引用文献

1) 阿部盟夫・古野昭一郎・内田文雄. 1981. 火山灰水田における効率的な水利用に関する研究 第3報 転換畑における地下水位の高低と導入作物の生育について. 栃木農試研報. 27:29-40

2) BERGMAN, H. F. 1959. Oxygen deficiency as a cause of disease. *Batan. Rev.* 25: 417-485

3) 千葉農試北総営農技術指導所. 1975. ナスの越冬長期栽培に関する試験 かん水点と地中通気栽培に関する試験. 野菜試編. 昭和49年度野菜試験成績概要(関東東山): 61-62

4) 福井重郎・伊藤隆二・内山泰孝. 1951. 土壌水分

が大豆の生育並びに収量に及ぼす影響に就いて 第Ⅲ報 地下水位の高低が大豆の生育並びに収量に及ぼす影響. 関東東山農試研報. 1: 9-15

5) 岐阜農試. 1982. 転換畑の大豆一麦連作体系化における施肥法の確立—小麦の合理的施肥法—. 農研センター編. 昭和57年春季関東東山東海地域試験研究打合せ会議資料: 159-160

6) 橋爪厚・武市義雄・岡部達雄・田中喜市・木川義昭・勝木田博人・山岸淳・鶴岡正雄・鈴木幸三郎・飯島桂・青柳森一. 1975. 水田転換畑における導入作物の選定ならびに栽培に関する研究. 千葉農試特報. 6

7) 速水昭彦・松村安治. 1970. そ菜導入による高度利用水田の肥培管理に関する研究. 東近農試研報. 20: 254-319

8) 本谷耕一・高橋和夫・田代秀臣. 1965. 耕地の交互利用に関する研究. 東北農試研報. 31: 45-72

9) 茨城県農林水産部. 1979. やさい耕種基準

10) 井田明・森哲郎. 1969. 鉾質畑土壌における窒素の行動に関する研究 第1報 硝化作用に及ぼす土壌空気と土壌水分の影響. 東近農試研報. 19: 98-109

11) 池田利良・東駿次・川出武夫・西郷昭三郎. 1954. 麦類品種の耐湿性に関する研究 第1報 麦類品種の耐湿性検定法に関する研究. 東近農試研報. 1: 21-26

12) 今井栄一・館川洋・阿部貞尚. 1969. 浜通り低湿田地域における田畑転換に関する研究. 福島農試研報. 6: 17-55

13) 位田藤久太郎. 1953. 蔬菜の根の生理に関する研究 第1報 蔬菜の根の酸素要求に就いて. 園学雑. 21: 202-208

14) ————. 1953. ————. 第3報 茎葉の有無が根の酸素要求量に及ぼす影響について. 園学雑. 22: 24-27

15) ————. 1956. ————. 第4報 土壌空気の酸素濃度が果菜類の生育, 養分吸収に及ぼす影響. 園学雑. 25: 85-93

16) ————. 1963. 砂質土における土壌水分張力と果菜の生育. 農林水産技術会議事務局編. 畑かん研

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

究集録. VII: 167-169

17) 入沢周作・山根忠昭. 1968. 湿田の乾田化に関する研究 第2報 地下水位の高低と小麦の生育について. 中国農研. 13: 39-40

18) 石川元一. 1980. 水田転換畑における緑虫の発生変動とその被害. 埼玉農試研報. 36: 11-19

19) 石塚喜明・永澤悟・西潟高一. 1951. 田畑輪換栽培土壌の物理的及化学的性質に関する研究. 北海道米作研究会研報. 1: 135-161

20) 籠橋悟・川西英之・小島昌弘・東駿次・故松村安治. 1970. そ菜類の水田と畑における生育比較. 東近農試研報. 20: 1-14

21) ———— . 1970. 水田導入そ菜類の生育におよぼす土壌通気および土塊の大きさの影響に関する研究. 同誌. 20: 100-121

22) 鎌田金英治・田口喜久治・高橋栄治郎. 1974. パイプライン式圃場における転換作生産技術の確立—転換初期の基盤造成と作物生産性—. 秋田農試研報. 20: 23-59

23) 鴨田福也. 1973. 水分生理とかん水. 園芸学会編. 園芸学全編. 養賢堂. 390-396

24) 神奈川県試. 1980. キュウリ抑制・促成栽培の生産安定に関する試験 抑制キュウリのかん水管理. 野菜試編. 昭和55年野菜試験成績概要(関東東山). 99-100

25) 金子淳一. 1977. 八郎潟干拓地ヘドロにおける機械化適応性の向上と耕地化過程に関する研究. 秋田農試研報. 22: 63-148

26) 梶田貞義・小坪和男・幸田浩俊・黒沢晃. 1973. 陸田転換畑におけるそ菜導入に関する研究. 茨城農試研報. 13: 103-162

27) 川出武夫・小島昌弘・木下隆雄・穂積清之・東駿次. 1970. 土壌水分の差異とそ菜の生育に関する研究 第1報 土壌水分の差異が秋冬作そ菜の生育におよぼす影響. 東近農試研報. 20: 15-40

28) ———— ・木下隆雄・穂積清之・東駿次. 1970. ———— 第2報 土壌水分の差異が夏作果菜類の生育

および果実の生産におよぼす影響. 同誌. 20: 41-52

29) KEMPER. W. D., and J. B. ROLLINS. 1966. Osmotic efficiency coefficients across compacted clay: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30: 529-534

30) 小坪和男・丹野貢・橋元秀教. 1969. 牧草導入による水田高度利用に関する土壌肥料的な研究. 茨城農試研報. 10: 15-31

31) 古田土通・石川次郎. 1969. 那須ヶ原における田畑輪換に関する研究. 栃木農試研報. 13: 9-18

32) 小島睦男. 1979. 水田輪換畑における暖地型牧草の適草種の選定ならびにバルブパニックとイタリアンライグラスの連続栽培. 中国農試報. A 26: 15-24

33) 駒田旦・竹内昭士郎・藤井薄・井上義孝. 1970. そ菜類土壌病菌の水田土壌における生存. 東近農試研報. 20: 151-166

34) 小村定衛・上野良一. 1961. 地下水位の高低が玉葱の生育収量に及ぼす影響について(予報). 中国農試研. 23: 26-28

35) 此本晴夫・野中民雄・鈴木義彦・戸田敏郎. 1968. 砂栽培における果菜類(トマト・キュウリ)のかん水に関する研究. 静岡農試研報. 13: 97-103

36) KRISTENSEN. K. J., and E. R. LEMON. 1964. Soil aeration and plant root relations. III. Physical aspects of oxygen diffusion in the liquid phase of the soil. *Agron. J.* 56: 295-301

37) 森茂樹. 1974. 水田における各種野菜の畦の高さに対する反応について. 滋賀農試研報. 16: 152

38) 森哲郎・小川和夫. 1967. 土壌の物理的要因と作物の生育に関する研究 第1報 土壌の空気量. 硬度と作物の生育. 東近農試研報. 16: 77-103

39) 内藤文男. 1970. 施設栽培におけるかん水法の問題点. 農林水産技術会議事務局編. 第5回畑地かんがい研究会資料. 23-30

40) 西川光一. 1975. 北陸地域における田畑輪換に関する研究. 石川農試特研報. 1: 1-65

41) 西村修一・越智茂登一. 1962. イタリアンライグ

- ラスの暖地水田裏作導入に関する研究 IV 栽培あと地の耕耘困難の解決について、四国農試報、6:91-109
- 42) 西沢良一・中田均、1975、水田高度利用における湿害対策について、滋賀農試研報、17:43-54
- 43) 農林省農業改良局・奈良農試、1955、田畑輪換に関する試験成績、農業改良技術資料68 1-117
- 44) ———・山形農試、1955、田畑輪換に関する試験 第1報 水田及畑の交互転換に伴う水田の地力変化について
- 45) 農林水産技術会議事務局、1972、重粘土地帯水田の土層改良と用排水組織に関する研究、研究成果シリーズ、56
- 46) ———、1978、稲作転換推進対策試験、同誌、108
- 47) 小田切弘一・松下利定・長谷川徹・中村伴蔵、1962、火山灰土壌における田畑輪換に関する研究 第1報 輪換畑における作付様式の差異が水稻の生育・収量並びに地力に及ぼす影響、長野農試研究集報、5:154-161
- 48) 岡田大、1981、夏まき麦に発生した白絹病、今日の農業、25(9):16-19
- 49) 岡本恭二、1976、イタリアンライグラスとローズグラスの不耕起連続栽培の確立に関する研究、農事試研報、24:1-56
- 50) 沖森当・大友譲二・松田栄、1965、ハウスそ菜に対する湛水試験 第1報 土壌の水分張力とキュウリの生育収量について、農及園、40:1787-1788
- 51) ———・———・———、1967、———第2報 土壌水分張力とトマトの生育収量について、農及園、42:1421-1422
- 52) 奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉澤正、1971、多変量解析、日科技連、25-112
- 53) 大野猛郎・後藤恒夫、1964、田畑輪換の水管理に関する研究 第1報 地下水位と飼料作物の生育収量の関係、中国農研、31:1-2
- 54) 大塚雍雄、1978、折れ線モデルのあてはめ、農林研究計算センター報告、A 14:1-31
- 55) ———・吉原雅彦、1976、1ない2の折曲点を持つ折れ線モデルのあてはめ、応統、5:29-39
- 56) 埼玉農試、1968、荒川総合開発に伴う田畑輪換栽培に関する研究、埼玉農試研報、28:1-135
- 57) 埼玉農試、1980、水田裏作麦の施肥配分試験、農事試編、昭和55年春季関東東山東海地域試験研究打合せ会資料、53-54
- 58) ———、1981、———、同昭和56年春季関東東山東海地域試験研究打合せ会資料、53-54
- 59) 佐々木信夫・佐々木誠・千葉満男・伊原吉郎・鈴木泰輔・小原昇夫・高橋一夫・佐々木昭一郎・石母田清水・高野正幸・増戸靖久・尾田昭一、1969、牧草導入を伴う田畑輪換に関する総合研究、岩手農試研報、13:65-158
- 60) 沢村東平・井上実(編)、1960、日本農業分析資料5、田畑輪換の経営構造、農林水産生産性向上会議
- 61) 島内満男・大橋和平・佐藤吉秀・佐藤隆一、1951、北海道における田畑輪換栽培に関する研究、北海道米作研究会研報、1:1-73
- 62) 白石勝恵、1977、水田土壌の物理性が飼料作物の生育・収量におよぼす影響 第4報 作土の構造と地下水位の高低が土壌の通気と青刈ソルガムの生育におよぼす影響、九州農試報、9:113-131
- 63) 城下強・石居仁救男・高橋和夫・金子淳一、1963、田畑輪換に関する土壌肥料学的研究、関東東山農試研報16:50-96
- 64) 静岡農試三方原田畑輪換試験地、1966、三方原鉞質酸性土壌における田畑輪換栽培に関する実証的研究、静岡農試特報、8、1-155
- 65) STOLWIJK, J. A. G., and K. V. THIMANN, 1957, On the uptake of CO₂ and Bicarbonate by roots and its influence on growth, *Plant Physiol.* 32:513-520
- 66) 鈴木義彦・坂上朗・堀田柏、1971、野菜地土壌における土壌水分管理に関する研究 第1報 地下水位の高低が土壌中の養水分および作物の生育に及ぼす影響、静

野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究

岡農試研報. 16: 104 - 111

67) 但野利秋・切本清和・青山功・田中明. 1979. 比較植物栄養に関する研究 耐湿性の作物種間差. 土肥誌 50: 261 - 269

68) 高橋均. 1970. 水田の牧草栽培技術. 畜産コンサルタント. 72: 36 - 40

69) ———. 1971. 水田裏作イタリアンライグラスの省力栽培. 農及園. 46: 1285 - 1290

70) 高橋浩之・渋沢梅治郎・飯田克実. 1954. 田畑輪換に関する研究 第1報 輪換畑期間における作物の生育並びに収量. 関東東山農試研報.

71) ———. 1955. ——— 第2報 田畑輪換の雑草の変移. 同誌. 8: 14 - 46

72) ———. 1956. ——— 第3報 輪換水田期間に於ける水稻の生育並びに収量. 同誌. 9: 1 - 53

73) ———. 1963. ——— 第4報 田畑輪換栽培における土壌の理化学性の変化と各作物の生育・収量について. 同誌. 16: 1 - 14

74) ———. 1963. ——— 第5報 栃木県における田畑輪換栽培現地試験. 同誌. 16: 15 - 25

75) ———. 1963. ——— 第6報 施肥の差が田畑輪換の水稻に及ぼす影響 (ポット試験). 同誌. 16: 26 - 49

76) 谷口学・井上隆雄・朱宮昭男・福永雅一・江坂正二. 1975. 水田高度利用に関する研究 第2報 イタリアンライグラス跡の水稻栽培法. 愛知農総試研報. A 7: 1 - 12

77) 立谷寿雄・池田孝男・和田山利明・館川洋. 1967. 水田高度利用の土壌肥料に関する研究. 福島農試研報. 3: 27 - 46

78) 栃木農試. 1966. 水田高度利用について. 栃木農試業績報告. 2: 21 - 23

79) ———. 1966. 水田の高度利用 (田畑輪換と深耕) について. 栃木農試業績報告. 2: 27 - 30

80) 徳永美治・速水昭彦. 1972. そ菜あと水田土壌における施肥残効養分と作物に対する有効性. 東近農試研報. 24: 105 - 131

81) 上野義視・諸遊英行. 1971. 地下水位が飼料作物の生育に及ぼす影響—とくに土性との関連において—. 中国農研. 43: 27 - 28

82) ———. 1978. 青刈ソルガム2番草に対する地下水位の高低と湛水効果. 中国農試報. E 13: 89 - 105

83) ———. 1979. 大豆に対する地下水位の高低とかん水の効果. 近畿中国農研. 58: 42 - 46

84) 渡辺春朗. 1974. 地下水位一定条件下における土壌水分の運動. 土肥誌. 45: 253 - 258

85) 山崎伝. 1952. 畑作物の湿害に関する土壌化学的並に植物生理学的研究. 農技研報. B 1