

黒ボク土畑における陸稲干害に対する 不耕起栽培と深根化による軽減効果

辻 博之

北海道農業試験場 畑作研究センター

要旨：黒ボク土畑における不耕起栽培と深根化による陸稲の干害軽減効果について検討した。1996年と1997年に茨城県つくば市の淡色黒ボク土の普通畑に、ロータリ耕（深さ15cm）区および不耕起区、灌水区および無灌水区を設けて陸稲（品種：ハタキヌモチ；1996年のみ栽培，ユメノハタモチ；1996, 1997 両年とも栽培）を栽培した。播種日は、1996年は5月17日，1997年は5月16日と5月19日の2回とした。両年ともに8月の降水量が少なく無灌水区では干ばつに遭遇した。不耕起区ではロータリ耕区に比べて、陸稲の初期生育が旺盛となり、出穂が早期化し、深さ0~20cmおよび30cmより深層の根長密度が増加し、灌水区においては精初重が有意に増加した。干ばつが比較的軽度な時期において、陸稲に消費された水分は深根性品種のユメノハタモチおよび不耕起区で増加したと考えられ、それが陸稲の生育を旺盛にしたものと推察された。しかし、葉の著しい萎ちょうは耕起法および品種にかかわらず同時期に観察され、その時期より出穂が遅れるほど、灌水区に対する無灌水区の相対収量が低下する傾向が示された。以上より、陸稲の干害回避と軽減には出穂の早期化がより直接的に有効であり、不耕起栽培および深根化等による土壤水分供給の増加は出穂を比較的早めて干害を回避させる場合があるが、強度の乾燥ストレス遭遇後に出穂した陸稲に対する干害軽減効果は小さいと判断された。

キーワード：収量，深根，不耕起，水ストレス，陸稲

緒言

陸稲は干害を受けやすい作物であり、その危険期は出穂前とされている(長谷川, 1960)。干害回避には梅雨明けから出穂期までの間に陸稲が消費する水分を少なくするか、その間に獲得できる水の量を多くすることが有効であると考えられる。これまでの干害回避栽培法は、主に前者の考え方に立ち、早期栽培、薄播き栽培、早生品種であるトヨハタモチの導入等により、生育を適度に抑え、出穂を早めることにより出穂前の水分消費を少なくしてきた(阿部ら, 1999)。一方、育種や栽培法により深根性を実現することも、干害軽減・回避に有効と考えられており(近藤ら, 1999, 平山ら, 1995)、この考え方から深根性品種のユメノハタモチが育成された。ところで、筆者は関東地方の黒ボク土畑において、1990, 1992年の干ばつ年に陸稲を不耕起栽培したところ、ロータリ耕栽培に比べて干害が比較的小さく、それは不耕起畑に

おける有効土壤水分の増加と出穂時期早期化により、出穂前に獲得可能な水分の増加が消費の増加を上回ったためであると報告した(辻ら, 2000)。本報では、そこで観察された不耕起栽培による深層の根量増加が干害回避にどのような影響を及ぼしたのかについて、土壤水分の消費、出穂時期とともに根の深さについて検討し、深層の根が干害軽減に有効となる条件について若干の考察を試みた。

材料と方法

試験は農業研究センター(茨城県つくば市)内の淡色黒ボク土の普通畑において1996年と1997年に実施した。試験前年の1995年と1996年の10月にプラウを用いて深さ25cm程度の反転耕を行い、整地後ライ麦を播種して、翌年4月に地上部を刈取り外部に持ち出し、跡地に不耕起1作目となる不耕起区とロータリ耕区を設けて陸稲を栽培した。不耕起区には50cm間隔で

播種溝を作る以外の耕起を行わず、ロータリ耕区は深さ 15cm のロータリ耕を 2 回行った後、不耕起区と同様の播種溝を成型した。供試品種は 1996 年がハタキヌモチとユメノハタモチ、1997 年がユメノハタモチである。播種日は 1996 年は 5 月 17 日とし、1997 年は 5 月 16 日と 5 月 19 日とした。また、1996 年と 1997 年 5 月 19 日播種では両耕起畑の一部に灌水区を設けた。灌水の時期は 1996 が 7 月 26 日から、1997 年は 8 月 7 日からいずれもロータリ耕区の出穂期までとし、この間の総灌水量はそれぞれ 110mm, 200mm の降雨相当量とした。その他の栽培方法は第 1 表に示したとおりである。試験規模は 1996 年が 1 区面積 14 m² で 3 反復、1997 年の 5 月 16 日播種が 1 区面積 10.5 m² で 2 反復、5 月 19 日播種が 31.5 m² で 2 反復とした。根系調査は出穂期にコアサンプリング法で実施した。根のサンプリングには内径 4.3cm のパイプを用い、10cm づつ深さ 50cm までの根を土と共に採取した。サンプリングの位置は畦からそれと直角な方向に 5cm, 15cm, 25cm 離れた地点とし、それを 1 区あたりそれぞれ 3 組、計 9 地点の土壌を採取した。16mesh の篩い上で根を洗浄した後、長さをルートスキャナ(comair 製)で測定し根長密度と根の深さ指数(小柳, 1998)を求めた。収量調査は各区 3 m² づつ行い、全重、精籾重、千粒重を求めたほか、各区 200 穂について有効穂の割合と稔実粒数を調査し、面積あたりの有効穂数と 1 穂稔実粒数を算出し

た。この他に 1997 年はテンションメータを用いて土壌水分ポテンシャルを測定した。

結果と考察

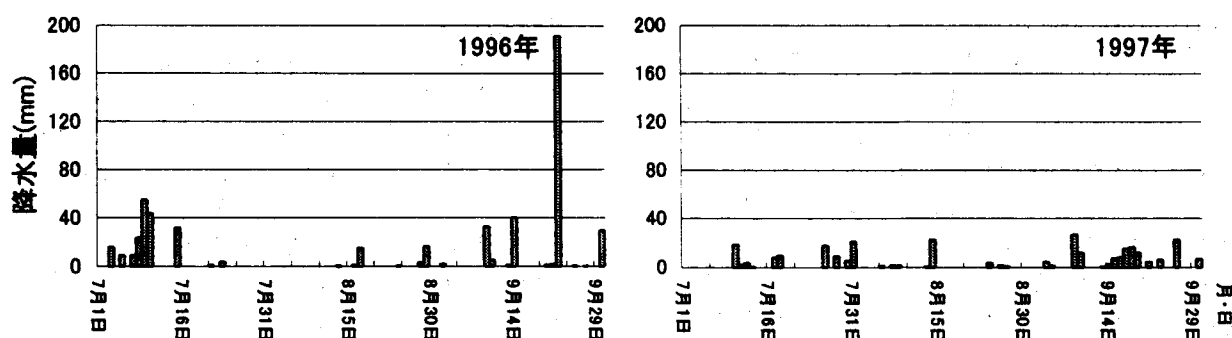
1. 降雨と生育の状況

1996 年と 1997 年の降水量は 8 月に少なく(第 1 図)、無灌水区の陸稲には著しい葉の萎ちょうが認められた。午前中から葉が萎ちょうしているのが最初に確認されたのは、1996 年では 8 月 19 日、1997 年の 5 月 16 日播種では 8 月 22 日、5 月 19 日播種では 8 月 21 日(以下「萎ちょう開始日」)で、その状態は両年とも 9 月下旬まで続いた。不耕起区の陸稲の生育量は 6 月中旬、7 月中旬、出穂期のいずれもロータリ耕区に比べて有意に大きくなった(第 2 表)。また、出穂期の不耕起・無灌水区の乾物重は同年次でも品種や播種期による違いが大きくなり、1996 年にはハタキヌモチに比べてユメノハタモチの乾物重が大きく、1997 年は 5 月 19 日播種に比べて 5 月 16 日播種の乾物重が大きくなった。不耕起・無灌水区の出穂期は、1996 年ではユメノハタモチ、ハタキヌモチ共に 9 月 10 日、1997 年の 5 月 16 日播種では 8 月 22 日、1997 年の 5 月 19 日播種では 8 月 28 日となり、これはロータリ耕・灌水区に比べてそれぞれ 1 日、2 日、6 日および 12 日早かった。また、夏季の干ばつの影響を受けなかった灌水区の出穂期もロータリ耕区に比べて不耕起区のほうが 1996 年で 8~9 日、1997 年で 6 日

第 1 表 陸稲の耕種概要.

栽培年	条間 (cm)	播種量 (g m ⁻²)	基肥量* (g m ⁻²)	追肥量* (g m ⁻²)	収穫日
1996 年	50	4.8	3・10・10	2・0・0	10 月 16 日
1997 年	50	4.0	3・10・10	2・0・0	10 月 13 日

*施肥量は N・P₂O₅・K₂O の成分量で示した。



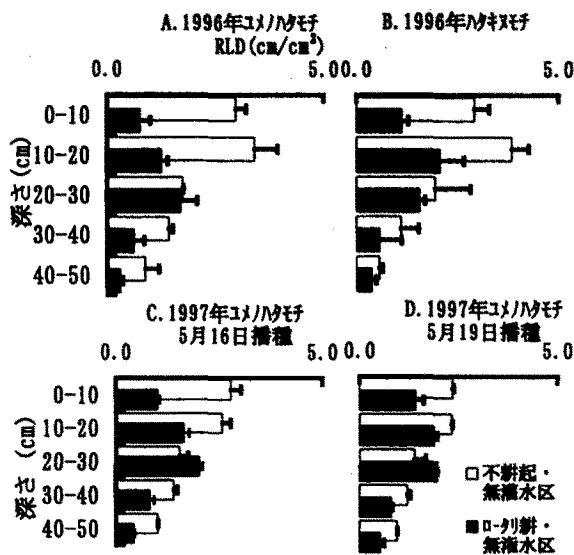
第 1 図 1996, 1997 年の 7, 8, 9 月の日降水量(つくば市館野の高層気象台観測資料より筆者作図).

早かった。

2. 根系と土壌水分

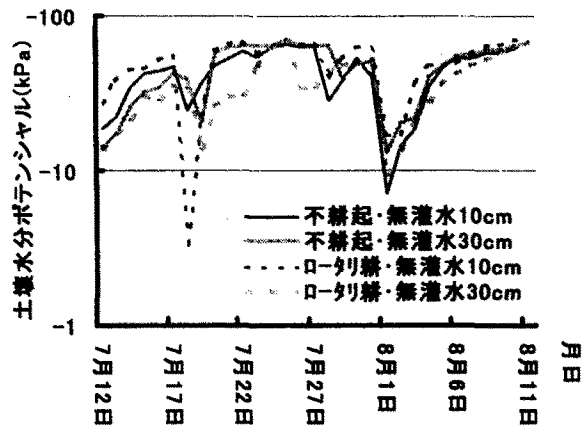
出穂期の根長密度はロータリ耕・無灌水区に比べて不耕起・無灌水区で高くなる傾向が認められ、両者の間には1997年の5月19日播種を除き有意差が認められた。一方、不耕起・無灌水区の根の深さ指数はロータリ耕・無灌水区に比べて小さくなる傾向が認められ、1997年の5月16日播種の不耕起・無灌水区の根の深さ指数はロータリ耕・無灌水区に比べて有意に下回った。また、ユメノハタモチに比べてハタキヌモチの根の深さ指数が小さくなる傾向が認められた(第3表)。深さ別の根長密度は不耕起・無灌水区のほうが表層0~20cmと30cmより深層では高く、20~30cmではロータリ耕・無灌水区とほぼ同程度となる傾向が認められた(第

2図)。表層における根長密度の違いから、深さ10cm付近の作物による吸水はロータリ耕・無灌水区に比べて不耕起・無灌水区のほうが旺盛であると考えられるにも関わらず、1997年に無灌水区で測定した土壌水分ポテンシャルは、深さ10cmではロータリ耕区に比べて不耕起区の降雨後の低下がやや緩慢であり、深さ30cmでは周囲の根長密度がほぼ同程度であったが、不耕起区で低下がやや早いことが観察された(第3図)。筆者らは、長期間不耕起栽培を継続した圃場で、表層土壌の降雨1日後と土壌乾燥時の液相率の差がロータリ耕畑よりも大きく、作物が有効に利用できる水分の量はロータリ耕栽培に比べて不耕起栽培で多いと考えられることを示した(辻ら, 2000)。同様に、本試験でも不耕起・無灌水区における土壌表層には作物が利用可能な水分がロータリ耕・灌水区に比べて多く、水分の旺盛な吸水にも関わらず土壌の乾燥が若干遅れたものと推測される。しかし、土壌水分ポテンシャルの測定が終了した8月11日以降の不耕起・無灌水区の水分消費は、生育が旺盛である分ロータリ耕・無灌水区より



第2図 陸稲の深さ別根長密度。

1996年：平均値±標準誤差(n=3)
1997年：平均値(n=2)



第3図 7月12日から8月11日までの土壌水分ポテンシャルの推移(1997年5月16日播種)。

第2表 陸稲の生育初期の草丈と7月中旬および出穂期の地上部乾物重。

年次 品種・播種日 耕起法	1996年 (n=3)				1997年 (n=2)			
	ユメノハタモチ		ハタキヌモチ		5月16日播種		5月19日播種	
	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕
生育初期の草丈 ¹⁾ (cm)	16	13*	17	13*	18	14	未測定	
7月中旬乾物重 ²⁾ (g m ⁻²)	51	15*	57	18*	41	12	38	15
出穂期乾物重 ³⁾ (g m ⁻²)	641	305*	478	321*	625	316	478	387

1996年の耕起法間の差がt-検定により5%以下の危険率で有意な場合には値を太字で示しロータリ耕区の右側に*を付した。
1) 1996年は6月19日, 1997年は6月16日に調査した。
2) 1996年は7月16日, 1997年5月16日播種は7月10日, 5月19日播種は7月16日に調査した。
3) 無灌水区の乾物重。

多かったと考えられる。よって、不耕起・無灌水区では水分の供給可能な量と消費量がともに増加していたことになり、「萎ちょう開始日」から類推して、強度の乾燥ストレスに遭遇する時期はロータリ耕・無灌水区とほぼ同時であると判断された。そして、1996年と1997年の5月19日に播種した陸稲は強度の乾燥ストレスに相当期間さらされた後出穂したことになる。

3. 収量と干害の発生状況

陸稲の精籾重、灌水区に対する無灌水区の相対収量（以下相対収量）、有効穂数、1穂稔実粒数、千粒重を第4表に示した。不耕起・灌水区の精籾重はいずれもロータリ耕・灌水区に比べて有意に増大したが、不耕起・無灌水区の精籾重がロータリ耕・無灌水区に比べて有意に増大したのは、1997年の5月16日播種のみで、1996年のユメノハタモチでは逆に有意な減少が認められた。1996年は耕起法・品種に関わらず大幅な減収が認められ、一部の穂は穂ばらみ状態のまま生育が停止し、出穂した穂の大部分にも著しい不稔の発生が認められた。中でも、ユメノハタモチでは不耕起・無灌水区の1穂稔実粒数が特に小さく、干ばつによる稔実障害が不耕起栽培により助長されたと考えられる。一方、1997年の5月16日播種では不耕起・無灌水区の相対収量は比較的高く、精籾重、相対収

量、有効穂数、1穂稔実粒数、千粒重はロータリ耕・無灌水区を有意に上回った。また、5月19日播種では有効穂数は不耕起・無灌水区がロータリ耕・無灌水区を有意に上回ったが、1穂稔実粒数と千粒重には顕著な差が認められなかった。5月16日播種のロータリ耕・無灌水区と5月19日播種の不耕起・無灌水区の出穂期は同日であり、ほぼ同期強度の乾燥ストレスにさらされた後出穂したことになる。両者を比較すると、後者は精籾重と有効穂数は上回ったが、相対収量と千粒重は下回り、1穂稔実粒数はほぼ同程度であった。これらより、両者はほぼ同程度の干害を受けたものと判断される。また、「萎ちょう開始日」は、1996年では出穂期の3週間以上前、1997年の5月16日播種の不耕起・無灌水区では出穂期の直後、5月16日播種のロータリ耕・無灌水区と5月19日播種の不耕起・無灌水区では出穂期の約1週間前、5月19日播種のロータリ耕・無灌水区では出穂期の約20日後にあたり、本試験においては、相対収量は「萎ちょう開始日」より出穂期が遅れるにしたがって低下している。よって、本試験では出穂の早期化が干害回避に有効に作用しており、不耕起栽培による干害の軽減現象の主たる要因は出穂の早期化によるものと考えられる。

第3表 品種・播種日・耕起法が無灌水区の陸稲の根長密度に及ぼす影響。

年次 品種・播種日 耕起法	1996年 (n=3)				1997年 (n=2)			
	ユメノハタモチ		ハタキヌモチ		ユメノハタモチ5月16日		ユメノハタモチ5月19日	
	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕
根長密度 (cm cm ⁻³)	2.1	0.9*	2.1	1.1*	1.9	1.2	1.6	1.3
根の深さ指数 (cm)	19.1	21.6	17.8	19.7	19.9	21.7	20.2	20.6

1996年の耕起法間の差がt-検定により5%以下の危険率で有意な場合には値を太字で示しロータリ耕区の右側に*を付した。

第4表 陸稲の収量と無灌水区の有効穂数、1穂稔実粒数、千粒重。

年次 品種・播種日 耕起法	1996年 (n=3)				1997年 (n=2)			
	ユメノハタモチ		ハタキヌモチ		ユメノハタモチ5月16日		ユメノハタモチ5月19日	
	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕	不耕起	ロータリ耕
灌水区精籾重 (g cm ⁻²)	457	260*	487	336*	-	-	358	238
無灌水区精籾重 (g cm ⁻²)	47	73*	50	56	338	145	175	110
相対収量 (%) ¹⁾	11	28*	11	17	(94)	(61)	49	46
有効穂数 (本 m ⁻²) ²⁾	146	112	111	114	248	145	201	139
1穂稔実粒数 (穂 ⁻¹) ³⁾	16	35*	25	26	52	44	40	36
千粒重 (g)	18.3	18.2	18.2	18.8	25.6	23.4	21.6	22.3

1996年の耕起法間の差がt-検定により5%以下の危険率で有意な場合には値を太字で示しロータリ耕区の右側に*を付した。重さは全て乾物重で示した。

1) 相対収量は1996年は同品種の灌水区に対する値、1997年は5月19日播種の灌水区に対する値。

() 内の数字は5月19日に播種した灌水区の収量に対する5月16日播種の収量の割合で参考として記載した。

2) 1粒以上の稔実粒 (真水による比重選により沈んだ粒) がついた穂の数。

3) 1有効穂あたりの稔実粒数。

4. 干害軽減に及ぼす不耕起栽培と根の深さの影響

黒ボク土畑では不耕起栽培によりこれまで多くの作物で初期生育の促進が確認されてきた(辻ら, 1995). 本試験でも同様に不耕起区の初期生育は促進され, さらに, 土壌の乾燥が進行する過程において土壌表層の有効水分と根の増加が水分獲得に利したことが相まって, 生育が旺盛となって出穂を早めたものと考えられる. 不耕起栽培による出穂の早期化により 1997 年の 5 月 16 日播種のように乾燥ストレスが比較的軽度な間に出穂を終えることができれば, 不耕起栽培した陸稲は干害を回避し減収を抑えることができるが, 1996 年のように出穂前の干ばつ期間が長い場合には, 不耕起栽培した陸稲は出穂のかなり以前による水分保持力増加等の有利性を失うため, ロータリ耕栽培と出穂期がほぼ同時となり, 著しい干害を招くことになる. 本試験では根長密度の高さ及び根の深さ指数の大きさが直接的には陸稲の干害回避に結びつかなかったが, 不耕起・無灌水区では 7 月中旬から出穂期までの地上部乾物重の増加は, ハタキヌモチに比べて深根性のユメノハタモチで大きなことから, 陸稲において深い層に根系を張らせることは, 干ばつの初期における生育抑制を小さくしており, 出穂前の干ばつが比較的短期であった場合には干害回避に有効となる可能性も推測できる. 本試験では, 梅雨明けから出穂までかなり長い期間干ばつにさらされたため, 不耕起栽培や深根性品種導入による比較的深い層の根長密度増加は, 水分消費の増加を補いきれず, 干害軽減・回避に無効となったものと考え

えられる.

以上より, 黒ボク土畑における陸稲の干害の回避と軽減に対して, 不耕起栽培や深根性品種導入の有効性は限定的かつ間接的なものと判断され, 早期の出穂が必要条件となる. 平山ら(1995)は早生品種への深根性導入が干害を受けにくい品種の育成につながると指摘しているが, 不耕起栽培も同様に早期栽培や早生品種との組み合わせることにより, 陸稲の干害軽減・回避に有効な栽培法となる可能性が示された.

引用文献

- 阿部淳, 森田茂紀 1999. 陸稲の耐乾性と根系構造—個根の形態的特性に着目した解析の試み. 根の研究 8:165.
- 近藤始彦, 阿部淳, 森田茂紀 1999. 深根性に関わるイネの形態的特質の品種間差異を多変量解析により検討する試み. 根の研究 8:147.
- 長谷川新一 1960. 水稻の畑栽培に関する研究. 農事試験報 1:109-156.
- 平山正賢, 根本博, 岡本和之, 須賀立夫, 阿部淳 1995. 陸稲耐干性の品種間差異. 育雑 45(別 1):218.
- 小柳敦史 1998. 深さの定量化による作物根系の新しいとらえかた. 日作紀 67:3-10.
- 辻博之, 松尾和之, 山本泰由 1995. 火山灰土壌における不耕起が畑作物の初期生育に及ぼす影響. 日作紀 64(別 2):181-182.
- 辻博之, 山本泰由, 松尾和之, 臼木一英 2000. 陸稲の干害に及ぼす不耕起栽培の影響. 日作紀 69 印刷中

Title: Effect of non tillage and root spread on drought injury in upland rice in an Andosol.
 Author: Hiroyuki Tsuji