

## 根の伸長角度が異なるコムギ実験系統群の 不耕起圃場における収量性

小柳 敦史<sup>\*</sup>・乙部 (桐渕) 千雅子・柳澤 貴司

三浦 重典・小林 浩幸・久保 堅司

農業・食品産業技術総合研究機構

**要 旨**：根の伸長角度が浅い浅根性のコムギ9系統（浅根群）及びその姉妹系統である深根性のコムギ9系統（深根群）を長期不耕起圃場、短期不耕起圃場及び耕起圃場で栽培した。3作期にわたり施肥及び播種時期を変えた15試験区で子実収量を調べた結果、長期不耕起圃場では6試験区中、4試験区で浅根群のほうが明らかに収量が多かった。これに対し、短期不耕起圃場の2試験区及び耕起圃場の7試験区ではいずれも浅根群と深根群に有意な収量差がみられなかった。このことから、長期不耕起圃場では浅根性の系統のほうが収量性が優れると思われた。この原因は長期不耕起圃場では土壌水分が安定して高く、土壌の浅い層に窒素やリン酸が多いためではないかと推測されたが、このような土壌の特徴は短期不耕起圃場にもみられるため、他の原因があることも考えられる。なお、この研究では圃場における根の分布の調査は行なわなかったが、種子根の伸長角度の測定結果から、不耕起圃場でも浅根群の系統は浅い根系を作り、深根群の系統は深い根系を作っていたものと考えられた。

キーワード：根系分布、浅根性系統群、深根性系統群、種子根伸長角度

**Yielding ability of wheat experimental lines with deep and shallow root growth angle in nontillage fields** : Atsushi OYANAGI, Chikako KIRIBUCHI-OTOBE, Takashi YANAGISAWA, Shigenori MIURA, Hiroyuki KOBAYASHI and Katashi KUBO (*National Agriculture and Food Research Organization*)

**Abstract**: Wheat lines with shallow and deep root system, nine lines each, were grown in long-term nontillage, short-term nontillage and tillage fields. Fifteen experiments were done during three cropping seasons. The wheat lines with shallow root system showed high yield in four of six nontillage plots significantly. On the other hand significant yield difference of the two groups was not shown in short-term nontillage field and tillage field. Therefore, it is considered that wheat lines with shallow root system have an advantage in long-term nontillage field. The reason may be related to constant soil water status and accumulation of inorganic nitrogen and available phosphate in the soil surface layer of nontillage field. Unknown reasons may also exist because the yield advantage was not observed in the short-term nontillage field. Although vertical distribution of roots was not measured in these experiments, root growth angle of wheat lines with shallow root system showed small values in the nontillage soil.

**Keywords**: root distribution, root growth angle, wheat lines with deep root system, wheat lines with shallow root system

現代の農業において耕起は播種床の整備、土壌の膨軟化、地力の培養及び雑草の防除のために行われている。しかし、耕起のために用いる農具が発達する前の原始的な農業では、土壌を動かしたり攪拌したりせずに播種する不耕起栽培が行われていた。この不耕起栽培は農作業技術の進展と共にあまり行われなくなったが、最近では効果の高い除草剤が開発されて雑草の制御が可能になってきたことなどから、環境保全型の栽培技術や省力的な栽培技術として普及が

進みつつある(金沢, 1995)。特に、南北アメリカ大陸のダイズやコムギの栽培では、耕起することで起こる土壌の風蝕や水蝕への対策として広く採用されるようになってきた(国分, 2006)。また、我が国では主として耕起作業を省略する省力栽培法として技術開発が進みつつあり(濱田, 2006)、土壌の生物相が多様になることでも注目されている(中村, 1998)。

不耕起圃場では、土壌を攪拌しないため、一般に耕起圃場に比べて土壌の表面に近い層では

2006年11月6日受付 2007年3月5日受理

\*連絡先 〒305-8518 茨城県つくば市観音台2-1-18 農研機構作物研究所 めん用小麦研究チーム  
Fax: 029-838-8870 E-mail: oyanagi@affrc.go.jp

土壌が硬くなるが、深い層では逆に耕起により土壌中に生ずる鋤床層のような硬い層ができにくい(坂井ら, 1988)。また、前作の残さが耕起によって鋤込まれないため、土壌の表面に有機物が多くなる傾向にある。このため、農作物として不耕起栽培に適する根系の形態は、通常の耕起栽培とは異なるのではないかと考えられるが、この点に関する研究はほとんど行われていない。

小柳ら(2001)は、コムギにおいて根の伸長角度が異なる実験系統群を作出した。これまでに、これらの系統を用いた実験で、過湿な水田圃場では浅根性のコムギ系統のほうが収量性が高いことが明らかになっている(小柳ら, 2004)。そこで本研究では、これらのコムギ系統を不耕起圃場で栽培し、子実収量を比較することにより、不耕起栽培に適する根系形態を明らかにする。

## 材料と方法

### 1. 供試系統

小柳ら(2001)が作出した浅根性のコムギ実験系統群9系統(以下、浅根群とする)と深根性のコムギ実験系統群9系統(以下、深根群とする)を2002年産、2004年産及び2005年産の秋播き栽培試験に供した。これらの系統は、3系交配からなる同一の親組み合わせから得られた129の姉妹系統の中から、種子根の伸長角度が小さい9系統と大きい9系統を選んだものである。地上部に関係する遺伝子は浅根群の系統にも深根群の系統にもランダムに遺伝していると考えられるため、群として比較すれば根系の深さのみが異なる同質遺伝子系統と同様な使い方ができる。

また、2004年産については、上記に加えてこれらの実験系統を選抜する際に元となった129系統のうちの97系統と親3品種(キヌヒメ、Rosella及びあやひかり)も栽培試験に供した。これらの系統は、遺伝的に種子根の伸長角度が連続的に変異しているものである。

### 2. 種子根伸長角度の測定

浅根群9系統と深根群9系統は、市販の細粒培土(グリーンテック社製、芝の目土)を用いた実験で種子根伸長角度が調べられたが(小柳ら, 2001)、不耕起土壌でどのような伸長角度を示すかは明らかになっていない。そこで、これらの18系統の不耕起及び耕起土壌における種子根の伸長角度を調べた。バスケット法(小柳ら, 2001)に準じてポットとザルを用意し、ザルの中に本研究で用いた長期不耕起圃場と耕起

圃場の土を詰めた。その際、特に長期不耕起圃場からは土壌をスコップで丁寧に採取し、半球形のザル(直径16cm)に合うような形に整形して入れた。ザルの中央部に3粒播種し、20℃の人工気象室で約1週間生育させ、ザルの目から出た根の位置により、水平から下向きの種子根伸長角度を求めた。なお、コムギには種子根が5~6本あり順次伸長するが、遅れて生ずる種子根ほど水平方向に伸長する傾向があるため、ザルの目から出て観察される根の数によって伸長角度の平均値が変化する。これまでの結果から、1個体当たり観察される種子根が1本増えると伸長角度の平均値が4.5°減少することが分かっているため(小柳ら, 2001)、この関係を用いて、ここでは種子根が4本出た時点における種子根伸長角度の推定値を求めた。

### 3. 供試圃場

農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センターの福島キャンパス(福島市荒井)にある淡色黒ボク土の畑圃場で栽培試験を行った。長期不耕起圃場として用いた圃場(福島キャンパス7号圃場)は、過去10年以上にわたって無農薬、無化学肥料でオオムギ・ダイズの不耕起栽培が継続されてきた圃場である。また、短期不耕起圃場として用いた圃場(福島キャンパス13号圃場)は、この試験を行う2年前からオオムギ・ダイズの不耕起栽培が行われてきた圃場であり、圃場内に耕起部分と不耕起部分が設けられている。なお、対照となる耕起圃場(福島キャンパス18号圃場及び10号圃場)は、不耕起圃場と同じ敷地内にある試験圃場である。

### 4. 栽培条件

播種は各年次とも10月23日から29日に行ない、これを標準播種期とした。ただし、2004年産の試験のみ晩播区を設け11月7日に播種した。播種はいずれも70cm条間、各系統1条播きとし、両群、全系統をランダムに配置した。浅根群と深根群を用いた試験では1条1.5~8m(年次により異なる)で栽培し、種子根伸長角度が連続的に異なる100系統を用いた試験(2004年産のみ実施)は1条1mで栽培した。播種量は出芽数で200粒/m<sup>2</sup>を目標にして種子の重量で7~9g/m<sup>2</sup>を播種した。収穫は播種翌年の6月中下旬に手刈りにより行なった。浅根群と深根群を用いた試験では各系統1条1~2m(圃場面積で0.7~1.4m<sup>2</sup>相当)、種子根伸長角度が連続的に異なる100系統を用いた試験では各系統1条0.5m(圃場面積で0.35m<sup>2</sup>相当)を収穫

し、はざかけして乾燥させた後、試験用の小型脱穀機で脱穀し、唐箕をかけて子実重を求めた。

施肥は、全ての試験を通じて標準施肥区では速効性の化成肥料を用い、窒素、リン酸、カリをそれぞれ 6, 9, 6 g/m<sup>2</sup> 相当を播種前に施用した。施用方法は、不耕起栽培では播種前に土壌表面に散布し、耕起栽培では耕起前に散布してロータリで深さ 0~15 cm の土層に混ぜ込んだ。また、2004 年産の試験の短期不耕起圃場とその対照区(13号圃場)では、あらかじめ2区画の試験区を用意しておき、一方の試験区には茎立期の4月11日に追肥として40日溶出型の緩効性肥料で窒素、リン酸、カリ 6, 5, 6 g/m<sup>2</sup> 相当を土壌の表面に施用した。さらに、2005年産の長期不耕起試験では、標準施肥に加え上記と同じ40日溶出型の緩効性肥料で窒素、リン酸、カリ 6, 5, 6 g/m<sup>2</sup> 相当を播種時に種子とともに播種溝に入れる区(接触施肥区)と土壌表面に散布する区(表面施肥区)を設けた。なお、耕起圃場でも同様の区を設けたが、耕起圃場では圃場作業上の理由で接触施肥区は設けなかった。

不耕起圃場では除草剤の使用をできるかぎり避け、雑草はコムギの条間を機械的に除草することにより防除した。また、病虫害の防除のため、一般の栽培基準に従い登熟期に殺菌剤と殺虫剤を散布した。

## 5. 土壌の理化学性

長期不耕起圃場、短期不耕起圃場及び耕起圃場において、2004年4月に約1ヶ月間、毎日、土壌水分を測定した。TDR水分計を用いて土壌の表面から深さ12cmの位置までの平均の土壌水分(体積含水率:%)を測定した。また、2004年産の試験の終了後に圃場の3カ所で貫入式土壌硬度計により土壌の硬さを測定し、圃場の2カ所から深さ0~5cm, 5~10cm及び10~15cmの土壌を採取し、pH(水抽出)、無機態窒素及びリン酸(トルオーグリン酸)の含有率を測定した。

## 結果

### 1. 種子根伸長角度

不耕起土壌を詰めたザルで調べた水平から下向きの種子根伸長角度は、浅根群のS1~S9系統は36.5°~43.7°の範囲にあり、平均値は40.4°であった。一方、深根群のD1~D9系統は50.8°~59.1°の範囲あり、平均値は54.3°であった。このため、不耕起土壌における種子根の伸長角度は、浅根群の系統で大きく、深根

群の系統で小さいといえる。また、対照とした耕起土壌においても同様のことが確認された(第1表)。

第1表 不耕起及び耕起土壌における各系統の種子根伸長角度

浅根群 系統名	土壌条件		深根群 系統名	土壌条件	
	不耕起 (°)	耕起 (°)		不耕起 (°)	耕起 (°)
S1	39.4	46.3	D1	53.4	55.3
S2	41.8	48.5	D2	59.1	56.5
S3	43.7	46.9	D3	51.7	58.1
S4	41.5	39.4	D4	50.8	62.2
S5	41.3	48.9	D5	54.0	57.1
S6	41.6	40.9	D6	56.5	57.2
S7	41.4	44.8	D7	53.3	61.4
S8	37.0	44.4	D8	53.0	59.4
S9	36.5	46.7	D9	56.6	61.3
平均	40.4	45.2	平均	54.3	58.7

注) バスケット法で測定した種子根の下向きの角度の平均値。S1~S9系統及びD1~D9系統は、同じ親組み合わせから得られた姉妹系統の中から種子根の伸長角度によって選ばれた系統である(小柳ら, 2001)。系統番号は作出リスト順に付けられており、番号が同じS1とD1が対応するという訳ではない。測定値は2反復の平均値で、反復間の差異の平均値は2.5°であった。

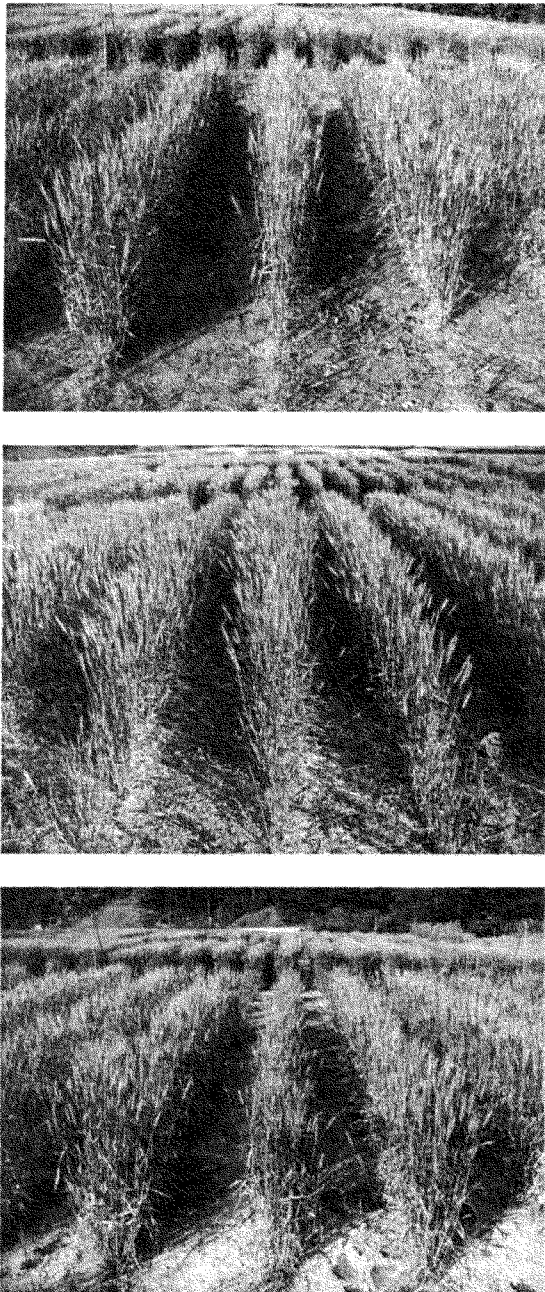
### 2. 浅根群と深根群の収量性

第1図に2004年産の試験における生育状況を写真で示した。各年次、各試験区とも出芽・苗立は良好で、全ての試験で倒伏や収量に影響するような病虫害の発生もみられなかった。ただし、長期不耕起圃場ではハリガネムシによるコムギの根元の食害が散発的に認められた。

浅根群と深根群の栽培試験結果を長期不耕起、短期不耕起圃場及び耕起圃場別にまとめて第2表に示した。2002年産の試験では長期不耕起圃場のみで栽培を行ったが、生育の後半にあたる茎立期以降、浅根群の系統の方が深根群の系統よりも草丈が高くなる現象が観察された。収量調査の結果、浅根群は深根群に比べて子実収量が25%多く、明らかに多収であった(第2表)。

2004年産の試験では長期不耕起圃場と耕起圃場で栽培を行い、どちらの圃場でも標準播種期と晩期播種期の2区を設けた。収量調査の結果、長期不耕起圃場の標準播種期区では浅根群のほうが20%多収であり(有意差なし)、晩期播種期区では64%多収であった(5%水準で有意差あり)。一方、2004年産の耕起圃場では、標準播種期区では浅根群のほうが4%多収であり、

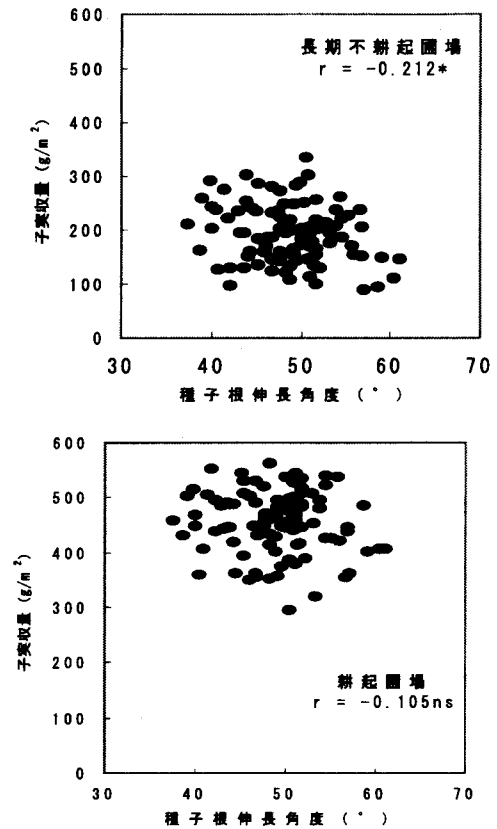
晩期播種区では 8%少収であったが、いずれも両群に有意差は認められなかった(第2表)。2005年産の試験の収量調査の結果、長期不耕起圃場では浅根群の方が15%(標準施肥区)、21%(接触施肥区)及び8%(表面施肥区)多収であり、標準施肥区と接触施肥区では差が有意であった。一方、短期不耕起圃場では、浅根群のほうが無追肥区で3%少収、追肥区で1%多収であったが、どちらも有意差はみられなかった。



第1図 コムギの栽培状況

注) 上: 長期不耕起圃場, 中: 短期不耕起圃場, 下: 耕起圃場.

また、耕起区では浅根群の方が7%多収から8%少収の区までであったが、いずれも群間に有意な差は認められなかった(第2表)。



第2図 種子根の伸長角度が連続的に異なる100系統の長期不耕起及び耕起圃場における子実収量

### 3. 種子根伸長角度が連続的に異なる 100 系統の収量性

2004年産の試験で、種子根伸長角度が連続的に異なる100系統(親3品種を含む)を長期不耕起圃場及び耕起圃場で標準栽培し、既発表の実験(小柳ら, 2001)で得られている各系統の種子根伸長角度と子実収量の関係を調べた。その結果、第2図に示したように、長期不耕起圃場では種子根伸長角度と子実収量の間には有意な負の相関関係が認められた。一方、耕起圃場では不耕起圃場と同様に負の相関関係が認められたが、相関係数は有意ではなかった。

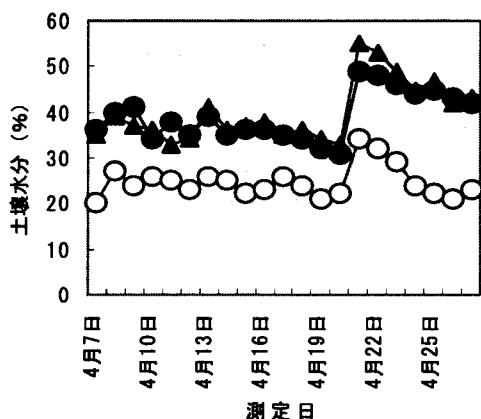
### 4. 土壌の理化学性

TDR水分計で測定した土壌水分(体積含水率)は不耕起圃場で高く、耕起圃場で少なかった。測定期間中の4月20日には降雨があり、各圃場とも一時的に土壌水分が高くなった。その後、耕起圃場では土壌水分が急激に減少したが、

第2表 浅根群及び深根群各9系統の不耕起及び耕起圃場における子実収量の平均値と標準偏差 (n=9)

試験区 番号	収穫年	圃場 番号	播種期	施肥	浅根群 (g/m <sup>2</sup> )	深根群 (g/m <sup>2</sup> )	浅/深 (%)	有意差
長期不耕起								
1	2002年	7号	標準	標準	805±117	644± 78	125	**
2	2004年	7号	標準	標準	239± 65	199± 74	120	ns
3	2004年	7号	晩期	標準	136± 76	83± 44	164	*
4	2005年	7号	標準	標準	246± 17	213± 38	115	*
5	2005年	7号	標準	接触施肥	398± 26	330± 97	121	+
6	2005年	7号	標準	表面施肥	253± 40	235± 61	108	ns
短期不耕起								
7	2005年	13号	標準	標準	483± 75	499±113	97	ns
8	2005年	13号	標準	追肥	419± 97	416±136	101	ns
耕起								
9	2004年	18号	標準	標準	449± 34	431± 54	104	ns
10	2004年	18号	晩期	標準	407± 57	442± 55	92	ns
11	2005年	13号	標準	標準	469± 53	467± 99	100	ns
12	2005年	13号	標準	追肥	499± 86	468±143	107	ns
13	2005年	10号	標準	標準	324± 55	315± 55	103	ns
14	2005年	10号	標準	標準	422± 56	446± 78	95	ns
15	2005年	10号	標準	表面施肥	433± 39	410± 58	106	ns

注) 有意差は系統を反復 (n = 9) として対応のないt検定を行った結果で, \*\*は1%水準で差が有意, \*は5%水準で差が有意, +は10%水準で差が有意, nsは有意差なし. 試験区13及び14は反復試験区.



第3図 不耕起圃場及び耕起圃場の土壌水分の推移

注) TDR水分計による測定値. 深さ0~12 cm の平均.

- : 長期不耕起圃場 (7号),
- ▲ : 短期不耕起圃場 (13号),
- : 耕起圃場 (10号), 2005年に測定.

長期不耕起圃場では減少が緩やかであった (第3図).

耕起圃場は土壌の pH が高く, 不耕起圃場では長期不耕起圃場, 短期不耕起圃場ともに深さ 0~5 cm の土壌が硬いことが特徴的であった. また, 収穫後の土壌調査により, 不耕起圃場では深さ 0~5 cm の土壌に無機態窒素及びリン酸が多い傾向にあることが分かった (第3表).

第3表 供試圃場の土壌の理化学性

深さ	不耕起		耕起
	長期	短期	
土壌硬度 (MPa)			
0~5 cm	1.06	1.35	0.39
5~10 cm	1.24	1.23	0.73
10~15 cm	1.59	1.28	1.33
pH (H <sub>2</sub> O)			
0~5 cm	5.6	6.7	7.4
5~10 cm	5.2	5.9	7.3
10~15 cm	5.5	5.7	7.3
無機態窒素 (mg/100 g 乾土)			
0~5 cm	3.37	1.65	0.99
5~10 cm	1.09	1.38	2.25
10~15 cm	0.81	1.35	0.94
有効態リン酸 (mg/100 g 乾土)			
0~5 cm	23.0	17.4	6.0
5~10 cm	1.4	4.5	6.5
10~15 cm	1.3	3.9	6.5

注) 長期: 長期不耕起圃場 (7号圃場), 短期: 短期不耕起圃場 (13号圃場), 耕起: 耕起圃場 (10号圃場). 2005年産のコムギ収穫後に調査. 土壌の硬度は貫入式硬度計で3箇所測定. 無機態窒素はアンモニア態と硝酸態窒素の合計. 有効態リン酸はトルオーグリン酸. どちらも2箇所の平均値.

### 考 察

本研究では圃場で根の分布を調査しなかったが, これは不耕起圃場ではコムギの根の分布に関するデータを取るのに膨大な時間と労力が必要になると考えたためである. そこでその代わ

りに、各系統の持つ種子根伸長角度に関する遺伝的な特徴が、耕起土壌だけでなく不耕起土壌でも同じように現れるかどうか調べた。その結果、不耕起土壌でも浅根群の系統は種子根伸長角度が小さく、深根群の系統は種子根伸長角度が大きいことが明らかになり(第1表)、根の分布に関する各系統の特徴は耕起条件、不耕起条件の別なく現れると推測できた。このことから、本研究の圃場試験においても、耕起条件、不耕起条件ともに浅根性の系統は比較的浅い根系を作り、深根性の系統は比較的深い根系を作っていたものと考えられる。なお、不耕起栽培を行うと同じ品種でも根系の分布が変化し、浅根化することが知られているが、ダイズなどの双子葉植物に比べてコムギ(小柳ら, 1998)やトウモロコシ(辻ら, 2002)などの単子葉植物では浅根化の程度が小さいといわれている。本研究でも、いずれのコムギ系統においても不耕起栽培で浅根化が起きていた可能性もあるが、恐らくその程度は小さく、深根群の系統は不耕起圃場でも比較的深い根系を形成していたのではないかと考えられる。

この研究では、3作期にわたり合計15区で圃場試験を行った。全体を平均すると収量は長期不耕起圃場で315 g/m<sup>2</sup>、短期不耕起圃場で454 g/m<sup>2</sup>、耕起圃場で427 g/m<sup>2</sup>であった。年次や圃場によって処理区の構成が異なるため単純に比較することはできないが、全体としてみれば長期不耕起圃場は他の圃場に比べて2~3割少収であった。過去に関東地方で行われた研究で、コムギを16作にわたり長期不耕起栽培すると土壌のpHが3~4にまで低下しコムギの収量がほぼ皆無となる例が報告されているが(坂井ら, 1989)、東北地方で行った本研究では土壌pHの著しい低下はみられず、顕著な病害の発生もなかったため、不耕起栽培による減収の程度はそれほど大きくなかった。今回、長期不耕起栽培で著しい減収が起こらなかった原因は明らかではないが、生育温度が関東地方より低いことや両研究で供試された圃場の土壌の性質と関係しているのではないかと想像された。

長期不耕起圃場の6試験区では、全ての区で浅根群のほうが深根群よりも子実収量が多かった。平均すると浅根群の子実収量は346 g/m<sup>2</sup>、深根群の子実収量は284 g/m<sup>2</sup>で浅根群の方が22%多収であった。6試験区のうち差が1%水準で有意だったのが1試験区、5%水準で有意だったのが2試験区、10%水準で有意だったのが1試験区あった。なお、2002年産の長期不耕起圃場の試験区番号1(第2表)では、子実収量の

絶対値が他に比べて特に大きかった。この原因は明らかではないが、この年はもともと予備的試験の位置づけであったことから圃場の周辺部分に試験区を作ったが、その部分の地力が高かったのではないかとと思われる。これに対して、その後の試験では長期不耕起圃場の中央部に試験区を作ったため、ほぼ圃場全体を代表する収量データが得られたと考えている。反対に、試験番号3(第2表)の2004年産の晩期播種区では子実収量が極めて少なかったが、これは冬の寒さのために長期不耕起圃場で特に初期生育の遅れが観察されたことと関係している。

一方、短期不耕起圃場における試験区番号7及び8(第2表)では、子実収量の平均値は浅根群が451 g/m<sup>2</sup>、深根群が458 g/m<sup>2</sup>で、ほとんど差がなかった。また、耕起圃場における試験区番号9~15(第2表)でも、子実収量の平均値は浅根群が429 g/m<sup>2</sup>、深根群が426 g/m<sup>2</sup>で、ほとんど差がなかった。

また、種子根の伸長角度が連続的に異なる100系統を用いた試験では、長期不耕起圃場でのみ伸長角度と子実収量の間に有意な負の相関関係が得られた(第2図)。これらのことから、長期不耕起圃場では、より浅い根系を作るコムギ系統がより高い収量性を示すと考えられた。

長期不耕起圃場で浅根性の系統が有利になる理由は、土壌環境に起因すると考えられる。長期不耕起圃場では、土壌の表層の硬度が硬く(第3表)、水分保持力が大きい(第3図)ために浅根性系統が有利になるのではないかと考えられる。ただし、短期不耕起圃場においても土壌の表層の硬度は高く、土壌水分も多かったにもかかわらず、浅根群と深根群の収量性に違いがみられなかったことから、長期不耕起圃場における浅根群の系統の有利性をこれだけで説明することはできない。

長期不耕起圃場はリン酸などの養分が表層に多く分布していた(第3表)。リン酸は土壌に吸着されやすく土壌中での移動が少ないため、作物によるリン酸の吸収量は根系分布と密接な関係にあると考えられている(田島ら, 2006)このため、長期不耕起圃場でリン酸が土壌の表層に集積していたことも浅根性系統が収量的に有利になった原因ではないかと考えられる。しかし、耕起圃場の試験区番号15(第2表)のように土壌の表面に緩効性肥料を施用し、土壌の表層に窒素、リン酸、カリを多く維持させようとした試験区でも、耕起圃場では浅根性系統がより多収にならなかったことから、浅根群の系統の収量性と土壌の養分分布との関係を証明する

ことはできなかった。このように、長期不耕起圃場で浅根性コムギ系統がより多収となる理由の解明は今後の課題として残された。また、それ以前の問題として、長期不耕起圃場で浅根性のコムギ系統が有利になる現象が、本試験に用いた東北農業研究センター福島キャンパス7号圃場だけにみられる現象なのか、あるいは他の不耕起圃場でも同様の現象が起こるかどうかの確認も必要である。

## 謝 辞

本研究で用いた長期不耕起圃場は、愛媛大学農学部(現在)の中村好男教授が造成し、維持・管理してきたものです。農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター業務5科(現在)及びカバークロープ研究チーム(現在)の職員、非常勤職員の方々にはコムギの栽培及び調査にご協力いただきました。各位に感謝いたします。

## 引用文献

- 濱田千裕 2006. 不耕起栽培. 森田茂紀, 大門弘幸, 阿部淳編 栽培学—環境と持続的農業—. 朝倉書店, 東京. pp172-175.
- 金沢晋二郎 1995. 持続的・環境保全型農業としての不耕起栽培. 土肥誌 66: 286-297.
- 国分牧衛 2006. 世界の農業システム. 森田茂紀, 大門弘幸, 阿部淳編 栽培学—環境と持続的農業—. 朝倉書店, 東京. pp139-148.
- 中村好男 1998. ミミズと土と有機農業. 創森社, 東京. pp1-123.
- 小柳敦史, 南石晃明, 土田志郎, 長野間宏 1998. 汎用水田において耕起および不耕起栽培したコムギ, ダイズおよび水稻の根の垂直分布の解析. 日作紀 67: 49-55.
- 小柳敦史, 乙部(桐淵)千雅子, 柳澤貴司, 本多一郎, 和田道宏 2001. 種子根伸長角度を指標にした根系の深さが異なるコムギ実験系統群の作出. 日作紀 70: 400-407.
- 小柳敦史, 乙部(桐淵)千雅子, 柳澤貴司, 三浦重典, 小林浩幸, 村中聡 2004. 根系の深さが異なるコムギ実験系統の過湿な水田圃場における生育と収量. 日作紀 73: 300-308.
- 坂井直樹, 春原亘, 米川智司, 角田公正 1988. 不耕起栽培の評価 第4報 土壌の変化と作物根系. 農作業研究 23: 25-32.
- 坂井直樹, 春原亘, 雨宮悠, 金沢晋二郎 1989. 不耕起栽培の評価 第5報 コムギ収量に関係する要因. 農作業研究 24: 39-46.
- 田島亮介・阿部淳・森田茂紀 2006. 植物の根に関する諸問題(115)—マメ科作物の根系形成の捉え方—. 農及園 81: 722-725.
- 辻博之, 山本泰由, 松尾和之, 臼木一英 2002. 火山性土壌畑におけるラッカセイ, トウモロコシ, ダイズの根系に及ぼす不耕起栽培の影響. 根の研究 11: 43-49.