

## 茨城県稲敷市の大区画水田でみられた 2007 年産コムギにおける 圃場内の生育ムラと土壌の凹凸及び土壌水分との関係—湿害の発生様相—

小柳敦史  
(作物研究所)

**要旨：**茨城県では 2006 年の 11 月 19～20 日及び 12 月 26～27 日に 100 mm 前後の降雨が記録され、コムギで出芽不良がみられた。そこで、コムギ農林 61 号に出芽不良と生育ムラが観察された茨城県稲敷市の 1.4 ha の大区画水田で調査を行った。2007 年 1 月 14 日に圃場内に 10 m 間隔で格子状に 80 箇所の調査地点を設け、コムギの出芽密度、標高及び土壌水分を測定した。その結果、土面が低い場所で土壌水分が高く、出芽不良となっていたことが確認できた。また、出芽不良部分を除く 73 箇所の調査地点で登熟期に土壌水分と草丈及び子実収量を調べた結果、土壌水分と草丈に負の相関関係、草丈と収量に正の相関関係がみられた。このことから、この圃場では出芽期だけでなく、それ以降も圃場内の土壌水分が高くなりやすい地点でコムギの生育が劣っていたことが分かった。なお、圃場内の地点ごとの土壌水分の相対的な関係は、生育期間を通して安定していた。

**キーワード：**小麦、湿害、耐湿性、転換畑。

2002～2006 年の我が国のコムギの作付面積は平均 21 万 3 千 ha であるが、湿害はその 27%にあたる年 5 万 7 千 ha で発生している（農林水産省統計部 2007）。湿害の発生は畑作でもみられるが、排水が不良になりやすい水田作における発生が顕著である。関東地方ではコムギは水田に作付けされることが多いが、通常年は冬期の降水量が少ないために生育の前半に湿害が起こることは少ない。しかし、生育の後半にあたる春季には降雨量が多くなり、周辺の圃場で田植えの準備が始まることなどからも湿害が起こることが多い（Nakagami ら 2004）。

コムギの耐湿性にはある程度の品種・系統間差異があることが知られているが（吉田 1977a, b, 浜地 2000, 小柳ら 2004）、実用的な耐湿性品種が開発されていない現状では、営農上で圃場ごとに湿害の発生実態を解明し、排水対策を施すことにより湿害の発生を回避することが必要となる。いっぽう近年、低コスト生産のために隣接する圃場の畦畔を撤去する水田の大区画化が進んでおり、そのような大区画水田では 1 枚の圃場の中で土性や肥沃度のムラが大きい（長野間 1995）、湿害の発生にも圃場内変異が大きい可能性が高い。実際に、コムギの収量の圃場内変動は播種時の土壌水分の変動と密接に関係することが報告されており（稲村ら 2007）、大区画水田で土壌水分と湿害の発生の関係を明らかにすることの意義は大きい。

そのような中、2006 年 11 月及び 12 月に関東地方で記録的な大雨があった。茨城県南部の稲敷市（江戸崎）においても 11 月 19 日から 20 日に 75 mm、12 月 26 日から 27 日に 126 mm の降雨が記録された（気象庁 2006）。そこで、大規模水田でコムギに苗立ち不良がみられた圃場において、圃場内の各地点で土壌や生育を調査し、湿害発生の一事例としてとりまとめる。

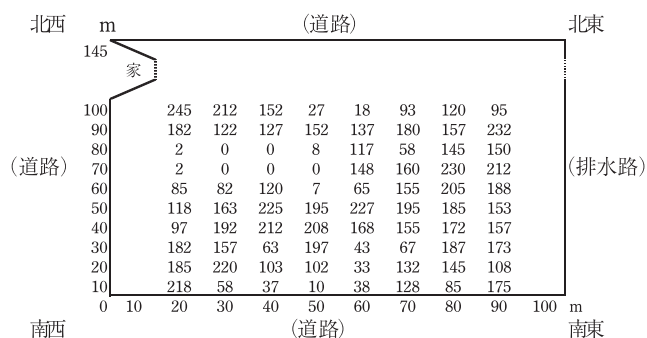
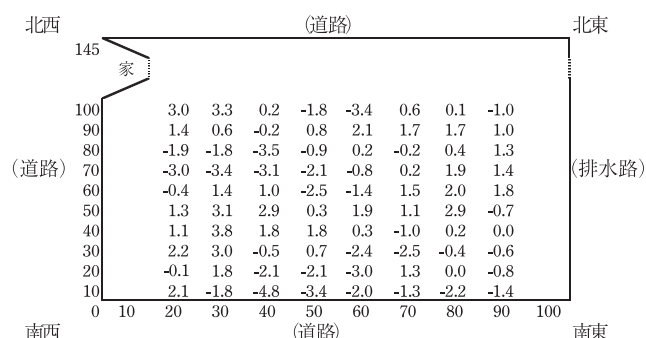
### 材料と方法

2007 年 1 月に茨城県稲敷市にある営農組合から、近隣の水田圃場でコムギに顕著な生育不良がみられるとの情報を得た。その圃場は、稲敷市南太田にある南北約 145 m、東西 100 m の大区画水田で、コムギ農林 61 号が作付けされていた。そこで、この圃場を管理する生産者の協力を得てコムギの生育と土壌の状態を調査することとした。

土壌の種類は沖積土で、pH は 6.2、作土の仮比重は 1.07 程度であった。聞き取りによるとこの圃場は前作及び前々作は冬作でコムギ農林 61 号が栽培され、3 作前はオオムギが栽培された。毎年、夏作物は栽培されず、麦類の連作障害を防ぐために夏季に 2～3 週間入水が行われてきたが、地下浸透が激しく、湛水状態を十分に継続することはできなかったということである。

2006 年 11 月 17 日または 18 日にコムギ農林 61 号が条間 15 cm のドリルシーダにより、10 a あたり種子重量 10 kg の設定で播種された。基肥は窒素、リン酸及びカリを各 14% 含む化成肥料で各成分 8.4 kg/10 a が施用された。石灰やリン酸などの土壌改良剤の施用はなく、播種後の除草剤も散布されなかった。生育期の管理として、3 月中旬に基肥と同じ化成肥料を用い各成分 2.8 kg/10 a の割合で施用された。また、冬季に踏圧が 2 回行われた。調査地点を手刈り収穫した後に自脱型コンバインで全刈り収穫され、乾燥、出荷された。

第 1 図に示すように、圃場に住居部分がかかっている北側と西側の一部を除く南側の 80 a を調査区画とした。この区画で 10 m ごとの格子状に調査地点を設定して調査を行った。なお、暗渠は東西方向に 6 本設置されており、その位置は南から 8 m、27 m、55 m、84 m、112 m 及び 131

第1図 調査圃場の概要及び圃場内各地点の出芽密度 (個体/m<sup>2</sup>)

第2図 圃場内各地点の標高 (cm)

プラスの位置は平均標高より高く、マイナスの位置は平均標高より低いことを示す。

mの場所であり、降雨後にはそれぞれの落水口から排水が確認された。なお、明渠は作られなかった。

2007年1月14日に圃場内の上記の80地点において各0.6 m<sup>2</sup>にあたる4条各1 mの部分でコムギの苗立数を調べた。つぎに、レーザー式レベル (ソキア社製レベルプレーナ, LP30A) にて各地点の標高を測定した。この測定器は圃場の脇に置いたレーザー発光器から水平にレーザーを発光し、測定する地点においてレーザーを受ける受光部の高さとして土壌表面との距離を1 mm単位で計るものである。これにより各地点の標高の相対的な関係を知ることができる。さらに同日、TDR水分計 (Campbell社製ハイドロセンス) にて誘電率から土壌の体積含水率 (%) の推定値 (以下、土壌水分とする) を得た。測定においては、TDR水分計に12 cm長のロッド2本を装着し、ロッドを土壌の表面から鉛直に差し込んで3回計測し、その中央値を土壌水分として記録した。

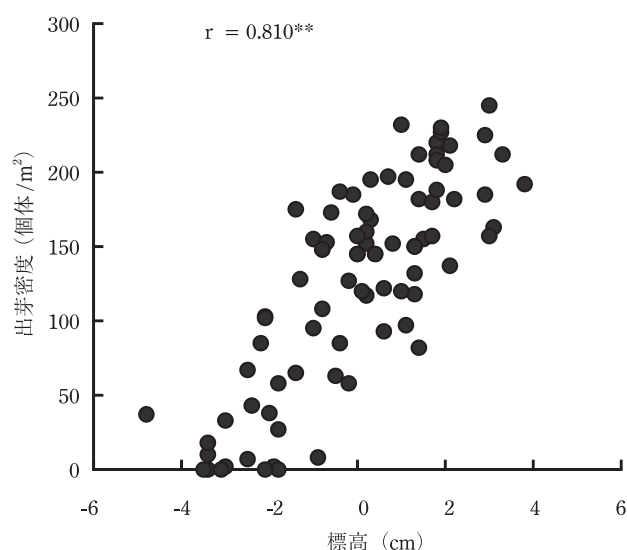
登熟期の2007年5月27日に、調査地点のうちで出芽がみられなかった5地点と出芽密度がm<sup>2</sup>あたり2個体以下であった2地点を除く73地点について草丈を調べた。また、同じ地点で6月2日にTDR水分計にて土壌水分を調べた。さらに、子実成熟期にこれらの各地点で各1条1 mの0.15 m<sup>2</sup>を手刈り収穫し、はざかけして乾燥させた後、脱穀して子実収量を求めた。

また、圃場の北西から南東への斜線上で、出芽が不良であった2地点 (西から20 m, 南から80 mの地点及び西から30 m, 南から70 mの地点) と良好であった2地点 (西から50 m, 南から50 mの地点及び西から90 m, 南から10 mの地点) について、2007年6月18日から26日に5回、上記と同様な方法で土壌水分の変動を調べた。

## 結 果

### 1. 生育初期の調査結果

圃場内の各調査地点における出芽密度を第1図に示した。西から20~50 m, 南から70~80 mの位置で出芽がほとんどみられなかった。また、西から50 m, 南から10 mの位置及び西から60 m, 南から100 mの位置を中心にスポット状に出芽不良の場所があった。

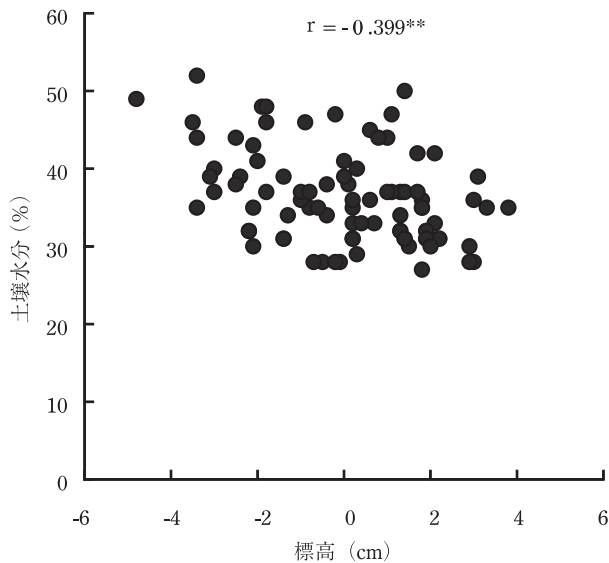


第3図 標高と出芽密度の関係。

標高は圃場全体の平均値を0 cmとし、プラスの位置は平均標高より高く、マイナスの位置は平均標高より低いことを示す。\*\*: 1%水準で有意。

圃場内の各地点の凹凸を第2図に示した。測定した80箇所の標高の平均値を求め、各地点が平均より高ければプラス、低ければマイナスの数値で示した。その結果、西から40 m, 南から10 mの位置が最も低く、平均よりも4.8 cm低かった。逆に西から30 m, 南から40 mの地点は観測地点の中で最も高く、平均より3.8 cm高かった。このことから、この圃場の凸凹は最大8.6 cmの範囲にあったことになる。これら圃場の凹凸と出芽密度の関係を第3図に示した。出芽密度は圃場の標高と密接な正の相関関係にあり、相関係数は1%水準で有意であった。すなわち、土面の低い場所ほどコムギの出芽が不良になっていた。

第4図に各調査地点の生育初期 (1月14日) における標高と土壌水分との関係を示した。土壌水分は標高との間に負の相関関係を示し、標高の低い位置で土壌水分が高い傾向にあった。第5図は、2月22日に撮影した調査圃場の降雨後の状態である。出芽不良の場所 (第1図) に水たまり



第4図 標高と土壌水分の関係。

2007年1月14日測定。標高は圃場全体の平均値を0 cmとし、プラスの位置は平均標高より高く、マイナスの位置は平均標高より低いことを示す。\*\*:1%水準で有意。



第5図 降雨後の圃場の状態。

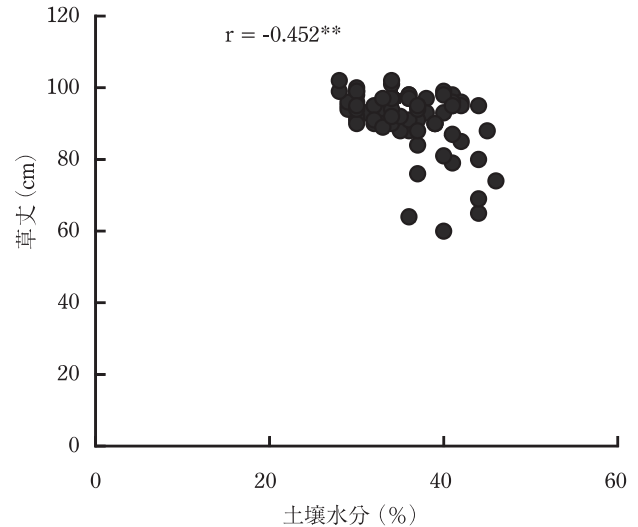
2007年2月22日に圃場の南西端から不出芽部を撮影。

りができ、その部分では長時間冠水することが観察された。

## 2. 生育後期の調査結果

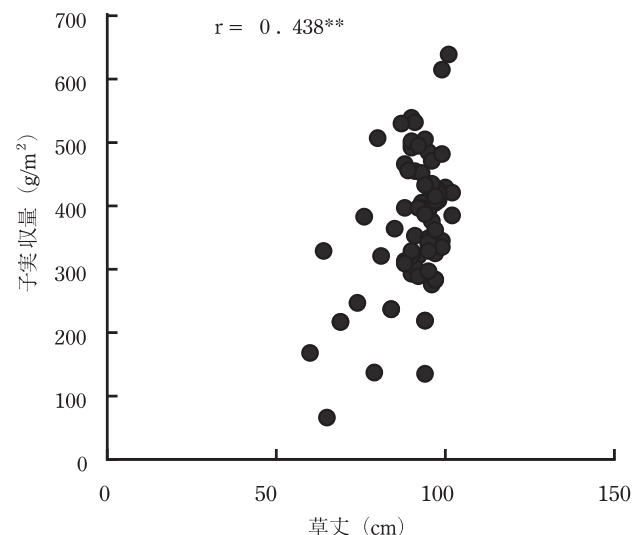
生育初期の調査の後、コムギの生育は順調に進み、2007年4月28日に穂揃期となった。なお、生育期間を通じ病害虫や倒伏の発生はみられなかった。

登熟期の2007年5月27日に、不出芽及び出芽不良地点を除く前述の73地点で草丈を測定した結果、 $91.3 \pm 8.6$  cm (平均 $\pm$ 標準偏差)であった。また、2007年6月2日に同じ各地点の土壌水分を測定したところ  $35.9 \pm 4.7\%$  であった。両者の関係を第6図に示したが、土壌水分が36%を超える地点で草丈が低い例があり、全体としては比



第6図 土壌水分と草丈の関係。

土壌水分の測定日：2007年6月2日。草丈の測定日：2007年5月27日。\*\*:1%水準で有意。



第7図 草丈と子実収量の関係。

\*\*:1%水準で有意。

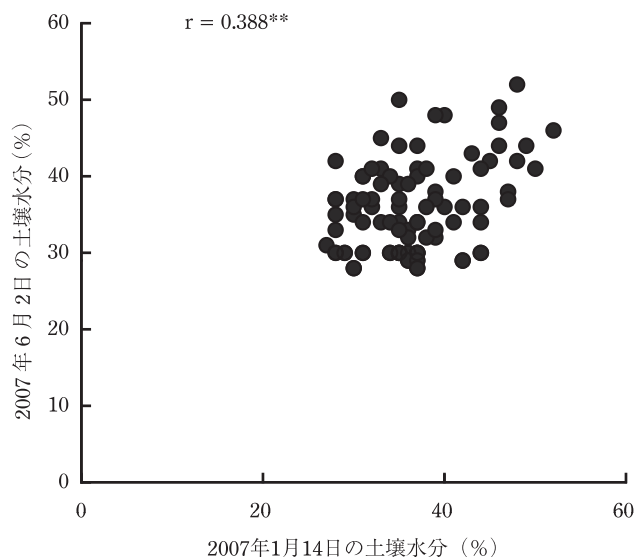
較的強い負の相関関係が認められた。なお、草丈の低い地点は、標高の低い不出芽地点の周辺に多くみられた。

坪刈り調査の結果、各位置の子実収量は  $377 \pm 106$  g/m<sup>2</sup> であった。草丈と収量の関係を調べたところ、第7図に示したように、ばらつきは大きいものの、草丈が低い位置では収量が低い傾向にあった。

## 3. 異なる測定日における地点別の土壌水分

第8図に生育初期の2007年1月14日に調べた土壌水分と生育後期の2007年6月2日に調べた土壌水分の関係を示した。図のように、両者は有意な正の相関関係にあった。また、2007年6月18日～26日において、出芽が少なかっ





第8図 各地点の生育初期と生育後期の土壌水分の測定値の関係。

\*\*：1%水準で有意。

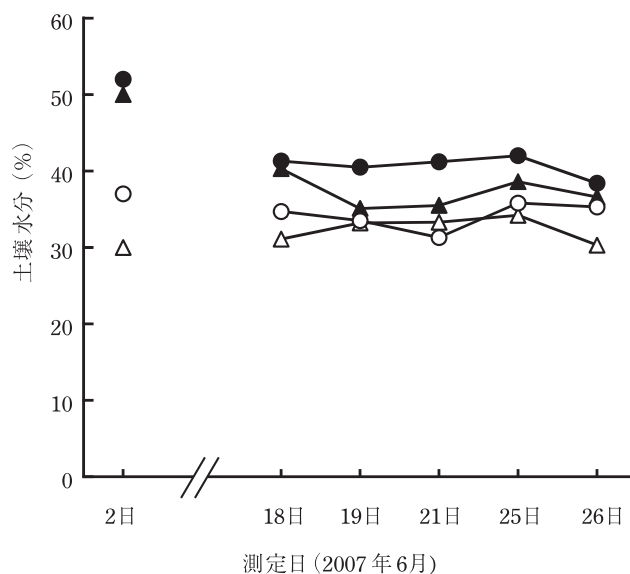
た2地点と出芽が多かった2地点の土壌水分を前述の6月2日のデータとともに第9図に示した。この間、6月7～10日に降雨があり、6月14日の降雨で梅雨入りした。また、6月22日と24日にも降雨があった。このような降雨後の経過の中で土壌水分の差異が大きい日もあり、小さい日もあったが、出芽の少ない地点と多い地点で土壌水分の測定値が逆転することはなく、圃場内の各地点の土壌水分の相対的な関係は、ほぼ安定していた。

### 考 察

今回、調査した圃場では、出芽が不良な地点や草丈が低かった地点でも病害虫の被害はみられず、養分欠乏症のような症状も観察されなかった。このため、この圃場のコムギの生育ムラの主因は土壌の過湿による湿害であったと判断できる。

この圃場では凹んでいたところで土壌水分が高くコムギに生育の不良がみられたが、これは標高の低い地点では表面排水が不十分であったため出芽期だけでなく生育期を通じて湿害を受けやすかったものと考えられた。オーストラリアにおける調査結果では、地下水位が30 cmを上回る程度とその継続期間が長いほど湿害による減収程度が大きくなることが示されている (Setter and Waters 2003)。今回の調査では地下水位を測定していないが、地下水面が通常は水平であると考ええると土面の凹凸が地下水面と土面との距離を決めることになり、標高の低い地点ほど土面と地下水面との距離が近いために登熟期に至るまでコムギの生育が抑制され続けたと考えられる。

我が国の水田の造成基準では圃場内の全ての測定点が平均標高の $\pm 3.5$  cm、すなわち7 cmの範囲におさまることを目標にしているため (広田・國広 2000)、今回の調査圃場はこの幅を若干超える凹凸があったに過ぎないことにな



第9図 出芽密度が異なる4地点の土壌水分の推移。

- ：西から20 m、南から80 mの出芽が不良な地点、
- ▲：西から30 m、南から70 mの出芽が不良な地点、
- ：西から50 m、南から50 mの出芽が良好な地点、
- △：西から90 m、南から10 mの出芽が良好な地点。

る。さらに、水稻の乾田直種栽培においては平均標高よりもわずか2 cm低い場所でも出芽率が低下するという報告があることから (在原ら 2003)、本調査で観察された土面の低い場所での出芽不良は、年によっては多くの作物、多くの水田圃場でしばしばみられる現象であるのかもしれない。

土壌水分は耕起後の経過期間や降雨後の日数により変動すると考えられるため、圃場内の各地点の土壌水分は生育期間を通して連続測定するのが理想であるが、現地調査の場合、それは難しい。本調査の範囲内では、圃場の各地点の土壌水分の相対的な関係は生育期間を通し、降雨後の日数に関わらず比較的安定していた。このため、圃場内の生育ムラの原因をつきとめるためには、必ずしも土壌水分を連続測定する必要はなく、数回の測定で各地点の土壌水分の相対的な関係を把握することが可能であろうと考えられた。

なお、この調査は1圃場の事例調査の結果であり、地下浸透に影響する土壌の内部構造は圃場により大きく異なると考えられるため、地域全体の湿害発生の様相を明らかにするためには、今後、多くの観察事例を積み重ねていくことが必要であると思われる。

**謝辞：**コムギの湿害対策技術の開発に活用する資料とすることにご理解をいただき、本調査を快く受け入れていただいた生産者の方に感謝の意を表する。なお、この圃場は本調査の後、レーザーを用いた最新の均平技術により整地され、直播水稻、ムギ、ダイズのローテーションを行う輪作体系に組み込まれた。

## 引用文献

- 在原克之・岩渕善彦・小山豊 2003. 田面凹凸に起因する乾田直播水稲の出芽不良要因の解明. 千葉農総研研報 2 : 35-41.
- 浜地勇次 2000. 湿害. 農林水産技術会議事務局, 農林水産研究文献解題 No. 23, 麦 高品質化に向けた技術開発. 農林統計協会, 東京. 331-333.
- 広田純一・國広洋二 2000. 圃場整備計画. 農業土木学会編, 農業土木ハンドブック本編. 農業土木学会, 東京. 118-146.
- 稲村達也・吉川茜・松本憲悟・池永幸子・井上博茂・山末祐二 2007. コムギ収量の圃場内変動をもたらす要因の解析と可変量管理の可能性. 日作紀 76 : 189-197.
- 気象庁 2006. 過去の気象データ (江戸崎). <http://www.data.jma.go.jp> (2008/3/3 閲覧).
- 長野間宏 1995. 大区画化に伴う栽培管理上の問題点. 農土誌 63 : 921-924.
- Nakagami, K., T. Ookawa and T. Hirasawa 2004. Effects of a reduction in soil moisture from one month before flowering through ripening on dry matter production and ecophysiological characteristics of wheat plants. *Plant Prod. Sci.* 7 : 143-154.
- 農林水産省統計部 2007. 主要被害種類別被害. 農作物 (麦類). ポケット農林水産統計, 平成19年版. 農林水産省大臣官房統計部, 東京. 225.
- 小柳敦史・乙部 (桐渕) 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群の過湿な水田圃場における生育と収量. 日作紀 73 : 300-308.
- Setter, T.L. and I. Waters 2003. Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. *Plant Soil* 253 : 1-34.
- 吉田美夫 1977a. 水田におけるムギの湿害の理論と実際 (1). 農業技術 32 : 492-496.
- 吉田美夫 1977b. 水田におけるムギの湿害の理論と実際 (2). 農業技術 32 : 529-534.
- Nakagami, K., T. Ookawa and T. Hirasawa 2004. Effects of a reduction in

**Relationship of Growth Variability, with Ground Level and Soil Water Content in a Large Paddy Field in Inashiki-city, Ibaraki-prefecture in 2007—Wet Injury of Wheat—** : Atsushi OYANAGI (*Natl. Inst. Crop Sci., Tsukuba 305-8518, Japan*)

**Abstract** : There was a heavy rain fall on Nov. 19-20 and Dec. 26-27, 2006 in Ibaraki-prefecture. We examined wheat growth and soil conditions in a large paddy field in Inashiki-city, Ibaraki-prefecture, where poor emergence and large variability of growth were observed. Eighty observation points were set in the field and the ground level, plant density and soil water content were measured on Jan. 14, 2007. Plant density was low at the points where the ground level was low and soil water content was high. Moreover, a negative correlation was found between soil water content and plant height at the late growth stage and a positive correlation was obtained between plant height and grain yield. Low ground points tended to have high soil water contents throughout the wheat growth period.

**Key words** : Excess-moisture injury, *Triticum* spp., Upland field converted from paddy field, Wet endurance.