

[ 別紙 2 ]

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 張 喜 英

中国河北省の太行山麓の平原地帯では、コムギとトウモロコシが栽培されることが多い。この二毛作には800 mm以上の水が必要であるが、年間降水量は約500 mmしかないため、地下水を利用した灌漑が行われている。大量の灌漑用水の利用によって地下水位が低下を続けており、持続可能な発展を脅かしている。そこで本研究では、コムギとトウモロコシの二毛作における水利用効率を向上させるための研究を行った。

### 1. 土壌表面からの水分蒸発の削減

ライシメーターを用いて蒸発散量を測定した結果、コムギとトウモロコシを栽培するには、いずれも450 mm程度の蒸発散量が必要であった。また、生長期間中の平均作物係数は、いずれも約1であった。蒸発散量に占める蒸発量の割合は両作物で30%程度であったが、これには、葉面積指数と土壌表層の水分含量が大きな影響を与えた。

土壌表面からの蒸発量を削減する方法として、ワラマルチと土壌表層の耕起を検討した。ワラマルチでは現在の収量レベルを維持しながら、水分利用効率を10%増加させることができた。これは灌漑なら40 mmの節水にあたる。また、土壌表層の耕起は、土壌表面からの蒸発を約20 mmを減少させた。

### 2. 効率的な水利用のための根系管理

フィールドでの根系調査で、コムギとトウモロコシの根系は大型であった。到達深度はそれぞれ約2.0 mと約1.2 mで、両者の根域は相互補完的と考えられる。ただし、根量の大部分は土壌表層に集中しており、土壌深層で根系が発達していないことは、土壌水分の有効利用を制限することになる。

深耕して硬盤層を破壊したところ、土壌深層まで根を分布させることができた。また、多量の灌水を行うと、土壌深層まで根が達する。窒素とリンが不足すると根の生長が促進され、茎葉部に対する根系の比率が低下した。カリウムが不足すると、作物の生育反応を規定するのは土壌中の陽イオンであった。条播を散播にすると土壌表層における根の分布を均一化し、しかも根長密度が増加して吸水が増え、土壌表面からの蒸発が減少した。

### 3. 灌漑計画の最適化

灌漑計画の最適化について検討した結果、水利用効率を改善して収量を向上させるためには、灌漑のタイミングが重要であった。回復期や登熟期に軽度な水ストレスがかかると、収量が増加した。節間伸長期から開花期に水ストレスがかかると収量が減少するが、粒重

がわずかに増加した。節間伸長期と穂ばらみ期に中程度か強度の水ストレスがかかると、小穂数と小穂当たりの粒数が著しく減少した。回復期と登熟後期の灌漑をやめると収量が向上し、水利用効率も上昇した。

節間伸長期と、穂ばらみ期から開花期の2回、灌漑を行った場合に収量が最大となった。3回灌漑できれば、節間伸長期、穂ばらみ期、登熟期が最も重要である。ここでは通常、4回の灌漑が行われているが、3回か2回まで減らせる。コムギ栽培で利益が最大となる灌漑用水量は、収量が最大の場合より少なかった。

#### 4. 作物水状況の指標

灌漑時期の指標として土壌水分含量と植物の生育状況があるが、土壌水分含量は作物の生育段階によって異なり、正午の気温と葉温との差が土壌水分条件と密接に関係していた。水ストレスがない場合の温度差を計算する関係式を求め、作物水ストレス係数 (CWSI) を計算した。CWSI の平均値が 0.1~0.2 となるように灌漑を行う必要である。

葉の水ポテンシャル(LWP)は葉位によって異なるし、日変化を示す。夜明け前の LWP は気象の影響を受けにくいため、作物の水状態の指標として有効である。LWP および温度差は、灌漑計画の指標として有効と考えられる。

以上、土壌蒸発を減少するためのワラマルチ、土壌深層の水分を効率的に吸収するための根域の改善、効果的な灌漑計画による灌漑回数の削減によって、作物の水分利用効率を改善できることが明らかとなった。この3つを組み合わせれば、トウモロコシとコムギの二毛作における灌漑用水を節約することができる。雨期にトウモロコシを栽培する場合にワラマルチをすれば、そこで節約できた水分が、コムギの播種前に土壌中に確保できる。また、コムギの根系によって土壌深層に残った水分を効率的に利用することができれば、灌漑水への依存を改善し、最適化された灌漑計画を効果的に適用できる。これらの方法を広く採用すれば水利用効率を 10% 上昇させることができるが、これは 60-120 mm の節水に相当し、この地域における地下水資源の持続可能な利用が可能となることが期待できる。これらの知見は学術上また応用上、きわめて価値が高い。よって審査委員一同は本論文が博士（農学）に値するものと認めた。