

学 位 論 文 題 名

Study on the Improvement of Salt and Drought Tolerance
and Water Use Efficiency of Wintre Wheat
in Saline Soil Distributed in Semi-Arid Region
of Huang-Huai-Hai Plain, China

(中国黄淮海平原の半乾燥地域に分布する塩類土壌地帯における
冬コムギの耐塩－耐乾性と水利用効率の改善に関する研究)

学位論文内容の要旨

黄淮海平原は中国最大の沖積平原であり、総土地面積35万km²、耕地面積は1800万haであって、そのうち330万haが塩類土壌である。塩類土壌地域は農業生産性が低く、かつ不安定である。この地域の農業生産の主な制限要因は塩害、旱魃と低い土壌肥沃度にあると考えられる。そこで本研究は、1) 中日共同研究で半乾燥地域の塩類土壌における生育が最も良好である品種として選抜された冬コムギ品種A115と代表的な在来種Jimai-36の耐塩性ならびに耐乾性の特性を比較解明し、2) 冬コムギの水利用効率に影響をもたらす要因とコムギの水利用効率の向上をもたらす方法を検討して、この地域における冬コムギの収量性向上と水の効率的利用法を明らかにすることを目的として実施した。得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 選抜品種と在来品種における耐塩性の特性解析

- 1) 塩ストレスは種子の水吸収を阻害し、種子の発芽率と発芽に要する時間に対する発芽率の比（発芽指数）を低下させた。塩ストレスが発芽に及ぼす悪影響は種子の低水分含有率によるものではなく、培地の高塩濃度自体に起因した。発芽指数は、発芽時における耐塩性を評価する良い指標であった。塩ストレス下での発芽指数はA115でJimai-36より常に高く、A115に30%以上の発芽障害をもたらす溶液中の限界塩濃度は1.2%であり、土壌の塩含有率に換算すると0.3%に相当した。したがって発芽過程におけるA115の耐塩性はJimai-36より強いと判断された。
- 2) A115の出芽は、発芽後の幼芽の成長速度が速いためJimai-36より早く、30%以上の出芽障害をもたらす限界の土壌中塩含有率は0.3%であった。
- 3) 高濃度塩の阻害作用は根より茎葉の成長に対して大きいため、塩ストレス下で生育したコムギの根/地上部乾物重比（R/T比）は塩ストレスがない土壌で生育したコムギより上昇した。しかし、塩ストレス下におけるA115のR/T比はJimai-36より低く、その原因は体内の高Na含有率に対する耐性がA115でJimai-36より高いことに起因した。
- 4) A115の根のNa排除排除能はJimai-36より高く、K吸収能も高かった。

5) A115が保持する以上の諸機能により、耐塩性はA115でJimai-36より高く、塩ストレス下におけるバイオマスと子実収量はA115でJimai-36より高かった。A115に30%以上の収量低下がもたらされる土壤の塩含有率は0.35%であった。

6) したがって、冬コムギの耐塩性を改善するためには、発芽時の耐塩性、発芽後の幼芽の伸長速度、根のNa排除能とK吸収能、ならびに体内の高Na含有率に対する耐性を高めることが重要である。

2. 選抜品種と在来品種における耐乾性の特性解析

1) 早魃が発生する水ストレス強度は品種によって異なり、Jimai-36でA115より高かった。したがって、耐乾性はJimai-36でA115より高かった。

2) 発芽時の耐乾性は発芽率と発芽に必要な時間によって決定された。発芽率は、A115では0.4M以上のマンニトール濃度で低下したのに対し、Jimai-36では0.7M以上で低下し、発芽に必要な時間はすべてのマンニトール濃度でJimai-36で短かった。これらの結果は種子による水吸収能がJimai-36でA115より高いことによるものであり、水ストレス下での水吸収能がJimai-36でA115より高いことは種子の粒径が小さいことと関連した。

3) 両品種の出芽率は土壤の水含有率が8%以下で低下し、出芽に要する時間は12%以下で遅延した。しかし、このような水ストレス下での出芽率はJimai-36でA115より高く、出芽に要する時間もJimai-36でA115より短かった。

4) 葉の水含有率は土壤の水含有率が高い場合にはA115でJimai-36より高かったが、土壤の水含有率が低い場合にはJimai-36でA115より高かった。水ストレス下で認められたJimai-36の葉の高い水含有率は、出芽後の根の伸長速度がJimai-36でA115より速いことに起因した。その結果、水ストレス下での茎葉の生育もJimai-36でA115より勝った。生育初期の水利用効率には両品種間に有意差がなかった。

5) 子実収量は、水ストレスが緩やかな場合にはA115でJimai-36より高かったが、強い水ストレス下ではJimai-36でA115より高く、子実生産のための水利用効率もJimai-36で高かった。

6) したがって、冬コムギにおける耐乾性の改善のためには、種子による水吸収能、出芽後の根の伸長速度および開花後の水利用効率を高めることが重要である。

3. 水利用効率に影響を及ぼす要因と効率的な水利用法

1) 水利用効率は土壤の水分含有率、灌漑の水量と時期、施肥量および品種によって影響された。

2) 土壤の水分含有率が著しく低い場合には乾物生産の低下が蒸散の低下より激しいために水利用効率は低下し、水分含有率が比較的高い場合には水利用効率は上昇した。

3) 灌漑水量が水利用効率に及ぼす影響も基本的に2)と同じであった。しかし、灌漑水量が過剰である場合には水利用効率が低下するばかりでなく、倒伏がおこって収量は低下し、倒伏が起こらない場合でも増収の程度は小さかった。

4) 灌漑を2ないし3回に分けて行うことにより、子実収量と水利用効率がともに上昇した。幼穂形成期と開花期に灌漑することにより子実収量と水利用効率が特に上昇した。

5) 灌漑下で窒素肥料を施肥することにより、子実収量と水利用効率がともに上昇

した。リン酸肥料の施肥も両者を上昇させたが、その寄与度は窒素肥料より小さかった。カリ肥料の施肥効果は小さかった。

6) 灌漑下での堆肥施与も子実収量と水利用効率をともに上昇させた。

以上の結果に基づいて、半乾燥塩類土壌地域における冬コムギの収量性向上と水の効率的利用のために下記の方法を提案した。

- 1) 耐塩性と耐乾性の高い品種の選抜および育種。
- 2) 幼穂形成期と開花期における地下水灌漑。
- 3) 窒素とリン酸肥料の施肥。
- 4) 堆肥の施与。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 但 野 利 秋

副 査 教 授 波 多 野 隆 介

副 査 助 教 授 大 崎 満

副 査 助 教 授 高 橋 英 紀 (北海道大学地球環境科学研究科)

学 位 論 文 題 名

Study on the Improvement of Salt and Drought Tolerance and Water Use Efficiency of Wintre Wheat in Saline Soil Distributed in Semi-Arid Region of Huang-Huai-Hai Plain, China

(中国黄淮海平原の半乾燥地域に分布する塩類土壤地帯における
冬コムギの耐塩－耐乾性と水利用効率の改善に関する研究)

本論文は、図61、表42、引用文献146を含み、6章からなる総頁数132の英文論文である。別に参考論文23編が添えられている。

本論文は、半乾燥塩類土壤地帯における冬コムギの生産性向上と効率的水利用法を明らかにすることを目的として実施した研究の成果をとりまとめたものである。得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 選抜品種と在来品種における耐塩性の特性解析

1) 発芽時の耐塩性はA115でJimai-36より高く、この品種間差は種子の水吸収能の差異によるものではなく、培地の高塩濃度自体に対する耐性の差異に起因した。

A115に30%以上の発芽障害をもたらす土壤の水溶性塩含有率は $3\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ であった。

2) 出芽時の耐塩性もA115でJimai-36より高かった。この品種間差は発芽後の幼芽の伸長速度の差異に起因した。A115で30%以上の出芽障害をもたらす土壤の水溶性塩含有率は $3\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ であった。

3) 出芽後の耐塩性もA115でJimai-36より高かった。この品種間差は根のNa排除能およびK吸収能と地上部の高Na含有率に対する耐性がA115でJimai-36より高いことに起因した。

4) A115が保持する以上の諸機能により、耐塩性はA115でJimai-36より高く、塩ストレス下におけるバイオマスと子実収量はA115でJimai-36より高かった。

5) したがって、冬コムギの耐塩性を改善するためには、発芽時の耐塩性、塩ストレス土壤条件下における発芽後の幼芽の伸長速度、根のNa排除能とK吸収能、なら

びに体内の高Na含有率に対する耐性を高めることが重要である。

2. 選抜品種と在来品種における耐乾性の特性解析

- 1) 発芽時の耐乾性はJimai-36でA115より高かった。この品種間差は水ストレス下での種子による水吸収能の差異に起因し、水吸収能がJimai-36でA115より高いことは種子の粒径が小さいことと関連した。
- 2) 出芽時の耐乾性もJimai-36でA115より高かった。この品種間差は水ストレス下での出芽率がJimai-36でA115より高く、出芽に要する時間もJimai-36でA115より短いことに起因した。
- 3) 出芽後の耐乾性もJimai-36でA115より高かった。この品種間差は水ストレス下での葉の水含有率がJimai-36でA115より高いことによるものであり、それは出芽後の根の伸長速度がJimai-36でA115より速いことに起因した。
- 4) 子実生産のための水利用効率はJimai-36で高かった。
- 5) Jimai-36が保持する以上の諸機能により、耐乾性はJimai-36でA115より高く、その結果水ストレス下での子実収量はJimai-36でA115より高かった。
- 6) したがって、冬コムギにおける耐乾性の改善のためには、種子による水吸収能、出芽後の根の伸長速度および開花後の水利用効率を高めることが重要である。

3. 水利用効率に影響を及ぼす要因と効率的な水利用法

- 1) 水利用効率は土壌の水含有率、灌漑の水量と時期、施肥、堆肥の施与および品種によって影響された。
- 2) 水利用効率は、土壌の水含有率が著しく低い場合には乾物生産の低下が蒸散の低下より激しいために低下し、水含有率が比較的高い場合には上昇した。
- 3) 灌漑水量が水利用効率に及ぼす影響も基本的に2)と同じであった。しかし、灌漑水量が過剰である場合には水利用効率が低下するばかりでなく、倒伏がおこって収量は低下し、倒伏が起こらない場合でも増収の程度は小さかった。
- 4) 子実収量と水利用効率は、灌漑を2ないし3回に分けて行うことによりいずれも上昇し、幼穂形成期と開花期に灌漑することにより特に上昇した。
- 5) 灌漑下で窒素肥料を施肥することにより、子実収量と水利用効率がともに上昇した。リン酸肥料の施肥も両者を上昇させたが、その寄与度は窒素肥料より小さかった。カリ肥料の施肥効果は小さかった。
- 6) 灌漑下での堆肥施与は子実収量と水利用効率をともに上昇させた。

以上の結果に基づいて、半乾燥塩類土壌地帯における冬コムギの生産性向上と水の効率的利用のために下記の方法を提案した。

- 1) 耐塩性と耐乾性の高い品種の選抜および育種。
- 2) 幼穂形成期と開花期における地下水灌漑。
- 3) 窒素とリン酸肥料の施肥。
- 4) 堆肥の施与。

以上のように、本研究は、半乾燥塩類土壌地帯に適応した冬コムギ品種の耐塩性と耐乾性の主要機構を明らかにすると同時に、冬コムギの水利用効率に影響を与える要因を明らかにして、半乾燥塩類土壌地帯における冬コムギの生産性向上法と効

率的水利用法を提示したものであり、学術上、応用上高く評価される。よって審査員一同は、劉 孟雨は博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。