

氏名	でん 西 平 しーびん 鄧 西 平
学位の種類	博士 (農学)
学位記番号	乙第37号
学位授与年月日	平成16年 3月12日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	Eco-physiological adaptation and yield improvement of spring wheat under different water and nutrient management in the Loess Plateau, China (中国黄土高原における春コムギの生理生態的応答と養水管理による収量性の改良)
学位論文審査委員	(主査) 稻永 忍 (副査) 藤原 勉 田中 淨 高橋 肇 濱村 邦夫

学位論文の内容の要旨

The Loess Plateau of northwestern China is characterized by a semiarid climate where dry land farming has been practiced for four thousand years. The main crop in this region is wheat (*Triticum aestivum* L.); winter wheat is mainly cultivated in irrigated areas where water is relatively available, and spring wheat is mainly cultivated under rain-fed conditions. However, spring wheat production in the rain-fed agricultural areas is seriously limited by water shortage and soil nutrient deficiency due to severe water loss and soil erosion. To improve spring wheat productivity in this region, eco-physiological traits of drought resistance and effective cultivation techniques were investigated. The main research and results are as follows

1. The effect of water stress simulated by polyethylene glycol on seedling establishment of two spring wheat cultivars, Hongmang and Mianyang 11, was tested. The growth of Mianyang 11 under water stress decreased more than that of Hongmang at all the stages of seedling establishment. This suggested that Hongmang was more drought tolerant than Mianyang 11. The critical water potential of the surrounding medium in which seedlings of the two cultivars could survive during seedling establishment was -1.05 MPa at plumule elongation stage. Therefore, plumule elongation was the most sensitive stage to water stress. At the beginning of germination under water stress, ATP concentrations in radicle of Hongmang increased more than that of Mianyang 11. This showed that that ATP concentration associated with anabolism may be related to drought tolerance

2. The effects of two water regimes on net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (g_s), and

intercellular CO₂ concentration (C_i) were investigated at the jointing, booting, anthesis, and grain filling stages of spring wheat cv. Dingxi 81-392. This is the most popular cultivar in the Loess Plateau. In comparison with control, low soil moisture invariably reduced P_n during the diurnal variations at all growth stages. P_n and g_s of plants in both soil moisture regimes was maximally reduced at midday. Atmospheric drought at midday decreased g_s , while C_i increased.

This may suggest that the decrease in P_n at midday was not only related to stomatal closure but also related to a reduction in photosynthetic activity of mesophyll.

3. To assess the effects of fertilization and planting density on the grain yield and water use efficiency (WUE) of spring wheat cv. Hongmang, field experiments were conducted for two years in the semiarid condition. The amount of fertilizer was highly and positively correlated with the grain yield and WUE, while planting density showed no correlation with these parameters. Application of fertilizer improved development of root system in the top 0-20cm soil layer, which may lead increases in WUE and grain yield. The results also indicated that application of P and N increased biomass and grain yield, but the application of K had no effect on these parameters.

4. The effects of fertilization and supplemental irrigation at the jointing, heading and grain filling stages on plant growth, yield and WUE of spring wheat were investigated. The result showed that leaf area, root dry mass and grain yield increased as the amount of fertilizer increased. Under the fertilized soil condition, supplemental irrigation at the jointing stage considerably increased kernel number per ear, kernel mass and grain yield. The optimal irrigated WUE was induced by supplemental irrigation at the rate of 60 mm. Supplemental irrigation at jointing stage ensured the most efficient use of soil water.

From this study on common spring wheat cultivars, it was observed that there were cultivar differences in drought tolerance during seedling establishment and midday depression of photosynthesis that may reduce grain yield under water stress conditions. It might be possible to take advantage of such knowledge for improving seedling establishment and yield under drought. The results from the different water and nutrient managements showed that application of N and P enhanced root growth and grain yield, and that supplemental irrigation at the rate of 60 mm during the jointing stage results in optimum WUE and increased grain yield. Therefore, effective fertilization and supplemental irrigation could lead to better use of limited water resources and increased wheat yield in semiarid areas.

論文審査の結果の要旨

中国黄土高原は半乾燥地域に属し、その西北部では、冬の気温が低く、灌漑水にも恵まれていないため、主に天水による春コムギ生産が行われている。しかし、この地域では土壌水分の不足と土壌肥沃度の低さのため、その子実収量レベルは ha 当たり 1.5 t と低い。本研究は、黄土高原の天水農業地

帯における春コムギの生産力の向上に資するため、今後の品種改良の指針となる、苗立ちと光合成に関わる生理生態的形質、および養水管理のあり方について検討したものである。主要な成果は以下の通り。

1. 苗立ちと水ストレスとの関係：耐乾性の強い春コムギ品種 Hongmang と、乾燥感受性品種 Mianyang11 を用いて、早魃に最も弱い生育段階の一つである苗立ち（発芽直前、発芽、幼芽伸長、出芽の各過程からなる）に及ぼす水ストレスの影響について調べた。その結果、苗立ちの各過程における幼植物の生育可能な水ポテンシャルの臨界値が、両品種ともに幼芽伸長期において最も高いことを明らかにした。

2. 光合成と水ストレスとの関係：Hongmang と同様に耐乾性の強い春コムギ品種 Dingxi 81-392 を用いて、植物体の乾物生産や子実生産を規定する葉の純光合成速度 (P_n)、気孔コンダクタンス (g_s)、および葉内 CO_2 濃度 (C_i) に及ぼす水ストレスの影響について調べた。調査時期は、節間伸長期、穂ばらみ期、開花期および登熟期の各生育段階とした。その結果、土壌水分が低い場合には、それが高い場合に比べ、日中の P_n が全ての生育段階において常に低いことを認めた。また、土壌水分条件に関わらず、全ての生育段階で P_n および g_s が真昼において最も低下すること（光合成の昼寝現象）、これが大気乾燥によるものであることを明らかにした。光合成の昼寝現象の過程では、気孔の閉鎖にも関わらず C_i の上昇が確認されたことから、日中の光合成の低下には気孔の閉鎖のみならず、葉緑体の光合成活性の低下も関与すると結論付けた。

3. 施肥量と栽植密度が子実収量および子実生産への水利用効率に及ぼす影響：品種 Hongmang を用いて、子実収量に対する肥料三要素（窒素、リン、カリ）の施用効果について検討を行い、子実収量の増大効果が、リンで最も高く、次いで窒素であり、カリにはそうした効果が認められないことを見出した。ha 当り窒素 190 kg・リン酸約 135 kg のレベルまでは、施肥量の増加が子実収量と子実生産への水利用効率をほぼ直線的に増大させるが、ha 当り窒素約 120 kg・リン酸約 180 kg のレベルになると前者の増大を鈍化させ、後者については減少させることを認めた。また、栽植密度に関しては、 m^2 当り 500 粒のレベルで子実収量が最大となり、子実生産への水利用効率には影響を与えないことを明らかにした。

4. 補助灌漑水量が子実収量と子実生産への水利用効率に及ぼす影響：現地では、雨水を溜める貯水池の造成により、補助灌漑の導入が可能となりつつある。そこで、ポット植えした品種 Dingxi 81-392 を用いて、節間伸長期、出穂期および登熟期のいずれの時期の補助灌漑が子実収量を最も増大させるか調べ、それが節間伸長期のものであることを明らかにした。加えて、圃場実験においても、節間伸長期の補助灌漑が子実収量の増大に最も効果的であることを認めた。さらに、灌漑水量と灌漑開始時期とを組み合わせた圃場実験を行い、子実収量が最大（ha 当り約 5.3 t）となるのは、節間伸長期から登熟期にかけて 180 mm 灌漑した場合であることを明らかにした。また、子実収量への水利用効率が最大となるのは、節間伸長期から出穂期の間 90 mm 前後の灌漑を行った場合であり、この時の子実収量が ha 当り約 4.3 t であることを認めた。加えて、灌漑水量に対する子実生産への水利用効率が最大となるのは、節間伸長期に 60 mm 灌漑した場合であり、この時の子実収量が ha 当り約 3.9 t となることを示した。

以上、本論文は、中国黄土高原における春コムギ収量の増大には、品種改良の面においては、苗立ち過程の幼芽伸長期、および気孔コンダクタンスと葉緑体の光合成活性に着目した、水ストレス耐性の向上が重要であること、また養水管理の面においては、特にリンと窒素の施用、および節間伸長期の補助灌漑が重要であることを提言したものであり、博士（農学）の学位論文として十分な価値を有するものと判定される。