

## 穂肥重点施肥による暖地向けコムギの高品質・多収栽培技術

水田圭祐（香川大学農学部）

国産コムギは外国産のコムギに比べて生産量や品質が不安定であるため、収量と品質の高位安定化が求められている。特に、自給率の向上には、子実タンパク質含有率を高める栽培技術を構築する必要がある。本研究では、山口県、熊本県および香川県の水田転換畑における各コムギ品種の収量と品質の向上を目的として、「窒素肥料の追肥時期や追肥量の改良による高品質・多収栽培技術の開発」と「茎立ち期中の受光量に着目した耐倒伏性向上技術の開発」に関する栽培学的研究を進めた。研究成果は以下のよう

### 1. 窒素肥料の追肥時期や追肥量の改良による高品質・多収栽培技術の開発

コムギの品質評価においては、子実タンパク質含有率の値が重要になるが、子実タンパク質含有率は収量とトレードオフの関係にあるため、高品質と多収の両立が極めて難しいことが課題となっている。子実タンパク質含有率や収量は窒素の施肥時期や施肥量に強く影響されるため、窒素肥料の吸収効率が低いとされている茎立ち期よりも前の窒素施肥（基肥や分けつ肥）を省略し、その分を窒素吸収効率が高まる茎立ち期以降に重点的に追肥する「穂肥重点施肥」を考案し、その効果を熊本県の“ミナミノカオリ”、山口県の“せときらら”、香川県の“さぬきの夢 2009”で検証した。その結果、穂肥重点施肥体系で育てたコムギは、品種に関係なく、いずれも慣行的な分施肥体系に比べて分けつの有効化率が高まることや、地上部窒素蓄積量が多くなることにより、収量や子実タンパク質含有率を高めることを明らかにした（業績 1, 2, 10）。一方で、穂肥重点施肥では、湿害や発芽不良によって十分な初期生育が確保できなかった場合には効果が十分に発揮できない可能性や、窒素追肥量を一定以上に増やしても収量が頭打ちになるといった課題も示した（業績 1, 2）。初期生育が不良となった場合は、茎立ち期前の窒素施肥を行うことで生育や収量が改善されると考え、播種量を減らして疑似的に初期生育を抑えた群落において、基肥や分けつ肥を可変的に施肥する可変的な穂肥重点施肥の効果を検証した。その結果、基肥や分けつ肥の増肥は最高茎数を増やすものの、茎の無効化率も高めるため、穂数や収量を高めることはなかった（業績 4, 10）。むしろ穂肥重点施肥体系では、最低でも発芽数 80 本  $m^2$  以上（通常の苗立ち数の 2/5 程度）を確保できれば十分な収量が得られることを明らかにした。また、穂肥重点施肥体系で窒素を多施用しても収量が高まらなくなる原因は、受光量が制限要因になっているためと考え、受光量を高める広畝密条薄播き栽培法を考案した。西日本の慣行的な栽培法では、幅 1.5~2 m の畝と畝間（明渠）を設定し、4~6 条程度のドリル播きを行う。それに対して広畝密条薄播き栽培法では、畝幅を通常の 3 倍（広畝）とし、播種密度を変えずに条数を 2 倍にすることによってコムギ個体間の距離を約 2 倍に広げた密条薄播きとした。その結果、広畝密条薄播き栽培法は通常の畝たて栽培に比べて、穂揃い期以降の個体群成長速度が高まることによって収量が高まることに加え、地上部窒素蓄積量が多くなることによって子実タンパク質含有率を高く維持できた（業績 8）。さらに省力的に穂肥重点施肥ができるように肥効調節型肥料を茎立ち開始期に施用する方法や、スマートフォンで撮影した可視画像による生育診断法および追肥量の最適化手法も開発した（業績 5, 11, 12）。

### 2. 茎立ち期中の受光量に着目した耐倒伏性向上技術の開発

窒素施肥はコムギの収量や品質を高めるが、窒素施肥量を増やすことは倒伏の発生リスクも高める。倒伏のリスクは、茎立ち期に窒素を多く追肥すると稈長が長くなるために高まりやすくなるとされている。茎立ち期以降に窒素を多量に追肥する穂肥重点施肥では、慣行の施肥体系に比べて倒伏の発生リスクが高まる可能性もあると予想された。しかし、穂肥重点施肥で栽培した群落は、成熟期の草丈が慣行的な分施肥体系に比べて有意に短く、むしろ倒伏のリスクが低かった（業績 1）。同様の結果は茎立ち期以降の窒素追肥量をさらに増やした穂肥重点施肥区でも確認されたことから、倒伏のリスクを高める原因は窒素以外の要因である可能性が示された（業績 1）。また、倒伏程度が低い群落では、茎立ち開始期における葉面積指数や緑面積指数、被覆率（畝上の植物体が占める割合）が低いことも明らかにした（業績 2）。上記の結果から、コムギ群落で倒伏の発生リスクが高まる主要因は窒素の直接的な作用ではなく、窒素追肥によって茎立ち期前に茎葉が大きくなり相互遮蔽が激しくなるためであると仮説をたて、検証試験を行った。基肥や分けつ肥を多く施用したり、播種量を通常の 2 倍に増やした処理区はいずれも茎立ち開始期の被覆率が高く、茎の形態も共通して下位の伸長節間長が長く、節間 1 cm あたり乾物重（硬さの評価指標）が軽く、倒伏程度も大きかった（業績 3, 5, 8）。茎立ち開始期から止葉抽出期まで遮光した区でも同様の反応が観察されたことから、倒伏の発生リスクは、窒素追肥時期や追肥量に関係なく、茎立ち期中における受光量に強く影響されていることが明らかとなった（業績 3）。前述した広畝密条薄播き栽培法のように、個体間の間隔を広げる栽培様式は倒伏リスクを抑えると考え、播種密度を半減させた薄播きと散播を組み合わせた播種様式の効果を検証した。その結果、節間 1 cm あたり乾物重が重くなり、成熟期の倒伏程度が低くなった。一方で、収量は一穂粒数や千粒重が増加することによって穂数の減少が補償され、高い水準となった（業績 6）。一連の圃場試験において、茎立ち開始期の被覆率と、成熟期の倒伏程度や開花 2 週間後の節間 1 cm あたり乾物重との間には強い相関関係があったことから、茎立ち開始期の被覆率から倒伏リスクを予測する「被覆率の診断による倒伏リスクアラート」技術を提案した（業績 6, 10）。上記の成果を受けて、日射の状態や雑草の有無が不均一な圃場条件でもコムギだけの被覆率を精度よく求める手法の開発も進めている。単眼深度推定モデル（MiDaS）を利用した手法では、地表に近い緑色のドット（すなわち雑草のイメージ）を除外する上で同モデルが有効であることを示した。また、HSV カラーモデルを用いた手法が、日射量や太陽光の入射角度、雲の有無などの影響を受けにくく、精度よく被覆率を予測できることを明らかにした（業績 7）。

以上のように本研究は、西日本で栽培されるコムギにおいて解決すべき課題、すなわち高品質・多収化に資する技術を開発し、その研究成果が国内数県の栽培技術に取り入れられる具体的な事象とその機序を示した点で極めて優れている。さらに、これらの成果を応用して、香川県のように降水量が少ない地域であれば栽培可能とされているパスタ用コムギ（デュラムコムギ）の栽培・利用についても研究を遂行している（業績 9, 11, 13）。これらの取り組みは、今後さらなる研究の発展が期待されることから、日本作物学会研究奨励賞の受賞に値すると高く評価される。

## 研究業績

1. 水田圭祐・荒木英樹・中村和弘・松中仁・丹野研一・高橋肇 2017. パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」における穂肥重点施肥が収量や子実タンパク質含有率におよぼす影響. 日本作物学会紀事 86: 319-328.
2. 水田圭祐・荒木英樹・高橋肇 2019. 穂肥重点施肥による多収パン用品種「せときらら」の高品質多収化. 日本作物学会紀事 88: 98-107.
3. Mizuta, K., Araki, H. and Takahashi, T. 2020. Shifting timing of intensive nitrogen topdressing later to the stem-elongation phase reduced lower internodes length and lodging risk of wheat. *Plant Production Science* 23: 427-435.
4. 水田圭祐・荒木英樹・高橋肇 2020. パン用コムギ品種「せときらら」における茎数を指標とした生育診断に基づく可変施肥法の検証. 日本作物学会紀事 89: 195-202.
5. 水田圭祐・荒木英樹・中村和弘・松中仁・高橋肇 2021. 肥効調節型肥料を用いた穂肥重点施肥がパン用コムギの収量と子実タンパク質含有率におよぼす影響. 日本作物学会紀事 90: 18-28.
6. Mizuta, K., Araki, H. and Takahashi, T. 2023. Relationship between canopy coverage at the initiation of stem elongation and lodging in wheat. *Eur. J. Agron.* 148: 126855.
7. Mizuta, K., Sato, Y., Hayashi, J., Toyota, M. and Morokuma, M. 2024. Canopy coverage of wheat measured with high accuracy using the HSV colour model and relative depth estimation model, MiDaS. *Plant Production Science* 27: 294-303.
8. 水田圭祐・荒木英樹・高橋肇 2025. 広畝と密条薄播きを組み合わせた栽培体系がパン用コムギ品種「せときらら」の収量におよぼす影響. 日本作物学会紀事 94: 12-21.
9. 水田圭祐 2025. 香川県で栽培したデュラムコムギ品種「セトデュール」の全粒粉に関する特徴抽出. 香川大農学報 77: 1-6.
10. 水田圭祐・諸隈正裕・豊田正範 2025. 日本めん用コムギ品種「さぬきの夢 2009」における茎数を基準とした可変施肥法の検証. 日本作物学会紀事 94: 125-134.
11. Mizuta, K., Toyota, M. and Morokuma, M. 2025. Variable-rate nitrogen application at the flag-leaf appearing stage is effective in increasing the grain protein content of the durum wheat. *Plant Production Science* (Published online).
12. 水田圭祐・諸隈正裕・豊田正範. 2025. 可視画像を用いた生育診断と止葉抽出期における窒素追肥がコムギ品種「さぬきの夢 2009」の子実タンパク質含有率におよぼす影響. 日本作物学会紀事 (印刷中).
13. 水田圭祐・諸隈正裕・豊田正範. 2025. 日本におけるオリーブ-デュラムコムギの Agroforestry system 短期間導入が両作物の生育や土壌窒素・炭素におよぼす影響. 日本作物学会紀事 (印刷中).