

《抄 録》

水田の高度利用化に向けた各種作物の栽培学的研究

丹野和幸\*

博士論文（東京大学大学院 農学生命科学研究科） 1-261, 2023.

\*水田高度利用担当

Agronomic Research on Various Crops for Advanced Utilization of Paddy Fields.

Kazuyuki TANNO

Doctoral Dissertation, The University of Tokyo 1-261, 2023.

要 約

近年、日本の水田作経営は、大規模化や主食用米の需要減少に伴い、生産技術の省力化や主食用米以外の作付による水田の高度利用化が求められるようになり、労働集約型から土地利用型への生産技術の転換が求められている。このような栽培技術を評価する際には、収量や品質を成立させる要因を解明し、農業経営的な採算にまで踏み込むことのできる定量的な解析が必要となる。本研究では、水稲およびコムギのリモートセンシングに基づく追肥診断による主食用米およびコムギ生産の省力化、WCS 用水稲品種の栽培技術確立による水稲作経営の多角化、ゴマの水田作栽培に必要な技術開発による高収益作物の導入促進という4つのテーマについて、栽培管理の影響を、変量効果を組み入れた回帰的な手法を中心に解析し、水田の高度利用化に資する知見を得るとともに、本研究で得られた解析法に関する知見をもとにダイズの低収を改善するための研究計画を立案した。

1. 空撮画像から算出した追肥直前の植生指標値が食用水稲品種「彩のかがやき」の追肥施用効果に及ぼす影響の評価

近年、水田の生産者当たりの経営面積は増加してきており、生産の省力化が求められている。中でも、ドローンによる空撮画像から植生指標を取得し、それを生育診断に利用する技術は作業強度の高い夏季の追肥診断などを省力化する技術として期待されている。しかし、代表的な植生指標であるNDVIと水稲の生育の関係を解析した報告は数多くあるものの、水稲の追肥要否を判断する実用的な指標としてNDVIを解析した報告はほとんどなかった。そこで本研究では、NDVIの水稲追肥指標としての有用性を検証するために、施用直前のNDVIによって追肥効果がどのように変化するかを、階層ベイズモデルを用いて解析した。その結果、NDVIが低いときは、中間追肥（移植後45～50日頃の追肥）の施用によって収量や品質が大幅に改善した。一方で、NDVIが高いときは、追肥の効果はわずかであった。本研究で検証した追肥時期は、葉面積向上と籾数増加に大きく寄与するという報告がある。そのため、NDVIが低くシンク・ソース能力がともに低いときには改善効果がみられ、NDVIが高いときは追肥によって最適葉面積指数を上回り、ソース能力が向上しなかったため効果がほとんどなかったと考えられた。各パラメータの事後分布を用いて米の売上シミュレーションを実施したところ、移植後45～50日頃のNDVIが0.75を下回った時に中間追肥を実施する価値があると考えられた。さらに、変量効果の事後分布を用いて気象の影響を抽出した。その結果、変量効果は気象の影響をかなり正確に反映しており、その他の栽培条件による影響が排除できていると考えられた。本研究によって、NDVIが追肥要否を判断する指標として有用であることが示された。また、本研究で用いた解析手法は少ないデータ数からより多くの情報を抽出するのに有用であると考えられた。

2. 空撮画像から算出した追肥直前の植生指標値がコムギの追肥施用効果に及ぼす影響の評価

水田における硬質コムギ栽培はタンパク質含量が低いことから敬遠されてきた。また、水田作で栽培されることの多い中間質コムギでは茎立期追肥が一般的であるが、追肥診断労力が大きいと、一律の追肥量を施用するケースが多かった。そこで、空撮画像からNDVIを取得し、追肥前のコムギ生育量と追肥の効果の関係について検討した。その結果、硬質コムギ「ハナマンテン」の開花期追肥に関しては施肥効果と直前の

NDVI の関係がほとんど見られず、一律に 2.5 %程度のタンパク質増加効果が見られた。中間質コムギ「さとのそら」の最適莖立期追肥量は、追肥直前の NDVI が 0.4 のとき 10 g/m<sup>2</sup>程度、5 g/m<sup>2</sup>程度と NDVI の増加に伴って減少した。今後は硬質コムギについては遅れ穂発生量を応答変数とした解析が、中間質コムギ「さとのそら」については累年データの蓄積と診断時の発育程度に応じた追肥基準の設定が必要であると考えられた。

### 3. 栽培管理が WCS 用短穂性水稻品種「つきすずか」に及ぼす影響の評価

近年、主食用米の需要が減少し、水稻作経営の多角化が求められていることから、日本国内において、地上部全体を収穫・発酵させて粗飼料として利用するホールクロップサイレージ用の飼料イネ品種の栽培が増加しており、今後はアジア全体でも重要になると予想される。本研究では、short panicle 1 アリルを持つ短穂性飼料用イネ品種「つきすずか」の生育と収量に及ぼす栽培条件の影響を、線形混合モデルを用いて解析した。その結果、窒素施用量 1 g/m<sup>2</sup>当たりの乾物収量に対する基肥の寄与率は追肥の寄与率よりも大きく、追肥の欠点として出穂 30 日前追肥では倒伏リスクの増加が、出穂 20 日前追肥では穂部重量の増加が確認された。そのため、追肥よりも基肥量の増施が栽培上優れていると考えられた。また、気象条件が飼料イネの生育に及ぼす影響についても検討した。試験圃場の気象の範囲では、育苗期および分けつ期の日射量が多いほど多収になると考えられた。また、連作回数が増加するほど飼料イネの生育が悪化する連作障害がみられ、堆肥施用によって改善された。土壌と植物の元素分析から、この連作障害はカリウムの欠乏に起因すると考えられた。また、カリウム欠乏によって穂部重量が増加することが確認された。したがって、short panicle 1 アリルを持つ「つきすずか」では、カリウム栄養の制御は、生産性の維持（カリウムの十分な施用）と種子生産（カリウムの制限）の両方に有用である。これらの知見は、飼料イネの栽培方法の改善に役立つと考えられる。

### 4. 水田にゴマを導入するための栽培試験の評価

近年、主食用米の需要減少と経営の大規模化によって、水田に新たに導入する高収益作物の栽培技術の確立が喫緊の課題となっている。そこで本研究では、ゴマを水田作に導入する作物の候補として選定し、導入にあたっての栽培上の課題の解決を試みた。まず、安定した苗立ちを得るため、播種法について播種深と鎮圧、気象条件を変えて検討したところ、播種前後の気候と土壌の状態に合わせて播種深と鎮圧の有無を変更することで高い出芽率を得られることがわかったため、知見をもとに播種法決定のフローチャートを作成した。また、目的の半分の条間で播種深を浅深交互にして播種し、出芽が劣った条を中耕で除去する播種方法が有望であると考えられた。次に、ゴマ作期の早期への拡大のため、低温下におけるゴマの発芽能の品種間差異を比較したところ、低温発芽能に優れたゴマ品種の選抜に成功し、これらが実際に圃場での早期播種に適応できることを実証した。また、ゴマ圃場の湛水試験を実施し、湿害を助長する原因とその対策を検討したところ、根の相対成長率が高い栄養成長期に土壌中の未熟有機物が高い状態で圃場が冠水すると土壌中の酸素が微生物によって急激に消費され、湿害が激甚化すると考えられ、冬作残渣の持ち出しや酸素発生剤の施用等でこれらを抑制できることを示した。また、ゴマの在来品種と育成品種について品種特性を比較し、土地利用型栽培の観点から特性の差異を整理した。また、土地利用型のゴマ栽培に適した栽植密度について検討したところ、収量性や安定性、機械収穫適性から鑑みて、日本における栽植密度は 25000 粒/10a 程度を播種し、15000 株/10a 程度の苗立ちを狙うのが適していると推察された。また、ゴマの施肥と栄養診断法について検討したところ、ゴマの開花期の開花最下節位の葉色は 5.0、SPAD 40 程度で頭打ちになり、これより低い場合には窒素が欠乏していると考えられた。基肥は圃場にもよるが窒素施用量 6~9 kg/10a 程度で十分であると考えられたが、追肥については生殖成長期の根の活性が低いいため、化成肥料では雨により溶脱し十分に吸収できない可能性があるため、肥効調節型肥料や土壌有機物等から少しずつ供給する方法が適していると考えられた。収穫適期については、おおよそ裂蒴期が適していると考えられたが、品種の分枝発生量と節当たりの蒴果数によって微妙に適期が異なる可能性が示唆された。最後に、既存の米麦用機械を用いた低コストで導入可能なゴマの収穫調製体系を検討したところ、バインダでの収穫体系、自脱型コンバイン

での収穫体系のどちらも脱穀部の網の目合いが小さいことに起因する問題が大きく、網の穴径を大きくする改造で大きく改善し、安価な乾燥法の検討以外はバインダでの収穫調製体系は完成した。自脱型コンバインについては網の調整や脱穀機構の回転速度の調整、適した品種の検討などを追試する必要があると考えられた。