

委託試験成績（令和3年度）

担当機関名 部・室名	愛知県農業総合試験場 作物研究部・作物研究室																
実施期間	令和3年4月から令和4年3月末日まで 新規																
大課題名	V 情報処理等先端技術の活用による高生産システムの確立																
課題名	リモートセンシングと可変施肥を組み合わせた小麦の精密追肥の実証																
目的	<p>農家数の減少、担い手の高齢化が進むなか、単位面積あたりにかけることができる労働力が減少し、生産性が低下することが懸念される。小麦栽培において、安定した収量・品質を確保するためには、小麦の生育状況を正確に把握し、生育に合った追肥を行う必要があるが、ほ場一筆ごとの生育状況を正確に把握することは労力的にも技術的にも困難である。</p> <p>このような状況のなか、ドローンを活用したリモートセンシングにより、作物の生育状況に応じて最適な追肥量を推定する技術が開発されている。本試験では、リモートセンシングと可変施肥を組み合わせた、小麦の精密追肥体系の現地実証を行い、収量・品質の安定効果を確認する。</p>																
担当者名	技師 柏木啓佑																
<p>1. 試験場所 県内洪積土壌地域の小麦ほ場（刈谷市） 2.8ha（複数ほ場）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・トラクター（ヤンマー YT357AJ）</li> <li>・可変施肥ブロードキャスター（STAR MGC200PN）</li> <li>・ドローン（DJI MATRICE 600 PRO）</li> <li>・マルチスペクトルカメラ（Tetracam MACAW 450, 570, 680, 710, 750, 850nm の6バンド）</li> </ul> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 栽培等の概要</p> <p>品種名 「きぬあかり」</p> <p>播種方法 耕起後、ドリルシーダで播種（播種量：7kg/10a）</p> <p>施肥 基肥：麦ワイドワンタッチ 177(N-P-K=31-7-7)、55kg/10a</p> <p>生育 播種日：2021年11月14日          茎立期：可変施肥区 2022年3月1日、慣行区 3月5日          出穂期：4月8日          成熟期：5月29日</p> <p>イ. 試験区構成</p> <p>追肥方法 2水準</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・可変施肥区：リモートセンシング結果に基づいた可変施肥による追肥</li> <li>・慣行区：現地慣行による追肥（一律窒素施肥量 2kgN/10a）</li> </ul> <p>ウ. 調査項目</p> <p>①小麦茎立期頃のほ場の生育量（施肥マップ作成）</p> <p>茎立期7日前頃の2月24日に試験ほ場を高度70mからマルチスペクトルカメラで撮影し、ほ場内のRENDVI*1を算出した。その後、既に作成された推定式を用いてRENDVIから、ほ場内の生育指標値*2を推定し、追肥量を決定した（表1）。その後、ブロードキャスターの散布幅10mに合わせて、ArcGIS earthでほ場内の施肥マップを作成した。</p> <p>*1 <math>RENDVI = (R_{750} - R_{710}) / (R_{750} + R_{710})</math> Rは反射率、小文字は波長を示す</p> <p>*2 生育指標値 = 草丈(cm) × 茎数(本/m<sup>2</sup>) × 葉色(SPAD)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>表1 小麦「きぬあかり」の生育に応じた茎立期追肥法</caption> <thead> <tr> <th colspan="4">生育指標値</th> </tr> <tr> <th>140万～</th> <th>100万～140万</th> <th>60万～100万</th> <th>～60万</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2kgN/10a</td> <td style="text-align: center;">4kgN/10a</td> <td style="text-align: center;">6kgN/10a</td> <td style="text-align: center;">6kgN/10a以上</td> </tr> </tbody> </table>		生育指標値				140万～	100万～140万	60万～100万	～60万	↓	↓	↓	↓	2kgN/10a	4kgN/10a	6kgN/10a	6kgN/10a以上
生育指標値																	
140万～	100万～140万	60万～100万	～60万														
↓	↓	↓	↓														
2kgN/10a	4kgN/10a	6kgN/10a	6kgN/10a以上														

②生育指標値推定式の精度確認

3月8日(茎立期頃)に可変施肥区、慣行区それぞれにおいて診断施肥窒素量が2kgN/10a、4kgN/10a、6kgN/10aとなった地点を3地点ずつ選び、調査地点とし(合計18区)、草丈、茎数、葉色を測定し、生育指標値(実測)を算出した。その後、①同様に空撮を行い、各調査地点において生育指標値の推定値と実測値を比較した。

③可変施肥の精度確認

可変施肥ブロードキャスターでの追肥作業前後の肥料の重さから実際の施肥量を算出し、設定した施肥量と比較した。また、作業終了後に記録される施肥ログを確認した。

④可変施肥の効果確認

3月8日(茎立期頃)、4月5日(追肥35日後)、5月24日(成熟期頃)に②で設置した調査地点の草丈、茎数、葉色、稈長、穂長、穂数を測定し、各地点坪刈り調査により精麦重、タンパク質含有率を測定した。また、2月24日、3月8日、4月5日にドローンによる空撮を行い、各区のほ場10mメッシュ毎のRENDVIを算出し、それらの標準偏差の比較により生育の均一化効果を確認した。

3. 試験結果

(1)施肥マップの作成

2月24日時点の積算気温に基づく予測茎立期は可変施肥区で6日後、慣行区で10日後であった。過去の知見より、茎立期7日前のRENDVIは茎立期に1.1倍程度増加すると考えられたため、本試験では可変施肥区のRENDVIを1.1倍、慣行区を1.2倍したものを茎立期のRENDVIとし、施肥マップを作成した(図1,2)。なお、試験ほ場においては茎立期の追肥成分2kgN/10a相当を含む基肥を施用したため、追肥量は診断窒素施肥量から2kgN/10a差し引いた量とした。

(2)生育予測式の精度確認

生育量が少なく、雑草が繁茂した1地点では推定値が実測値より大きくなり、誤差が大きくなった(図3)。その他の地点の推定値と実測値の平均絶対誤差は19.7万であった。

(3)可変施肥の精度確認

追肥作業後に可変施肥機のロガーに記録されたログを確認したところ、おおむね施肥マップ通りの場所に追肥できたことが確認された(図4)。実際の施肥量は設定した施肥量の約96%であったため、おおむね設定した施肥量を散布できたと考えられた。

(4)可変施肥による生育・収量・タンパク質含有率の均一化の確認

追肥前の2月24日と追肥後35日の4月5日のRENDVIの標準偏差を比較すると、可変施肥区では減少が見られた(表2)。調査区において明確な生育改善効果は見られなかったが、精麦重、およびタンパク質含有率の標準偏差は可変施肥区が小さかった(表3,4)。精麦重、タンパク質含有率の平均値は同等であった(表4)。

4. 主要成果の具体的データ

表2 追肥前と追肥後のほ場内RENDVIのバラつき

試験区	標準偏差 (RENDVI) <sup>1)</sup>			4月5日-2月24日 (追肥後-追肥前)
	2月24日	3月8日	4月5日	
可変施肥	0.047	0.048	0.038	-0.0095
慣行	0.019	0.026	0.026	0.0069

1)各区ほ場内10mメッシュ毎に算出したRENDVIの標準偏差

表3 小麦の生育推移と収量・品質データ

試験区	3月8日調査(追肥7日後)			4月5日調査(追肥35日後)			5月24日調査(成熟期頃)			
	草丈	茎数	葉色	草丈	茎数	葉色	稈長	穂長	穂数	
可変施肥	2kgN	28	1183	47.4	77	950	47.8	84.7	9.8	611
	4kgN	25	1120	53.5	72	894	48.1	81.6	10.6	609
	6kgN	25	752	50.4	69	711	48.6	76.6	10.0	482
慣行	2kgN	29	1130	49.5	77	848	51.5	83.9	10.3	656
	4kgN	22	1129	49.8	70	783	48.1	80.8	9.5	518
	6kgN	24	959	52.2	64	705	46.5	77.1	10.1	480

表4 両区の精麦重、蛋白質含有率の平均値および標準偏差

試験区	精麦重		タンパク質含有率	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
	kg/10a		%	
可変施肥	835	95.84	9.0	0.49
慣行	815	113.68	9.0	0.83
有意性 <sup>1)</sup>	n. s.		n. s.	

1) 一元配置分散分析による有意性 (n. s. 有意差なし)

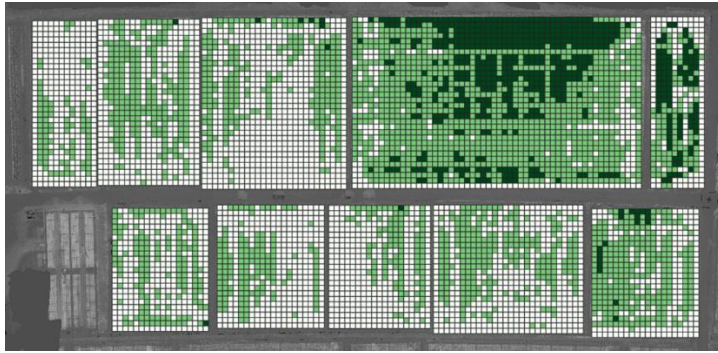


図1 2月24日時点の試験ほ場の生育

(上5枚が可変施肥区、下5枚が慣行区。色が濃いほど生育が旺盛)

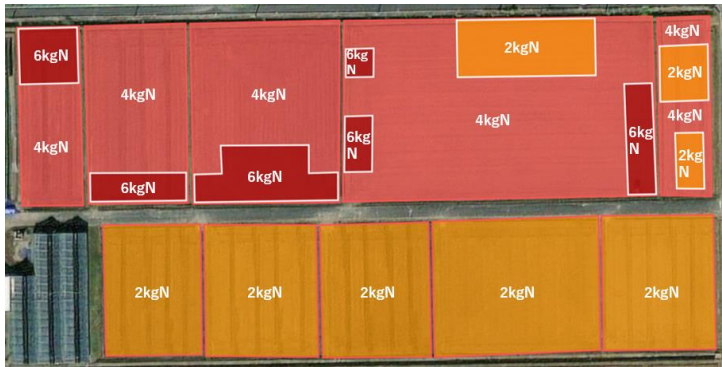


図2 生育に応じて作成した施肥マップ

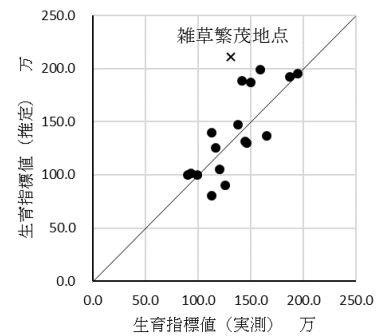


図3 生育指標値の実測値と推定値



図4 可変施肥作業のログ(可変施肥区と慣行区で塗分けの水準は異なる)

## 5. 経営評価

可変施肥により明確な増収、タンパク質含有率向上効果は見られなかったが、収量、タンパク含有率のバラつきは抑えられた。県内小麦の生産は実需者とのマッチングにより決定しており、収量、タンパク質含有率の安定は実需者から常に要望されている。そのため、本技術は小麦生産販売の持続性の面において有用であると考えられた。また、ドローンを活用することにより、手作業の調査では測定に時間がかかる生育指標値を短時間で広範囲に測定し、施肥診断

することが可能となった。可変施肥ブロードキャスターは通常のブロードキャスターと変わらない作業性で高精度に追肥作業を実施することができた。

#### 6. 利用機械評価

設定した施肥量と同程度の施肥量で散布できたため、高い精度で施肥作業を実施できたと考えられた。

実施農家は施肥マップに基づく可変施肥に魅力を感じた一方、ドローンが天気次第では飛ばせないこと、センシングデータの解析から施肥マップ作成までの手間が大きいことがネックであるとコメントした。

#### 7. 成果の普及

得られた成果は普及指導員等を通じて愛知県内の農業者に情報提供する。

#### 8. 考察

リモートセンシングと可変施肥ブロードキャスターを組み合わせた小麦の精密追肥により、収量、タンパク質含有率について、バラつきの減少を図ることができた。一方、リモートセンシングから施肥マップの作成については、農家自身で実施することが困難であると考えられ、本技術の実用化に向けてはセンシングサービス等の展開が必要であると考えられた。

#### 9. 問題点と次年度の計画

県内別地域（沖積土壌地域）でも同様に実証試験を行い、本試験の結果と合わせて、可変施肥技術の実用化に向けた現地適応性の評価、および課題の整理を行う。

#### 10. 参考写真



可変施肥作業の様子