

委託試験成績（令和4年度）

担当機関名 部・室名	宮崎県総合農業試験場 作物部、土壌環境部																																																																																																		
実施期間	令和2年度～令和4年度																																																																																																		
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データ・収量マッピングデータを活用した可変施肥機能（乗用田植機）の評価																																																																																																		
目的	<p>水稻経営の大規模化を踏まえた作業省力化や、収量、品質の安定、均一化は喫緊の課題となっていることから、リモートセンシングデータ等を活用した可変施肥機能（乗用田植機）を用い、省力かつ精度の高い施肥による栽培技術の開発を検討する。</p> <p>試験1年目（令和2年度）は、主に地力差の異なる試験区を設置し、マルチスペクトルカメラ付ドローンを使用したリモートセンシングによる生育マッピングデータ及び生育・収量調査、土壌分析等によって各種基礎データを取得した。また、試験2年目（令和3年度）は、1年目取得データに基づき可変施肥機能付乗用田植機による試験を行い、基肥可変施肥による収量、品質等への効果について検討したところである。試験3年目（令和4年度）は、さらに収量・品質等の高位平準化に向けた検討を行う。</p>																																																																																																		
担当者名	作物部主任研究員 加治佐 光洋（業務窓口） 土壌環境部副部長 甲斐 宏一																																																																																																		
<p>1. 試験場所 宮崎県総合農業試験場内ほ場（宮崎市佐土原町下那珂 5805）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名 マルチスペクトルカメラ付ドローン、可変施肥機能付乗用田植機</p> <p>(2) 試験条件 試験区及び土壌条件（移植前）</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>試験区</th> <th>基肥 施肥法</th> <th>pH (H₂O)</th> <th>可給態 窒素 (mg)</th> <th>有効態 P₂O₅ (mg)</th> <th>CEC (me)</th> <th>Ca</th> <th>Mg (mg)</th> <th>K</th> <th>可給態 Si (mg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>5.26</td> <td>6.17</td> <td>9.9</td> <td>3.9</td> <td>114.5</td> <td>18.5</td> <td>14.5</td> <td>21.3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>可変</td> <td>5.25</td> <td>7.96</td> <td>8.7</td> <td>5.8</td> <td>113.3</td> <td>16.4</td> <td>9.3</td> <td>21.4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>5.17</td> <td>8.64</td> <td>9.6</td> <td>5.0</td> <td>108.9</td> <td>17.2</td> <td>14.1</td> <td>21.5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>5.30</td> <td>6.14</td> <td>7.5</td> <td>4.7</td> <td>119.2</td> <td>16.6</td> <td>8.6</td> <td>21.6</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>慣行</td> <td>5.30</td> <td>7.34</td> <td>9.2</td> <td>4.9</td> <td>119.7</td> <td>18.0</td> <td>14.8</td> <td>21.0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>5.34</td> <td>8.92</td> <td>8.9</td> <td>4.9</td> <td>112.8</td> <td>17.5</td> <td>17.0</td> <td>21.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 異なる量の堆肥をR2年6月1日に散布(牛糞堆肥:水分40%、N:P:K=1.5%:1.8%:2.8%)</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">品 種 名</td> <td>「ヒノヒカリ」</td> </tr> <tr> <td>荒 代</td> <td>(6月2日)</td> </tr> <tr> <td>種 子 消 毒</td> <td>5月22日開始 24時間浸漬（「テクト[®] Cフロアブル」200倍 +「スミチン乳剤」1,000倍）</td> </tr> <tr> <td>播 種</td> <td>(5月27日) 乾籾 250g/箱</td> </tr> <tr> <td>育 苗</td> <td>出芽器（30℃、3日間）で出芽後、育苗ハウスにて平置育苗期間：14日</td> </tr> <tr> <td>植 代</td> <td>(6月6日)</td> </tr> <tr> <td>施 肥</td> <td>(6月10日) 可変区:側条施肥用全量基肥肥料(設定可変量 NPK=16:11:9) 慣行区:側条施肥用全量基肥肥料(40kg/10a NPK=16:11:9)</td> </tr> <tr> <td>移 植</td> <td>(6月10日) 可変施肥機能付乗用田植機使用(60株/坪)</td> </tr> <tr> <td>除 草</td> <td>(6月15日) 一発除草剤：カウシルエナジー[®] ジェンボ[®] 400g (10個/10a)</td> </tr> <tr> <td>病 害 虫 防 除</td> <td>(6月9日) 「サスバ[®] イク箱粒剤」50g/箱 (6月10日) 「スクミン」4kg/10a</td> </tr> </table>										試験区	基肥 施肥法	pH (H ₂ O)	可給態 窒素 (mg)	有効態 P ₂ O ₅ (mg)	CEC (me)	Ca	Mg (mg)	K	可給態 Si (mg)	1		5.26	6.17	9.9	3.9	114.5	18.5	14.5	21.3	2	可変	5.25	7.96	8.7	5.8	113.3	16.4	9.3	21.4	3		5.17	8.64	9.6	5.0	108.9	17.2	14.1	21.5	4		5.30	6.14	7.5	4.7	119.2	16.6	8.6	21.6	5	慣行	5.30	7.34	9.2	4.9	119.7	18.0	14.8	21.0	6		5.34	8.92	8.9	4.9	112.8	17.5	17.0	21.0	品 種 名	「ヒノヒカリ」	荒 代	(6月2日)	種 子 消 毒	5月22日開始 24時間浸漬（「テクト [®] Cフロアブル」200倍 +「スミチン乳剤」1,000倍）	播 種	(5月27日) 乾籾 250g/箱	育 苗	出芽器（30℃、3日間）で出芽後、育苗ハウスにて平置育苗期間：14日	植 代	(6月6日)	施 肥	(6月10日) 可変区:側条施肥用全量基肥肥料(設定可変量 NPK=16:11:9) 慣行区:側条施肥用全量基肥肥料(40kg/10a NPK=16:11:9)	移 植	(6月10日) 可変施肥機能付乗用田植機使用(60株/坪)	除 草	(6月15日) 一発除草剤：カウシルエナジー [®] ジェンボ [®] 400g (10個/10a)	病 害 虫 防 除	(6月9日) 「サスバ [®] イク箱粒剤」50g/箱 (6月10日) 「スクミン」4kg/10a
試験区	基肥 施肥法	pH (H ₂ O)	可給態 窒素 (mg)	有効態 P ₂ O ₅ (mg)	CEC (me)	Ca	Mg (mg)	K	可給態 Si (mg)																																																																																										
1		5.26	6.17	9.9	3.9	114.5	18.5	14.5	21.3																																																																																										
2	可変	5.25	7.96	8.7	5.8	113.3	16.4	9.3	21.4																																																																																										
3		5.17	8.64	9.6	5.0	108.9	17.2	14.1	21.5																																																																																										
4		5.30	6.14	7.5	4.7	119.2	16.6	8.6	21.6																																																																																										
5	慣行	5.30	7.34	9.2	4.9	119.7	18.0	14.8	21.0																																																																																										
6		5.34	8.92	8.9	4.9	112.8	17.5	17.0	21.0																																																																																										
品 種 名	「ヒノヒカリ」																																																																																																		
荒 代	(6月2日)																																																																																																		
種 子 消 毒	5月22日開始 24時間浸漬（「テクト [®] Cフロアブル」200倍 +「スミチン乳剤」1,000倍）																																																																																																		
播 種	(5月27日) 乾籾 250g/箱																																																																																																		
育 苗	出芽器（30℃、3日間）で出芽後、育苗ハウスにて平置育苗期間：14日																																																																																																		
植 代	(6月6日)																																																																																																		
施 肥	(6月10日) 可変区:側条施肥用全量基肥肥料(設定可変量 NPK=16:11:9) 慣行区:側条施肥用全量基肥肥料(40kg/10a NPK=16:11:9)																																																																																																		
移 植	(6月10日) 可変施肥機能付乗用田植機使用(60株/坪)																																																																																																		
除 草	(6月15日) 一発除草剤：カウシルエナジー [®] ジェンボ [®] 400g (10個/10a)																																																																																																		
病 害 虫 防 除	(6月9日) 「サスバ [®] イク箱粒剤」50g/箱 (6月10日) 「スクミン」4kg/10a																																																																																																		

3. 試験結果

- ・ 幼穂形成期のリモートセンシングにおいて、可変区は慣行区に比べ、特に「NDVI」と「NDVI×植被率」で、ばらつきが小さくなる傾向が認められた(図1、表1)。
- ・ 中間生育の「茎数(本/m²)」について、慣行区のみ有意差が認められ、「茎数(本/m²)」及び「葉色(SPAD)」は可変区のばらつきがやや小さくなった。また、試験区1、4(少窒素土壌)で比べると可変区が多くなった(表2)。
- ・ 成熟期の「穂数(本/m²)」について、慣行区のみ有意差が認められ、ばらつきが小さくなった。また、試験区1、4(少窒素土壌)で比べると可変区が多くなった(表3)。
- ・ 本年は台風による強風(瞬間最大風速36.8m/s)があり、可変区は慣行区より、特に試験区3、6(多窒素土壌)において倒伏程度が低くなった。(表3)。
- ・ 各収量構成要素について、両区とも有意差は認められず、「m²当粒数」、「登熟歩合」において、可変区のばらつきが小さくなった。また、m²当粒数を試験区1、4(少窒素土壌)で比べると可変区が多くなった(表4)。
- ・ 収量について、両区とも有意差は認められず、可変区のばらつきが小さくなった。また、試験区1、4(少窒素土壌)において、可変区は一定の収量が保たれたものの、慣行区は大きく低下した(表4)。
- ・ 品質については、農産物検査において両区とも全て規格外となった。
- ・ 可変施肥機能付乗用田植機の基肥散布精度について、設定窒素量(設定幅：標準±30%)に対する実測値で高い精度が確認された(表5、6)。

4. 主要成果の具体的データ

0.196054	0.170223	0.139924	0.156956	0.173097	0.161886	0.176157	0.209934	0.148508	0.183353	0.259839	0.217545	0.272909	0.218236	0.236455	0.214211	0.153961	0.153961
0.102026	0.066823	0.114352	0.223392	0.202852	0.220552	0.212595	0.197304	0.197046	0.244757	0.281962	0.257987	0.270468	0.302118	0.236455	0.259939	0.204482	0.15651
0.121831	0.111159	0.176295	0.270177	0.231826	0.169072	0.169072	0.169072	0.169072	0.273442	0.273192	0.252215	0.276496	0.297923	0.328496	0.316945	0.201611	0.180557
0.224999	0.129994	0.103886	0.188822	0.170005	0.186105	0.18073	0.223882	0.232711	0.265232	0.249483	0.270458	0.302193	0.302193	0.313688	0.305102	0.125088	0.146382
0.262011	0.199831	0.177679	0.184636	0.202234	0.218574	0.261728	0.235428	0.267704	0.261973	0.286651	0.286371	0.306799	0.314306	0.263438	0.212029		0.154228
0.21527	0.21527	0.242615	0.228888	0.27049	0.267888	0.297818	0.266634	0.304752	0.30493	0.3	0.303427	0.320615	0.324313	0.296025	0.170459	0.188361	0.154228
0.228025	0.21388	0.259432	0.278942	0.298002	0.308059	0.309682	0.313319	0.313319	0.322745	0.311402	0.318411	0.316501	0.33581	0.319927	0.283096	0.300133	0.200081
0.275311	0.282056	0.297942	0.282728	0.308664	0.300357	0.339162	0.315447	0.317458	0.330898	0.333284	0.323664	0.323375	0.329338	0.301569	0.301569	0.204767	0.24232
0.326232	0.326232	0.323557	0.289981	0.297139	0.314149	0.320108	0.322894	0.321444	0.329558	0.333843	0.318164	0.318897	0.313139	0.316731	0.307083	0.33667	0.233601
0.335397	0.329212	0.306117	0.297312	0.311512	0.307785	0.318015	0.321641	0.326503	0.333379	0.334545	0.319532	0.317181	0.314532	0.353313	0.344462	0.342714	0.280192
0.317389	0.327745	0.306954	0.297378	0.305607	0.292046	0.309055	0.313149	0.334232	0.336538	0.321864	0.321966	0.321966	0.35179	0.356022	0.351673	0.329997	0.32726
0.314181	0.324809	0.315009	0.299325	0.308439	0.297222	0.289841	0.317737	0.325518	0.336539	0.332812	0.334544	0.336607	0.349881	0.336791	0.335419	0.344138	0.182994
0.300648	0.324542	0.315977	0.301639	0.304329	0.299501	0.278383	0.309232	0.322464	0.338047	0.337409	0.33082	0.343305	0.339087	0.333822	0.341946	0.344138	0.276949
0.316701	0.328157	0.297609	0.29781	0.301263	0.283882	0.305467	0.305467	0.327773	0.338541	0.331063	0.314463	0.328596	0.330445	0.340336	0.341388	0.334952	0.330572
0.294472	0.327805	0.304041	0.296357	0.30022	0.291899	0.301546	0.322494	0.331919	0.331892	0.329873	0.327574	0.331311	0.344382	0.344382	0.345756	0.340284	0.342233
0.259384	0.315348	0.319477	0.294706	0.30849	0.304865	0.303255	0.320991	0.334923	0.324423	0.327078	0.339124	0.331311	0.346093	0.341754	0.342355	0.342311	0.275455
0.302358	0.328631	0.326831	0.302279	0.296379	0.30055	0.299794	0.314856	0.328534	0.335983	0.334997	0.340478	0.33771	0.346514	0.353608	0.348127	0.340035	0.33424

慣行区 可変区

図1 幼穂形成期のリモートセンシングによる生育MAP(CSV分析)

表1 幼穂形成期のリモートセンシング結果

試験区	基肥 施肥法	可給態 窒素 (mg)	NDVI		植被率		NDVI×植被率	
			平均	変動 係数	平均	変動 係数	平均	変動 係数
1		6.17	0.60	0.14	0.49	0.08	0.30	0.19
2	可変	7.96	0.65	0.04	0.51	0.01	0.33	0.06
3		8.64	0.63	0.09	0.51	0.05	0.32	0.10
4		6.14	0.54	0.19	0.49	0.09	0.27	0.23
5	慣行	7.34	0.64	0.04	0.51	0.02	0.33	0.05
6		8.92	0.63	0.12	0.51	0.03	0.32	0.16

※ 変動係数=標準偏差/平均値

表2 中間生育

試験区	基肥 施肥法	移植後+46日		
		草丈 (cm)	莖数 (本/m ²)	葉色 (SPAD)
1		70.2	524	34.5
2	可変	71.8	491	34.6
3		69.7	469	35.2
4		67.8	378	34.1
5	慣行	70.9	436	34.7
6		72.1	550	34.9
平均	可変	70.6	495	34.8
	慣行	70.3	455	34.6
変動 係数	可変	0.04	0.21	0.06
	慣行	0.04	0.23	0.09
分散 分析	可変	*	n. s.	n. s.
	慣行	**	**	n. s.

※ 分散分析：*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す。

表3

試験区	基肥 施肥法	稈長 (cm)	穂長 (cm)	有効穂数		倒伏 程度	出穂期	成熟期
				株当 (本)	m ² 当 (本)			
1		82.5	18.5	21.2	392	3.0		
2	可変	82.7	19.0	21.9	404	3.0	8月16日	9月27日
3		79.2	19.1	21.0	389	3.0		
4		81.3	18.8	17.9	331	3.0		
5	慣行	82.6	19.3	20.8	385	3.5	8月16日	9月27日
6		83.8	19.7	23.8	440	4.0		
平均	可変	81.5	18.9	21.4	395	3.0		
	慣行	82.5	19.3	20.8	385	3.5		
変動 係数	可変	0.04	0.05	0.13	0.13	-		
	慣行	0.03	0.06	0.19	0.19	-		
分散 分析	可変	**	n. s.	n. s.	n. s.	-		
	慣行	*	*	**	**	-		

※ 分散分析：*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す。

表4 収量、収量構成要素、品質等

試験区	基肥 施肥法	稈数		登熟 歩合 (%)	玄米 千粒重 (g)	精玄 米重 (kg/a)	玄米分析		品 質	
		1穂当 (粒)	m ² 当 (百粒)				タンパク 含有率 (%)	スコア	農産物 検査	格下 理由
1		76.5	303	79.6	21.7	51.6	6.9	73	10.0	心白
2	可変	77.4	313	76.8	21.3	50.7	7.1	71	9.5	心白
3		78.1	304	78.1	21.3	50.5	6.8	73	10.0	心白
4		74.8	247	83.3	21.9	46.7	6.4	76	9.5	心白
5	慣行	81.6	314	78.9	21.4	50.5	6.9	73	10.0	心白
6		74.3	328	77.1	21.7	52.3	6.9	72	10.0	心白
平均	可変	77.3	307	78.2	21.4	50.9	6.9	72	9.8	
	慣行	76.9	296	79.8	21.7	49.8	6.7	74	9.8	
変動 係数	可変	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02	0.04	0.02	-	
	慣行	0.06	0.15	0.07	0.01	0.06	0.02	0.03	-	
分散 分析	可変	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-	-	
	慣行	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	-	-	

※ 分散分析：*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す。

表5 可変基肥基本設定

施肥量設定	N量 (kg/10a)	標準比 (%)
最大	8.32	+30
標準	6.40	-
最小	4.48	-30

表6 可変基肥施肥の散布精度

基肥施肥法	設定N量 (kg/10a)	実測N量 (kg/10a)	散布精度 (実測値/設定値)
可変	7.15	7.43	1.04
慣行	6.40	6.73	1.05

5. 経営評価

可変基肥施肥により、大きな増収効果は認められなかったものの、生育のばらつきが改善され、地力差に応じた施肥により収量を平準化し、倒伏を軽減する効果が確認された。これは、大きな地力差のあるほ場や倒伏リスクに対して有効であり、収益安定化につながる可能性がある。

6. 利用機械評価

マルチスペクトルカメラ付ドローンによるリモートセンシングは、水稻幼穂形成期の生育量を正確に捉えることが可能であり、当該データを利用した可変施肥機能付乗用田植機については、高精度の可変基肥散布が可能であると考えられた。

7. 成果の普及

試験結果をふまえ、得られた知見について成果情報等を通じて生産現場へ情報提供する。

8. 考察

3カ年の試験を通じて、リモートセンシング～可変基肥施肥の技術は、ほ場内のばらつきを改善し倒伏を軽減するなど、地力差による生育ムラを修正できる技術として、年次変動を含め一定の効果が確認されたところである。

本年は可変基肥の設定量幅を大きくして検討したところであり、リモートセンシング結果及び

実測生育調査において、可変区は慣行区に比べ少窒素土壌での茎数が多くなり、ほ場内の生育のばらつきが小さくなった。収量面については、全体として可変区の増収効果は認められなかったが、少窒素土壌において慣行区は収量が大きく低下したのに対し、可変区では一定の収量が保たれ全体的に平準化された。また、品質については、白未熟粒による等級格下げで全て規格外となり、可変区の優位性は確認できなかった。これは、出穂後 20 日間の平均気温が 28℃台となり最低気温も高かったことから、白未熟粒の発生に非常に好適な条件であったこと、また、9月中旬が平年に比べ日照量が少なかったことによる心白等の低日射型の被害粒の発生及び台風による茎葉の裂傷等が複合的に影響し、一様に品質が低下したものと推察された。さらに、倒伏状況について、本年度は登熟期に台風が襲来したが、多窒素土壌において可変区は慣行区に比べ倒伏程度が低くなった。これらのことから、可変基肥施肥は、大きな増収効果は認められなかったものの、地力の低いところへ適切に調整された施肥が行われたことで、有効茎数が確保されるなど生育のばらつきを改善して全体的な収量平準化につながり、地力の高いところについても同様に、適切な施肥調整により倒伏軽減に有効であったと考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

リモートセンシングデータを利用した可変基肥施肥については、品種や栽培条件の違いによる試験データを蓄積、解析することで、さらに高精度で安定した運用が可能になると考える。なお、本試験については本年度で終了となる。

10. 参考写真



マルチスペクトルカメラ付ドローンによるセンシング (DJI:P4MULTISPECTRAL)



可変施肥機能付乗用田植機による移植作業 (ヤンマー:YR8DA)

