

委託試験成績（令和3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～4年度 継続																																																																														
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、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。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、当該可変施肥による収量、品質等への効果について検討する。</p>																																																																														
担当者名	加治佐光洋、永井浩幸																																																																														
<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>5.28</td> <td>8.11</td> <td>10.1</td> <td>10.0</td> <td>131.4</td> <td>16.9</td> <td>11.2</td> <td>17.8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>可変</td> <td>5.26</td> <td>9.06</td> <td>10.0</td> <td>10.1</td> <td>125.9</td> <td>18.9</td> <td>17.5</td> <td>17.6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>5.39</td> <td>10.05</td> <td>10.7</td> <td>11.3</td> <td>144.6</td> <td>21.7</td> <td>16.4</td> <td>17.6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>5.18</td> <td>7.49</td> <td>7.8</td> <td>10.0</td> <td>135.7</td> <td>16.6</td> <td>9.3</td> <td>17.6</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>慣行</td> <td>5.31</td> <td>9.80</td> <td>9.7</td> <td>10.5</td> <td>140.0</td> <td>19.2</td> <td>17.2</td> <td>17.6</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>5.36</td> <td>10.99</td> <td>9.8</td> <td>10.7</td> <td>143.0</td> <td>20.1</td> <td>19.8</td> <td>18.4</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> <p>品 種 名 「ヒノヒカリ」</p> <p>荒 代 (6月4日)</p> <p>種子消毒 5月23日開始 24時間浸漬（「テクト[®] Cフロアブル」200倍 +「スフィン乳剤」1,000倍）</p> <p>播 種 (5月28日) 乾粃 250g/箱</p> <p>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</p> <p>植 代 (6月7日)</p> <p>施 肥 (6月11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)</p> <p>移 植 (6月11日) 可変施肥機能付乗用田植機使用(60株/坪)</p> <p>除 草 (6月14日) 一発除草剤: カウンシルエナジー[®] ジェンボ[®] 400g (10個/10a)</p> <p>病虫害防除 (6月10日) 「ビルダ[®]フェルテラ[®]チェス粒剤」50g/箱 (6月11日) 「スクミン」4kg/10a</p>										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		5.28	8.11	10.1	10.0	131.4	16.9	11.2	17.8	2	可変	5.26	9.06	10.0	10.1	125.9	18.9	17.5	17.6	3		5.39	10.05	10.7	11.3	144.6	21.7	16.4	17.6	4		5.18	7.49	7.8	10.0	135.7	16.6	9.3	17.6	5	慣行	5.31	9.80	9.7	10.5	140.0	19.2	17.2	17.6	6		5.36	10.99	9.8	10.7	143.0	20.1	19.8	18.4
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		5.28	8.11	10.1	10.0	131.4	16.9	11.2	17.8																																																																						
2	可変	5.26	9.06	10.0	10.1	125.9	18.9	17.5	17.6																																																																						
3		5.39	10.05	10.7	11.3	144.6	21.7	16.4	17.6																																																																						
4		5.18	7.49	7.8	10.0	135.7	16.6	9.3	17.6																																																																						
5	慣行	5.31	9.80	9.7	10.5	140.0	19.2	17.2	17.6																																																																						
6		5.36	10.99	9.8	10.7	143.0	20.1	19.8	18.4																																																																						

3. 試験結果

- 幼穂形成期のリモートセンシングにおいて、可変施肥区は慣行区と比べ、特に「NDVI」と「NDVI×植被率」でバラツキが小さくなった(図1、表1)。
- 中間生育の「茎数(本/㎡)」について、慣行区は有意差が認められたが可変区は認められなかった。また、可変区は慣行区に比べバラツキが小さくなった(表2)。
- 成熟期の「穂数(本/㎡)」について、慣行区は有意差が認められたが可変区は認められなかった(表3)。
- また、可変区は慣行区に比べ多窒素区における倒伏程度が低くなった(表3)。
- 収量構成要素の登熟歩合及び玄米千粒重について、慣行区は有意差が認められたが可変区は認められなかった(表4)。
- 収量について、精玄米重は可変区と慣行区はほぼ同等で、両区とも有意差は認められなかった(表4)。
- 玄米タンパク含有率について、可変施肥区と慣行区はほぼ同等で、両区とも有意差は認められなかった(表4)。
- 品質について、農産物検査において可変区は慣行区をやや上回った(表4)。
- 可変施肥機能付乗用田植機の基肥散布精度について、実測値で設定窒素量に対し96.1%の高い精度が確認された(表5、6)。

4. 主要成果の具体的なデータ

0.013975	0.100151	0.028721	0.232925	0.283843	0.208872	0.091383	0.1745	0.314791	0.347311	0.270503	0.247592	0.269825	0.326137	0.346638	0.285405
0.095811	0.074379	0.198938	0.27046	0.234864	0.299486	0.250822	0.25082	0.340843	0.346508	0.315934	0.302907	0.30392	0.321395	0.326101	0.305279
0.202653	0.251199	0.285771	0.255986	0.282049	0.287301	0.266862	0.28400	0.322656	0.305409	0.30585	0.301151	0.301151	0.321395	0.321612	0.322449
0.276035	0.30996	0.291134	0.279621	0.270676	0.272349	0.260104	0.30863	0.310798	0.305409	0.293588	0.312309	0.306699	0.317244	0.317988	0.269835
0.269927	0.310523	0.305047	0.285787	0.27285	0.298482	0.342887	0.30863	0.310911	0.330883	0.311976	0.320293	0.29971	0.314279	0.317882	0.314638
0.300135	0.312483	0.279521	0.274319	0.296675	0.299464	0.311983	0.22836	0.305316	0.331296	0.328166	0.336882	0.318197	0.316035	0.326848	0.317292
0.298917	0.322402	0.300893	0.29534	0.296077	0.286628	0.306927	0.2599	0.315246	0.332131	0.32931	0.319097	0.31549	0.330027	0.31218	0.313068
0.286918	0.320292	0.321255	0.269094	0.284693	0.284451	0.301432	0.28267	0.313501	0.330447	0.322518	0.316466	0.299479	0.31877	0.309427	0.287093
0.319761	0.319761	0.321864	0.294059	0.306656	0.312743	0.30392	0.30487	0.300367	0.316758	0.307048	0.298563	0.292628	0.335933	0.323348	0.313222
0.310847	0.303929	0.279382	0.29404	0.315854	0.301566	0.322111	0.22554	0.304524	0.327714	0.320595	0.316854	0.293462	0.322482	0.344436	0.311037
0.286112	0.306017	0.27202	0.292874	0.292084	0.288947	0.291754	0.26029	0.310104	0.324742	0.287572	0.290809	0.305181	0.33391	0.33391	0.32536
0.299591	0.308231	0.291176	0.281165	0.291344	0.271492	0.285097	0.28423	0.310104	0.331599	0.31605	0.299742	0.314855	0.3302	0.317552	0.278671
0.296977	0.307114	0.307114	0.293072	0.287626	0.288186	0.285097	0.26505	0.322154	0.318647	0.312545	0.307175	0.317309	0.321631	0.297177	0.238336
0.317261	0.309009	0.294773	0.287372	0.288776	0.290354	0.246985		0.326018	0.334664	0.308602	0.294545	0.320155	0.3099	0.297274	0.231881
0.310953	0.326263	0.280164	0.289432	0.281269	0.277337	0.284557	0.20689	0.34277	0.337683	0.308077	0.321473	0.316645	0.312343	0.29012	0.29012
0.3041	0.332146	0.297372	0.28585	0.283498	0.283472	0.308736	0.22459	0.330765	0.323266	0.308033	0.293856	0.308827	0.306999	0.311398	0.22541
0.323816	0.312587	0.292296	0.292296	0.295957	0.276513	0.30105	0.26305	0.330203	0.32975	0.317819	0.31342	0.292613	0.317587	0.307029	0.22541
0.314057	0.312291	0.297213	0.294358	0.305441	0.298569	0.278065		0.346239	0.346239	0.30363	0.31342	0.294106	0.301998	0.289679	0.225386
0.262966	0.32627	0.321787	0.300897	0.303519	0.31877	0.311848	0.22307	0.343309	0.321378	0.314667	0.290404	0.296559	0.292069	0.294389	0.155221
0.231155	0.327973	0.320061	0.287872	0.321092	0.296548	0.313748	0.29091	0.350613	0.319008	0.311745	0.286957	0.294872	0.30362	0.307958	0.177806
0.338402	0.344109	0.315765	0.304085	0.304085	0.296548	0.319839	0.31449	0.335511	0.334604	0.319898	0.302873	0.314363	0.295293	0.317796	0.291616
0.307064	0.344109	0.319736	0.326088	0.310405	0.305359	0.307824	0.24415	0.328634	0.341811	0.341811	0.319111	0.299705	0.294416	0.302316	0.303411
0.306209	0.327663	0.327763	0.313817	0.305229	0.323145	0.302315	0.26601	0.319499	0.330165	0.312356	0.313259	0.274989	0.278954	0.303035	0.230977
0.306428	0.341367	0.336495	0.325827	0.300718	0.312006	0.303943	0.2828	0.320615	0.339694	0.31242	0.303114	0.286278	0.287542	0.306378	0.267995
0.332807	0.342443	0.319939	0.314093	0.313277	0.307118	0.291443	0.301955	0.311591	0.344858	0.324314	0.290597	0.279037	0.298398	0.306378	0.284979
0.333372	0.351455	0.324437	0.301441	0.31821	0.30904	0.319954	0.27418	0.341664	0.33523	0.310609	0.310609	0.298876	0.298914	0.299318	0.303156
0.15542	0.337487	0.317592	0.321888	0.327818	0.313739	0.32179	0.29366	0.329471	0.345712	0.314784	0.306812	0.296776	0.291232	0.310136	0.249779
0.180143	0.330367	0.345615	0.324833	0.327818	0.309061	0.317001	0.32021	0.322376	0.340933	0.308876	0.310553	0.295197	0.289089	0.311212	0.285909
0.317022	0.337246	0.345777	0.317893	0.336296	0.321356	0.321356	0.31621	0.308756	0.344922	0.32261	0.320398	0.310275	0.307716	0.313139	0.290808
0.296085	0.358613	0.346526	0.319717	0.335311	0.294272	0.323996	0.31904	0.333852	0.323224	0.314623	0.298394	0.298394	0.311132	0.307885	0.300465
0.203487	0.33438	0.339953	0.33038	0.327218	0.335231	0.313003	0.29600	0.316553	0.331449	0.32206	0.313322	0.318276	0.29894	0.30831	0.303973
0.177255	0.308355	0.334978	0.343438	0.313586	0.326557	0.308145	0.31545	0.287168	0.33874	0.323041	0.306225	0.298048	0.304644	0.284953	0.29534
0.322762	0.345269	0.352572	0.331084	0.328222	0.318368	0.322708	0.322708	0.210891	0.336242	0.336221	0.318976	0.303275	0.304644	0.305715	0.322897
0.313124	0.333174	0.35615	0.309335	0.323167	0.306384	0.303104	0.32995	0.327717	0.335694	0.332329	0.340053	0.339583	0.322534	0.328897	0.313389
0.290417	0.353201	0.347474	0.329416	0.326542	0.323824	0.318321	0.3299	0.306665	0.33341	0.320044	0.312124	0.313699	0.306732	0.324529	0.303606
0.353538	0.353538	0.352367	0.329416	0.339331	0.323438	0.318991	0.33663	0.253643	0.343643	0.331384	0.307504	0.317973	0.302845	0.306657	0.313743
0.344042	0.367433	0.340514	0.33173	0.319282	0.326033	0.316856	0.29212	0.319548	0.333432	0.339336	0.303377	0.307044	0.321135	0.309227	0.289572
0.328538	0.348816	0.347681	0.336266	0.31427	0.3138	0.306451	0.292153	0.334757	0.332988	0.307267	0.294884	0.296701	0.313621	0.313621	0.301684
0.306297	0.36375	0.352773	0.305143	0.311975	0.328665	0.308536	0.303382	0.331019	0.344697	0.291612	0.303341	0.304708	0.326867	0.314503	0.298567
0.350722	0.345269	0.345269	0.305207	0.303962	0.323361	0.322137	0.263784	0.33555	0.331139	0.299348	0.308869	0.304708	0.31907	0.305489	0.237691
0.332338	0.341975	0.321745	0.327498	0.329967	0.325979	0.303782	0.202519	0.33555	0.333664	0.320105	0.306297	0.306031	0.312371	0.314545	0.282923
0.337684	0.336119	0.309346	0.323835	0.326259	0.334235	0.303782	0.230215	0.332317	0.319088	0.306135	0.30266	0.314521	0.301624	0.293881	0.293881

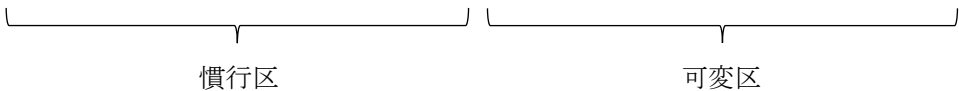


図1 幼穂形成期のリモートセンシング (生育MAP)
※ 専用 NDVI カメラによる CSV 分析

表1 幼穂形成期のリモートセンシング

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		8.11	0.63	0.05	0.48	0.08	0.31	0.06
2	可変	9.06	0.63	0.07	0.47	0.08	0.31	0.07
3		10.05	0.63	0.08	0.47	0.05	0.30	0.10
4		7.49	0.59	0.14	0.45	0.11	0.28	0.20
5	慣行	9.80	0.63	0.08	0.48	0.07	0.30	0.10
6		10.99	0.64	0.09	0.49	0.07	0.32	0.09

※ 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)	茎数 (本/m ²)	葉色 (SPAD)
1		69.1	401	33.3
2	可変	63.8	385	34.9
3		72.2	381	34.3
4		65.9	386	35.4
5	慣行	72.0	442	34.1
6		73.5	433	34.6
変動 係数	可変	0.12	0.14	0.07
	慣行	0.05	0.18	0.07
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 成熟期等

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		87.4	18.1	19.7	364	1.5		
2	可変	88.6	18.7	19.6	362	1.5	8月22日	9月28日
3		90.5	18.2	19.9	368	1.5		
4		86.0	17.8	18.9	350	1.5		
5	慣行	90.4	18.3	20.8	385	1.5	8月22日	9月28日
6		91.9	18.4	21.6	400	3.5		
変動 係数	可変	0.03	0.05	0.13	0.13	-		
	慣行	0.04	0.05	0.14	0.14	-		
分散 分析	可変	**	n. s.	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4 収量、収量構成要素、品質等

試験区	基肥 施肥法	籾数		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		84.1	305	87.6	22.0	45.7	6.9	75	4.0	心白
2	可変	84.6	306	84.9	21.9	45.2	6.9	76	5.0	心白
3		81.9	302	82.8	21.9	45.2	7.0	73	4.5	心白
4		81.4	284	88.7	22.1	45.9	6.9	74	5.0	心白
5	慣行	79.6	306	85.9	21.8	46.4	7.2	74	5.0	心白
6		76.8	307	83.7	21.8	47.3	7.0	73	5.0	心白
変動 係数	可変	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	-	-
	慣行	0.03	0.07	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02	-	-
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.	-	-	-

※ 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 可変基肥の基本設定

施肥量設定	N量 (kg/10a)	標準比 (%)
最大	7.04	+10
標準	6.40	-
最小	5.76	-10

表6 可変基肥の散布精度

基肥施肥法	設定N量 (kg/10a)	実測N量 (kg/10a)	散布精度 (%)
可変	6.63	6.37	96.1
慣行	6.40	6.10	95.3

表7 栽培跡地の土壌分析

試験区	基肥 施肥法	無機態 窒素 (mg)	可給態 窒素 (mg)
1		0.46	6.84
2	可変	0.49	7.15
3		0.39	8.24
4		0.45	6.11
5	慣行	0.44	8.14
6		0.30	8.54

5. 経営評価

可変基肥施肥により、生育のバラツキが改善したが増収効果までは認められなかった。一方、倒伏の軽減や品質向上の傾向が確認されたことから、大きな地力差のあるほ場や倒伏リスクの高いほ場等における収益安定化につながる可能性がある。

6. 利用機械評価

可変施肥機能付乗用田植機については、設定窒素量に近い散布量を確認するとともに、NDVI測定及び生育・収量・品質調査の結果から、前年の幼穂形成期のセンシングデータに基づく高精度の可変基肥散布が可能であると考えられる。

7. 成果の普及

次年度の試験結果をふまえ、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

前年の幼穂形成期のリモートセンシングデータを利用した可変施肥機能付乗用田植機による可変基肥施肥は、リモートセンシング（NDVI等）及び実測調査（茎数等）においてほ場内の生育のバラツキが少なくなった。また、倒伏の軽減や品質向上の傾向も認められたことから、地力差による生育ムラを修正する技術として一定の効果を期待できると考える。

9. 問題点と次年度の計画

次年度は、可変施肥機能付乗用田植機を使用した移植試験としては実質2年目となることから、年次変動を確認しつつ「ヒノヒカリ」における多収をめざした倒伏限界や品質を含めた高位平準化について検討し、最終とりまとめとする。

10. 参考写真



幼穂形成期のリモートセンシング
(マルチスペクトルカメラ付ドローン：DJI 社製 P4MULTISPECTRAL)



移植時の可変基肥施肥 (ヤンマー社製 可変施肥機能付乗用田植機)