

現地実証展示圃成績(令和4年度)

担当機関名	滋賀県湖北農業農村振興事務所農産普及課
実施期間	令和3年度～令和4年度、継続(終了年度)
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による大麦生育診断を活用した麦茶用大麦の実肥施用体系の実証
目的	<p>滋賀県湖北地域(JA北びわこ管内)では、平成30年産から転作作物として六条大麦「ファイバースノウ」が栽培されており、麦茶用途で利用されている。実需が求める品質(タンパク質含有率10.5%以上)を得るためには、生育後期(4月中～下旬)における実肥施用が重要とされる。</p> <p>大麦栽培に取り組む多くの土地利用型農家は、水稻を軸とした栽培体系をとっており、4月中～下旬は大麦の実肥施用と水稻の移植との作業競合が生じ水稻の作業が優先される傾向にある。そのため、大麦の実肥施用農家割合は50%程度(令和元、2年産)に止まっており、実肥未施用の農家はタンパク質含有率が低い傾向にある。</p> <p>当該地域に適した実肥施用時期および量を検討するため、平成30年産および令和元年産において調査研究を実施したところ、3月末(止葉展開前)の茎数によって実肥施用適期が異なることが明らかとなった。茎数が多い場合は、慣行栽培よりも2～3週間早い4月上旬(止葉展開期)に実肥をN2～4kg/10a施用しても、遅れ穂や倒伏のリスクが増加せずに、収量およびタンパク質含有率を向上させることが可能であるが、茎数が少ない場合は早期の実肥施用によって遅れ穂率や倒伏程度が高まり品質が低下するため、慣行栽培の4月中～下旬が適期となる。すなわち、3月末における圃場ごとの茎数から、“茎数が多い圃場では水稻作業が忙しくなる前の4月上旬に実肥施用可能”と診断し、農家に周知することにより、4月中～下旬の作業分散を促し、実肥を施用する農家の割合を高め、タンパク質含有率を向上させることができる。</p> <p>しかし、排水不良の水田が多く、例年積雪が多い当該地域においては、湿害による分けつ抑制が生じるため、排水対策の良否によって圃場間や圃場内での生育差が生じやすい。加えて、令和元年産および2年産では、記録的な暖冬による影響を受け、無効分けつが多く発生するなど、年次によっても生育は変動する。排水性や気象条件によってばらつきが生じる大麦の生育を、3月末の限られた期間に従来の生育調査による手法で広域的に判断することは、多大な時間を要するため現実的ではない。また、生育調査地点は通常各圃場2点であり、圃場全体の傾向を把握することは困難であり、生育診断手法の改善が必要である。</p> <p>そこで、本課題ではリモートセンシングによる大麦生育診断技術を構築し、生育診断の効率化と精密化を図る。1年目(R3年産)にはNDVIと遅れ穂との関係性をもとに生育診断指標を作成した。3月下旬のNDVIを指標とし、NDVIが0.64より小さい場合、止葉展開期に実肥施用することで遅れ穂の発生リスクが高まり、NDVI0.64以上では実肥を止葉展開期に施用可能と判断した。2年目(R4年産)では、この指標を活用した実肥適期判断の実証を行い、麦茶用大麦の実肥施用技術を確立する。</p>
担当者名	滋賀県湖北農業農村振興事務所 農産普及課 主任技師 新谷浩樹
圃場の所在地	滋賀県長浜市湖北町
農家(組織)名	株式会社あさひ農園、有限会社木津ファーム

農家(組織)の 経営概要	株式会社あさひ農園 経営面積約 60ha 有限会社木津ファーム 経営面積約 110ha
-----------------	--

1. 実証場所 滋賀県長浜市湖北町

2. 実証方法

(1) 供試機械名 リモートセンシング用ドローン P4Multispectral (DJI)

(2) 実証条件

ア. 圃場条件

土壌分類名：細粒質斑鉄型グライ低地土

イ. 栽培等の概要

品種名 六条大麦「ファイバースノウ」

施肥 基肥 資材：大麦専用一発肥料 MFS (35-6-4) 施用量：後述のとおり

実肥 資材：硫安 (21-0-0) 施用量：N 2 kg/10a

施用時期：試験区に準ずる

播種 後述のとおり

除草・病害虫防除・収穫 農家慣行に準ずる

(3) 実証項目

3月下旬にリモートセンシングによる NDVI の測定を行い、圃場条件や栽培方法の違いにより生育の差が生じた 6 圃場を選定する。各圃場において、実肥時期が異なる試験区を 3 水準設け、実肥施用時期の違いが遅れ穂率、倒伏程度、収量、品質に与える影響を検証する。

1) 選定圃場の播種日および基肥施用量

圃場 No.	1	2	3	4	5	6
播種日	11/4	10/16	10/16	10/27	10/27	10/18
基肥施用量 (kgN/10a)	14.0	19.6	19.6	19.6	19.6	14.0

2) 試験区 実肥施用時期 3 水準 (各区 25 m²)

- I 区 止葉展開期 (全圃場 4 月 13 日)
- II 区 出穂 10 日後 (圃場 No. 2, 3, 6 が 4 月 28 日、No. 1, 4, 5 が 5 月 2 日)
- III 区 無施用

3) 調査内容・時期 リモートセンシング (NDVI) および作業能率：3 月 23 日、4 月 12 日
生育 (草丈・茎数・葉色・遅れ穂)：3 月 25 日、4 月 12 日・28 日、5 月 10 日
収量 (精麦重)・品質 (タンパク質含有率)：成熟期に刈り、風乾後に実施

3. 実証結果

(1) 管内の大麦の生育概況

令和 4 年産の大麦は、12 月下旬以降 2 月末頃まで断続的に降雪があり、積雪期間が長期間に及んだことで生育は例年より遅れた。3 月中旬になると気温が平年よりかなり高くなり、生育ステージは進んだが、茎数および穂数は平年より少なくなった。収量は平年より少なかった。

(2) 各圃場の生育ステージ

各圃場の生育ステージは表1のとおりであった。止葉展開期は平年よりかなり遅く、圃場ごとに差はあるものの4月10～14日となった。前年度の成果から、3月下旬のNDVIが生育診断指標になるため、1回目のリモートセンシングは3月23日に行った。しかし、生育ステージが平年より遅れていたことから、2回目は止葉展開期頃にあたる4月12日に延期して実施した。

(3) 各圃場のNDVI

各圃場における3月23日測定のNDVIは0.33～0.67となり、NDVIと遅れ穂との関係性をもとに作成した生育診断指標(NDVI0.64)以上となった圃場は1圃場のみであった。4月12日測定のNDVIは0.47～0.80となり、生育診断指標以上となった圃場は半数の3圃場(No.2,3,6)であった(表2)。なお、止葉展開期の18～22日前であった3月23日測定のNDVIについて、4月12日測定のNDVIと強い正の相関が認められた。したがって、この時期での生育診断も可能であるが、NDVIの数値が低いいため、生育診断には別の検量線の作成が必要と考えられる(図1)。

(3) 実肥施用時期による影響

実肥施用時期が成熟期における遅れ穂率、倒伏程度、収量、品質に与える影響について見ると、6圃場における各試験区の平均値の差は有意ではないものの、止葉展開期区(表3①)および出穂10日後区(表3②)は無施用区(表3③)と比べてわずかに遅れ穂率およびタンパク質含有率が高かった。ただし、遅れ穂率が5%を超過したのは圃場No.1の止葉展開期区のみであった(データ略)。また、止葉展開期区は他の2区と比べて精麦重が多かった。倒伏程度に区間差はなかった。

4月12日測定のNDVIを基に生育診断を実施した場合の結果を試算するため、生育診断指標未満と以上の2グループに分けて平均値を算出したところ、生育診断指標未満のグループ(表4④～⑥)では止葉展開期区は他の2区と比べてわずかに遅れ穂率が高く、精麦重が多かった。生育診断指標以上のグループ(表4⑦～⑨)では止葉展開期区は他の2区と比べて遅れ穂率は同程度で、精麦重が多くなった。2つのグループから、NDVI0.64未満の圃場は出穂10日後区、0.64以上の圃場は止葉展開期区を選択して平均値を算出する(表4⑩)と、地域慣行の実肥時期である出穂10日後区(表3②)と同等の精麦重およびタンパク質含有率となった。

今年度は積雪による生育遅延が顕著であったため全般的に遅れ穂率が低く、いずれの圃場でも止葉展開期頃の実肥施用によって遅れ穂および倒伏のリスクが極端に増加することなく、収量および品質が高まった。一方で、止葉展開期頃の生育診断を実施(指標未満は出穂10日後、指標以上は止葉展開期に実肥を施用)した場合、生育診断を実施せず地域慣行の出穂10日後に実肥を施用した場合と同等の収量、品質が確保できることが示された。また、止葉展開期頃の実肥施用による遅れ穂率の極端な上昇は見られなかったものの、止葉展開期頃のNDVIが0.64より小さい場合、止葉展開期の実肥施用によりわずかに遅れ穂率が高まる傾向は認められたことから、止葉展開期頃にリモートセンシングを行い、NDVIが指標以上となる圃場から優先的に実肥を施用することで、遅れ穂発生のリスクを回避できると考えられた。

4. 主要成果の具体的データ

表1 各圃場における生育ステージ

圃場 No.	播種日	止葉展開期	出穂期	成熟期	刈刈日
1	11/4	4/14	4/20	5/29	6/1
2	10/16	4/10	4/16	5/25	5/27
3	10/16	4/10	4/16	5/25	5/27
4	10/27	4/14	4/20	5/30	6/1
5	10/27	4/14	4/20	5/30	6/1
6	10/18	4/10	4/16	5/24	5/24

表2 各圃場におけるNDVI

圃場 No.	リモートセンシング1回目 3/23					リモートセンシング2回目 4/12				
	NDVI	生育調査				NDVI	生育調査			
		草丈 cm	茎数 本/m ²	葉色 SPAD	草丈×茎数 ×葉色 ¹⁾		草丈 cm	茎数 本/m ²	葉色 SPAD	草丈×茎数 ×葉色 ¹⁾
1	0.33	15.2	835	50.6	64	0.47	45.9	507	42.7	99
2	0.67	25.0	824	51.8	106	0.80	69.5	571	47.6	189
3	0.60	22.7	957	46.1	101	0.76	69.6	619	47.4	204
4	0.41	15.5	650	50.9	51	0.62	47.5	418	43.7	87
5	0.41	16.4	737	49.7	60	0.61	49.5	414	43.1	89
6	0.62	21.9	884	43.5	84	0.76	65.7	444	44.6	131

1)草丈×茎数×葉色は草丈(cm)×茎数(本/m²)×葉色(SPAD)を10000で割った値。

表3 各試験区の遅れ穂率、倒伏程度、精麦重およびタンパク質含有率の平均値

各試験区の 平均値	実肥 施用 時期	n=	成熟期	倒伏程度	精麦重	タンパク質
			遅れ穂率		2.0mm以上	含有率 ¹⁾
			%	(0-5)	kg/10a	%
各試験区の 平均値	止葉展開期	6	1.6	0.3	557	11.1
	出穂10日後	6	1.5	0.3	524	11.3
	無施用	6	0.6	0.3	531	9.9

1)タンパク質含有率はFOSS製インフラテックソフィアによる水分13.5%換算値。

表4 NDVI 別の各試験区の遅れ穂率、倒伏程度、
精麦重およびタンパク質含有率の平均値

	実肥 施用 時期	n=	成熟期	倒伏程度	精麦重	タンパク質
			遅れ穂率		2.0mm以上	含有率 ²⁾
			%	(0-5)	kg/10a	%
4/12のNDVI 0.64未満の 圃場の平均値	止葉展開期	3	2.6	0.0	508	11.8
	出穂10日後	3	1.7	0.0	461	12.1
	無施用	3	1.1	0.0	476	10.8
4/12のNDVI 0.64以上の 圃場の平均値	止葉展開期	3	0.5	0.5	607	10.4
	出穂10日後	3	1.4	0.5	588	10.6
	無施用	3	0.2	0.5	586	9.1
生育診断により施用時期を選択 (⑤と⑦の平均値) ¹⁾		6	1.1	0.3	534	11.2

1)生育診断により施用時期を選択は、4/12測定でNDVI0.64未満の圃場は出穂10日後区、0.64以上の圃場は止葉展開期区を選択した場合の平均値。

2)タンパク質含有率はFOSS製インフラテックソフィアによる水分13.5%換算値。

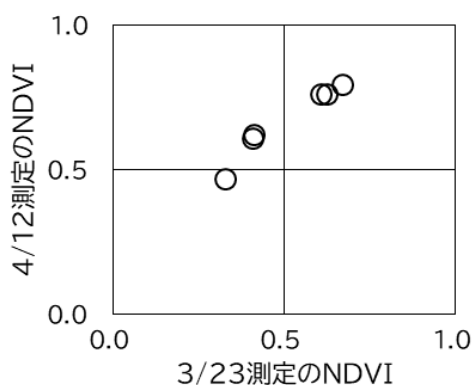


図1 3/23 および 4/12 の NDVI の関係性

5. 経営評価

リモートセンシングによる生育診断をした場合の経営評価を行うために、表5の前提条件で試算し収支を比較した。なお、乾燥調製費および販売手数料については算入していない。今年度の調査においては、収量が止葉展開期実肥施用 > 出穂10日後実肥施用 ≒ 生育診断に基づく実肥施用 > 無施用となり、止葉展開期実肥施用でも遅れ穂や倒伏程度が高まらなかった。そのため、リモートセンシングの費用を上回るだけのメリットが得られず、生育診断を実施せずに実肥を施用した場合や無施用の場合と比べて、収支はマイナスとなった。

表5 収支の試算

	単収 (kg/10a)		収入(円/10a)		支出(円/10a)			収支 (円/10a)	生育診断 との比較 (円/10a)
			生産物	畑作物 直払	リモセン	肥料費	労務費		
生育診断を実施し実肥施用時期を判断	534	表4⑩	5,337	63,728	16,500	1,000	300	51,266	-
生育診断を実施せず止葉展開期に実肥施用	557	表3①	5,575	66,564	0	1,000	300	70,839	-19,573
生育診断を実施せず出穂10日後に実肥施用	524	表3②	5,242	62,585	0	1,000	300	66,527	-15,261
実肥を施用しない	531	表3③	5,310	63,403	0	0	0	68,713	-17,448

試算の条件

収入		支出	
生産物の販売	500円/50kg	リモートセンシング費用10ha分	165,000円/10ha
畑作物直接支払交付金(1等Aランク)	5,970円/50kg	肥料費(硫安10kg/10a(N2.1kg/10a))	1,000円/10a
		肥料散布労務費(2000円/h×0.15h)	300円/10a

6. 利用機械評価

リモートセンシングによるNDVI等の測定作業はヤンマーアグリジャパン株式会社により行われた。測定は上記の6圃場を含む複数の圃場を対象として行われた。約7.5haの撮影に要した時間は、ドローンの離着陸などの移動時間を含め10aあたり11秒であった。なお、前年度の実証では1圃場ずつ離着陸を行い測定したため10aあたり48秒であった。したがって、リモートセンシングによるNDVI等の測定は、手作業による生育調査と比べて短い時間で生育診断を行うことが可能であり、面的にまとまったエリアを測定する場合はさらに効率的であることが示された。

7. 成果の普及

2月20日に開催される令和4年度調査研究成果報告会において、県内の普及指導員（作物分野）に対し実施結果を報告する。

8. 考察

前年度、止葉展開期頃におけるNDVIと遅れ穂率の関係性から求めた回帰式は $y = -53.2x + 39.2$ （ y :遅れ穂率、 x :止葉展開期頃のNDVI）であったが、2年間のデータを用いて作成した回帰式は $y = -31.7x + 24.1$ （ y :同、 x :同）であった。遅れ穂率5%を閾値とすると、NDVI0.60以上が実肥施用時期を早めるための判断指標になり、前年度の指標0.64と概ね同等の指標が得られた（図2）。

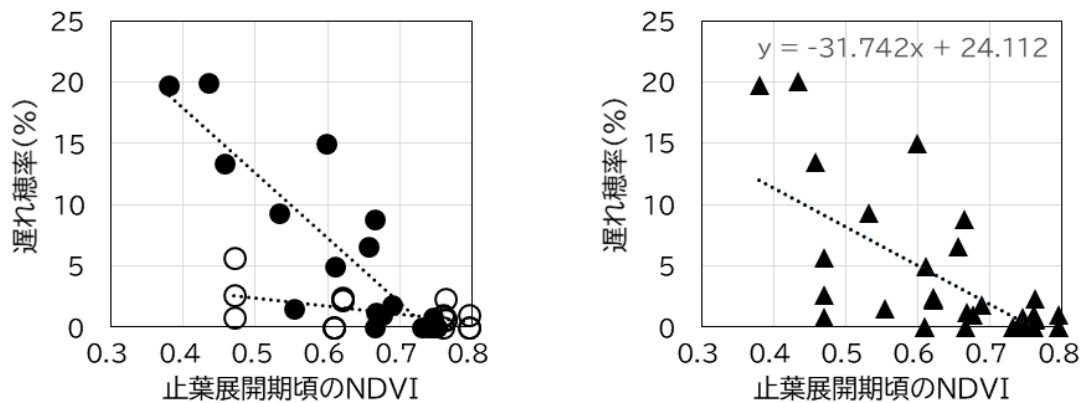


図2 止葉展開期頃のNDVIと遅れ穂率の関係性

○：今年度（4/12測定、n=18）、●：前年度（3/23測定、n=18）、▲：今年度＋前年度（n=36）

9. 問題点と次年度の計画

生育診断を実施する時期について、今年度のように生育が遅延した場合、3月下旬の生育量が極端に小さく、測定時期が早いと診断指標NDVI0.64が使用できない。生育ステージに応じて4月以降に生育診断時期を遅らせるか、別の指標を作成しなければならないため、成果の活用には注意が必要である。

10. 参考写真

なし