

小麦「さぬきの夢 2009」 低収改善対策マニュアル



～主な事例と判断指標・対策～



収穫期を迎えた「さぬきの夢2009」

香 川 県

2019.12



も く じ

I. 耕地の排水不良・過湿

1. 事 例	1
2. 評 価	1
1) 孔内水位（降雨3日後-20cm以下）・土壌水分（降雨3日後40%未満）	1
2) 水中沈定容積（1.3L/kg以下）	2
3) 砕土率（土塊1cm未満、50%以上）	2
3. 対 策	3
額縁明渠、スタブルカルチによる乾田化、アップカットロータリー播種	

II. 土壌の酸性化による生育不良

1. 事 例	4
2. 評 価	5
1) 土壌pH（6.0～6.5）	5
3. 対 策：土壌改良資材の施用、水田輪作体系の導入	6

III. 地力・肥効低下による生育不良

1. 事 例	7
2. 評 価	7
1) SPAD（節間伸長期40以上）	7
2) NDVIセンサ（出穂1か月前0.7程度）	8
3. 対 策：堆肥・緑肥の施用、施肥の改善	9

IV. 参考資料

播種期別生育ステージ	11
作況高低別気象要因	12

資料の利用について

小麦の生産安定・収量向上を目指し、生産現場における多収阻害要因の状況を把握するため実態調査を実施しました。対象とした3か年の状況は、生育、収量、品質ともに年次変動が見られ、気象要因が麦作に及ぼす影響が大きいことを再認識する結果となりました。

一方では、現場の麦生産体制は集約化に伴う規模拡大により、過去に可能であった基幹作業の未実施や適期における作業が困難となる等、経営環境の変化が単収低下の要因になることも推測されます。

現場ほ場での収量低下には、事例毎に多様な要因が複雑に関係していますが、その中で特に重要と考えられる3つの項目について整理しました。以下にまとめた内容は、調査期間中の判例に基づき指標化したものですが、現地の個別事例により修正の必要があることをご了解ください。

本マニュアルは、2015年から実施された農林水産省委託事業「収益力向上のための研究開発」プロジェクト、麦類の多収阻害要因の解明と改善指標の開発での成果を取りまとめたものです。

小麦低収対策 概要

生育ステージ	事例	要因	指標		対策	改善目標
			項目	数値(目標)		
播種前	排水不良	高地下水位	孔内水位	降雨3日後 -20cm以下	<ul style="list-style-type: none"> ○額縁明渠の設置 ○明渠および排水溝調整 ○スタブルカルチによる乾田化 ○前作水稲の早期落水 ○圃場選定(品日変更) 	土壌改良・播種時の乾田化・ 出芽数・初期生育確保
		表層滞水	体積含水率(TDR水分計)	降雨3日後 40%未滿		
			水中沈定容積	1.3L/kg以下		
土壌酸性化	低土壌pH	土壌pH	pH6.0~6.5	<ul style="list-style-type: none"> ○土壌改良資材の施用 苦土石灰 200kg/10a ○堆肥の施用 パーク堆肥 2t/10a ○水稲栽培(麦連作の場合) 		
播種時	土壌の過湿	播種前降雨 練り播き	砕土率	砕土率 1cm未滿 50%以上	<ul style="list-style-type: none"> ○アップカット耕耘 ○明渠、排水溝調整 ○播種時期調整 	穂数確保 (粒数)
分けつ期 幼穂形成期 節間伸長期	莖数不足	肥料切れ 暖冬多雨	SPAD NDVI値 最高莖数	葉色 40~43 出穂1ヶ月前 0.7程度 1000本/m ²	<ul style="list-style-type: none"> ○生育診断による追肥 (後期重点施肥) 	
出穂期 登熟期	倒伏 穂数不足 葉色低下	生育過剰、早播き 肥料切れ 過湿	SPAD	葉色 成熟 20日前 35以上	<ul style="list-style-type: none"> ○適期播種 ○生育診断による追肥 (節間伸長期まで) ○明渠の効果確認 	
さめぎの夢 2009 目標値(例)	単収	穂数	稈長	穂長	容積重	千粒重
	600kg/10a	500本/m ²	75cm	10cm	800~805g/L	40~41g

I. 耕地の排水不良・過湿

1. 事例



播種耕起前降雨による滞水



播種時の過湿による
練り播き



出芽後排水溝の滞水

- ・排水不良の原因には、地下水位が高いこと、圃場外への排水が不十分なことが挙げられます。
- ・降雨後の地下水位や作土層内の土壌水分の変化を参考に、ほ場毎の排水の良否が判断できます。

2. 評価

1) 孔内水位（降雨3日後-20cm以下）・土壌水分（降雨3日後40%未満）

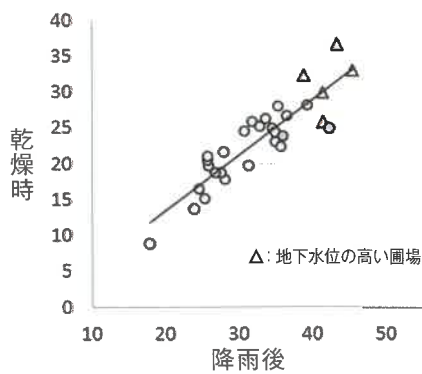


図 土壌水分と地下水位



TDR土壌水分計



ハンドオーガによる掘削

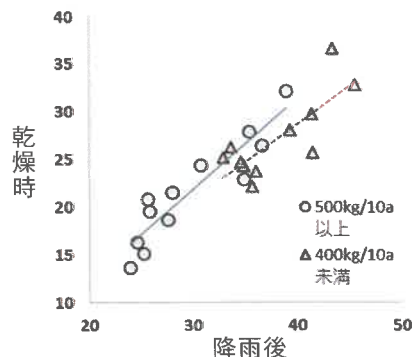


図 土壌水分・収量

- ・地下水位が高いほ場は、土壌水分が降雨後、乾燥時ともに高い傾向にあります。
- ・孔内水位、降雨後の土壌水分が高いほ場は、湿害が発生しやすく、乾田化対策の必要性も高くなります。

2) 水中沈定容積 (1.3L/kg 以下)

水中沈定容積

- 土壌の粘土含量、形状、鉱物組成、土壌の置かれている環境の影響などが総合的に評価できる土壌物理的特性値の一つです。
- 畑地化が進行すると、数値が減少し、作業性の向上や保水量の低下が進みます。

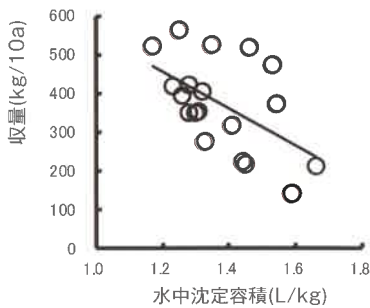


風乾細土10g秤量
蒸留水
1M塩化アンモニウム2ml

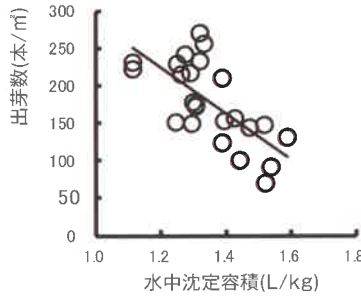
脱気

50ml有栓
メスシリンダーへ

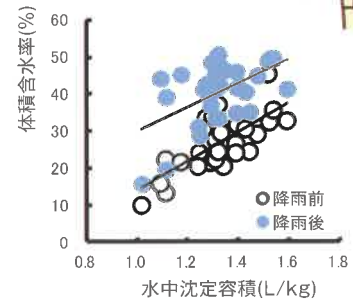
体積読み取り



$r = -0.536$
5%水準で有意



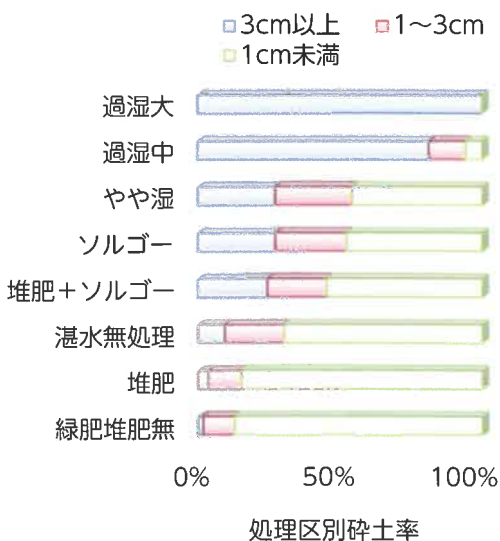
$r = -0.691$
1%水準で有意



降雨前 $r = 0.731$
1%水準で有意
降雨後 $r = 0.523$
1%水準で有意

図 水中沈定容積と単収・出芽数・体積含水率

3) 砕土率 (土塊 1cm未満、50%以上)



• 麦の出芽苗立ち、初期生育を確保するためには、播種期の乾田化を図り土壌の物理的環境を良くすることが必要です。

表 播種時砕土処理別生育

処理区分	砕土率%			稈長	穂長	穂数	精玄麦重
	≥3	1~3	<1				
過湿大	100	0	0	61	9.1	221	115
過湿中	81	13	5.8	73	9.6	290	330
やや湿	27	27	46	89	9.7	485	464
ソルゴー	27	25	48	90	10.1	508	432
堆肥+ソルゴー	25	21	55	84	9.5	527	519
湛水無処理	9.4	21	70	82	9.4	428	468
堆肥	3.6	12	85	95	10.7	563	531
緑肥堆肥無処理	1.8	11	87	87	10.1	495	504



3. 対策：額縁明渠、スタブルカルチによる乾田化、アップカットロータリー播種



リターンデッチャーによる縁明渠の設置



額縁明渠と排水溝を接続



スタブルカルチによる耕起



スタブルカルチ処理 (左) と慣行耕起 (右)



小～中型トラクタ用 (27～35ps) 逆転ロータリ適応



小～中型トラクタ用 (27～35ps適応) 逆転ロータリによる播種

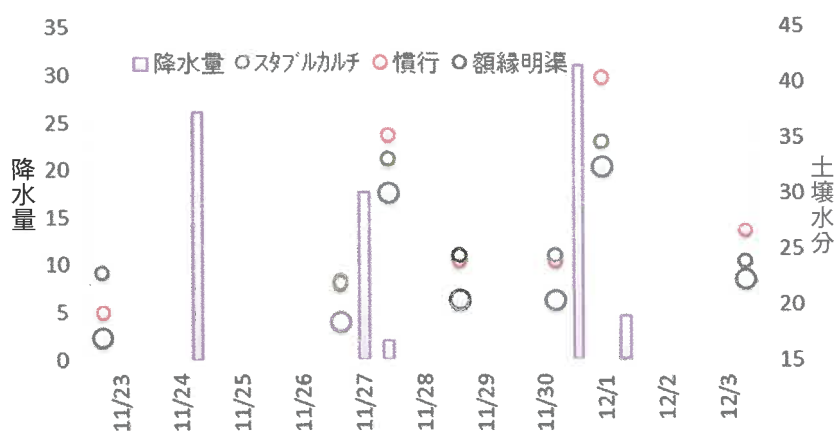


図 降水量と土壌水分



明渠は、成熟期までその機能が十分発揮されているか降雨後に適宜確認。

- ・スタブルカルチ処理により、播種後の降雨による土壌水分の上昇が緩和されます。
- ・設置した額縁明渠は、生育期間中の降雨が圃場外へ滞水なく円滑に排水されているかを確認します。

表 試験区構成

試験区	耕耘方法	トラクター出力	耕耘幅	耕耘設定
低出力逆転ロータリ	逆転耕	20kw (27PS)	1600mm	PTO2
高出力逆転ロータリ		34kw (46PS)	1800mm	
高出力正転ロータリ (対照)	正転耕	34kw (46PS)	1800mm	

・供試した低出力逆転ロータリは、低出力トラクタによる播種作業が可能で、高出力逆転ロータリ区と同等の出芽数、収量を得ることができました。

表 耕耘畝立て方法と作業精度・出芽本数

試験区	作業速度 (km/h)	耕耘ピッチ (cm)	耕耘深 (mm)	砕土率 2cm以下 (%)	砕土率 1cm以下 (%)	出芽本数 m2/本	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 m2/本	精玄麦重
低出力逆転ロータリ	1.26	8.5	106	73	46	181	85.4	10.0	473	468
高出力逆転ロータリ	1.50	8.5	87	89	64	181	86.1	9.8	479	513
高出力正転ロータリ (対照)	1.84	12.9	107	72	50	182	83.1	9.9	323	422

Ⅱ. 土壌の酸性化による生育不良

1. 事例



麦連作により畑地化が進行し、土壌酸性傾向。
(中央部 pH4.8)



麦連作により畑地化が進行。
(生育不良部 pH4.1)



麦連作により畑地化が進行。
(酸度矯正資材無施用部出芽無。pH4.5)



麦連作により畑地化が進行し、土壌酸性傾向。
(生育不良部 pH4.7)

- ・土壌の酸性化の原因には、降雨による交換性塩基の流亡や酸性肥料の投入、水田の畑地化進行による有機物の分解などが挙げられます。
- ・麦は高いpHを好む作物であり、特に畑地状態が長く継続しているほ場では、事前に土壌診断を実施し、土壌改良資材や有機物資材の適切な施用、または、水稲との輪作体系を導入するなどの対策が必要です。

2. 評価

1) 土壌pH (6.0~6.5)



pH 簡易測定用
ポータブル土壌 pH メーター



- pHは、一枚のほ場内で調査地点による差が大きくなる場合もあります。

- pHは、土壌化学性をチェックするために重要な項目です。
- 土壌を混和後、さじで土を採取します。
- 蒸留水の入ったボトルに土を入れよく混ぜて pH を測定。

表 酸性障害発生ほ場の生育と土壌pH

生育状況	調査地点					ave
	1	2	3	4	5	
生育良	6.5	6.6	5.9	5.3	5.6	6.0
黄化	5.7	5.4	5.3	5.3	4.9	5.3
分けつ無	4.7	5.2	5.2	4.5	4.7	4.9
麦枯れ	4.4	4.4	4.6	4.4	4.4	4.4

5.8	5.4	5.4	5.1	5.4	4.9	4.8
5.5	5.3	5.1	4.7	4.8	4.8	4.8
5.4	5.1	4.9	4.7	4.7	4.7	4.8
5.2	5.2	5.0	5.0	4.6	4.8	4.8
5.3	5.1	5.1	4.9	4.9	4.7	4.7
5.1	5.2	5.0	4.9	4.9	4.6	5.0

図 ほ場内調査地点の pH 動向事例

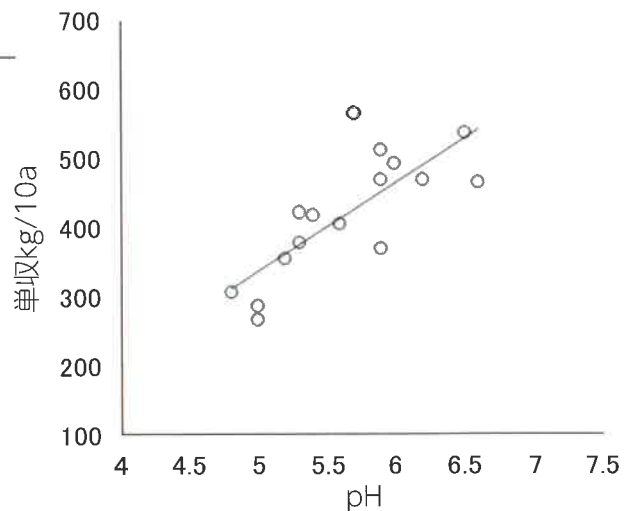


図 単収とpH

3. 対 策：土壌改良資材の施用、水田輪作体系の導入



酸性障害発生ほ場における堆肥効果確認。4t/10a投入。



同左。4/3 生育状況。
単収堆肥有：468kg
堆肥無：306kg/10a。



H27播き。酸性障害でほ場中央部に生育障害



米麦2毛作ほ場 H29播き
生育ムラ (B ほ場)



H28 播き、
小麦単収 470kg/10a



H28 夏期水稲作導入。



H30 播き、
土改剤、堆肥施用 3t/10a



麦単作ほ場 H29 播き、
生育ムラ (Aほ場)



H30 播き、
土改剤、堆肥施用

表 堆肥・土壌改良資材効果 (現地実証・30播き)

圃場条件・資材効果	3/15			稈長	穂長	穂数	精玄 麦重	肩麦重	千粒重	ブラウエル	タンパク	硝子 粒率	外観 品質	pH	
	草丈	茎数	SPAD												
A (麦単作)	堆肥	44.2	1229	48.6	86.5	10.9	648	623	17.1	41.5	827	8.0	72.0	1上	5.3
	苦土石灰200kg	31.5	1147	49.4	85.1	10.1	616	648	14.5	40.7	813	7.4	70.5	1中	6.0
	苦土石灰300kg	29.3	964	49.5	85.4	9.8	564	607	15.8	40.4	813	7.3	72.1	1中	5.8
	無処理	24.3	744	46.8	82.7	9.7	511	525	20.7	39.8	813	6.7	67.4	1上	5.0
B (稲麦2毛作)	堆肥	51.3	702	46.4	84.1	11.5	590	600	4.3	45.2	833	7.9	83.5	1中	5.6
	苦土石灰200kg	45.2	594	39.6	79.5	10.8	486	586	10.2	41.9	820	6.8	69.0	1上	5.6
	苦土石灰300kg	45.6	628	39.8	80.2	10.9	472	550	6.8	41.6	813	6.7	67.4	1上	6.0
	無処理	42.6	635	37.9	74.1	10.5	473	465	9.9	40.7	813	6.6	64.9	1上	5.2

Ⅲ. 地力・肥効低下による生育不良

1. 事例



出穂直後頃 4/9。
止葉のみ緑色、第2葉以下は黄化



出穂期頃 3/26。
下葉の黄化が目立つ。



穂揃い期頃 4/14。
下葉の黄化が目立つ。



穂揃い期頃4/15。同一生産者管理の近隣播種期同一の2ほ場のサンプル。
下段に比べ、上段の下位葉黄化が大きい。



- ・穂数、千粒重、容積重など、収量構成要素は生育期間の後半に形成され、それらの向上には植物体の健全化とともに生育量に見合った肥効の持続が求められます。
- ・現地生産ほ場にみられる早期の葉色低下や下葉の枯れ上がりなどの原因には、湿害による根の傷み等が挙げられる一方、出穂頃から成熟期にかけての高温・乾燥、地力の低下や施肥不足による肥切れも考えられます。

2. 評価

1) SPAD (節間伸長期40以上)

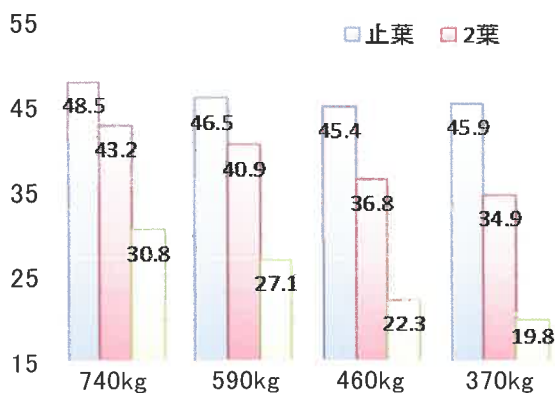


図 単収・SPAD (4/23)

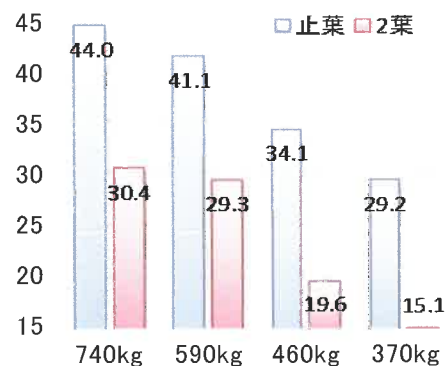


図 単収・SPAD (5/7)

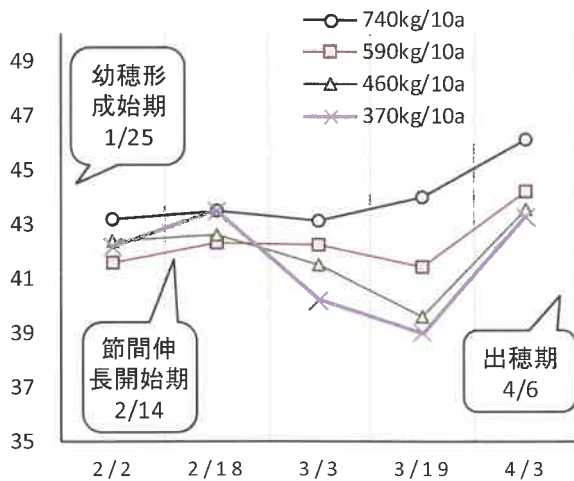


図 単収とSPAD推移-1

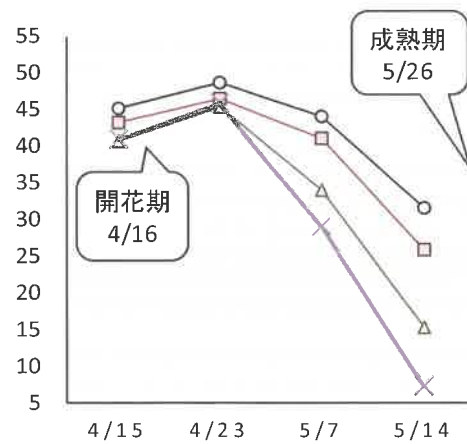


図 単収とSPAD推移-2

・葉色と収量との関連は高く、単収を向上するためには節間伸長期、登熟期に肥効を持続し、登熟期の葉色低下を早めないことが必要です。

表 単収別収量構成要素と生育推移

区分	稈長	穂長	穂数/ ㎡	ブラウ エル値 (g/l)	千粒重 (g)	タン パク 含量(%)	硝子率 (%)	2/2		3/3		3/19	穂数/ 莖数
								草丈	莖数	草丈	莖数	草丈	
740kg/10a	78.0	10.3	514	808	40.1	8.7	66	23	806	31	1073	48	0.48
590kg/10a	72.2	10.0	458	796	39.2	8.1	57	21	720	29	987	42	0.46
460kg/10a	70.1	9.7	400	785	37.7	7.7	50	21	719	28	900	41	0.44
370kg/10a	68.5	9.6	370	781	37.2	7.5	47	22	777	28	977	40	0.38

2) NDVIセンサ (出穂1か月前0.7程度)

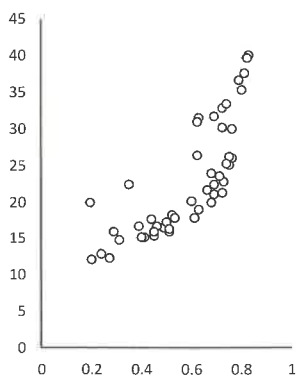


図 NDVI値と草丈

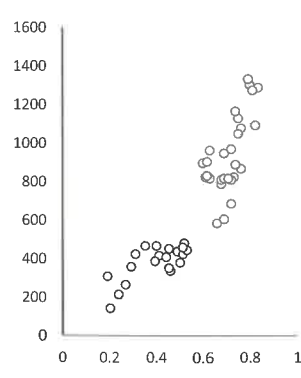


図 NDVI値と莖数

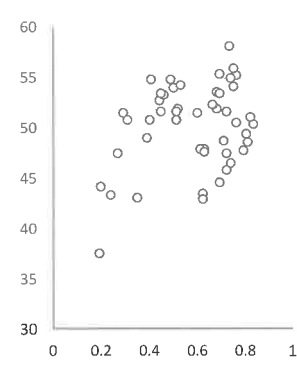


図 NDVI値とSPAD

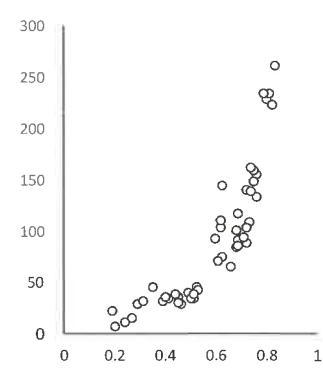


図 NDVI値と生育指標値

・NDVIセンサは生育量(生育指標値)と正の相関があり、生育ステージにおける生育状況を総合的に把握する指標として活用が期待できます。

$$\text{生育指標値} = \text{草丈 (cm)} \times \text{莖数 (本/㎡)} \times \text{葉色 (SPAD)} \times 10^{-4}$$

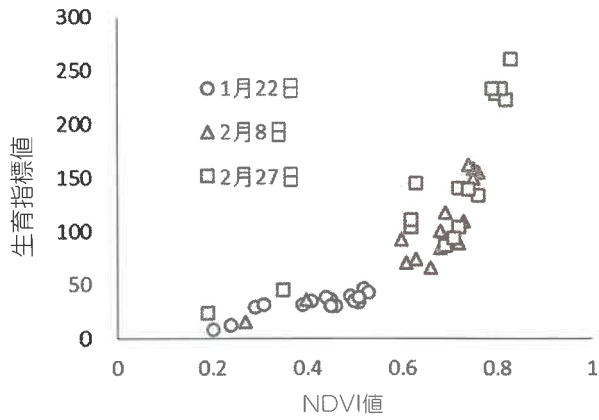


図 NDVI値と生育指標値・場内

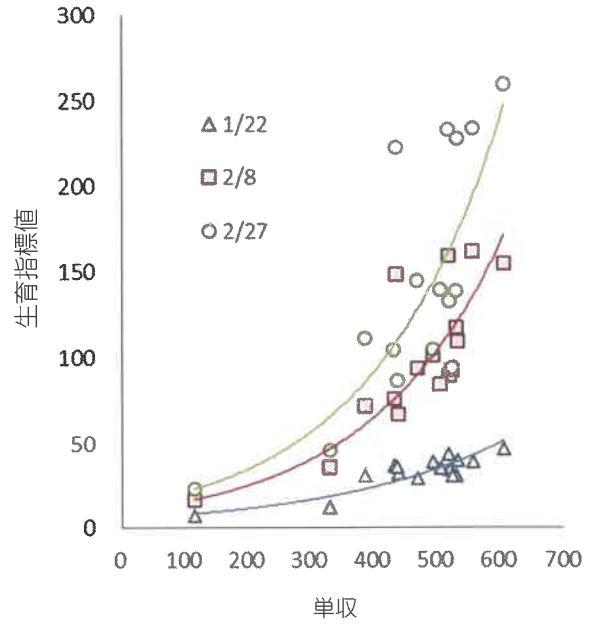


図 単収と生育指標値

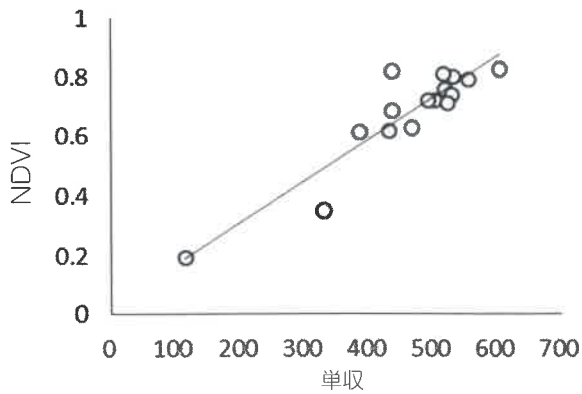


図 単収NDVI (2/27)

- NDVI値は、植生の分布や活性度を示す指標です。
- NDVI値は分けつ～出穂期にかけ生育が進むにつれ上昇します。収量性の高い区では、出穂約1か月前の節間伸長期の値が0.7程度となります。



携帯型 NDVI センサ

3. 対策：堆肥・緑肥の施用、施肥の改善



バーク堆肥施用効果試験



緑肥(セスバニア)のすき込み・ハンマーナイフモアにより細断



緑肥(緑肥用トウモロコシ)のすき込み・ハンマーナイフモアにより細断

表 調査区の収量性 (H28年産)

区名	収量 (kg/10a)	屑麦重 (kg/10a)	千粒重 (g)	タンパク含量 (%)	硝子率 (%)
緑肥+堆肥	717b	15a	40.1b	8.6c	66.5b
堆肥	564ab	19a	38.4ab	8.0ab	57.0ab
緑肥	642ab	24a	39.9b	8.3bc	61.3ab
無処理区	450a	20a	37.5a	7.5a	47.9a

同一英字文字間は、Tukey-Kramerの方法による多重比較 (P<0.05) で有意差がないことを示す。

- ・緑肥作物は、生育期間や利用目的等によって品種を選択する必要があります。
- ・緑肥、堆肥の施用により土壌の化学性に改善効果が確認できます。

表 調査区の土壌化学性 (H28年産)

区名	pH	EC (mS/cm)	SV (ml/10g)	T-N(%)	T-C(%)	可給態P ₂ O ₅ (mg/100g)	交換性CaO (mg/100g)	交換性MgO (mg/100g)	交換性K ₂ O (mg/100g)
緑肥+堆肥	6.7a	0.07b	13.57a	0.25b	2.21b	57.4c	217.2b	37.5a	31.8b
堆肥	6.6a	0.06ab	13.63a	0.22b	2.02b	57.3bc	205.9ab	34.5a	28.4b
緑肥	6.5a	0.05ab	13.53a	0.19a	1.74a	40.0a	194.8a	33.1a	10.4a
無処理区	6.6a	0.05a	13.66a	0.17a	1.59a	41.1a	186.5a	33.4a	9.7a

同一英字文字間は、Tukey-Kramerの方法による多重比較 (P<0.05) で有意差がないことを示す。



左：標準施肥区、右：追肥重点区、追肥は3/11



左：標準施肥区、右：追肥重点区

表 施肥量と生育収量・H27播

試験区名	基肥-追肥 (Nkg)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	精玄麦重 (kg/a)	比率 (%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)
標準	8-4	73.3	8.2	523	46.2	(100)	768.5	37.7	8.7
多肥	8-8	74.6	8.6	625	59.8	129.4	783.0	38.5	9.5
追肥重点	4-8	71.7	8.4	590	58.6	126.8	783.0	38.5	9.7

- ・施肥は、ほ場来歴や土性、排水の良否、当該年の気象条件などの栽培環境、当該年産の生育状況により調節が必要です。
- ・麦の窒素吸収量が大きくなる茎立期以降の肥効を高めることができる追肥重点型施肥により、収量性の向上が期待できます。

Ⅳ. 参考資料

表 播種期別生育ステージ・さぬきの夢2009

播種期	播種日	幼穂形成始期	節間伸長開始期	出穂期	開花期	成熟期
11上	11/5	1/15	2/14	3/29	4/13	5/22
11中	11/13	1/31	2/22	4/4	4/17	5/24
11下	11/24	2/24	3/9	4/10	4/20	5/26
12上	12/5	3/7	3/18	4/15	4/24	5/28
12下	12/19	3/13	3/24	4/19	4/27	5/30

2014～2018播き5か年平均

表 播種期別生育ステージ間の経過日数・さぬきの夢2009

播種期	播種日	幼穂形成～節間伸長	節間伸長～出穂	出穂～開花	開花～成熟
11上	11/5	30	43	15	39
11中	11/13	22	41	13	37
11下	11/24	13	32	10	36
12上	12/5	12	28	9	34
12下	12/19	11	26	8	33

2014～2018播き5か年平均

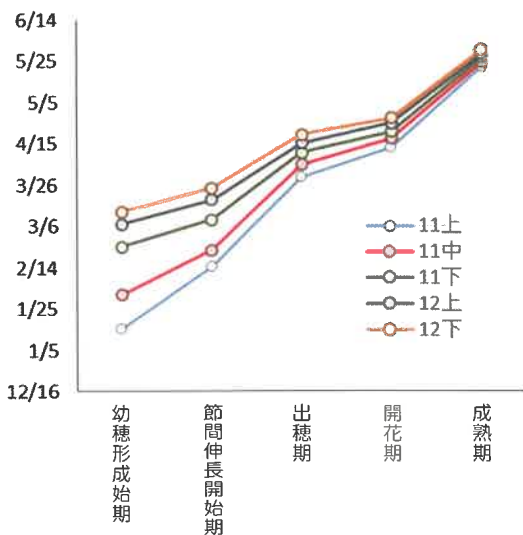


図 播種期別生育ステージ・夢2009

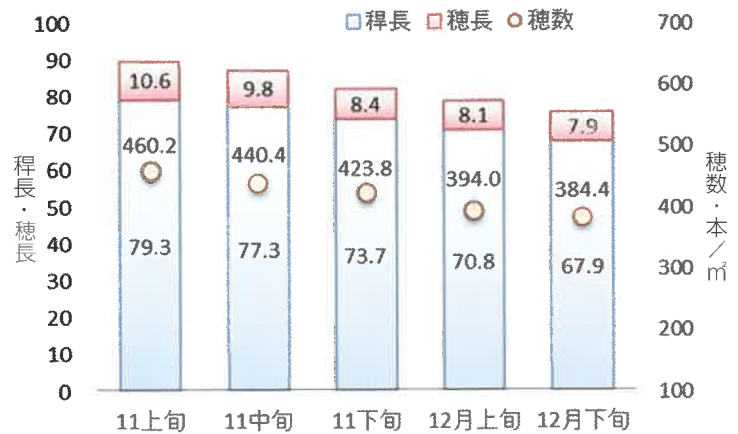


図 播種期別稈長・穂長・穂数 (5か年平均)

- ・麦類の安定生産を図るためには、気象要因の年次変動に伴う麦の生育状況を把握し、生育予測に基づく適期適切な栽培管理の実施が必要です。
- ・また、播種期が異なるとその後の生育の進捗にも差ができます。播種期別に生育ステージを把握することにより計画的な管理作業実施の基礎資料とすることができます。

表 調査対象年

作況高			作況低		
年産	単収	指数	年産	単収	指数
2003	426	107	2001	312	79
2008	377	109	2004	302	76
2011	333	106	2005	283	76
2013	375	122	2009	222	62
2017	364	121	2010	241	73

- ・作況指数の高い年、低い年各5か年の半旬別降水量を平年値と比較しました。データは滝宮アメダスを使用しています。
- ・低収年は、播種期前後の10～11月、および春先2～3月の降水量が多い傾向にあります。播種期から生育期間を通じて乾田化対策の重要性が伺われます。

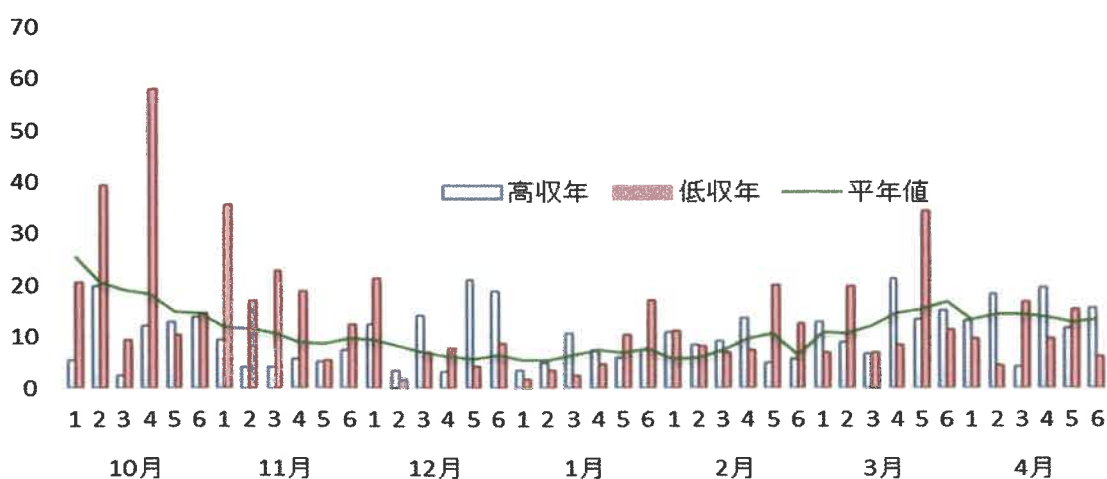


図 作況高・低別降水量半旬値

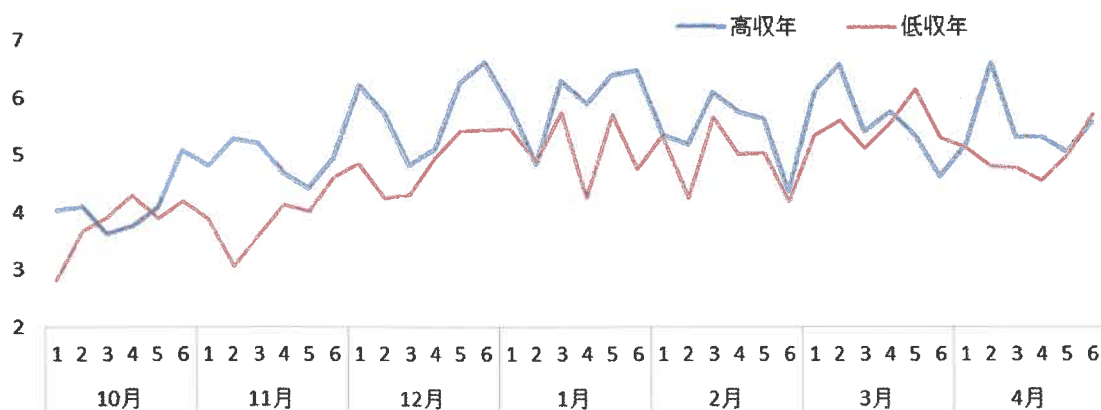


図 作況高・低別最大風速半旬値

- ・作況指数の高い年、低い年各5か年の半旬別最大風速を比較しました。栽培期間を通じて高収年は風が強い傾向にあります。風が吹けば、麦作ほ場は乾田化傾向が進むことが予想されます。麦生産の安定には、高収年の圃場条件を想定した対策の再検討も必要です。

お問い合わせ先

東讃農業改良普及センター	〒769-2401	さぬき市津田町津田 930-2	TEL 0879-42-0190
小豆農業改良普及センター	〒761-4301	小豆郡小豆島町池田 2519-2	TEL 0879-75-0145
中讃農業改良普及センター	〒765-0014	善通寺市生野本町 1-1-12	TEL 0877-62-1022
西讃農業改良普及センター	〒769-1503	三豊市豊中町笠田竹田 438-1	TEL 0875-62-3075
農業試験場	〒761-2306	綾歌郡綾川町北 1534-1	TEL 087-814-7311



出穂期直前の「さぬきの夢2009」

