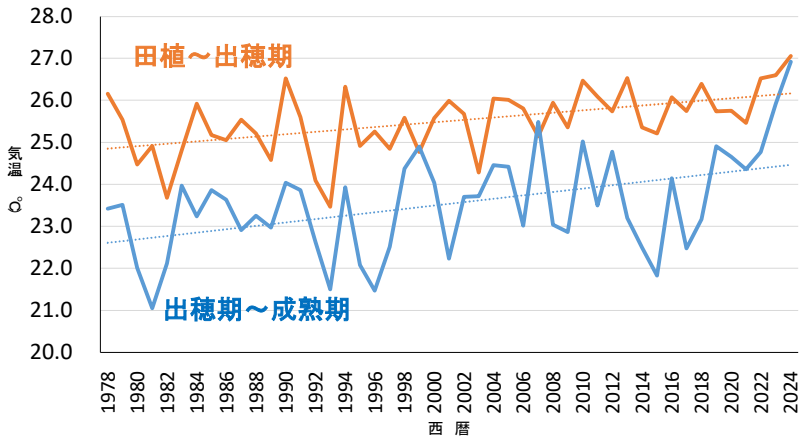
酒米「山田錦」における高温対策について
― 生育診断アプリの開発 ―

兵庫県立農林水産技術総合センター
農業技術センター 農産園芸部 酒米試験地
松川 慎平

1

近年の気温の上昇（酒米試験地：兵庫県加東市）



酒米試験地気気温データ：田植～出穂期 及び 出穂期～成熟期の日平均気温の平均値

「田植～出穂期」「出穂期～成熟期」の気温はいずれも上昇傾向にある

2

2

高温の影響で増加する主な白未熟粒

山田錦は出穂後**11～20日の日平均気温の平均が26.5℃**を超えると白未熟粒が増加する

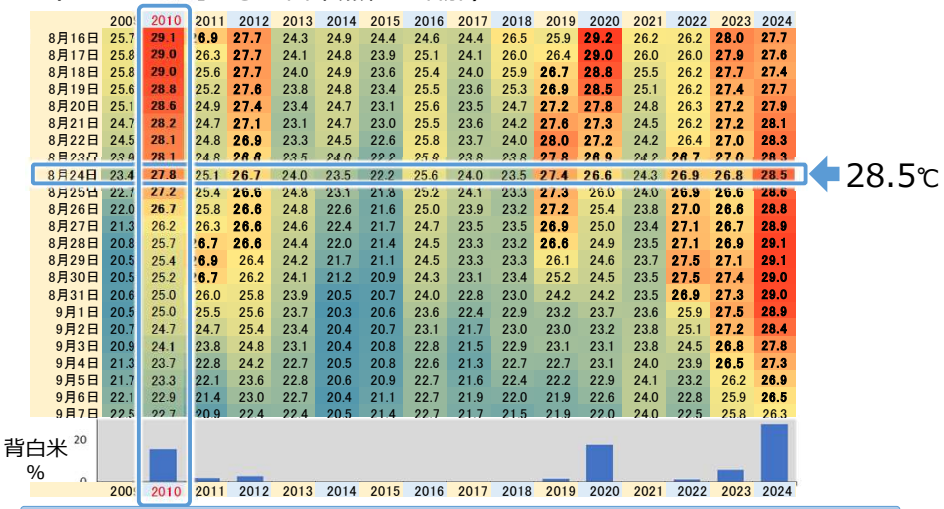
（池上・藤本、2013）

3

3

出穂後の気温と白未熟粒の発生

・出穂日ごとの、出穂後１１～２０日の日平均気温の平均
（**26.5℃**を超えると白未熟粒が増加）



近年、出穂後の高温により白未熟粒が増加しやすい傾向が続いている

4

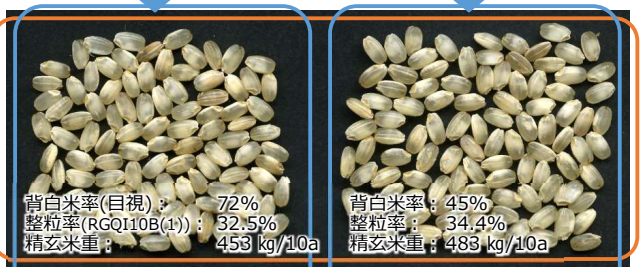
4

出穂時期と白未熟粒の発生

酒米試験地
R6・7号田

穂肥なし(1.8-0.0-0.0)　慣行施肥(1.8-1.2-1.2)

5/31移植
8/23出穂



7/ 2移植
9/ 7出穂

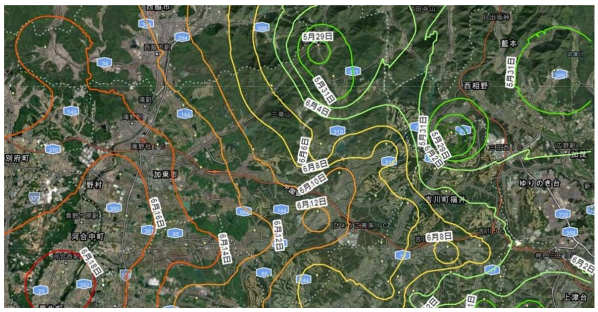
遅植えにより外観品質向上が見込めるが、収量の低下には注意が必要

5

5

温暖化への対応

- **登熟期の高温回避：田植えを遅らせる**
  →山田錦の最適な田植時期を提示「移植日マップ」
  （https://arcg.is/0bfqSm）（加藤・川向）



- **生育後半（幼穂形成期～登熟期前半）の肥効維持**
- **適期収穫**

本日の内容：
スマートフォン
アプリの紹介

6

6

「山田錦」向け 生育診断アプリの開発

スマホアプリ	現 状	要因と課題
1 穂肥診断アプリの開発 Rice Cam Y	**米粒の充実不足**（千粒重の低下など）	要因：登熟期の窒素不足等 正確な穂肥診断が必要
2 収穫適期診断アプリの開発 Grains Cam		要因：夏期高温等の気象条件 収穫適期の予測が重要

目 的　だれでも手軽に高精度な生育診断ができる技術開発を目指し、２つのアプリの開発に取り組んだ

7

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

兵庫県における「山田錦」の現状と課題

・穂肥は充実した籾を作り、籾数を最大限確保するうえで重要

・JA等による穂肥診断が行われているが、時間や手間を要し、実施できるほ場数が限られる

・また、倒伏しやすい「山田錦」において、栽培マニュアル（栽培暦）以上に肥料を増やす判断は難しい

ヨード反応による穂肥診断
『JA兵庫みらい「Mirai Club」令和4年9月号.p6.』から

対策

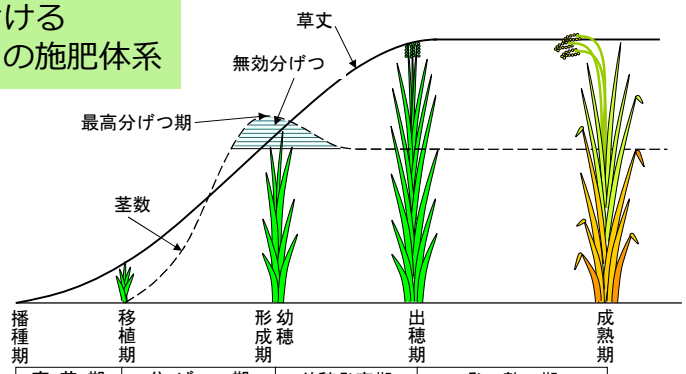
・省力、高精度で穂肥診断を行うため、Androidアプリ「Rice Cam Y」の開発に取り組んだ。

（「Rice Cam」は京都府が2015年に「コシヒカリ」向けに開発した穂肥診断アプリ）8

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

兵庫県における「山田錦」の施肥体系



省力体系

▲ 基肥(一発肥料)
窒素成分4.2kg/10a

分施体系

▲ 基肥　▲ 穂肥1　▲ 穂肥2
窒素成分1.8kg/10a　1.2kg　1.2kg

←「山田錦」では今も広く行われてれている

9

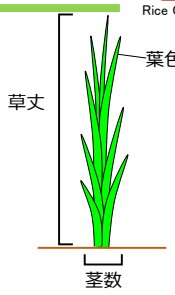
9

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

穂肥量の指標の作成

先行研究※から、穂肥施肥の指標として「生育量」を用い、籾数と玄米粗タンパク質含有率との関連を検証



生育量＝
草丈（cm）× **茎数**（本/m²）× **葉色値**/10,000

草　丈：一番長い葉の地際から先端まで長さ
葉色値：最長の茎の完全展開第二葉の葉色（SPAD）値

SPAD計

※SPAD：葉に含まれる葉緑素量を数値化したもの。

※「水稲生育診断による籾数およびタンパク質含有率の予測法の確率と丹後コシヒカリへの適応」尾崎耕二、小林俊博、大橋善之　から引用

10

10

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

穂肥量の推定　実測の生育量に基づいて最適な穂肥量を決定する

幼穂形成期の生育量	籾　数　× 100（粒/㎡） 1回目穂肥量　N量（kg/10a）						玄米タンパク質　% 1回目穂肥量　N量（kg/10a）					
	0	0.6	1.2	1.8	2.1	2.4	0	0.6	1.2	1.8	2.1	2.4
50	145.21	150.89	155.80	160.09	162.03	**163.86**	6.52	6.60	6.69	6.78	6.82	**6.86**
60	155.86	162.10	167.51	172.23	174.38	**176.40**	6.54	6.63	6.71	6.80	6.84	**6.88**
70	164.86	171.60	177.45	182.57	**184.90**	187.10	6.56	6.65	6.73	6.82	**6.86**	6.90
80	172.62	179.82	186.07	191.55	**194.04**	196.39	6.59	6.67	6.75	6.84	**6.88**	6.92
90	179.43	187.04	193.65	**199.46**	202.10	204.59	6.61	6.69	6.77	**6.86**	6.90	6.94
100	185.47	193.46	200.41	**206.51**	209.30	211.92	6.63	6.71	6.79	**6.88**	6.92	6.96
110	190.89	199.22	**206.49**	212.87	215.78	218.53	6.65	6.73	**6.81**	6.89	6.94	6.98
120	195.79	204.45	**212.01**	218.65	221.68	224.54	6.67	6.75	**6.83**	6.91	6.96	7.00
130	200.26	209.23	**217.05**	223.94	227.08	230.04	6.69	6.77	**6.85**	6.93	6.97	7.02
140	204.36	**213.61**	221.69	228.81	232.06	235.12	6.71	**6.79**	6.87	6.95	6.99	7.03
150	208.15	**217.67**	225.99	233.32	236.67	239.83	6.73	**6.81**	6.89	6.97	7.01	7.05
160	211.66	**221.43**	229.98	237.52	240.96	244.21	6.75	**6.83**	6.91	6.99	7.03	7.07
170	**214.93**	224.94	233.70	241.43	244.97	248.30	**6.77**	6.85	6.93	7.01	7.05	7.09
180	**217.98**	228.23	237.19	245.11	248.73	252.14	**6.79**	6.87	6.95	7.02	7.06	7.11
190	**220.85**	231.31	240.48	248.57	252.27	255.76	**6.81**	6.89	6.96	7.04	7.08	7.12
200	**223.55**	234.22	243.57	251.83	255.61	259.18	**6.83**	6.91	6.98	7.06	7.10	7.14
210	**226.10**	236.97	246.50	254.92	258.77	262.41	**6.85**	6.93	7.00	7.08	7.12	7.16
220	**228.51**	239.57	249.27	257.84	261.77	265.48	**6.87**	6.94	7.02	7.10	7.14	7.18

（2021年データ）

目標数値　籾数：21,500±2,000粒/㎡　玄米粗タンパク質含有率：7.0%未満

籾数、玄米祖タンパク質含有率の両方が好適となる範囲

11

11

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

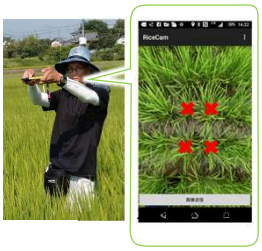
アプリによる診断方法

撮影時期

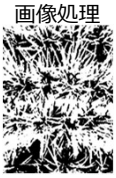
幼穂形成期
（出穂20日前）

撮影方法

稲株からの高さ70cmで撮影　4株を指定（赤の×印）



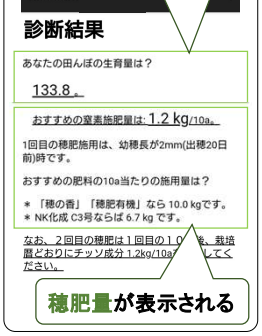
画像処理



植被率から生育量を推定

診断結果

生育量が推定される



穂肥量が表示される

・幼穂形成期（出穂20日前）に近いほど正確な予測が可能

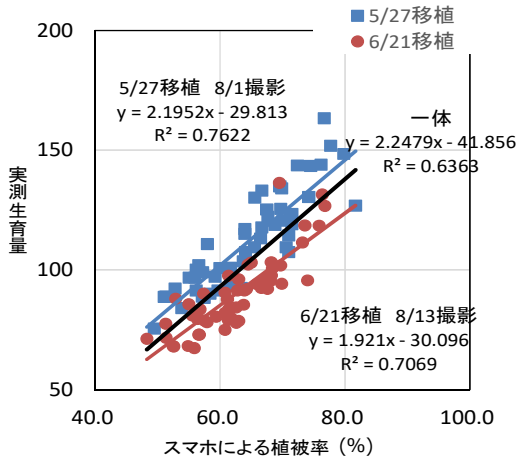
12

12

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

実測生育量とスマホによる推定植被率の関係(2019年)



・異なる移植時期において、実測生育量と推定植被率との間に強い正の相関を確認

13

13

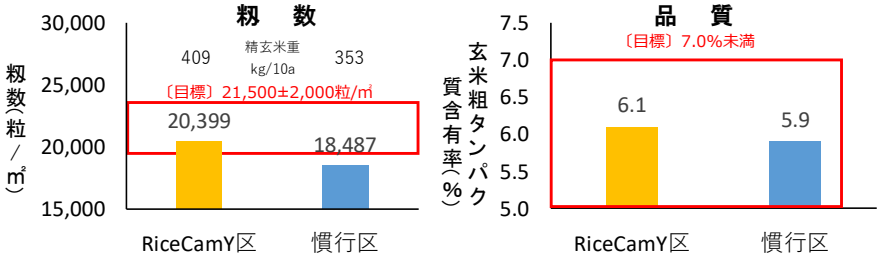
1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

結　果（2020年度）

〔目標〕籾数：21,500±2,000粒/㎡
玄米粗タンパク質含有率：7.0%未満

【施肥量】
Rice Cam Y　窒素成分**2.4**kg/10a（慣行 1.2kg/10a ）



（2反復平均値）

【結果】籾数は約10%向上、品質は同程度となり、目標を達成

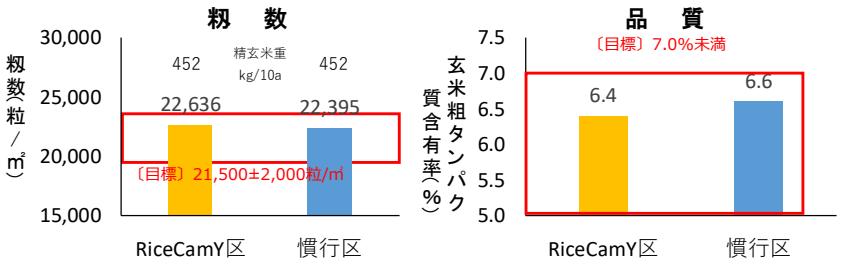
14

14

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

結　果（2021年度）　〔目標〕籾数：21,500±2,000粒/㎡
玄米粗タンパク質含有率：7.0%未満

【施肥量】
Rice Cam Y　窒素成分**2.0**kg/10a（慣行 1.2kg/10a ）



（2反復平均値）

【結果】籾数は同程度、品質は同程度となり、目標を達成

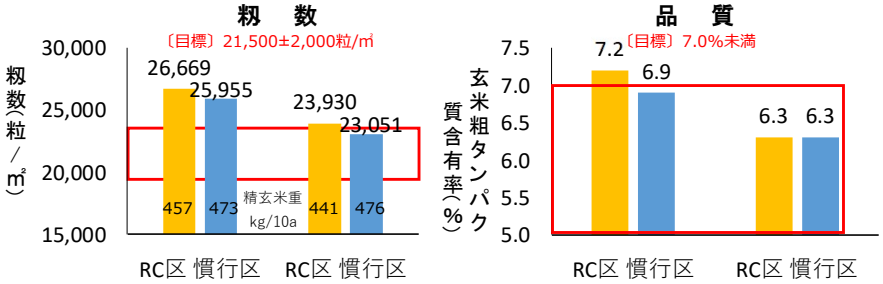
15

15

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

結　果（2022年度）　〔目標〕籾数：21,500±2,000粒/㎡
玄米粗タンパク質含有率：7.0%未満

【施肥量】
Rice Cam Y　窒素成分**1.8**kg/10a（慣行 1.2kg/10a ）



【結果】籾数・タンパクが過剰となったほ場が見られた

16

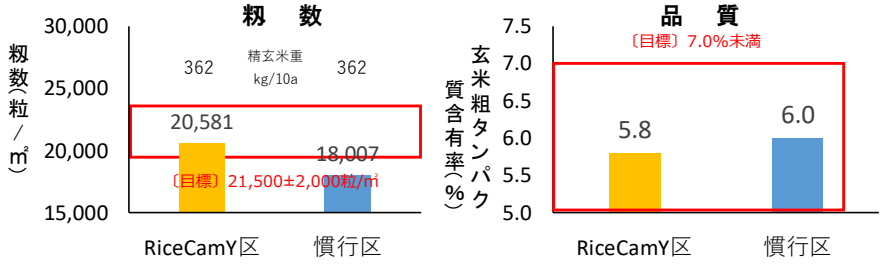
16

1「山田錦」向け穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」の開発

Rice Cam Y

結　果（2023年度）　〔目標〕籾数：21,500±2,000粒/㎡
玄米粗タンパク質含有率：7.0%未満

【施肥量】
Rice Cam Y　窒素成分**2.1**kg/10a（慣行 1.2kg/10a ）



【結果】籾数は約10%向上、品質は同程度となり、目標を達成

17

17

2「山田錦」向け収穫適期診断アプリ「Grains Cam」の開発

Grains Cam

兵庫県における「山田錦」の現状と課題

・適期収穫は品質を維持するうえで重要

・地域のJA等による収穫適期診断が行われているが、時間や手間を要し、実施できるほ場数が限られる

・目視による調査が中心で、調査精度の平準化が必要

対策

・省力、高精度で収穫適期診断を行うため、Androidアプリ「Grains Cam」の開発に取り組んだ。

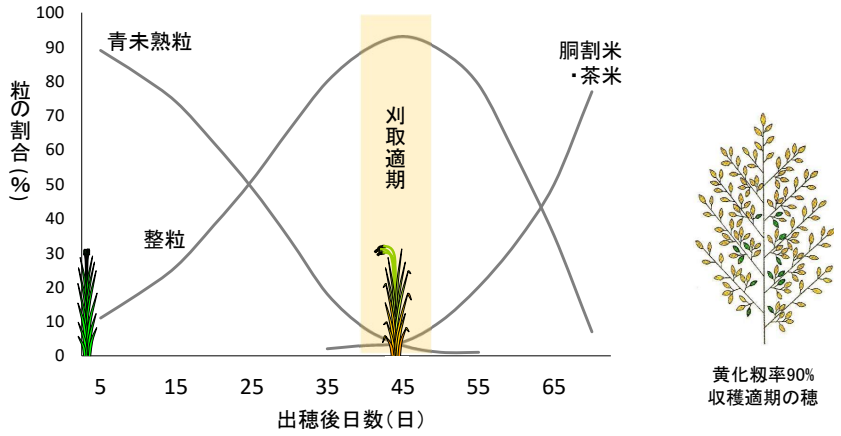
18

18

2 「山田錦」向け収穫適期診断 アプリ「Grains Cam」の開発

Grains Cam

水稲の玄米品質の推移



・収穫適期の黄化籾率 約90%で刈り取ることが重要

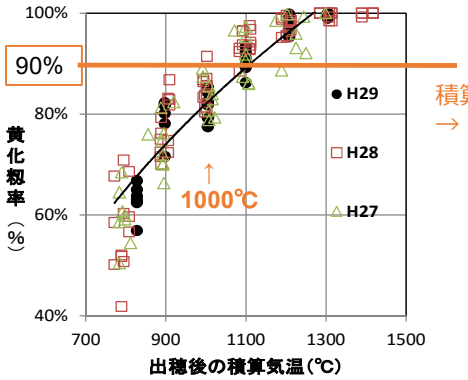
19

19

2 「山田錦」向け収穫適期診断 アプリ「Grains Cam」の開発

Grains Cam

年による黄化籾率のばらつき



積算気温1000℃
→ 黄化籾率 78～93%

・一般的に収穫時期の目安は出穂後の積算気温1000℃前後
・しかし、積算気温では年によって黄化籾率にばらつく

→ 収穫適期は黄化籾率で確実に診断する必要がある

20

20

2 「山田錦」向け収穫適期診断 アプリ「Grains Cam」の開発

Grains Cam

アプリによる診断方法

撮影条件と診断方法

① 専用のグレーカルトンに２穂のモミを乗せる
② 画面の赤い円に合わせる
③ 屋外の明るい日陰で撮影する

診断結果

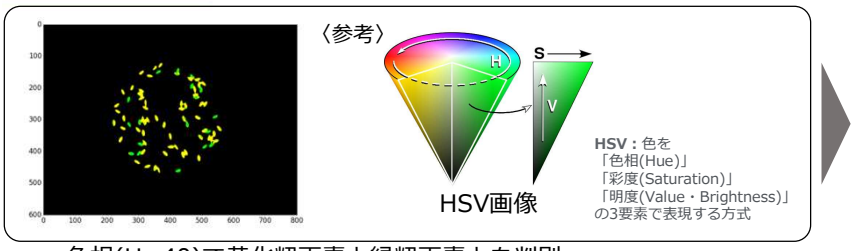
21

21

2 「山田錦」向け収穫適期診断 アプリ「Grains Cam」の開発

Grains Cam

診断のフロー

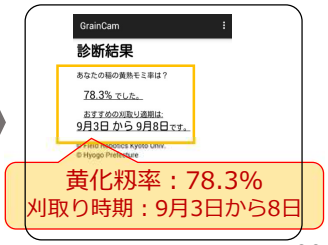


色相(H=40)で黄化籾画素と緑籾画素とを判別

黄化籾率 =
1.648 × 黄化「画素」率－63.393
（N=69　R^2=0.8753）

※ 黄化籾率の増加割合
9月下旬 1.9%/日、10月上旬 1.7%/日

黄化籾率の推定



アプリに表示

22

22

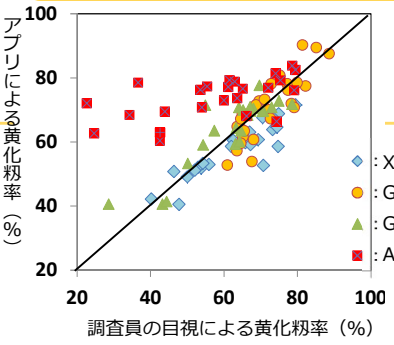
2 「山田錦」向け収穫適期診断 アプリ「Grains Cam」の開発

Grains Cam

スマートフォン３ブランドで試験

Xperia

Xperia・Galaxy(1)(2)で目視による黄化籾率とアプリによる黄化籾率との相関が高く、実用水準で使用可能



Galaxy (1)

Galaxy (2)

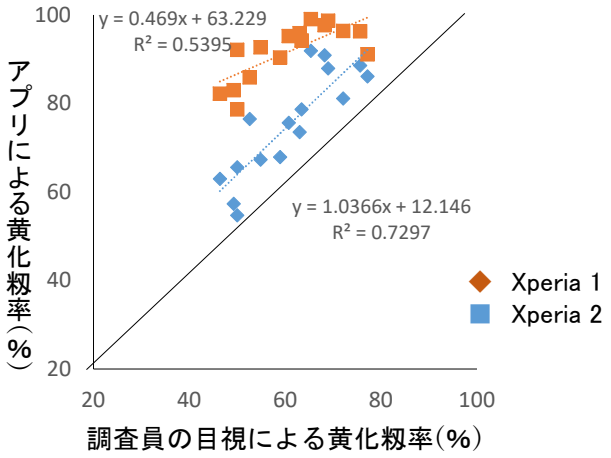
AQUOS

23

2 「山田錦」向け収穫適期診断 アプリ「Grains Cam」の開発

Grains Cam

R4結果



Xperiaの２機種を供試したところ、機種間差が見られた。

24

24

まとめ

穂肥診断アプリ「Rice Cam Y」

アプリの診断結果に基づいて、１回目穂肥を施用することにより、R2・３・5は目標数値（籾数：21,500±2,000粒/㎡、品質：玄米粗タンパク質含有率7.0%未満）を達成した。

農家によるアプリの試用

収穫適期診断アプリ「Grains Cam」

Xperia・Galaxy等で、実用水準で収穫適期を診断可能。

今後、スマートフォンの推奨機種の選定と、公開する対象者を絞るなど、運用体制を検討していく。

・Rice Cam Y：機種間差が軽度→県内山田錦生産者
・Grains Cam：機種間差が顕著→JA営農指導員、普及員
など

25

25