

委託試験成績（令和元年度）

| | |
|---|---|
| 担当機関名 部・室名 | 地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所 作物部、農業 ICT 開発部 |
| 実施期間 | 平成30年度～令和元年度、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 | NDVI 測定を活用した水稻栄養診断技術の確立と可変施肥機による収量・食味向上の実証 |
| 目的 | ブランド米による低蛋白米や多収品種による高品質米を安定生産するには、圃場内・間の水稻生育のバラツキを考慮した施肥管理が必要である。本研究では、専用 NDVI 測定カメラ搭載ドローンによる幼穂形成期頃の栄養診断技術を確立し、追肥用可変施肥機（無人ヘリ）の有効性を検証する。 |
| 担当者名 | 農林総合研究所 作物部 研究管理員 木村 利行 農林総合研究所 農業 ICT 開発部 主任研究員 福沢 琢磨 |
| <p>1. 試験場所 青森県産業技術センター農林総合研究所内試験圃場 南 B5</p> <p>2. 試験方法</p> <p>施肥量、栽植密度、植え付け本数で水稻の生育量ならびに葉色値に幅を設けたグラデーション圃場において、NDVI 測定カメラ搭載ドローンで空撮を行い、栄養診断を行うための関係式を作成する。また、NDVI に基づく無人ヘリによる可変追肥を行い、収量と品質を評価する。</p> <p>(1) 供試機械名 NDVI 測定カメラ撮影ドローン 追肥用可変施肥機（ヤンマー社）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 沖積・軽埴土</p> <p>イ. 栽培等の概要</p> <p>品 種 名 まっしぐら</p> <p>栽培方法 密苗移植栽培</p> <p>耕 起 5月11日</p> <p>代 掻 き ドライブハロー、5月21日</p> <p>選 種 風選</p> <p>種子消毒 スポルタックスターナ SE、200倍・24時間浸漬</p> <p>浸 種 水に7日間</p> <p>催 芽 32℃でハト胸状態になるまで約18時間加温</p> <p>播 種 5月8日、乾籾播種量300g 播種時に「とかすだけ」（g/箱：N-P-K=2.5-2.5-2.5）、タチガレエース M 液剤（1cc/箱）、ダコニール1000（1cc/箱）を灌注。</p> <p>育 苗 大型育苗施設内に平置きして管理（育苗期間：20日）</p> <p>施 肥 基肥（kg/a）N：0.3、0.6、0.9 P-K：1.0-1.0 追肥：可変追肥区（NDVIによる可変）0～0.3kg/a（平均0.25kg/a）、一定追肥区（NDVIに関係なく全面一律）0.26kg/a</p> <p>移 植 5月28日、栽植密度（株/m²）：18、21、植付本数：5本前後</p> <p>除 草 アップレZジャンボ、6月3日、400g/10a、畦畔から散布</p> <p>水 管 理 移植翌日から湛水を開始し、その後慣行に従い管理した。</p> <p>病害虫防除 ブラシンゾル（8月7日）、スタークルメイト液剤10（8月19日）</p> | |

3. 試験結果及び考察

- (1) 生育量と葉色値に幅を持たせるグラデーション圃場を作成し、生育指標、稲体窒素吸収量、NDVIを調査した（2018年：n=40、2019年：n=24）。稲体窒素吸収量と生育指標から、1%水準で有意な一次式が得られた。同様に、稲体窒素吸収量とNDVIからは1%水準で有意な指数関数が得られた。以上のことから、NDVIは生育指標の代替し得る可能性が示唆された。（図1）
- (2) 7月17日に撮影したNDVI（図2）を基に、無人ヘリコプターによる可変追肥を実施した。施肥テーブル（表1）は、NDVIが高い地点を施肥なし、低い地点を3kg/10aとし、平均で2kg/10a程度になるよう目算して設定した。空撮日から可変追肥データの作成に要した日数は5日で、追肥作業は空撮7日後の7月24日に実施した。なお、幼穂形成期の到達日は7月24日で、出穂期は8月13日であった。
- (3) 可変ヘリによる追肥は、約50a圃場を15分程度で完了した。加えて、肥料の粒径に応じたキャリブレーションに30分程度を要した。散布精度（実績/予定）は可変区が104%、一定区が96%であった。実際の可変施肥の施肥量は2.3kg/10aであった。一定区は無人ヘリ区での散布（1.9kg/10a）に加えて、手播き（0.4kg/10a）で施肥量を同条件とした。
- (5) 可変追肥による増収効果は認められなかった。収量の高位安定には、基肥の可変施肥による生育量の確保が重要と考えられた。
- (6) 玄米蛋白質含有率には、一定区と可変区で有意差が認められなかったが、可変区でのバラツキが小さい傾向であった。幼穂形成期に対する穂揃期のSPAD値では、一定区に比べて可変区でバラツキが小さく、可変施肥の効果が示唆された。

4. 主要成果の具体的データ

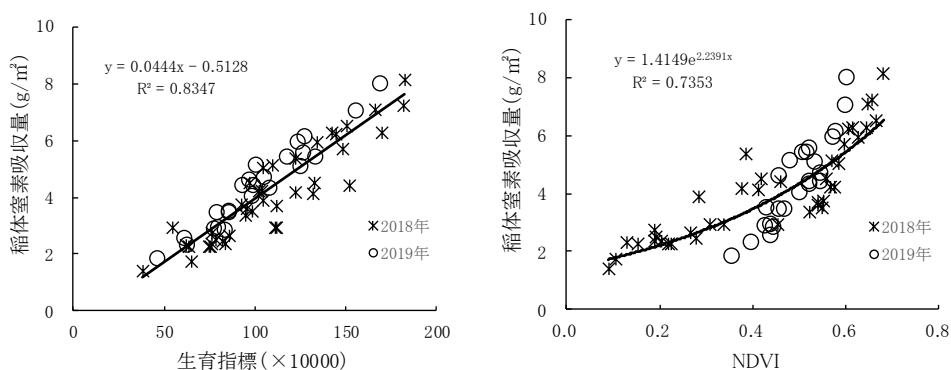


図1 稲体窒素吸収量と生育指標、NDVIとの関係

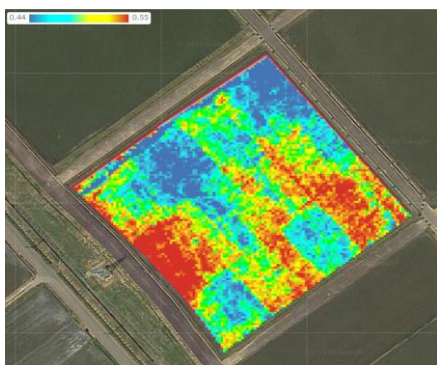


図2 7月17日測定 of NDVI マップ

表1 可変区の施肥テーブル

| NDVI値 | 設定量(Nkg/10a) |
|-------------|--------------|
| 0.475以下 | 3 |
| 0.475～0.495 | 2.5 |
| 0.496～0.515 | 2 |
| 0.516～0.534 | 1 |
| 0.535以上 | 0 |

NDVIが高い地点を施肥なし、低い地点を3kg/10aとし、平均で2kg/10a程度になるよう目算して設定した。

表2 生育、収量、玄米蛋白質含有率、検査等級

| 施肥 | 栽植株数 | 施肥量 | 幼穂形成期の生育 | | | | 穂揃期 SPAD | 収量 (kg/a) | 玄米蛋白質含有率 (DM・%) | 検査等級 (1-9) | 整粒歩合 (%) |
|------|------|-----|------------|---------------------------|------|------|-------------|--------------|--------------------|---------------|-------------|
| | | | 草丈 (cm) | 茎数 (本/m ²) | SPAD | 生育指標 | | | | | |
| 可変 | 70株 | 多肥 | 66 | 576 | 38.9 | 148 | 32.8 | 63.9 | 6.3 | 2.0 | 85.9 |
| | | 標肥 | 61 | 483 | 37.6 | 111 | 32.3 | 62.4 | 6.3 | 1.8 | 83.5 |
| | | 少肥 | 61 | 449 | 35.1 | 96 | 31.9 | 59.7 | 6.5 | 1.6 | 84.4 |
| | 60株 | 多肥 | 69 | 601 | 38.3 | 158 | 32.6 | 66.9 | 6.5 | 2.2 | 84.9 |
| | | 標肥 | 65 | 505 | 35.7 | 117 | 32.9 | 66.4 | 6.8 | 2.0 | 81.2 |
| | | 少肥 | 60 | 481 | 33.2 | 96 | 31.7 | 58.8 | 6.1 | 2.4 | 84.2 |
| | | 平均 | 63.6 | 516 | 36.5 | 121 | 32.4 | 63.0 | 6.4 | 2.0 | 84.0 |
| 標準偏差 | 3.1 | 54 | 2.0 | 24 | 0.5 | 3.1 | 0.2 | 0.3 | 1.4 | | |
| 一律 | 70株 | 多肥 | 66 | 571 | 37.5 | 141 | 34.9 | 64.3 | 6.4 | 2.0 | 84.7 |
| | | 標肥 | 64 | 474 | 37.1 | 113 | 32.7 | 63.7 | 6.4 | 2.2 | 85.7 |
| | | 少肥 | 64 | 467 | 36.9 | 110 | 33.9 | 59.6 | 7.1 | 2.2 | 82.8 |
| | 60株 | 多肥 | 69 | 610 | 38.4 | 162 | 33.3 | 65.5 | 6.6 | 2.0 | 84.8 |
| | | 標肥 | 65 | 540 | 35.9 | 126 | 32.6 | 64.0 | 6.8 | 2.4 | 84.7 |
| | | 少肥 | 59 | 425 | 33.1 | 83 | 31.3 | 58.9 | 6.3 | 2.4 | 86.1 |
| | | 平均 | 64.6 | 514 | 36.5 | 123 | 33.1 | 62.7 | 6.6 | 2.2 | 84.8 |
| 標準偏差 | 2.9 | 65 | 1.7 | 25 | 1.1 | 2.5 | 0.3 | 0.2 | 1.1 | | |

注) 玄米蛋白質含有率は乾物換算値。検査等級は1を1上、9を3下として数値化した。

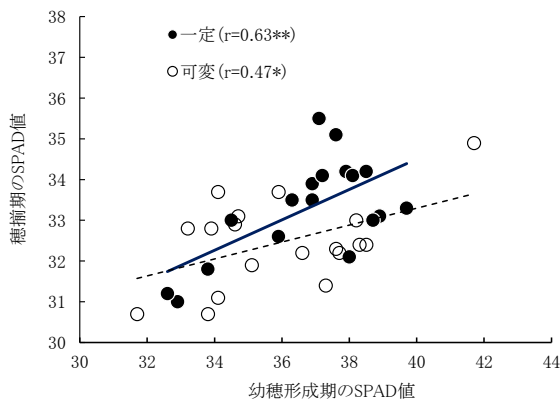


図3 幼穂形成期と穂揃期のSPAD値

5. 経営評価

短期間に大面積を追肥作業することができるため、特に大規模経営体にとってメリットの大きい技術と考えられる。また、作業コストを補填するためには、20kg/10a程度増収させる必要がある。

表3 作業性と作業コスト

| 施肥法 | 作業時間 (hr/10a) | 作業コスト (円/10a) | 作業面積 (ha/日) | 備考 |
|------|------------------|------------------|----------------|--|
| 可変ヘリ | 0.05 | 4,000 | 16.0 | 作業コスト: 撮影1500円/10a+施肥作業2500円/10a(作業委託) |
| 手作業 | 0.6 | 480 | 1.3 | 作業コスト: 作業時間(0.6/10a)×人件費(6400円/日) |

※1 作業時間: 主要作目の技術・経営指標(青森県農林水産部、平成27年9月)

※2 人件費: 令和2年農作業標準賃金表(黒石市農業委員会)

6. 利用機械評価

専用カメラ搭載ドローンについては、測定したNDVIと稲体窒素吸収量との関係式が作成され、可変ヘリについては、ほぼ設定通りの追肥作業を行うことができた。以上のことから、両機ともに目的に応じた性能を有していることが確認された。

7. 成果の普及

生育の多少に応じた可変施肥を短時間で実施できるため、水稻の大規模経営体が適期を逸することなく、速やかに追肥作業を行うことができる技術として有効と考えられる。

8. 考察

稲体窒素吸収量と NDVI との関係から先行研究（浪川ら 2016. 土肥誌）と同様に有意な指数関数が得られ、NDVI を指標にした施肥判断が可能であると考えられた。幼穂形成期 7 日前（7 月 17 日測定）の NDVI による可変施肥では、玄米蛋白質含有率等の付加価値向上の効果は示唆されたが、増収効果は認められなかった。寒冷地である青森県では、初期生育の確保が収量性に及ぼす影響が大きいことから、収量の高位安定には基肥の可変技術を検討する必要があると考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

問題点：可変基肥による収量の高位安定化の検証

次年度の計画：なし（完了）

10. 参考写真



写真1 NDVI を測定したカメラ搭載ドローン



写真2 使用した肥料



写真3 追肥作業の様子（左：キャリブレーション、右：散布作業）