

業務用米向け多収水稻品種「にじのきらめき」, 「ほしじるし」の 乾田直播栽培における施肥法

荒川直也*・志保田尚哉**

Method of Fertilizer Application of High Yield Rice Cultivars for Business use 'Nijnokirameki' and 'Hoshijirushi' in Direct Sowing Rice on Dry Paddy Field

Naoya ARAKAWA and Naoya SHIBOTA

要約 近年, 中食・外食向けの業務用米は一定の需要が存在するが, 低価格取引が求められる。このため, 多収品種と省力・低コスト栽培技術を組み合わせることで生産者所得を確保する栽培法の確立が必要である。

本研究では, 業務用米向け多収品種「にじのきらめき」, 「ほしじるし」と省力・低コスト栽培技術である乾田直播栽培を組み合わせ, 精玄米重 600g^m²と農産物検査 2 等相当の品質を確保することを目標に施肥体系とリモートセンシングによる追肥要否判断技術を検討した。

その結果, 基肥に直播用一発肥料(N:P:K=20:10:10, 窒素肥料配合比が速効性:LP40:LPSS100=1:3:6)を用い, 窒素成分で「にじのきらめき」は 9g^m², 「ほしじるし」は 12g^m²施用することで目標収量を達成できると考えられた。さらに, 穂肥施用時期(出穂前 22~32 日頃)の正規化植生指数(NDVI)が 0.67 を下回った場合, 窒素成分を 3g^m² 施用することにより増収効果が期待できる。一方, 玄米外観品質は両品種とも乳白粒やその他未熟粒が多く, 施肥量以外の観点から更なる検討を要すると考えられた。

近年, 中食・外食等向けの業務用米は一人あたりの米消費量の約 30%を占め(米穀安定供給確保支援機構, 2022), 2035 年には 40%に達すると推定され, 今後も堅調な需要が見込まれる(米穀安定供給確保支援機構, 2015)。業務用米は一定の食味を有する低価格品種による安定取引が望まれ(小針, 2014), 施肥における窒素を抑えた「コシヒカリ」等の良食味米と同様の栽培では, 収量低下による所得減少の恐れから作付が広がり, 需要と供給のミスマッチが生じている。需要に応じた生産を実現するためには, 業務用米に適した多収品種の低コスト栽培が必

要である。

水稻の低コスト栽培技術に直播栽培がある。特に乾田直播栽培は育苗と移植の省略に加えて, 作業速度が速く, 規模拡大に有効な技術である。しかし, 苗立ちの不安定さから収量が安定せず, 1 割程度減収するとされている(農林水産省, 2022)。

志保田ら(2022)は, 「彩のきずな」を用いた研究により, 播種前に鎮圧することで播種床を形成し, 高速高精度汎用播種機で苗立ちを安定化させ, 緩効性肥料を組み合わせた安定生産可能な乾田直播栽培技術を確立した。

本研究の一部は, 日本作物学会第 255 回講演会(2023 年 3 月)に発表した。

*水田高度利用担当, **水田高度利用担当(現県立総合教育センター)

しかし、緩効性肥料を用いた基肥一発施肥体系であっても、高温登熟障害の抑制のため葉色に応じた窒素追肥が指導されている。無人航空機(Unmanned aerial vehicle, 以下, UAV)等によるリモートセンシングは葉色板や葉色計による診断に比べ、省力的かつ広域の診断が可能であり、「彩のかがやき」において UAV に搭載したマルチスペクトルカメラから算出した正規化植生指数(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)を用いた追肥要否判断技術が開発され(埼玉県, 2021), 効率的な追肥が期待される。

そこで、本研究では業務用米に要求される収量・品質として精玄米重 $600\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上、農産物検査 2 等相当の整粒比 60%以上を目標に、県内で導入が期待される「にじのきらめき」(長岡ら, 2020)と「ほしじるし」(佐藤ら, 2019)の乾田直播栽培での施肥体系と、リモートセンシングによる穂肥要否判断指標を検討した。

なお、本研究で用いた「にじのきらめき」と「ほしじるし」の種子はそれぞれ国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究センター中央農業研究センター、次世代作物開発研究センターより分譲いただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

材料および方法

1 施肥試験

試験は、埼玉県農業技術研究センター玉井試験場水田(埼玉県熊谷市, 北緯 $36^{\circ} 16'$, 東経 $139^{\circ} 35'$, 標高 35m, 細粒灰色低地土・宝田統・埴壤土)で 2020~2022 年に実施した。2020 年と 2022 年は約 30a の同一圃場で行い、2021 年は面積が同程度の別圃場で試験を実施した。試験圃場の栽培歴は次のとおりである。2020 年の試験では前年夏季に水稻の乾田直播栽培を行い、2021 年及び 2022 年の試験では前年夏季に水稻の移植栽培を行い、3 か年とも冬季は休作とした。前作水稻の収穫後にチゼルプラウで耕起し、春にロータリー耕を行い、播種前日までに 2020 年と 2021 年はカルパッカ(小西農機社)で、2022 年は K 型ローラ TKR2020(IHI スター社)で 2 往復鎮圧を行った。供試品種は「にじのきらめき」と「ほしじるし」を用い、「にじのきらめき」は 2020 年と 2021 年、「ほしじるし」は 2021 年と 2022 年に供試した。種子消毒はイブコナゾール・銅水和剤 200 倍希釈液および MEP 乳剤

1,000 倍希釈液の 24 時間浸漬処理とした。播種は 2020 年と 2021 年が 5 月 10 日、2022 年が 5 月 13 日に高速高精度汎用播種機 NTP-6AF(アグリテクノリサーチ社。条間 $30\text{cm}\times 6$ 条)で行った。播種量は播種機の設定で $4\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ とした。基肥窒素量と穂肥窒素量を要因として組み合わせ「にじのきらめき」は 11 水準、「ほしじるし」は 6 水準設定した(表 1)。基肥は、2020 年は播種前日に窒素成分として緩効性肥料 LP40 を水準別に施用し、過リン酸石灰をリン酸成分で $9\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ および塩化カリをカリ成分で $9\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ を全区共通で施用した。2021 年と 2022 年は播種前日に速効性の化成肥料と緩効性肥料 LP40, LPSS100 を 1 : 3 : 6 の比で混合した $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 20 : 10 : 10$ の一発肥料を散布した。穂肥は 3 か年とも一時落水し硫酸を表層施用した。穂肥の施用日は、2020 年が出穂前 15 日頃、2021 年の「にじのきらめき」が出穂前 18 日頃、「ほしじるし」が出穂前 25 日頃、2022 年が出穂前 22 日頃であった。また、各試験区の面積は、2020 年は $80\text{m}^2(8\text{m}\times 10\text{m})$ 、2021 年の「にじのきらめき」は $100\text{m}^2(10\text{m}\times 10\text{m})$ 、「ほしじるし」は $70\text{m}^2(7\text{m}\times 10\text{m})$ 、2022 年は $43.2\text{m}^2(5.4\text{m}\times 8\text{m})$ とし、2021 年の「にじのきらめき」を 2 区制としたことを除いて全水準 3 区制とした。出芽後の入水は水稻の葉齢が不完全葉を数えずに 2 葉に達した日を目安に実施し、2020 年が 6 月 5 日、2021 年が 6 月 4 日、2022 年が 6 月 2 日から行った。その後の水管理および病害虫・雑草防除は埼玉県水稻栽培基準(埼玉, 2007)に従った。なお、試験圃場における日減水深は、2020 年と 2022 年は約 1cm であったのに対し、2021 年が前々年の麦播種前に弾丸暗渠を施工したことによるとと思われる漏水の影響で 5 cm 以上となる条件であった。

気象データは、熊谷地方気象台の観測値を用いた。

生育調査は、最高分け時期頃に各区の草丈と茎数、成熟期に稈長、穂長、穂数、倒伏程度を調査した。

収量調査は各試験区 $3.3\text{m}^2(5\text{条}\times 2.2\text{m})$ を地際刈りし、自然乾燥させた後、脱穀、籾すり等の調製作業を行い精玄米重と千粒重を求めた。また、収量構成要素の調査は次のように行った。2021 年は穂数が中庸な株を 2 または 3 株選抜後抜き取り、2020 年は 2m 間、2022 年は 1m 間をそれぞれ地際刈りし自然乾燥させた後、無作為に一部を取り分け、 m^2 あたり籾数、登熟歩合を求めた。玄米外観品質は、穀粒判別器(RGQI20A,

サタケ)を用いて収量調査後の収穫物のうち 1,000 粒の精玄米について調査した。なお、精玄米は篩目 1.8mm で選別した篩上の玄米とし、精玄米重、千粒重は水分含有率 15%の換算値で示した。

統計解析には、統計ソフト(R for windows4.1.2)を用いた。基肥および穂肥の効果を二元配置分散分析(平方和 TypeIII)で検証した。分散分析により、3 水準ある 2020 年と 2021 年の基肥と全水準の交互作用に有意差があった形質について Tukey 法による多重比較を行った。年次間差は年を要因とする Welch の t 検定を実施した。なお、百分率で示されるデータに関しては、arcsin 変換を行った後に分析した。

表 1 施肥試験の窒素施用量の各水準

品種	年	窒素施用量(gm ²)	
		基肥	穂肥
にじのきらめき	2020	6, 9, 12	0, 3, 6
	2021	9, 12, 15	0, 3
ほしじるし	2021	9, 12, 15	0, 3
	2022	12, 15	0, 3

2 リモートセンシングによる追肥要否判断技術の検討

試験 1 の区に加えて、2022 年試験の「ほしじるし」のみ穂肥施用時期の生育量を変化させるため、播種量と作期、基肥窒素量を変えた試験区を設定した(表 2)。2022 年 5 月播(普通播)は試験 1 と同じ圃場に同日播種し、2022 年 6 月播(晩播)は試験 1 の圃場と同程度の面積の麦作後圃場に 6 月 14 日に播種した。なお、播種量 1gm² 区は播種機の繰り出し量では設定できなかったため、催芽器で催芽後、乾燥機で 60°C48 時間乾燥処理により、枯死させた種籾を半量混合して播種した。基肥は 2022 年 5 月播が試験 1 と同様の一発肥料を施用し、2022 年 6 月播は窒素成分として硫安, LP40, LPS80 を 1 : 3 : 6 の比で混合して施用し、過リン酸石灰をリン酸成分で 5gm² および塩化カリをカリ成分で 5gm² を全区共通で施用した。追肥は 2022 年 5 月播が分げつ肥として播種 42 日後に硫安を一時落水して施用し、穂肥は施用しなかった。2022 年 6 月播は分げつ肥を施用せず、穂肥として出穂前 24 日頃に硫安を施用した。出穂後の入水は 2022 年 5 月播が試験 1 と同様、2022 年 6 月播が 6 月 27 日から行った。

2022 年 6 月播の試験区は 59.4 m²(5.4m×11m)とし、反復は設定しなかった。

NDVI を求めるための画像取得は次のように行った。Matrice600Pro(DJI 社)にマルチスペクトルカメラ Sequoia(Parrot 社)を搭載し、穂肥施用日の 0~10 日前の晴天もしくは薄曇りの日の午前 8 時 30 分から午前 10 時の間に高度 100m から空撮した。なお、空撮時はアプリケーション GS Pro(DJI 社)を用いて自動飛行を行った。空撮画像の解析は、Metashape(Agisoft 社)を用いて空撮画像を合成したオルソモザイク画像を作成し、刈り取り地点付近の NDVI の平均値を取得した。NDVI の計算式は以下のとおりであり、これ以降特に断りがなければ穂肥施用時期の NDVI を NDVI と記述する。なお、NIR と RED はそれぞれ波長 790nm, 660nm の分光反射率を示し、計算には観測値をそのまま用いた。

$$NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED)$$

統計解析には、統計ソフト(R for windows4.1.2 と Stan)を用いた。マルコフ連鎖モンテカルロ法(Markov Chain Monte Carlo methods, 以下 MCMC)により得た事後分布から、NDVI が穂肥の効果に与える影響をベイズ推定により評価した。MCMC の設定は Seed=1234, chain=4, iter=2,000, warmup=1,000, thin=1 とした。推定に用いたモデル式は以下のとおりであり、モデル式の変数を表 3 に示した。精玄米重と整粒数を応答変数(Y1, Y2)、穂肥施用時期の NDVI(NDVI)、穂肥の有無のダミー変数(TOPD=0 : 無施用, TOPD=1 : 施用)、栽培年次のダミー変数(「にじのきらめき」において、YEAR=0 : 2020, YEAR=1 : 2021, 「ほしじるし」において、YEAR=0 : 2021, YEAR=1 : 2022)、NDVI と穂肥の有無の交互作用(NT)を説明変数とした。なお、 σ と β_x はパラメータを示す。従って、年次は切片にのみ影響し、傾きに影響を与えないと仮定した。

$$Y1 [n] \sim \text{Normal}(\mu[n], \sigma)$$

$$\mu[n] = \beta_0 + \beta_1 * NDVI + \beta_2 * TOPD + \beta_3 * YEAR + \beta_4 * NT$$

品質について、1,000 粒中の整粒数を応答変数(Y2)とするモデル式とした。

$$Y2 [n] \sim \text{Binomial}(1000, q[n])$$

$$q[n] = \text{inv_logit}(\beta_0 + \beta_1 * NDVI + \beta_2 * TOPD + \beta_3 * YEAR + \beta_4 * NT)$$

どちらのモデル式もパラメータの事前分布は Normal(0, 100)の無情報事前分布に従うとして推定し

た. なお, inv_logit はロジット変換を示す. 例えば, 収量に与える穂肥の効果 $Y1_{\text{穂肥効果}[n]}$ は以下の式のとおりである.

TOPD=0 のとき,

$$Y1_{\text{穂肥無}[n]} \sim \text{Normal}(\mu_{\text{穂肥無}[n]}, \sigma),$$

$$\mu_{\text{穂肥無}[n]} = \beta_0 + \beta_1 * \text{NDVI} + \beta_3 * \text{YEAR}$$

TOPD=1 のとき,

$$Y1_{\text{穂肥有}[n]} \sim \text{Normal}(\mu_{\text{穂肥有}[n]}, \sigma),$$

$$\mu_{\text{穂肥有}[n]} = (\beta_0 + \beta_2) + (\beta_1 + \beta_4) * \text{NDVI} + \beta_3 * \text{YEAR}$$

$$Y1_{\text{穂肥効果}[n]} = Y1_{\text{穂肥有}[n]} - Y1_{\text{穂肥無}[n]}$$

表 2 試験 2 リモートセンシングによる追肥要否判断技術で新たに設置した試験区の構成

作期	播種量 (gm^2)	窒素施用量(gm^2)		
		基肥	分けつ肥	穂肥
2022年5月播(普通播)	1	12	0	0

表 3 リモートセンシングによる追肥診断技術の検討で推定に用いたモデル式の変数

応答変数	説明変数	説明変数の補足
	NDVI : 穂肥施用時期の NDVI	
Y1 : 収量関連形質 Y2 : 玄米外観品質 (1,000 粒中の整粒数)	TOPD : 穂肥の有無 YEAR : 年次	穂肥有=1, 穂肥無=0 としたダミー変数 「にじのきらめき」は 2020 年=0, 2021 年=1, 「ほしじるし」は 2021 年=0, 2022 年=1 としたダミー変数
	NT : NDVI と TOPD の交互作用	

結果および考察

1 気象

水稻生育期間中の半旬別日平均気温と日照時間の推移を図 1 に示した. 2020 年の平均気温は 7 月を除いて継続して平年並〜高く経過した. 日照時間は 5 月下旬〜6 月中旬, 8 月が多く, 6 月下旬〜7 月下旬, 9 月が少なかった. 2021 年の平均気温は 6 月までは 2020 年と同様の傾向であったが, 7 月以降は 8 月中旬を除いて平年並〜低く, なかでも 9 月上旬は平年を大きく下回った. 日照時間は梅雨明け後

2022年5月播(普通播)	1	12	1	0
2022年5月播(普通播)	2	12	0	0
2022年5月播(普通播)	2	12	1	0
2022年5月播(普通播)	3	12	0	0
2022年5月播(普通播)	3	12	1	0
2022年5月播(普通播)	5	12	0	0
2022年5月播(普通播)	5	12	1	0
2022年6月播(晩播)	2	12	0	0
2022年6月播(晩播)	2	12	0	3
2022年6月播(晩播)	2	15	0	0
2022年6月播(晩播)	2	15	0	3
2022年6月播(晩播)	4	12	0	0
2022年6月播(晩播)	4	12	0	3
2022年6月播(晩播)	4	15	0	0
2022年6月播(晩播)	4	15	0	3
2022年6月播(晩播)	6	12	0	0
2022年6月播(晩播)	6	12	0	3
2022年6月播(晩播)	6	15	0	0
2022年6月播(晩播)	6	15	0	3
2022年6月播(晩播)	8	12	0	0
2022年6月播(晩播)	8	12	0	3
2022年6月播(晩播)	8	15	0	0
2022年6月播(晩播)	8	15	0	3

a) 「にじのきらめき」は施肥試験の水準のみを用いたため不記載.

b) 分けつ肥と穂肥は硫安施用.

c) 2022 年 5 月播の分けつ肥は播種後 42 日, 穂肥は試験 1 と同日に施用, 2022 年 6 月播は出穂前 24 日頃に施用.

の 7 月中旬から 8 月上旬にかけて多かったが, 8 月中旬以降は平年を下回る時期があり, 特に 9 月上旬は平年を大きく下回った. 2022 年の平均気温は 6 月上中旬及び 8 月第 6 半旬が平年より低かったことを除いて, 6 月下旬から高く推移し, 特に 6 月下旬及び 7 月上旬は平年に比べてかなり高かった. 日照時間は 5, 6 月が多かったのに対し, 7 月中旬及び 8 月下旬から 9 月上旬にかけては平年を下回った.

幼穂形成期にあたる出穂前 20 日間と登熟歩合や玄米外観品質に重要な出穂後 20 日間の平均気温と合計日照時間を表 4 に示した. 「にじのきらめき」では 2020 年の出穂後 20 日間の平均気温が平年に比

べて高く、日照時間も多かった。一方、2021年は出穂後20日間の平均気温が平年より低く、日照時間は少なかった。「ほしじるし」では2021年の出穂前後20日間の平均気温が平年に比べて低く、2022年普通播の出穂前20日間の平均気温が平年に比べて高かった。日照時間は2021年、2022年普通播が平年に比べて少なかった。

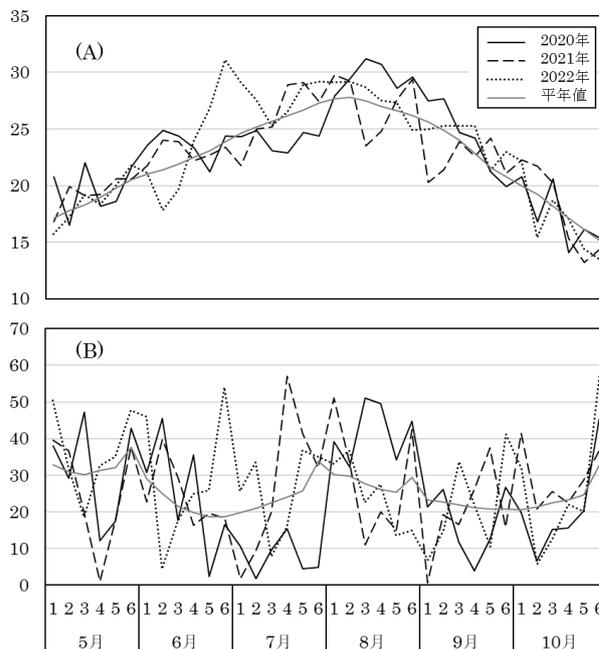


図1 試験期間中の半月ごとの(A)平均気温(°C)と(B)合計日照時間(h)
 a) 熊谷地方気象台の観測値。
 b) 平均気温の値は半月ごとの平均値を示す。

表4 出穂前後の平均気温と合計日照時間

品種	年次	出穂期	出穂前20日		出穂後20日	
			平均気温(°C)	合計日照時間(h)	平均気温(°C)	合計日照時間(h)
にじのきらめき	2020年	8月14日	27.6 (±0.0)	105.2 (91)	29.3 (+2.9)	144.8 (144)
	2021年	8月13日	28.6 (+1.1)	142.4 (123)	26.0 (-0.6)	77.6 (77)
ほしじるし	2021年	8月20日	26.8 (-0.7)	112.7 (98)	24.9 (-1.0)	68.0 (71)
	2022年 (普通播)	8月18日	29.1 (+1.6)	125.4 (109)	25.9 (-0.2)	58.7 (60)
	2022年 (晩播)	9月1日	26.8 (+0.1)	69.0 (67)	24.9 (+0.8)	75.9 (86)

a) ()内の数値は平均気温の平年値との差および合計日照時間の平年値との比率(%)を示す。

2 施肥試験

(1) にじのきらめき

a 施肥の影響と施肥窒素量の設定

2020年が2021年に比べて、出芽始は2日遅かつ

た。苗立率が低かったため、苗立数は2020年が2021年の半分以下であった(表5)。倒伏は兩年とも全区発生しなかった。

基肥の増量により、品質への影響は小さいが、m²

あたり籾数(以下、籾数)が増加し、精玄米重の平均値が増加した(表 6, 7)。

穂肥の増量(表 6)あるいは穂肥の施用(表 7)によって、籾数の増加と千粒重の増大により精玄米重が増加した。一方、2020 年試験では青未熟粒の増加が顕著に認められた(表 6)。また、整粒比は穂肥の施用や増量により低下する傾向が認められた(表 6, 7)。

収量目標の精玄米重 $600\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ は 2020 年の穂肥 3, $6\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理で達成した(表 6)が、品質目標の整粒比 60% は 2020 年の基肥 $6\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、穂肥 $0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理の 57.1% が最高であり、目標達成ができなかった。整粒比が目標未達のため、収量の観点から最適基肥量、最適穂肥量を検討した。基肥の増量による増収の主な要因は、 m^2 あたり籾数の増加であるが登熟歩合と千粒重が低下し、2020 年は $9\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理、2021 年は $12\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理で頭打ちであった(表 6, 7)。穂肥の増量による増収の主な要因は、千粒重の増大であった(表 6, 7)。福嶋(2022)は「にじのきらめき」の移植栽培において、出穂前 20 日頃の追肥により総籾数と千粒重の積が増加し、増収することを報告している。本試験も同様の傾向であり、乾田直播栽培においても幼穂形成期頃の追肥が重要と考えられた。しかし、穂肥窒素 $6\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理は $3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理に比べて、遅れ穂の発生による成熟期の遅延と青未熟粒の増加、玄米タンパク質含有率の上昇がみられた(表 6)ため、穂肥窒素施用量は $3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ が望ましいと考えられた。

$12\text{-}3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (基肥・穂肥)処理が $9\text{-}3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理に比べて、精玄米重は両年次平均で $21\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 多かった。本試験で用いた肥料銘柄から肥料費を窒素成分で $1,500\text{円}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、精玄米の売上を $167\text{円}\cdot\text{kg}^{-1}$ と仮定すると、基肥窒素を $9\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ から $12\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ への増肥コストが売上増を上回るため、基肥窒素施用量は $9\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ が望ましいと考えられた。

b 年次変動

2020 年試験、2021 年試験で共通に設けた 4 処理 ($9\text{-}0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $9\text{-}3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $12\text{-}0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $12\text{-}3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) における精玄米重の平均値は、2021 年が 2020 年の 85.8% であり、2021 年は低収であった(表 8)。年次間差がみられた要因を明らかにすることで安定栽培に寄与できると考え、詳細を検討した。

苗立数は 2021 年が 2020 年に比べて約 2 倍であ

った(表 5)、播種後約 65 日の茎数および成熟期の穂数は差がなかった(表 8)。さらに、2021 年のバイオマス重は 2020 年より有意に小さく、穂肥によって有意に増加した(表 6~8)ことから、最高分けつ期頃までの乾物生産が抑制されたと示唆された。この時期までの気象条件に大きな年次間差は認められないため、ほ場条件によるものと考えられ、漏水による肥料成分溶脱の影響と推察された。また、千粒重に有意差が認められた。千粒重は出穂期までの栄養状態によって決まる籾殻の大きさと主に出穂期以降の同化作用によって決まる胚乳の充填率に規定される(松島, 1959)ため、2021 年は 1 個体あたりの籾数が少ない(表 5, 7, 8)こと、玄米の幅と厚さが有意に大きかった(表 8)ことから籾殻も大きいと推察された。つまり、2021 年の千粒重が小さかった要因は胚乳の充填率であり、2021 年の出穂後 20 日間の日照時間が少なく同化作用が不十分であったことによると示唆された(表 4)。このことは、2021 年の乳白粒が 2020 年より多く、整粒比が低水準であったことから同様に示唆された(表 6~8)。

(2) ほしじるし

a 施肥の影響と施肥窒素量の設定

2021 年が 2022 年に比べて、出芽始は 1 日早かった。苗立率が高かったため、苗立数は 2021 年が 2022 年の約 2 倍であった(表 5)。倒伏は両年とも全区発生しなかった。

基肥の増量により、2021 年は籾数が有意に増加し、精玄米重は増加する傾向であったが 2022 年は有意差が認められなかった(表 9, 10)。整粒比は、2021 年は乳白粒、2022 年はその他未熟粒の増加により低下傾向であった(表 9, 10)。

穂肥の施用により、穂が有意に長くなり、籾数が増加したが、精玄米重は 2021 年のみ有意に増加した(表 9, 10)。整粒比は両年次とも乳白粒とその他未熟粒の増加により低下傾向であった(表 9, 10)。

収量目標の精玄米重 $600\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ は 2021 年の $15\text{-}3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理と 2022 年の全処理が達成した(表 9, 10)が、品質目標の整粒比 60% は 2021 年の $9\text{-}0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 処理の 38.4% が最高であり、目標達成ができなかった。整粒比が目標未達のため、「にじのきらめき」同様、収量の観点から最適基肥量、最適穂肥量及び穂肥施

用判断指標を検討した。最も精玄米重が多い処理と2番目の処理との差は、2021年が15-3gm²処理と12-3gm²処理の14gm²であり、2022年が15-0gm²処理と12-3gm²処理の16gm²であった(表9, 10)。従って、「にじのきらめき」と同様に試算すると、最適基肥量は12gm²が望ましいと考えられた。穂肥の施用効果は年次により異なった(表9, 10)ため、生育診断に基づき穂肥を実施することが望ましいと考えられた。

また、穀粒判別機による玄米外観品質測定結果と農産物検査員による遠観調査結果(データ省略)との間に乖離が認められることから、差が生じる要因について検討が必要であると示唆された。

b 年次変動

2021年試験, 2022年試験で共通に設けた4処理(12-0 gm², 12-3 gm², 15-0 gm², 15-3 gm²)における精玄米重の平均値は、2021年が2022年の86.9%(表11)であった。2021年は「にじのきらめき」と同様に低収であったため、詳細を検討した。

苗立数は2021年が2022年の約2倍であったが(表5)、播種後65日頃の茎数と成熟期の穂数は2021年が2022年より明らかに少なかった(表9~11)。また、2021年のバイオマス重と籾数は2022年より有意に小さく、穂肥によって有意に増加した(表9~11)。籾数の増加が多収の主な要因であることが他の多収品種においても示されており(小林・長田, 2020, Yoshinaga *et al.* 2018), 本試験でも同様の傾向が得られたが、増収効果は年次により異なった。「にじのきらめき」の項で述べたとおり、2021年は漏水による肥料成分溶脱の影響により最高分げつ期頃までの乾物生産の抑制が示唆されたことから穂肥による増収効果がみられたが、2022年は登熟歩合が低下したため増収しなかったと考えられた(表9, 10)。登熟歩合が低下した要因は、6月下旬からの高温と多照(図1)により、栄養生長が旺盛となり籾数過多となったこと(表10)に加え、登熟期間の寡照(図1, 表4)の影響が考えられ、肥培管理による籾数制御が重要と示唆された。

表5 品種別出芽始と苗立

試験	品種	年次	出芽始	設定播種量 (gm ²)	苗立数 (本 m ²)	苗立率 (%)
1 施肥試験	にじのきらめき	2020年	5月26日	4	59	44.7
		2021年	5月24日	4	123	89.5
	ほしじるし	2021年	5月24日	4	121	83.2
		2022年(普通播)	5月23日	4	62	63.5
2 リモートセンシングによる追肥要否判断技術の検討	ほしじるし		5月23日	1	27	60.8
		2022年(普通播)	5月23日	2	48	71.9
			5月23日	3	61	62.8
		2022年(晩播)	5月23日	5	79	74.6
			6月23日	2	55	70.6
			6月23日	4	76	70.7
	6月23日	6	114	69.3		
	6月23日	8	149	82.3		

a) 「にじのきらめき」は試験1と試験2のデータが同一のため、試験2は不記載。

表6 「にじのきらめき」の各形質に与える施肥の影響(2020年)

施肥 窒素量 ($g\ m^{-2}$)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	播種後69日		成熟期			精玄 米重 ($g\ m^{-2}$)	バイオ マス重 ($g\ m^{-2}$)	㎡当た り粒数 (千粒)	登熟 歩合 (%)	千粒 重 (g)	整粒 比 (%)	乳白 粒比 (%)	青未熟 粒比 (%)	その他 未熟 粒比 (%)	タンパ ク質含 有率 (%)	
			草丈 (cm)	茎数 (本 m^{-2})	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本 m^{-2})											
6	0	8/14	9/19d	74	273	70	20.9	332	389	1,176	22.0	83.5	23.9	57.1	4.7	6.9	26.5	5.5
6	3	8/14	9/20cd	76	328	75	22.4	302	604	1,522	27.0	85.8	25.0	51.3	5.3	9.6	29.2	6.0
6	6	8/14	9/22bc	73	351	76	23.1	339	642	1,589	30.9	82.0	25.1	51.6	5.3	13.1	25.0	6.4
9	0	8/14	9/19d	77	321	75	20.2	269	533	1,485	22.6	82.6	23.8	51.3	5.6	4.7	31.2	5.8
9	3	8/14	9/20cd	79	385	76	22.2	410	617	1,539	31.2	81.2	24.8	50.8	4.9	8.3	31.7	6.3
9	6	8/15	9/23b	75	336	76	22.7	390	612	1,517	31.8	81.5	24.8	48.2	6.0	14.8	26.5	6.4
12	0	8/13	9/19d	80	333	74	20.2	230	496	1,432	27.8	83.5	23.7	54.3	5.6	6.2	29.8	5.5
12	3	8/13	9/21bcd	80	416	75	21.6	327	634	1,633	26.0	84.7	24.3	46.4	7.1	10.2	32.4	6.0
12	6	8/14	9/27a	77	399	76	24.3	370	623	1,510	35.6	78.9	24.5	45.6	5.9	12.9	31.6	6.6
平均値																		
6	8/14	9/20-	74	317	74	22.1	324	545	1,429	26.6	83.7	24.6	53.3	5.1	9.8	26.9	6.0	
9	8/14	9/21-	77	347	76	21.7	356	587	1,514	28.5	81.7	24.4	50.1	5.5	9.2	29.8	6.2	
12	8/13	9/22-	79	383	75	22.0	309	584	1,525	29.8	82.4	24.1	48.8	6.2	9.8	31.2	6.0	
0	8/13	9/19b	77	309	73	20.4c	277	473b	1,364b	24.1	83.2	23.8b	54.2	5.3	5.9c	29.2	5.6b	
3	8/14	9/20b	78	376	76	22.0b	346	618a	1,564a	28.1	83.9	24.7a	49.5	5.8	9.3b	31.1	6.1ab	
6	8/14	9/24a	75	362	76	23.3a	366	626a	1,539ab	32.8	80.8	24.8a	48.5	5.7	13.6a	27.7	6.5a	
分散分析																		
基肥	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
穂肥	ns	***	ns	ns	ns	***	ns	**	*	ns	ns	*	ns	ns	***	ns	*	
交互作用	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

a)精玄米重は1.8mm篩選後の重量。精玄米重、千粒重は水分15%換算値(表7~11も同様)。
 b)バイオマス重=わら重+粗粒重(表7~11も同様)。
 c)玄米外観品質はサタケ穀粒判別機による測定(粒数比)(表7~11も同様)。
 d)タンパク質含有率はFOSS社製Infratec 1241による測定値の水分15%換算値(表7, 9, 10も同様)。
 e)分散分析の*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意差があること, nsは5%水準で有意差がないことを示す(表7, 9, 10も同様)。
 f)平均値のアルファベットが異なる場合, 5%水準で有意差があることを示す(Tukey法)。

表7 「にじのきらめき」の各形質に与える施肥の影響(2021年)

施肥 窒素量 ($g\ m^{-2}$)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	播種後64日		成熟期			精玄 米重 ($g\ m^{-2}$)	バイオ マス重 ($g\ m^{-2}$)	㎡当た り粒数 (千粒)	登熟 歩合 (%)	千粒 重 (g)	整粒 比 (%)	乳白 粒比 (%)	青未熟 粒比 (%)	その他 未熟 粒比 (%)	タンパ ク質含 有率 (%)	
			草丈 (cm)	茎数 (本 m^{-2})	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本 m^{-2})											
9	0	8/15	10/2	64	392	62	19.6	262	422	1,103	21.7	86.5	22.9	40.6	25.2	1.4	17.5	6.1
9	3	8/14	10/2	64	428	64	20.9	322	502	1,231	27.2	84.2	23.4	37.3	25.3	1.5	20.5	6.3
12	0	8/13	10/2	64	340	66	19.7	325	506	1,233	27.9	83.5	23.3	31.5	31.6	2.9	19.1	6.3
12	3	8/14	10/2	58	331	66	20.3	322	526	1,275	24.6	80.2	23.5	34.7	27.2	2.9	20.3	6.6
15	0	8/13	10/2	67	413	64	19.6	323	503	1,214	29.5	82.5	23.0	41.1	23.3	1.7	19.0	6.4
15	3	8/14	10/2	70	310	65	20.0	310	515	1,261	27.5	83.3	23.1	35.6	26.2	1.3	20.9	6.3
平均値																		
9	8/14	10/2	64	410	63	20.2	292	462-	1,167	24.4	85.4	23.1	38.9	25.2	1.4b	19.0	6.2	
12	8/13	10/2	61	335	66	20.0	323	516-	1,254	26.3	81.8	23.4	33.1	29.4	2.9a	19.7	6.5	
15	8/13	10/2	68	362	65	19.8	316	509-	1,237	28.5	82.9	23.1	38.3	24.7	1.5b	20.0	6.4	
0	8/13	10/2	65	382	64	19.6	303	477	1,183	26.4	84.2	23.1	37.7	26.7	2.0	18.5	6.3	
3	8/14	10/2	64	357	65	20.4	318	515	1,256	26.4	82.5	23.3	35.8	26.2	1.9	20.5	6.4	
分散分析																		
基肥	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	
穂肥	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

a)アルファベットが異なる場合, 5%水準で有意差があること, -は分散分析で有意差があったが, 多重比較(Tukey法)では有意差が無かったことを示す(表9も同様)。

表8 「にじのきらめき」の各形質の年次間差

年次	播種後約65日		成熟期			精玄米重 (gm^{-2})	バイオマス重 (gm^{-2})	㎡当たり 籾数 (千粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒比 (%)	乳白粒比 (%)	青未熟粒比 (%)	その他未熟粒比 (%)	精玄米		
	草丈 (cm)	茎数 ($本m^{-2}$)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 ($本m^{-2}$)										長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
2020年	79	364	75	21.0	309	570	1,522	26.9	83.0	24.1	50.7	5.8	7.3	31.2	5.17	2.81	1.98
2021年	62	373	64	20.1	308	489	1,211	25.3	83.6	23.3	36.0	27.3	2.2	19.3	5.20	3.06	2.01
t検定	***	ns	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	**	***	***	***	***	ns	***	*

a)t検定の*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意差があること, nsは5%水準で有意差がないことを示す(Welchのt検定)(表11も同様).

表9 「ほしじるし」の各形質に与える施肥窒素量の影響(2021年)

施肥窒素量 (gm^{-2})	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	播種後64日		成熟期			精玄米重 (gm^{-2})	バイオマス重 (gm^{-2})	㎡当たり 籾数 (千粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒比 (%)	乳白粒比 (%)	青未熟粒比 (%)	その他未熟粒比 (%)	タンパク質含有率 (%)	
			草丈 (cm)	茎数 ($本m^{-2}$)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 ($本m^{-2}$)											
9	0	8/20	10/10	54	318	64	19.7	276	464	1,151	21.2	87.4	23.4	38.4	28.3	0.8	18.9	6.2
9	3	8/21	10/11	55	383	68	21.3	313	577	1,356	28.9	80.6	23.3	31.6	32.3	3.8	21.9	6.4
12	0	8/21	10/8	54	357	64	19.9	297	494	1,188	23.9	83.8	23.5	35.2	30.5	1.2	19.3	6.1
12	3	8/20	10/11	56	394	69	20.8	315	594	1,390	28.2	82.2	23.4	34.3	30.8	1.4	22.3	6.3
15	0	8/20	10/11	56	387	67	19.8	316	548	1,306	27.0	85.7	23.5	30.8	32.1	2.4	21.5	6.3
15	3	8/19	10/10	60	397	70	21.1	346	608	1,491	33.1	82.2	23.0	26.4	36.2	2.1	21.7	6.6
平均値																		
9	8/20	10/10	54	351	66	20.5	294	521	1,254	25.1	84.0	23.4	35.0	30.3	2.3	20.4	6.3	
12	8/20	10/9	55	376	66	20.4	306	544	1,289	26.1	83.0	23.5	34.8	30.7	1.3	20.8	6.2	
15	8/19	10/10	58	392	69	20.4	331	578	1,398	30.1	84.0	23.3	28.6	34.2	2.2	21.6	6.5	
0	8/20	10/10	55	354	65	19.8	296	502	1,215	24.0	85.6	23.5	34.8	30.3	1.5	19.9	6.2	
3	8/20	10/10	57	391	69	21.1	326	593	1,412	30.1	81.7	23.2	30.8	33.4	2.4	21.9	6.4	
分散分析																		
基肥	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	
穂肥	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	**	*	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	
交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	

表10 「ほしじるし」の各形質に与える施肥窒素量の影響(2022年)

施肥窒素量 (gm^{-2})	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	播種後69日		成熟期			精玄米重 (gm^{-2})	バイオマス重 (gm^{-2})	㎡当たり 籾数 (千粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒比 (%)	乳白粒比 (%)	青未熟粒比 (%)	その他未熟粒比 (%)	タンパク質含有率 (%)	
			草丈 (cm)	茎数 ($本m^{-2}$)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 ($本m^{-2}$)											
12	0	8/17	10/3	63	656	75	20.3	384	620	1,543	39.7ab	68.8	23.6a	32.6	22.5	3.5	25.4b	6.8b
12	3	8/18	10/3	63	648	78	21	376	659	1,685	39.8ab	62.7	23.3ab	24.3	23.4	3.5	34.4a	7.5a
15	0	8/17	10/3	64	687	79	20.3	349	675	1,722	35.2b	67.4	22.8b	29.0	21.8	3.8	32.8a	7.4a
15	3	8/17	10/3	63	567	79	20.8	417	644	1,613	44.4a	63.2	23.5ab	22.4	25.9	4.0	31.4ab	7.4a
平均値																		
12	8/17	10/3	63	652	76	20.6	380	640	1,614	39.8	65.8	23.5	28.5	23.0	3.5	29.9	7.2	
15	8/17	10/3	64	627	79	20.5	383	659	1,668	39.8	65.3	23.2	25.7	23.9	3.9	32.1	7.4	
0	8/17	10/3	64	671	77	20.3	367	648	1,633	37.5	68.1	23.2	30.8	22.2	3.7	29.1	7.1	
3	8/17	10/3	63	607	78	20.9	396	651	1,649	42.1	63.0	23.4	23.4	24.7	3.8	32.9	7.5	
分散分析																		
基肥	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
穂肥	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	*	*	
交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	

表11 「ほしじるし」の各形質の年次間差

年次	播種後64日		成熟期			精玄米重 (gm^{-2})	バイオマス重 (gm^{-2})	㎡当たり 籾数 (千粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒比 (%)	乳白粒比 (%)	青未熟粒比 (%)	その他未熟粒比 (%)	精玄米		
	草丈 (cm)	茎数 ($本m^{-2}$)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 ($本m^{-2}$)										長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
2021年	57	385	68	20.4	321	564	1,354	28.4	75.0	23.7	31.1	32.8	1.9	21.3	5.19	3.07	2.00
2022年	63	639	78	20.6	382	649	1,641	39.7	65.5	23.3	27.1	23.4	3.7	31.0	5.17	3.11	1.93
t検定	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	*	ns	***	***	***	ns	**	***

2 リモートセンシングによる追肥要否判断技術の検討

(1) にじのきらめき

得られた NDVI の範囲は 0.44~0.78 であった(図 2)。NDVI が精玄米重および整粒数に対する穂肥に与える影響を図 3, 4 に示した。穂肥無施用の場合は得られた NDVI 値と精玄米重とで相関が認められ、NDVI 値が小さい場合は減収することが示された。

一方、穂肥を施用した場合は、NDVI 値に依らず精玄米重は一定に近づく傾向が認められ、穂肥による増収効果は明瞭であった。整粒数と得られた NDVI 値との関係は、穂肥施用の有無に依らず明瞭な傾向は認められなかったが、NDVI 値が小さい場合には穂肥施用により整粒数が減少する事例が認められた。

穂肥施用の判断指標は、穂肥の増収効果が 50%の確率で 0 を上回る NDVI が有効であると考えられ、図 3 の穂肥効果の $y=0$ の水平線と 50%ベイズ予測区間の下端との交点の NDVI 値は 0.67 であった。

(2) ほしじるし

本試験での苗立数は、設定播種量が少ない区から 2022 年普通播が 27, 48, 61, 79 本 m^{-2} 、2022 年晩播が 55, 76, 114, 149 本 m^{-2} であり、生育期間前半から穂肥施用時期にかけての単位面積当たり生育量を異にする広範な区が得られた(表 5)。

得られた NDVI の範囲は 0.50~0.79 であった(図 2)。NDVI が精玄米重および整粒数に対する穂肥に与える影響を図 5, 6 に示した。「にじのきらめき」と同様、穂肥無施用の場合は得られた NDVI 値と精玄米重とに相関が認められ、NDVI 値が約 0.5~0.75 の範囲では穂肥による増収効果が明瞭であった(2021 年)のに対し、NDVI 値が 0.7~0.8 の範囲にある場合は増収効果が明確ではなかった(2022 年)。この要因として、2 施肥試験でも述べたとおり 2021 年は圃場の漏水による肥料成分溶脱の影響が大きく穂肥の効果が強く発現したのに対し、2022 年は 6 月下旬からの高温による旺盛な栄養成長(図 1, 表 10)と登熟期間中の日照不足(表 4)により、穂肥の効果が不明瞭になったことが考えられる。整粒数と得られた NDVI 値との関係では、穂肥施用の有無に依らず NDVI 値が大きくなるほど整粒比が減少することが示された。品質確保の観点からは NDVI 値が過度に大きくならない、すなわち、過剰な生育を避け

る栽培管理が必要であることが示唆された。

穂肥施用の指標は、「にじのきらめき」同様に穂肥の増収効果が 50%の確率で 0 を上回る NDVI が 0.67 であり(図 5 右上, 穂肥効果), 指標として用いることができると示唆された。

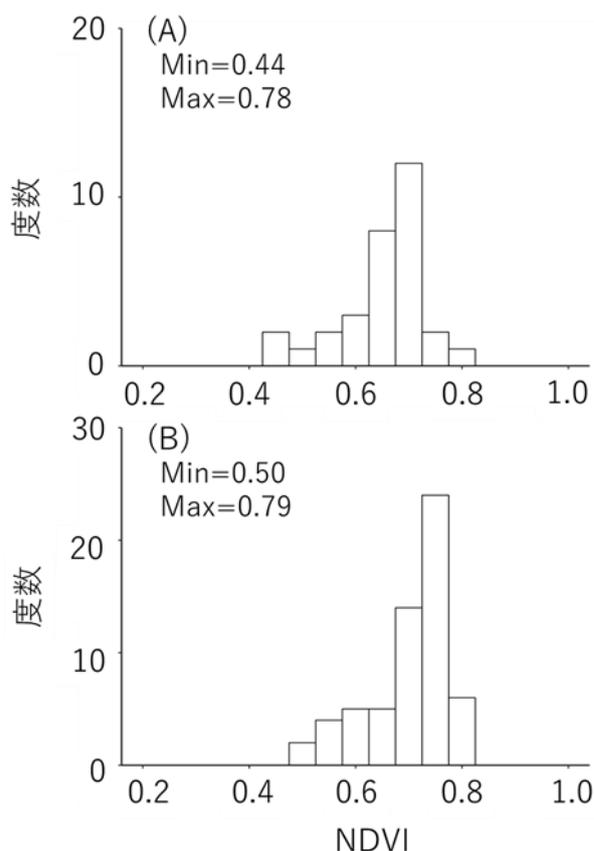


図 2 NDVI の頻度分布
a)(A)は「にじのきらめき」、(B)は「ほしじるし」を示す。
b)Min と Max はそれぞれ得られた数値の最小値、最大値を示す。

3 総合考察

以上の結果から、「にじのきらめき」と「ほしじるし」の乾田直播栽培においては、目標収量 $600g\cdot m^{-2}$ と施肥コストを含めて考慮すると「にじのきらめき」では基肥として窒素成分 $9g\cdot m^{-2}$ 、「ほしじるし」では同様に $12g\cdot m^{-2}$ を施用、両品種とも穂肥施用時期の NDVI が 0.67 以下のときに穂肥として窒素成分 $3g\cdot m^{-2}$ を施用する分施肥体系を基本とし、地力や圃場条件に応じて増減することが望ましい。

一方、整粒比は穂肥施用で低下傾向であったため(表 6, 7, 9, 10), 施肥量だけでなく緩効性肥料

の溶出パターンの変更や検討が必要と考えられる。一方で、圃場条件に応じた播種量や水管理などの栽培管理と、施肥技術とを組み合わせた収量確保と品質向上の両立が今後の検討課題として残されている。

また、1台のUAVで数百haの撮影が可能であるため、経営体個々によるリモートセンシング技術の導入は無駄が多い。農協や農林振興センター等の指導機関による広域的な診断が期待される。

本研究における年次間差の要因として、試験圃場の漏水と栄養生長期間の生育量、登熟期間の気象条件が示唆された。平年値に基づく日照時間は7月下旬から8月上旬をピークに漸減する(図1)ため、登熟期間の不良な気象条件を回避する方策の一つに移植栽培では早植による出穂期の前進化が考えられる。一方、乾田直播栽培の場合、愛知県農業総合試験場(2007)は2~3月頃から、東北農業研究センター(2021)は3月から播種可能としているが、低温による出芽の遅れや苗立不良、入水までの乾田期間の長期化による雑草害などのリスクが大きく、実施は容易ではない。現時点では漏水への対応として適切

な圃場選定や土壌水分・碎土率が最適な条件での鎮圧(東北農業研究センター, 2021), 栄養生長期間の生育量のコントロールのためには緩効性肥料の溶出パターンの変更や速効性の化成肥料の分施による対応, 良好な登熟には前述の施肥管理による適切な粒数の制御, ケイ酸資材の投入等による受光体勢の改善が考えられる。

最後に、多収品種は比較的多量の施肥が必要であることに加え、乾田直播栽培では肥料成分の流亡が多いため、移植栽培に比べて施肥効率の低下を考慮する必要がある点から、肥料成分の溶出制御がされた単価の高い基肥一発肥料を使用することが多い。本試験の実施期間中、世界情勢により肥料価格が高騰し、生産費の増大によって生産者は大きな影響を受けた。業務用米に限らず、今後も農業生産を継続するためには施肥コストの削減が急務であり、化成肥料に頼らない堆肥や緑肥等を使用した乾田直播栽培の検討が必要であろう。

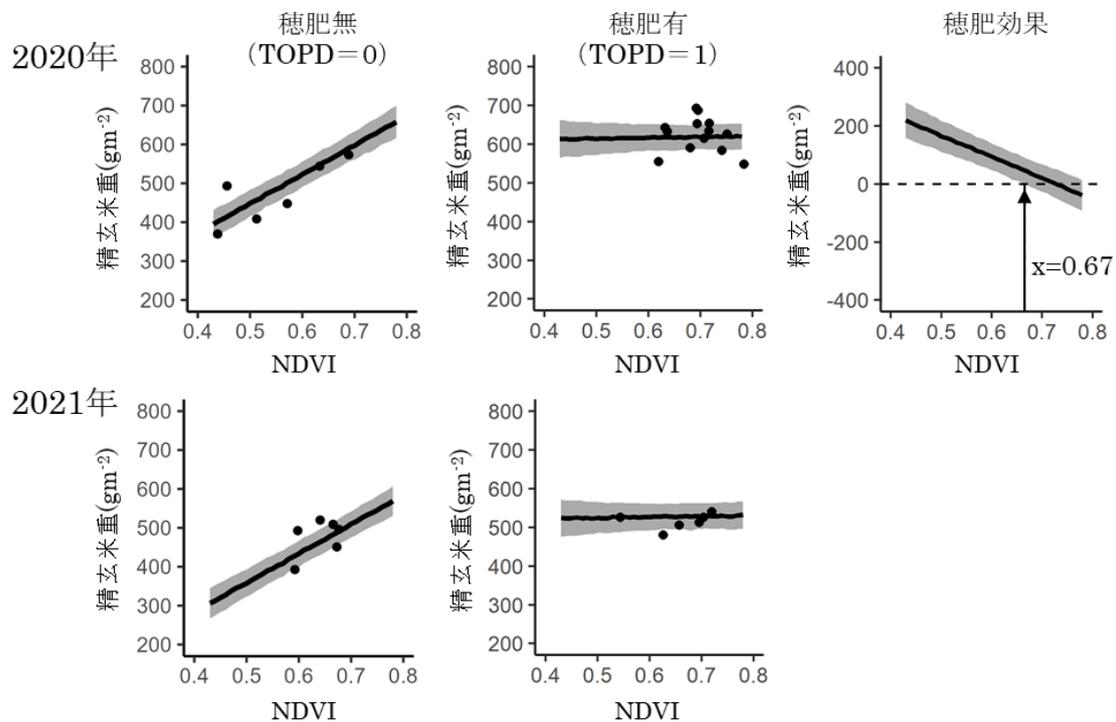


図3 「にじのきらめき」の穂肥施用時期のNDVIが精玄米重に対する穂肥の効果に与える影響
a)穂肥無と穂肥有の実線は各年次における事後分布の中央値, 網掛け部は50%ベイズ予測区間, 穂肥効果の実線と網掛け部は穂肥有と穂肥無の差の中央値と50%ベイズ予測区間, 破線は $y=0$ の水平線, 矢印は破線と網掛け部の交点を示す(図4~6も同様).

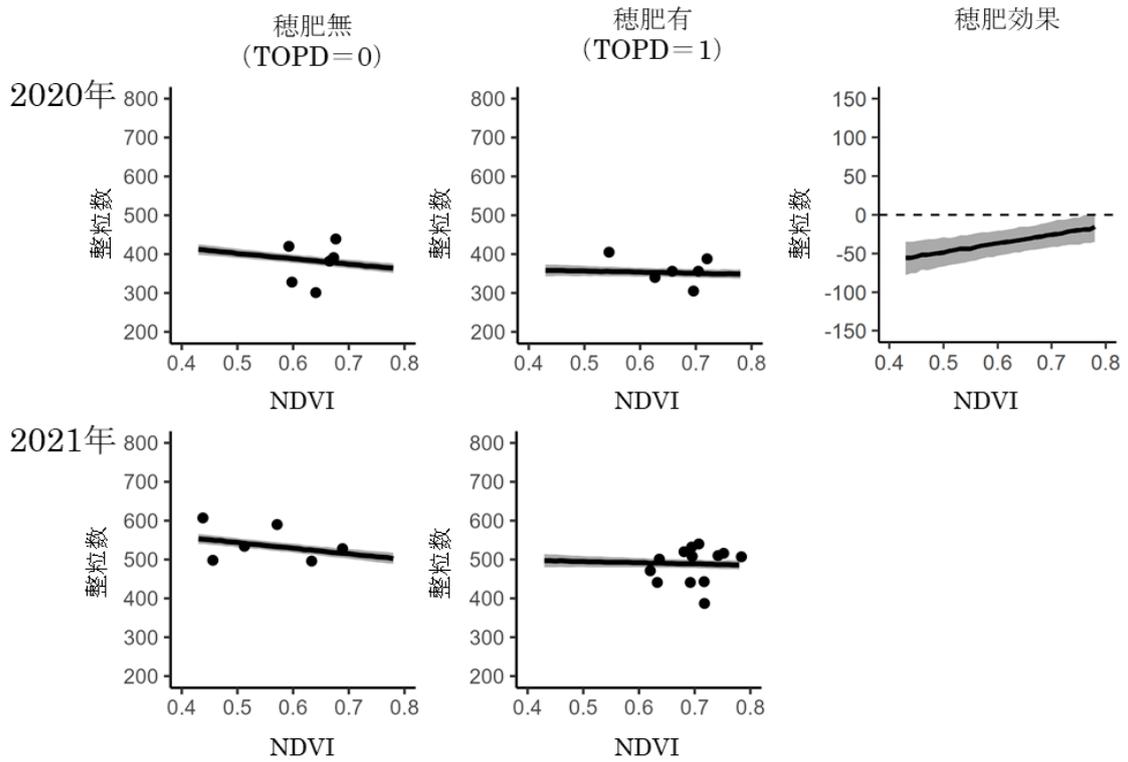


図4 「にじのきらめき」の穂肥施用時期のNDVIが整粒数に対する穂肥の効果に与える影響

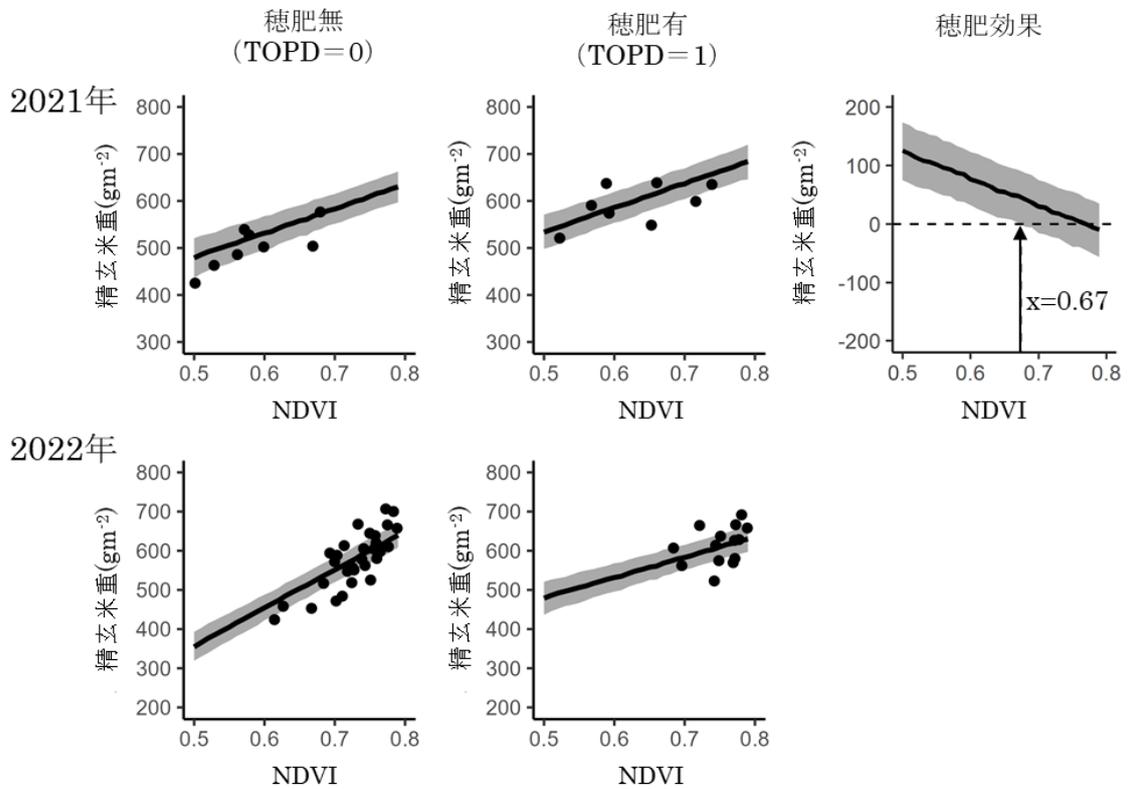


図5 「ほしじるし」の穂肥施用時期のNDVIが精玄米重に対する穂肥の効果に与える影響

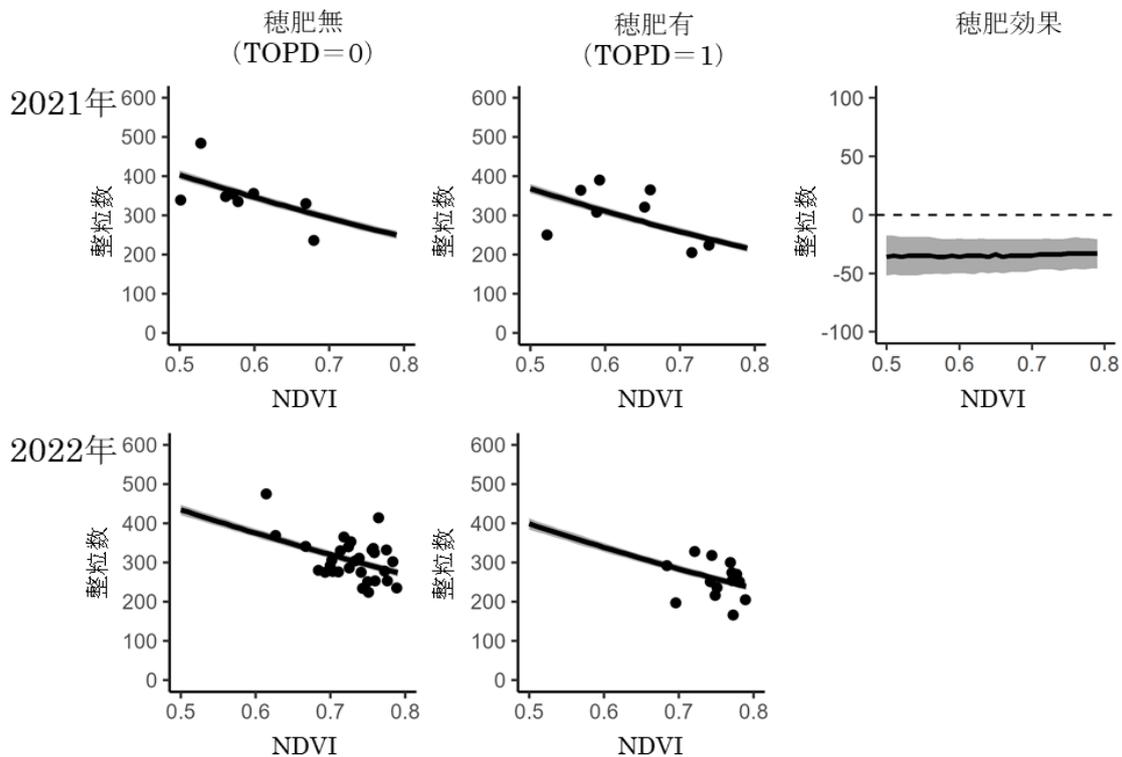


図6 「ほしじるし」の穂肥施用時期のNDVIが整粒数に対する穂肥の効果に与える影響

引用文献

愛知県農業総合試験場(2007)：不耕起V溝直播栽培の手引き(改訂第4版)．2022-02-10．

<https://www.pref.aichi.jp/nososi/seika/singijutu/singijiyutu74-4-7.pdf>(2024-01-10 閲覧)．

米穀安定供給確保支援機構(2023)：米の消費動向調査結果(令和5年3月分)．2023-04-25．

https://www.komenet.jp/pdf/shouhi-doukou_23042554.pdf(2024-01-10)．

米穀安定供給確保支援機構(2015)：米に関する調査レポートH26-6 ライフスタイルの変化と米消費の動向．2019-10-24．

https://www.komenet.jp/pdf/chousa-rep_H26-6.pdf(2024-01-10 閲覧)．

福嶋陽(2022)：水稻における品種・施肥法・移植時期が収量性に及ぼす影響—水稻品種「にじのきらめき」を用いた解析—．日作紀 91, 303 - 314．

小林英和・長田健二(2020)：業務用水稻新品種「恋初めし」における最適窒素施肥体系．日作紀 89, 16 - 23．

小針美和(2014)：業務用米の動向について - 増加する需要と求められる産地対応 - ．農中総研 調査と情報 44, 4-5．

松島省三(1959)：稲作の理論と技術—収量成立の理論と応用—．225, 養賢堂, 東京．

長岡一郎・笹原英樹・松下景・前田英郎・重宗明子・山口誠之・後藤明俊・三浦清之(2020)：高温登熟性と耐倒伏性に優れ，イネ縞葉枯病抵抗性を備えた多収の水稻新品種「にじのきらめき」の育成．育種学研究 22, 167-173．

農林水産省(2022)：最新の直播栽培の現状(令和3年産)．2023-12-18．

<http://www.maff.go.jp/j/syoutan/keikaku/soukatu/attach/pdf/chokuha-2.pdf>(2024-1-10 閲覧)．

埼玉県(2007)：埼玉県水稻栽培基準．

埼玉県(2021)：ドローンを用いた「彩のかがやき」の追肥診断．2021-03-24．

<https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/70308/20210323drone.pdf>．(2023-10-5 閲覧)．

佐藤宏之・平林秀介・石井卓郎・安東郁男・根本博・加藤浩・太田久稔・竹内善信・出田収・前田

英郎・井辺時雄・春原嘉弘・平山正賢・常松浩史・池ヶ山智仁(2019)：縞葉枯病抵抗性を備え業務用米に向く多収・良食味水稻新品種「ほしじるし」の育成. 次世代作物開発研究センター研究報告(2), 35-51.

志保田尚哉・石井博和(2022)：乾田直播栽培における鎮圧後播種体系と「彩のきずな」の施肥法. 埼玉農技研研報(21), 14-24.

東北農業研究センター(2021)：乾田直播栽培マニュアル Ver3.2—プラウ耕鎮圧体系—. 2021-3-20. https://www.naro.go.jp/PUBLICITY_REPORT/publication/files/KanchokuVer.3.2.pdf(2024-01-10 閲覧).

Yoshinaga S., Heinai H., Ohsumi, A., Furuhata, M. and Ishimaru, T. (2018) : Characteristics of growth and quality, and factors contributing to high yield in newly developed rice variety 'Akidawara'. Plant Prod. Sci. 21, 186-192.