

発育指数を用いた水稻「愛知135号」の出穂期予測技術の確立

森田真菜¹⁾・森崎耕平¹⁾・柏木啓佑¹⁾・伊藤幸司¹⁾

摘要:2019年に育成された水稻新品種「愛知135号」の出穂期予測を行うため、発育指数(DVI)を用いた発育予測モデルを2021年に開発した。発育予測モデルによる出穂期の予測精度を2021年および2022年に検証したところ、平均絶対誤差が1.1日、最大誤差が3日であったため、実用的な精度を有すると考えられた。

キーワード:愛知135号、発育指数、出穂期、予測

緒言

愛知県(以下、本県)ではこれまでに、水稻品種「コシヒカリ」、「あいちのかおりSBL」等において出穂期および成熟期の予測技術を開発しており、これら予測技術を用いて生育診断情報を作成し、現地指導の活用に向け発信している。また、名古屋大学、愛知県経済農業協同組合連合会(以下、経済連)との共同研究により、1kmメッシュ農業気象予測と本予測技術を組み合わせ、ほ場、品種ごとに生育予測結果をスマートフォン等で確認できる栽培管理支援ツールを開発した(AgriLook®、株式会社ビジョンテック、茨城県)。

水稻の出穂時期把握は、カメムシ防除時期の目安として防除作業上必要である他、水管理や施肥などの栽培管理を計画的に行うためにも重要である。また、成熟期の把握は出穂期を起点としており、適期収穫を行う上でも出穂期の予測技術は必須である。

水稻品種「愛知135号」は、本県と経済連との共同研究により、2019年に育成された早生品種である²⁾。今後県内に普及拡大する見込みであるが、出穂期の予測技術は未確立である。そこで本研究では、本品種における出穂期の予測技術を確立するため、水稻や小麦等の生育予測で用いられている発育指数(Development Index、以下DVI)を用いた^{1,3,5)}発育予測モデルを作成し、その予測精度について検討した。

材料及び方法

1 発育予測モデル

堀江らのDVIによる生育予測方法を用いた³⁾。これは1日あたりの作物の量的変化を発育速度(Development Rate、以下DVR)として、起点から毎日DVRを積算し、その積算値であるDVIがある一定の値に達したときに質的变化として現れ

る考え方に基づいている。DVIはDVRを用いて以下の①式で表される。

$$DVI = \sum DVR \dots ①$$

DVRは日平均気温(T)、日長(L)の環境変数およびパラメータからなる関数②式で表される。

DVR=

$$(1 - \exp(B * (L - Lc))) / (G * (1 + \exp(-A * (T - Th)))) \dots ②$$

DVR関数のパラメータであるGは最適条件下で発育に要する日数(day)、ThはDVRが1/2になる温度(°C)、Lcは限界日長(h)、A(°C⁻¹)とB(h⁻¹)はそれぞれ温度と日長に対する係数を示す。DVRの式を完成させるには、各パラメータ値の決定が必要となる。パラメータが決定されれば、Tに日平均気温(°C)、Lに日長(h)の実測値を入力し、DVRが算出される。多くの報告にあるとおり、移植日をDVRの積算起点(DVI=0)とし、DVIが1以上となった最初の日を出穂期とした^{1,3,5)}。

2 パラメータの決定

DVR関数のパラメータの算出には、表1のとおり、2019年から2021年の愛知県農業総合試験場作物研究室ほ場(以下、場内)の計4地点、2021年の県内現地ほ場計7地点の移植日および出穂期を用いた。場内では2019年は5月16日、2020年は5月15日、2021年は5月14日および6月9日に移植した。施肥窒素量は2019年および2020年で12 g/m²、2021年で10 g/m²とした。現地ほ場の選定は、移植日の幅を5月2日から6月10日で地域の偏りがないように行った。施肥量は農家慣行とした。出穂期は中庸な地点の全茎数の約50%の茎が出穂した日とした。パラメータ算出のための日平均気温は、農研機構が提供する1kmメッシュ農業気象データを使用し、各調査地点を含む推定値を用いた。日長は、調査区間で大きく異ならなかったことから長久手市での推定値を用いた。Visual Studio(Microsoft社製)を用いて、シンプレックス法により、DVR関数のパラメータを算出し、表1の地点の出穂期を予測、実測の出穂期と比較して、平均絶対誤差(Mean

本研究の一部は2022年度(第152回)日本作物学会東海支部講演会において発表した。

¹⁾作物研究部

表1 パラメータ決定に用いた地点の移植日と出穂期

年度	地点	移植日	出穂期
2019	場内	5月16日	8月11日
2020	場内	5月15日	8月12日
2021	場内①	5月14日	8月9日
	場内②	6月9日	8月20日
	春日井市	6月2日	8月17日
	稲沢市	5月2日	8月8日
	犬山市	6月10日	8月23日
	豊田市	5月4日	8月6日
	岡崎市	5月24日	8月17日
	知多市	5月6日	8月2日
	豊川市	5月24日	8月13日

表2 予測精度検証した地点の移植日と出穂期

年度	地点	移植日	出穂期
2021	日進市	5月20日	8月12日
	名古屋市	4月28日	8月6日
	海部郡飛島村	5月2日	8月7日
	安城市	5月10日	8月6日
	西尾市①	5月16日	8月10日
	西尾市②	5月14日	8月11日
	岡崎市①	5月16日	8月13日
	岡崎市②	5月10日	8月9日
	常滑市	5月11日	8月6日
	半田市	5月18日	8月12日
2022	豊橋市	6月9日	8月21日
	場内①	5月18日	8月13日
	場内②	6月14日	8月23日
	日進市	5月22日	8月15日
	稲沢市	5月6日	8月11日
	半田市	5月15日	8月12日
西尾市	5月22日	8月15日	

Absolute Error、以下MAE)が最も小さいものを選んだ。

3 予測精度の検証

予測精度の検証には、パラメータに使用した地点とは異なる2021年の現地ほ場の計11地点、2022年の場内および現地ほ場計6地点を用いた(表2)。場内では5月18日および6月14日に移植、施肥窒素量は8 g/m²とした。現地ほ場では2021年は4月28日から6月9日、2022年は5月6日から5月22日に移植し、施肥量は農家慣行とした。日平均気温および日長は、パラメータ決定と同じデータを使用した。発育予測モデルを用いて出穂期を予測し、実測の出穂期と比較し、MAEを算出した。

結果及び考察

1 気象条件

愛知県農業総合試験場(長久手市)における、試験期間である2019年から2022年の5月から8月までの平均気温の推移を図1に示した。2019年から2022年は、ほぼ平年並みかやや高く推移した。個別に確認すると、平年に比較して、2020年は6月第1半旬から第3半旬と8月第3半旬から第6半旬に高く、2021年は8月第3と第4半旬に低く、2022年は6月第5と第6半旬に高く推移した。

2 パラメータの決定

シンプレックス法によりパラメータを算出した結果、MAEが最も小さかったパラメータの組合せは表3のとおりだった。場所により、誤差は最大で3日あるものの、MAEは1.3日であった(表4)。出穂期は、移植日の他に、栽培条件(施肥量、移植時の苗葉齢等)や局所的な地形による日長や気温の違いにより変動する。これら条件はDVIや1kmメッシュ農業気象データに反映されないことから、MAE1.3日であるならば、実用的な出穂期予測モデルであると考えられた。

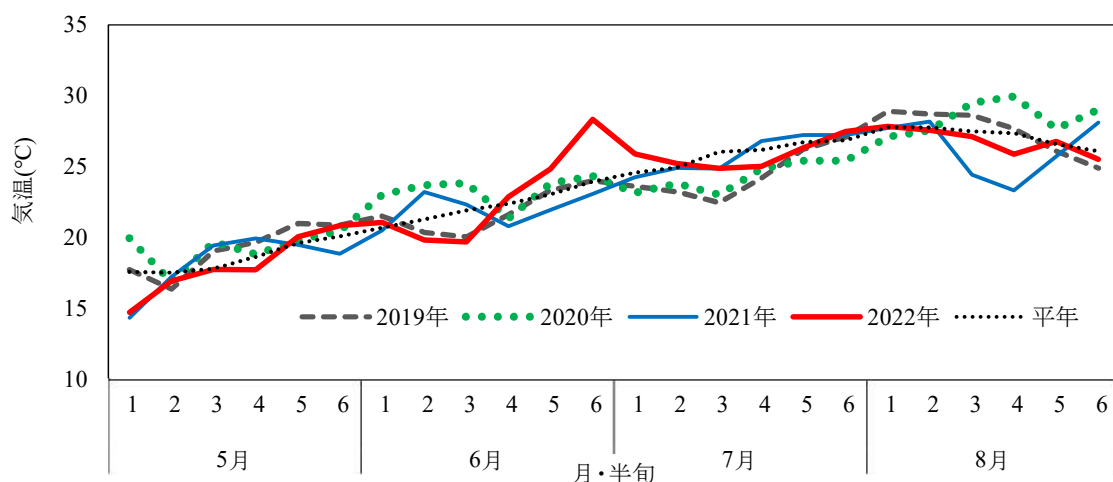


図1 栽培期間における日平均気温の推移

- 1) 農業総合試験場の気象観測データを使用。
- 2) 半旬ごとの平均値。
- 3) 平年は2001年から2020年の20年間の平均値。

表3 発育予測モデル式のパラメータ

G	Th	Lc	A	B
30.6833534	19.4236813	15.1864986	0.68309313	0.53130937

表4 パラメータ決定に用いた地点の出穂期予測結果と予測誤差

年度	地点	出穂期		誤差 (予測-実測)
		予測	実測	
2019	場内	8月11日	8月11日	0
2020	場内	8月10日	8月12日	-2
2021	場内①	8月 9日	8月 9日	0
	場内②	8月21日	8月20日	1
	春日井市	8月17日	8月17日	0
	稲沢市	8月 7日	8月 8日	-1
	犬山市	8月21日	8月23日	-2
	豊田市	8月 5日	8月 6日	-1
	岡崎市	8月14日	8月17日	-3
	知多市	8月 5日	8月 2日	3
	豊川市	8月14日	8月13日	1
MAE				1.3

表5 予測精度検証した地点の出穂期予測結果と予測誤差

年度	地点	出穂期		誤差 (予測-実測)
		予測	実測	
2021	日進市	8月12日	8月12日	0
	名古屋市	8月 6日	8月 6日	0
	海部郡飛島村	8月 7日	8月 7日	0
	安城市	8月 8日	8月 6日	2
	西尾市①	8月 9日	8月10日	-1
	西尾市②	8月 9日	8月11日	-2
	岡崎市①	8月10日	8月13日	-3
	岡崎市②	8月 8日	8月 9日	-1
	常滑市	8月 9日	8月 6日	3
	半田市	8月11日	8月12日	-1
	豊橋市	8月22日	8月21日	1
MAE				1.3
2022	場内①	8月13日	8月13日	0
	場内②	8月24日	8月23日	1
	日進市	8月14日	8月15日	-1
	稲沢市	8月10日	8月11日	-1
	半田市	8月11日	8月12日	-1
	西尾市	8月14日	8月15日	-1
MAE				0.8
2か年 MAE				1.1

3 予測精度の検証結果

精度検証を行った地点での発育予測モデルによる予測出穂期、予測出穂期と実測出穂期の差を表5に示した。発育予測モデルの予測精度検証結果は、年度毎に比較すると2021年の計11地点ではMAEが1.3日、最大誤差(以下、MAX)が3日、2022年の計6地点ではMAEが0.8日、MAXが1日で、2か年の結果を平均するとMAEは1.1日であった。

「愛知135号」は本県の熟期では早生品種に分類され、栽培が想定される移植時期は5月上旬から6月上旬となる。今回の試験では、移植時期は4月28日から6月14日と想定される期間を網羅し、かつ8月6日から8月23日と幅広い出穂期に対してMAEは1.1日であり、発育予測モデルの予測精度は高く実用的な精度であると考えられた。

本研究で開発した発育予測モデルによる出穂期予測は、2022年から栽培管理支援ツールに実装しており、利用することで栽培管理を計画的に実施することが期待される。なお、生育予測モデルは、特殊な気象条件等により、予測誤差が大きくなる可能性があり、今後も予測モデル式のパラメータ変更による精度向上について検討する必要がある。

謝辞: 本研究を行うに当たり、関係農林水産事務所農業改良普及課の作物担当者、担当農家の方々に多大なるご協力を頂いたため、ここに感謝の意を表す。

引用文献

- 濱田千裕, 野々山利博, 釋一郎, 小島元, 中嶋泰則, 友松啓二, 加藤裕司. 水稻の生育予測診断技術(第3報)発育速度の概念に基づく発育ステージ予測システムの試作. 愛知農総試研報. 23, 67-81(1991)
- 濱頭葵, 井手康人, 杉浦和彦, 中村充, 津田健吾, 加藤満, 池田彰弘, 杉浦直樹, 伊藤晃, 松本祐保, 水上優子, 森賢一郎, 渡邊靖治, 安藤祐嗣, 瀧川貴大, 嶋田稔貴, 中嶋泰則, 根津崇. 高温登熟性を有する水稻早生系統「愛知135号」の育成. 愛知農総試研報. 52, 31-39(2020)
- 堀江武, 中川博視. イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究 第1報モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用. 日作紀. 59, 687-695 (1990)
- 中園江, 大野宏之, 吉田ひろえ, 佐々木華織, 中川博視. コムギの発育段階の推定モデル. 日作紀. 83(3), 249-259 (2014)
- 川方俊和, 岡田益己. 発育指数を用いた水稻の幼穂形成式と出穂期の推定. 農業気象. 45(3), 137-142(1989)