

暖地の乾田直播栽培でのコウキヤガラの生育予測

農研機構九州沖縄農業研究センター
北川 壽

はじめに

乾田直播栽培は、省力化技術として大規模経営体などへの普及が期待されるが、雑草防除が課題の一つで、難防除雑草の見られる水田や雑草発生量の多い水田では不適合とされてきた。しかし、近年新しい除草剤の開発が進み、難防除雑草にも有効で直播栽培にも登録のある除草剤が上市されてきている。このようなことから、直播栽培に対応した難防除雑草の防除技術の確立が求められている。

乾田直播栽培は、漏水が小さく入排水が容易で区画の大きい干拓地などで導入が期待されるが、干拓地は難防除雑草の一つである多年生のコウキヤガラが多い(小山ら, 2014)。コウキヤガラは主に塊茎が増えて、初期生育が旺盛で繁殖力も高い。このため、コウキヤガラに有効な除草剤を複数回組み合わせた体系で防除を行い、耕起播種前には非選択性茎葉処理剤を、入水前には選択性茎葉処理剤を、入水後にも一発処理剤などと通常3回の農薬散布が必要である。乾田直播栽培では乾田期間の雑草量をいかに抑えるかが成否の鍵であり、入水直前の選択性茎葉処理剤は省略出来ない重要な防除である。しかし、麦跡の作付けの多い九州では、この茎葉処理剤の散布時期がちょうど梅雨に当たり、適期を逸して殺草限界を超えて失敗する事例も多い。そこで除草剤の適期散布を支援するため、コウキヤガラの生育予測式を

作成し、防除時期について検討を行うとともに、梅雨時期の作業の可否について考察した。なお、本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「直播栽培拡大のための雑草イネ等難防除雑草の省力的防除技術の開発」の補助を受けた。

【材料及び方法】

試験は農研機構九州沖縄農業研究センター筑後・久留米研究拠点(福岡県筑後市)で行った。殺熟処理した水田土壌を500ccビニールポットに詰め、低温庫に保存したコウキヤガラの塊茎3個を2020年5月29日に深さ2cmに埋設した。これを設定温度20℃と25℃(12時間日長, 昼夜一定温度)の陽光恒温器に入れ、適宜灌水を行い栽培した。これとは別に屋外で2020年5月15日と6月15日, 2021年5月24日と7月6日の計4時期に埋設した。各試験とも3ポットずつ供試し、生育が進んだ個体の葉令と草丈を毎朝調査した。また、コウキヤガラが自然発生する福岡県大牟田市の現地圃場で2021

年6月10日と2022年6月13日に水稲品種元気つくしを播種して乾田直播栽培を行った。日平均気温は筑後拠点の気象観測データと現地近くのアメダスデータを用い、埋設(播種)日から葉令調査の前日までの積算値を用いた。また、コウキヤガラの出芽始期は0.3葉とした。

【結果および考察】

1. コウキヤガラの生育予測式の作成

陽光恒温器の試験では、20℃、25℃の温度区とも、埋設5日後に早い個体が出芽した。出芽後の日数と最大葉令との関係を図-1には示した。出芽後日数と最大葉令の間には、正の相関関係が認められ、出芽から第6葉に達するのに20℃の温度区では16日間を、25℃の温度区では9日間を要した。葉令が1葉進むのに、20℃の温度区では2.5日で、25℃の温度区では1.5日であり、20℃の温度区に比べて25℃の温度区では葉令進展が1.7倍速かった。

塊茎埋設後の日平均気温(T)の積算

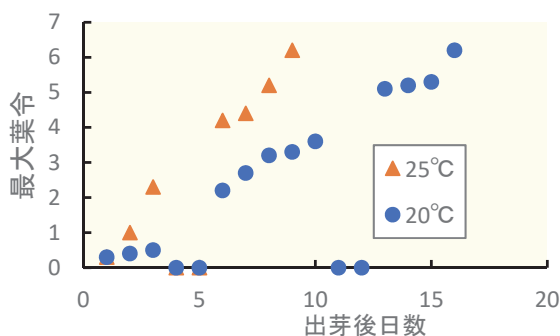


図-1 出芽後日数と葉令

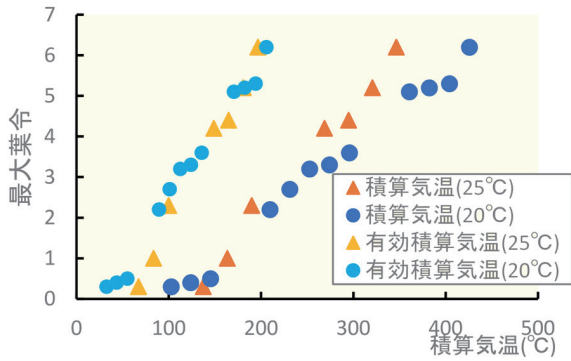


図-2 積算気温と葉令

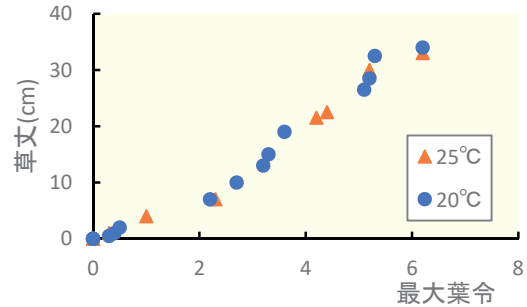


図-3 最大葉令と草丈

値とコウキヤガラの最大葉令との関係について、図-2には示した。出芽は、積算気温で100°C前後であり、その後の葉令進展は、積算気温と高い相関関係があった。ただし、先の出芽後日数と最大葉令との関係と同じく、20°Cの温度区に比べて25°Cの温度区の方が同じ積算気温でも葉令進展が3割程度早く、その差は積算値が大きくなるほど拡大する傾向であった。そこで、有効気温について、 $(T - 2^\circ\text{C})$ 、 $(T - 4^\circ\text{C})$ 、 \dots 、 $(T - 16^\circ\text{C})$ と2°C刻みで検討した。恒温器の試験では $(T - 8^\circ\text{C})$ が最も相関が高く、屋外の4試験では $(T - 12^\circ\text{C})$ で最も高く、試験によって結果は異なった(データ略)。コウキヤガラの萌芽最低温度は水田多年生雑草の中では低い方で5°C~10°Cの間(小山ら, 2014)とされるが、イネやノビエの葉令推定では有効気温として $(T - 10^\circ\text{C})$ が用いられる事例が多く、ここでは計算の簡便性も考えて、 $(T - 10^\circ\text{C})$ を使うこととした。有効積算気温 $\Sigma(T - 10^\circ\text{C})$ と最大葉令との関係を見ると、温度の違いの差はほぼ無くなった。また、最大葉令と草丈の間にも20°Cの温度区と25°Cの温度区の違いは無く、高い相関関係が認められ、葉令6葉の時に草丈30cm前後であった(図-3)。

以上の結果をとりまとめると、表-1のようになる。コウキヤガラの最大葉令については、出芽後日数、積算気温、有効積算気温のいずれとも相関が高く、特

表-1 コウキヤガラの生育推定式

| 項目(x) | 相関係数 | 推定式 (y:最大葉令) | 誤差の 標準偏差 | 屋外試験 の実測値と 推定値の 標準偏差 |
|--|----------|------------------------|-------------|-------------------------------|
| 出芽後日数 | 0.8752** | $y = 0.3790x + 0.4497$ | 1.0190 | 1.3720 |
| 積算気温 ΣT | 0.9667** | $y = 0.0200x - 1.9448$ | 0.5359 | 1.2050 |
| 有効積算気温 $\Sigma(T-10)$ | 0.9847** | $y = 0.0365x - 1.3540$ | 0.3594 | 0.8761 |
| 恒温器(25,20°C)試験の結果より、**:1%水準で有意。推定はy=6まで。 | | | | |
| 葉令(X)と草丈(Y)の関係 | 0.9845** | $y = 5.6107x - 1.6832$ | 2.2780 | 5.5661 |

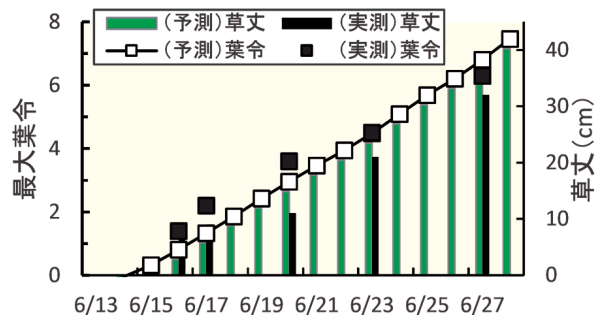


図-4 コウキヤガラの生育予測と現地での生育(2022)

に有効積算気温との相関が高かった。

また、2年間計4回屋外で行ったコウキヤガラの栽培試験での最大葉令の実測値と、今回求めた計算式より算出した推定値との標準偏差も、有効積算気温が最も小さかった。更に、葉令と草丈の関係については、施肥などの条件によっても変わるため、屋外試験の実測値と推定値の標準偏差はやや大きかったものの、次の推定式が導かれた。

$$\text{草丈(cm)} = 5.6107 \times (\text{最大葉令}) - 1.6832$$

コウキヤガラの葉令や草丈について、有効積算気温から算出した推定値と、

2021年の現地圃場での実測値の関係を検討した。出芽後の葉令展開や草丈の推移はほぼ一致したものの、ポット試験では出芽に4~5日を要し、現地ではその半分程度であったため、葉令の推定式については一部修正した。

2022年の試験ではこれらの生育予測式の妥当性について現地で検討した。結果を図-4に示したが、出芽ははじめがやや生育旺盛であったものの、出芽の開始時期や葉令推移は概ね一致した。また、コウキヤガラ防除に有効な茎葉処理剤であるハロスルフロンメチル水和剤

表-2 乾田直播栽培における気温の違いが茎葉処理剤の散布時期に及ぼす影響

| アメダス地点 | 播種日 | 気温条件 | イネ2葉 到達日 | コウキヤガラ草丈30cm | | | 標準 偏差* |
|--------|-------|---------|-------------|--------------|-------|--------------|-----------|
| | | | | 到達日 | 日数(日) | 平均気 温(°C) | |
| 秋田県大湯 | 5月9日 | 平年値-1°C | 6月11日 | 6月13日 | 36 | 14.5 | 0.97 |
| | | 平年値 | 6月7日 | 6月9日 | 32 | 15.5 | |
| | | 平年値+1°C | 6月4日 | 6月6日 | 29 | 16.5 | |
| 福岡県大牟田 | 6月10日 | 平年値-1°C | 6月23日 | 6月24日 | 15 | 22.0 | 0.95 |
| | | 平年値 | 6月22日 | 6月23日 | 14 | 23.0 | |
| | | 平年値+1°C | 6月21日 | 6月22日 | 13 | 24.0 | |

*:5/9~6/9(大湯)または6/10~6/23(大牟田)の年平均気温の2003~2022年の標準偏差。

の散布限界は草丈 30cm 以下である。今回作成した推定式では6月13日播種の場合、防除限界は6月25日となり、現地との生育とも概ね一致した。

以上の結果より、最大葉令については下記の式により推定可能となった。

$$\text{最大葉令} = 0.0365 \times \Sigma(T - 10) - 0.405$$

2. 気温の違いが茎葉処理剤の散布時期に及ぼす影響

気温が大きく異なる東北と九州で乾田直播栽培を行った場合、コウキヤガラ防除に使用する選択性茎葉処理剤の散布時期がどう変わるかについて検討した。水稲の播種時期は、各地の適期に合わせて秋田県大湯は5月9日で福岡県大牟田は6月10日と仮定した場合、ハロスルフロメチル水和剤の散布時期を計算した。先の推定式に平年値を入れて逆算した結果、防除の晩限期は、大湯(平均気温 15.5°C)では播種 32 日後(6月9日)で、一方大牟田(平均気温 23.0°C)では播種 14 日後(6月23日)となり、2倍以上の差があった。さらに気温が平年値から-1~+1°C変化した場合には、大湯では防除晩限期が+4~-3日前後したのに対し、大牟田では+1~-1日の違いであった。

ちなみに、播種からコウキヤガラ草丈 30cm までの期間の平均気温について 2003 年から 2022 年までの 20 年間の標準偏差をみるとともに 1.0 弱であった。気温分布が正規分布に近いと仮定すると、7割の年ではこの範囲内に収まり3割の年で外れる。大雑把に言うと3年

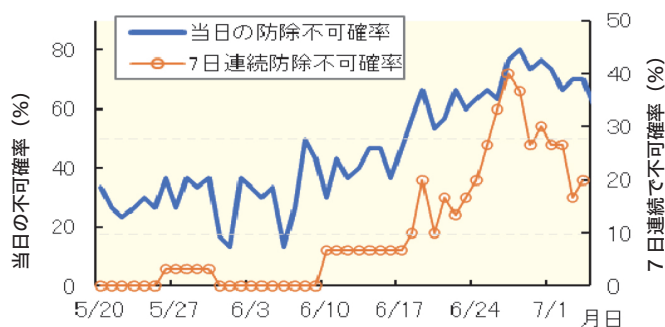


図-5 降雨により防除作業が不可となる確率

防除の基準(当日 3mm, 前日 20mm, 前々日 30mm 以上なら不可)をもとに、アメダス日雨データから算出

のうち2年は±1°Cの範囲内で、1年が範囲外となる確率であった。

一方、ハロスルフロメチル水和剤の使用はイネ2葉期以降となっており、北野(1998)が作成した水稲の生育予測式から逆算すると、表-2に示したように、防除早限は大湯ではコウキヤガラ草丈 30cm 到達日の2日前、大牟田では1日前となった。このため平年値±1°C以内の気温条件では、防除の適期幅は気温の低い大湯では3日間であり、気温の高い大牟田では2日間であった。

以上より、気温の低い大湯では、防除の適期幅は3日間とやや広がったものの、±1°Cの気温変化に伴う防除時期の変動幅も±3日以上と大きいので、適期を外さないように早めの予測が重要と考えられた。一方、気温の高い大牟田では、散布適期は2日間と狭く、しかも気温が平年値から±1°C変化すると防除時期が1日ずつ前後するので精緻な予測が大切であった。また、コウキヤガラ草丈 30cm 到達時期には、乾田直播した圃場のヒエ葉令も藤本らの式によれば4

~5葉となり、防除晩限期近くに達する。このためハロスルフロメチル水和剤だけでなく、ヒエ葉令で期限が設定されている他の選択性茎葉処理剤の場合でも、播種後の気温変化に伴って、防除時期の予測値は同様に前後すると考えられた。

3. 梅雨時期の茎葉処理剤散布について

九州など麦跡の水稲乾田直播栽培では、茎葉処理剤の散布時期が梅雨と重なることが多い。そこで1992年から2021年まで30年間の大牟田アメダスデータから、「作業可否決定条件としての作業可能降水量」(農水省, 1987)を用いて、雨で防除作業が出来ない(不可)確率を算出した。当日 3mm, または前日 20mm, または前々日 30mm 以上の雨量で、当日の防除作業が不可となる確率は、6月1半旬までは40%以下であったが、その後徐々に上昇し、6月18日以降は50%を越えて6月6半旬には80%に達し、それ以降はやや低下した(図-5)。また、7日間連続で

防除作業が不可の確率は、6月2半旬までは0～3%で、その後6月17日までは7%であったが、6月18日以降は10%を越えて6月6半旬には40%に達し、それ以降は低下した。不可の確率が10%なら10年に1回、40%なら5年に2回はその事象が起こる可能性を示す。大牟田アメダスのデータでは6月18日以降3週間以上、7日間連続の防除作業不可の確率が10～40%と高く推移した。このため作業不可の確率が高くなる6月18日までに茎葉処理剤の散布作業を終えておく方が安全である。ハロスルフロンメチル水和剤が散布できる稲の葉令は先に述べたように2葉期以降であり、北野（1998）の水稻生育予測式から逆算すると、播種は6月4

日までに終える必要があった。普通期水稻品種を用いた九州北部の乾田直播栽培では、播種の晩限期は収量・品質の面から、6月10日前後と言われている。しかし、コウキヤガラの防除作業について雨を避けて安全に行うためには、播種を従来の晩限期より1週間程度早める方が良いことが明らかとなった。

以上、作成したコウキヤガラの生育予測式の適合性は概ね高く、防除時期を決定する目安として使用できると考えられた。また、気温変動と防除の予測時期の関係が温度の高い地域と低い地域では反応が異なり、気温の低い地域では $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の温度変化に伴い予測日が ± 3 日以上前後したが、高い地域では ± 1 日程度と小さいものの、生育が早く進む

ため防除の適期幅が狭かった。さらに、九州では梅雨を考えると、茎葉処理剤の散布が安全に行えるように、乾田直播栽培の種まき晩限期を従来の指標より1週間程度早めた方が良いと判断された。

参考文献

- 北野順一 1998. 不耕起田直播栽培における乾田期間の除草剤処理時期の有効気温による推定. 植調 32(2), 52-54.
- 小山豊・森田弘彦・千葉和夫 2014. 雑草モノグラフ 8. コウキヤガラ. 雑草研究 59(1), 15-24.
- 農林水産省 1987. 水田農業確立のための技術指針. 全国農業改良普及協会, 125 pp.
- 藤本寛・橘雅明・高橋英博 2022. 中国地方の乾田直播圃場における有効積算温度によるノビエ葉齢の推定. 日作紀 91(1), 39-48.