

## スーダンでは現在主力の高温耐性品種コムギ比で 年あたり 2.7%の収量増加が必要

世界で最も暑いコムギ栽培地域・スーダンでは温暖化に対応するために高温耐性品種コムギは現在の主力品種の収量に対して年あたり 2.7%の増加が必要

### <ポイント>

1. 鳥取大学乾燥地研究センターでは、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）およびスーダン農業研究機構と共同で、2050年の温暖化に対応するために必要なコムギ高温耐性品種の開発速度をスーダンを例に明らかにしました。
2. 気温が上昇していく中でコムギの収量を現在と同じ水準に維持するためには、高温耐性品種の収量が年あたり 0.2%～2.7%増加する必要があることが分かりました。
3. スーダンは世界で最も暑いコムギ栽培地域であり、本研究で得られた知見は世界のコムギ育種研究機関が高温耐性品種の開発目標を決めるうえで役立ちます。

### <研究内容>

アフリカ北東部スーダンのコムギ栽培環境は世界で最も高温とされています<sup>1)</sup>。スーダンでは気温が比較的、低くなる 11 月から翌年 3 月にかけてコムギが栽培されますが、コムギの生育期間中の日平均気温は 17℃～35℃程度であり、時に 36℃を上回ることもあります。栽培されるコムギは高温に耐性がある品種であり、ナイル河の潤沢な水資源を利用して十分に灌漑されていますが、現地の圃場観測データからは、生育期間の平均気温が高い年には収量が減少する傾向が示されています（図1）。このため、温暖化が進行すると、将来、スーダンのコムギ収量は減少すると懸念されています。

そこで、スーダン農業研究機構の栽培試験データに基づいて、農研機構では現地で広く栽培されている 2 つの高温耐性品種、デベイラ(Debeira)とイمام(Imam)、の生育・収量をコンピュータ上でシミュレーションできるようにしました。これらのいずれにも高温耐性がありますが、イمامは 2000 年にリリースされたデベイラよりも新しい品種です。モデルに将来の気候シナリオを入力し、予測された今世紀半ばの気温と収量の関係を 2 品種、3 地域（図2）について明らかにしました。ここで使用した気候シナリオでは、2050 年に工業化以前と比べて、最も気温上昇が小さい場合には +1.5℃、最も気温上昇が大きい場合には +4.2℃を想定しています<sup>2)</sup>。

その結果、生育期間の平均気温が低くなるように播種日を調節した場合には、スーダン中部のワドメダニでは、+4.2℃シナリオ下でも、イمامはデベイラよりも収量が 22% (0.33 トン/ヘクタール) 高く、より新しい高温耐性品種の有効性が示されました（図3）。しかし、イمامを想定した場合でも、+4.2℃シナリオでは生育期間の平均気温が 1℃上昇すると収量が現在よりも 51.1%減少するとの結果でした（表1）。2050 年の気温上昇が +4.2℃は、年あたり 0.052℃ずつの気温上昇に相当します<sup>3)</sup>。このため、+4.2℃シナリオの場合、現在の収量と同じ水準を維持するためには、イمامよりも収量が 2.7% (= 51.1%/℃ × 0.052℃/年) 高い高温耐性品種が毎年、開発される必要があります。+1.5℃シナリオでは気温 1℃上昇あたりの収量低下は 34.6%（表1）、年あたり気温上昇量は 0.008℃であり、新たな高温耐性品種に求められる毎年の収量増加は、平均で、年あたり 0.3% (= 34.6%/℃ × 0.008℃) に抑えることができると示唆されました。

スーダン東部のニューハルファの結果はワドメダニとほぼ同じでしたが、相対的に気温が低い北

部のドンゴラでは今世紀半ばの温暖化を想定してもデベイラとイマムの収量差はほとんどないという結果が得られました(図3)。これは、スーダン北部では、相対的に高温な中部や東部ほどには高温耐性が必要ではなく、多収性など別の形質に重点を置いた品種の利用が可能と示唆されます。

### <今後の展望>

スーダンではコムギの消費量が年々増加しています。2000年には110万トンだったコムギ消費量は2017年には300万トンに達しました。こうした消費量の急増は、ソルガムやミレットなどスーダンで生産されている他の穀物では見られません。スーダンの人口は2050年には8,000万人に達すると予測されています(2017年は3,300万人)。これに伴い、コムギ需要は現在の約2倍の570万トンに増加する見通しです。スーダンのコムギ自給率は現在、約20%であり、国内のコムギ生産が予測される需要増加と温暖化に対応するためには多くの挑戦が必要です。この挑戦にあたり、より高温耐性の高い、新たなコムギ品種は有望な方策です。

乾燥地研究センターではスーダン農業研究機構と共同でコムギ近縁野生種由来の遺伝子により遺伝的多様性を増強させた系統を利用して、高温耐性コムギの育種事業を開始しています。本研究では既存の2品種を考慮しましたが、新たな品種をシミュレーションに加えることが可能です。現在、現地圃場で試験中の、新しい高温耐性品種が将来の温暖化に対してどの程度有効かを今後、評価できると期待しています。また、今世紀半ばの温暖化を想定した場合でも、スーダン北部では収量への悪影響が南部や東部よりも小さいことから、コムギ栽培地域の北部への移動・拡大の有効性についても検討が必要です。

### <その他>

本研究は以下の事業の支援を受けて実施しました。

- 鳥取大学乾燥地研究センター共同研究(課題番号:30F2001、02F2001)
- 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)、国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST)/ 独立行政法人 国際協力機構(JICA)(課題番号:JPMJSA1805)

この研究成果は食品関連研究分野の国際科学誌「Nature Food」に掲載されました。

### <論文タイトルと著者>

タイトル:Challenges in the world's hottest wheat-producing environments of Sudan related to rising temperatures and increasing demand

著者:Toshichika Iizumi, Imad-Eldin A. Ali-Babiker, Mitsuru Tsubo, Izzat S. A. Tahir, Yasunori Kurosaki, Wonsik Kim, Yasir S. A. Gorafi, Amani A. M. Idris, and Hisashi Tsujimoto

掲載誌:Nature Food

<https://doi.org/10.1038/s43016-020-00214-4>

### <用語解説>

- 1) 国際トウモロコシ・コムギ改良センター(CIMMYT)の栽培環境区分(ME:Mega-Environment)によると、スーダンのコムギ栽培地域の大部分はME5に分類されます。ドンゴラなどスーダン北部の一部はME1に分類されます。全部で12種類あるMEのうちME5は最も気温が高いです。最も涼しい四半期(連続した3カ月間)の月平均日最低気温が11℃より高く、16℃より低い場合にME5と分類されます。ME1は、最も涼しい四半期の月平均日最低気温が3℃より高く、11℃より低い場合です。
- 2) 工業化以前(1850~1900年)と比較した今世紀半ば(2046~2065年)の平均のコムギ生育期間気温。コムギ生育期間は11月~3月とした。
- 3) 今回使用した+4.2℃の気候シナリオでは、現在(1998~2017年)の平均のコムギ生育期間気温は工業化以前に比べて既に1.7℃上昇していると推計されました。予測された今世紀半ば

(2046～2065年)の気温上昇は4.2℃(対工業化以前)であるため、現在から今世紀半ばまでの48年間でさらに2.5℃気温が上昇することを意味します。48年間は、現在と今世紀半ばについてそれぞれの期間の中間から計算しました。中間は、現在は2007.5(=(1998+2017)/2)、今世紀半ばは2055.5です。これは、平均すると、毎年0.052℃ずつ気温が上昇していくことを意味します(=(4.2-1.7)/(2055.5-2007.5))。同様に、+1.5℃シナリオでは、現在の気温は工業化以前に比べて既に1.1℃上昇していると推計されたため、平均の気温上昇は年あたり0.008℃となります(=(1.5-1.1)/(2055.5-2007.5))。

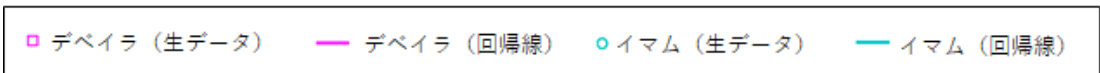
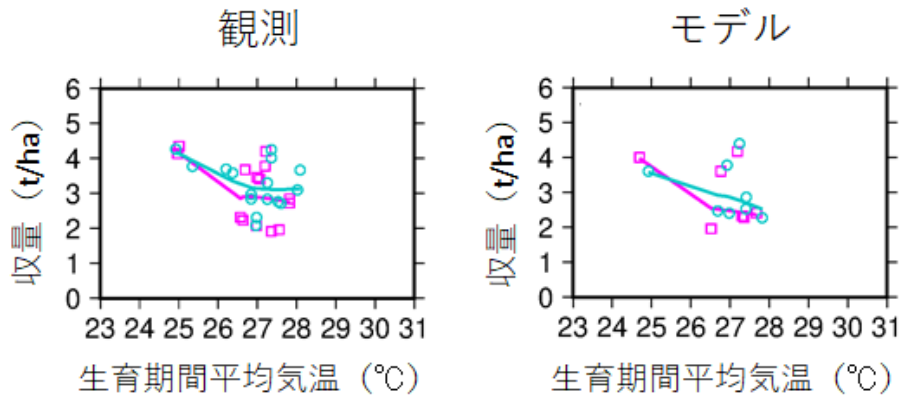


図1:ワドメダニにあるスーダン農業研究機構ゲジラ研究ステーションの圃場で観測されたコムギ収量(左)とモデルによる再現結果(右)。2008/09年～2017/18年のうち観測データが利用可能な8作期・2反復のデータを示します。四角と丸は生データ、回帰線は生データに局所回帰平滑化を適用して得た傾向を表します。生育期間の気温が高い条件下では新しい品種であるイمامの方がデベイラよりも収量が高いことが分かります。

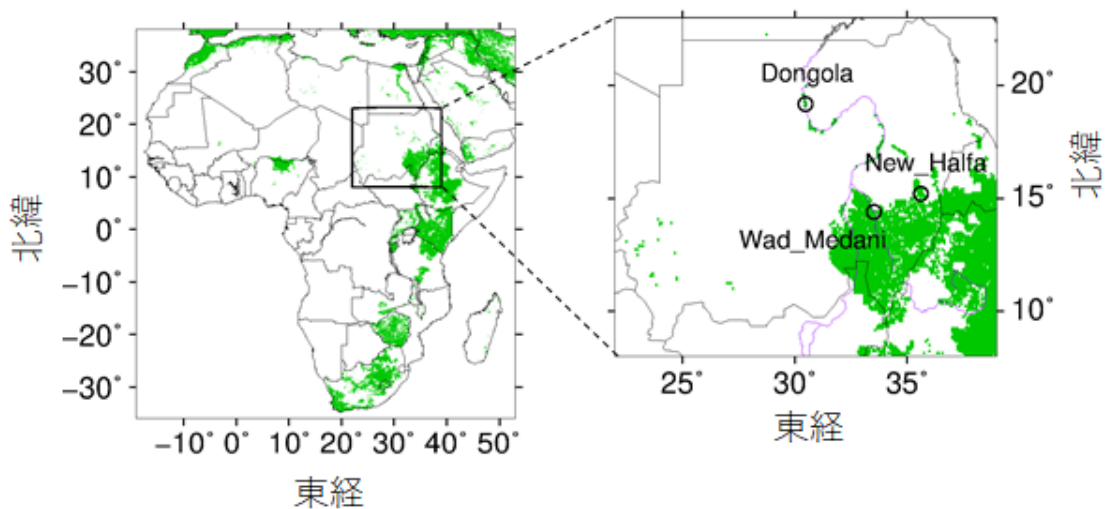


図2:アフリカにおけるスーダンの位置(左)とシミュレーションを行ったスーダンの3地点(右)。緑色の地域はコムギ栽培地域、紫色の線はスーダンと周辺地域の主要河川を示します。スーダン中部のワドメダニ(Wad Medani)と東部のニューハルファ(New Halfa)は高温が特徴の栽培環境区分であるME5、北部のドンゴラ(Dongola)は相対的に気温が低いME1に該当します。

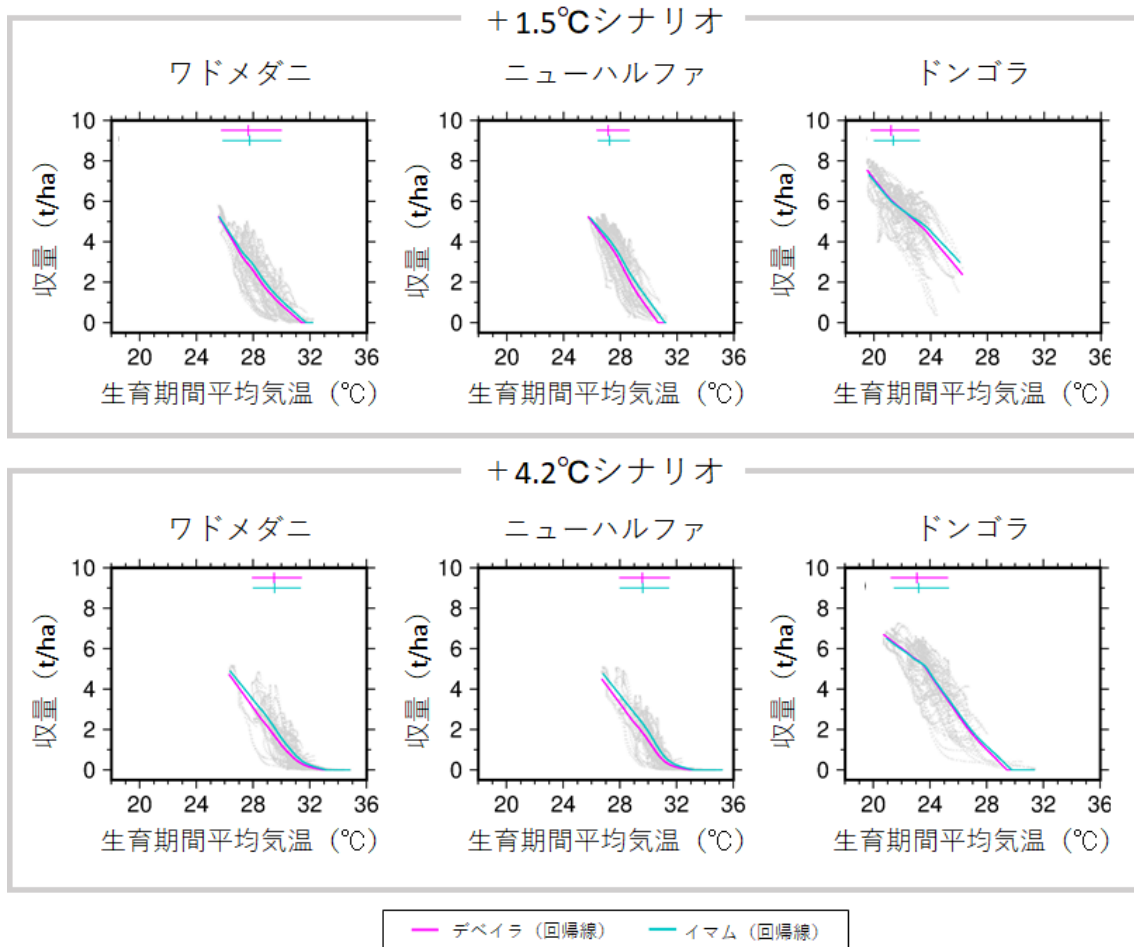


図3: +1.5°Cシナリオと+4.2°Cシナリオにおける2品種・3地域のコムギ収量と生育期間平均気温の関係。灰色の点はシミュレーションの生値、回帰線は生データに局所回帰平滑化を適用して得た傾向を表します。それぞれのパネルの上部の横線は、品種別に播種日は最適化した場合の生育期間平均気温の年々変動幅(90%区間)を示します。

表1: 播種日を最適化した場合の温暖化による収量変化。現在(1998~2017)の平均収量に対する今世紀半ば(2046~2065年)の平均収量の変化。収量変化は、図3に示した生育期間平均気温の年々変動と対応する収量との関係から計算した。

Region	収量変化(%/°C)			
	+1.5 °Cシナリオ		+4.2°Cシナリオ	
	デベイラ	イマム	デベイラ	イマム
ワドメダニ	-38.2	-34.6	-57.8	-51.1
ニューハルフア	-30.2	-26.7	-58.2	-49.6
ドンゴラ	-12.0	-10.8	-14.0	-14.0

<問い合わせ先>

鳥取大学 乾燥地研究センター 教授 辻本 壽  
tsujim(at)tottori-u.ac.jp