

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05596

研究課題名(和文) 高温耐性戦略としての高窒素施肥によるサツマイモの窒素固定能促進と地表面被覆増加

研究課題名(英文) Promotion of nitrogen fixation and plant coverage in sweet potatoes by high nitrogen fertilization as a strategy for high temperature tolerance

研究代表者

門脇 正行 (Kadowaki, Masayuki)

島根大学・学術研究院農生命科学系・准教授

研究者番号：00379695

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：窒素施肥量を増加させることで生育初期の地表面被覆(植被率)の増加による地温上昇抑制と、窒素固定の増加に伴う収量増加により、今後予測される地球温暖化の状況下でも安定したサツマイモ塊根生産が実現できると仮説を立て、検証するための研究を行った。温度傾斜型チャンバーを用いた実験から、高温条件下での窒素施肥量増加は乾物生産の増加に有効であることが示された。圃場試験では仮説通りの成果も得られたものの、品種や実験年による窒素施肥反応の差異も確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化に伴うさらなる高温が危惧される中で安定したサツマイモ生産を行うための方策として窒素施肥量の増加の有効性を示唆する結果が得られた。この成果は今後のサツマイモ栽培に容易に応用することができる内容である。

さらに、生育初期の地表面被覆の増加が地温上昇抑制と窒素固定向上につながることも確認された。地表面被覆がサツマイモへの高温耐性付与および生産性向上のための重要な視点であることを明らかにしたことは今後の栽培学的あるいは育種学的研究を進める上でも意義深いと考えられる。

研究成果の概要(英文)：We hypothesized that increasing the amount of nitrogen fertilization would suppress the rise in soil temperature due to an increase in ground cover by leaves and stems in the early growth stages and increase yields due to an increase in nitrogen fixation, thereby enabling stable sweet potato tuber production even under the predicted conditions of global warming. Experiments using a temperature gradient chamber to test the hypothesis showed that increased nitrogen fertilization under high temperature conditions was effective in increasing dry matter production. Field experiments showed that the results were in line with the hypothesis, but there were also results that differed from the hypothesis depending on the variety and year of the experiment.

研究分野：作物学

キーワード：サツマイモ 窒素施肥量 窒素固定 植被率 高温耐性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

神戸税関調査部によるとサツマイモの輸出は急増している。平成24年では輸出量が約600トン、輸出額約1.9億円であったのが平成27年ではそれぞれ約1600トン、約6億円まで増加しており、主な輸出先は香港と台湾である。我が国の農業の将来を考えれば、国内消費だけでなく海外への輸出を増やすことは重要である。輸出増加に伴う需要増に対応するためには多収および安定生産に関する研究を進める必要がある。しかし、サツマイモの生産性に関する研究は昭和後期に多く行われたものの、生産・消費の減少に伴い、サツマイモ育種も多収から品質、機能性、耐病性へと移行していったため多収に関する研究も近年ではほとんど行われていない。

近年の地球温暖化が作物に及ぼす影響は様々な研究が行われており、我が国の主要作物のイネやダイズなどでは多くの知見が得られている。しかし、サツマイモは救荒作物として活躍した歴史があり「環境変動に強い」イメージのためか近年では温度がサツマイモの生育や収量に及ぼす影響を検討した研究は少ない。申請者のこれまでの研究から、高温条件はサツマイモの乾物生産の低下と塊根への同化産物の転流阻害を引き起こし収量が低下すること、生育初期の植被率が高い草型をもつ品種が高温耐性を有することを明らかとなった。さらに、窒素施肥量とサツマイモの収量との関係について研究した結果、品種「ベニアズマ」では窒素施肥量が窒素固定活性に影響を及ぼし、窒素固定活性の上昇はサツマイモの生育の促進と収量増加につながることを示唆された。

以上の研究結果を踏まえ、本研究では、高窒素施肥により茎葉の地表面被覆と窒素固定能を高めることによってサツマイモにさらなる高温耐性を付与することが可能となるという仮説を立て、それを検証することとした。

2. 研究の目的

本研究ではサツマイモの安定的な多収化を進めるため地球温暖化に伴う高温障害の回避策を窒素固定の面から検討することを目的とした。圃場レベルでの高温障害に関する研究と窒素固定に関する研究を組み合わせ、高温障害を窒素固定促進により回避することを試みた。

まず、窒素施肥量と窒素固定寄与率との関係の再確認することと窒素施肥量が植被率に及ぼす影響について圃場試験で明らかにしようとした。続いて、温度傾斜型チャンバー(TGC)内でのポット試験により、窒素施肥量と窒素固定または乾物生産との関係に対して気温が及ぼす影響を検討した。最後に、得られた知見を基に20品種を用いて圃場栽培試験を行い、窒素施肥量と収量または窒素固定との関係における品種間差異の有無を明らかにすることを目的として研究を進めた。

3. 研究の方法

【圃場試験による窒素施肥量と窒素固定寄与率、収量との関係の再確認】

材料として2018年では「ベニアズマ」(Bz)、「べにはるか」(Bh)を用い、2019年には「すずほっくり」(Sh)を追加した。10a当たり5kgの窒素施肥量を標準(1N区)とし、標準の3倍を施肥する区(3N区)と無窒素区(0N区)を設けた。リン酸とカリはそれぞれ15kg/10aとした。栽植様式は畝間85cm、株間40cmとした。被覆資材として黒色ビニルマルチを用いた。植被率は植被率カメラ計測システム(GACPS, 木村応用工芸)を用いて生育初期に計測した。地温は地下15cm、畝側面から10cmの位置で温度記録計(TR-71Ui, T&D社)により30分間隔で測定した。また、¹⁵N自然存在比法により窒素固定寄与率を推定した。6月下旬に苗を移植し、10月の収量調査時に器官別乾物重と上イモ生量を調査した。生重50g以上の根を上イモとした。

【温度傾斜型チャンバー内での試験】

島根大学生物資源科学部附属生物資源教育センター神西砂丘農場内にある温度傾斜型チャンバー(TGC)で実験を行った。品種は「ベニアズマ」と「べにはるか」を用いた。1/2000aワグネルポットに農場内の土壌(砂丘未熟土)を充填し、窒素施肥は圃場試験と同様に0N区、1N区、3N区の3処理区を設けた。2019年6月27日に1ポット1本の苗を植え付けた。根活着後にポットを温度傾斜型チャンバー内の3か所へ移動し、それぞれを低温区、中温区、高温区と設定して気温と地温を温度記録計(TR-71Ui, T&D社製)によって30分おきに測定した。ポットに支柱を立て、地上部を垂直に誘引して栽培を行った。2019年9月9、10日に器官別乾物重を調査した。直径5mm以上の根を塊根とした。

【品種間差異確認のための圃場試験】

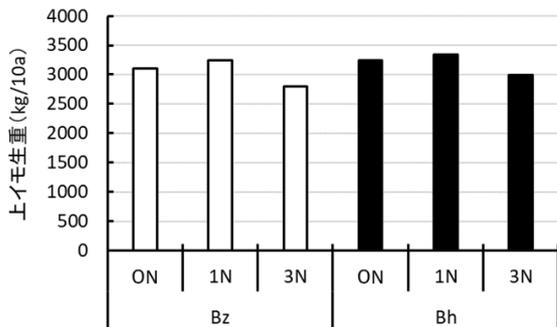
材料にはサツマイモ品種「ベニアズマ」、「べにはるか」、「すずほっくり」、「種子島紫」、「沖縄100号」、「コガネセンガン」、「ベニオトメ」、「ジョイホホワイト」、「安納紅」、「安納こがね」、「ジェイレッド」、「ムラサキマサリ」、「パープルスイートロード」、「オキコガネ」、「サツママサリ」、「コガネマサリ」、「あいこまち」、「からゆたか」、「ふくむらさき」、「ベニマサリ」を供試した。被覆資材は全ての品種で黒色ビニルマルチを用いたが、「ベニアズマ」、「べにはるか」および「すずほっくり」では地温の影響を検討するため白マルチ区も設けた(それぞれBzw, Bhw, Shw)。窒素施肥区、栽植様式、調査項目および調査方法は前述の圃場試験と同様である。また、¹⁵N自然存在比法による窒素固定寄与率の推定は「ベニアズマ」(黒および白色マルチ)、「べにはるか」(黒および白色マルチ)、「すずほっくり」(黒および白色マルチ)、「沖縄100号」(O100)、「コガネセンガン」(Ks)。

‘ジョイホワイト’ (Jw), ‘オキコガネ’ (Ok), ‘ベニマサリ’ (Bm) の 8 品種を対象に行った。

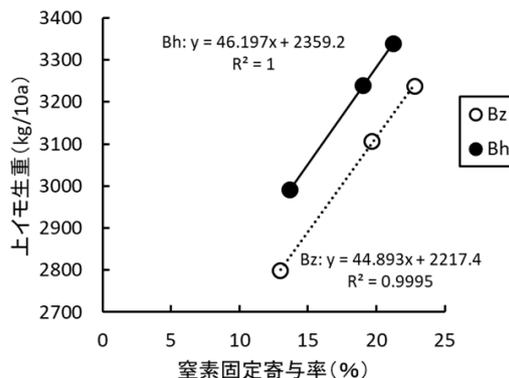
4. 研究成果

2018 年の収量調査の結果、両品種ともに 1N 区で収量が最も高くなった (第 1 図)。窒素施肥量と窒素固定寄与率との関係は明確ではなかったが、窒素固定寄与率と収量との間には両品種ともに正の相関関係がみられた (第 2 図)。

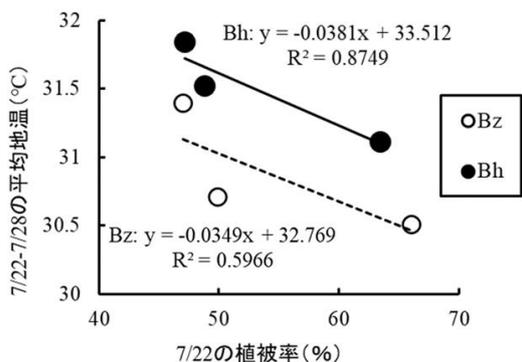
2019 年の圃場試験の結果、‘ベニアズマ’、‘べにはるか’では高窒素施肥条件によって生育初期の植被率が上昇し、それに伴い地温上昇が抑制されること (第 3 図)、植被率と窒素固定寄与率との間には正の相関関係があることが確認された (第 4 図)。窒素施肥量の増加に伴い、乾物生産および収量が増加する傾向が示され (第 5 図)、概ね仮説通りの結果となった。しかし、植被率の低い‘すずはっくり’では異なる傾向が確認された。



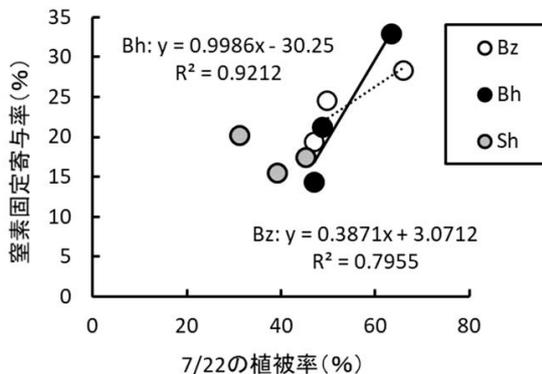
第1図 各処理区の収量 (2018年)



第2図 窒素固定寄与率と収量との関係 (2018年)



第3図 植被率と地温との関係 (2019年)

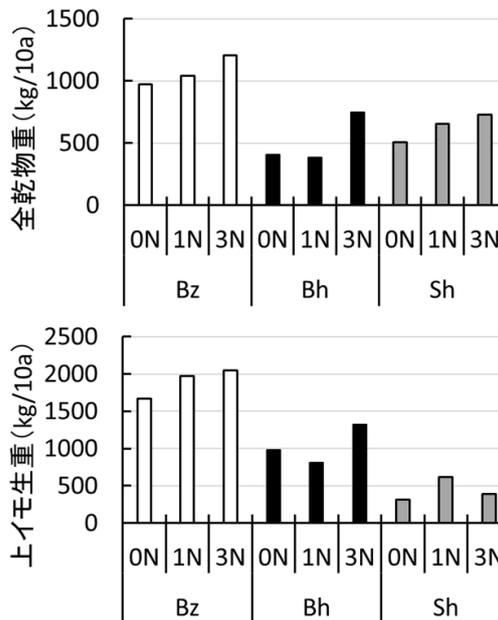


第4図 植被率と窒素固定寄与率との関係 (2019年)

2019 年の TGC 内でのポット試験の結果、気温の上昇に伴い乾物生産および塊根生産は減少したが、窒素施肥量の増加により減少が抑制された (第 6 図)。高温条件におけるサツマイモの乾物生産低下に対し施肥窒素量の増加が有効であることが示された。

2018 年および 2019 年の圃場試験の結果から、本研究における仮説を立証する結果が得られたが、品種または実験年により窒素施肥への反応が異なることも示唆された。特に品種間差異は大きいと考えられたため、サツマイモ新旧品種を用いることで窒素施肥に対する全品種を通じた反応と各品種における差異を明らかにしようとした。

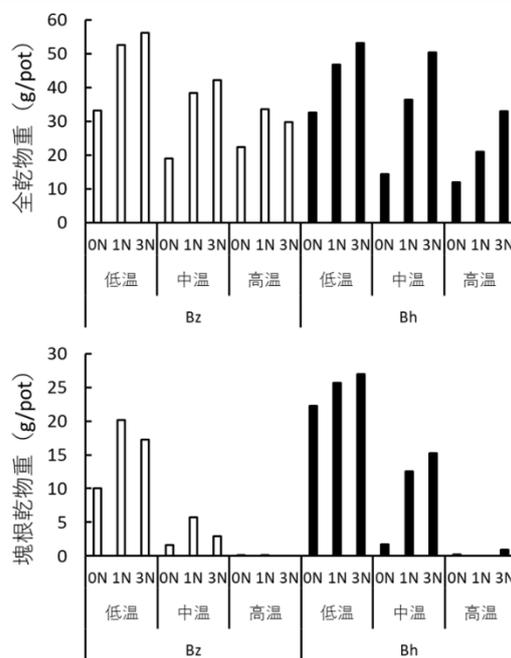
2020 年の圃場試験の結果について分散分析を行ったところ、全乾物重および収量には有意な品種間差異と窒素施肥量の影響が確認され (第 1 表)、窒素施肥により 3N 区で他窒素区よりも有意に高い値を示した。また、窒素固定寄与率においても品種間差があることが示された。全 20 品種の平均値で解析した結果、施肥窒素量増加に伴う植被率の上昇は明確ではなかったが、植被率と地温または窒素固定寄与率、収量との関係は、昨



第5図 各処理区的全乾物重および収量 (2019年)

年度までと同様の傾向であった。生育初期の植被率と地温との間には負の相関があり（第7図A）、植被率と窒素固定寄与率（第7図B）あるいは収量（第7図C）との間には正の相関があった。窒素固定寄与率と収量との関係については、全品種平均値では正の相関関係にあったものの（第7図D）、個別の品種で解析すると各品種の収量性により異なる傾向がみられた。低収量の品種（上イモ生重1000kg未満/10a）では両者の間に明確な関係性はなく、高収量品種では両者は正の相関関係にあった（1000kg以上2000kg未満/10a：5%水準で有意、2000kg以上/10a：有意ではない）（第8図）。さらに、‘ベニアズマ’、‘べにはるか’において地温の低い白マルチ区では、地温の高い黒マルチ区よりも窒素固定寄与率は増加したが、収量は減少した。この結果から、窒素固定と収量における最適地温は異なることが示唆された。

以上の結果から、本研究では窒素施肥増加に伴う地表面被覆および窒素固定の増加とその後の収量増加について一部の品種あるいは試験で確認することができた。TGCでの試験で施肥窒素増加に伴う乾物生産増加（高温条件下での低下抑制）が示されたことから、窒素施肥による効果は栽培環境により異なることも考えられる。また、品種による施肥窒素への反応については、各品種が有する収量性（乾物生産能力）によって異なることも示唆された。地球温暖化による高気温が危惧される状況において、今後サツマイモの生産を安定かつ向上させるためには、本研究の結果から収量性の高い品種に対し窒素施肥量を増加させることが有効であると考えられる。高窒素施肥の効果については栽培環境条件も考慮しさらに検討を重ねる必要がある。

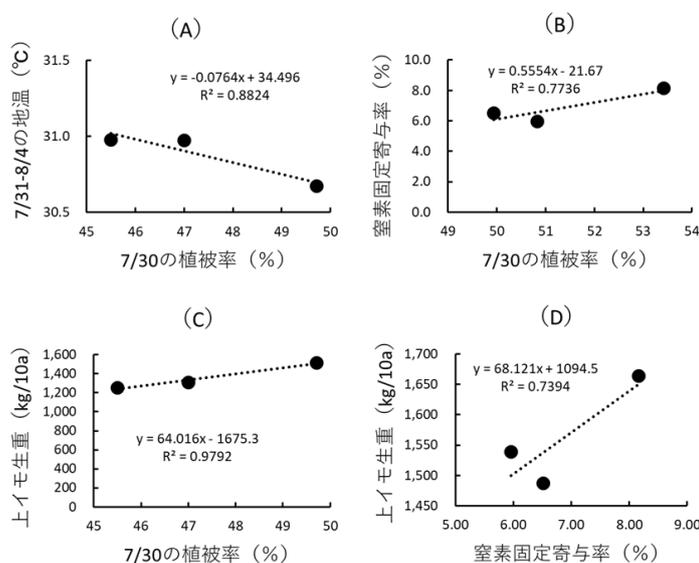


第6図 各処理区的全乾物重および収量（2019年TGC）

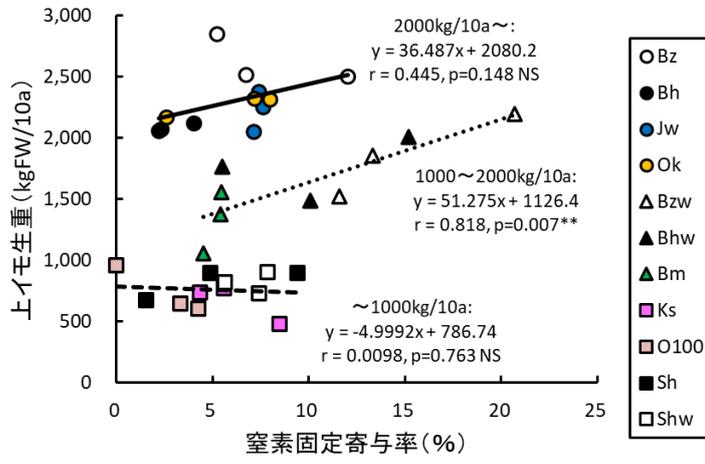
第1表 2020年圃場試験における二元配置の分散分析結果

	全乾物重 (kg/10a)	地上部乾物重 (kg/10a)	塊根乾物重 (kg/10a)	上イモ生重 (kg/10a)	上イモ数 (本/10a)
品種	9.3E-25**	1.03E-06**	1.09E-27**	1.88E-25**	1.63E-12**
窒素	0.00051222**	0.004505**	0.004322**	0.002295**	0.078963 ⁺
品種×窒素	0.612702 ^{NS}	0.40767 ^{NS}	0.94368 ^{NS}	0.960019 ^{NS}	0.999314 ^{NS}

**；1%水準で有意，*；5%水準で有意，+；10%水準で有意，NS；有意差なし



第7図 植被率と地温 (A)、植被率と窒素固定 (B)、植被率と収量 (C) および窒素固定と収量 (D) との関係 (2020年)



第8図 各品種における窒素固定と収量との関係 (2020年)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 門脇正行・興梠萌子・米倉朱音・城惣吉・松本真悟
2. 発表標題 サツマイモ栽培における窒素施肥量が植被率、地温、窒素固定および収量に及ぼす影響
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松本 真悟 (Matsumoto Shingo) (00346371)	島根大学・学術研究院農生命科学系・教授 (15201)	
研究分担者	城 惣吉 (Shiro Sokichi) (20721898)	島根大学・学術研究院農生命科学系・助教 (15201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------