

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	Lin Taiyu
論文題目	A Study on Yield, Growth and Physiological Response of Soybean to High Night Temperature (高夜温に対するダイズの収量, 生育および作物生理反応に関する研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>気温上昇が温暖地におけるダイズ生産に負の影響をもたらすことが知られている。しかし、その中で夜温上昇の影響については研究が限られ不明な点が多い。本論文は、ダイズの収量, 生育および作物生理形質に及ぼす高夜温の影響を明らかにしようとして行った研究の成果を取りまとめたものであり、主な内容は以下のように要約される。</p> <p>第1章緒言では、気候変動がダイズ生産に及ぼす影響に関する現状の知見を概説し、ダイズ収量の夜温上昇に対する応答についての研究が限られること、それらから得られている知見には一致しない点が多いこと、一方将来予測されている温度上昇は昼温より夜温の方がその程度が大きいことを述べ、ダイズの夜温応答に関する作物生理的機構の解明の必要性を指摘した。</p> <p>第2章では、ダイズの収量関連形質に及ぼす高夜温の影響を明らかにした。日本において最も栽培面積が大きい品種の‘フクユタカ’を温度勾配型温室 (TGC) 内の幅1.5m、長さ22mの土耕栽培圃場において2カ年群落栽培し、生殖成長期間 (開花期から子実肥大後期) に、午後6時から翌朝6時まで外気温から外気温プラス2℃ないし3℃の温度勾配を与えた。2カ年の処理期間中平均夜温は21.7℃および20.3℃であった。2カ年の結果を合わせて解析した結果、子実収量は夜温上昇1℃当たり4.6%減少していた。収穫指数 (HI) は、収量構成諸要素の変化が互いに相殺するために安定しており、夜温上昇による減収は主に地上部全乾物重 (TDW) の減少に起因した。維持呼吸量 (Rm) の夜温上昇にともなう変化を、呼吸量の現存量係数および温度係数の過去の報告例、ならびに生育期間中のTDWと気温にもとづいて評価したところ、Rm増加のTDW減少への寄与は限られていた。</p> <p>第3章では、‘フクユタカ’の作物生理諸形質、葉の老化および成長に及ぼす温度上昇の影響について明らかにした。自然光型ファイトトロンとTGCのそれぞれにおいて、外気温よりも8℃または約3~5℃高い夜温を、生殖成長期間、同期間の前半、または同期間の後半にあてる実験を行った。前章と同様に、高夜温区では対照区に比べて子実肥大後期におけるTDWが減少したのに対し、HIには一部を除き変化がみられなかった。一方葉面積に低下がみられた。高夜温区では個体当たり窒素蓄積量が減少し (ファイトトロン実験)、それは窒素固定活性の低下によると推察された (TGC実験)。葉身窒素濃度は高夜温区で窒素蓄積量よりも大きく減少しており、葉の老化の促進が示唆された。生殖成長前半に高夜温を与えた場合、生殖成長後半における上位葉の光飽和光合成速度 (A_{sat}) および夜明け後数時間における光合成速度の上昇が遅くなり、それらには夜明け前の測定葉の水ポテンシャル、気孔コンダクタンスおよび葉肉活性の低さがともなっていた。これらより、高夜温は乾物生産の低下を引き起こすが、それには窒素蓄積活性と葉面積の減少、老化の促進、および葉の生理活性が関与</p>			

すると推察した。

第4章では、高夜温に対する収量関連形質の応答の品種間差異を検討した。米国で近年育成された品種の‘DS25-1’は熱帯などにおいて他の温帯産品種よりも収量および品質が安定していることが知られている。同品種と‘フクユタカ’を、TGC内において土耕群落栽培またはポット栽培し、生殖成長期間の夜温について外気温から外気温プラス3℃の温度勾配区、または外気温区と外気温プラス5℃の2区を設けた。夜温上昇により‘フクユタカ’のTDWおよび子実収量が低下したが、‘DS25-1’ではその傾向が緩慢だった。また、‘DS25-1’では高夜温下における A_{sat} および種子の外観品質の低下が少ないことをみとめた。

第5章総合考察では上述の研究を総括した。本研究では群落条件で比較的穏やかな高温を与えた2つの実験、ポット栽培により強い程度の高温を与えた2つの実験、および軽度および強度の高温を与えて行った品種比較が行われた。全体を通じて、温暖地においては夜温上昇下では子実収量が低下すること、およびそれがHIではなくTDWの低下に起因すること、TDWの低下には光合成、呼吸、窒素蓄積など複数の作物生理活性の変化および葉の老化の促進が関与する可能性があることを指摘した。また高温に対する収量応答には明らかな品種間差異が存在していることから、現在の栽培品種の高夜温適応性を遺伝的に改良することが可能であるとした。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

ダイズ生産において、気候変動および熱帯地域への生産地拡大により、作物としての高温環境に対する適応性の評価と適応形質の改良が求められている。平均気温や昼温の上昇に対するダイズの生育・収量応答は徐々に明らかにされているが、夜温の上昇については影響の評価およびその背景となる作物生理反応に関する理解が大きく遅れている。本研究は、温度勾配型温室 (TGC) を用いた穏やかな夜温上昇処理と、自然光型ファイトトロンを用いた強い高夜温処理の2種類の環境操作実験により、ダイズの収量、生育および作物生理形質に及ぼす高夜温の影響を明らかにしたものであり、評価できる主な点は以下の通りである。

1. 夜温上昇がダイズの生育・収量に及ぼす影響を群落条件下で定量的に評価した。圃場作物の生育に及ぼす温度の影響を定量的に評価するには、個体でなく作物群落を対象とすることが望ましい。野外赤外線照射実験などが行われてきたが、実験が大規模になるため平均気温または昼温のみを対象にすることが多く、夜温を扱ったものは極めて限られている。本研究はTGC実験を繰り返すことにより、京都における夜温1℃の上昇がおよそ4.6%の減収をもたらすという定量的な知見を導いた。加えて、夜温上昇による減収はこれまで呼吸消耗の増大によるところが大きいとされてきたのに対して、その寄与が限られたものであることを指摘した。

2. 夜温上昇による減収が乾物生産の低下に起因することを示すとともに、その原因となる作物生理形質を明らかにした。TGC実験とファイトトロン実験を併用しながら、前述の減収が収穫指数でなく乾物生産の低下に起因すること、夜温上昇が光合成活性の低下を引き起こすこと、その一部は窒素固定活性の低下と老化の促進による窒素の不足、およびそれにともなう葉面積および葉身窒素濃度の低下によることを指摘した。また、夜温上昇が夜明け前の葉身水ポテンシャルの低下を通じて午前の光合成活性に影響を及ぼしている可能性があることを初めてみいだした。

3. 近年育成された高温耐性品種の高夜温に対する適応性を検証した。ダイズの高温耐性の遺伝変異が探索されてきたが、花粉発芽能力や種子品質に関するものに限られ、これまで生育・収量応答を検証した例はなかった。熱帯環境下などでの調査から生育・収量が高温下でも安定しているとされている新品種について、その高夜温適応性が優れることを、群落条件における環境操作実験により明らかにした。

以上のように、本研究はダイズの高夜温に対する生育・収量応答と関連する作物生理形質について新たな知見と適応性育種への手がかりを提供したものであり、作物学、植物生産管理学、および作物の高温適応性研究の発展に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和3年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)