

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 18 日現在

機関番号：32666

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21570025

研究課題名（和文） 冬緑性草本ヒガンバナの、夏季における栄養塩吸収の意義

研究課題名（英文） Effects of summer nutrient uptake on winter growth in a winter-green perennial *Lycoris radiata*.

研究代表者

西谷 里美 (NISHITANI SATOMI)

日本医科大学・医学部・講師

研究者番号：50287736

研究成果の概要(和文):植物にとって葉のない季節は単なる休眠期間とみなされがちであるが、ヒガンバナの根は1年を通して窒素の吸収能力をもっていた。各季節における窒素の吸収は異なる効果を持ち、夏(非展葉期)の吸収は、それに続く生育シーズンの成長を促進した。秋(展葉開始期)の吸収は、葉の光合成能力を高めたが、今回の実験条件下では、成長に対する効果はなかった。冬(展葉中期)に吸収した窒素は鱗茎に貯蔵され、翌シーズンの成長に寄与すると予想された。

研究成果の概要(英文): *Lycoris radiata* kept ability of taking up nitrogen all year round. Nitrogen uptake in summer facilitated growth in the following growing season. Nitrogen uptake in autumn contributed to higher photosynthetic potential of leaves but had no effect on growth of the season. Nitrogen taken up in winter contributed neither to photosynthesis nor growth, but was stored in the bulb and hence considered to contribute to growth of the next season.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：生理生態 冬緑性 フェノロジー 窒素 成長 光合成

1. 研究開始当初の背景

(1) 植物の生活の基盤である物質生産は、葉による光合成と根による栄養塩吸収との緊密な連携によって成り立っている。そのため葉の存在しない季節の植物は個体全体としても生理活性の低い休眠状態にあるとみなされがちである。しかし、季節的に変化する環境において、光合成に適した季節と栄養塩

の吸収に適した季節は必ずしも同じでない可能性があり、植物はこうした環境に対して葉と根の活性を非同調的に調節することで適応しているかもしれない。特に多年生植物では、貯蔵器官を介することで両器官の非同調的な活性を統合できるため、その可能性が高いと予想される。実際、葉と根の活性が必ずしも同調しないことを示す例として、春植

物の根が秋から活動を始めることや、高山、北極圏の植物で、展葉が始まる前の雪解け期間に栄養塩を吸収する例などが報告されている。筆者らも北極圏のムカゴトラノオ（タデ科の多年生草本）を用いた研究の過程で、葉のない季節における根の活動を示唆するいくつかの観察事実を得た。そこで、葉と同調しない根の活性と、その意義を明らかにするための本研究の着想に至った。

(2) ヒガンバナは冬緑性の多年生草本で、関東地方では、5月から9月までの4ヶ月間は葉を持たない。筆者らの先行研究から、新根が主にこの非展葉期に出現すること、根の呼吸速度が7月にピークをもつこと、さらに、屋内での栽培実験から、根が非展葉期に窒素を吸収することが明らかになっており、非展葉期の栄養塩吸収の意義を明らかにするための材料として適している。

2. 研究の目的

ヒガンバナにおいて、非展葉期に存在する根が窒素を吸収するという事実は前述のとおりである。そこで、本研究では、非展葉期における窒素の吸収量を、展葉期との比較から定量的に明らかにすること、および、この時期の窒素吸収が展葉期のパフォーマンス（フェノロジー、葉の光合成特性、成長）に与える効果を、展葉期における窒素吸収の効果との比較から明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

実験開始時(4月)における湿重量などを指標として大きさをそろえたヒガンバナを、施肥時期の異なる条件で栽培し、各時期における窒素の吸収量と、それが、展葉期のパフォーマンスに与える効果を検討した。2009年度は、春の落葉期、夏の非展葉期、秋の展葉開始期の各時期における窒素の吸収量と、それが生育初期のパフォーマンスに与える効果を検討した。2010年度は、2009年度の実験結果を踏まえて、その追試験に加え、冬(展葉中期)の窒素吸収量とその効果についても検討した。

(1) 材料

5月下旬に、奈良県の園芸業者から鱗茎を購入した。鱗茎は、根が切断された状態で販売され、そのままでは実験に適さないため、首都大学東京の実験圃場(八王子市)で翌年4月まで栽培した。栽培では、黒土(窒素濃度約0.5%、C/N比約16)を入れたビニルポットに、鱗茎を1個ずつ植え、圃場の地表面と同じ高さになるように埋めた。栽培期間中、施肥や灌水は行わなかった。12月から翌年3月までは、土壌の凍結を防ぐために地表面に

稲わらをしいた。

実験圃場に植え付けた際の鱗茎の湿重量、実験圃場での栽培時の展葉数、および翌年4月(実験開始時)の個体の湿重量を基準として、実験材料を選定した。なお、実験に用いた個体は全て、開花しない幼個体である。

(2) フェノロジー、成長、窒素吸収量に対する施肥時期の効果

前述の基準で選んだ個体を、日本医科大学(川崎市)において、バーミキュライトを入れたビニルポットに1個体ずつ植え込んだ。はじめにポットの底から漏れ出るまで水道水を与え、その後は必要に応じて灌水した。灌水の際には植物体を含むポット全体の重さがどのポットも同じになるようにした。

2009年度は施肥時期を変えた5処理(処理1~4と、無施肥の処理5)、2010年度は7処理(処理S、A、W、SA、SWと、無施肥のC1、C2)を設定し、それぞれに20個体を用いた。施肥にはハイポネックス(N6%-P10%-K5%)を用い、2009年度は1個体あたり窒素量にして15mgを、2010年度は10mgを、いずれも1週間ごとに6回与えた。最初の施肥から6.5~7週間後にポットのバーミキュライトを交換し、施肥期間以外は栄養塩の供給がないようにした。バーミキュライトの交換に伴う攪乱の影響の偏りを軽減するために、無施肥の個体についても、実験の途中でバーミキュライトを交換した(施肥処理をした個体と同様に、2009年度は1回、2010年度は2回)。各処理における、施肥の開始時期は下記のとおりである。また、実験の概要を図1に示した。

2009年度

処理1: 2009年4月15日(春: 落葉期)
処理2: 2009年6月9日(初夏: 非展葉期)
処理3: 2009年8月12日(晩夏: 非展葉期)
処理4: 2009年10月1日(秋: 展葉開始期)
処理5: 無施肥

2010年度

処理S: 2010年6月12日(初夏: 非展葉期)
処理A: 2010年10月8日(秋: 展葉開始期)
処理W: 2011年1月8日(冬: 展葉中期)
処理SA: 初夏と秋に施肥
処理SW: 初夏と冬に施肥
処理C1, C2: 無施肥

深さ10cm程度の発泡スチロールのコンテナを7~10個用意し、それぞれ14~15個体(各処理2~3個体)をランダムに配置した。梅雨時の降雨と夏の猛暑を避けるために、8月末までは主に屋内においた。9月以降は屋上のほぼ1日陽の当たる位置においた。コンテナの位置を可能な限り毎日交換し、コンテナ間の環境の偏りを少なくするように努め

た。降雨時（や降雨が予想される時）には屋内に移した。

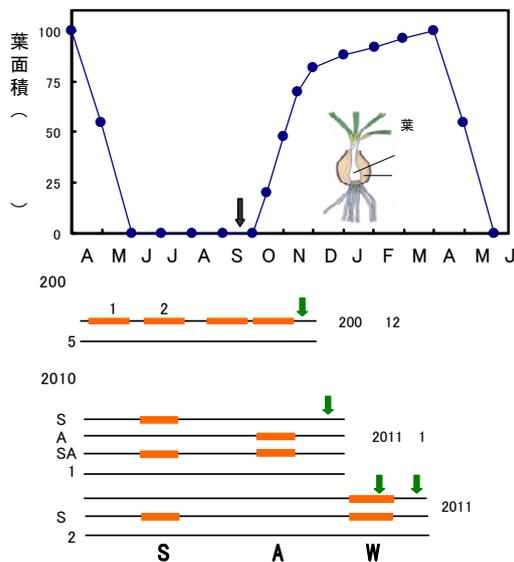


図1. ヒガンバナのフェノロジー、形態と実験の概要。オレンジ色の横棒は施肥期間を、緑色の矢印は光合成測定を行った時期を示す。S：夏，A：秋，W：冬

9月中旬から1週間おきに、展葉数と葉長を記録した。2009年度は12月5日に全ての個体を掘り上げた。2010年度は、処理S, A, SA, C1を2011年1月上旬に、処理W, SW, C2を2011年3月下旬に掘り上げた。水道水でパーミキュライトを洗い落とした後、葉、根、旧鱗茎、新鱗茎にわけ、80℃で約48時間乾燥し、重量を測定した。葉については、乾燥する前にモノクロのコピーを残した。コピーをスキャナーで取りこみ、画像処理ソフトウェアを用いて葉面積を算出した。乾燥したサンプル（2009年度は全てのサンプル、2010年度は各処理からランダムに選んだ6個体のサンプル）を乳鉢で粉碎し、全窒素と炭素を定量した。

(3) 光合成速度

2009年度は11月下旬、2010年度は、処理S, A, SA, C1については12月中旬、処理W, SW, C2については2月中旬と3月中旬に携帯用光合成蒸散測定装置(LI-6400)を用いて葉の光合成速度を測定した。葉温が22℃になるように設定し、光量子密度は光飽和に近い1200~1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、導入空気のCO₂濃度は、大気にほぼ近い370 ppmと、CO₂飽和に近い1200 ppmで測定した。2010年度は、これに加えて、導入空気のCO₂濃度をゼロから600ppmまで段階的に変えた測定も行った。チャンバーに挿入した部位(長さ3 cm)の両端で葉幅を計測し、台形に見立てて葉面積を算出

した。

4. 研究成果

研究の主な成果として、(1)ヒガンバナの根が、展葉期だけでなく1年をとおして窒素の吸収能力をもつこと、また、(2)各季節における窒素の吸収が、光合成能力や成長に対して異なる効果をもつことが明らかになった。

非展葉期における栄養塩の吸収については、近年知見が報告されつつあるが、まだ一部の種や生態系に限られている。本研究で、冬緑性草本についての新たな知見を加えることができた。植物の環境適応や、生態系における機能を明らかにする上で、展葉期だけでなく、年間をとおした研究が重要であることを示すことができた。

(1) ヒガンバナの根は、1年をとおして窒素の吸収能力をもつ。

2009年度の実験において、春の落葉期(処理1)、夏の非展葉期(処理2,3)、秋の展葉開始期(処理4)に施肥をうけた個体のいずれもが、12月上旬の時点で、無施肥のコントロール(処理5)よりも高い窒素含量(個体あたり)を示した。また、2010年度の実験においても、夏(処理S, SA)、秋(処理A, SA)、冬(処理W, SW)に施肥を受けた個体のいずれもが、無施肥のコントロール(C1またはC2)よりも高い窒素含量(個体あたり)を示した。これらの結果は、ヒガンバナの根が、展葉期だけでなく、ほぼ1年をとおして窒素の吸収能力をもつことを示している。

量的な比較では、2009年度は、秋の展葉開始期に施肥を受けた個体の窒素含量がコントロールの2.3倍と最も大きく、夏の非展葉期(初夏と晩夏は有意差なし)、春の落葉期(コントロールの1.5倍)の順であった。一方2010年度は、夏に施肥を受けた個体の窒素含量が最も高く、秋、冬の順であり、秋に施肥を受けた個体の窒素含量は、夏、冬のそれと有意差がなかった。このように年毎の結果が異なったことから、現時点では、窒素吸収能力の季節変化については結論を出すことができない。

(2) 各季節における窒素の吸収は、光合成能力や成長に対して異なる効果をもつ。

①夏期(非展葉期)における窒素の吸収は、当年の成長を促進する。

2009年度の実験において、夏に施肥を受けた個体(処理2,3)の12月上旬の個体重(初期成長の指標)は、コントロール(処理5)と比べて有意に大きかった。一方、秋に施肥を受けた個体(処理4)ではコントロールと有意差がなかった。2010年度の実験においても同様に、夏に施肥を受けた個体(処理S)

の1月上旬の個体重は、コントロール(C1)よりも有意に大きかったが、秋に施肥を受けた個体(処理 A)ではコントロールと有意差がなかった。更に、夏と秋に施肥を受けた個体(処理 SA)の個体重は、夏のみ施肥を受けた個体(処理 S)と有意差がなかった。

成長がほぼ終了する3月下旬の個体重では、冬に施肥を受けた個体(処理 W)でコントロール(C2)と有意差がなかったのに対し、夏と冬に施肥を受けた個体(処理 SW)では、コントロールに比べて有意に大きかった。

これらの結果は、非展葉期における窒素の吸収が、それに続くシーズンの初期成長、および、シーズン全体をとおした成長にプラスの効果を持つことを示している。一方で、展葉開始以後の窒素の吸収は、そのシーズンの成長には寄与しないことが示唆される。この理由については、現時点では必ずしも明らかでないが、非展葉期に施肥を受けた個体において、展葉開始がやや早いこと、また生育初期段階での葉数や葉面積が大きいことなどが関係していると考えている。

② 秋期(展葉開始期)における窒素の吸収は、葉の光合成能力を高める。

2009年11月下旬、および2010年12月中旬における、葉面積あたりの光合成速度を、秋の展葉開始期に施肥を受けた個体(2009年度の処理4, 2010年度の処理A)と、夏に施肥を受けた個体(2009年度の処理2, 3, 2010年度の処理S)で比較すると、370 ppmのCO₂濃度条件下では有意差がなかったが、1200 ppmでは、秋に施肥を受けた個体の方が有意に高い値であった。夏と秋に施肥を受けた個体(処理SA)は、秋のみ施肥をうけた個体(処理A)と有意差がなかった。Ci-A曲線(葉内CO₂濃度と光合成速度との関係: 2010年度のみ測定)の初期勾配は、処理間で有意差がなかったが、平均値(各処理8個体)は、処理SAで最も大きく、処理A, 処理S, コントロールC1の順であった。葉面積あたりの窒素含量は光合成速度とほぼ対応しており、2009年度では秋に施肥をうけた個体(処理4)が他の処理に比べて有意に高い値を示した。2010年度では処理間で必ずしも有意な差は認められなかったが、平均値は処理SAとAで最も大きく、次いで処理S, コントロールC1の順であった。

2011年2月中旬、および3月中旬における、葉面積あたりの光合成速度は、CO₂濃度370 ppm, 1200 ppmともに、処理間(冬のみ施肥W, 夏冬施肥SW, コントロールC2)で有意差が認められなかった。葉面積あたりの窒素含量は、処理SWで有意に高く、処理WとコントロールC2では有意差がなかった。

以上の結果は、展葉開始期に窒素を吸収することで葉の窒素濃度が増加し、光合成速度

が高まることを示唆している。一方で、展葉中期(葉面積成長の終了後)における窒素の吸収は、当年葉の光合成能力に対しては効果を持たないと考えられる。

③ 冬期(展葉中期)に吸収した窒素は鱗茎に貯蔵され、次のシーズンの成長に寄与する。

前述のとおり、冬の施肥は当年葉の光合成能力や成長には寄与しなかった。しかし、ヒガンバナはこの時期にも窒素を吸収していた。3月下旬における、器官ごと(葉, 鱗茎, 根)の窒素含量を比較すると、鱗茎の窒素含量だけが、コントロールよりも有意に高く、冬に吸収した窒素が鱗茎に貯蔵されることを示唆していた。

2009年度の実験で、春の落葉期に施肥を受けた個体(処理1)が、次シーズンにおいて、コントロール(処理5)よりも高い初期成長を示したと考え合わせると、ヒガンバナでは、冬から夏の間吸収した窒素が鱗茎に貯蔵され、次のシーズンの成長に貢献すると推測される。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 3件)

① Satomi Nishitani, Toshie Nakamura, Naoki Kachi, Effects of summer nitrogen uptake on winter growth in a winter-green perennial herb *Lycoris radiata*, 5th East Asian Federation of Ecological Societies (EAFES5) 2012年3月20日 龍谷大学(大津市)

② 西谷里美, 中村敏枝, 可知直毅, 冬緑性草本ヒガンバナの、初期成長と葉の生理特性に対する施肥時期の効果, 2011年3月9日札幌コンベンションセンター(北海道)

③ 西谷里美, 中村敏枝, 可知直毅, 冬緑性草本ヒガンバナの光合成特性, 2010年3月16日 東京大学(東京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西谷 里美 (NISHITANI SATOMI)

日本医科大学・医学部・講師

研究者番号: 50287736

(3) 連携研究者

可知 直毅 (KACHI NAOKI)

首都大学東京・理工学研究科・教授

研究者番号: 30124340

中村 敏枝 (NAKAMURA TOSHIE)

中央大学・経済学部・非常勤講師

研究者番号: 無