

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06009

研究課題名(和文)大豆の単収増加と良食味米の安定生産の両立を目指したN吸収量が増えにくいイネの探索

研究課題名(英文) Selection of rice varieties that do not increase N absorption under high N conditions to achieve both increased soybean yield and good-tasting rice production

研究代表者

鮫島 啓彰 (Samejima, Hiroaki)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・上級研究員

研究者番号：50580073

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：良食味米の生産に主眼が置かれるわが国の田畑輪換体系では、堆厩肥が投入されることは少ない。大豆増収と良食味米栽培の両立のため、N供給量が増えてもN吸収量の上昇しにくい水稻品種を探索した。堆厩肥投入を模倣するため緩効性肥料を用いて様々なイネ品種をポット栽培し、N供給量とN吸収量の関係を調査した。多N条件でも葉面積と葉面積あたり光合成速度が増加しにくい千葉旭や、野生型より側根数が少ないOsiaa13変異体は、N供給量が増えるとN吸収量が増加した。世界のイネコアコレクションのWRC63とWRC68はN供給量が増えてもN吸収量が増えなかった。しかし、この2品種でもN供給量の増加とともにN濃度は上昇した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地力Nが上昇してもN吸収量が増えない(すなわち食味が低下しにくい)イネ品種を探索を行ったところ、調査したほとんど全てのイネ品種でN供給量が増えるほどN吸収量が増加した。したがって、目標とする特徴を持つ品種の選抜は容易でないことが判明した。しかし、N吸収量の増加程度には幅広い品種間差があり、1品種はN吸収量が増加しなかった。大豆増収と良食味米生産の両立を目指す際に、高N条件でもN吸収量を増やさないイネ品種を利用するという戦略は可能であると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Application of composted manure is not common in paddy-soybean rotation systems in Japan, where the main focus is on producing good-tasting rice. To achieve both increased soybean yield and good-tasting rice production, we searched for rice varieties that do not increase N absorption even when N supply increases. Various varieties were grown in pots with slow-release fertilizers that mimicked composted manure application to investigate the relationship between N supply and N absorption by rice plants. A variety, Chiba Asahi, which showed little change in leaf area and photosynthetic rate per leaf area under different amount of N supply, and the Osiaa13 mutant, which had fewer lateral roots than the wild type, had increased N absorption with increasing N supply. Among the world rice core collections, only WRC63 and WRC68 did not increase N absorption when N supply increased. However, the N concentrations of these two varieties also increased with the increases in N supply.

研究分野：作物生産科学

キーワード：水稻 ダイズ 田畑輪換 窒素吸収 地力窒素

1. 研究開始当初の背景

(1) わが国の大豆の自給率は7%と低く、生産量の増加が求められている。そのため、全国の大豆作付面積の80%以上を占める田畑輪換体系において、大豆の単収を高める必要がある。大豆の単収増加にはN吸収量の増加が必要だが、即効性N肥料を多量施用しても、共生する根粒菌によるN固定が抑制されるためN吸収量が増えず、単収は増加しない。一方、堆厩肥を投入すると、作物体へのN供給が低濃度で持続的になる(地力Nが高まる)ことと、土壤物理性の改善による菌根菌N固定量の増加によりN吸収量が増えるため、ダイズの単収増加が期待できる。

(2) 良食味米の生産に主眼が置かれることが多いわが国の田畑輪換体系では、堆厩肥が投入されることは少なく、大豆単収は低くとどまっている。一方、堆厩肥を投入すると地力Nが高まって大豆単収は高まるが、水稲のN吸収量も増え、精米のタンパク質含有率の上昇による食味低下が起こりやすい。土壤の有機物含有量が多いと、水田土壌を乾燥させた後に湛水状態に戻した際に多量の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が生成される現象(乾土効果)がより大きくなるため、堆厩肥投入後の復元田では、特に水稲の過剰なN吸収が起きやすい。水稲の過剰なN吸収は、倒伏の増加にもつながる点からも、良食味米の安定生産を阻害する。

(3) 田畑輪換体系への堆厩肥投入による大豆の単収増加と復元田における良食味米の安定生産の両立を達成する方策が必要である。N供給量が増えてもN吸収量の上昇が少ない良食味水稲品種があれば、これらの両立が可能ではないかとの発想に至った。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、N供給量が増えてもN吸収量が増えにくいイネ遺伝資源の探索を目的とした。候補として、葉面積と葉面積あたりの光合成速度について、標準N条件から多N条件にした時の増加程度が他の品種より小さい品種に着目した。イネでは一般的に、N吸収量が増えたとこれらの指標が増加するため、この品種はN施肥量が増えてもN吸収量が増えないとの仮説を立てた。

(3) 別の候補として、土中のNと接触する根の表面積が小さいイネは、多N条件でN吸収量が飽和するという仮説に基づき、野生型より根長が短い変異体に着目した。

(4) さらに、多数のイネ品種が有する遺伝的変異を幅広くカバーしている世界のイネコアコレクション69品種から、有用遺伝資源の選抜も目指した。

3. 研究の方法

(1) 水稲品種「千葉旭」は多N条件でも葉面積と葉面積あたりの光合成速度が増加しにくいと報告されている。生育期間の長さが同程度で、これらの指標が多N条件で大きく増加する品種「キヨスミ」を対照品種として、人工気象室において異なるN施肥量で土耕栽培した。1/5000ワグネルポットに、くみあい粒状覆土(無肥料)を3kgずつ詰めた。地力Nの増加を模するためN成分の溶出が緩やかな緩効性肥料(LPコート140)を用い、N施肥量を4水準設定した(ポット当たり1, 2, 3, 4gN)。過リン酸石灰、塩化カリでポット当たり各4g施与した。180Lコンテナに1/5000ワグネルポットをランダムに15個入れ、播種後3週間を除き常時湛水状態を保った。人工気象室の設定は明期14時間、25度、暗期10時間、20度とした。場所による生育条件の差を考慮して毎週場所を入れ替えた。2020年8月5日に両品種を播種し、12月17日に「千葉旭」、12月21日に「キヨスミ」を収穫した。人工気象室の環境では登熟粒が得られなかったため、茎葉(空の穂を含む)と根に分け、乾物重の測定後、全N分析装置(SUMIGRAPH NC-TRINITY、住化分析センター)でN含有率を求め、植物体が吸収したN量を算出した。

(2) 野生型の「台中65号」と比較して、側根数が少ない*Osiaa13*変異体を、人工気象室において異なるN施肥量で土耕栽培した。栽培方法は研究の方法(1)と同様である。収穫日は「台中65号」が2021年1月4日、*Osiaa13*変異体が2021年1月21日であった。

(3) 世界のイネコアコレクション69品種を、グロースキャビネット(MLR-350、三洋電機)において異なるN施肥量で土耕栽培した。500mLのプラスチック容器に、水稲用育苗培土パールマットBを300gずつ詰めた。N処理は培土のみ、培土+476mgの緩効性肥料(LPコート50)および培土+952mgのLPコート50の3水準を設定した(それぞれ容器当たり100、300、500mgのN施肥量)。多数の品種を限られたスペースで栽培するため反復は設定できなかった。培土300gにはリン酸、カリがそれぞれ252mg、105mg含まれており、追加施肥は行わなかった。播種直後にプラスチック容器に100mLの水道水を加え、プラスチック容器+土+水を合わせた重さを440gとした(非湛水状態)。その後は毎日容器全体の重さを測定し、播種後の3週間は容器全体の重さが410gを下回った場合のみ、410gになるまで水を加えた。以降は湛水状態を保つため、日々の水分減少量以上の水を加えた。グロースキャビネットの設定は明期14時間、30度、暗期10時間、23度とした。場所による生育条件の差を考慮して毎日場所を入れ替えた。各品種は播種後50日目に収穫し、茎葉と根に分け、茎葉部については上述の全N分析装置でN含有率を求め、植物体が吸収したN量を算出した。根部については70%エタノールで保存し、スキャナ(GT-

X980、エプソン)で撮影した画像をWinRhizo pro 2012,b (REGENT INSTRUMENT CANADA INC.)で解析し根長を測定した。

4. 研究成果

(1)「千葉旭」のN吸収量は、1、2、3、4gのN施肥量でそれぞれ1.39、2.27、2.22、2.55gとなった。同様に「キヨスミ」では、1.66、1.71、2.22、2.74gのN吸収量となった。いずれの品種でもN施肥量の増加に合わせてN吸収量が増加していた。4gの施肥量では、1gの施肥量の場合と比べて「千葉旭」では1.83倍、「キヨスミ」では1.65倍のN吸収量となり、千葉旭で増加率が大きかった。多N条件でも葉面積と葉面積あたりの光合成速度が増加しにくいという報告がある「千葉旭」であるが、N供給量が増えてもN吸収量が上昇しにくいイネ遺伝資源の探索が目的である本研究では、選抜対象にはならないと判断した。

(2) *Osiaa13* 変異体のN吸収量は、1、2、3、4gのN施肥量でそれぞれ1.23、1.79、2.33、1.64gとなった(1gの施肥量の場合と比べて、3gおよび4gの施肥量ではそれぞれ1.89倍および1.23倍)。同様に「台中65号」では、1.35、2.14、2.14、2.67gとなった(1gの施肥量の場合と比べて、4gの施肥量では1.98倍)。野生型の「台中65号」と比較して、側根数が少ない*Osiaa13*変異体も、3gの施肥量まではN施肥量が増えるほどN吸収量が増加したため、選抜対象にはならないと判断した。

(3)世界のイネコアレクション69品種のうち63品種の評価が終了した。N施肥量100mgでのN吸収量を100とした時、N施肥量300mgおよび500mgにおけるN吸収量(相対N吸収量)は、63品種内でそれぞれ82~382および75~445となり、N施肥量の増加に対するN吸収量の増加程度に幅広い品種間差が観察された(図1)。WRC63(品種名:Bleiy、原産地:タイ、在来水稻、もち、indica)は、N施肥量300mgおよび500mgでの相対N吸収量が82および75で、63品種中で唯一N施肥量が増えるとN吸収量が減少した。WRC63に次いでN吸収量が増えにくかったのは、WRC68(品種名:Khao Nam Jen、原産地:ラオス、在来水稻、もち、japonica)であり、300mgおよび500mgのN施肥量での相対N吸収量は107および133だった。

N施肥量100mgでの地上部乾物重を100とした時、N施肥量300mgおよび500mgにおける地上部乾物重(相対地上部乾物重)は、63品種内でそれぞれ56~190および46~257となった(図2)。63品種の内訳は、N施肥量の増加に伴い地上部乾物重が増加した16品種(タイプI)、500mgより300mgのN施肥量で地上部乾物重が大きかった(すなわち300mgで地上部乾物重が最大になった)29品種(タイプII)、300mgおよび500mgのN施肥量のいずれでも相対地上部乾物重が100近辺あるいはそれ以下のもの13品種(タイプIII)、その他5品種(タイプIV)となった。上述のWRC63とWRC68は、いずれもタイプIIIに分類された。この他、タイプIIIにはWRC2、7、15、18、19、20、36、38、41、57、65が含まれるが(図2)、N施肥量が300mgや500mgの時の相対N吸収量が、WRC63やWRC68よりはるかに大きかった(図1)。

N施肥量100mgでの根長を100とした時、N施肥量300mgおよび500mgにおける根長(相対根長)は、7品種の例外を除き、ほとんどの品種で100以下になった(図3)。上述のWRC63とWRC68も、N施肥量が増えるほど根長が急激に減少しており、他の品種との明確な違いは確認できなかった。例外の7品種はWRC29、30、37、44、49、52、66であり、N施肥量が増えても根長が変化しにくいという特徴が観察された。

ほぼ全ての品種においてN濃度は、N施肥量100mgの場合と比較して、N施肥量300mgや500mgで高くなった(図4)。スペースが限られるグロースチャンバーで多数の品種を評価したため収穫期まで栽培できず、精米N含有率を測定できなかったが茎葉部のN濃度から推定すると、N施肥量が増えてもN吸収量が増えないWRC63やWRC68でも地力や肥料からのN供給が増えると食味の低下が起こりうると予想される。WRC61は、N施肥量が増えてもN濃度がほとんど変化しない例外であったが、この品種ではN施肥量500mgでの相対地上部乾物重が257%と全品種中最大であり、このときの相対N吸収も275%と高くなっていた。したがって、WRC61はN吸収量の増加に伴って生育も旺盛になっていたものと考えられる。

(4)N供給量が増えてもN吸収量が上昇しにくいイネ遺伝資源の探索を行った。多N条件でも葉面積と葉面積あたりの光合成速度が増加しにくいという報告があった品種や、野生型より側根数が少ない変異体を用いても、N供給量が増えるほどN吸収量が増加した。世界のイネコアレクションを用いた評価試験においても、ほとんど品種が選抜対象とはならなかった。ただし、WRC63やWRC68は、N施肥量が増えてもN吸収量が増えにくい特徴が観察された。今後は、グロースチャンバーの生育環境と大きくことなる野外試験でも同様の結果が得られるのかを確認する必要がある。

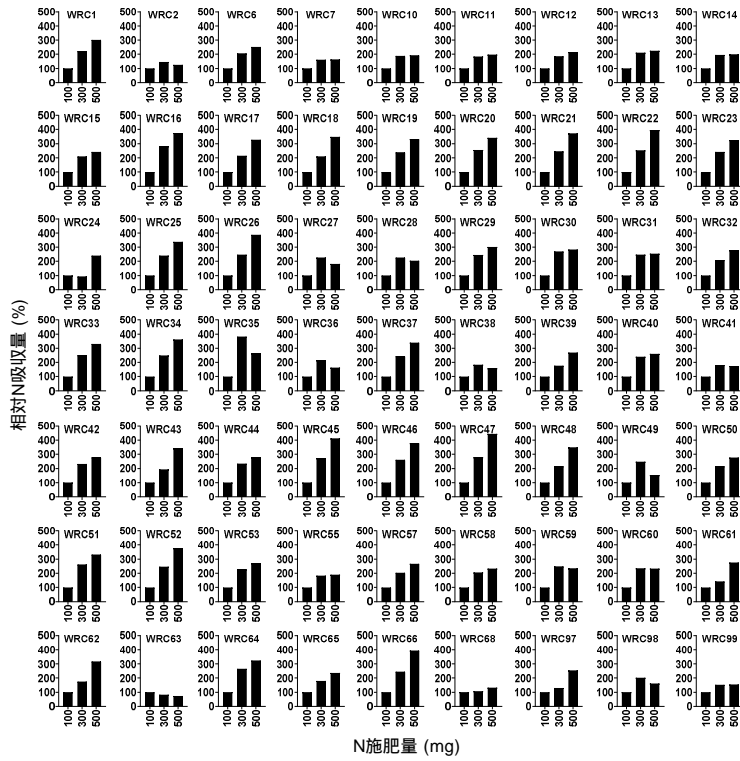


図 1. 世界のイネコアコレクションに含まれる 63 品種の相対 N 吸収量 (N 施肥量が 100 mg の時の N 吸収量を 100 とする)

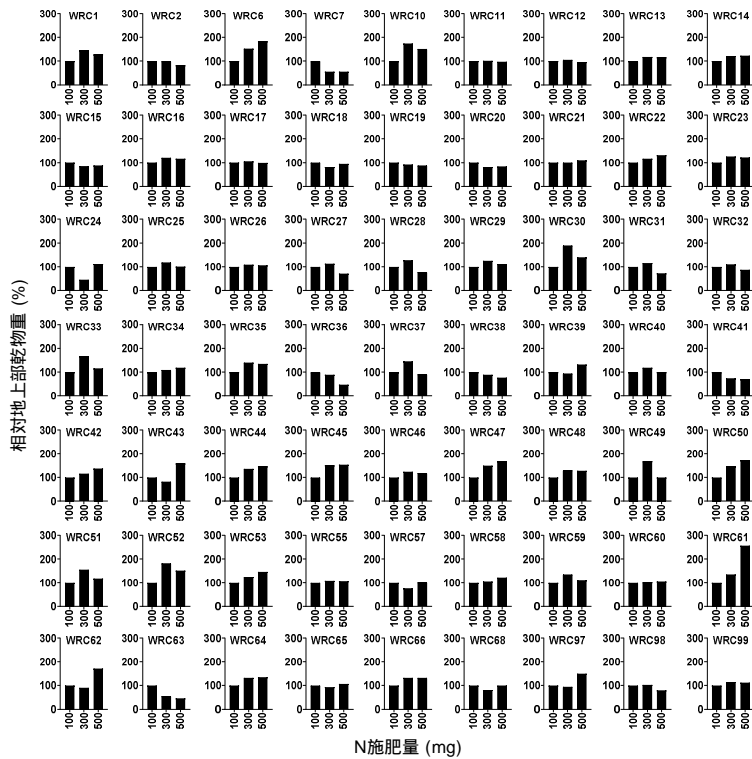


図 2. 世界のイネコアコレクションに含まれる 63 品種の相対地上部乾物重 (N 施肥量が 100 mg の時の地上部乾物重を 100 とする)

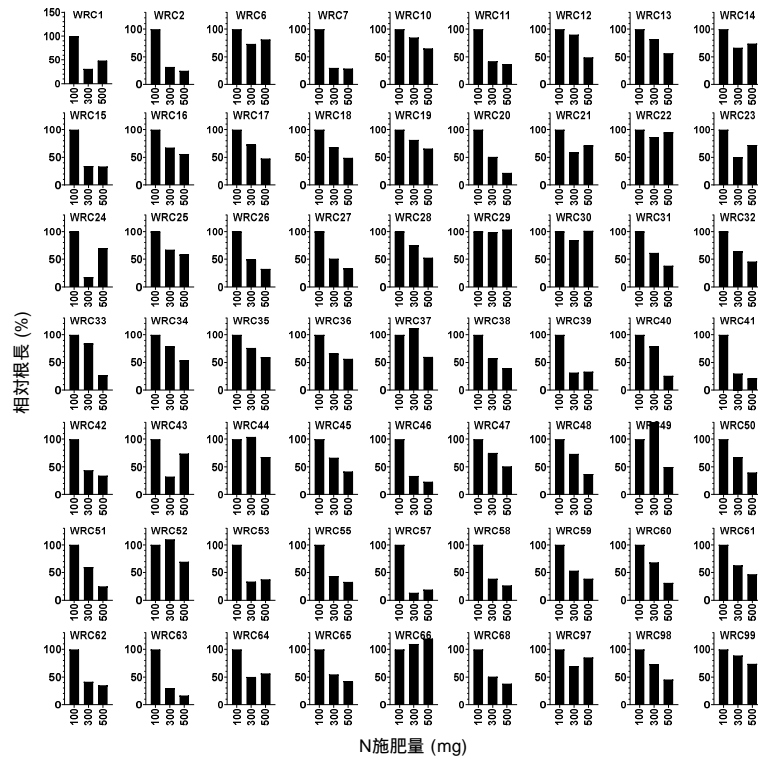


図 3.世界のイネコアコレクションに含まれる 63 品種の相対根長 (N 施肥量が 100 mg の時の根長を 100 とする)

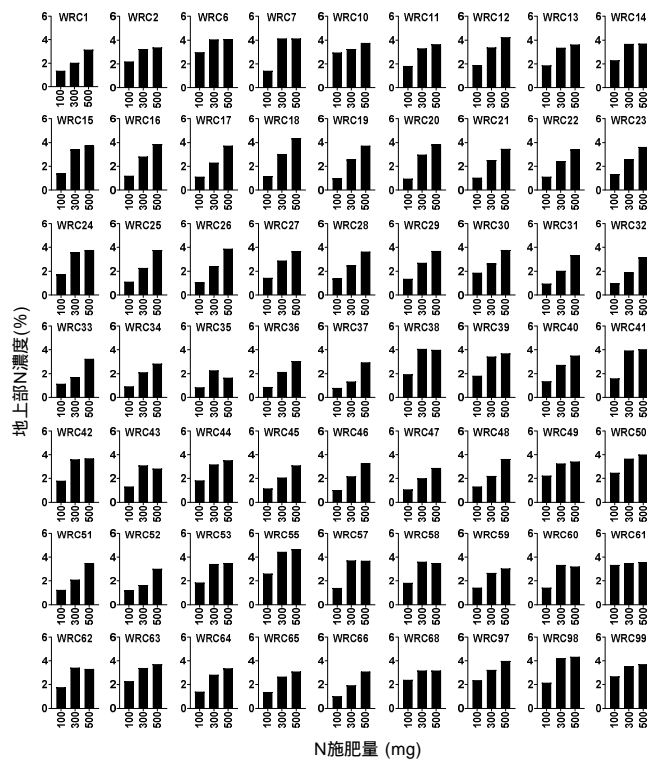


図 4.世界のイネコアコレクションに含まれる 63 品種の地上部 N 濃度 (N 施肥量が 100 mg の時の N 濃度を 100 とする)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------