

令和元年6月17日現在

機関番号：82111

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14842

研究課題名(和文)ダイズの炭素-窒素需給バランスに基づく最適ノジュールレベルの探索

研究課題名(英文) Searching for optimum nodulation level for maximizing yield based on carbon-nitrogen balance of soybean

研究代表者

松波 寿典 (Matsunami, Toshinori)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・主任研究員

研究者番号：10506934

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、様々な大気-土壌栄養環境(温度、二酸化炭素濃度、窒素条件)下の実験系において、ダイズ-根粒菌の共生関係を維持するために重要な炭素(=根粒を賄うためのダイズが生産する光合成産物)と窒素(=ダイズが光合成するために根粒が供給する栄養分)の需給関係を解析し、炭素・窒素需給バランスからみたダイズの乾物生産、収量が最大となる最適ノジュールレベル(=最適根粒着生レベル)を明らかにすることを目指した。その結果、根粒が大型化することでノジュールレベルが高まり、それに伴い子実の肥大が促進されて粒が大きくなり、収量が向上するメカニズムが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究においてノジュールレベルと収量性の関係が明らかになったことから、本研究の試験環境を再現した遺伝子応答等の試験を行うことで、ダイズと根粒菌による生物共生機能の遺伝子レベルから物質生産レベルまでの共生機能の関わり方が明らかになる。そして、共生機能の多収への関わり方が明らかになれば、最適ノジュールレベルを發揮するダイズの生育特性や栄養状態を示すような数値パラメータを指標にした栽培管理技術による生物共生機能の制御という新たな農業技術を提案できる。このように、本研究成果は生物共生機能の農学・生物学的な意義の解明だけでなく、ダイズの生産性向上という点においても意義深いと考えられる。

研究成果の概要(英文)：We analyzed the interactive effects of temperature and [CO₂] on nodulation level and searched for optimum nodulation level for maximizing yield in soybean. Plants were subjected to two levels of [CO₂] (ambient or elevated: ambient + 200 μmol mol⁻¹) and two temperature regimes (normally or high: normally + ca. 4 or 5 °C) using temperature gradient chambers. Nodule size was enhanced by CO₂ enrichment, whereas root biomass and number of nodule were increased by high temperature. Nodulation level was the greatest in the elevated [CO₂] × high temperature regime. There was a significant correlation between nodulation level and seed size, but not correlation to seed yield. These results indicated that promoting of nodulation level through increasing in size of nodulation induced by carbon supply connects to increasing in seed size, contributes to high yield production in soybean. The optimum nodulation level for maximizing yield was obscured, thus our challenge was not fully verified.

研究分野：作物学

キーワード：ダイズ 生物共生機能 根粒着生 乾物生産 収量

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまで、ダイズの安定多収実現のため、地上部の生長解析による多収理論の構築や、地下部の根粒による窒素固定能力の評価などが行われてきた。しかし、ダイズ - 根粒菌の共生関係を統一的にとらえ、その能力を最大限に活用して多収を実現する考え方は、未だ立証されていない。その中で、申請者は根粒菌との共生機能を最大限活用したダイズ多収化戦略の理論的進展を目指し、根粒着生能が異なる準同質遺伝子系統の環境応答や収量形成過程に関する研究に取り組んできた結果、適正なノジュレーションレベル (= 根粒着生レベル) が存在する可能性を見出した (図1)。

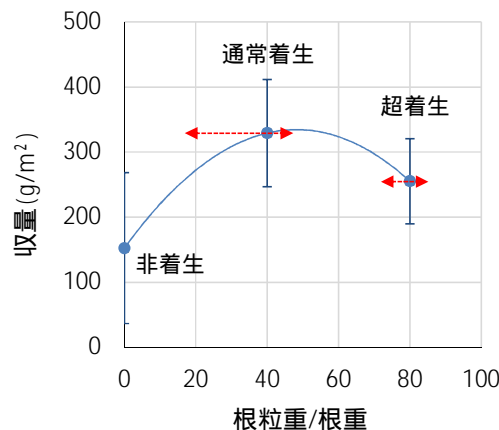


図 1. 根粒着生能が異なる準同質遺伝子系統のノジュレーションレベル (根粒重/根重) と収量の関係

2. 研究の目的

本研究では、様々な大気 - 土壌栄養環境下 (温度、二酸化炭素濃度、窒素条件) の実験系において、ダイズ - 根粒菌の共生関係を維持するために重要な炭素 (= 根粒を賄うためのダイズが生産する光合成産物) と窒素 (= ダイズが光合成するために根粒が供給する栄養分) の需給関係を解析し、炭素・窒素需給バランスからみたダイズの乾物生産、収量が最大となる最適ノジュレーションレベル (= 最適根粒着生レベル) を明らかにする。

3. 研究の方法

温度勾配型チャンバーを用いて異なる温度 (外気<NT区>、外気+5 <HT区>) と二酸化炭素濃度 (外気<Ambient区>、外気+200ppm<Elevated区>) の条件下においてダイズ品種ユキホマレを生育させることで炭素・窒素需給バランスを変化させ、ダイズの乾物生産、収量、根粒菌の炭素要求と窒素供給 (窒素固定) の関係を定量的に解析する。その結果をもとに炭素・窒素需給バランスからみた乾物生産、収量が最大となる最適ノジュレーションレベル (= 最適根粒着生レベル) について探索する。なお本研究におけるノジュレーションレベルは、根粒重を根重で除して100を乗じた値とした。

4. 研究成果

高温条件下で主茎長が長く、分枝数は増加し、二酸化炭素濃度の増加により稔実莢数、百粒重、子実重が増大した (表1)。このことから、栄養成長形質は温度、収量構成要素などの生殖成長形質は地上部からの光合成産物の供給により促進されることが明らかとなった。

表 1. 温度と CO₂ 濃度が地上部の生育、収量および収量構成要素に及ぼす影響

試験区		主茎長 (cm)	主茎節数 (plant ⁻¹)	分枝数 (plant ⁻¹)	稔実莢数 (plant ⁻¹)	1莢粒数 (pod ⁻¹)	百粒重 (g)	子実重 (g plant ⁻¹)
Ambient	NT	31.6	7.1	0.5	7.6	2.01	26.2	3.9
	HT	33.3	7.3	0.3	7.9	1.97	23.2	3.6
Elevated	NT	32.1	7.1	0.9	9.1	1.97	25.8	4.5
	HT	33.5	7.4	0.5	9.1	1.85	27.1	4.5
ANOVA	CO ₂	ns	ns	*	**	ns	*	**
	Temp.	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
	C*T	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

表中の値は平均値 (n=8) を表し、*、**、はそれぞれ5%、1%水準で有意 (ANOVA) であることを、nsは有意でないことを示す。

高温条件下で根重は重くなり、根粒数も増加する一方で根粒は小型化するが、二酸化炭素濃度の増加により根粒サイズは維持または大型化し、ノジュレーションレベルは高まった(表2)。このことから、根粒着生能の量的なポテンシャルである根のバイオマスと根粒数は温度、質的なポテンシャルは地上部からの光合成産物の供給により影響され、ノジュレーションレベルが制御されている可能性が示唆された。

表2. 温度とCO₂濃度が地下部の生育と根粒着生に及ぼす影響

試験区		乾物重			根粒数 (plant ⁻¹) × 10 ³ nod ⁻¹)	根粒 サイズ	ノジュレイ ションレベル
		地上部	根	根粒			
		(g plant ⁻¹) (g plant ⁻¹) (g plant ⁻¹)					
Ambient	NT	6.29	0.586	0.099	38.7	2.6	16.8
	HT	5.87	0.878	0.109	50.6	2.2	12.4
Elevated	NT	7.39	0.701	0.107	31.3	3.5	15.2
	HT	7.16	1.009	0.172	62.9	2.8	17.0
ANOVA	CO ₂	**	ns	*	ns	**	ns
	Temp.	ns	**	**	**	*	ns
	C*T	ns	ns	*	*	ns	*

表中の値は平均値 (n=8) を表し、*、**、はそれぞれ5%、1%水準で有意 (ANOVA) であることを、nsは有意でないことを示す。

また、ノジュレーションレベルと子実重の間には有意な相関関係は認められなかったが、ノジュレーションレベルと百粒重の間に有意な相関関係が認められた(図2)。このことからノジュレーションレベルは直接的に収量に影響するのではなく、子実の肥大と密接に関係していることが示唆された。

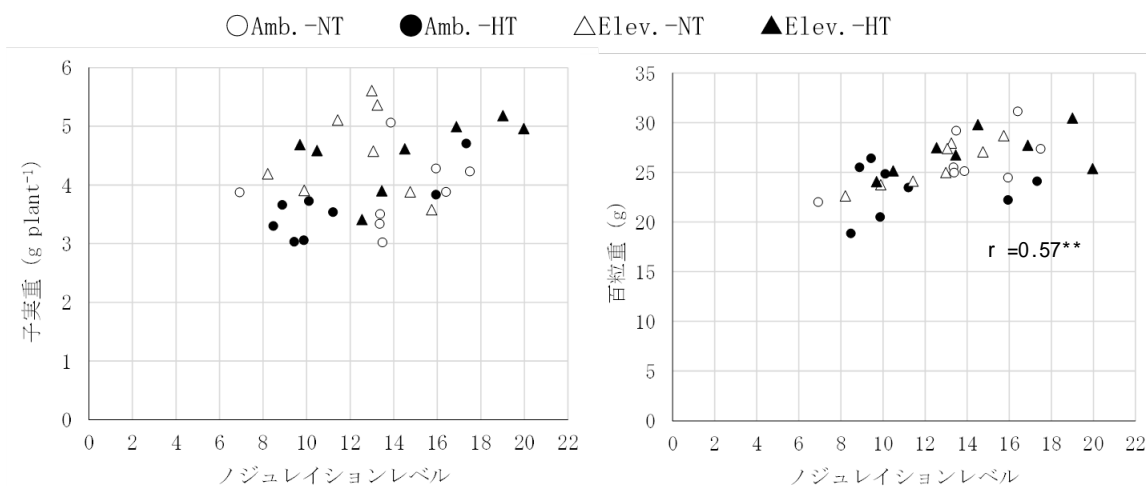


図2. ノジュレーションレベルと子実重(左図)、百粒重(右図)の関係

以上より、本研究では子実重が最大となる最適ノジュレーションレベルを確認することは出来なかったが、根粒着生の場となる根のバイオマスや量的な根粒数は温度により、根粒サイズは地上部からの光合成産物の供給によりそれぞれ影響を受けることでノジュレーションレベルが制御されていることが明らかとなった。そして、根粒の大型化に伴いノジュレーションレベルが高まることで、子実の肥大が促進されて百粒重が増大し、収量が向上するメカニズムが示唆された。今後は、ダイズ体内の成分分析を行い、ノジュレーションレベルや子実の肥大、収量の関係について解析する。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

齋藤秀文・松波寿典 2019. 黒ボク土水田転換畑において簡易耕同時播種栽培したダイズの生育, 収量, 品質. 日本作物学会紀事 88(2) 204-208. (査読有)

松波寿典・齋藤秀文・高橋博貴・吉田昭男 2017. 縦軸駆動型ハローとグレーンドリルを組み合わせた耕うん同時播種におけるダイズの苗立および収量性. 日作東北支部会報 (60)

1-4. (査読有)

松波寿典・齋藤秀文・大谷隆二・関矢博幸・篠遠善哉・冠秀昭・中山壮一・西田瑞彦・高橋智紀・浪川茉莉・林和信・長坂善禎・片山勝之 2017. 宮城県の津波被災後の大区画整備圃場におけるチゼルプラウ耕グレーンドリル播種体系によるダイズの晩播狭畦密植栽培. 日本作物学会紀事 86(2) 192-200. (査読有)