

農研機構シンポジウム
「菌根：リン酸肥料を減らせる根の秘密」
アーバスキュラー菌根菌とは？

農研機構 北海道農業研究センター
生産環境研究領域 上級研究員
大友 量

「植物だって一人じゃない！」

目次

1. 菌根と菌根菌
2. アーバスキュラー菌根菌（AM菌）と植物の進化
3. AM菌の機能を農業に活かす
4. AM菌機能のさらなる活用に向けて

菌根 Mycorrhiza とは？

菌根：植物根と菌の共生体
(菌根菌：菌根を形成する菌)



菌 (カビの仲間)

根

菌と根が一体となって
根の機能(養分吸収)
を担っている

☆菌根は「相利共生」の関係

リン酸などの土壌養分

植物



菌根菌

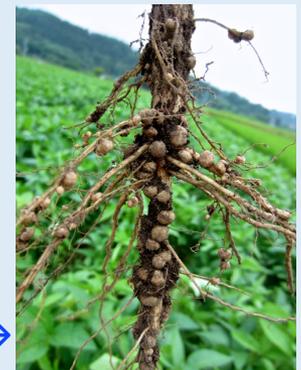
光合成産物
(エネルギー源)

植物に共生しないと増殖できない菌もいる。

ちなみに・・・

マメ科植物にみられる
「根粒菌(細菌)」と「根」の
共生は菌根とは言わない

ダイズの「根粒」→



どんな菌根があるか？



内生菌根



外生菌根

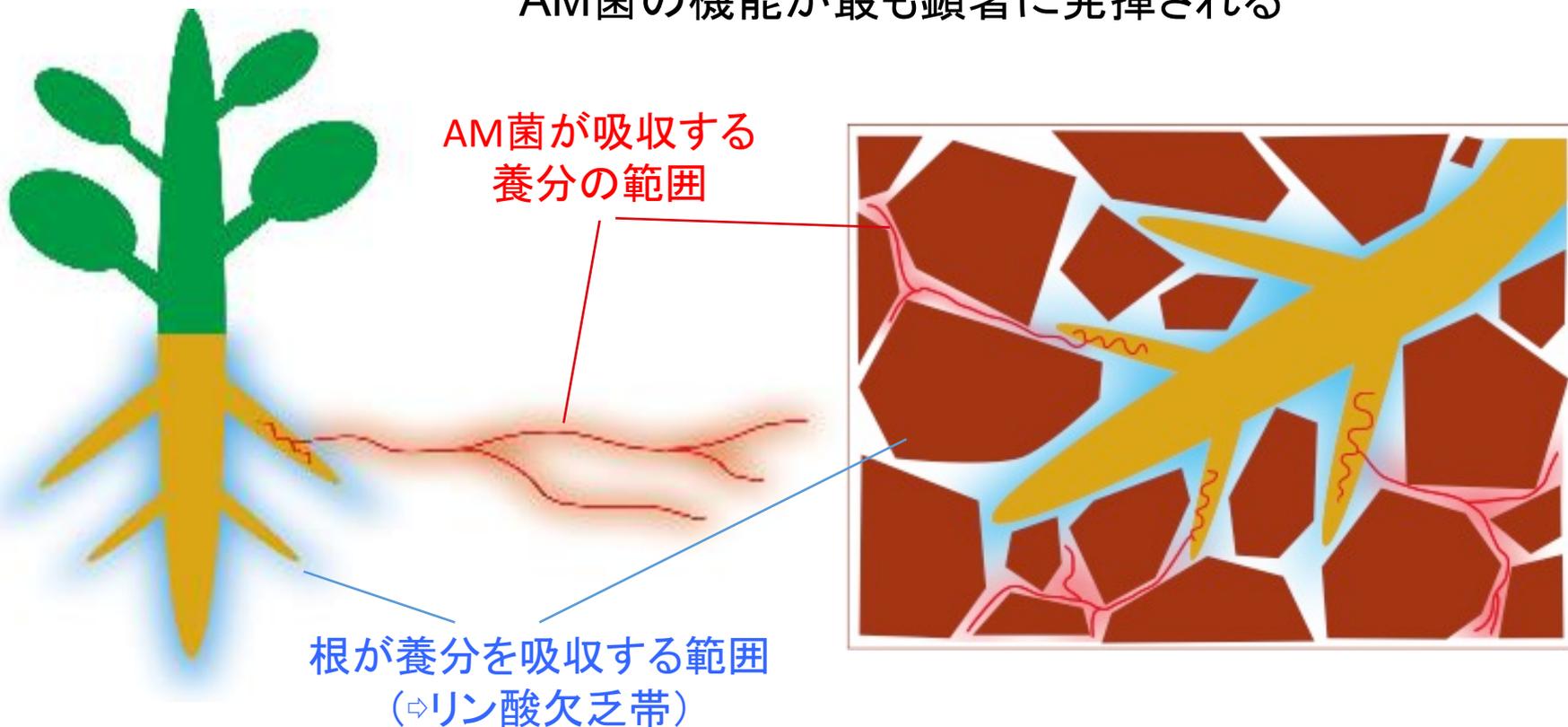
菌が植物細胞内に入るタイプ(内生)と入らないタイプ(外生)がある

	外生菌根	内外生菌根	アーバスキュラー菌根	エリコイド型菌根	アーブソイド型菌根	モントロポイド型菌根	ラン型菌根
菌根菌	担子菌 子囊菌 ほか	子囊菌	グロムス菌	担子菌 子囊菌	担子菌	担子菌	担子菌
菌の種類数	6000種以上	?	300種程度?	少数	少数	少数	少数
植物の種類数	種子植物の3%	マツ属	陸上植物の70%以上	ツツジ科	ツツジ科	ツツジ科	ラン科

AM菌共生の機能

● AM菌の外生菌糸・・・根の延長・・・水や養分を吸収

リン酸: 土壌中での移動が遅く、効率的な利用が困難
AM菌の機能が最も顕著に発揮される



リン酸は土の中で特に移動しにくいいため、植物は根の至近のリン酸しか吸収できず、根の周囲には「リン酸欠乏帯」が生じる

- ほとんどの重要な農作物がAM菌と共生するが、一部AM菌と共生しないものもある

AM菌と共生する (宿主作物)

小麦、ダイズ、トウモロコシ、ジャガイモ、ニンジン、タマネギ、キュウリ、トマト、ナス、
等々

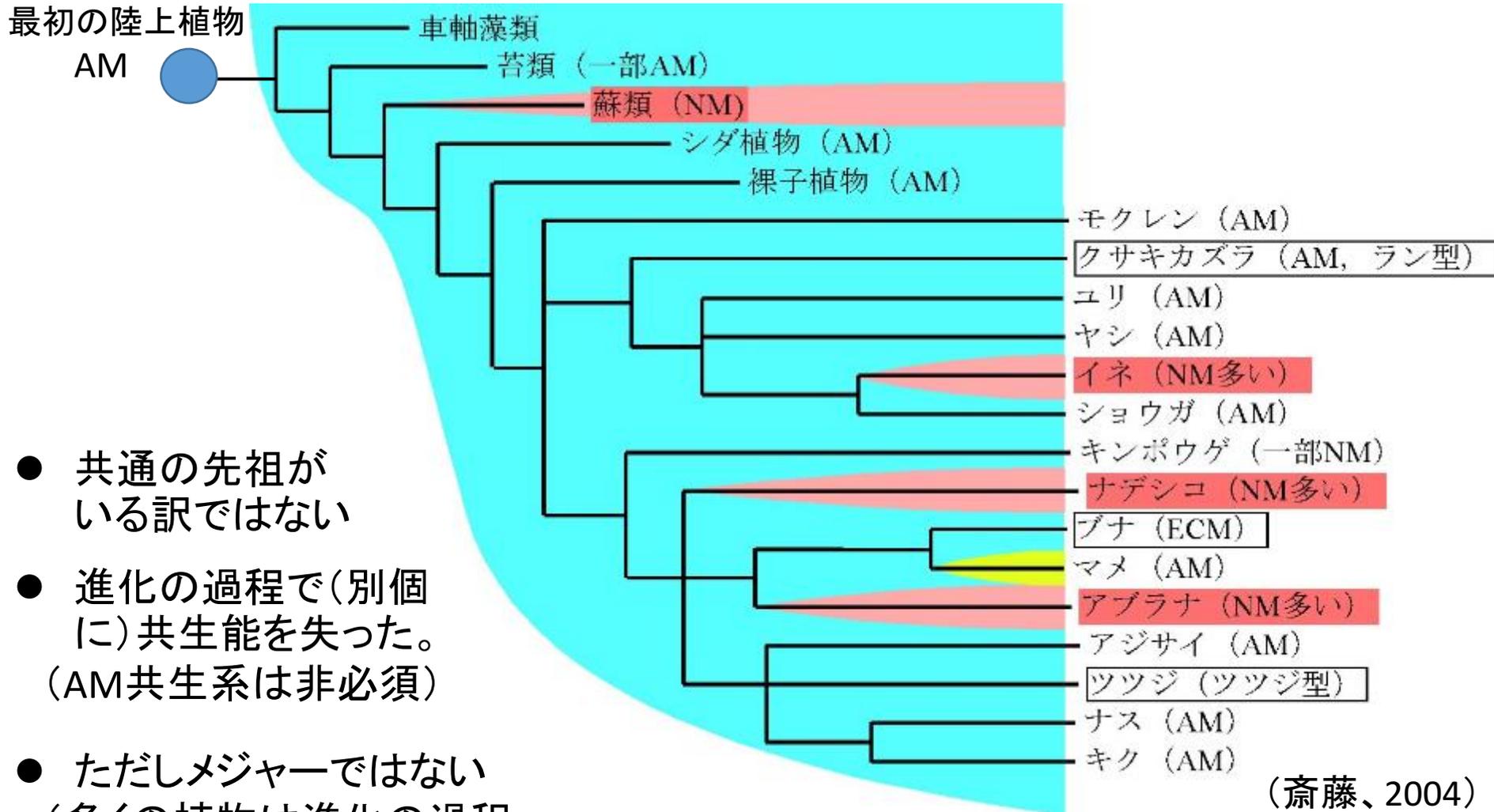
AM菌と共生しない (非宿主作物)

アブラナ科(キャベツ、大根)
ヒユ科(てん菜、ホウレンソウ)
タデ科(ソバ)

※下線付きの作物は北海道が生産第1位

なお、イネも宿主であるが水稲作ではAM菌がほとんど感染しない

菌根菌が共生しない植物



- 共通の先祖が
いる訳ではない
- 進化の過程で(別個
に)共生能を失った。
(AM共生系は非必須)
- ただしメジャーではない
(多くの植物は進化の過程
で菌根共生を維持)

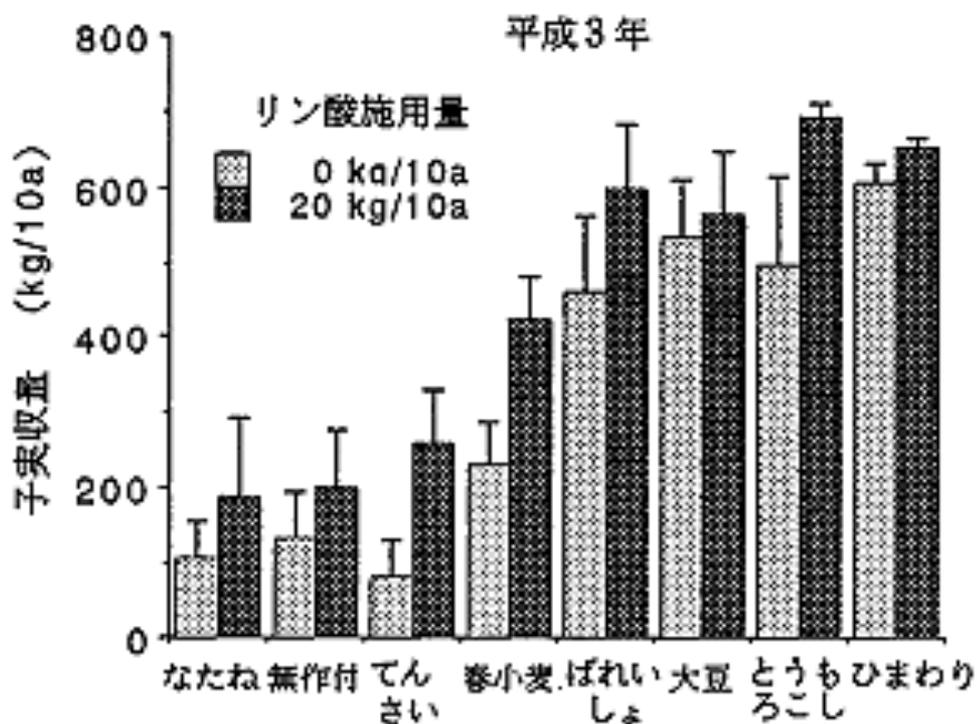
菌根共生は今も有意義

- 多くの植物の根には**アーバスキュラー菌根菌 (AM菌)**が**共生**している。太古の昔から現在までずっと。
- **AM菌**が**共生**すると、植物は水や肥料を吸いやすくなる
- **AM菌**は植物に**共生**しないと増殖できない。
- 例外的にAM菌と共生しない植物もいる



農業への応用は？

前作物の種類と 次作トウモロコシの子実収量の関係



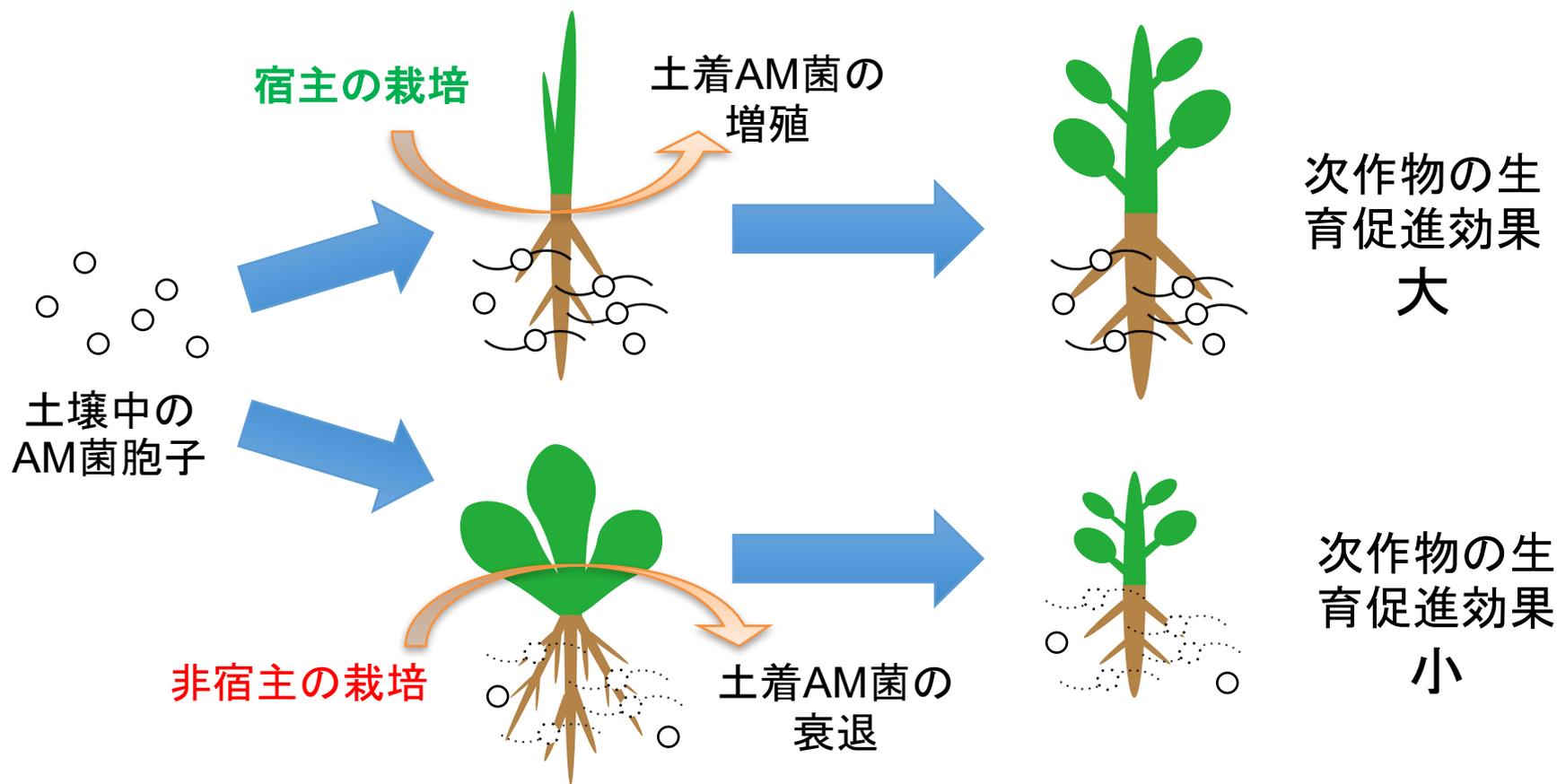
AM菌と共生できない
(非宿主)作物

AM菌と共生できる
(宿主)作物

- 宿主作物栽培跡地では、次作のトウモロコシの生育や収量が促進された。
- 宿主の跡地ではAM菌がたくさん共生しており、トウモロコシのリン酸の吸収量が大きかった。

前作効果の仕組み

- AM菌は植物に共生しないと増殖できない! (=宿主不在だと衰退してしまう)
- AM菌が共生する植物(宿主)と共生しない植物(非宿主)の跡地では、AM菌の密度が異なる → AM菌による生育促進効果の現れ方に差が出る(前作効果)



前作効果の例

非宿主作物跡地
(AM菌少ない)

宿主作物跡地
(AM菌多い)

ダイズ



バレイシヨ

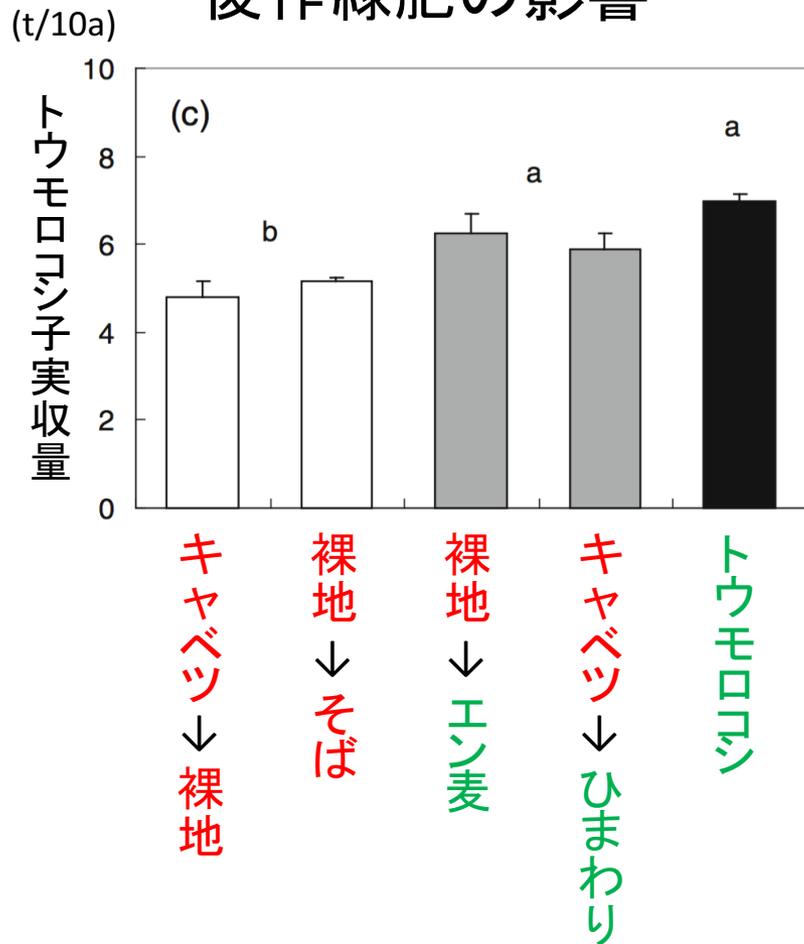


タマネギ

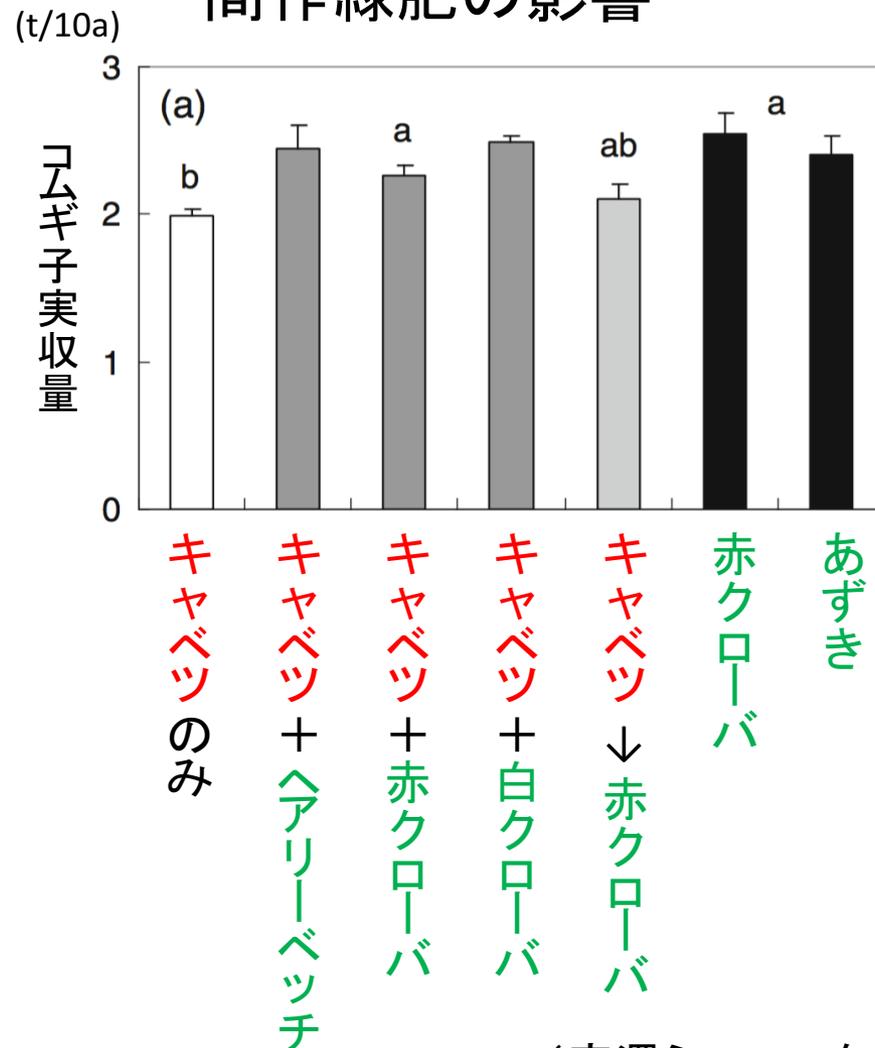


- ネギ類のように根系が小さい植物はAM菌の効果が特に現れやすい
- 土壌中のリン酸が十分ある畑ではAM菌の効果は出にくい

後作緑肥の影響



間作緑肥の影響



(緑字は宿主作物を、
赤字は非宿主作物を表す)

(唐澤ら、2011年)

飼料用トウモロコシの255品種・系統のAM菌感染率を2年にわたり調査

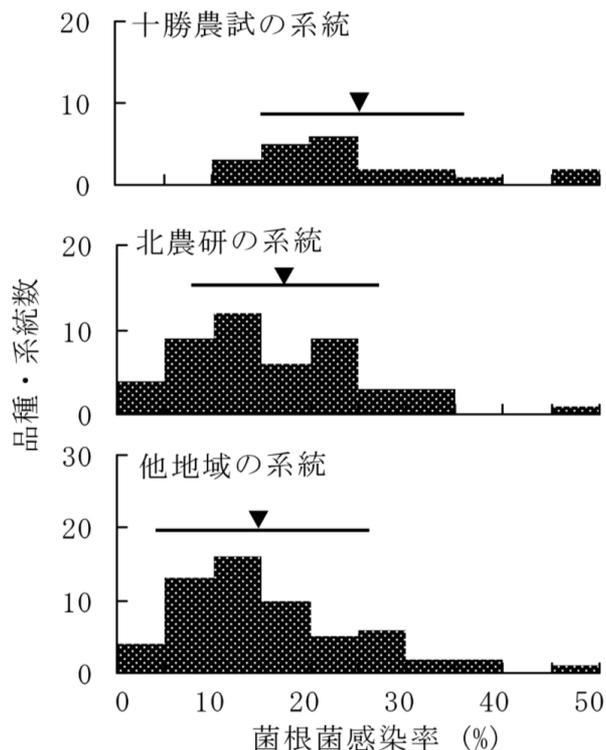


図2 自殖系統における育成地別の菌根菌感染率（2006年、播種後40日）
▼と横棒は平均値と標準偏差を示す。十勝農試の値と北農研、他地域の値は5%水準で有意に異なる。

表1 十勝農試の自殖系統における育成年代別の菌根菌感染率

育成年代	系統数	菌根菌感染率（播種後40日）	
		2006年	2007年
1960～1969	4	41.1 ^a	27.0 ^a
1970～1979	3	17.9 ^b	28.1 ^a
1980～1989	4	19.2 ^b	23.9 ^{ab}
1990～1999	11	22.1 ^b	19.4 ^b

分散分析の結果

育成年代	$P < 0.01$
系統	$P < 0.05$
栽培年	ns

異なる肩文字は、各栽培年において、5%水準で有意に異なることを示す。

- トウモロコシ自殖系統のAM菌感染率は育成地や育成年代で異なる傾向を示した。
- 近代F1品種の感染率は在来種と比べて高い値を示した(図は省略)。

AM菌宿主

(ヒマワリ、小麦、トウモロコシ、小豆、ベッチ)

非宿主

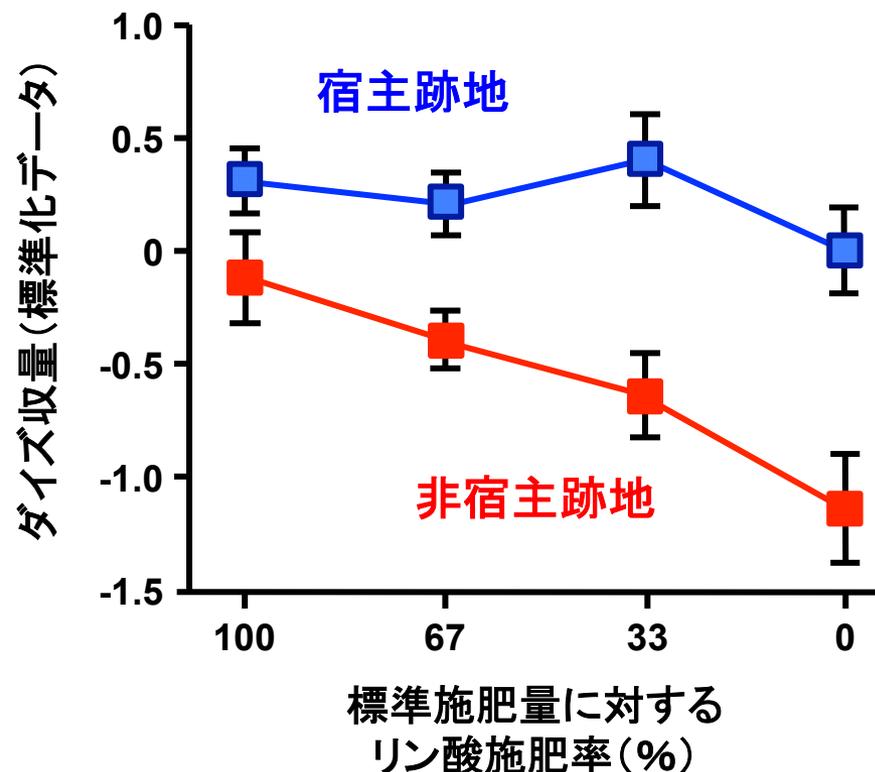
(ソバ、てん菜、ダイコン、シロカラシ、裸地)

それぞれの跡地でダイズを栽培



- AM菌感染率は非宿主跡地で30-50%程度なのに対し、宿主跡地では約50-70%
- 非宿主跡地ではリン酸施肥削減により減収するが、宿主跡地では収量が維持される

宿主・非宿主跡地のダイズ収量にリン酸施肥節減が及ぼす影響
(北農研場内での3年間の試験)



(Oka et al, 2010)

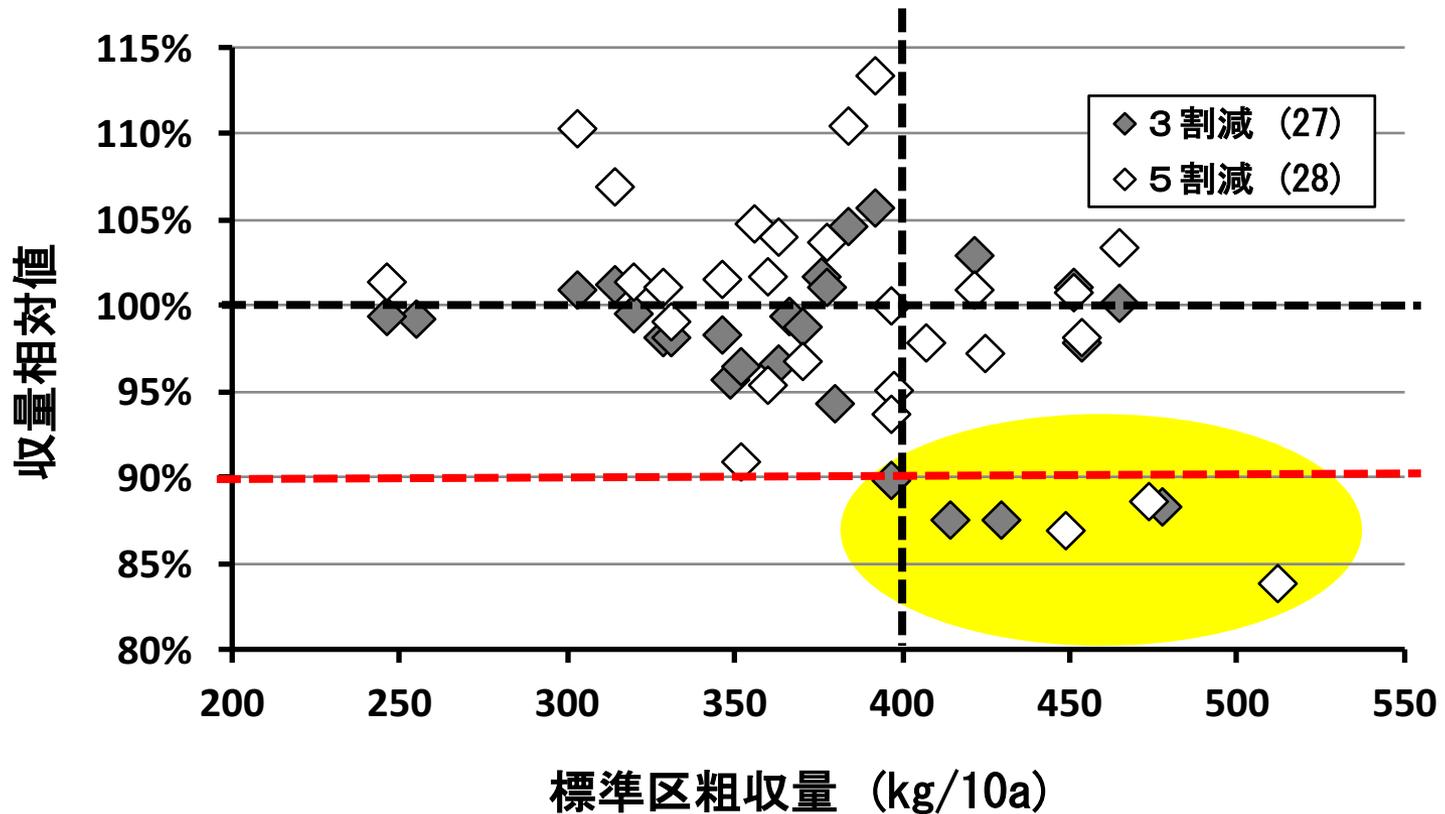
調査項目	分類	全 体		宿主作物跡		非宿主作物跡	
		感染率(%) ^{※2}	n	感染率(%)	n	感染率(%)	n
全圃場		31 *	(98)	34	(75)	22	(23)
土壌型 ^{※1}	火山性土	42 a	(29)	50	(17)	30	(12)
	泥炭土	28 ab	(22)	30	(19)	11	(3)
	低地土・台地土	26 b	(47)	28	(39)	14	(8)
トルオーグリン酸 mg/100g	10 未満	51 a	(7)	48	(6)	69	(1)
	10 以上 30 未満	30 b	(57)	33	(42)	21	(15)
	30 以上	28 ab	(34)	31	(27)	18	(7)
リン酸施肥量	標準量比7割以上	28	(77)	31	(64)	12	(13)
	同7割未満	41 *	(21)	48	(11)	34	(10)
0-30cm 平均土壌硬度	1.5MPa未満	38	(40)	43	(28)	26	(12)
	1.5MPa以上	13 *	(5)	14	(4)	5	(1)

- 生産者圃場のダイズでもAM菌感染率は宿主作物跡地で高い
- 土壌型によってAM菌感染率が異なる(効果の得られる感染レベルが異なる可能性)
- 土壌中のリン酸レベルが高くなるとAM菌感染率が低下する
- リン酸施肥量を増やすと感染率が低下する

リン酸減肥によって減収した事例

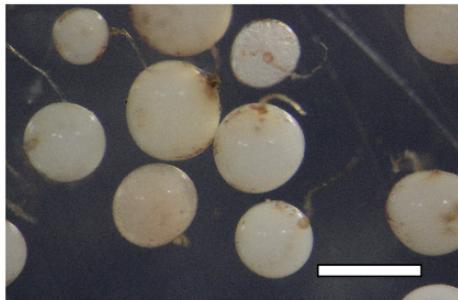
リン酸減肥で減収する事例：収量レベルが高い場合が多い

→ 宿主跡であっても多収が見込める場合は減肥を推奨しない

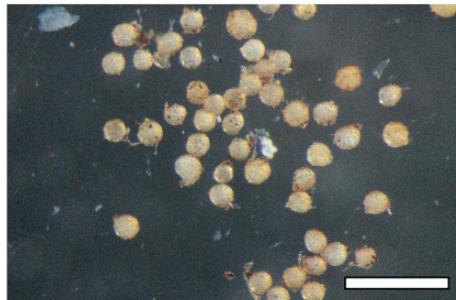


北農研におけるAM菌研究

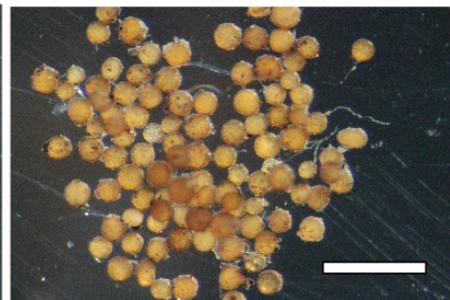
- 前作効果に基づく適正リン酸施肥技術の開発
 - 宿主跡のダイズでは従来の基準から**3割削減可能**
 - **AM菌が多い畑**では**5割削減**しても大丈夫
- AM菌感染ポテンシャルを**事前に評価**する技術の開発
 - 特定の畑でAM菌の効果をどれだけ期待できるか
- AM菌**資材の接種効果**を左右する各種要因の解明
 - AM菌資材はいつどんな場合に有効か
- AM菌株の**カルチャーコレクション**



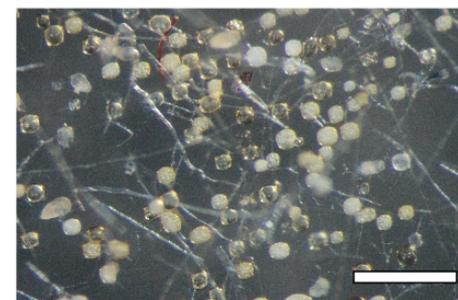
Gigaspora margarita MAFF 520054



Acaulospora longula MAFF 520060



Claroideoglomus etunicatum MAFF 520053

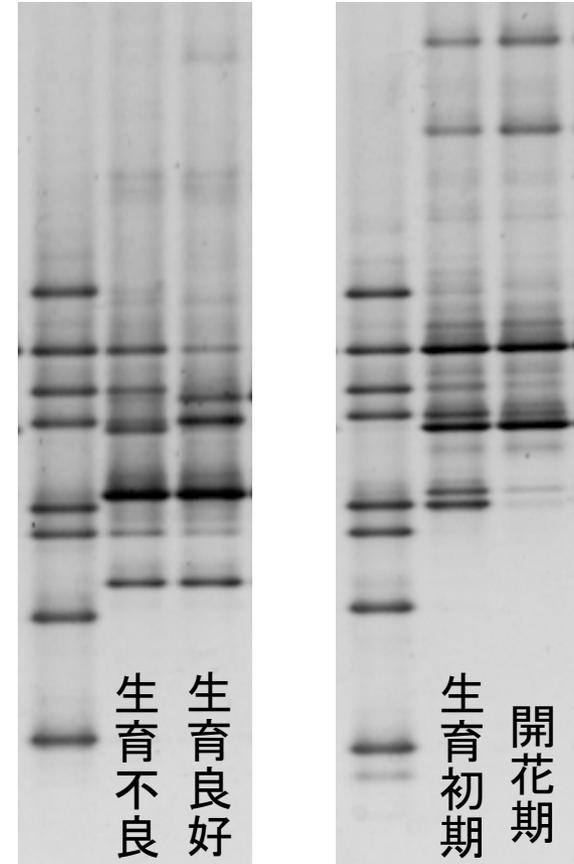


Rhizophagus irregularis DAOM197198

北農研におけるAM菌研究

- AM菌の種類の違いと機能の関連の解析
 - DNAの分析により根に共生してたり土壌に存在する菌の種類を識別する手法の開発
- AM菌の存在量や植物根への共生程度を簡便に定量する手法の開発

DGGE分析の例
列がサンプルに、バンドが異なる種類の菌根菌株に相当



(タマネギ)

(ダイズ)

AM菌資材接種の効果

▶ 接種によるAM菌の利用

AM菌(VA菌根菌)資材は「政令指定土壌改良資材」として認定されており市販もされている。

平成27年の供給量は7トン(最も多かった平成9年の1/10以下)



【タマネギの初期生育に対するAM菌の接種効果】



接種あり



接種なし

AM菌資材の現状:

- 資材が高価(純粹培養できない)
- 効果が必ずしも安定しない



(現在進行中のプロジェクト, JST-ACCEL H27-31)

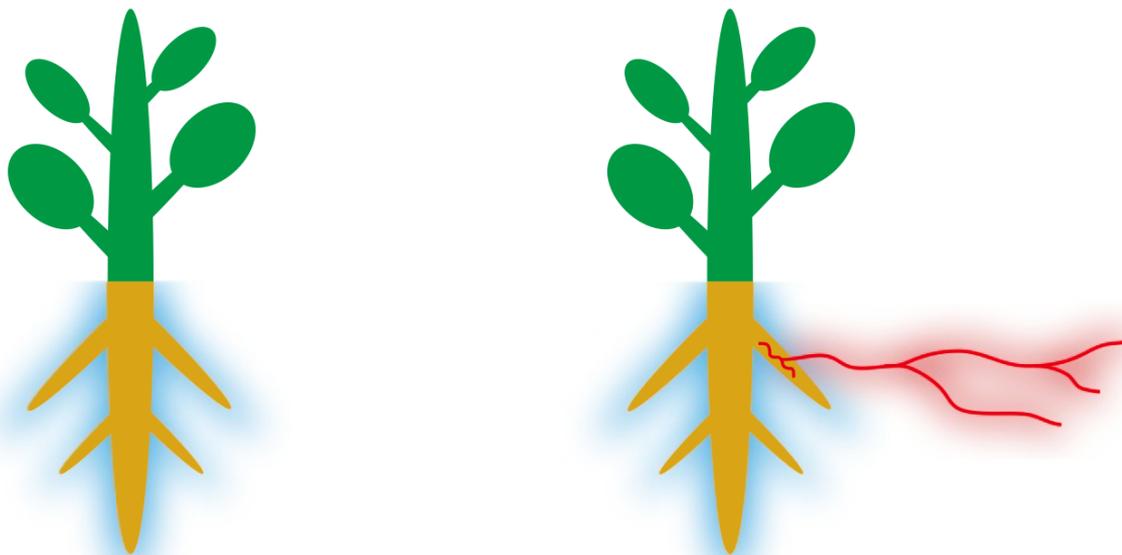
- AM菌の増殖効率を劇的に改善する技術開発
- AM菌資材の接種効果を予測・診断する手法の開発



(Post ACCELの実証研究)

- 開発した技術の適用したAM菌資材のパイロット生産
(資材メーカーと協力)
- 接種効果が期待できる畑での実証試験
(普及センターや農協との協力)
- リン酸施肥削減以外の効果の解明

「植物だって一人じゃない！」



肥料を減らせる秘密：

- × 少ない肥料で大きくなる植物
- × 吸収効率を上げた「サプリメント的」な肥料
- 自然本来の姿に着目した「健康な」植物