

機関番号：24403

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20248003

研究課題名（和文）作物による土壌蓄積リン資源の獲得戦略の多様性と施肥量削減への応用

研究課題名（英文）Understanding of acquisition strategies of the soil accumulated phosphorus by various crops for low input production technology

研究代表者

大門 弘幸 (DAIMON HIROYUKI)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号：50236783

研究成果の概要（和文）：植物のリン獲得機能の多様性に着目し、フィチンとして土壌に蓄積する有機態リンと pH によって溶解度が異なる難溶性無機態リンの吸収特性の作物間差異を明らかにし、さらにリンとともに作物生産の制御要因となる窒素を共生窒素固定で利用し得るマメ科作物についてリン利用メカニズムを解析し、あわせてリン資源の農耕地における再利用を目的に、マメ科作物を緑肥として施用した際の後作物によるリンと窒素の吸収について量的に評価した。

研究成果の概要（英文）：Under an intensive fertilization system in the arable lands, a great amount of P sources has been accumulated and fixed in the soil as an organic P (phytin) and insoluble P as Al-, Fe- and Ca-P. The potential of crop to solubilize and absorb the soil P should be defined in order to establish the sustainable crop productivity in these agricultural lands. In the present study, we showed possibility of acquisition of these P compounds in several crops such as corn, peanut and sesbania and also evaluated the P and N supply potentials of leguminous crops associated with rhizobia as green manures to the succeeding crop.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	19,400,000	5,820,000	25,220,000
2009年度	11,500,000	3,450,000	14,950,000
2010年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
年度			
年度			
総計	36,900,000	11,070,000	47,970,000

研究分野：作物学

科研費の分科・細目：農学・作物学/雑草学

キーワード：環境調和型農林水産・フィチン・有機態リン・ラッカセイ・リン肥料・窒素肥料・窒素固定・作付体系

1. 研究開始当初の背景

(1) 土壌中に蓄積したリンの20~80%は有機態として存在し、その大部分はフィチン酸と考えられている。このフィチン酸を作物に利用させることができれば、リン肥

料の節約につながるだろう。そのような意図から、植物にコウジカビ等の遺伝子を導入し、根からフィチン分解酵素（フィターゼ）を多量分泌する遺伝子改変植物が作出されてきた。しかし、この改変植物は寒天培地のよう

な in vitro 系では高いフィチン酸利用能を発揮しても、土壌のような複雑な系ではうまく機能しないことが報告されている。

(2) 土壌に施肥したリンの多くは鉄やアルミニウムあるいはカルシウムと結合して難溶態化する。このため、施肥したリンが作物に利用される割合は 10 %程度に過ぎず、大部分は植物に利用されずに土壌に蓄積しているのが実態である。土壌中に蓄積したリンの 20~80%が有機態とされ、その大部分はフィチン酸である。フィチン酸のリン酸基も、その多くは鉄やアルミニウムまたはカルシウムが結合し、より一層難溶態化した状態で存在している。

(3) 作物根圏には多様な微生物が生息しており、その中には上述のリンの可溶性能を持つものがあり、植物根によるリン吸収と相互に関連をもって植物体のリン含有量を変化させていると考えられる。

(4) リン吸収に優れる植物や根圏微生物を利用して農耕地におけるリンのリサイクルを行う一つの方法として緑肥利用があげられる。緑肥利用される植物とその根圏微生物によるフィチン酸や難溶性無機リンの吸収機序を解析し、実際にすき込み利用によってどの程度のリンの再利用が可能であるかを評価することは、限られたリン資源を効率的に利用した低投入型の作物生産技術の開発にとって基盤となる知見を提供することになる。

2. 研究の目的

(1) 土壌中で作物にフィチン酸を利用させるのが困難となる原因を探るために、水耕および土耕条件下で作物にフィチン酸を供与し、その利用能を比較した。また、水耕条件下で植物根がフィチン酸を直接取り込む可能性にも着目することとした。

(2) フィチン酸と結合する随伴カチオン (Al、Ca、Fe) の違いが植物のリン吸収能に与える影響を調査した。供試植物としてフィチン酸利用能が高いと報告されているラッカセイ、そしてパイオニア植物であり栄養の乏しい土壌でも生育するススキ、さらにこれらの植物種の対照としてトウモロコシを用いた。

(3) フィチン酸施肥に対する作物の根の形態的反応を明らかにすることを試みた。作物の根がフィチン酸をリン肥料として利用しているのであれば、作物の生育と根の形態が培地へのフィチン酸施肥に反応して変化することが予想される。そこでトウモロコシとラッカセイを用いて、無機リン肥料による施肥と対比することで、作物のフィチン酸利用を推測する一助とすることとした。

(4) 農耕地土壌から単離した根圏微生物

のリン溶解能を明らかにするために、低肥沃土圃場（新規造成農地初年目）における数種土壌細菌によるフィチンと鉄態および Ca 態リンの溶解活性を評価した。

(5) 緑肥として利用されるマメ科作物のセスバニアと収穫残渣が多くの緑葉を有することから茎葉部の緑肥利用の可能性があるラッカセイについて、すき込み資材の特性を明らかにし、あわせてすき込み後の後作物へのリンと窒素の貢献度を明らかにすべくコムギを用いて圃場試験で評価した。

(6) 緑肥施用した際の土壌中のフィチンの無機化の程度を明らかにし、緑肥施用が有機態リンの可溶化に及ぼす影響をインキュベート試験によって解析した。

3. 研究の方法

(1) ラッカセイ、トウモロコシ、ダイズを供試して以下の試験を行った。

①水耕栽培試験：36L コンテナに Hoagland 溶液 (1/5 濃度) を満たし、リン酸源としてリン酸二水素ナトリウム 1/5mM (+P 区)、フィチン酸 1/30mM (+Phy 区)、無リン区 (-P 区) を設け、それぞれに予め育苗した苗を移植した。3 日に一度水耕液を交換し、移植後 15 日目、30 日目、45 日目にサンプリングを行った。

②土耕栽培：1/10000a ワグナーポットに鹿沼土を詰め、リン酸源としてリン酸二水素ナトリウム (+P 区) あるいはフィチン酸ナトリウム (+Phy 区) をそれぞれ高濃度 (P として 600mg/pot)、中濃度 (P として 150mg/pot)、低濃度 (P として 37.5mg/pot) で与え、リンを加えない処理区 (-P 区) も設けた。生育期間中は 3 日に一度灌水し、播種後 23 日目にカリウムと窒素の追肥を行った。トウモロコシは播種後 40 日目、ラッカセイとダイズは播種後 60 日目にサンプリングを行った。

③酵素活性：50mL チューブに土壌サンプル (鹿沼土、矢作砂、鹿沼土と矢作砂を 1:1 の割合で混ぜた混合土壌) 1g と酵素液 20mL を加え、振とうした。経時的 (5 分、10 分、15 分、30 分、60 分) に採取した懸濁液を遠心分離し、上清を回収した。その上清に、フィチン酸水溶液を加え、37°C で 60 分反応させた後、遠心分離して上清を採取した。得られた上清のリン酸イオン濃度を測定し、反応前後でのリン酸イオン濃度の差から酵素活性を算出した。

(2) 1/10000a ワグナーポットに鹿沼土を 600g 充填し、元肥として硫安と塩化カリウム、さらに 3 種のカチオン (Ca・Al・Fe) と 2 種のリン酸 (無機リン酸 (P)・フィチン酸 (Phy)) を組み合わせた 6 種のリン酸源 (Ca-P、Al-P、Fe-P、Ca-Phy、Al-Phy、Fe-Phy) を与えた。リン酸二水素ナトリウム (Na-P) およびリン

酸無施肥 (No-P) 区も用意した。これらのポットにラッカセイとススキおよび対照としてトウモロコシを生育させた。

(3) バーミキュライトを充填したグロースポーチと根箱に、トウモロコシとラッカセイを播種した。グロースポーチ試験では、成分量で 0.2g ずつの窒素・カリウムの単肥のほかに、リン肥料無し (リン欠乏区)、成分量 0.2g 相当の過リン酸石灰を施肥 (化肥リン区)、フィチン酸カルシウム粉末 2g を施肥 (フィチン酸区) の 3 処理区を設けて 1 週間栽培し、各ポーチから平均的な 1 個体を選んで測定した。根箱試験では、深さ 15cm までバーミキュライトを充填し、深さ 2cm に播種した。肥料は、成分量で 0.2g ずつの窒素・カリウムの単肥のほかに、リンの部分的施肥を行った。すなわち、バーミキュライトを深さ別に 5cm ずつの 3 層に分けて、上層と下層にはリンを与えず、中央層にのみ、リン肥料無し (リン欠乏区)、成分量 0.2g 相当の過リン酸石灰を施肥 (化肥リン区)、フィチン酸カルシウム粉末 2g を施肥 (フィチン酸区) の 3 処理区を設けた。12 日間栽培し、各根箱から平均的な 1 個体を採取して、草丈、地上部乾物重、最長根長、総根長、根乾物重を測定した。総根長は、イメージスキャナによる根系画像を画像解析して求めた。また、フィチン酸が分解されずにそのまま吸収された可能性を検討するために、根系をトルイジンブルー O 液で染色して確認した。

(4) 緑肥栽培土壌と新規造成農地から定法によって根粒菌を含む土壌細菌を単離し、フィチン酸ナトリウム、リン酸三カルシウム、リン酸第二鉄をそれぞれリン源として加えた培地で一定期間培養し、溶解したリン酸濃度をモリブデン青法によって測定した。なお、単離した菌株は、16SrRNA 領域についてコロニー PCR を行い、得られた PCR 産物を精製した後、DNA シークエンサーによって塩基配列を決定し、BLAST プログラムによって属の同定を行った。

(5) ラッカセイおよび *Sesbania rostrata* を大阪府堺市の灰色低地土圃場でそれぞれ栽培した。ラッカセイについては莢を収穫後の茎葉部を、また *S. rostrata* については開花前および開花盛期の地上部をそれぞれ細断してすき込んだ。後作としていずれの試験でもコムギを栽培し、収量およびリンと窒素の吸収について評価した。なお、試験は 2 年間にわたり行った。

(6) フィチン酸を添加した水田転換畑土壌 (灰色低地土: 転換 3 年目) を試験管に充填し、*S. rostrata* のすき込み期の茎葉別の乾燥粉末を異なる茎葉比で混和した。25°C で 30 日間インキュベートして土壌の無機態リン含有率を経時的に調査した。

4. 研究成果

(1) 水耕栽培においては、どの植物種も概ね類似した応答を示した。すなわち、-P 区の生育は貧弱であったが、+Phy 区は -P 区を上回る生育とリン吸収量を示した (図 1)。この結果は、水耕条件においてはいずれの植物種もリン酸源としてフィチン酸を利用したことを示している。実際に交換直後の水耕液中のリン酸イオン濃度を測定したところ、+Phy 区においても +P 区と同程度のリン酸イオンが検出された。これに対し、植物根の存在しない条件では +Phy 区の水耕液中の濃度は低いままであった。この結果は、植物根あるいはそれに付随する微生物によって水耕液のフィチン酸が速やかに分解されたことを示唆している。したがって、植物がフィチン酸を直接吸収したというよりも、根外で分解・遊離したリン酸イオンを吸収した可能性が高いことがわかった。



図 1 水耕条件で 45 日間生育させたトウモロコシ。左から +Phy 区、-P 区、+P 区。

土耕栽培では水耕とは異なった。すなわち、トウモロコシとダイズでは、供与濃度の上昇に応じて +P 区の生育量は増加したが、+Phy 区の生育量は -P 区と同程度に低かった。この結果は、両植物種が土耕条件ではフィチン酸を利用できないことを示唆している。一方、ラッカセイの生育量は -P 区においても比較的高く、リン酸源や濃度の違いに対する応答が明確ではなかった。さらに、ラッカセイはリン酸源を与えていない -P 区においても地上部のリン含量が種子のリン含量より高かった。すなわち、ラッカセイは、トウモロコシやダイズが利用できない鹿沼土に含まれたリンを利用した可能性がある。

水耕条件ではリン酸源として容易に利用されるフィチン酸が土耕条件では利用されにくい原因を探るため、フィターゼ酵素液に砂または鹿沼土を添加した後の酵素活性の経時変化を調査した。酵素液に砂を加えた場合 60 分後でも酵素活性は維持されていたのに対し、鹿沼土を加えた 60 分後の酵素活性は当初の半分近くまで低下した (図 2)。こ

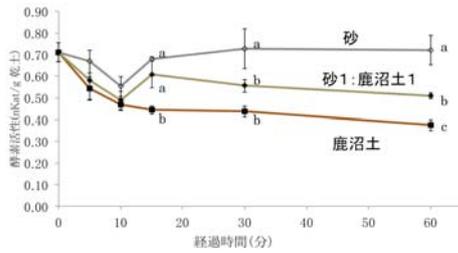


図2 添加した砂および鹿沼土がフィターゼ活性に与える影響.

の結果は鹿沼土に含まれる粘土がフィターゼ活性を阻害することを示している。

以上の結果から、供試した植物種のいずれも水耕条件ではフィチン酸を容易に利用することが明らかとなった。しかし、土壌を介してフィチン酸を供与した場合には、トウモロコシやダイズはほとんど利用できず、その原因として土壌粒子に酵素が吸着してフィチン酸の分解を阻害すると推察された。なお、トウモロコシとダイズとは異なる応答を見せたラッカセイについては、さらなる検証が必要である。

(2) 用いたリン酸源の溶解度は、Na-P > Ca-P >> Ca-Phy > Al-P > Fe-P > Fe-Phy > Al-Phy の順であった。いずれの随伴カチオンであっても、無機態リンに比べて有機態リンの溶解度は有意に低かった。このような溶解度の差異はポット試験の植物生育量の結果を概ね反映し、同じカチオンと結合したものであっても有機態リンの利用能は低かった。ただし、溶解度の違いだけでは応答反応を説明できなかった。例えば、3種共通して溶解度の最も高いNa-P区よりも2番目のCa-P区の乾物重が高くなった。鹿沼土にはカルシウムが不足していたのかもしれない。Al-P区とFe-P区の乾物重に関しては溶解度と逆の結果を示した。アルミニウムは植物にとって有害な元素であるが、鉄は必須元素である。これらの結果は、難溶性リンの利用能が溶解度のみで規定されるのではなく、随伴カチオンが植物に有益かどうかによっても異なる可能性を示唆している。3種に共通して、溶解度の高いNa-P・Ca-Pの2区は、溶解度の低いCa-Phy・Fe-P・No-P・Al-P・Al-Phy・Fe-Phyの6区に比べてリン吸収能は明らかに高かった。後者6区のような溶解度5%以下の難溶性リンを吸収する際、土壌に接する根の表面積を増加させることの重要性が示された。すなわち、根の表面積と地上部リン含量の間の回帰直線の決定係数は、トウモロコシで $R^2=0.95$ 、ラッカセイで $R^2=0.66$ 、ススキで $R^2=0.89$ であった。

(3) グロースポーチでフィチン酸を全層

施肥した場合には、トウモロコシ、ラッカセイともに、リン欠乏区に比べて地上部と根の生育が良く(表1)、化肥リン区と同等の生育を示した。部分的に施肥した場合には、リン欠乏区に比べて必ずしも生育は良くなかったが、リン欠乏区では根が培地の深層で良く発達したのに対して、フィチン酸区では化肥リン区と同様にフィチン酸を施肥した中央層で根長が、増加(トウモロコシ)あるいは根長全体に占める割合が高かった(ラッカセイ)。このように、生育や根の形態への影響をみると、フィチン酸も無機リン肥料と同様にトウモロコシとラッカセイ幼植物に作用しており、リン肥料として利用された可能性が高い。根系の一部に窒素やリンを施肥すると、その部分で側根の発達が促され、局所的に根長が増大するが、フィチン酸でも同様の反応を示したことは、その部分でフィチン酸がリン源として吸収されたことを示唆している。ただし、トルインジンプルーOによる染色では、両種の根がフィチン酸をそのまま吸収した証拠は得られなかった。根がフィチン酸を分解して無機態で取り込んでいる可能性は否めない。なお、過リン酸石灰とフィチン酸カルシウムは、それぞれカルシウムを含んでおり、カルシウムの影響がなかったかについてさらに確認する必要がある。

表1. グロースポーチで全層施肥したリンの影響.

	草丈 cm	地上部 乾物重 mg	最長 根長 cm#	総根長 cm	根乾 物重 mg
トウモロコシ					
リン欠乏	7 a	336 a	20 b	313 a	133 a
化肥リン	13 b	442 b	17 a	311 a	171 b
フィチン	13 b	512 b	20 b	359 b	198 b
ラッカセイ					
リン欠乏	3 a	733 a	6 a	22 a	48 a
化肥リン	5 b	788 a	9 b	72 b	105 b
フィチン	4 b	761 a	9 b	80 b	90 b

#最長根長は、トウモロコシの初生種子根とラッカセイの主根の長さを示す。

各作物の処理区間でアルファベットが同じものは、5%水準で有意な差がないことを示す。

(4) 根粒菌では、フィチン溶解能はみられなかったが、難溶性無機リンについては溶解能をもつことが確認された。*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*の3属間の比較では、リン酸三カルシウムの溶解は全ての属で確認され、リン酸第二鉄については*Rhizobium*属菌にのみ溶解活性がみられた。*Rhizobium*属内で比較したところ、セスパニアおよびルーピン由来の根粒菌で高い溶解活性が確認された。フィチンの溶解に関しては、根粒菌以外の根圏微生物である*Burkholderia*属菌、*Bacillus*属菌および

Acinetobacter 属菌に溶解能があることが示された(図3)。得られたフィチン溶解菌の接種が作物の生育とリン吸収に及ぼす影響を明らかにしたいと考えている。



図3 フィチン溶解菌選抜培地で培養した際のフィチン溶解能をもつ菌株によるクリアゾーンの形成。

(5) *S. rostrata* の特徴である茎粒の形成は、8月下旬に顕著に認められ、葉色もこの頃から著しく濃くなり始めた。すき込み時の地上部乾物重は 1.7 kg/m^2 と高い値であったが、生育後期であったため葉茎比は0.3と茎の占める割合が高かった。分解の律速要因となるC/N比は葉では11と低く、茎では62と著しく高かった。後作コムギの生育は初期から地上部と地下部の両方をすき込んだ区(T+R区)で最も優り、その傾向は葉色値と分けつ数で顕著であった。子実収量もT+R区で最も優り、無施肥にも関わらず 471 g/m^2 の収量が得られた。吸収したP量は 2.54 g/m^2 、N量は 4.03 g/m^2 、と比較的多く、*S. rostrata* を生育後期まで生育させてすき込んだ場合の高い養分供給能力が示された。コムギの全リンと全窒素含有量については、前作休閑地に地上部をすき込んだ区(T区)とすき込まない区(C区)との差異が、それぞれ 0.57 g/m^2 と 0.98 g/m^2 であった。一方、T+R区と地下部のみをすき込んだ区(R区)との差異は、リンで 0.86 g/m^2 、窒素で 1.0 g/m^2 であり、窒素では休閑区における値とほぼ同様となり、この量が地上部の供給量として試算された。そこで、地下部のみをすき込んだR区の値からC区の値を差し引いた値を地下部由来の窒素量と想定すると 0.67 g/m^2 となり、地下部の窒素供給量は地上部の約67%に相当することが示され、地下部のもつ窒素供給能力の高さが示唆された。同様にリンについて試算すると供給量は 0.25 g/m^2 となり、地上部の約29%の供給量であることが示された。すき込み量を異にしたポット試験を後作にコマツナを供試して行ったところ、緑肥作物の生育段階によってすき込み量による後作への貢献度が異なることが示された。

ラッカセイの収穫残渣のすき込みの効

果については、ラッカセイへの窒素施肥量によって異なることを予想したが、 2.5 g N/m^2 施肥区と 20 g N/m^2 施肥区との間で後作コムギのリンおよび窒素の吸収量には明確な差異は認められなかった。



図4 *S. rostrata* をすき込んで栽培したコムギの分けつ期(2/18)の生育の様相。

左: 対照区 右: T+R区

(6) フィチンを添加した土壌の無機態リン含有率は培養30日目においても全リン含有率に比較して著しく低く、緑肥をすき込んでもフィチンからのリンの無機化は速やかには生じなかった。しかし、その値はフィチンを添加しなかった場合よりも明らかに高く、その程度は葉よりも茎の混和区で顕著であり、C/P比の高い茎のすき込みが有機態リンの無機化を誘導し易い可能性が示唆された。その機序は今後の検討課題であるが、これまでにない知見であることから興味もたれるところである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計7件)

- ① 矢野勝也、土壌不均一系における水・溶質移動と植物根との相互作用、雑草研究、査読有、56巻、1号、2011、19-23.
- ② Sekiya, N., Yano, K., Applying hydraulic lift in an agroecosystem: forage plants with shoots removed supply water to neighboring vegetable crops, *Plant and Soil*, 査読有 Vol. 341, No.1-2, 2011, 39-50.
- ③ Sekiya, N., Yano, K., Seed P-enrichment as an effective P supply to wheat, *Plant and Soil*, 査読有, Vol. 327, No.1-2, 2010, 347-354.
- ④ 大門弘幸、緑肥特集を組むにあたって、農業および園芸、査読無、85巻、1号、2010、135.
- ⑤ 松村篤、大門弘幸、果樹園芸生産における緑肥利用と草生管理、農業および園芸、査読無、85巻、1号、2010、161-168.
- ⑥ 矢野勝也、緑肥作物の導入と農耕地におけるリンの再利用、農業および園芸、査読無、85巻、1号、2010、198-204.
- ⑦ Sekiya, N., Yano, K., Stomatal density of cowpea correlates carbon isotope discrimination in different phosphorus, water and CO₂ environments, *New Phytologist*, 査読有, Vol. 179, No. 3, 2008, 799-807.

〔学会発表〕(計 18 件)

- ① 服部林太郎、松村篤、大門弘幸、水田 転換畑ダイズにおける生育初期の過剰水分が菌根菌感染率と菌根菌バイオマスに及ぼす影響、第 231 回日本作物学会講演会、厚木市、2011 年 3 月 31 日
- ② 佐伯聡一、松村篤、大門弘幸、セスバニア属植物のリン吸収に着目した水田転換畑の地力増強効果、第 33 回根研究集会、姫路市、2010 年 11 月 14 日
- ③ 服部林太郎、松村篤、大門弘幸、水田転換畑ダイズにおける生育初期の過剰水分が生育と菌根菌感染率および土壌中の菌根菌バイオマスに及ぼす影響、第 33 回根研究集会、姫路市、2010 年 11 月 14 日
- ④ 山脇賢治、松村篤、服部林太郎、M. A. ホサイン、大門弘幸、沖縄本島のウコン圃場におけるアーバスキュラー菌根菌の調査、第 33 回根研究集会、姫路市、2010 年 11 月 14 日
- ⑤ 山田奈央子、山脇賢治、佐伯聡一、樽井新、松村篤、大門弘幸、緑肥すき込み後の作物生育阻害におけるアーバスキュラー菌根菌による緩和、第 33 回根研究集会、姫路市、2010 年 11 月 14 日
- ⑥ 松村篤、佐伯聡一、大門弘幸、異なるリン源が *Sesbania cannabina* の生育ならびに根粒形成に及ぼす影響、第 33 回根研究集会、姫路市、2010 年 11 月 14 日
- ⑦ 佐伯聡一、松村篤、大門弘幸、緑肥としてすき込んだ *Sesbania rostrata* がコムギの養分吸収に及ぼす影響、第 230 回日本作物学会講演会、札幌市、2010 年 9 月 3 日
- ⑧ 矢野勝也、作物の窒素栄養に対する菌根共生系の関与、日本雑草学会第 25 回シンポジウム・東北農作シンポジウム、福島市、2010 年 8 月 20 日
- ⑨ 松村篤、山脇賢治、佐伯聡一、大門弘幸、マメ科根圏微生物の難溶性無機リンおよびフィチンの溶解能、第 32 回根研究集会、つくば市、2010 年 4 月 21 日
- ⑩ 小森二葉、松村篤、大橋善之、大門弘幸、アズキの初期生育に及ぼす菌根菌 *Glomus aggregatum* の影響 - 接種による耐湿性向上の可能性 -、第 31 回根研究集会、秋田市、2009 年 11 月 21 日
- ⑪ 大西淳志、矢野勝也、植物のフィチン利用能：水耕および土耕での比較、第 31 回根研究集会、秋田市、2009 年 11 月 21 日
- ⑫ 関谷信人、古川秀隆、荒木英樹、矢野勝也、圃場条件下で検証した深根性植物根系の灌漑機能、第 31 回根研究集会、秋田市、2009 年 11 月 21 日
- ⑬ 矢野勝也、関谷信人、リンを富化したコムギ種子はリン施肥量の削減に有効である、第 228 回日本作物学会講演会、静岡市、2009 年 9 月 30 日
- ⑭ 岸脇万実、福田健一、山脇賢治、矢野勝也、阿部淳、大門弘幸、灰色低地土におけるラッカセイの収量および窒素とリンの吸収、第 227 回日本作物学会講演会、つくば市、2009 年 3 月 27 日
- ⑮ 大門弘幸、水田宏美、竹井育恵、Choi Bongsu、低温条件下におけるヘアリーベッチの生育と根粒形成、第 29 回根研究集会、銚子市、2008 年 11 月 7 日
- ⑯ Daimon, H.、Choi, B.、Root nodule formation of hairy vetch as a green manure crop sown under low temperature condition、Jeju, Korea、2008 年 4 月 16 日
- ⑰ Sekiya, N.、Araki, H.、Yano, K.、Using plant roots as an irrigation system、5th International Crop Science Congress、Jeju, Korea、2008 年 4 月 13 日
- ⑱ Takasoh, W.、Yano, K.、2-D mapping and image analysis of phosphatase activity in the rhizosphere、5th International Crop Science Congress、Jeju, Korea、2008 年 4 月 13 日

〔図書〕(計 3 件)

- ① 大門弘幸、農山漁村文化協会、作物学用語事典：窒素固定・窒素代謝、2010、176、178
- ② 矢野勝也、農山漁村文化協会、作物学用語事典：根（マメ科）、2010、110
- ③ 矢野勝也、培風館、新しい植物科学：環境と食と農業の基礎・20 章 栄養分と肥料、2010、225

〔その他〕 ホームページアドレス

<http://www.plant.osakafu-u.ac.jp/~daimon/HOME.html>

<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~sakumotu/yano/index.html>

<http://papilio.ab.a.u-tokyo.ac.jp/cem/abe/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大門 弘幸 (DAIMON HIROYUKI)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号：50236783

(2) 研究分担者

矢野 勝也 (YANO KATSUYA)

名古屋大学・生命農学研究科・准教授

研究者番号：00283424

阿部 淳 (ABE JUN)

東京大学・農学生命科学研究科・助教

研究者番号：60221727