

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380193

研究課題名(和文)作物種子のリン富化技術

研究課題名(英文) Exploring appropriate conditions to enrich crop seeds with phosphorus

研究代表者

矢野 勝也 (Katsuya, Yano)

名古屋大学・生命農学研究科・准教授

研究者番号：00283424

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,500,000円、(間接経費) 4,650,000円

研究成果の概要(和文)：リン酸溶液に種子を浸漬してリン富化種子の作成を試みた。種・品種またpHでも異なるが、アンモニウム塩よりもカリウム・ナトリウム塩でのリン酸溶液で発芽阻害が起きにくかった。コムギでは、0.2～0.8MのNaH₂PO₄またはKH₂PO₄溶液で24時間浸漬する条件が良好であった。オオムギは1.2Mのリン酸溶液に浸漬しても発芽は阻害されず、NH₄H₂PO₄も有望と思われた。ダイズでは浸漬後の再乾燥処理で発芽率が低下しやすく、0.2MのKH₂PO₄浸漬後、再乾燥時間を抑制するのが望ましい結果となった。このように処理したダイズ種子を用いて土耕栽培したところ、対照区の約1/3までリン施肥量を削減できた。

研究成果の概要(英文)：We explored better conditions to make seeds enriched with P by soaking in several phosphate solutions. Depending on the species or cultivars and pH of the solutions, in general, potassium and sodium salts showed good germinations than ammonium salts. In wheat, good germinations were obtained by soaking the seeds for 24 h in 0.2-0.8 M NaH₂PO₄ and KH₂PO₄. Barley showed no inhibition of the germination even in 1.2 M phosphate solutions of not only sodium and potassium salts but also ammonium one. As for soybean, drying process after soaking in phosphate solutions considerably inhibited the germination, hence it would be desirable to shorten the period of drying process as possible. Based on this, soybean seeds enriched with P were produced and the growth performance was examined in soil, resulting in one-third input of P fertilizer to the equivalent growth of control plants.

研究分野：境界農学

科研費の分科・細目：環境農学

キーワード：リン 種子 種苗 プライミング C02

1. 研究開始当初の背景

土壌にリン肥料を与えても、施肥したリンのうち農作物に利用されるのはわずか 10% 程度に過ぎない。その大部分は Al・Fe と速やかに結合し、水にほとんど溶けない難溶性リンとなっている。土壌中におけるリン酸イオンの移動速度は極めて低く（湿潤土壌で 0.03mm/日）根からわずか数 mm 離れたリンであっても吸収困難となっている。したがって、植物のリン獲得能は根と土壌の接触面積や根の容積に強く依存する。しかし、どんなに発達した根系であっても土壌容積に占める割合はわずか数%程度で、根毛や菌根菌を考慮しても 10% を超えることはない。上述した低い利用効率はこの事実を反映している。

これまでに申請者は作物のリン獲得能を向上させるために、菌根共生系に関する研究や局所施肥に関する研究に取り組んできた。これらに共通する点は、土壌中におけるリンと根の接触面積を増大させるアプローチである。それとは異なる新しいアプローチを申請者は次のように構想した。

リンが土壌中で不溶化するの著しく困難で避けがたい。ならば、土壌を介することなく農作物に直接リンを供給できないだろうか。Watanabe et al (2005) は、幼植物の根に高濃度のリン酸溶液を吸収させることで圃場でのリン施肥量を抑制させた。しかし、この方法は移植を前提としており、移植を前提としない穀類には適さない。では、作物種子に多量のリンを吸収させることはできないだろうか。

この発想から、高濃度のリン溶液を吸収させたコムギ種子（リン富化種子）を作成し、リン施肥量の削減にどれだけ有効なのかを調べた。その結果、生産性を損なうことなく、大幅な削減が可能となる結果を得た (Sekiya & Yano 2010)。

2. 研究の目的

コムギで成功した技術をさらに発展させるために、富化種子作成条件を比較・調査し、乾燥・貯蔵後の富化種子の問題の有無も踏まえて最適な条件を明らかにする。さらに、オオムギ・ダイズに対しても本技術の適用範囲拡大を追求する。

3. 研究の方法

以下の表の 6 種のリン酸塩を用いてリン酸溶液を作製した。これら 6 種は全て 1 分子中に 1 個のリンを等しく含むが、随伴カチオンの元素と数が異なるリン酸塩である。それぞれのリン酸溶液の液性は、随伴カチオン数が 1 つのリン酸塩は酸性で、随伴カチオン数が 2 つのリン酸塩はアルカリ性であった。

リン酸塩		リン酸溶液の液性 (0.2M-0.6M の pH)
Na 塩	NaH ₂ PO ₄	酸性 (pH=4.2-4.3)
	Na ₂ HPO ₄	アルカリ性 (pH=9.2-9.3)
K 塩	KH ₂ PO ₄	酸性 (pH=4.1-4.3)
	K ₂ HPO ₄	アルカリ性 (pH=9.2-9.3)
NH ₄ 塩	NH ₄ H ₂ PO ₄	酸性 (pH=4.0-4.1)
	(NH ₄) ₂ HPO ₄	アルカリ性 (pH=8.2-8.3)

リン酸溶液の濃度はそれぞれのリン酸塩ごとに 0.2M, 0.4M, 0.6M の 3 段階を設けた。比較対照のために、0M のリン酸溶液として蒸留水に浸漬する処理区や浸漬処理をしない無処理区を設けて、リン酸溶液での浸漬処理や浸漬処理という行為自体の影響を調べることにした。したがってリン酸塩 6 種 × 濃度 3 段階の 18 処理区に 0M 区・無処理区を加えた合計 20 処理区とし、いずれも反復回数は 3 設けた。

コムギ (*Triticum aestivum* L. 品種：ニシノカオリ、イワイノダイチ、タマイズミ)、オオムギ (*Hordeum vulgare* L. 品種：シュンライ)、を供試した。100ml ビーカーにコムギ、オオムギの種子をそれぞれ約 30 粒ずつ取り、各ビーカーにリン酸溶液をそれぞれ 100ml ずつ注いで種子が完全に浸るようにした。各ビーカーはアルミホイルで蓋をし、クーリングキュベーター内に静置した。浸漬温度は 20℃ に維持し、浸漬時間は 24 時間とした。浸漬終了後、それぞれの種子をリン酸溶液から茶こしで取り出し、水気を十分に切った。そしてペーパータオル上で種子表面のリン酸溶液を軽く拭き取った後すぐに 0.8% (w/v) 寒天培地 20ml の入った蓋付円形シャーレ (半径 4.5cm × 高さ 1.5cm) へ播種した。このとき同時に浸漬処理をしない無処理区の種子も播種した。発芽率の測定は播種した日を 0 日目とし、播種後 24 時間毎に 4 日目まで行った。本研究では、種皮が破れ白い芽が目視できる状態のことを発芽と定義した。発芽率はシャーレ内の種子 20 粒に占める発芽種子の割合をパーセンテージで算出して求めた。

ダイズ (品種：フクユタカ) を供試した。発芽試験は 3 つの条件 (リン酸溶液に用いるリン酸塩の種類、リン酸溶液の濃度、再乾燥処理の有無と時間) を変えて行い、発芽率が低下しにくい条件を調べた。リン酸塩は 6 種 (Na₂HPO₄, NaH₂PO₄, K₂HPO₄, KH₂PO₄, (NH₄)₂HPO₄, NH₄H₂PO₄) 用い、種子の浸漬時間は 24 時間、浸漬温度は 20℃ に設定した。浸漬と再乾燥処理の終了後、各シャーレへ 20 粒ずつ種子を

播種し、24 時間毎に播種後 4 日目まで発芽数を測定した。比較対照として浸漬をしない無処理の種子も用いた。ダイズのポット栽培試験はガラス室内で行った。1/10000a ワグナーポットに鹿沼土を詰め、3 段階のリン施肥レベル (0, 0.18, 0.53g P₂O₅/ pot) を設けた。種子は KH₂PO₄ の濃度 3 段階 (0, 0.20, 0.35M) に浸漬した再乾燥種子と無処理種子の合計 4 種類を用いた。播種後 83 日目にサンプリングをし、地上部乾物重を測定した。

4. 研究成果

コムギ

コムギを 0.2~0.6M のリン酸溶液に浸漬した結果、供試した全ての品種において、同一随伴カチオンのリン酸塩間では、酸性リン酸溶液の方がアルカリ性リン酸溶液よりも発芽率の低下傾向は緩やかであった。また試料に用いたコムギ品種の中では、ニシノカオリの発芽率の低下傾向が最も緩やかであった。ニシノカオリの再乾燥処理をしていない種子と再乾燥処理を行った種子の発芽率はほとんど変わらず、再乾燥処理による影響を確認できなかった。ただし、イワイノダイチとタマイズミでは再乾燥処理による発芽率の低下が観察され、再乾燥処理の影響は品種ごとに異なるようである。ニシノカオリをさらに 0.8~1.2M の酸性リン酸溶液に浸漬し、再乾燥処理を行った結果、NaH₂PO₄ と KH₂PO₄ のみ 0.8M においても発芽率が低下しなかった。したがって、コムギ (ニシノカオリ) には NaH₂PO₄ と KH₂PO₄ が有望なリン酸塩であろう。

オオムギ

オオムギを 0.2~0.6M のリン酸溶液に浸漬した結果、(NH₄)₂HPO₄ 以外のリン酸塩では、リン酸溶液の濃度が高くなっても発芽率低下が起こらなかった。また再乾燥処理をしていない種子と再乾燥処理を行った種子の発芽率はほとんど変わらず、再乾燥処理による影響を検出できなかった。さらに高濃度の 0.8~1.2M のリン酸溶液に浸漬し、再乾燥を行った結果、酸性リン酸溶液に浸漬した種子は 1.2M でも全く発芽率低下が起こらなかった。したがって、オオムギに用いるリン酸塩としては NaH₂PO₄ や KH₂PO₄ のみならず NH₄H₂PO₄ も有望と思われた。

ダイズ

ダイズを 0.2~0.6M のリン酸溶液に浸漬した結果、アルカリ性リン酸溶液では全く発芽せず、酸性リン酸溶液のうち NaH₂PO₄ と KH₂PO₄ の発芽率が比較的高く維持された。また再乾燥処理を行った種子は再乾燥処理をしていない種子と比べて、0.4M 以上でほとんど発芽しなくなるなど発芽率の低下傾向が急激であった。しかし再乾燥期間 (1 週間と 24 時間) で発芽率を比べると、再乾燥期間が短い方が発芽率の低下程度は小さく、再乾燥期

間が発芽率に影響を及ぼすことが示唆された。そこで種子の再乾燥処理は出来るだけ短時間 (12 時間) にし、NaH₂PO₄ と KH₂PO₄ を用いて 0.2~0.4M の詳細な濃度で発芽率を観察したところ、KH₂PO₄ の方が NaH₂PO₄ より発芽率の低下傾向は緩やかであった。したがってダイズに最適なリン酸塩は KH₂PO₄ だと考えられる。

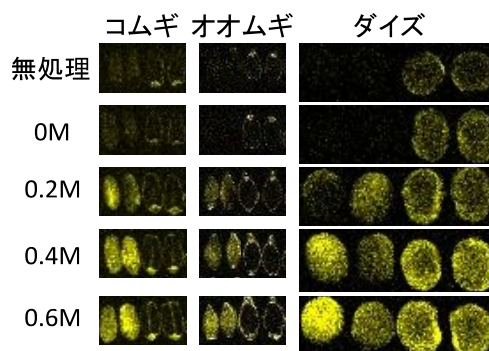


図1 異なる濃度のリン酸液で浸漬した種子表面・内部のリン分布を示す蛍光 X 線画像

さらに、KH₂PO₄ でリン富化して再乾燥させたダイズ種子の効果をポット栽培試験で検証した。その結果、いずれのリン施肥レベルにおいても、リン富化処理が地上部乾物重を有意に増加させた。これらのリン富化処理によって、同等の乾物重を得るのに必要なリン施肥量は対照区の約 1/3 まで削減できた。ただし、0.20M と 0.35M の処理濃度による差異は有意でなかった。このことから、ダイズにおいてもリンを富化した種子がリン施肥量削減に有望であることがわかった。探索した条件の中では KH₂PO₄ の 0.20M 溶液を用いるのが最善で、再乾燥後の播種を速やかにすることが重要と思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

Sekiya, N., Fukujyu, R. and Yano, K. (2013) Effects of seed P-enrichment and localized P-fertilizer application on soil-grown wheat. *Plant Production Science* 16, 199-202.(査読有) DOI: 10.1626/pp.s.16.199

矢野勝也・関谷信人 (2012) 作物の生理生態研究ツールとしての安定同位体：水素，炭素，窒素. *日本作物学会紀事* 81, 460-465.(査読有) DOI: 10.1626/jcs.81.460

矢野勝也(2011)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* 56, 19-23. (査読有) DOI: 10.3719/weed.56.19

Sekiya, N., Araki, H. and Yano, K. (2011)

Applying hydraulic lift in an agroecosystem: forage plants with shoots removed supply water to neighboring vegetable crops. *Plant and Soil* 341, 39-50. (査読有) DOI: 10.1007/s11104-010-0581-1

〔学会発表〕(計 4件)

丸井沙織・矢野勝也. リンの施肥量削減に向けた作物種子のリン富化条件の探索. 第232回日本作物学会講演会, 2011年9月2日, 山口大学

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

矢野 勝也 (YANO Katsuya)
名古屋大学・大学院生命農学研究科・准教授
研究者番号: 00283424

(2) 研究分担者

荒木 英樹 (ARAKI Hideki)
山口大学・農学部・准教授
研究者番号: 90346578

(3) 連携研究者

()

研究者番号: