

亜リン酸の葉面散布がコムギ収量と穂発芽および α - アミラーゼ活性に及ぼす影響

誌名	日本土壌肥料學雜誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	中津,智史 木村,清
発行元	日本土壌肥料學會
巻/号	80巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 45-47
発行年月	2009年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



亜リン酸の葉面散布がコムギ収量と穂発芽および α -アミラーゼ活性に及ぼす影響*

中津智史¹・木村 清²

キーワード 亜リン酸, 葉面散布, コムギ, 穂発芽,
 α -アミラーゼ活性

1. はじめに

コムギは北海道内で約11万ha(北海道農政部, 2007)が栽培されている主要な畑作物であるが, 2005年産から導入された価格制度では, でん粉の粘度を表すアミロ値などの品質によって, ランク付けが行われ価格差が生じることとなった(北海道米麦改良協会, 2004)。アミロ値は通常ブラベンダー社のアミログラフによって測定され(農林水産技術会議事務局, 1968), 良好な栽培条件では800(B.U., ブラベンダー・ユニット)程度であるが, この値が300 B.U.より低いものは低アミロコムギと呼ばれ, 加工適性が大きく劣る(長尾, 1998)ためランク付けでは不利となる。低アミロコムギはでん粉が α -アミラーゼにより分解されることが直接の原因であるが, これには降雨を引き金とした穂発芽の発生が大きく影響している(中津, 2000)。これらの発生防止策としては, 品種改良や適期収穫が基本であるが, 穂発芽や α -アミラーゼの活性化を抑制する効果を示す亜リン酸(H_3PO_3)の葉面散布も有効と考えられる(小谷野ら, 2004)。

リン酸は作物生産に必須な成分であり, 肥料として広く作物に施用されているが, 現在, 日本国内で流通するリン酸のほとんどは正リン酸(H_3PO_4)およびその縮合型である。これに対して亜リン酸は水に溶けやすいのが特徴で, 主として葉面散布資材として用いられている。亜リン酸資材は, 亜リン酸を水酸化カリウムで中和する方法で製造され, 亜リン酸カリウムが主成分である。アメリカでは柑橘類に亜リン酸資材を葉面散布すると増収効果(Carol,

1999)が認められたことから, 葉面散布資材として広く利用されている。国内における亜リン酸の研究事例については渡辺(2005)が詳しく紹介している。これによると, 国内の柑橘類でも着色や食味向上に効果を有することが確認されている(愛媛県立果樹試験場, 1998)。

コムギに亜リン酸を葉面散布した場合, 降雨にあっても穂発芽および α -アミラーゼの活性化が抑制される(小谷野ら, 2004)が, 通常のリン酸カリウムではそのような効果は認められないことから(木村, 2004), リン酸やカリウムの肥効ではなく, 亜リン酸に特有な生理的機作によるものと推測される。しかしながら, 亜リン酸散布が子実収量に及ぼす影響については明らかにされておらず, 実用上適切な散布濃度・散布回数についても十分検討されていない。

以上のことから, 本研究では亜リン酸の葉面散布がコムギの収量および穂発芽や α -アミラーゼ活性に及ぼす影響を明らかにするとともに, より効果的な散布濃度・回数を検討した。さらに, 亜リン酸を施用されたコムギ子実が正常な発芽力を有しているかを確認するために, 発芽力検定試験を行った。

2. 方 法

1) 散布濃度・回数検討試験

2002年~2004年, 北海道十勝支庁管内芽室町の道立十勝農業試験場内および隣接した農家圃場(以下, 芽室圃場と略す)と石狩支庁管内北広島市の北海三共株式会社内の圃場(以下, 北広島圃場と略す)において, 春まきコムギ「ハルユタカ」および秋まきコムギ「ホクシン」を用いて試験を行った。

亜リン酸資材として28%の水溶性リン酸(全量亜リン酸態 P_2O_5)と26%の水溶性加里(K_2O)を含む液状複合肥料を用いた。希釈倍率3処理(P_2O_5 で0.112%に相当する250倍, 同0.070%の400倍, 同0.035%の800倍)と施用回数3処理(開花後10日間隔で2回, 3回, 4回散布)を組み合わせた試験区を設定し, 無施用の対照区と比較した(表1)。亜リン酸施用時の散布水量はいずれも 100 ml m^{-2} で, 試験用の圧力式小型噴霧器を用いて, コムギ植物体のおよそ30 cm上方から散布した。

亜リン酸施用以外の施肥や栽培管理については全処理共通とした。各品種の成熟期直後に坪刈り収穫を行い, 乾燥・脱穀後, 得られた子実を2.2 mmの縦目ふるいを用いて選別し, ふるいの上に残った重さを子実収量とした。

2) 降雨処理試験

亜リン酸の穂発芽抑制効果を明らかにするため, 1)の散布濃度・回数検討試験の一部試料について降雨処理を行った。この理由として, 自然降雨条件では年次や品種によって穂発芽がほとんど発生せず, 亜リン酸による穂発芽抑制効果が検証できないためである。

2002年および2003年, 芽室圃場の「ハルユタカ」および「ホクシン」について, 成熟期直後に圃場から穂を採取し, バットに立て, 15°C の恒温室において, 朝晩それぞれ降

Satoshi NAKATSU and Kiyoshi KIMURA: Effect of foliar application of phosphite on grain yield, Pre-Harvest sprouting and α -amylase activity in wheat (*Triticum aestivum* L.)

* 本報告の一部は日本土壤肥料学会島根大会(2005年)において発表した。

¹ 北海道立中央農業試験場(069-1395 北海道夕張郡長沼町東6線北15号)

² 北海三共株式会社(069-0111 北海道北広島市北の里274番地)

2008年3月27日受付・2008年8月29日受理

日本土壤肥料学雑誌 第80巻 第1号 p.45~48 (2009)

水量として 20 mm 程度に相当する水を散布するとともに、ビニールで覆い湿度を保った。処理期間は 2002 年の「ハルユタカ」が 3 日間、「ホクシン」が 6 日間、2003 年の「ハルユタカ」が 4 日間、「ホクシン」が 6 日間である。両品種で降雨処理期間が異なるのは、穂発芽のしにくさ（休眠性）が異なるためである。処理終了後、乾燥・脱穀し、穂発芽粒率（胚部の皮が切れている粒と発芽・発根粒の合計の比率）と α -アミラーゼ活性を測定した。

α -アミラーゼ活性はブルー・スターチ法（中津, 2000）により分析し、子実試料乾物 1 g あたりの吸光度の自然対数値で表示した。これまでの知見から、 α -アミラーゼ活性とアミロ値との間には高い負の相関があり、本活性が 3 以上では低アミロコムギと判定できる。

3) 発芽力検定試験

2002 年芽室圃場の「ハルユタカ」で、亜リン酸散布処理（250 倍液を 3 回）された子実試料および対照区の子実試料を、5℃の低温庫で 6 ヶ月間保管した後、発芽試験に供した。シャーレにろ紙を敷き、子実 200 粒を取り、脱塩水を加え 15℃の恒温機で保温した。0, 2, 3, 4 日後に発芽程度を調査するとともに、子実中の α -アミラーゼ活性を測定した。

3. 結果および考察

1) 散布濃度・回数検定試験

延べ 9 試験地における対照区の平均子実収量は 516 g m^{-2} （最低 347 g m^{-2} , 最高 699 g m^{-2} , 表 2）であった。2002～2004 年の北海道内の秋まきコムギの平均収量は 463 g m^{-2} ,

春まきコムギでは 2002 年が 231 g m^{-2} であったが（北海道農政部, 2007）、いずれの試験地もこれを上回っており、極端な生育不良や低収条件ではなかったといえる。

亜リン酸の葉面散布が子実収量に及ぼす影響として、統計的有意差は認められなかったが、250 倍液の 3・4 回散布および 800 倍の 3 回散布では平均収量比が 98% で対照区と同等かやや下回っていた。一方、250 倍液の 2 回散布と 400 倍液の 2・3・4 回散布区で 3～5% 増収する傾向が認められた。特に試験実施数が 9 例と多かった 400 倍液の 3 回散布区は対照区より 4% 多かった。

北海道内で過去にリン酸マグネシウムをコムギに葉面散布した試験事例（北海道農政部, 2001）では、出穂期以降 3 回の散布により 3% の増収効果が認められており、本結果と類似していた。

佐藤ら（1995）は土壌施用でリン酸を増肥した結果、コムギ子実収量は対照区（リン酸施用量 10 g m^{-2} ）の 259 g m^{-2} に対して、5 倍施用区（リン酸施用量 50 g m^{-2} ）では 317 g m^{-2} で 22% 高まったことを報告している。このように大幅なリン酸増肥を行った場合は顕著な増収が認められているが、本試験でのリン酸散布量は最大でも 0.45 g m^{-2} と微量（表 1）であったため、顕著な増収効果が認められなかったと考えられる。

2) 降雨処理試験

2002 年芽室圃場の「ハルユタカ」および「ホクシン」について、亜リン酸の 250 倍液、400 倍液、800 倍液の 3 回散布が降雨処理前後の穂発芽粒率や α -アミラーゼ

表 1 亜リン酸葉面散布試験の実施概要

散布 倍率	散布時期 (開花後日数)	資材 散布量 g m^{-2}	芽室圃場						北広島圃場		
			2002年		2003年		2004年		2002年		2003年
			ハルユタカ	ホクシン	ハルユタカ	ホクシン	ハルユタカ	ホクシン	ハルユタカ	ハルユタカ	ホクシン
250	0,10,20,30	0.45			○	○				○	○
250	0,10,20	0.34	○	○	○	○			○	○	○
250	0,10	0.22			○	○					
400	0,10,20,30	0.28			○	○	○	○		○	○
400	0,10,20	0.21	○	○	○	○	○	○	○	○	○
400	0,10	0.14			○	○					
800	0,10,20	0.11	○	○					○		
	対照区	0.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○

葉面散布時の散布液量はいずれも 100 ml m^{-2} 。資材散布量はリン酸 (P_2O_5) としての総計。

表 2 亜リン酸の葉面散布が子実収量に及ぼす影響

散布 倍率	散布時期 (開花後日数)	芽室町						北広島市			平均
		2002年		2003年		2004年		2002年	2003年		
		ハルユタカ	ホクシン	ハルユタカ	ホクシン	ハルユタカ	ホクシン	ハルユタカ	ハルユタカ	ホクシン	
250	0,10,20,30			98	94				94	106	98
250	0,10,20	93	100	102	101			102	92	98	98
250	0,10			104	106						105
400	0,10,20,30			103	108	103	110		93	100	103
400	0,10,20	100	100	107	105	106	111	99	101	108	104
400	0,10			106	101						104
800	0,10,20	95	101					98			98
対照区		447	572	347	558	367	556	438	699	659	516
有意差検定		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

対照区は子実収量の実数 (g m^{-2}) で、他の区は対照区との比率 (%) で表した。ns は処理間に有意な差が認められなかったことを表す (Turkey 法)。

活性に及ぼす影響を検討した（表3）。その結果、「ハルユタカ」の降雨処理前の穂発芽粒率は対照区が3.1%であったのに対して、亜リン酸施用区は0.9~1.3%でやや低い傾向であった。3日間の降雨処理後には穂発芽粒率は各区とも高まったが、対照区の37.8%と比較して、250倍液散布区の7.5%、400倍液散布区の12.6%および800倍液散布区の22.5%は有意に低かった。また、降雨処理前後の α -アミラーゼ活性も、統計的に有意ではなかったが、散布濃度が濃いほど低い傾向であった。

「ホクシン」の降雨処理前の穂発芽粒率はいずれの区も0%で、 α -アミラーゼ活性は1.2~1.3と低かった。6日間の降雨処理後の穂発芽粒率は、250倍液と400倍液散布区がそれぞれ0.6%および0.7%で、800倍液散布区および対照区より有意に低かった。処理後の α -アミラーゼ活性も同様の傾向で、250倍液散布区の2.8および400倍液散布区の3.0は、800倍液散布区および対照区より有意に低かった。

2003年芽室圃場では散布濃度と回数を変え、散布量を7段階としたことから（表1）、散布量と降雨処理後の穂発芽粒率および α -アミラーゼ活性との相関関係を解析した（図1）。散布量と穂発芽粒率との相関係数は「ハルユタカ」が $r=-0.932^{**}$ 、「ホクシン」が $r=-0.911^{**}$ （いずれも $n=7$, 1%水準で有意）と高い負の相関が認められた。 α -アミラーゼ活性についても同様で、「ハルユタカ」が $r=-0.891^{**}$ 、「ホクシン」が $r=-0.816^{*}$ （5%水準で有意）の負の相関が認められた。

以上のことから、穂発芽や α -アミラーゼ活性の面で

は、250倍液散布の効果が最も高く、400倍液がそれに続き、800倍液では効果が低いことが明らかとなった。ただし、収量性の面では250倍液では一部減収する事例が認められ、一方、400倍液では平均3~4%の増収が認められている（表2）。したがって、品質と収量の両面を考慮すると、亜リン酸資材を施用する場合、400倍液を開花期以降3~4回散布するのが適当と判断される。

コムギ子実の穂発芽や α -アミラーゼの活性化には気象条件や品種間差、さらには子実の休眠性が影響し非常に複雑とされている（中津, 2000）。また休眠の形成や打破にはジベレリンやアブシジン酸などの植物ホルモンが影響し、アブシジン酸は休眠の形成や維持を促進し、ジベレリンは逆に休眠を打破する作用を有する（野田, 1994）。亜リン酸を葉面散布された子実は降雨にあっても穂発芽しにくく、 α -アミラーゼ活性も低かったことから、亜リン酸はアブシジン酸と同様に休眠を維持する方向に作用したと考えられるが、その機作については現状では不明である。

一方、亜リン酸が何らかの機作により子実休眠を深めただけでなく、子実の正常な発芽力を阻害したために、穂発芽や α -アミラーゼ活性を低下させた可能性も考えられる。そこで、次に亜リン酸を葉面散布された子実の発芽力を検定した。

3) 発芽力検定試験

収穫後、半年間貯蔵し、休眠が自然に打破された「ハルユタカ」子実試料に対して、加水処理により発芽力を検定した。その結果（図2）、加水4日後の発芽粒率は亜リン酸無施用区、施用区ともに96%程度と同様に高い値であっ

表3 亜リン酸の葉面散布が降雨処理前後の穂発芽粒率および α -アミラーゼ活性に及ぼす影響（2002年、芽室圃場）

散布 倍率	ハルユタカ				ホクシン			
	穂発芽粒率 (%)		α -アミラーゼ活性		穂発芽粒率 (%)		α -アミラーゼ活性	
	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後
250倍	0.9	7.5a	2.7	5.4	0.0	0.6a	1.2	2.8a
400倍	1.3	12.6ab	3.0	6.1	0.0	0.7a	1.3	3.0a
800倍	1.3	22.5b	3.5	6.5	0.0	4.8b	1.3	4.9b
対照区	3.1	37.8c	3.6	6.8	0.0	3.1b	1.3	4.8b

散布回数は共通で開花後0, 10, 20日後の3回。降雨処理期間はハルユタカが3日間、ホクシンが6日間。異なるアルファベット間では5%水準で有意差があることを示す（Turkey法）。

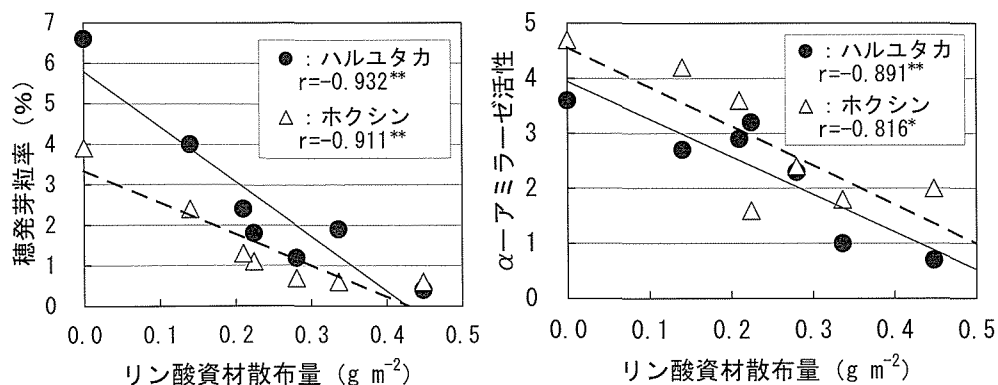


図1 亜リン酸の葉面散布量と降雨処理後の穂発芽粒率および α -アミラーゼ活性との関係
2003年、芽室圃場。降雨処理期間はハルユタカが4日間、ホクシンが6日間。**, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意を示す。回帰線はハルユタカが実線、ホクシンが破線。いずれも $n=7$ 。

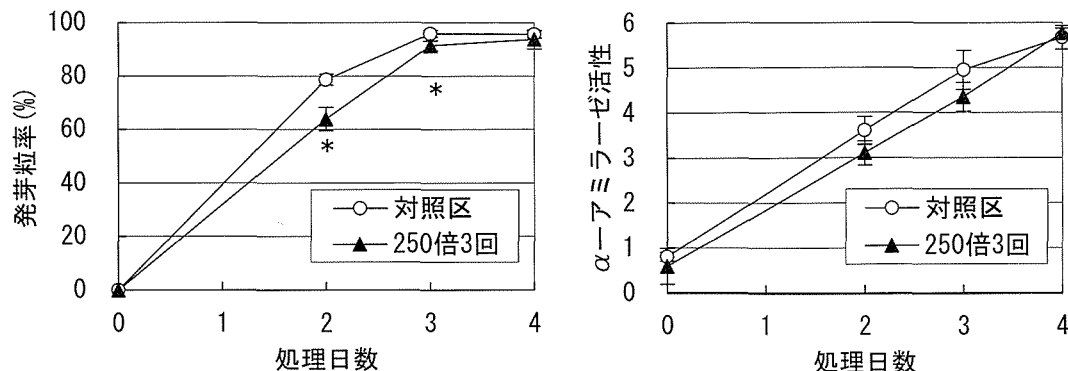


図2 発芽力検定試験における発芽粒率 (%) および α -アミラーゼ活性の推移
2002年、芽室圃場で処理されたハルユタカ子実について、6ヶ月貯蔵後に加水試験を実施した。エラーバーは標準偏差を示し、*は5%水準で有意差があることを示す (Turkey 法)。

たことから、亜リン酸資材を散布された子実についても健全な発芽力を持つことが示された。ただし、加水2,3日後においては、亜リン酸施用子実の発芽粒率がやや低い傾向で、 α -アミラーゼ活性の推移も発芽粒率と同様であった。

植物ホルモン様の各種薬剤がコムギの穂発芽を防止・抑制することは既に知られており (平野, 1971), 特にマレイン酸ヒドラジッドの0.05~0.5%液を登熟中期に散布施用することにより、穂発芽が低下するとともに (渡部, 1955), α -アミラーゼの活性化も抑えられた (平野, 1971)。ただし、マレイン酸ヒドラジッド処理されたコムギ種子は発芽力やその後の生長力を失っているようで、ポット栽培しても生育停止・枯死すると報告されている (八柳, 1954)。これに対して、亜リン酸を散布されたコムギ種子は、図2で示したように発芽の初動は遅れるが、最終的な発芽率は無散布種子と同様に96%に達しており、発芽力は維持されている。したがって、亜リン酸による穂発芽軽減効果の機作はマレイン酸ヒドラジッドとは異なることが示唆される。いずれにしても、亜リン酸がコムギの穂発芽の発生や α -アミラーゼの活性化を抑制する機作については現状では不明であり、今後、多方面からの詳細な検討が必要と考える。

謝辞：本稿をとりまとめるにあたり、ご校閲をいただいた道立中央農業試験場環境保全部長木曾誠二博士 (現上川農業試験場天北支場長) に心からの謝意を表する。

文 献

愛媛県立果樹試験場 1998. リン酸剤の葉面散布と極早生温州の品

- 質、葉中無機成分. 平成10年度試験成績書, p.11-12.
Carol, J. L., 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. *HortTechnology*, 9, 607-617.
平野寿助 1971. 小麦登熟期の遭雨による品質低下とその機作に関する研究. 中国農試報告, A20, 27-78.
北海道米麦改良協会 2004. 新しい小麦づくり, p.8-12.
北海道農政部 2001. 秋まき小麦に対するリン酸マグネシウム入り葉面散布剤「リンクエース」の散布効果. 平成13年普及奨励ならびに指導参考事項, p.372-373.
北海道農政部 2007. 麦類・豆類・雑穀便覧, p.3.
木村 清 2004. 小麦粒の α -アミラーゼ活性発現を抑制する亜リン酸塩の葉面散布効果. 日本作物学会記事, 73 (別2号), 10-11.
小谷野茂和・木村 清・堀田 貢・帛田淳史 2004. 亜リン酸によるコムギ種子の発芽特性および休眠性への影響. 日本作物学会記事, 73 (別2号), 12-13.
長尾精一 1998. 世界の小麦の生産と品質 上巻, p.162-166. 輸入食品協議会, 東京.
中津智史 2000. 北海道における低アミロ小麦の発生とその要因に関する研究. 北海道立農業試験場報告, 93, 1-60.
野田和彦 1994. 穀物種子の休眠と発芽. 育種学最近の進歩35, 養賢堂, p.136-139.
農林水産技術会議事務局 1968. 小麦品質検定法—小麦育種試験における—研究成果シリーズ35, p.44-46.
佐藤暁子・小綿美環子・渡辺 満 1995. リン酸増肥がコムギ品種の粗蛋白含量に及ぼす影響 第1報 生育及び収量. 東北農業研究, 48, 109-110.
渡辺和彦 2005. 新しい葉面散布剤, 亜リン酸肥料. 肥料, 101, 91-96.
渡部弘三 1955. MH-30による小麦穂発芽防止. 農業及び園芸, 30, 1218.
八柳三郎・高橋鴻七郎・酒井 英 1954. Maleic Hydrazide の小麦種子の登熟及び発芽に及ぼす影響. 育種学雑誌, 4, 171-174.