【188】

氏　名（国籍）	郝　桂　玲（中　　国）
学 位 の 種 類	博　　士（生物資源工学）
学 位 記 番 号	博　甲　第　3735　号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科
学 位 論 文 題 目	飼料・家畜ふん中のフィチン酸の生分解に関する研究

主　査	筑波大学教授	農学博士	前　川　孝　昭
副　査	筑波大学教授	農学博士	佐　竹　隆　顕
副　査	筑波大学助教授	農学博士	杉　浦　則　夫
副　査	筑波大学教授	農学博士	東　　　照　雄

論 文 の 内 容 の 要 旨

単胃動物の濃厚飼料では，フィチン態リン含量が全リンの 50 ～ 80%を占めているが，家畜の消化管内にほとんど利用できず排泄される。しかし，家畜の成長・生産を促進するために，飼料に無機リン酸塩が添加されている。枯渇すると言われているリン資源の節減と有効利用を図るために，飼料にフィターゼを添加し，そのフィチン態リンを無機化させる試みがなされている。これによって，無機リンを飼料に添加しなくても，家畜の成長を確保する上で，リンの排泄量も 30 ～ 50%削減できる。この技術の普及は，家畜の生産及び環境上の問題を解決する上で有効である一方で，無機リン酸塩を添加しない飼料で飼養された豚や家禽のふん尿堆肥は，その無機リン酸含量が著しく低下するため，作物への養分源としての価値の低下が考えられる。そこで，堆肥の肥料価値を確保するために，排泄されたフィチン態リンの無機化の促進が重要となる。

フィチン酸のリン酸基には，Ca，Zn や Cu などのミネラルが結合しやすい。これらの錯体はフィターゼによって分解されにくくなるため，高濃度の Zn や Cu の飼料添加は，フィチン態リンの分解を抑制し，多量の Zn や Cu をふんに排泄することになる。さらに，消化管内のみならず，ふんの堆肥化過程においても，フィチン態リンの分解阻害が懸念される。また，フィターゼの添加技術の普及に従って，単胃動物から排泄されたフィチン態リンは難分解性のものが多くなると推定される。そこで，強力なフィチン酸分解菌の分離と堆肥への利用が有効と期待される。

本論文は，家畜のふん堆肥中のフィチン態リン分解をフィターゼの添加及びフィターゼを有する微生物の接種によって促進し，その堆肥のリン酸肥効を向上させることを目的としている。

まず，市販のフィターゼを家畜（豚，鶏及び牛）ふん堆肥及び稲わらに添加し，試料中の無機リンの増加率を調べ，これら資材中のフィチン態リンの分解に対する市販フィターゼの効果を検証した。次に，フィターゼを添加した飼料で飼養した豚のふんについて，リンの存在形態を分析し，飼料に添加して排泄されたフィターゼが，ふん中のフィチン態リンを堆肥化過程でどの程度分解できるかを試みた。ついで，フィターゼによるフィチン態リンの分解に及ぼす Zn 及び Cu の影響を調べ，フィターゼによる効果的な分解条件を検討した。さらに，フィチン酸分解菌を分離し，分解能の高い菌株を堆肥に接種して，家畜ふん中に残ったフイ

チン態リンから無機リンの放出を促進を試みた。得られた成果は以下のとおりである。

1）市販のフィターゼを家畜（牛，豚及び鶏）堆肥に添加することにより，無機リンの放出量を 10％程度増加することを明らかにした。2）フィターゼ添加飼料で給餌した豚から排泄されたふん中のフィターゼ活性は，豚ふんの放置に伴い，0 日目の 1,070U/kg から 40 日目の 45U/kg へと直線的に減衰した。その間にフィチン態リンの約半分が分解された。40 日目以降でフィターゼによるふん中のフィチン態リンのさらなる分解は期待できなかった。3）フィターゼによるフィチン態リンの分解阻害率は，亜鉛と銅の濃度及び pH に大きく影響された。三種の飼料原料を比較すると，亜鉛及び銅によるフィチン態リン酸の分解阻害はトウモロコシ，マイロ，ダイズ粕の順であった。飼料に添加したフィターゼの活性を最大限に発揮させ，フィチン態リンの利用率を向上させるには，日本飼料標準を超える過剰な亜鉛及び銅の飼料への添加の抑制を指摘した。4）未熟な牛ふん堆肥から多くのフィチン酸 Na 分解菌株が得られた。フィチン酸 Na 分解能の高い菌株の内，糸状菌，細菌及び放線菌はフィチン酸 Na 分解菌株及びフィチン酸 Ca を分解できたが，フィチン酸 Zn 及びフィチン酸 Cu を分解できたのは糸状菌株だけであった。5）フィチン酸 Zn 及びフィチン酸 Cu の分解能の高い菌株を豚ふん堆肥に接種して，25℃で 90 日間培養した。その結果，無接種の対照区に比べて，無機リンの増加率は 17％，フィチン態リンの減少率は 21％と高かった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は枯渇するといわれているリン資源の節約と有効利用を図るために飼料中のフィチン態リン酸態リンの含有量の高いことに着目し，家畜のふんの堆肥に含まれるフィチン態リンの分解を市販フィターゼの添加及びフィターゼを有する微生物の接種によって促進を図り，堆肥中のリン酸態リンの肥効の向上を目的としたものである。

市販のフィターゼの家畜（牛，豚及び鶏）堆肥への添加では，無機リンの放出量が 10％程度増加することが明らかにし，フィターゼ添加飼料で給餌した豚から排泄されたふん中のフィターゼ活性は，0 日目の 1,070U/kg から 40 日目の 45U/kg へと直線的に減衰した。その間のフィチン態リンは約 50％の分解で 40 日目以降フィチン態リンの分解は期待できなかった。またフィターゼによるフィチン態リンの分解阻害は，亜鉛と銅の濃度及び pH に大きく影響され，亜鉛及び銅によるフィチン態リンの分解阻害はトウモロコシ，マイロ，ダイズ粕の順であった。飼料に添加したフィターゼの活性を最大限に発揮させ，フィチン態リンの利用率を向上させるには，日本飼料標準を超える過剰な亜鉛及び銅の飼料への添加の抑制を指摘した。

未熟な牛ふん堆肥から得たフィチン酸 Na 分解能の高い菌株の内，フィチン酸 Zn 及びフィチン酸 Cu を分解できたのは糸状菌株だけであった。フィチン酸 Zn 及びフィチン酸 Cu の分解能の高い菌株を豚ふん堆肥に接種した結果，無機リンの増加率は 17％，フィチン態リンの減少率は 21％と高かった。

以上のように濃厚飼料中に含まれるフィチン態リン酸の含有量が全リンの 50 ～ 80％に高めているにもかかわらずこのリンの家畜の消化管内で殆ど利用されていないことに着目し，堆肥中のリンの無機化をフィターゼを使って促進することを試み，その結果を高めたこと，さらに濃厚飼料中に添加される Zn，Cu 濃度が日本飼料標準を超え，これら金属錯体が，フィターゼによる酵素分解阻害することを明らかにし，フィターゼを含むフィチン酸分解菌株のうち糸状菌が有効であることを見出したことは，土壌肥料学ならびに農業工学に関連する分野に貢献するものである。

よって，著者は博士（生物資源工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。