

氏名	じょせふ おほり Joseph Ofori
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	甲第371号
学位授与年月日	平成17年 3月15日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Nutrient Management and Agronomic Evaluation of some Rice( <i>Oryza Sativa</i> L) Cultivars in Lowland Ecosystems of Ghana (ガーナの低地生態系における養分管理および稲品種 ( <i>Oryza Sativa</i> L)の農学的評価)
学位論文審査委員	(主査) 相崎守弘 (副査) 増永二之 藤山英保 進藤晴夫 若月利之

### 学位論文の内容の要旨

米は世界の人口の半分以上の主食であり約10億の家庭が稲栽培に仕事と食糧に依存している。過去40年間の米生産における主要な進歩は緑の革命の技術によってもたらされた。米の生産量は、1966年の2億5700万トンから1999年には130%増加して5億9800万トンとなり、小麦とトウモロコシの生産量を超え、世界の穀物総生産量の29.2%となった。米生産の年間の伸び率は1970年代および1980年代それぞれで3.0%と2.5%であったが、1990年代は1.5%であった。最近4年間の生産量は横這いである。国際食糧政策研究所によると、40億人の米消費人口を養うためには2025年までに米生産量が38%増加しなければならないとのことである。

ガーナおよび西アフリカにおける米生産は一般的に1970年から2000年にかけて増加してきたが、需要よりも未だはるかに少ない。生産量増加の3分の2以上は休閑期間の短縮と持続性の危うい限界地への耕作の拡大によってもたらされてきた。平均籾収量はha当たり1.3-1.5トンで横這いである。人口2億4000万人が住む西アフリカ各地域における米の需要と供給のギャップは、都市化により伝統的に生産されてきた穀物食からの変化により大きくなってきている。需要は年6%の増加率で大きくなり、米の年間輸入高が10億USドルになっている。西アフリカの内陸小低地生態系は稲栽培の拡大と集約化について非常に大きなポテンシャルを呈し、2000万-5000万haを占め、その内ガーナでは100万haを占めている。

2001 から 2002 年にガーナ国共和国アシャンテ地域において、生態系と在地の耕作システムに基づく適合品種を選択する為に、多様な特性を持つイネ 23 品種における作物反応の農学的評価を行った。3 種低地土壌を用いて、稲の生育、収量、窒素吸収と利用効率への腐植化汚泥 (HS)、鶏糞堆肥 (PM)、牛糞堆肥 (CM)、腐植化汚泥と鶏糞堆肥と牛糞堆肥の混合物 (MM)、無機肥料 (IF) の効果の評価を行った。また、低地での水田養魚システム (稲作と養魚を水田で行う) の利点についても調査した。

稲品種間評価の結果、高投入処理区 ( $90\text{kgN} + 45\text{kgP}_2\text{O}_5 + 45\text{kgK}_2\text{O ha}^{-1}$ 、移植後 21、42 日目に除草) の収量平均  $4.2\text{Mg/ha}$  は、低投入処理区 ( $20\text{kgN ha}^{-1}$ 、移植後 30 日目に除草) の平均収量  $2.1\text{Mg/ha}$  に比べ 100% 増加した。灌漑水田 (IS) と天水田 (RS) における稲収量は、畦のないレベリングの行われていない低地生態系 (UBLL) でそれぞれ、323%と 130%上昇した。天水依存系 (RS と UBLL) において、早生品種である WAB208-5-HB、Emokokoo、Bouake189、PSBRC 34、PSBRC 66 は、中生品種である WITA 1、WITA 3、IR 58088-16-2-2 に比べ、雨季後に起こる栽培後期の干ばつの影響が小さかった。種間雑種である WAB 208-5-HB (*O. glaberrima* × *O. Sativa*) は、UBLL 条件下で高・低投入処理ともに *oryza sativa* の改良品種より収量が高かった。

本研究は、堆肥や腐植化汚泥などの有機質肥料による土壌改良はイネの生育と収量を改善することを明らかにした。開花は無処理の Vertisol では 7 日間以上遅れた。腐植化汚泥 (HS)、鶏糞堆肥 (PM)、無機肥料 (IF) は、牛糞堆肥 (CM)、混合堆肥 (MM) に比べ、特に Vertisol において、分けつと草丈が増加した。2 作目 (雨季) の平均籾収量は、1 作目 (乾季) よりも 17.4% 増加した。雨季と乾季での収量における各処理の効果は、それぞれ  $\text{HS} > \text{PM} > \text{MM} > \text{IF} > \text{CM} > \text{Control}$  と  $\text{HS} > \text{PM} > \text{IF} > \text{CM} > \text{MM} > \text{Control}$  であった。HS と PM の効果の高さは、それらに含まれる植物養分のバランスと緩やかにそれらが放出され、稲の種々の生育段階における養分要求に一致したことによると考えられた。

窒素吸収は肥料の施用によって非常に増加し、HS と PM 処理の 2 作目の窒素吸収は CM よりも大きかった。土壌型と施用した肥料の種類の違いによる生理的窒素利用効率 (PNUE) と窒素収穫指数 (NHI) への効果の違いはほとんど無かった。土壌型の中で最大の窒素吸収は 2 作目に Gleysol 区で観察された。作物窒素利用効率 (ANUE) は、2 作目で、 $\text{Vertisol} > \text{Gleysol} > \text{Fluvisol}$  の順であった。処理間の窒素吸収と ANUE の差は、部分的にはおそらく実験に用いられた 3 種の土壌の自然肥沃度によるものだと考えられる。

水田養魚システムの研究結果から、養魚の存在は大きくイネ収量を低下させないことが観察された。魚の体重は養魚期間 100~120 日間で初期の 25g から 80g 以上に増加した。水田養魚システムでの収入は、稲単一栽培の収入を 5~11% 上回った。これらの結果は、水田養魚システムが、土と水の保全方法と確実な灌漑水給源と畦と整地された土地、つまり水田を持つ小規模稲作農家にとって、1. 収入の多角化と増加させ、2. 魚をタンパク質給源として栄養状態を改善するための実行可能なオプションとなり得ることを示した。

## 論文審査の結果の要旨

1994 年以来、自立的展開が可能な水田開発のための基礎および実証調査を継続しているガーナ共和国アシャンテ地域のベンチマーク内陸小低地集水域において、2001 から 2002 年にかけて、灌漑水田、天水依存水田（天水田）と在地の耕作システム（畦のないレベリングの行われていない低地の伝統的稲栽培地）に基づく適合品種を選択する為に、多様な特性を持つイネ 23 品種における作物反応の農学的評価を行った。現地で見られる代表的な 3 種類の低地土壌を用いて、稲の生育、収量、窒素吸収と利用効率への腐植化汚泥（HS）、鶏糞堆肥（PM）、牛糞堆肥（CM）、腐植化汚泥と鶏糞堆肥と牛糞堆肥の混合物（MM）、無機肥料（IF）の施用効果の評価を行った。また、低地での水田養魚システム（稲作と養魚を水田で行う）の利点についても調査した。

稲品種間評価の結果、高投入処理区（ $90\text{kgN} + 45\text{kgP}_2\text{O}_5 + 45\text{kgK}_2\text{O ha}^{-1}$ 、移植後 21, 42 日目に除草）の収量平均  $4.2\text{Mg/ha}$  は、低投入処理区（ $20\text{kgN ha}^{-1}$ 、移植後 30 日目に除草）の平均収量  $2.1\text{Mg/ha}$  に比べ 100% 増加した。灌漑水田（IS）と天水田（RS）における稲収量は、畦のないレベリングの行われていない低地生態系（UBLL）でそれぞれ、323%と 130%上昇した。天水依存系（RS と UBLL）において、早生品種である WAB208-5-HB, Emokokoo, Bouake189, PSBRC 34, PSBRC 66 は、中生品種である WITA 1, WITA 3, IR 58088-16-2-2 に比べ、雨季後に起こる栽培後期の干ばつの影響が小さかった。種間雑種である WAB 208-5-HB (*O. glaberrima* × *O. Sativa*) は、UBLL 条件下で高・低投入処理ともに *oryza sativa* の改良品種より収量が高かった。

有機質肥料を用いたイネ栽培試験結果、堆肥や腐植化汚泥などの有機質肥料による土壌改良はイネの生育と収量を改善することを明らかにした。開花は無処理の Vertisol では 7 日間以上遅れた。腐植化汚泥（HS）、鶏糞堆肥（PM）、無機肥料（IF）は、牛糞堆肥（CM）、混合堆肥（MM）に比べ、特に Vertisol において、分けつと草丈が増加した。2 作目（雨季）の平均籾収量は、1 作目（乾季）よりも 17.4% 増加した。雨季と乾季での収量における各処理の効果は、それぞれ  $\text{HS} > \text{PM} > \text{MM} > \text{IF} > \text{CM} > \text{Control}$  と  $\text{HS} > \text{PM} > \text{IF} > \text{CM} > \text{MM} > \text{Control}$  であった。HS と PM の効果の高さは、それらに含まれる植物養分のバランスと緩やかにそれらが放出され、稲の種々の生育段階における養分要求に一致したことによると推測された。

窒素吸収は肥料の施用によって非常に増加し、HS と PM 処理の 2 作目の窒素吸収は CM よりも大きかった。土壌型と施用した肥料の種類の違いによる生理的窒素利用効率（PNUE）と窒素収穫指数（NHI）への効果の違いはほとんど無かった。土壌型の中で最大の窒素吸収は 2 作目に Gleysol 区で観察された。作物窒素利用効率（ANUE）は、2 作目で、 $\text{Vertisol} > \text{Gleysol} > \text{Fluvisol}$  の順であった。処理間の窒素吸収と ANUE の差は、部分的にはおそらく実験に用いられた 3 種の土壌の自然肥沃度によるものだと考えられる。

さらに、水田養魚システムの実証研究結果から、養魚の存在は大きくイネ収量を低下させないことが観察された。魚の体重は養魚期間 100～120 日間で初期の 25g から 80g 以上に増加した。水田養魚システムでの収入は、稲作のみの収入を 5～11%上回った。これらの結果は、水田養魚システムが、土と水の保全方法と確実な灌漑水給源と畦と整地された土地、つまり水田を持つ小規模稲作農家にとって、1. 収入の多角化を増加させ、2. 魚をタンパク質給源とすることにより栄養状態を改善するための実行可能なオプションとなり得ることを示した。

以上の結果より、西アフリカ、ガーナの内陸小低地における稲作について、土壌種、栽培システム（灌漑水田、天水田、伝統的稲栽培地）、施肥レベルの異なる条件における、現地で入手可能な 23 種の稲品種の生育特性が明らかにされ、稲の栽培条件に応じた推奨品種選択のための基礎データが示された。さらに、化学肥料の定常的な施用が困難な現地の状況を考慮し、有機質肥料の効果について、稲生育、収量、窒素利用効率の視点から考察し、灌漑水田条件において化学肥料と同等以上の効果を有機質肥料が有することが明らかにされた。また、水田養魚システムが小規模農家にとって、収入と食糧のより安定的な獲得のための実行可能なオプションとなり得ることが示された。

以上のように本論文は、西アフリカで今後さらに広まると考えられる稲作そして水田開発のために必要な、現地栽培条件における各種稲品種の生育特性や有機質肥料の施用効果などの重要な基礎的知見を与えたもので、学位論文として十分な価値を有するものと判定した。