Name of Candidate : Farid Shawki Farid Badawi..... Degree: Ph.D.....
Title of Thesis : "Studies on bio-organic fertilization of wheat under newly reclaimed soils".....
Supervisors : Prof. Dr. Moawad Kamel Zahra.....
Prof. Dr. Zakia Ahmed Helmy.....
Prof. Dr. Saleh Ahmed Saleh.....
Department: Agricultural Microbiology.....
Branch : Soil Microbiology .....Approval.....

ABSTRACT

The present work concerns to study the bio-organic fertilization of wheat under newly reclaimed soils. The aims of the present study is to reduce the full dependence on chemical fertilizers and keep high productivity of wheat in the same time. To achieve the aims of this study, four enriched composted heaps were made from rice straw and filtermud cake at ratio of 1:1 by weight, then all heaps supplemented by chicken manure. Compost type (H_1) was considered as a control, while (H_2) received the mineral amendments of bentonite, rockphosphate and manganese-ore. Compost type (H_3) received biofertilizers of cellulolytic fungi, *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus megaterium*. Compost type (H_4) received both mineral amendments and biofertilizers. All heaps were aerobically composted till maturation (after 75 days) and stored for 360 days after maturation. The physical, chemical and biological changes during the composting process and storage were evaluated. Also, the degree of maturity were tested.

A pot experiment was carried out under greenhouse conditions to select the most suitable rate of compost application for wheat growth under sandy soil conditions. Also, another pot experiment was conducted under greenhouse conditions to evaluate the response of wheat to *Azorhizobium* inoculation, compost application and different N-levels under sandy soil conditions. Finally, pot and field experiments were conducted to study the effect of selected compost types combined with *Azorhizobium* inoculation and different N-levels, compared to the recommended dose of N-fertilizer on wheat growth under sandy soil conditions.

The obtained results from monitoring of the composting process showed that temperature reached maximum values within 1-3 days after each heap turning, then dropped to be similar to the ambient temperature at maturity with slightly higher temperature in amended heaps as compared to the unamended ones. Furthermore, W.H.C, bulk density, E.C, total NPK, soluble-N and available P and K were increased with progressing the composting process and storage. While, O.C, O.M and C/N ratio were decreased. The changes were greatly affected by the applied amendments. In addition, the total counts of mesophilic bacteria and actinomycetes showed a little increase at early intervals of composting process, then they gave a high increase till the end of the process. On the other hand, the total counts of thermophilic microorganisms, mesophilic fungi and cellulose decomposers gave a high counts at early intervals, then they declined at the end of the composting and storage. *Azotobacter* and acid producing bacteria recorded a slight high counts in matured composts and there is an slight reduction in counts of both microbes at storage. In addition, all composted heaps at maturity showed a drop in temperature to be similar to the ambient temperature, while pH tested under anaerobic conditions recorded an alkaline values. All ratios of the mesophilic/thermophilic microorganisms

were more than 1.0. The ratios of E_4/E_6 (extinction coefficient) for all heaps was relatively lower which indicates a large particle size and characterized with humic acids more than fulvic acids. Amended heaps showed higher activity of dehydrogenase and nitrogenase activities compared to the unamended ones. Also, no inhibitory effect was appeared from using of compost water extract of all heaps during the germination test.

The obtained results from the first pot experiment showed that there are significant differences between application rate of zero and 5 ton compost/fed on wheat growth under sandy soil conditions, while there were no significant differences between 5 and 10 ton/fed. Application of 5 or 10 ton compost/fed improved chemical properties of sandy soil.

The obtained results from the second pot experiment showed that the response of wheat plants to *Azorhizobium* inoculation, different compost types and various N-levels was significant. The response of wheat to application of any type of compost (particularly H_2 or H_4) combined with inoculation gave higher results of plant growth, NPK contents as well as yield and some yield parameters under sandy soil conditions. The response of wheat to *Azorhizobium* inoculation combined with different N-levels showed that using higher levels of N-fertilizer with or without inoculation gave higher values of wheat plant growth, NPK uptake as well as yield and some yield parameters. The response of wheat to compost types (H_4 or H_2) combined with 25 kg N/fed gave grain yield similar to or higher than those obtained by the full dose of chemical N-fertilizer. On the other hand, *Azorhizobium* inoculation showed no significant effect on the sandy soil properties, while application of composts to sandy soils led to improve their chemical properties, particularly compost types (H_4 or H_2).

Also, the results of the third pot as well as the field experiments confirmed that application of compost types (H_4 or H_2) plus 25 kg N/fed combined with *Azorhizobium* inoculation gave wheat grain yield similar to those obtained by the recommended dose of chemical N-fertilizer. Application of compost types (H_4 or H_2) to sandy soils led to improve their chemical properties.

أسم الطالب: فريد شوقى فريد بدوى الدرجة: الدكتوراه

عنوان الرسالة : " دراسات على التسميد الحيوى العضوى لمحصول القمح تحت ظروف الأراضى حديثة الاستصلاح "

المشرفون : أ.د./ معوض كامل زهرة أ.د./ ذكية أحمد حلمى أ.د./ صالح أحمد صالح

قسم: الميكروبيولوجيا الزراعية فرع :ميكروبيولوجيا الأراضى تاريخ منح الدرجة: / / ٢٠٠٣

الملخص

اهتمت هذه الدراسة بتأثير التسميد الحيوى العضوى على محصول القمح تحت ظروف الأراضى حديثة الاستصلاح. حيث كان الغرض الأساسى لهذه الدراسة هو تقليل الأعتماد على الأسمدة الكيماوية وفى نفس الوقت المحافظة على أعلى إنتاجية لمحصول القمح. ولتحقيق أهداف هذه الدراسة ، تم تجهيز وعمل ٤ كومات سماد عضوى صناعى (كمبوست) باستخدام قش الأرز وطينة الفلاتر كمكونات أساسية (بنسبة ١ : ١ بالوزن). كما أضيف زرق الدواجن كمصدر عضوى للكومات الأربعة. اعتبرت الكومة الأولى (H_1) كنترول (كومة للمقارنة) بينما أضيف للكومة الثانية (H_2) بعض المحسنات المعدنية (بنتونيت ، صخر فوسفات ، تراب المنجنيز). أما الكومة الثالثة (H_3) فقد أضيف لها بعض الأسمدة الحيوية وهى فطر الترايكودرما (فطر محلل للسيليلوز) ، أزوتوباكتر (بكتيريا مثبتة للأزوت الجوى) ، باسيلس ميجاتيريم (بكتيريا مذيبة للفوسفات). أما الكومة الرابعة (H_4) أضيف لها كل من المحسنات المعدنية والأسمدة الحيوية السابق ذكرها. استمرت عملية الكمر الهوائى حتى الوصول للنضج (بعد ٧٥ يوماً) ثم خزنت الكومات الأربعة لمدة ٣٦٠ يوماً بعد النضج. تم تتبع بعض التغيرات الطبيعية والكيماوية والبيولوجية للكومات أثناء عملية الكمر والتخزين. كما تم اختبار درجة النضج للكومات تحت الدراسة.

أجريت تجربة أصص تحت ظروف الصوبة لأختيار أنسب معدل إضافة من الكمبوست لنمو القمح تحت ظروف الأراضى الرملية. كذلك أجريت تجربة أصص أخرى تحت ظروف الصوبة لدراسة استجابة نباتات القمح للتلقيح البكتيرى بالأزوريزوبيا ، اضافة المادة العضوية (الكمبوست) و المستويات المختلفة من التسميد النتروجينى المعدنى تحت ظروف الأراضى الرملية. أخيراً أجريت تجربة أصص وكذلك تجربة حقلية لتأكيد أفضلية المعاملات المتحصل عليها من تجارب الأصص السابقة وذلك بدراسة تأثير أنواع الكمبوست المختارة فى وجود كل من التلقيح البكتيرى بالأزوريزوبيا والمستويات المختلفة من التسميد النتروجينى مقارنة باستخدام الجرعة الكاملة من التسميد النتروجينى (١٠٠ كجم ن/فدان) على حالة النمو ومحصول القمح تحت ظروف الأراضى الرملية.

من خلال تتبع التغيرات الحادثة أثناء عملية الكمر الهوائى للمخلفات العضوية، أشارت النتائج الى وصول درجة حرارة الكومات الى أقصى درجة لها خلال ١-٣ يوماً من عملية التقليب ثم حدث لها انخفاض ملحوظ لتشابه درجة حرارة الجو المحيط عند وصولها لمرحلة النضج مع ملاحظة وجود ارتفاع طفيف لدرجة حرارة الكومات المحسنة مقارنة بالغير محسنة. كما أشارت النتائج مع تطور عملية الكمر وكذلك أثناء التخزين الى زيادة ملحوظة فى كل من قوة مسك الماء ، الكثافة الظاهرية ، درجة التوصيل الكهربى ، المحتوى الكلى والكميات الميسرة من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. بينما حدث انخفاض ملحوظ فى كل من الكربون العضوى ، المادة العضوية ونسبة الكربون الى النيتروجين. وجدير بالذكر أن هذه التغيرات تأثرت كثيراً بالإضافات المعدنية والأسمدة الحيوية المضافة للكومات. سجلت الأعداد الكلية للبكتيريا و الأكتينوميستات المحبة لدرجة الحرارة المتوسطة (الميزوفيلية) زيادة طفيفة فى المراحل الأولى من عملية الكمر ثم حدثت لها زيادة كبيرة حتى نهاية عملية الكمر. ومن ناحية أخرى فقد سجلت الأعداد الكلية من الميكروبات المحبة لدرجة الحرارة العالية (الثرموفيلية) والفطريات المحبة لدرجة الحرارة المتوسطة والميكروبات المحللة للسيليلوز زيادة فى أعدادها فى المراحل الأولى من الكمر ثم حدث لها نقص مع نهاية عملية الكمر وكذلك أثناء التخزين. كما أشارت النتائج الى زيادة طفيفة فى أعداد كل من الأزوتوباكتر والبكتيريا المنتجة للأحماض فى الكمبوست الناضج (بعد ٧٥ يوماً) مع حدوث نقص طفيف فى أعدادها عند التخزين.

أشارت نتائج اختبارات درجة النضج لكومات السماد العضوى الى حدوث أنخفاض ملحوظ فى درجة حرارة الكومات الأربعة لتشابه درجة حرارة الجو ، كما أعطى اختبار رقم الحموضة (pH) تحت الظروف اللاهوائية للكومات الأربعة نتائج تميل للقلوية. هذا بالإضافة الى أن جميع نسب الميكروبات الميزوفيلية الى الثرموفيلية كانت أكبر من ١. كما أشار اختبار معامل الانطفاء (Extinction coefficient, E_4/E_6 ratio) الى أن هذه النسبة لجميع الكومات كانت نوعاً ما منخفضة مما يدل على أن نسبة الأحماض الهيومية أعلى من أحماض الفولفيك. كما سجلت الكومات المحسنة أعلى نشاط لأنزيمى الديهيدروجينيز والنيتروجينيز مقارنة بالكومات الغير محسنة. كما لوحظ أثناء أجراء اختبار الإنبات عدم وجود أى تأثير تثبيطى على عملية الإنبات باستخدام المستخلصات المائية للكومات الأربعة.

أشارت نتائج تجربة الأصص الأولى الى وجود فرق معنوى بين معدلات الإضافة حتى ٥ طن كمبوست للفدان على نمو القمح تحت ظروف الأراضى الرملية بينما أشارت النتائج الى عدم وجود فرق معنوى بين المعدل ٥ و ١٠ طن كمبوست للفدان. كذلك فأن استخدام معدل الإضافة ٥ أو ١٠ طن كمبوست للفدان كان له تأثير إيجابي على تحسين بعض الخواص الكيماوية للتربة الرملية.

أشارت نتائج تجربة الأصص الثانية الى أن استجابة نباتات القمح لكل من التلقيح البكتيرى بالأزوريزوبيا ، أنواع الكمبوست المختلفة و المستويات المختلفة من التسميد النيتروجينى المعدنى كانت معنوية. كما أن استجابة القمح لإضافة أى نوع من الكمبوست (خصوصاً الكومة الثانية أو الرابعة) فى وجود التلقيح البكتيرى أدت الى الحصول على أعلى النتائج لكل من حالة النمو ، الكمية الممتصة من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكذلك المحصول وبعض قياساته. بالنسبة لاستجابة القمح للتلقيح البكتيرى فى وجود المستويات المختلفة من التسميد النيتروجينى، أدى استخدام المستويات العالية من التسميد النيتروجينى مع أو بدون التلقيح البكتيرى الى الحصول على أعلى حالة نمو ، الكمية الممتصة من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكذلك على المحصول وبعض قياساته. كما أشارت النتائج الى أن استخدام كل من الكومة الثانية أو الرابعة فى وجود ٢٥ كجم ن/فدان أعطى محصول حبوب مشابه أو يفوق المحصول المتحصل عليه من أستخدام المعدل الموصى به للفدان من التسميد النتروجينى المعدنى. ومن ناحية أخرى ، لم يكن هناك أى تأثير معنوى للتلقيح البكتيرى على خواص الأرض الكيماوية، بينما أدت اضافة الأنواع المختلفة من الكمبوست (خصوصاً الكومة الثانية أو الرابعة) الى تحسين الخواص الكيماوية للتربة الرملية.

أيضاً فقد أكدت النتائج المتحصل عليها من تجربة الأصص الثالثة والتجربة الحقلية الى أن استخدام نوعى الكمبوست (الكومة الثانية أو الرابعة) مع ٢٥ كجم ن/فدان فى وجود التلقيح البكتيرى بالأزوريزوبيا أدت الى الحصول على أعلى محصول حبوب مشابه أو يفوق المحصول المتحصل عليه من استخدام المعدل الموصى به للفدان من التسميد النتروجينى. كما أدى اضافة السماد العضوى الصناعى الى تحسين الصفات الكيماوية للتربة الرملية تحت الدراسة.

CONTENTS

	Page
1. INTRODUCTION	1
2. REVIEW OF LITERATURE	3
2.1. Bioconversion of organic wastes to compost	3
2.1.1. Common materials for composting	3
2.1.2. Composting methods	4
2.1.3. Parameters influencing the composting process	6
2.1.3.1. Temperature	6
2.1.3.2. Moisture	8
2.1.3.3. Aeration	9
2.1.3.4. Particle size	10
2.1.3.5. pH	11
2.1.3.6. C/N ratio	12
2.1.3.7. Time	14
2.1.4. Changes in materials during composting process	15
2.1.5. Measurement of compost maturity	19
2.1.6. Enrichment of compost	23
2.2. Effect of compost on enhancement of new reclaimed sandy soils	25
2.2.1. Physical properties	25
2.2.2. Chemical properties	26
2.2.3. Nutrients availability	27
2.2.4. Biological properties	29
2.3.Effect of agricultural wastes and compost on crop productivity.	30
2.3.1. Growth and yield	30
2.3.2. Nutritional status	32
2.4. Response of non-legume crops to bacterial inoculation	34
3. MATERIALS AND METHODS	39
3.1. Preparation of compost	39
3.1.1. Micro-organisms used	39
3.1.2. Raw materials used	40
3.1.3. Steps of compost preparation	40
3.1.4. Monitoring of composting process	44
3.2. Media used	44
3.3. Methods of analysis	46
3.3.1. Raw materials and periodical compost analysis	46
3.3.1.1. Chemical and physical determinations	46
3.3.1.2. Determination of microbial population in compost	48
3.3.1.3. Measurement of compost maturity	48
3.3.2. Soil analysis	51

Page

3.3.3. Plant analysis..... 52
3.4. Pot experiments..... 52
3.4.1. The first pot experiment..... 52
3.4.2. The second pot experiment..... 55
3.4.3. The third pot experiment..... 56
3.5. Field experiment..... 58
3.6. Statistical analysis..... 60

4. RESULTS AND DISCUSSION..... 61
4.1. Physical, chemical and biological changes during composting process and storage..... 61
4.1.1. Physical changes..... 61
4.1.1.1. Temperature..... 61
4.1.1.2. Water holding capacity (W.H.C.)..... 63
4.1.1.3. Bulk density..... 66
4.1.2. Chemical changes..... 67
4.1.2.1. pH..... 67
4.1.2.2. Electrical conductivity..... 69
4.1.2.3. Organic carbon and organic matter..... 70
4.1.2.4. Total nitrogen..... 70
4.1.2.5. C/N ratio..... 73
4.1.2.6. Total phosphorus and total potassium..... 74
4.1.2.7. Soluble nitrogen, available phosphorus and available potassium..... 76
4.1.3. Microbial changes..... 80
4.1.3.1. Total counts of mesophilic and thermophilic microorganisms..... 80
4.1.3.2. Counts of mesophilic and thermophilic cellulose decomposers..... 84
4.1.3.3. Counts of *Azotobacter* and acid producing bacteria..... 86
4.2. Evaluation of composted heaps at maturity..... 86
4.2.1. Some physical, chemical and microbial activity tests..... 88
4.2.2. Cress seed germination as a biological test..... 94
4.3. Effect of different levels of composted materials on wheat grown in pots under sandy soil conditions compared to the recommended dose of NPK..... 96
4.3.1. Some growth parameters..... 96
4.3.2. Total contents of N, P and K..... 99
4.3.3. Some chemical properties of sandy soil..... 102
4.4. Response of pot-grown wheat to *Azorhizobium* inoculation, compost application and different N-levels under sandy soil conditions..... 106
4.4.1. Response of wheat to *Azorhizobium* inoculation..... 107
4.4.1.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 107
4.4.1.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 109

Page

4.4.1.3. Some yield parameters..... 110
4.4.1.4. Yield of wheat..... 110
4.4.1.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 111
4.4.2. Response of wheat to compost application..... 112
4.4.2.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 112
4.4.2.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 114
4.4.2.3. Some yield parameters..... 115
4.4.2.4. Yield of wheat..... 116
4.4.2.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 116
4.4.3. Response of wheat to different N-levels..... 117
4.4.3.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 117
4.4.3.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 119
4.4.3.3. Some yield parameters..... 119
4.4.3.4. Yield of wheat..... 120
4.4.3.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 121
4.4.4. Response of wheat to inoculation with azorhizobia combined with compost application..... 122
4.4.4.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 122
4.4.4.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 125
4.4.4.3. Some yield parameters..... 126
4.4.4.4. Yield of wheat..... 126
4.4.4.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 127
4.4.5. Response of wheat to inoculation with azorhizobia combined with different N-levels..... 128
4.4.5.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 128
4.4.5.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 128
4.4.5.3. Some yield parameters..... 131
4.4.5.4. Yield of wheat..... 132
4.4.5.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 132
4.4.6. Response of wheat to compost application combined with different N-levels..... 133
4.4.6.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 133
4.4.6.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 137
4.4.6.3. Some yield parameters..... 137
4.4.6.4. Yield of wheat..... 138
4.4.6.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 139
4.5. Effect of *Azorhizobium* inoculation, compost application and different N-levels on some chemical properties of sandy soil after harvesting of wheat plants..... 140

Page

4.5.1. Effect of *Azorhizobium* inoculation..... 141
4.5.2. Effect of different composted materials..... 141
4.5.3. Effect of different N-levels..... 145
4.6. Effect of selected compost types combined with *Azorhizobium* inoculation and different N-levels as compared to the recommended dose of N-fertilizer on wheat grown in pots under sandy soil conditions..... 147
4.6.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 147
4.6.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 150
4.6.3. Some yield parameters..... 153
4.6.4. Yield of wheat..... 155
4.6.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 158
4.7. Effect of selected compost types combined with *Azorhizobium* inoculation and different N-levels as compared to the recommended dose of N-fertilizer on filed-grown wheat under sandy soil conditions..... 161
4.7.1. Plant growth of 60-day old wheat plants..... 162
4.7.2. Total contents of NPK of 60-day old wheat plants..... 164
4.7.3. Some yield parameters..... 168
4.7.4. Yield of wheat..... 170
4.7.5. Crude protein percentage and NPK yield of grain and straw..... 173
4.8. Effect of compost application on some chemical properties of sandy soil after harvesting of wheat..... 176

CONCLUSION..... 182

5. SUMMARY..... 184

6. REFERENCES..... 195

ARABIC SUMMARY