

分类号: Q939.9

密 级: 公开

U D C:                     

单位代码: 11035

# 沈阳大学

## 硕士学位论文

论文题目: 菌糠复合肥的研制及其在草莓种植中的应用



学 号: 150710000005

作 者: 刘柳

学 科 名 称: 生物学

2017年12月29日



A Master's Thesis in Biology

**Development of Fungus chaff Compound  
fertilizer and Its Application in Cultivation of**

**Candidate:** Liu Liu

**Supervisor:** Professor Yang Shaobin

School of Life science and Bioengineering

Shenyang University

Dec 29, 2017

# 独创性说明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写的研究成果，也不包含为获得沈阳大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

签名：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解沈阳大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

（保密的论文在解密后应遵循此规定）

签名：\_\_\_\_\_ 导师签名：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_

## 摘要

本文利用菌糠和鸡粪混合发酵，再添加益生菌剂制成具有生物活性的菌糠复合肥。检验菌糠复合肥对草莓生长与品质的促进作用，实现废弃菌糠的再利用。

首先，从垃圾降解菌粉中筛选出 3 种菌株（1 号，2 号，3 号），对 3 种菌株进行分离扩繁，染色观察，分析了 3 种菌株产  $H_2S$ 、 $NH_3$  能力，降解四类大分子有机物的能力，解磷、解钾与固氮能力，并研究了 3 种菌株对高温、高盐与 pH 值的耐受性。经鉴定 1 号菌株为蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus* Frankland and Frankland)，2 号菌株为枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*)，3 号菌株为巨大芽孢杆菌 (*Bacillus megaterium*)。将筛选得到的 3 种菌株进行混合并计数，制备获得体积浓度为  $4 \times 10^9$  cfu/mL 的混合益生菌液。

其次，研究并确定了菌糠复合肥的最佳配方，通过单因素实验进行室内盆栽效果检验，分析了菌糠与鸡粪的不同配比对草莓种植过程中生长发育与果实品质的影响。盆栽试验分为六组，定期施肥并测量草莓生长发育的相关指标。结果表明，菌糠与鸡粪按照 2: 3 的比例进行混合发酵，再添加体积浓度为  $4 \times 10^9$  cfu/ml 的混合菌剂制备出的菌糠复合肥对促进草莓生长和提高果实品质作用效果最为明显。

最后，进行单因素随机区组试验，检验不同肥料对田间草莓种植效果，共设置 5 个施肥处理，其他田间管理措施相同，记录其营养生长、产量、果实品质等相关指标，并整理数据，应用 EXCEL2007 对原始数据进行统一处理，用统计软件 SPSS17.0 对各项指标进行方差分析与多重比较，并绘制统计图。研究结果表明：施用菌糠复合肥较对照组等量的农家肥相比，株高增加 20%，单叶面积增大 32%，单果重增加 32%，株产量增加 28%，可溶性糖含量增加 15%，维生素 C 含量增加 23%。施用菌糠复合肥与其他常规肥料相比，株高最多增加 12%，单叶面积最多增加 13%，单果重最多可增加 27%，株产量最多增加 28%，可溶性糖含量最多增加 31%，维生素 C 含量最多增加 12%。同时，施用菌糠复合肥较施用等量的常规肥料相比，可溶性酸都有从 17%~30%不同程度的降低。菌糠复合肥比其他常规肥料

对草莓生长具有显著的促进作用，既能促进草莓植株的生长，又能提高草莓果实产量与品质。

**关键词：菌糠，菌剂，复合肥，草莓种植，果实品质**

# Development of Fungus chaff Compound fertilizer and Its Application in Cultivation of Strawberry

## Abstract

In this paper, the compound fertilizer of bioactive bacteria was made by mixing with chicken manure and adding probiotics. The effect of compound fertilizer on growth and quality of strawberry was tested, and the reuse of disused bran is realized.

Firstly, three kinds of bacteria (1, 2, 3) were screened from the Waste degradation fungus powder. Analyzed the three kinds of strain capacity of H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, four kinds of macromolecular organic matter degradation ability, pHospHate-solubilizing, releasing and nitrogen fixation ability, and studied the three strains of high temperature, high salt and pH value of tolerance. With the identification, the first strain was identified as *Bacillus cereus* Frankland and Frankland, the second strain was *Bacillus subtilis*, and the third strain was *Bacillus megaterium*. The three strains were mixed and cultured, and the total number of bacteria in mixed culture was observed, and the mixture of  $4 \times 10^9$  cfu/mL was prepared.

Secondly, research and identified the best prescription of fungus chaff compound fertilizer. The fungus chaff and ratio of chicken manure to strawberry plant growth and fruit quality in the process of impact was analysed by single factor pot experiment. The indoors experiment was divided into six groups, which regularly fertilized and measured the growth indexes of strawberry plants and the quality indexes of the fruit. Results show that the fungus chaff with chicken manure in accordance with the ratio of 2:3 after mixed fermentation, the concentration of added to the mixture of  $4 \times 10^9$  cfu/ml bacteria agent preparation of fungus chaff compound fertilizer to promote the growth of strawberry and improve fruit quality effect is most obvious.

Finally, a single-factor random group experiment was conducted to test the effect of different fertilizers on strawberry planting in the field. Five fertilizer treatments were

set up, the other field management measures were the same, and the nutrition growth, yield and fruit quality were recorded. The raw data analyzed by Using EXCEL2007, and the variance analysis, multiple comparison analysis and mapping of the indicators were analyzed using statistical software SPSS17.0. The results showed that the compound fertilizer could promote the growth of strawberry plants and improve the yield and quality of strawberry fruit. Application of bacterial chaff compound fertilizer than the control group compared to the same amount of farmyard manure, a 20% increase in plant height, leaf area increased 32%, single fruit weight increased by 32%, plant yield increased by 28%, soluble sugar content increased by 15%, vitamin C content increased by 23%. Compared with other conventional fertilizer application of bacterial chaff compound fertilizer, plant height increased by 12%, the most simple the largest area increased by 13%, weight can be increased by 27% at most, most plant production increased by 28%, soluble sugar content increased by 31%, most vitamin C content increased up to 12%. At the same time, the soluble acids were reduced from 17% to 30% in the same amount of conventional fertilizers.

**Keywords: fungus chaff, microbial inoculum, compound fertilizer, strawberry growing, fruit quality**

# 目录

摘要 .....	I
<b>Abstract</b> .....	III
第 1 章 绪论 .....	1
1.1 草莓种植的研究进展 .....	1
1.1.1 草莓概述 .....	1
1.1.2 国外草莓种植技术发展现状 .....	1
1.1.3 我国草莓种植技术发展现状 .....	2
1.2 菌糠作为肥料的研究进展 .....	3
1.3 微生物菌肥的研究进展 .....	4
1.3.1 微生物菌肥概述 .....	4
1.3.2 微生物菌肥国内外研究进展 .....	4
1.3.3 微生物菌肥与草莓生产 .....	5
1.4 本研究的创新性 .....	6
1.5 研究的主要内容和技術路线 .....	6
1.6 本研究目的和意义 .....	7
第 2 章 菌种的筛选 .....	8
2.1 试验材料 .....	8
2.2 试验地点与时间 .....	10
2.3 试验方法 .....	10
2.3.1 菌种分离与扩繁 .....	10
2.3.2 分离菌株的形态观察 .....	11
2.3.3 分离菌株的生理生化检验 .....	11
2.4 结果与分析 .....	12
2.4.1 分离菌株的菌落特征 .....	12
2.4.2 分离菌株的形态观察结果 .....	13
2.4.3 分离菌株的生理生化检测结果 .....	14
2.5 本章小结 .....	19
第 3 章 菌糠复合肥的研制及配方优化 .....	20
3.1 试验材料 .....	20
3.2 试验地点与时间 .....	20

3.3 试验方法.....	20
3.3.1 菌糠复合肥的研制.....	20
3.3.2 菌糠复合肥的配方优化.....	22
3.3.3 菌糠复合肥养分含量的测定.....	23
3.4 数据处理.....	23
3.5 结果与分析.....	23
3.5.1 不同配比菌肥对草莓生长状况的影响.....	23
3.5.2 不同配比菌肥对草莓品质的影响.....	25
3.5.3 菌糠复合肥养分含量测定结果.....	26
3.6 本章小结.....	27
第4章 菌糠复合肥在草莓种植中的应用.....	28
4.1 试验材料.....	28
4.1.1 试验地概况.....	28
4.1.2 供试品种.....	28
4.1.3 供试肥料.....	28
4.1.4 试验药品和仪器.....	29
4.2 试验时间.....	29
4.3 试验方法.....	29
4.3.1 试验设计.....	29
4.3.2 试验方法.....	30
4.3.3 测定指标与方法.....	31
4.4 数据处理.....	31
4.5 结果与分析.....	31
4.5.1 不同施肥处理对草莓生长状态的影响.....	31
4.5.2 不同施肥处理对草莓产量的影响.....	35
4.5.3 不同施肥处理对草莓品质的影响.....	36
4.6 本章小结.....	38
第5章 结论.....	40
参考文献.....	42
附录.....	42
在学期间研究成果.....	47
致谢.....	48

# 第1章 绪论

## 1.1 草莓种植的研究进展

### 1.1.1 草莓概述

草莓 (*Fragaria ananassa*) 又可以称之为红莓, 属于蔷薇科 (Rosaceae), 草莓属 (*Fragaria*), 为宿根性多年生草本植物<sup>[1]</sup>。原产自欧洲, 后传入我国, 在国内, 许多地区都有种植。因为草莓从果形上观察, 十分像心脏的形状, 又特别的晶亮血红, 所以被称之为"相思果"<sup>[2]</sup>。草莓果实从色泽上来看十分鲜艳, 果肉特别的柔软多汁, 能被食用的成分高达 98%。富含多种人体必需的维生素、氨基酸、矿质元素、纤维素以及花青素等营养物质。特别是所含有的维生素 C 物质, 其含量与葡萄和苹果等水果相比高出 7-10 倍。而所含有的柠檬酸、苹果酸等物质的含量也比葡萄和苹果等高出 4-5 倍, 因为其超高的营养价值, 又被赞誉为“水果皇后”。草莓果实不但能给人们带来非常丰富的营养价值, 且具有强大的保健功效, 可以保护视力, 有效的缓解夜盲症; 维护上皮组织, 辅助肝脏排泄废物从而使眼睛更加明亮; 加速胃肠道分解食物, 帮助消化并防止便秘的发生, 有效的防止痤疮和肠癌等疾病的发生; 补血、化脂, 对人们心血管方面的相关疾病也有一定的防治效果<sup>[3-4]</sup>。

### 1.1.2 国外草莓种植技术发展现状

在国外, 草莓种植产业的整体发展形势为, 在确保栽培面积相对恒定的前提下, 通过增加草莓单株产量来达到总体产量增高的目的, 这不但需要选择品种优良的草莓种苗进行培育, 还需要科学创新的培植技术。最近十年, 关于草莓种植技术的研究非常多, 草莓种植产业的发展速度不断加快, 栽培面积日益变大, 草莓果实的产量也得到大幅度提高, 新的品种陆续出现, 也有很多国家在草莓种植过程中陆续的开始采用无土式栽培、幼苗促成栽培、早熟栽培和挂墙式立体栽培等模式, 而且在草莓的施肥技术、培育制度、加工存储、病虫害防范与治理等方面都进行了大量的研究工作<sup>[5-11]</sup>, 取得了不小的进展。另外, 其他国家的许多科研

人员对草莓品种的选育非常看重，根据当地的周围环境、市场准则和种植特点培植或选择出合适的品种投入到实际的生产种植中，做到了品种区域化。相关数据表明，如今世界各地现存的草莓种植种类大约有 2500 种。

就种植方式而言，欧美各国如今依旧以露地种植为主，而日本等国家大部分开始进行保护地种植，其种植方式主要是考虑大面积的促成种植，小面积进行半促成种植方式。在法国和英国等国家，对早熟草莓品种进行加扣塑料大棚促成种植技术和对晚熟草莓品种进行冬季增温种植技术均形成工业化的生产模式，同时实施集约化培植并充分利用温室环境优势，进行立体挂墙培植模式，使保护地区的草莓产量得到有效提高。因为育苗方式有所改革、苗木储存运送方式更加便捷，所以该种植方式被广泛的使用在温室和塑料大棚种植中<sup>[12]</sup>。目前，无病毒草莓苗的培植是使草莓产量增加的一个关键措施，其应用效果倍受许多国家的关注。关于草莓种植过程中的施肥方法，很多国家都会根据当地的土壤环境和草莓生长所需营养情况判断如何施肥，大部分采用科学的方式进行施肥。例如美国的一些科研小组对草莓植株所吸收的营养情况进行了检测，结果显示：营养物质的累计主要处于结果的时期，如果某一种营养物质的含量处于临界值，就会特别容易在那一时期被检测出来<sup>[13]</sup>。

### 1.1.3 我国草莓种植技术发展现状

由于我国地域辽阔、不同地区气候温差较大，再加上生产方式各不相同，所以草莓培植方式出现多样化<sup>[14]</sup>。我国较为传统的草莓种植方式是露地栽培，如今，因为草莓适应性较强、对生长环境要求较低，多地均可种植，且经济收益可观，非常适于保护地种植，所以各个地区保护地种植技术不断更新，从基础的地膜覆盖到大棚种植<sup>[15-17]</sup>。自 2000 年以来，大棚草莓的培植技术的创新变得更加丰富，优质高效配套种植技术<sup>[18-20]</sup>、高产高效种植技术<sup>[21]</sup>、三膜覆盖种植技术和水肥一体化培植技术<sup>[22]</sup>等层出不穷。其中水肥一体化培植技术最适合保护地栽培草莓，因此，已经成为目前主要栽培方式。现阶段我国在草莓种植过程中广泛运用的田间管理措施有喷洒赤霉素等物质、放蜂授粉、增温和补光、滴灌浇水设备等。除此之外，许多地区的草莓种植户还安装了 CO<sub>2</sub> 气肥装置与卷帘机，如此一来，又使得草莓种植节省了人力物力，提高生产效率。

随着农业种植结构调整和市场消费对高品质果的需求，我国草莓生产发展较快的省市已经进入转型期，种植形式由露地培植模式逐渐转变成为大棚培植模式，由数量型提升向数量质量型共同提升转变。重视草莓种植过程中的施肥处理，能够有效提高草莓产量与品质，进而增长草莓种植的总效益<sup>[23-26]</sup>。

## 1.2 菌糠作为肥料的研究进展

菌糠是一种食用菌种植后残留的农业固体废弃物<sup>[27]</sup>。目前我国种植食用菌的用户越来越多，食用菌产业的经营规模越来越大，据统计，每年生产食用菌约 1800 万吨，所排放的菌糠数量高达 900 多万吨<sup>[28]</sup>，这些菌糠的 80% 都会被当作农业固体废弃物被任意的丢弃或焚烧，不能得到充分有效得利用。既造成了大量的资源浪费，又会造成严重的环境污染现象。因此，如何有效的利用菌糠和无害化处置废弃的菌糠固体垃圾已变成亟待解决的问题。努力实现资源化再利用，使食用菌生产销售等过程形成稳定平衡的发展模式，有非常重要的研究价值<sup>[29]</sup>。

多年以来，不管在国内还是在海外，许多科研人员都对菌糠的合理化利用问题展开研究和探讨。菌糠是一种品质优良的有机肥料，经过发酵后可以直接作为基肥进行施用，其中含有许多有机质与活性物质，可以使土壤的肥效增强。并且菌糠能够改善土壤构造，提高土壤中的氧含量，解决土地板结等问题<sup>[30]</sup>。赵丽珍经过 3 年的深入研究，了解到菌糠可以用作基肥，可以使土壤中全 N、全 P、有机物质的含量有效提高，进而达到提高土壤肥力的目的，使玉米产量增加 7.9% -13.8%，促进玉米植株的生长发育<sup>[31-32]</sup>。李学梅等人的研究证明了，菌糠作为肥料施入土壤中，营养丰富，较农家肥而言，除含 P 量不如马粪之外，N 和 K 的含量都比马粪高<sup>[33-35]</sup>。其他相关研究表明，菌糠施入田间后可取得非常好的肥效。通过将菌糠和其他物质混合施用，进行樱桃番茄等作物的无土栽培，与传统的陆地种植模式相比，增高 15% 的产量，提升 4.5% 的含糖量，提高 0.2% 的维生素 C 含量<sup>[36-37]</sup>。朱小平利用盆栽试验验证了菌糠和有益微生物能够相互结合共同使用，作用小白菜后测量生长指标与土壤养分情况，结果表明菌糠经过处理之后和有益的微生物相互结合在小白菜种植中具有良好的应用效果，能够显著地提高植株的长势，并达到增产的目的，改善土壤中的营养成分。对菠菜进行的试验中，同样将菌糠预先处理再和有益菌共同混合后施肥，充分验证了菌糠和有益菌混合之后施

用可以使得菠菜的生长发育得到显著提高，并使菠菜增产，改善土壤营养成分[38-40]。

## 1.3 微生物菌肥的研究进展

### 1.3.1 微生物菌肥概述

微生物菌肥(*Microbial fertilizers*)简称菌肥，又叫做微生物肥料，是一种新研发出的独特生物制剂，所含种类极其繁多。按照研制的种类可以将其分成含有简单成分的微生物菌肥和与其他物质混合而成的复合型微生物菌肥<sup>[41-44]</sup>；按照肥的整体形态可以将其分成固态肥和液态肥等。当前市场上较为广泛应用的是复合型微生物菌肥，该类菌肥既包含了丰富的有益微生物，又含有超高的生物活性。微生物菌肥的运作机理较为复杂，一方面是微生物能够产生具有活性的、促进作物生长的代谢产物，有效促进植物的生长代谢，同时又能使植物具有抵御病虫害的功能；另一方面是微生物能够分解土壤中的有机物，产生营养物质，提高土壤肥力，进而使作物增产<sup>[45-48]</sup>。

### 1.3.2 微生物菌肥国内外研究进展

微生物菌肥的作用具有多样性，其在提供给植物养分的同时，也会抑制土传病菌的生长，在土壤中形成许多对植物有益微生物，进而在根部附近形成一种“微生态”环境，这方面研究受到了海内外许多科研人员的高度重视<sup>[49]</sup>。

美国、德国和日本等国家都对大范围生产微生物菌种进行了研究，根据不同环境把挑选的微生物菌种培养在不同营养成分配置的培养基上，制备成单一菌株的菌剂或复合菌剂，再和化学肥料等共同混合制备成具有生物活性的复合肥料。相关资料显示，早在1980年的时候美国便通过网络分析总结了动植物废料厌氧发酵的经济效应<sup>[50]</sup>。其他国家也对有益微生物相关内容做出繁多的研究。欧洲的研究者对圆褐固氮菌等进行了研究，主要针对其在菌肥中的作用以及应用价值等。最终总结实验结果证明，这一类型的细菌可以排泄出生长因素和一种抗生素，能促进种子发芽和根的生长。1980年初，许多研究小组对固氮类细菌和解磷类细菌分别进行了分离培养与田间试验，获得的试验结果具有很大的差异性，这也导致科学家之间就其应用效果产生巨大的分歧和争论。深入研究表明，固氮螺菌与禾

本科作物联合共生的效果十分明显，已在许多国家实施应用<sup>[51-57]</sup>。

在我国，微生物菌肥产业的发展时间长达 60 余年，特别是近 10 年时间里，在微生物菌肥研究过程中，取得了许多具有价值的研究成果，已经初步形成完善的产业规模。大致从以下几个方面有所体现，新型菌剂的研制、添加菌种种类不断增多、作用效果日益完善、施用的面积不断扩大和肥料进出口的数量逐渐增加<sup>[58]</sup>。最近几年以来，我们国家在微生物菌肥研究范围内，实行高校联合研究机构与企业共同合作的模式，将理论转化为现实，投入实际应用操作之中，使研究成果逐渐转向产业化，获得非常可观的经济效益<sup>[59]</sup>。许多科研人员利用有机菌肥作用农作物，取得了明显的作用效果，提高作物产量和品质，证明了使用有机菌肥对土壤多样性无负面影响，用菌肥来代替化肥施用在作物的种植中，有助于减小化肥对土壤养分含量的干扰<sup>[60-62]</sup>。目前，我国平均每年生产微生物菌肥的数量在 3.5 万吨左右。国内市面上现在已经推广了八种生物菌肥，均获得了农业部的初次认证<sup>[63]</sup>。生产绿色食品对有机菌肥的需求量很大，从而促进了有机菌肥的需求量。但是农业生产者不了解有机菌肥的特性而盲目进行施用，造成施用效果不明显。因此，充分了解有机菌肥的使用特性，才能使其价值发挥到最大化<sup>[64-65]</sup>。

### 1.3.3 微生物菌肥与草莓生产

草莓花期较为集中，结果数量多，需要大量的肥料为其供给营养成分，传统草莓种植中广泛存在化肥使用量超标的问题，盲目的进行施肥会导致肥效发挥不充分，加剧土壤板结问题，产量下降，乃至草莓品质降低。尽人皆知，土壤的肥效主要取决于是否重视改良土地和培肥地力，而微生物肥料的主要功效就在于增进土壤的肥效，所以微生物肥料在草莓种植中具有极其重要的应用价值。在现代草莓种植中，施用有机肥料、绿肥和复合菌肥，已经是发达国家提高草莓土壤肥力，达到高产优质目的的基本措施<sup>[66]</sup>。

国内外许多科研人员通过微生物菌肥与其他肥料比较试验，验证了微生物肥料具有使草莓增产、使草莓果实品质优化功能<sup>[67-70]</sup>。在草莓的种植过程中，病虫害是威胁草莓生产的主要障碍之一，针对这些病虫害问题，一些研究人员利用不同种类的菌肥作用于草莓培植中，不但能够明显的提高草莓果实的产量，增强草莓果实的品质，同时还可以减少病虫害的发生率<sup>[71-75]</sup>。

## 1.4 本研究的创新性

首次将蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus* Frankland and Frankland)、枯草芽孢杆菌 (*B. subtilis*) 和巨大芽孢杆菌 (*B. megaterium*) 按照 1:1:1 比例混合制成复合菌剂, 再添加到菌糠与鸡粪发酵后的肥料中, 制成具有生物活性的菌糠复合肥。

首次在草莓种植中使用菌糠复合肥。菌糠复合肥具有生物活性, 能够改善土壤结构, 增强土壤通透性, 促进草莓匍匐枝的生长和养分吸收, 提高草莓产量, 改善草莓品质。

## 1.5 研究的主要内容和技術路线

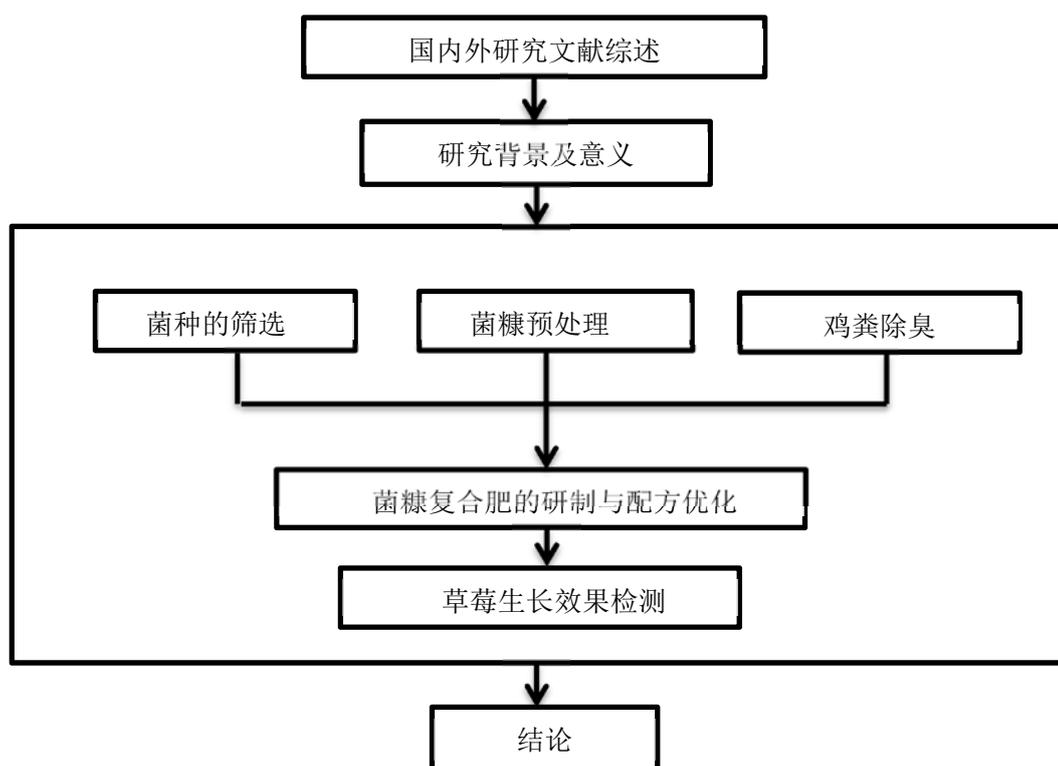
本课题主要研究内容如下:

首先培养并筛选出能降解所需营养元素的益生菌剂并检验其作用效果。

然后以菌糠为载体, 与鸡粪按照一定的配比进行高温堆肥, 再添加混合菌剂, 制备菌糠复合肥, 通过盆栽试验确定菌糠复合肥的最佳配方。

最后通过田间实验, 与其他肥料进行对比实验, 检验菌糠复合肥对草莓的生长发育、产量与果实品质的影响效果。

本课题主要技术路线:



## 1.6 本研究目的和意义

我国的食用菌生产总量跃居世界第一，平均每年培植食用菌所形成的废料菌糠高达 400 万吨以上。当前，种植户及厂家对菌糠的处理大都是作为固体垃圾，直接丢弃或焚烧，这不但造成资源浪费，同时还导致霉菌和害虫滋生，污染环境<sup>[76-77]</sup>。菌糠作为食用菌产业的固体废弃物，其有机质物质得含量仍很高、各类速效营养成分依旧全面，并且含有多种植物生长所需物质，是一种非常有价值的有机肥料，其取材广泛，价格低廉，在新型有机肥开发、应用方面前景广阔<sup>[78-79]</sup>。

草莓生产是丹东东港地区农业生产的支柱产业，随着人们生活品味的提升和种植技术的进步，草莓的种植目标已经从单一的寻求高产转向优质高产共同实现，品质优异便会带来可观的收益。所以，如何改善草莓的生长品质在其种植过程中显得越来越关键。目前，在草莓种植中主要使用的肥料是化肥和洋丰复合肥等，使用这些肥料，不但会导致土壤板结、酸化、沙化、养分失衡等问题，而且还会影响草莓的长势、产量以及果实品质，降低其商品价值<sup>[80-82]</sup>。在草莓种植过程中，因肥力不足而导致的生长发育缓慢与果实品质不佳等问题有待于解决。

本项目研究的菌糠复合肥以菌糠为载体配合家禽粪便，经过发酵制成有机肥，再添加能够产生抗菌物质、分解有机物、预防植物病害的益生菌剂，制成低污染、低成本、高肥效并具有生物活性的复合菌肥。不但为草莓的生长提供丰富充足的氮磷钾及微量元素，改良土壤结构，增强土壤通透性，改善草莓生长品质。而且使固体废弃物菌糠得到了及时充分有效的利用，降低肥料生产成本，满足农业肥料的普遍需求，有着良好的经济效益和巨大的市场应用前景。

## 第2章 菌种的筛选

草莓在其生长的整个过程中，需要大量的 N、P、K 元素与少量的微量元素来提供营养物质，其中 N 元素不仅可以促进草莓开花、结果，还能增加叶片面积以及植株茎的生长。而 P 元素能够促进花芽的形成，并使草莓坐果率得到提升。K 元素能在一定程度上增加葡萄糖的生成，可以促进浆果成熟，使其含糖量有一定程度的增加，进而使草莓的综合质量有所提高。蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus* Frankland and Frankland)、枯草芽孢杆菌 (*B. subtilis*) 和巨大芽孢杆菌 (*B. megaterium*) 可以产生抗菌物质，抑制有害微生物的繁殖，预防植物病害，活化土壤中的营养成分，降解农药和化肥残留，改善生态环境，提高作物的生长品质。本实验筛选纯化出了 3 种菌株，并对其进行扩繁，观察其形态特征，并通过生理生化实验对其进行进一步鉴定确认，主要包括产 H<sub>2</sub>S 和 NH<sub>3</sub> 实验、菌株的解磷、解钾和固氮能力，对四大类分子的降解能力，以及菌株对高温、高盐 and pH 值得耐受程度等。

### 2.1 试验材料

**材料：**生活垃圾降解菌粉由沈阳育珊文化交流有限公司提供。

**试剂：**牛肉膏、蛋白胨、琼脂、NaCl、可溶性淀粉、K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>、KNO<sub>3</sub>、MgSO<sub>4</sub>、NaOH、NaNO<sub>3</sub>、FeSO<sub>4</sub>、HCl、95%酒精、蔗糖、香柏油、碘液等。

**仪器：**无菌操作台、光学显微镜、电子天平、高压灭菌锅、冷冻离心机、人工气候箱、摇床、分光光度计等。

**培养基如表 2.1 所示：**

表 2.1 主要培养基  
Table 2.1 The main culture medium

培养基	添加物	条件
牛肉膏琼脂培养基	NaCl: 5g, 牛肉膏: 3g, 蛋白胨: 10g, 琼脂 : 15g (液体培养基不加), 去离子 水 : 1000ml。	pH7.0 121℃ 灭菌 20min



培养基	添加物	条件
A 培养基	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> : 2g, FeCl <sub>3</sub> : 0.005g, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O: 0.5g, CaCO <sub>3</sub> : 0.1g, 蔗糖: 3g, 钾长石粉(用去离子水洗五次): 1g, 去离子水: 1000ml, 琼脂: 20g (液 体培养基不加) KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> : 0.2g, NaCl : 0.2g。	pH7.0 121℃ 灭菌 20min
B (无氮) 培养基	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O : 0.2g, CaCO <sub>3</sub> : 5.0g, CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O: 0.1g, 甘露醇: 10g, 琼脂: 20g (液体培养基不加), 去离子水: 1000ml。	pH7.0 121℃ 灭菌 20min
高盐培养基	以牛肉膏琼脂培养基为基础, 加入不同量 的 NaCl, 形成不同盐浓度的培养基。	pH7.0 121℃ 灭菌 20min

## 2.2 试验地点与时间

本实验在沈阳大学“辽宁省城市有害生物治理与生态安全重点实验室”进行。从 2015 年 9 月开始进行菌种培养与分离, 直到 2015 年 11 月菌种鉴定完毕。

## 2.3 试验方法

### 2.3.1 菌种分离与扩繁

#### (1) 制备菌悬液

称取样品生活垃圾降解菌粉 1g, 混合 99ml 蒸馏水置于三角瓶内, 用玻璃棒搅拌 5min 并摇匀, 将样品稀释成浓度为 10<sup>-2</sup> 的菌液。

#### (2) 平板培养与划线分离

采用平板涂布法进行培养, 用涂布棒快速均匀地将稀释后的菌悬液涂布在培养基上, 在 37℃ 人工气候箱中静置 24h。用接种环按无菌操作的方式挑取少量菌种, 在新的培养基上继续划线分离培养, 形成不同特征的菌落, 继续划线分离培

养，获得单一菌落。接着进行分离纯化，最终获得三种纯菌种，分别标号记作 1、2、3 号。

### (3) 斜面培养

将平板中培养出来的 1、2、3 号菌株接种到斜面培养基。37℃无光培养，当斜面上菌丝旺盛并无杂菌时待用。

### (4) 摇床培养

先将制备好的斜面培养基上的 1、2、3 号菌种分别用接种铲取一块约 20mm<sup>2</sup>的菌苔接种到液体培养基内，在温度为 37℃条件下培养 24h，转速控制在 200r/min。

## 2.3.2 分离菌株的形态观察

利用革兰氏染色法确定菌株属于革兰氏阳性（G<sup>+</sup>）菌或是革兰氏阴性（G<sup>-</sup>）菌。具体的操作方法分为四步，分别取 3 种菌株各一份置于载玻片上，第一步用草酸铵对其进行初染，第二步用碘液对其进行媒染，第三步用 95%的乙醇进行脱色，第四步用碱性复红对其进行复染。每一步染色之后都需要用水冲洗，经过各步染色之后保持草酸铵和碘的混合物不会被酒精脱色。染色后在显微镜下进行观察，先在 16×10 的低倍镜，再用 16×40 的高倍镜，最后在 100 倍油镜下观察细菌形态并拍照。如果菌株呈现紫色状态，则为革兰氏阳性（G<sup>+</sup>）菌；如果菌株呈现红色状态，则为革兰氏阴性（G<sup>-</sup>）菌。

## 2.3.3 分离菌株的生理生化检验

在 3 种分离菌株中分别选取生长较好的菌株进行实验。

### (1) 微生物产 H<sub>2</sub>S 试验

分别接种 1、2、3 号菌株在柠檬酸铁铵培养基上，放入 37℃人工气候箱中，24h 后进行观察，若培养基上有黑色的沉淀线显现，就是阳性反应。同时还需要注意在接种线附近是否出现了外延的状况，如果有，则代表该菌能够进行运动。

### (2) 微生物产 NH<sub>3</sub> 试验

先配置细菌半固体培养基，添加酚酞后灭菌。分别倒入四个培养皿中，等溶液在成半固体时，在无菌工作台上分别刺穿接种三种菌株，置于 37℃恒温箱中培养 24 小时。观察结果。如果培养皿中出现粉红色或者红色则说明原细菌中有氨气的产生；如果培养皿中没有氨气的产生则说明原细菌中没有产生氨气。

### (3) 四类大分子有机物降解试验

将 1、2、3 号菌株分别接种到蛋白质、淀粉、纤维素和脂肪四类有机物固体培养基上培养 3 天，分别记录每天观察到的菌株直径，可以分析菌株降解相应大分子有机物的能力，进而了解菌株的降解性。

一般形态与生理生化检测结果可以参照《柏杰氏细菌鉴定手册》（第 9 版）

### (4) 解磷、解钾、固氮能力检验

选取 1、2、3 号菌株先后接种到 A 培养基中和 B（无氮）培养基中。于 37℃、200r/min 培养箱中培养，每 8h 吸取一次接种了不同类型菌株的发酵液。对 A 培养基中的发酵液分别利用磷钼酸蓝法测定有效 P 含量、原子分光光度计法测定有效 K 含量，对 B 培养基中的发酵液采用凯氏定氮法测定 N 含量<sup>[83]</sup>。

### (5) 菌株对高温、高盐浓度和 pH 的耐受性

将接种到斜面培养基上培养了 8 小时以后的 1、2、3 号菌株置于不同温度（30、35、40、45、50、55、60、65）℃下培养 5 天，观察菌落形态及变化，进而确定菌株能够存活的最髙温度。另取部分 1、2、3 号菌株接种到不同 NaCl（3、4、5、6、7、8、9、10）%的培养基中 37℃下培养 5 天，观察菌落形态及变化，确定菌株能够存活的最髙盐浓度。再用 NaOH 将固体培养基调整至 pH（5、6、7、8、9、10），分别接种 1、2、3 号菌株，观察菌落形态及变化，确定菌株能够存活的最髙 pH。

## 2.4 结果与分析

### 2.4.1 分离菌株的菌落特征

通过稀释平板法进行编号的琼脂平板，放入 37℃恒温培养箱中培养 24 小时后，观察发现获得的 3 个菌落特征见图 2.1，分别为：



图 2.1 菌落生长和分布情况  
Fig.2.1. Colony growth and distribution

1 号菌落表面有凸起，颜色呈乳白色，直径大约为 1cm 的圆形，表面为白蜡状，菌落总数约  $4 \times 10^8$  cfu/g，菌落生长和分布情况如图 2.1a。

2 号菌落表面为微黄色，着色均匀，粗糙不透明，直径大约为 1.5cm，菌种总数约为  $2.6 \times 10^8$  cfu/g，菌落生长和分布情况如图 2.1b。

3 号菌落表面呈白色状态，直径大约为 0.5cm，菌落表面光滑，菌种总数约  $1.92 \times 10^8$  cfu/g，菌落生长和分布情况如图 2.1c。

#### 2.4.2 分离菌株的形态观察结果

挑取生长较好的菌落进行分离纯化以及染色制样，利用光学显微镜观察发现菌体状况见图 2.2:

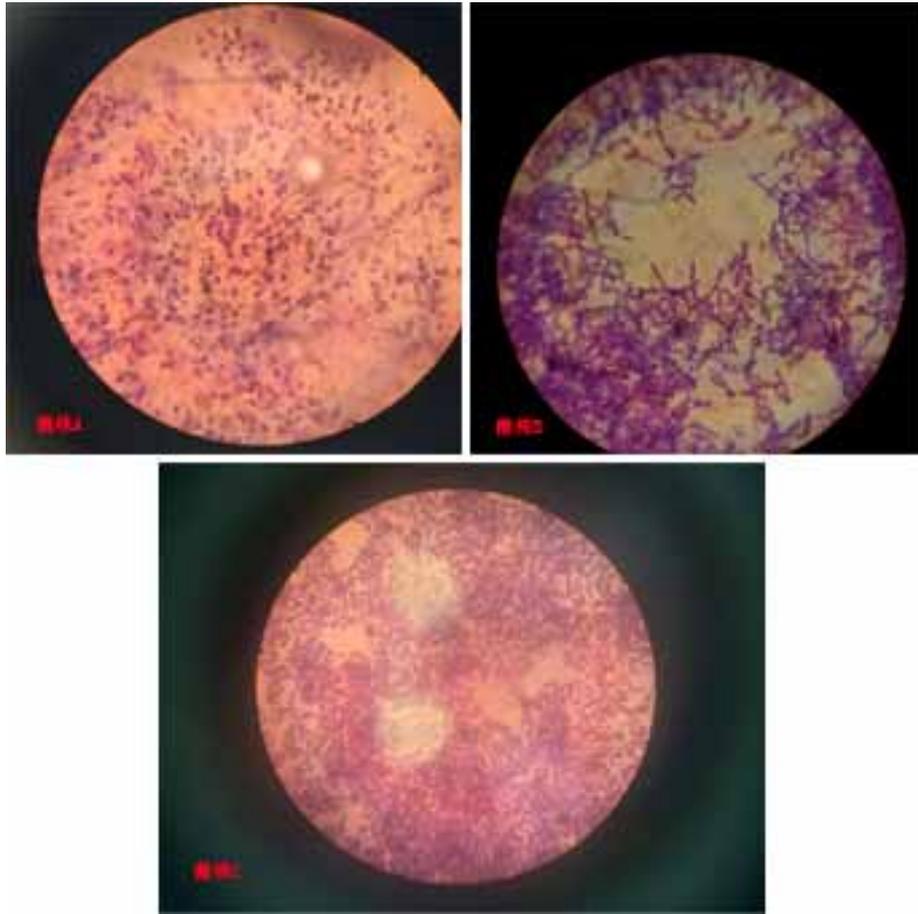


图 2.2 分离菌株的照片

Fig.2.2. Micrograph of the isolated strain

1 号菌株形态观察呈杆状，杆的两端为钝圆形，有芽孢，具有运动性，边生鞭毛，初步鉴定该菌株为好氧或兼性厌氧的革兰氏阳性( $G^+$ )杆菌，观察细胞图如图 2.2a。

2 号菌株形态观呈椭圆状或者柱状，有芽孢，具有运动性，形成芽孢后的菌体不膨大。初步鉴定该菌株为好氧或兼性厌氧的革兰氏阳性( $G^+$ )杆菌，观察细胞图如图 2.2b。

3 号菌株形态观察呈长杆状，末端圆，具有运动性。初步鉴定该菌株为好氧或兼性厌氧的革兰氏阳性( $G^+$ )杆菌，观察细胞图如图 2.2c。

### 2.4.3 分离菌株的生理生化检测结果

对 3 种菌株的部分生理生化特征进行检测，检测结果如表 2.2 所示。

### (1) 产 H<sub>2</sub>S 试验

一些细菌可以将含硫元素的氨基酸物质进行分解产生 H<sub>2</sub>S 气体，H<sub>2</sub>S 和培养基上的铁盐发生置换反应，可产生黑色 Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 沉淀，从而可以确定 H<sub>2</sub>S 的产生（例如沙门菌属、变形杆菌属细菌等产 H<sub>2</sub>S 实验呈阳性，而其他菌属呈阴性）。将 1 号、2 号、3 号菌株分别接种到含硫氨基酸培养基中，1 号、2 号和 3 号菌株都不能分解含有巯基的胱氨酸或半胱氨酸，说明这三种菌株不能产生 H<sub>2</sub>S 臭味气体，也不能与硫酸亚铁发生置换反应，不能生成硫化亚铁黑色沉淀，因此呈“-”阴性反应。结果表明 1 号、2 号、3 号菌株能抑制 H<sub>2</sub>S 臭味气体产生，不属于变形杆菌属（Proteus）。

### (2) 产 NH<sub>3</sub> 试验

将 1 号、2 号、3 号菌株接种到培养基上，能与酚酞试剂发生显色反应呈红色，结果表明 1 号、2 号、3 号菌株能发生氨基酸脱氨基的氨化反应，能分解含有氨基的氨基酸，能产生含有 N 元素的营养物质，因此呈“+”阳性反应。

表 2.2 分离菌株的生理生化特征

Table 2.2. Physiological and biochemical properties of the isolated strain

生理生化实验	结果		
	1 号	2 号	3 号
运动性	+	+	+
产硫化氢	-	-	-
产氨气	+	+	+

注：“-”为阴性反应，“+”为阳性反应。

### (3) 四类大分子有机物降解能力

将 1、2、3 号菌株分别置于蛋白质培养基平板上培养后形成的菌落大小如图 2.3 所示，三种菌株生长状态良好，三个菌落的直径随着时间的增加而增大，说明该菌株可以良好的利用蛋白质作为其营养物质，能够很好的降解蛋白质。

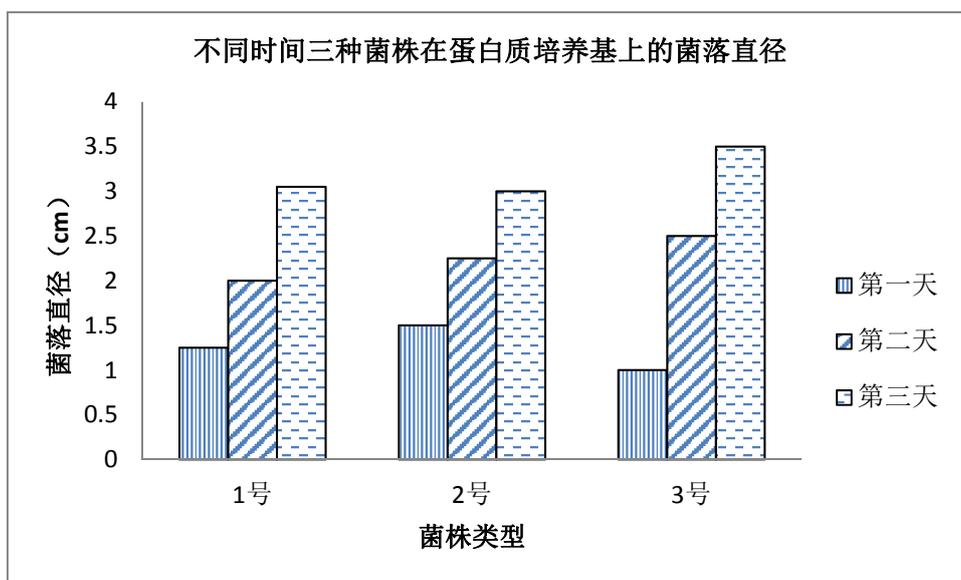


图 2.3 三种菌株在蛋白质培养基上的菌落直径  
Fig.2.3. The colony diameter of three strains on the protein medium

如图 2.4，1 号菌落的直径随着时间增加而快速增加，说明 1 号菌株能够很好的利用淀粉作为营养物质，能够很好的降解淀粉，2 号和 3 号菌落直径随着时间的增加而变化不大，2 号和 3 号菌株虽然不能很好的利用淀粉作为营养物质，但是依然能够降解少量淀粉。

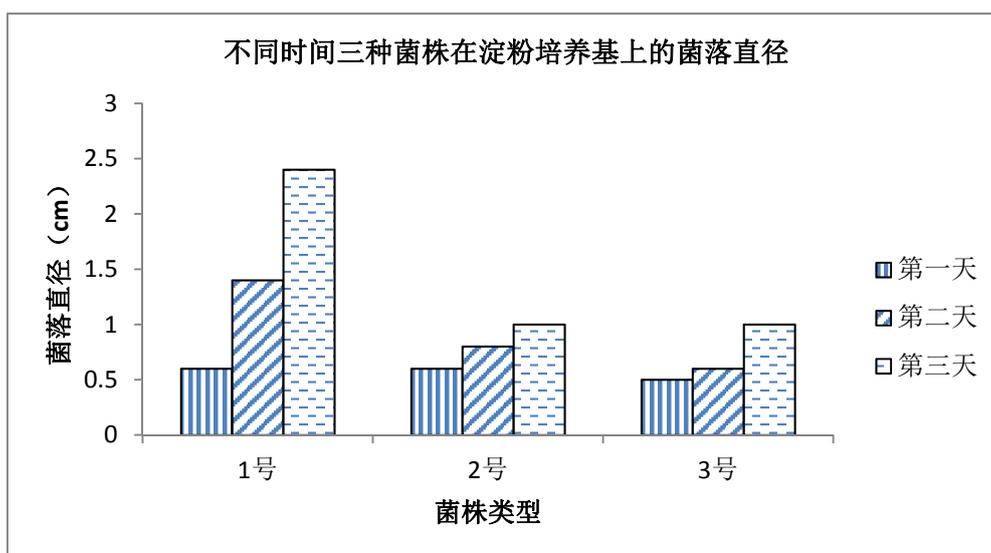


图 2.4 三种菌株在淀粉培养基上的菌落直径  
Fig.2.4 The colony diameter of three strains on the starch medium

如图 2.5，1 号菌落的直径随着时间增加而变化不大，说明该菌株虽然不能很好的利用纤维素作为营养物质，但是依然能够降解少量纤维素。2 号和 3 号菌落直径随着时间的增加而快速增加，说明 2 号和 3 号菌株能够很好的利用纤维素作为营养物质，能够很好的降解纤维素。

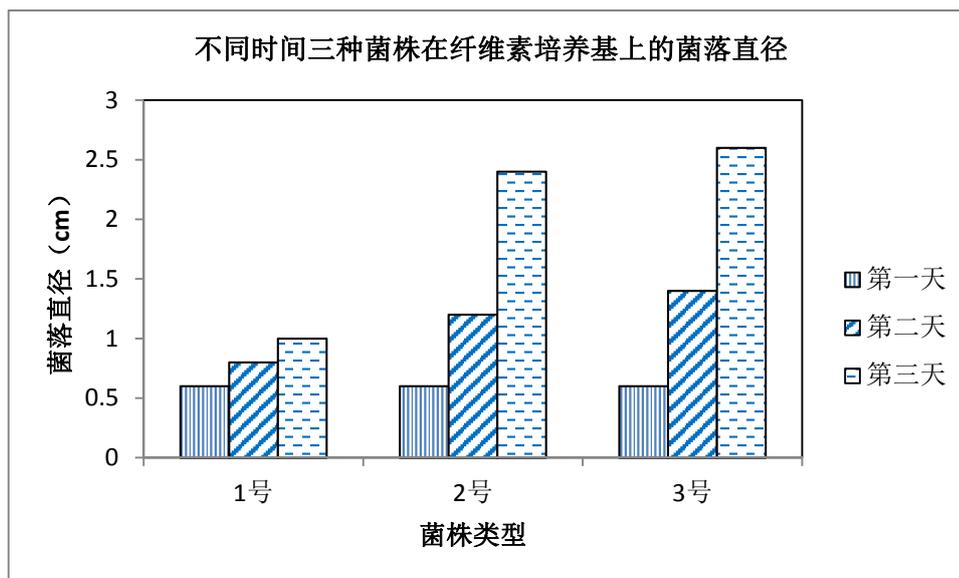


图 2.5 三种菌株在纤维素培养基上的菌落直径

Fig.2.5 The colony diameter of the strain on the cellulose medium

将 2 号菌株接种到含有溴甲酚紫的脂肪培养基上，第二天时生长出直径约 1.2cm 的溶菌圈，随着时间的增加菌落的直径增大到 2.5cm，但另外两种置于脂肪培养基上的菌株未见到明显生长和溶菌圈的出现。说明 2 号菌株可以利用脂肪作为营养物质。原因是 2 号菌种能够自身合成脂肪酶等，可以有效的降解脂肪，而其余两种菌株自身不能合成含有降解脂肪的酶类，不能进行  $\beta$  氧化，所以不能降解脂肪。

该菌株对四类大分子有机物的详细降解情况见表 2.3。

表 2.3 菌株对四类大分子物质的降解效果

Table 2.3 The degradation effect of the bacterial strain on four types of macromolecules

菌株	蛋白质	淀粉	纤维素	脂肪
1 号	良好	良好	一般	无
2 号	良好	一般	良好	一般
3 号	良好	一般	良好	无

参照《柏杰氏细菌鉴定手册》（第 9 版）分析形态特征，发现三种菌株的形态和部分生理生化实验结果同芽孢杆菌属（*Bacillus*）基本相符合。初步判断 1、2、3 号菌株均属于芽孢杆菌属。

#### （4）解磷、解钾、固氮能力检验结果

通过接种 1、2、3 号菌株到 A 和 B 培养基，测得解磷量、解钾量以及固氮量如表 2.4 所示：

表 2.4 解磷、解钾、固氮能力检验

Table 2.4 Test of pHosphorus, potassium and nitrogen fixation

菌株	解磷量 ( $10^{-2}$ mol/L)	解钾量 ( $10^{-2}$ mol/L)	固氮量 ( $10^{-2}$ mol/L)
1 号	1.37	4.10	0.77
2 号	1.81	1.12	3.92
3 号	4.53	2.96	0.50

分析上表中相关数据可以看出，1 号菌株解钾量最高，为解钾类细菌、2 号菌株固氮能力最强，为固氮类细菌、3 号菌株解磷量最高，为解磷类细菌。

通过生理生化实验检验与结果分析，参照《柏杰氏细菌鉴定手册》进行初步鉴定，再通过辽宁省农科院刘俊杰研究员进一步鉴定，1 号菌株为蜡状芽孢杆菌 *B. cereus* Frankland and Frankland，2 号菌株为枯草芽孢杆菌 *B. subtilis*，3 号菌株为巨大芽孢杆菌 *B. megaterium*。

### (5) 菌株对高温、高盐浓度和 pH 得耐受性

1、2、3 号菌株在不同温度、NaCl 浓度、pH 条件下生长情况显著不同，对高压环境的耐受情况如表 2.5 所示：

表 2.5 菌株生存的最高温度、盐浓度、pH  
Table 2.5 The highest temperature, salt concentration and pH of the strain

菌株	最高温度℃	最高盐浓度%	最高 pH
1 号	35~45	7	9
2 号	45~55	7	9
3 号	35~45	7	9

## 2.5 本章小结

将生活垃圾降解菌粉通过涂布法与平板划线法进行分离扩繁和培养，获得 1、2、3 号纯种菌株。再通过革兰氏染色，在显微镜下进行形态观察，并对 3 种菌株进行产 H<sub>2</sub>S 实验、产 NH<sub>3</sub> 实验以及四大类分子降解实验，发现 3 种菌株均能高效地降解蛋白质，其中 1 号菌株能明显降解淀粉，2、3 号菌株能明显降解纤维素，且 2 号菌株能明显降解脂肪。3 种菌株都隶属于芽孢杆菌属（*Bacillus*）。

然后对 3 种菌株分别进行解磷、解钾以及固氮能力检验，进一步鉴定 1 号菌株为具有解钾功能的蜡状芽孢杆菌 *Bacillus cereus* Frankland and Frankland，2 号菌株为具有固氮能力的枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*，3 号菌株为具有解磷功能的巨大芽孢杆菌 *Bacillus megaterium*。

菌株对高温、高盐和高 pH 耐受性实验表明：适合 1 号菌种生长的最高温度范围为 35~45℃、最高盐浓度为 7%，最高 pH 为 9。适合 2 号菌种生长的最高温度在 45~55℃之间、最高盐浓度为 7%，最高 pH 为 9。适合 3 号菌种生长的最高温度范围为 35~45℃、最高盐浓度为 7%，最高 pH 为 9。

实验表明：三种菌株按照一定浓度配比相配合，能够有效降解土壤中 N、P、K 元素和四类大分子物质，为植物的生长提供养分，以菌糠作为载体，制备混合菌剂，在菌肥的研制中具有很好的应用价值。

## 第3章 菌糠复合肥的研制及配方优化

### 3.1 试验材料

平菇菌糠：取自沈阳市辽中县彰驿蘑菇房，对废弃菌糠进行预处理，于 60℃ 烘干 4h，经粉碎过 5 目筛，备用。

鸡粪：取自沈阳市彰驿养鸡场，风干到含水分 30%~40%，备用。

除臭菌剂：由市场购买。

发酵袋与 EM 露：由市场购买

菌种：蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus* Frankland and Frankland)、枯草芽孢杆菌 (*B. subtilis*) 和巨大芽孢杆菌 (*B. megaterium*) 由实验室分离培养。

培养基：基本培养基，制备方法同 2.1。

主要实验药品和仪器：1% HCl、2% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、2,6-二氯靛酚溶液、0.001N 碘酸钾标准溶液、0.1N 的 NaOH 溶液、3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、0.5% 酚酞指示液、6% 碘化钾溶液、722 型分光光度计、电子天平等。

草莓种子：由市场购买

### 3.2 试验地点与时间

本实验地点同 2.2。从 2015 年 12 月至 2016 年 3 月进行菌糠复合肥的研制，2016 年 4 月开始进行盆栽试验。

### 3.3 试验方法

#### 3.3.1 菌糠复合肥的研制

##### (1) 制备混合菌液

将生活垃圾降解菌粉样品稀释，使用无菌接种环取稀释液少许在平板上进行划线培养。置于 37℃ 人工气候箱中培养 24h，待每一个细胞长成一个菌落，再将这些菌落分开，并利用新的培养基进一步分离纯化，直到培养基上的菌落只有一种为止，并计数。最终获得三种菌株，蜡状芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和巨大芽孢

杆菌分别标记为 1、2、3 号菌株；将平板内的 1、2、3 号菌株分别接种到新的斜面培养基中，37℃无光培养，当斜面上菌丝旺盛并无杂菌时待用。先将制备好的斜面培养基上的 1、2、3 号菌种依次取一块约 20mm<sup>2</sup> 大小的菌苔接入液体培养基中，在温度 37℃，转速 200r/min 条件下培养 24h。最终将三种功能不同的菌株按照 1:1:1 的比例混合制成体积浓度 4×10<sup>9</sup>cfu/ml 的混合菌剂。

### (2) 鸡粪除臭

用电子秤称取 1kg 新鲜的鸡粪，并对其进行除臭处理。首先，将 1kg 新鲜的鸡粪置于 40cm×60cm×3.5cm 托盘中，向鸡粪中按照体积比 50:1 的比例均匀的喷洒 EM 露，并用小铁铲进行充分搅拌，至 EM 露完全均匀的混在鸡粪中即可，在室温：25±2℃，相对湿度：50%±10%条件下，静置 4-5h。这一过程可以使 NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S、甲基吡啶等具有刺激性的气体得到有效转化与吸收。然后，将转化完成的鸡粪混合物置于 45cm×16cm×0.04cm 的食用菌平菇栽培袋中，按照 500:1 的体积比加入除臭菌剂，用小铲进行充分搅拌，至鸡粪与除臭剂均匀混合即可，在搅拌过程中鸡粪的水含有量必须控制在 60%±5%。最后，用尼龙绳进行封口处理，并将扎口密封完成的食用菌平菇栽培袋置于温度 30±1℃、湿度 60%±3%，光周期 12L:12D 恒温箱条件下除臭 72h。每 24 小时将食用菌平菇栽培袋打开，翻混一次，使其充分除臭。

### (3) 高温堆肥

将菌糠和除臭后的鸡粪分别按照 1:2；2:3；1:1；3:2；2:1 的比例进行二次发酵，充分搅拌，按照每 100g 肥中添加 10g 催熟粉的比例分别添加适量催熟粉，充分搅拌均匀，然后堆积成肥堆，进行发酵。发酵温度在 15±2℃条件下，堆肥进行的第 3 天时，堆积的混合物 30cm 深处的温度能够达到 70±2℃。堆肥进行 10 天后，对混合物进行第一次翻混搅拌，搅拌时，堆积的混合物 30cm 深处的温度能够达到 80±2℃。静置 10 天后，对混合物进行第二次翻混搅拌，搅拌时，堆积的混合物 30cm 深处的温度能够达到 60±2℃。再静置 10 天后，对混合物进行第三次翻混搅拌，搅拌时，堆积的混合物 30cm 深处的温度能够达到 40±2℃，搅拌后的温度为 30±2℃，含水量约 30%±5%。之后不再翻混，等待后熟。后熟一般需 3~5 天，最多 10 天即可。后熟完成，堆肥即制成。利用高温进行堆腐发酵肥料的方法，不

但能够将粪便内部一些有害生物杀灭，而且能够降低有害杂菌的数量，进而实现有机肥的全面无害化生产。最后向高温发酵后的肥料中添加混合菌液，称取 5 份体积浓度为  $4 \times 10^9$  cfu/ml 混合菌液 5ml 分别与五组发酵配方（每组共 100g）进行混合，从而获得不同配方的复合菌肥。

### 3.3.2 菌糠复合肥的配方优化

#### (1) 盆栽试验

一共设置六组实验，其他条件同 3.3.1，按照菌糠和鸡粪添加量的配比不同，将其分组，即 A0(CK)、A1 (1:2)、A2 (2:3)、A3 (1:1)、A4 (3:2)、A5 (2:1)，每组均设 9 次重复。其中，A0 (CK) 设为对照组，在对照组施用的是“妙钾多”有机肥料，该肥为丹东草莓种植基地的常规施用肥，其成分主要包含腐殖酸物质、促生根剂以及 N、P、K、S 等大量元素，以及 Bo、Cu、Zn 等微量元素，其 pH 为 7.8。按照草莓幼苗期、生长期、盛果期调整施用剂量，将浓度稀释后喷洒使用。从定植开始对草莓进行施肥，每盆对应施肥 2-3g，第一次施肥一个月后，进行第二次施肥。从定植施肥开始平均每 20 天测量一次草莓的生长指标，包括植株的生长高度，叶片面积，植株分枝数，鲜重，干重等，最后求取平均数，列出表格进行结果分析。以后每隔半月施肥一次，直到草莓开花结果，测定果实产量、酸含量、糖含量以及维生素 C 等的含量，求平均数并列表分析，最终确定菌糠与鸡粪的最佳配比，即复合菌肥的最佳配方。

#### (2) 草莓生长发育指标与检测

关于草莓在施肥过程中的生长状况的检测。从定植期开始，每 20 天取样一次，并测株高、叶片面积、分枝数、鲜重和干重。株高可通过刻度尺测量子叶到生长点的高度获得；使用面积测量仪测量每枝叶片的面积；直接观察分枝数，进行计数并记录；使用电子天平测定草莓植株的鲜重，之后采用干燥法处理并测定每株草莓植株的干重。

草莓品质主要通过测量果实的平均产量、酸含量、糖含量以及维生素 C 等的含量获得。其中，果实平均产量可以由电子天平直接称量；可滴定酸可以利用标准酸碱滴定法进行测定，详细的测定步骤为：称取 0.5g 实验样品研磨均匀成浆，置于 80℃ 的水浴锅内浸提 30min，然后进行冷却处理，并且对其定容到 50ml。量

取 10ml 的样液使用  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$  进行滴定。最后，通过计算获得可滴定酸的含量，每个处理重复 3 次。可溶性糖测定的详细步骤为：称取 0.5g 实验样品研磨均匀成浆，在水浴锅内浸提 20min，然后进行冷却处理，并且对其定容到 100ml，量取 0.5ml 样液用蒽酮试剂进行测定，再在分光光度计 620nm 处进行比色，最后通过计算能够获得可溶性糖含量。每个处理重复 3 次。维生素 C 的具体测定方法为：取 5g 样品用 1% $\text{HCl}$  提取，定容到 50ml，取 10ml 样液用 2,6-D 滴定，最后通过计算可获得维生素 C 的含量，每个处理重复 3 次<sup>[84]</sup>。

### 3.3.3 菌糠复合肥养分含量的测定指标及方法

通过参考《土壤农化分析（第二版）》中记载的土壤营养成分测定方法，以及杨绍斌、于群英等人的测定方法，并结合菌糠复合肥自身具有大量有益菌的特点，对菌糠复合肥的养分含量及含有的活菌数进行测定<sup>[83、85、86]</sup>。

表 3.1 菌糠复合肥养分含量的测定指标及方法

Table 3.1 Standards and methods to measure nutrient of compound fertilizer of fungus bran

指标	方法
活菌数	血球计数法
速效氮	凯氏定氮法
速效磷	磷钼酸蓝法
速效钾	吸光光度计法
pH 值	pH 试纸测定

## 3.4 数据处理

试验所得数据均以平均数±标准差形式表示，数据分析应用 EXCEL2007 与 DPS3.01 专业版软件进行计算和统计分析。

## 3.5 结果与分析

### 3.5.1 不同配比菌肥对草莓生长状况的影响

不同配比菌肥对草莓生长状况的影响结果见表 3.2.

表 3.2 不同配比菌肥对草莓生长状况的影响

Table 3.2 Effects of different matching on the growth status of strawberry

处理	株高 (cm)	叶面积 (cm <sup>2</sup> )	分枝数 (个)	鲜重 (g)	干重 (g)
A0(CK)	2.08±0.39 <sup>c</sup>	1.31±0.24 <sup>c</sup>	4.22±0.67 <sup>c</sup>	0.11±0.04 <sup>b</sup>	0.032±0.006 <sup>c</sup>
A1	2.20±0.33 <sup>c</sup>	1.37±0.24 <sup>c</sup>	5.11±0.93 <sup>b</sup>	0.14±0.04 <sup>ab</sup>	0.034±0.004 <sup>c</sup>
A2	3.71±0.33 <sup>a</sup>	3.01±0.43 <sup>a</sup>	7.33±0.50 <sup>a</sup>	0.18±0.03 <sup>a</sup>	0.053±0.002 <sup>a</sup>
A3	3.64±0.60 <sup>a</sup>	2.88±0.38 <sup>a</sup>	7.11±0.60 <sup>a</sup>	0.16±0.02 <sup>ab</sup>	0.043±0.002 <sup>b</sup>
A4	2.70±0.44 <sup>b</sup>	2.30±0.43 <sup>b</sup>	5.33±0.50 <sup>b</sup>	0.15±0.02 <sup>ab</sup>	0.036±0.003 <sup>c</sup>
A5	2.09±0.38 <sup>c</sup>	1.39±0.35 <sup>c</sup>	5.00±1.12 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.035±0.003 <sup>c</sup>

注：表中上标小写字母表示处理在 LSD5%水平下的差异显著性，下同。

#### (1) 对草莓植株株高的影响

株高能够直接呈现植物生长势的强弱。由表 3.2 能够看出，肥料配比不同，对草莓株高高度的影响程度不同，A1 组至 A5 组较 CK 增加 5.8%~78.4%。草莓植株生长期间，各不同施肥水平间差异显著情况也不相同，其中，A1、A5 组对株高的作用效果较 CK 差异不显著，两个处理之间差异不显著，A2、A3 组对株高的作用效果较 CK 差异显著，而两个处理之间差异是不显著性的，A4 组对株高的作用效果较 CK 差异显著。

#### (2) 对草莓植株叶片面积、分枝数的影响

植物进行光合作用的过程中，叶片起到了重要的作用，叶片的面积大小和叶片分枝数的多少能够反应出植物进行呼吸作用与光合能力的强弱。从表 3.2 中的结果可以看出，在草莓的生长过程中，肥料配比不同的处理对草莓叶片面积与分枝数的作用效果不同，A1 组至 A5 组叶面积较 CK 增加 4.6%~129.8%，分枝数较 CK 增加 18.5%~73.7%，各不同施肥水平间差异显著情况也不相同，其中，A1、A5 组对叶面积的作用效果较 CK 差异不显著，2 个处理间差异也不显著，A2、A3 组对叶面积的作用效果较 CK 差异显著，2 个处理之间差异不显著，A4 组对叶面积

的作用效果较 CK 差异显著。A1、A4、A5 组对分枝数的作用效果较 CK 组有显著性差异，3 个处理之间差异不显著，A2、A3 组对分枝数的作用效果较 CK 组差异显著，而 2 个处理之间差异不显著。

### (3) 对草莓植株鲜重、干重的影响

植株的鲜重与干重可以直接反应其生长状况、有机物累积以及其光合作用速率，可看作是判断植株长势的重要因素。由表 3.2 可以看出，植株生长过程中，各个施肥处理的植株鲜重和干重均大于 CK 组，鲜重较 CK 增加 9.1%~63.6%，干重较 CK 增加 6.3%~65.6%。各不同施肥水平间差异显著情况也不相同，其中，A1、A3、A4、A5 组对植株鲜重的作用效果较 CK 差异不显著，四个处理间差异不显著。A1、A2、A3、A4 组处理间差异不显著，A2 组对鲜重的影响效果较 CK 有显著性差异。

通过以上分析可以看出，经过单因素分组实验，施用复合菌肥的组别中，A1、A4、A5 处理对草莓作用效果不太明显，A2、A3 处理对草莓作用效果相对明显。其中 A2 组处理条件下，草莓的生长状态最好，结果及分析表明：菌糠和鸡粪的配比为 2:3 的比例进行混合发酵后制作的菌肥使用效果最佳。

### 3.5.2 不同配比菌肥对草莓品质的影响

不同配比菌肥对草莓品质的影响结果见表 3.3。

表 3.3 不同配比菌肥对草莓品质的影响  
Table3.3 Effects of different matching on the quality of strawberry

处理	平均产量 (g/株)	可溶性糖 (mg/g)	可滴定酸 (mg/g)	糖酸比	维生素 C 含量 (mg/100g)
A0(CK)	167±1.73 <sup>d</sup>	48.3±0.37 <sup>f</sup>	10.2±0.39 <sup>a</sup>	4.73±0.19 <sup>f</sup>	61.6±0.70 <sup>f</sup>
A1	176±2.88 <sup>b</sup>	57.6±0.47 <sup>d</sup>	7.2±0.40 <sup>c</sup>	8.05±0.47 <sup>d</sup>	72.9±0.74 <sup>c</sup>
A2	189±2.83 <sup>a</sup>	69.1±0.66 <sup>a</sup>	5.2±0.51 <sup>e</sup>	13.45±1.52 <sup>a</sup>	83.6±0.47 <sup>a</sup>
A3	178±2.24 <sup>b</sup>	60.3±0.66 <sup>b</sup>	5.4±0.22 <sup>e</sup>	11.12±0.53 <sup>b</sup>	73.7±0.50 <sup>b</sup>
A4	171±3.04 <sup>c</sup>	59.1±0.82 <sup>c</sup>	6.5±0.51 <sup>d</sup>	9.14±0.82 <sup>c</sup>	68.6±0.51 <sup>d</sup>
A5	168±2.50 <sup>d</sup>	51.4±0.60 <sup>e</sup>	8.9±0.26 <sup>b</sup>	5.75±0.23 <sup>e</sup>	62.8±0.52 <sup>e</sup>

### (1) 对草莓产量的影响

由表 3.3 可知, 经过菌糠复合肥处理过的草莓产量均高于 CK。不同施肥处理间差异显著情况不同, A1、A2、A3、A4 组处理对草莓产量的影响效果较 CK 组具有显著性差异, 四个处理之间差异也显著。A5 组较 CK 组无显著性差异。其中施用 A2 处理下的菌糠复合肥提高草莓产量最多, 每株平均产量较对照 CK 组增高了 13.2%。

### (2) 对草莓果实糖酸含量的影响

对比 CK, 经过菌糠复合肥处理的草莓成熟的果实中可溶性糖的含量在一定范围内呈现逐渐增加的趋势, 而可滴定酸的含量逐渐降低, 果实中的糖酸比值也逐渐增大, 且差异均达到显著水平, 具体情况可见表 3.3。其中, A2 处理下的草莓果实中可溶性糖值为  $69.1 \pm 0.66$  (mg/g), 可滴定酸值为  $5.2 \pm 0.51$  (mg/g), 其糖酸比值达到最大, 因此, 当菌糠与鸡粪的配比为 A2 (2:3) 时, 对草莓果实的糖酸含量的影响最为明显, 最能改善草莓的品质。

### (3) 对草莓果实维生素 C 含量的影响

通过比较表 3.3 中的数据可知, 经过菌糠复合肥处理过的草莓果实中的维生素 C 含量明显比 CK 组明显提高, 且各个处理对维生素 C 含量的影响效果较 CK 组差异均不显著。其中 A2 处理下草莓果实中维生素 C 含量为  $83.6 \pm 0.47$  (mg/100g), 较 CK 组提高了 35.7%, 作用效果最明显。

通过以上分析能够看出, 菌糠复合肥能够提高草莓产量、糖酸比以及维生素 C 含量, 进而改善果实的整体品质, 施用菌糠复合肥的各个组别差异均达到显著水平。其中 A2 组处理下, 草莓果实品质达到最佳状态。

## 3.5.3 菌糠复合肥养分含量测定结果

菌糠复合肥养分含量的测定结果如表 3.4。

表 3.4 菌糠复合肥基本养分含量表

Table 3.4 Basic nutrient content of compound fertilizer of fungus bran

活菌数亿/g	总养分 (N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O)	pH 值
≥40	≥5%	7

### 3.6 本章小结

菌糠复合肥的研制是以菌糠作为载体，按照一定的比例加入除臭后的鸡粪混合发酵，再添加由蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus* Frankland and Frankland)、枯草芽孢杆菌 (*B. subtilis*) 和巨大芽孢杆菌 (*B. megaterium*) 按照 1:1:1 比例混合而成的浓度为  $4 \times 10^9$  cfu/ml 益生菌剂之后制备出的一种新型菌肥。该复合菌肥总养分 ( $N+P_2O_5+K_2O$ )  $\geq 5\%$ ，有效活性菌数  $\geq 40$  亿/g，pH 值为 7。

将菌糠和除臭之后的鸡粪按照不同配比进行发酵，制成不同配比的菌糠复合肥，并通过草莓幼苗的盆栽试验进行配方优化验证，试验结果表明：当菌糠和鸡粪按照 2:3 的比例混合发酵后得到的菌肥肥效最佳。

菌糠和鸡粪最佳配比时研制的菌糠复合肥对草莓植株的生长具有明显促进作用。实验结果表明：经过复合菌肥处理的植株株高较等量常规有机肥“妙钾多”最高可增加 78.4%，叶面积最大可增加 129.8%，分枝数最多能增加 73.7%，植株鲜重和干重能分别增加 63.6%和 65.6%。菌糠复合肥还可以使草莓增产，同时能改善其品质。其中，复合菌肥 A2 处理条件下，草莓果实产量提高了 13.2%，可溶性糖含量为 69.1mg/g，可滴定酸含量为 5.2mg/g，维生素 C 含量提高 35.7%。由于菌糠复合肥中的微生物菌剂能够提高土壤中的营养元素并加快分解有机质，进而使草莓品质得到有效提高。与常规肥料相比，菌糠复合肥对草莓的生长具有明显的促进作用。

## 第4章 菌糠复合肥在草莓种植中的应用

草莓作为辽宁省丹东市的一种重要经济作物，同时也是当地农业生产中的重要组成部分。近几年，因为化肥的无节制使用，导致农业用地的土壤营养成分持续降低，并伴随着重金属等的残留增加，使得草莓的生长受到一定程度的影响，如：产量降低，质量下降等。对丹东当地草莓产业链的有序发展带来了较大的不利影响。本研究以无污染、无残留、安全环保的菌糠复合肥部分或完全替代现有的化肥，通过微生物之间的相互作用，促进草莓生长，防治草莓病虫害，改善草莓果实品质，提高经济效益，建立无公害的、可持续的、绿色的草莓生产体系。

### 4.1 试验材料

#### 4.1.1 试验地概况

本试验地设在东港市马家岗草莓栽培园。试验田地势高，地面平坦，地力均匀，中等肥力，土壤质地疏松，为耕型盐化草甸土。

#### 4.1.2 供试品种

本试验所用的草莓品种是九九草莓，种苗全部由东港马家岗草莓栽培园提供。2016年育苗培植，植株长势均呈现良好状态，均能达到5片之上的功能叶片，根须完整且没有病虫害。

品种特性：九九草莓原名为红颜草莓，又可以称之为红颊草莓，是章姬品种和幸香品种进行杂交培育而成的新种植品种。该品种生长势较强，植株较高，大约为25cm，叶片较厚较大，匍匐茎较粗。果个大，最大的单果约100g，普遍单果重为30到60g。果实形状近似观察为圆锥状，种子偏黄和微绿，果肉细腻多汁，香甜可口，果实较硬，便于存运，适宜远距离销售。

#### 4.1.3 供试肥料

供试肥料种类及其养分含量等如表4.1。

表 4.1 供试肥料基本情况  
Table4.1 Basic information of the fertilizer supply

供试肥料	总养分 ( (N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O) )	有效活性菌数 (亿/g)	p H
菌糠复合肥	≥5%	(蜡状芽孢杆菌+枯草芽孢杆菌+巨大芽孢杆菌) ≥40	7
“果蔬宝”有机肥料	≥5%	(胶冻样芽孢杆菌+自生固氮菌) ≥2	7
基质肥料 (由化肥与菌糠混合而成)	≥5%	0	7
农家肥 (由鸡粪混合菌糠堆沤腐熟经烘干制成)	≥3%	0	7
化学肥料 (尿素)	≥7%	0	7

#### 4.1.4 试验药品和仪器

试验药品和仪器同 3.1

#### 4.2 试验时间

从 2016 年 9 月开始定植, 2016 年 12 月开始采摘, 直到 2017 年 1 月采摘结束。

#### 4.3 试验方法

##### 4.3.1 试验设计

本试验是单因素随机分组试验, 以施肥种类不同为因素, 共设置了 5 个不同处理, 每个处理设 3 条垄, 每 3 条垄作为一个小区, 重复 3 次, 每小区占地面积约为 30 m<sup>2</sup>, 试验小区总占地面积约为 150 m<sup>2</sup>。从每个处理中随机挑选 9 株长势较好的植株进行有关指标检测。

处理一: 施用农家肥 0.3kg/m<sup>2</sup>。(空白对照)

处理二: 施用菌糠复合肥 0.3kg/m<sup>2</sup>。

处理三: 施用“果蔬宝”有机肥料 0.3kg/m<sup>2</sup>。

处理四: 施用基质肥料 0.3kg/m<sup>2</sup>。

处理五: 施用化学肥料 0.3kg/m<sup>2</sup>。

### 4.3.2 试验方法

#### (1) 定植

供试种苗于 2016 年 9 月 16 日至 9 月 18 日定植, 选用长势整齐一致的草莓幼苗进行栽种, 先除去苗的老化枝叶和匍匐茎, 留存 3 至 5 片叶和 1 心。然后按照株间距约 15cm, 行间距约 20cm 的距离把草莓幼苗移栽到垄上。

#### (2) 控制适宜温湿度

在草莓棚中悬挂 3 个干湿湿度温度计, 日光温室, 保持白天温度 25℃左右, 开花之前保持夜间室内温度 15℃左右, 开花之后保持夜间室内温度 8℃左右。相对湿度 75%左右。

#### (3) 施肥

按照每种施肥处理进行追肥, 从定植后至现蕾期间, 每 10 天施肥一次, 浇水一次(浇透), 单次施肥量为 0.3kg/m<sup>2</sup>。开花之前一周左右停止浇水, 开花后, 每 15 天施肥一次, 浇水一次(浇透), 施肥量为 0.3kg/m<sup>2</sup>。中后期配合植物营养液共同施用, 营养液为植物通用型, 主要成分及含量为大量元素(氮、磷、钾)≥30.0g/L; 中量元素(钙、镁、硫)≥1.0g/L; 微量元素(铁、硼、锌等)≥0.2g/L; 氯离子≤0.01g/L; 水不溶物≤1.0g/L, 按照体积比 1:300 与水混合使用。盛果期将各个处理按照 1:1 的比例配合“妙钾多”功能肥共同施用。病虫害防治过程根据病虫害实际发生情况进行适当喷药处理。

#### (4) 花果管理

草莓授粉不良容易产生畸形果与坐果不齐, 采用放蜂的方法使授粉效果增强, 坐果率提高。结果后, 及时清理老叶烂叶, 疏除高级次花果, 可使畸果率降低, 并使果个增大, 整齐度得到提高。

#### (5) 观察并记录

于 9 月 28 日开始进行田间观测并记录有关数据, 包括草莓生长发育时期的株高、叶面积和分枝数等。

#### (6) 采收

于 12 月 25 日开始对草莓果实进行采摘, 采摘的时候需要注意轻摘轻放。最后对草莓果实产量进行统计, 以及对草莓果实的维生素 C、可溶性糖、可滴定酸的

含量进行测定。

### 4.3.3 测定指标与方法

定植一个月后，调查植株的生长发育与生殖情况，待测指标如表 4.2，具体检测方法同 3.3.2。

表 4.2 待测指标  
Table4.2 Some measured indexes

指标	单位	测量工具
植株高度	cm	直尺
单叶面积	cm <sup>2</sup>	直尺
产量	g	电子天平
可溶性糖	mg/g	蒽酮比色法
可滴定酸	mg/g	氢氧化钠中和滴定法
维生素 C	mg/100g	2,6-二氯酚靛酚法

## 4.4 数据处理

应用 EXCEL2007 对原始数据进行统一处理，在利用 SPSS17.0 统计软件对各项指标进行方差分析、多重比较分析并绘制统计图。

## 4.5 结果与分析

### 4.5.1 不同施肥处理对草莓生长状态的影响

#### (1) 不同种类的施肥对草莓植株生长高度的影响

植株的生长情况与植株生长的高度有着一定的联系。由于施肥的种类有所区别，对草莓提供的营养成分有所不同，因此对草莓植株的促进作用也不尽相同。从下面图 4.1 可以看出植株最高的处理二可以达到 21.8cm 左右，而对照组处理一的株高为 18.1cm 左右，相对其他处理较矮，原因是处理二（施用菌糠复合肥）中微生物菌剂较多，能够活化分解土壤中的营养元素，相对比处理一（施用农家肥）

的 N、P、K 含量更高一些，提供养分更充足。与处理三、处理四、处理五相比，处理二对株高影响效果稍强一些，但相差不大。

表 4.3 不同施肥处理株高方差分析表  
Table 4.3 The high variance analysis of different fertilizer treatments

变异来源 Mutation origin	平方和 SS	自由度 Freedom	均方 MS	F 值	显著水平 (P)
处理间 Between	68.4978	4	17.1244	6.003	0.0007
处理内 In	114.1067	40	2.8527		
总变异 Error	182.6045	44			

注：设 5% 的显著差异水平，下同

由表 4.3 可以看出不同种类的施肥处理对田间草莓植株生长高度的作用效果有显著性差异 ( $P < 0.05$ )，多重分析表 4.6 中处理二 ( $21.83 \pm 1.83 \text{cm}$ ) 的草莓植株生长高度明显高于其他处理，表现出极显著差异 ( $P < 0.01$ )，处理三 ( $20.66 \pm 1.79 \text{cm}$ ) 与处理五 ( $20.41 \pm 1.62 \text{cm}$ ) 之间无显著差异，但较处理一 ( $18.13 \pm 1.75 \text{cm}$ ) 与处理四 ( $19.52 \pm 1.43 \text{cm}$ ) 效果更高，处理四的促进效果高于处理一，但二者差异不显著。

#### (2) 不同种类的施肥对草莓植株分枝数的影响

分枝数越多，叶片数量越多，植物光合作用的强弱受叶片数量的影响。种植过程中注意去除老叶、病叶，在育苗时期及时的去除植株分枝叶片，有助于花芽的分化，进而促进植株花芽发育，开花与结果期保留相应数量的叶片分枝，加强光合作用，进而提高产量。从图 4.1 可以看出处理二的植株分枝数数量最多 (21 个左右)，而处理一的分枝数最少 (17 个左右，) 处理三、处理四以及处理五组分枝数较处理二分枝数稍微低些，比处理一稍高一些，由此可见处理二植株分枝数最多，花芽发育最佳。

表 4.4 不同施肥处理分枝数方差分析表

Table 4.4 The number of branches variance analysis of different fertilizer treatments

变异来源 Mutation origin	平方和 SS	自由度 Freedom	均方 MS	F 值	显著水平 (P)
处理间 Between	92.3111	4	23.0778	3.514	0.015
处理内 In	262.6667	40	6.5667		
总变异 Error	354.9778	44			

通过分析表 4.4 中数据可知，不同种类施肥处理间对田间草莓植株生长分枝数的作用效果有显著性差异 ( $P < 0.05$ )，其中处理二 ( $21.66 \pm 3.16$ ) 分枝数最多，对照处理一 ( $17.33 \pm 3.08$ ) 分枝数最少，二者之间差异显著，处理三、处理四与处理五的分枝数较多，三者之间无显著差异，但与对照组之间差异显著。

(3) 不同种类的施肥对草莓植株单叶叶片面积的影响

植株叶片叶面积的大小可以体现出叶片的生长质量，间接体现植株长势。叶片面积越大，草莓生长后期营养供给越强，果个越大。图 4.1 中能够看出，处理二单叶叶面积最大，约  $41\text{cm}^2$ 。相比对照处理一  $31\text{cm}^2$  左右，高出  $10\text{cm}^2$  左右。处理五叶片面积略低于处理二，但高于其他处理组别，原因为施用化肥的大量元素等营养成分更高，植株叶片生长状态更加，而处理二活性菌成分更多，能够活化土壤中的营养成分，进而为植株提供充足的营养。

表 4.5 不同施肥处理单叶面积方差分析表

Table 4.5 The leaf area variance analysis of different fertilizer treatments

变异来源 Mutation origin	平方和 SS	自由度 Freedom	均方 MS	F 值	显著水平 (P)
处理间 Between	578.5213	4	144.6303	9.639	0
处理内 In	600.1667	40	15.0042		
总变异 Error	1178.688	44			

结合表 4.5 和表 4.6 可知，不同施肥处理间对田间草莓植株生长分枝数的影响有显著性差异 ( $P<0.05$ )，处理二 ( $41.01\pm 3.88$ ) 单叶面积最大，与对照处理一 ( $31.11\pm 4.92$ ) 相比差异极显著，与处理五之间差异不显著，说明处理二和处理五为草莓生长提供的碳水化合物较多，为果实提供的营养成分较充足，单个果实较大。处理三及处理四组肥料的作用效果略低，二者之间无显著性差异，而处理一的三项生长指标一直较低，为草莓植株生长发育提供营养不充分，单个果实较小。说明不同施肥处理为草莓植株生长提供养分情况不同，肥效低的植株发育效果较差。

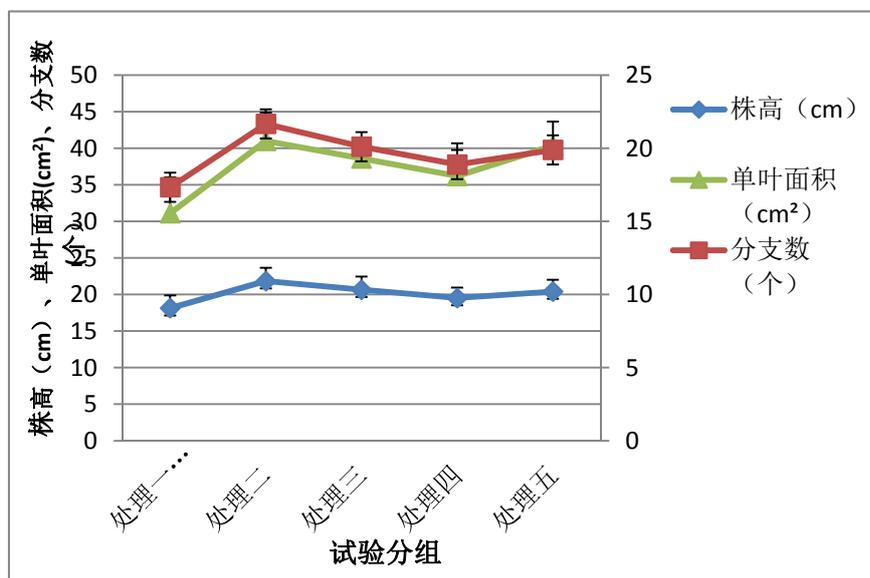


图 4.1 不同施肥处理对草莓植株生长状态的影响

Fig4.1 The effect of growing status of strawberry in different fertilizer treatments

表 4.6 不同施肥处理间不同指标多重比较表

Table4.6 Multiple comparison tables between different fertilization treatments

	株高 cm	分枝数 (个)	叶面积 cm <sup>2</sup>
处理一	18.13±1.75c	17.33±3.08c	31.11±4.92c
处理二	21.83±1.83a	21.66±3.16a	41.01±3.88a
处理三	20.66±1.79ab	20.11±2.02ab	38.61±2.17ab
处理四	19.52±1.43bc	18.88±2.14ab	36.2±4.5b
处理五	20.41±1.62ab	19.89±2.14bc	40.37±3.29a

#### 4.5.2 不同施肥处理对草莓产量的影响

不同种类的施肥处理对草莓产量的影响情况见表 4.7。

表 4.7 不同施肥处理对草莓产量的影响  
Table 4.7 The effect of strawberry yield of different fertilizer treatments

	单果重(g)	单株果数 (个)	株产量 (g)
处理一 (ck)	37.33±4.53c	17.33±2.45a	646.88±121.05b
处理二	49.37±4.34a	16.89±2.67a	830.57±125.34a
处理三	43.27±5.03b	17.88±2.98a	779.22±186.44ab
处理四	38.81±4.03c	16.77±3.35a	650.9±151.58b
处理五	39.86±3.81bc	17.66±2.24a	724.06±101.68ab

在草莓种植过程中，果实产量的提高会带来相应的经济收益，花芽发育较的情况下，单株草莓果实的数量也会相应增多，在生产过程中往往用平均单果重×单株果实数来代表单株平均产量。结合表 4.7 和图 4.2 可知，不同种类施肥处理对草莓产量的影响具有显著性差异，处理二的单株产量（830.57±125.34g）最高，较处理一（646.88±121.05g）提高了 28%，差异显著，其余处理较 ck 无显著性差异。从整体上来看，各个施肥处理下的单株果数差异不显著，可以看出各个施肥处理对单株果数的影响不大。处理二的单果重（49.37±4.34g）最高，与其他处理组之间差异显著，处理一（37.33±4.53g）、处理四（38.81±4.03g）与处理五（39.86±3.81g）之间差异不显著，说明处理二的肥料提高果实产量的效果更明显，处理四与处理五的肥料提高果实产量效果不明显。虽然处理二对单株果数的作用效果不明显，但是平均单果重与平均株产量的作用效果最佳，根据市场情况分析，单果大的草莓较单果小的草莓价格更高，经济价值更高。

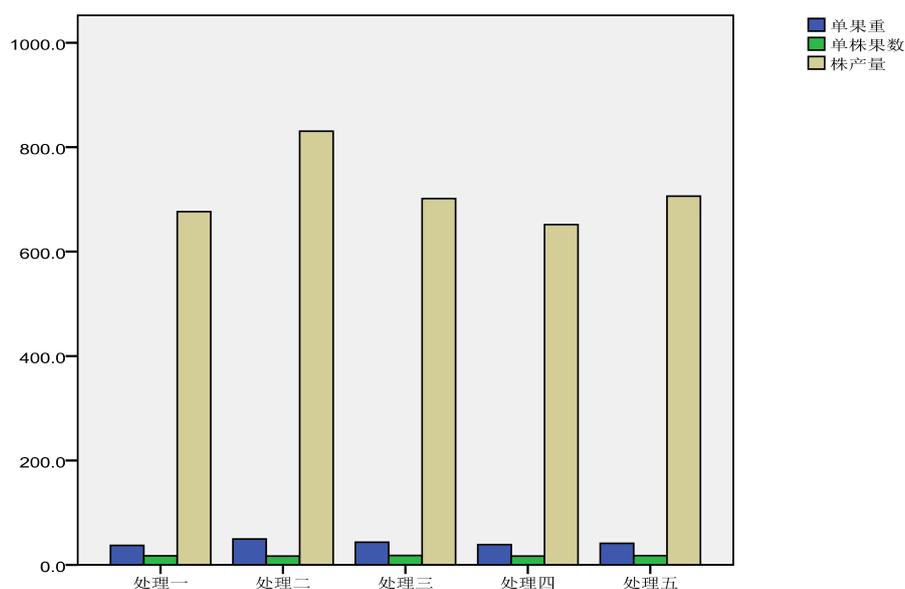


图 4.2 不同施肥处理对草莓果实产量的影响

Fig4.2 The effect of strawberry yield of different fertilizer treatments

#### 4.5.3 不同施肥处理对草莓品质的影响

不同种类的施肥处理对草莓品质的影响情况见表 4.8。

表 4.8 不同种类的施肥处理对草莓品质的影响

Table4.8 The effect of strawberry quality of different fertilizer treatments

	可溶性糖含量 mg/g	可滴定酸含量 mg/g	糖酸比	维生素 C 含量 mg/100g
处理一 (ck)	58.58±4.10bc	11.92±2.96ab	5.10±0.93b	67.44±6.51d
处理二	67.30±4.71a	9.88±2.26b	7.14±1.82a	83.13±2.81a
处理三	60.76±3.77b	13.36±2.72a	4.72±1.09bc	78.67±4.70b
处理四	51.34±5.83d	14.04±3.15a	3.83±0.94bc	73.99±3.83c
处理五	54.84±5.29cd	13.66±2.62a	4.15±0.90c	79.48±3.39ab

草莓的营养价值是体现草莓整体质量的一个重要因素，可溶性糖含量直接影响果实的口感体验，而维 C 的含量直接体现出草莓果实营养价值的高低。结合表 4.8 与图 4.3 可知，不同种类施肥处理对草莓果实可溶性糖含量、糖酸比与维 C 含量的作用效果相差很大，对可滴定酸含量的影响相对较差。其中处理二的果实肉

质细软，口感最好，更加香甜，其可溶性糖含量 ( $67.30\pm 4.71\text{mg/g}$ ) 最高，较 ck 组提高了 15%，较处理三提高了 11%，维生素 C 含量也是最高的  $83.13\pm 2.81\text{mg}/100\text{g}$ ，较 ck 组提高了 23%，较处理五提高了 5%，营养价值极高。处理四、处理五的可溶性糖含量全部低于 CK，原因为对照组施用的农家肥中含有较多 K 元素，有利于促进草莓果实成熟，进而提高其含糖量。而其他组别的维生素 C 含量均高于处理一。处理二的可滴定酸含量 ( $9.88\pm 2.26\text{mg/g}$ ) 最低，与其他组别间具有显著性差异。处理三、处理四、处理五与 CK 之间的可滴定酸含量差异不显著。

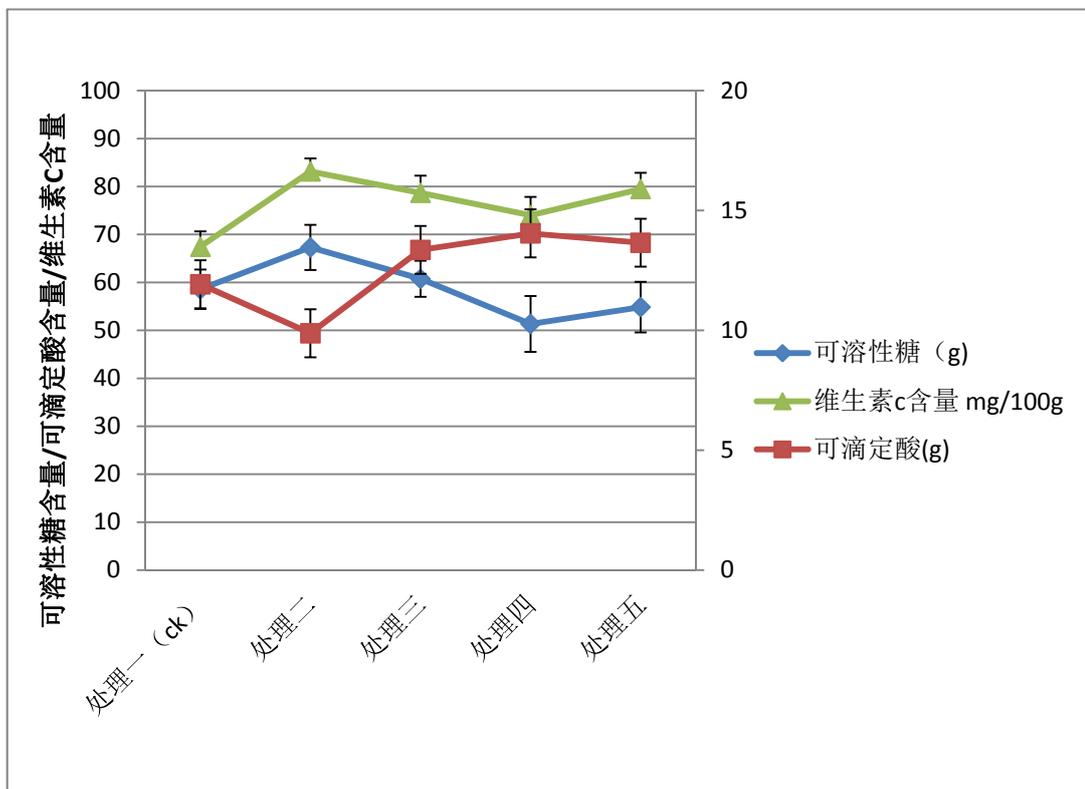


图 4.3 不同施肥处理对草莓果实品质的影响

Fig4.3 The effect of strawberry quality of different fertilizer treatments

在田间草莓种植过程中，施用菌糠复合肥较施用其他常规肥料，草莓的各项指标增长情况见表 4.9。

表 4.9 施用菌糠复合肥较常规肥料各项指标比较

Table 4.9 Comparison of indexes of bacterial chaff compound fertilizer to conventional

	株高%	分枝数%	叶面积%	单果重%	株产量%	可溶性糖含量%	可滴定酸含量%	维生素 C 含量%
较处理一 (CK)	20	25	32	32	28	15	-17	23
较处理三	6	8	6	14	7	11	-26	6
较处理四	12	15	13	27	28	31	-30	12
较处理五	7	9	2	24	15	23	-28	5

#### 4.6 本章小结

通过田间单因素随机分组试验可知：

菌糠复合肥较常规肥料对草莓植株的生长促进作用更加明显。施用菌糠复合肥较等量的农家肥相比，株高增加 20%，单叶面积增大 32%；较施用等量的基质肥料相比，株高增加 12%，叶面积增加 13%。同时，施用菌糠复合肥较施用等量的“果蔬宝”有机菌肥相比，株高仅增加 6%，单叶面积增加仅 6%；较等量的化肥对比，草莓株高仅增加 7%，单叶面积仅增加 2%。

菌糠复合肥较常规肥料相比，能够更有效的使草莓增产。施用菌糠复合肥较等量的农家肥相比，单果重增加 32%，株产量增加 28%；较施用等量的基质肥料相比，单果重增加 27%，株产量增加 28%。但是，较施用等量的化肥相比，单果重增加 24%，株产量仅能增加 15%；较施用等量的“果蔬宝”有机菌肥相比，单果重增加 14%，株产量仅增加了 7%。

菌糠复合肥较常规肥料能够更明显优化草莓品质。施用菌糠复合肥较等量的农家肥比，可溶性糖含量增加 15%，维 C 含量增加 23%；较施用等量基质肥料比，可溶性糖含量增加 31%，维 C 含量增加 12%；和施用等量的化肥比，可溶性糖含量只增加了 23%，维 C 含量仅能增加 5%；较施用等量“果蔬宝”有机菌肥比，可溶

性糖含量增加 11%，维 C 含量仅增加了 6%。同时，施用菌糠复合肥较施用等量的常规肥料相比，可溶性酸都有从 17%~30%不同程度的降低。

综上所述，菌糠复合肥与其他常规肥料相比，对草莓植株生长的促进作用更强，提高草莓果实的产量和品质的能力更高。

## 第5章 结论

本试验研究了菌糠复合肥的研制及其在草莓种植中的应用, 得出以下几个结论:

(1) 从生活垃圾降解菌粉中分离出 3 种菌株, 经过形态观察与生理生化试验鉴定 3 种菌株分别为具有解钾功能的蜡状芽孢杆菌 *B. cereus* Frankland and Frankland、具有固氮能力的枯草芽孢杆菌 *B. subtilis* 和具有解磷功能的巨大芽孢杆菌 *B. megaterium*。

3 种菌株均不能生成  $H_2S$  气体, 但是均可生成  $NH_3$ 。在四大类分子降解实验中, 3 种菌株均能高效地降解蛋白质; 其中 1 号菌株能明显降解淀粉, 2、3 号菌株能明显降解纤维素, 且 2 号菌株能明显降解脂肪。在解磷、解钾和固氮实验中, 1 号菌株具有较强的解钾功能, 2 号菌株具有较强的固氮功能, 3 号菌株具有较强的解磷功能。对高温、高盐浓度和 pH 的耐受性实验表明, 3 种菌株的 pH 值耐受性能较好, 耐高盐浓度、耐高温性能均较好。结果表明, 将蜡状芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌相配合, 能够很好的降解土壤中 N、P、K 元素以及四类大分子物质, 为植物的生长提供养分, 以菌糠作为载体, 制备混合菌剂, 在菌肥的研制中具有很好的应用价值。

(2) 菌糠与除臭后的鸡粪按照 2:3 的比例混合发酵后, 添加由蜡状芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌按照 1:1:1 比例混合而成的浓度为  $4 \times 10^9$  cfu/ml 的益生菌剂制备成具有生物活性的菌糠复合肥对草莓生长和发育影响效果最佳。

当菌糠与鸡粪按照 2:3 的比例配合研制成菌糠复合肥时, 与对照组等量常规的有机肥相比, 株高最高可增加 78.4%, 叶面积最大可增加 129.8%, 分枝数最多能增加 73.7%, 植株鲜重和干重能分别增加 63.6%和 65.6%。产量提高了 13.2%, 可溶性糖含量为 69.1mg/g, 维生素 C 含量提高 35.7%。最终确定菌糠与鸡粪的最佳配比为 2:3。对其营养成分进行检测可知: 该菌糠复合肥总养分( $N+P_2O_5+K_2O$ ) $\geq 5\%$ , 有效活性菌数 $\geq 40$  亿/g, pH 值为 7。

(3) 菌糠复合肥与其他常规肥料相比对草莓植株的生长、果实产量和品质具有更明显的促进作用。

施用菌糠复合肥较对照组等量的农家肥相比，株高增加 20%，单叶面积增大 32%，单果重增加 32%，株产量增加 28%，可溶性糖含量增加 15%，维生素 C 含量增加 23%。施用菌糠复合肥与其他常规肥料相比，株高最多增加 12%，单叶面积最多增加 13%，单果重最多可增加 27%，株产量最多增加 28%，可溶性糖含量最多增加 31%，维生素 C 含量最多增加 12%。同时，施用菌糠复合肥较施用等量的常规肥料相比，可溶性酸都有从 17%~30%不同程度的降低。

综上所述，菌糠复合肥与其他常规肥料相比，对草莓植株生长的促进作用更强，提高草莓果实的产量和品质的能力更高，在草莓的田间规模化种植过程中具有很好的应用价值与前景。

## 参考文献

- [1] 孟昭荣, 吴瑶庆. 东港地区草莓生长土壤中微量元素的研究 [J]. 甘肃农业, 2007 (1): 72-73.
- [2] 黄连琦. 草莓的营养价值及高产高效栽培技术 [J]. 上海蔬菜, 2012 (4): 75-76.
- [3] 罗学兵, 贺良明. 草莓的营养价值与保健功能 [J]. 中国食物与营养, 2011 (4): 74-76.
- [4] 郭斌. 草莓的营养价值及其清洗方法 [J]. 农产品加工(创新版), 2011 (9): 43.
- [5] Lieten-F. Strawberry culture: iron in the nutrient solution[J]. Fruitteelt-nieuws, 1997,10: 24-25.
- [6] Buchanan B, Cruissem W, Jones R L. Biochemistry & Molecular Biology, Rockville, Maryland: American Society of Plant pHysiologists, 2000.
- [7] 李富, 张志北. 日本草莓栽培技术 [J]. 农业致富之友, 1997 (7): 12.
- [8] Hew C S, Lim L Y, Low C M. Nitrogen uptake by tropical orchids[J]. Environmental and Experimental Botany, 1992,33(2): 273-281.
- [9] Boodly J W. The commercial greenhouse management handbook[J]. Van Nostrand Reinhold Company, 1981: 446.
- [10] Pivot D, Gillioz J M. Soilless strawberry mineral nutrition with fully recycled solution [J]. Revue-Suisse-de-Viticulture, -d'Arboriculture-et-d'Horticulture, 2000, 32(4): 207-210.
- [11] Robbe A. Strawberry cultivation. Darselect, a promising early cultivar for soilless cultivation in plastic tunnels[J]. in the case of short chain marketing Fruit-Belge, 1999,(67): 65-67.
- [12] Bringhurst R S. University of California strawberry breeding HortiScience, 1990, 25(8): 998-999.
- [13] 张军. 美国的草莓生产 [J]. 世界农业, 1989 (5): 53.
- [14] 曾少敏. 南方草莓露地栽培技术 [J]. 柑橘与亚热带果树信息, 2003, 19 (10): 35-36.
- [15] 倪玮, 尤春, 倪宏正. 草莓水肥一体化栽培关键技术 [J]. 中国园艺文摘, 2013(5): 198-200.
- [16] 周艳, 牛小军, 张盼盼. 大棚草莓保护性栽培技术 [J]. 陕西农业科学, 2012(4). 243-244.
- [17] 岳芹, 孟银良, 杨光峰等. 无公害草莓高产高效栽培技术 [J]. 农民科技培训, 2016(1): 16-17.
- [18] 许正成. 温室草莓栽培关键技术 [J]. 河北农业, 2008(12): 16.
- [19] 于千桂. 温室草莓定植关键措施 [J]. 农家科技, 2008(10): 49.
- [20] 裴祥旺. 温室草莓优质高效集成配套栽培 [J]. 北京农业, 2010(22): 19-22.
- [21] 王德全, 陈吉慧, 盛龙年. 温室草莓三膜覆盖创高效 [J]. 新农业, 2010(11): 24-25.
- [22] 胡胜元, 孙立祥. 大棚草莓的种植技术 [J]. 北京农业, 2014(12): 48.
- [23] 吉沐祥, 杨宝林. 大棚冬草莓高品质生产配套技术 [J]. 上海农业科技, 2002, (2): 63-64.
- [24] 李国平. 苏南地区设施草莓优良品种引选与优质、高效栽培技术研究 [D]. 南京农业大学, 2006: 1-86.
- [25] 张鹏岳. 优质大粒草莓品质筛选及栽培技术研究 [D]. 甘肃农业大学, 2007: 1-47.
- [26] 刘相如. 不同基质比对盆栽草莓生产与结果的影响研究 [D]. 西南大学, 2007: 1-62.
- [27] 郑林用. 食用菌菌糠的利用 [J]. 食用菌学报, 2006, 13(1): 74-75.
- [28] 米青山. 食用菌废料的综合利用研究[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin 2005, 21(2):

284-287.

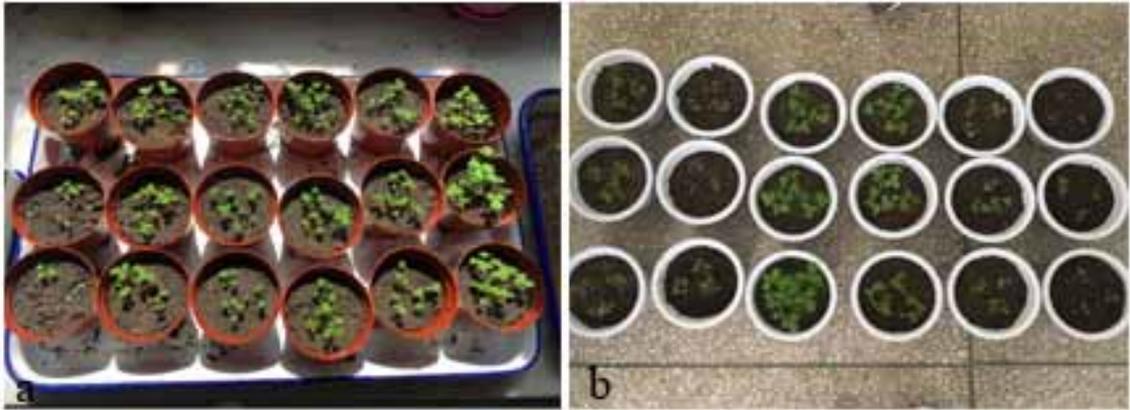
- [28] 周巍. 菌糠的综合利用研究进展 [J]. 生物技术, 2011 (2): 94-97.
- [29] 孙丽范. 利用耐盐碱解磷、解钾、固氮菌发酵菌糠制备菌肥的研究 [D]. 天津大学, 2012: 1-76.
- [30] 王雷. 菌糠在樱桃番茄施用效应的研究 [D]. 吉林农业大学, 2008:1-56.
- [31] 赵丽珍, 刘振钦. 菌糠对玉米生长发育的影响 [J]. 吉林农业科学, 1995(3):53-55.
- [32] 王书洁. 中国食用菌产业发展的现状与展望 [J]. 生态农业与农业生产, 2003(4):39.
- [33] 李学梅. 食用菌菌糠的开发利用 [J]. 河南农业科学, 2003, (5):40-42.
- [34] 徐志伟. 食用菌栽培废料的营养价值和开发利用途径 [J]. 青海畜牧兽医杂志, 1997, 7(4):41-42.
- [35] 李志超. 种菇后废料的肥效试验 [J]. 食用菌, 1985, 7(1):42.
- [36] 曾振基, 陈逸湘, 凌宏通. 食用菌菌糠生产有机肥研究 [J]. 中国食用菌, 2015 (2): 56-59.
- [37] 于之庆. 日光温室樱桃番茄菇料式有机栽培技术 [J]. 山东蔬菜, 2005, (3):28-29.
- [38] 朱小平, 王文颇, 刘微. 施用微生物加菌糠对辣椒养分吸收及土壤养分转化的影响 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(5):281-283.
- [39] 朱小平, 刘微, 高书国. 有益微生物组合加菌糠对小白菜生长及土壤养分的影响 [J]. 河南农业科学, 2004 (6):58-61.
- [40] 朱小平, 刘微, 高书国. 有益微生物组合加菌糠对菠菜生长及土壤养分的影响 [J]. 河北职业技术师范学院学报, 2003, 17(2):21-24.
- [41] 陈翔兰. 生物菌肥的作用及推广应用前景 [J]. 内蒙古农业科技, 2008(04): 96.
- [42] 赵秉强, 张福锁, 廖宗文. 我国新型肥料发展战略研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 5(10): 536-545.
- [43] 吴建峰, 林先贵. 我国微生物肥料研究现状及发展趋势 [J]. 土壤, 2002, 2(34): 68-73.
- [44] 孙建利. 对过量使用化肥危害的思考 [J]. 现代农业科技, 2010, 16: 158-159.
- [45] 谢达平, 黄祖民. 微生物菌肥的作用机理研究 [J]. 常德师范学院学报自然科学版, 2002, 14 (1): 48-50.
- [46] 盛宇. 长残留除草剂氯嘧磺隆对土壤微生物生态的影响 [D]. 东北农业大学, 2011: 1-70.
- [47] 汪海静. 氮肥对土壤微生物多样性影响的研究 [D]. 吉林农业大学, 2011: 1-44.
- [48] 王分分. 利用木薯酒精废水生产微生物菌肥研究 [D]. 河北科技大学, 2016: 6-8.
- [49] 戴小枫, 赵秉强. 我国农产品安全生产技术发展的现状与优先领域 [J]. 科技导报, 2002, (20):46-48.
- [50] 黄传荣, 甘世凡. 国内外生物复肥的研究现状和进展 [J]. 化肥工业, 2000, 1(27): 32-33.
- [51] Vessey J K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers[J]. Plant Soil 2003, 255: 571-586.
- [52] Shen D. Microbial diversity and application of microbial products for agricultural purposes in China[J]. Agriculture Ecosystem Environment, 1997, 62: 237-245.
- [53] Zou X, Binkley D, Doxtader K G, A new method for estimating gross pHospHorus mineralization and immobilization rates in soils[J]. Plant Soil, 1992, 147: 243-250.
- [54] Han H S, Supanjani, Lee K D. Effect of co-inoculation with pHospHate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber[J]. Plant Soil Environment, 2006, 52 (3): 130-136.
- [55] Xiao C Q, Chi R A, Huang X H, et al. Optimization for rock pHospHate solubilization by

- pHospHate-solubilizing fungi isolated from pHospHate mines[J]. Integrating Engineering with Ecosystem, 2008, 33: 187-193
- [56] Lynch J M, Microbial metabolites. In: Lynch, J. M. The RhizospHere. Wiley, Chichester, 1990, 177-206.
- [57] Goldstein A H, Liu S T, Molecular cloning and regulation of a mineral pHospHate solubilizing gene from Erwinia herbicola[J]. Biotech, 1987, 5: 72-74.
- [58] 陈慧君. 微生物肥料菌种应用与效果分析 [D]. 中国农业科学院, 2013. 1-47.
- [59] 徐冠华. 当代科技发展趋势和我国的对策 [J]. 中国软科学, 2002, (5):1-12.
- [60] 王慧中, 赵培洁. 有机菌肥的研制及在白菜上的应用 [J]. 浙江农业科学, 2000(2):72-75.
- [61] 蒋晓玲. 解淀粉芽孢杆菌 Y19 微生物菌肥的研制及其生物效益研究 [D]. 云南农业大学, 2015:1-6.
- [62] 陈龙. 菌肥对粮饲兼用型玉米生长和品质及土壤特性影响研究 [D]. 甘肃农业大学, 2016:1-5.
- [63] 胡学玉, 曾希柏. 中国生物肥料资源构成及开发利用 [J]. 湖北农业科学, 2000, (6): 36-39.
- [64] 李有法, 李广俭, 李雷雷. 有机菌肥的特点及其在果园的施用 [J]. 科学种养, 2015(1): 36.
- [65] 沈丽英, 田甜, 李维昆等. 复合微生物新型肥料对作物生长的影响 [J]. 磷肥与复肥, 2016(2)
- [66] 王洋娟. 微生物菌肥对苹果树体生长及病害防控的研究 [D]. 西北农林科技大学, 2014: 1-46
- [67] 李保会, 李青云, 李建军等. 复合微生物菌肥对连作草莓产量和品质的影响 [J]. 河北农业科学, 2007, 11 (1) : 15-17.
- [68] 邹荣松, 刘克锋, 王红利. 不同微生物有机肥对草莓生长影响的研究 [J]. 中国农学通报, 2009 (8) : 196-198.
- [69] 高喜叶, 曹兴明, 郭永明. 新型生物菌肥对日光温室草莓果实品质的影响 [J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2013 (6) : 54-57.
- [70] 辛雅芬. 球毛壳菌生物菌肥对草莓生长和品质的影响 [J]. 南方农业学报, 2013, 44 (7) : 1145-1149.
- [71] 曲贵伟. 生物复合肥料对草莓产量、品质及病害发生率的影响研究 [J]. 现代农业科技, 2006(1): 7-8.
- [72] 管文芳, 戴相群, 胡强. 微生物肥料“宁盾”对草莓的促生防病效果初探 [J]. 北方园艺, 2016 (2) : 158-162.
- [73] 曹书苗. 草莓连作障碍生物防治研究 [D]. 西北农林科技大学, 2009: 1-6.
- [74] 杜霄霞. 草莓酚酸类自毒物质降解菌筛选及对草莓防病促生作用研究 [D]. 西北农林科技大学, 2009
- [75] 张丽萍, 黄亚丽, 程辉彩. 土壤微生物制剂防治草莓连作病害的研究 [J]. 土壤, 2007(04)
- [76] 郑林用, 谭伟, 彭卫红. 中国食用菌产业现状和发展策略 [J]. 西南农业学报, 2003, 16:55-59.
- [77] 王雷. 菌糠在樱桃番茄施用效应的研究 [D]. 吉林农业大学, 2008:1-2.
- [78] 于浩, 李晔, 程全国. 土霉素降解菌的筛选及其降解条件优化 [J]. 沈阳大学学报 (自然科学版), 2017, 29 (1) :21-25.
- [79] 宋雪英, 梁茹晶, 孙礼奇. 以菌糠为调理剂的柴油污染土壤堆肥技术研究 [J]. 沈阳大学学报 (自然科学版), 2014, 26 (3) : 179-183.
- [80] 赵国鹏. 不同肥料对肥城桃生长发育和果实品质的影响 [D]. 山东农业大学, 2011:15-17.
- [81] 于丹. 有机酸钾喷施对茄子和辣椒生长发育、产量及果实品质的影响 [D]. 西北农林科

技大学, 2013:16-33.

- [82] 周美君, 杨绍斌. 家禽粪便除臭复合菌剂的应用研究 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55 (22) :5789-5793.
- [83] 南京农业大学主编. 土壤农化分析 (第二版) [M]. 农业出版社, 1988: 33-36.
- [84] 张宪政, 陈凤玉, 王荣富. 植物生理学实验技术 [M]. 沈阳: 辽宁科技技术出版社, 1994: 144-151.
- [85] 杨绍斌, 李晓明. 现代微生物学实验技术 [M]. 沈阳: 辽宁民族出版社, 2002: 43-45.
- [86] 于群英, 段立珍. 用 Mehlich 3 通用浸提剂法测定土壤有效磷和有效钾 [J]. 安徽农业科学, 2002, 30 (6) : 861~862.

## 附录



盆栽实验



田间实验

## 在学期间研究成果

### 一、发表论文

- [1] 刘柳, 杨绍斌. 耐火型菌糠泡沫塑料板的研制[J]. 农业灾害研究, 2016(07): 50-52.
- [2] 刘柳, 朱丽, 张晓霞, 杨绍斌. 一种复合菌肥的研制及其在草莓种植中的应用[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2017(05): 384-389.

### 二、科研项目

- (1) 主持 2015 年沈阳大学研究生创新项目“耐火型菌糠泡沫板的研制”(sdyxsz2015014) 项目负责人, 已结题。

## 致谢

本研究是在我的导师杨绍斌教授的悉心指导下完成的，从论文的选题、实验思路设计、实验材料的准备以及实验的实施过程，杨老师都提供了非常专业的指导。在此，对杨老师表示衷心的感谢。

感谢刚爽老师对我论文软件方面以及部分数据处理方面提供的指导与帮助，感谢生命科学与工程学院与研究生学院所有关心支持我的老师们。

感谢室友在学习上与生活中的帮助与关心，感谢程志强同学在我学习、生活中的关心与陪伴，感谢所有帮助、关心我的老师和同学们。

感谢丹东东港大孤山马家岗草莓生产基地提供田间试验场地，让我得以顺利完成实验研究。

最后，我还要感谢的就是我的家人，感谢他们在我生活上的关心与鼓励，感谢他们支持我走上求学、读研的道路，在此，对我的父母说一声：您们辛苦了，谢谢你们！

## 摘要

本文利用菌糠和鸡粪混合发酵,再添加益生菌剂制成具有生物活性的菌糠复合肥。检验菌糠复合肥对草莓生长与品质的促进作用,实现废弃菌糠的再利用。

首先,从垃圾降解菌粉中筛选出3种菌株(1号,2号,3号),对3种菌株进行分离扩繁,染色观察,分析了3种菌株产 $H_2S$ 、 $NH_3$ 能力,降解四类大分子有机物的能力,解磷、解钾与固氮能力,并研究了3种菌株对高温、高盐与pH值的耐受性。经鉴定1号菌株为蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus* Frankland and Frankland),2号菌株为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*),3号菌株为巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*)。将筛选得到的3种菌株进行混合并计数,制备获得体积浓度为 $4 \times 10^9$ cfu/mL的混合益生菌液。

其次,研究并确定了菌糠复合肥的最佳配方,通过单因素实验进行室内盆栽效果检验,分析了菌糠与鸡粪的不同配比对草莓种植过程中生长发育与果实品质的影响。盆栽试验分为六组,定期施肥并测量草莓生长发育的相关指标。结果表明,菌糠与鸡粪按照2:3的比例进行混合发酵,再添加体积浓度为 $4 \times 10^9$ cfu/ml的混合菌剂制备出的菌糠复合肥对促进草莓生长和提高果实品质作用效果最为明显。

最后,进行单因素随机区组试验,检验不同肥料对田间草莓种植效果,共设置5个施肥处理,其他田间管理措施相同,记录其营养生长、产量、果实品质等相关指标,并整理数据,应用EXCEL2007对原始数据进行统一处理,用统计软件SPSS17.0对各项指标进行方差分析与多重比较,并绘制统计图。研究结果表明:施用菌糠复合肥较对照组等量的农家肥相比,株高增加20%,单叶面积增大32%,单果重增加32%,株产量增加28%,可溶性糖含量增加15%,维生素C含量增加23%。施用菌糠复合肥与其他常规肥料相比,株高最多增加12%,单叶面积最多增加13%,单果重最多可增加27%,株产量最多增加28%,可溶性糖含量最多增加31%,维生素C含量最多增加12%。同时,施用菌糠复合肥较施用等量的常规肥料相比,可溶性酸都有从17%~30%不同程度的降低。菌糠复

合肥比其他常规肥料对草莓生长具有显著的促进作用,既能促进草莓植株的生长,又能提高草莓果实产量与品质。

**关键词: 菌糠, 菌剂, 复合肥, 草莓种植, 果实品质**

# Development of Fungus chaff Compound fertilizer and Its Application in Cultivation of Strawberry

## Abstract

In this paper, the compound fertilizer of bioactive bacteria was made by mixing with chicken manure and adding probiotics. The effect of compound fertilizer on growth and quality of strawberry was tested, and the reuse of disused bran is realized.

Firstly, three kinds of bacteria (1, 2, 3) were screened from the Waste degradation fungus powder. Analyzed the three kinds of strain capacity of  $H_2S$ ,  $NH_3$ , four kinds of macromolecular organic matter degradation ability, pHosphate-solubilizing, releasing and nitrogen fixation ability, and studied the three strains of high temperature, high salt and pH value of tolerance. With the identification, the first strain was identified as *Bacillus cereus* Frankland and Frankland, the second strain was *Bacillus subtilis*, and the third strain was *Bacillus megaterium*. The three strains were mixed and cultured, and the total number of bacteria in mixed culture was observed, and the mixture of  $4 \times 10^9$  cfu/mL was prepared.

Secondly, research and identified the best prescription of fungus chaff compound fertilizer. The fungus chaff and ratio of chicken manure to strawberry plant growth and fruit quality in the process of impact was analysed by single factor pot experiment. The indoors experiment was divided into six groups, which regularly fertilized and measured the growth indexes of strawberry plants and the quality indexes of the fruit. Results show that the fungus chaff with chicken manure in accordance with the ratio of 2:3 after mixed fermentation, the concentration of added to the mixture of  $4 \times 10^9$  cfu/ml bacteria agent preparation of fungus chaff compound fertilizer to promote the growth of strawberry and improve fruit quality effect is most obvious.

Finally, a single-factor random group experiment was conducted to test the effect of different fertilizers on strawberry planting in the field. Five fertilizer treatments were set up, the other field management measures were the same, and the nutrition

growth, yield and fruit quality were recorded. The raw data analyzed by Using EXCEL2007, and the variance analysis, multiple comparison analysis and mapping of the indicators were analyzed using statistical software SPSS17.0. The results showed that the compound fertilizer could promote the growth of strawberry plants and improve the yield and quality of strawberry fruit. Application of bacterial chaff compound fertilizer than the control group compared to the same amount of farmyard manure, a 20% increase in plant height, leaf area increased 32%, single fruit weight increased by 32%, plant yield increased by 28%, soluble sugar content increased by 15%, vitamin C content increased by 23%. Compared with other conventional fertilizer application of bacterial chaff compound fertilizer, plant height increased by 12%, the most simple the largest area increased by 13%, weight can be increased by 27% at most, most plant production increased by 28%, soluble sugar content increased by 31%, most vitamin C content increased up to 12%. At the same time, the soluble acids were reduced from 17% to 30% in the same amount of conventional fertilizers.

**Keywords: fungus chaff, microbial inoculum, compound fertilizer, strawberry growing, fruit quality**