

日光温室土壤生物学特性与施肥的关系

徐福利<sup>1,2</sup>, 梁银丽<sup>1,2</sup>, 张成娥<sup>4</sup>, 杜社妮<sup>1,2</sup>, 陈志杰<sup>3</sup>

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100;  
3. 陕西省动物研究所, 西安 710037; 4. 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

摘 要: 采用田间试验研究施肥对日光温室土壤微生物区系和土壤酶活性的影响, 结果表明, 施用有机肥和叶面追肥增加了土壤细菌数量; 施用化肥和沼肥增加了真菌的数量, 施用有机肥降低了真菌的数量; 施肥增加了放线菌的数量。施肥提高了土壤脲酶、磷酸酶、蔗糖酶活性, 但对过氧化氢酶影响较小。施用有机肥提高了脲酶和磷酸酶活性, 化肥和沼肥对脲酶和磷酸酶活性影响无很大差异。

关键词: 土壤微生物; 土壤酶活性; 施肥

中图分类号: S 154; S316 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004) 01-0020-03

Relationship Between Soil Microbial Biomass and Soil Enzyme Activities and Fertilization in Sunlight Greenhouse

XU Fu-li<sup>1,2</sup>; LIANG Yin-li<sup>1,2</sup>; ZHANG Cheng-e<sup>4</sup>; DU She-ni<sup>1,2</sup>; CHEN Zhi-jie<sup>3</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling;  
2. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China;  
3. Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710037, China;  
4. Institute of Soil and Fertilizer, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The relationship between soil microbial biomass and soil enzyme activities and fertilization in sunlight greenhouse in Loess Plateau was dealt with. The results showed that using manure and foliage fertilization increased the bacteria but using NP and methane did not. Fungi are not the same, using NP and methane fertilization could raise fungi in soil, but using manure the fungi decreases. Fertilization with manure and NP as well as methane increase actinomycetes in soil and the activities of urease, phosphatase, and intertase in soil remarkably.

**Key words:** soil microbial biomass; enzyme activity in soil; fertilization

随着人口的不断增长, 土地利用开发强度不断加大, 土壤质量受到人们的普遍关注。在评估土壤环境质量时, 土壤生物学指标, 包括土壤酶活性和微生物活性已被认为是一新指标。土壤微生物和土壤酶是土壤中的生物活性物质, 直接参与土壤中的物质转化、养分释放和固定过程, 与土壤肥力状况有密切关系。

土壤微生物和酶活性对于各种土壤管理措施, 包括对土壤耕作方式、轮作及施用有机肥种类等是一个敏感的标志<sup>[1~6]</sup>, 但对施肥对土壤微生物区系和酶活性的影响研究资料甚少。本文研究了施用化肥、有机肥和沼肥对日光温室土壤微生物区系和酶活性的影响, 探讨不同施肥方法对土壤质量的可能影响, 为土壤资源持续利用和防止日光温室土壤质量退化的合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设置

试验于 2001 ~ 2002 年在陕北黄土高原延安市宝塔区河庄坪镇井家湾村进行, 供试土壤为黄绵土, 基础养分含量: 有机质 6.525 g/kg, 全 N 0.484 g/kg, 速效 N 168.6 mg/kg, 全磷 1.017 g/kg, 速效磷 65.25 mg/kg, 速效钾 121 mg/kg。该地位于北纬 36°39'29", 东经 109°26'25", 海拔 987 m。日光温室长 55 m, 宽 7.5 m, 钢架结构, 建成 3 年。试验前作为西红柿, 试验作物黄瓜, 品种为津春 3 号。2001 年 11 日定植, 2002 年 7 月 12 日收获结束。

试验设 7 个处理: 1) 无肥 (CK); 2) NP (N 400 + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 250); 3) 有机肥 225 000 (kg/hm<sup>2</sup>) (M); 4) 沼肥 225 000 (kg/hm<sup>2</sup>) (Me); 5) 叶面施肥 11.25 (kg/hm<sup>2</sup>) (F); 6) NP+ 叶面喷

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-09-15  
基金项目: 中国科学院知识创新项目 (KZCX1-06-02) 资助  
作者简介: 徐福利 (1958-), 男, 陕西富平人, 博士, 研究员, 长期从事土壤肥力和植物营养方面的研究, 发表论文 50 余篇。

肥( N200 + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 125 + 11.25 kg/hm<sup>2</sup> ) ( NPF ); 7) 有机肥+ 叶面喷施( 112 500 + 11.25 kg/hm<sup>2</sup> ) ( MF ), 随机排列, 重复 4 次。小区面积为 1.2 m × 5.5 m = 6.6 m<sup>2</sup>。种植两行, 定植时黄瓜苗高 8.8 cm, 叶片 3 个, 苗重 6.96 g, 共 40 株。

试验地在定植时深翻 20 cm, 按小区施肥量施肥, 然后再翻耕一次。施肥方式: 有机肥用量的 2/3 作为基肥, 在定植前整地时施入, 1/3 作为追肥在定植后 2 个月追施, 施肥深度 20 cm; 氮肥 100 kg/hm<sup>2</sup> 作为基肥, 在黄瓜生长过程中分 3 次追施, 每次追 100 kg/hm<sup>2</sup>, 开沟施入覆土; 磷肥用磷酸二铵, 作为基肥一次施入, 沼肥用量的 2/3 作基肥, 其余 1/3 在定植 2 个月后追施, 开沟施入覆土, 叶面肥采用有机钾肥加尿素, 在定植后 2 个月第一次喷施, 以后每 20 天喷 1 次, 0.5% 尿素溶液 2 次, 0.15% 的有机钾肥溶液 4 次, 连喷 4 次。

施肥种类: 有机肥用腐熟的牛粪, 养分含量为: 全 N 4.216 g/kg, 速效 N 154.8 g/kg, 全 P 2.11 g/kg, 速效磷 325.1 mg/kg, 速效钾 3 299.0 mg/kg; 无机磷肥用磷酸二铵 ( 含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%, N 17% ), 氮肥用尿素 ( 含 N 46% ); 沼肥用经过 6 个月沼气发酵后的沼液和沼渣混合物。

试验过程中喷施 72% 杜邦克露和 75% 百菌清防治黄瓜霜霉病, 粉锈宁防治白粉病。

### 1.2 测定项目

在黄瓜整个生长发育过程中, 从 1 月开始每隔 30 d 左右取一次土样, 分次取 0~20 cm 土层土样, 每处理重复取 3 次, 土样低温保存。土壤微生物和土壤酶活性采用常规方法测定<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 施肥对日光温室土壤微生物区系的影响

从表 1 看到, 施肥对土壤微生物区系影响很大, 但对不同微生物区系的影响不同。从土壤细菌变化来看, 与对照相比, 有机肥+ 叶面喷肥增加了 51.2 × 10<sup>7</sup>, 化肥+ 叶面喷肥增加了 14.39 × 10<sup>7</sup>, 有机肥处理细菌数量增加了 3.98 × 10<sup>7</sup>, 叶面喷肥增加了 9.2 × 10<sup>7</sup>。施用有机肥为细菌繁殖提供了能源物质, 有利于细菌繁殖。叶面施肥增加细菌数量的原因还有

待进一步研究。施用化肥和沼肥降低了土壤细菌数量。原因是沼肥发酵已将有机物分解, 沼肥施入土壤后没有更多的有机物质供细菌利用。有研究认为, 细菌在土壤溶液和土壤表面可表现出一般微粒的物理和化学特征<sup>[2,3]</sup>, 而且又是活体, 可以促进有机物的分解, 养分的固定, 对提高有机肥和化肥的有效性有作用<sup>[2,6]</sup>。

分析施肥对土壤真菌数量的影响, 与土壤细菌的变化趋势不同, 施用有机肥减少了真菌的数量, 而化肥和沼肥又增加了真菌的数量。其变化可能是施肥对土壤酸度有影响, 详细原因还需要进一步研究。

施肥使放线菌的数量增加剧烈, 增幅达 120.67% ~ 447.05%。影响程度依次为 NPF> Me> M> MF> F> NP。

表 1 不同施肥黄瓜收获期土壤微生物区系变化\*

处理	细菌 ( × 10 <sup>7</sup> )		真菌 ( × 10 <sup>3</sup> )		放线菌 ( × 10 <sup>4</sup> )	
	含量	+ / -	含量	+ / -	含量	+ / -
CK	9.11	-	20.13	-	227.80	-
NP	7.96	- 1.15	22.73	+ 2.6	348.47	+ 120.67
M	13.09	+ 3.98	18.09	- 2.04	523.36	+ 295.56
Me	5.31	- 3.8	36.10	+ 15.97	531.81	+ 304.01
F	18.31	+ 9.2	27.80	+ 7.67	449.47	+ 221.67
NPF	23.50	+ 14.39	27.67	+ 7.54	674.85	+ 447.05
MF	60.31	+ 51.2	16.69	- 3.44	470.45	+ 242.65

### 2.2 施肥对日光温室土壤酶活性的影响

土壤酶参与了腐殖质的合成和分解, 使植物和微生物残体的分解转化成植物可利用的养分形态。水解酶类是对土壤肥力具有重要作用的酶类<sup>[4,6]</sup>, 主要包括有脲酶、磷酸酶和转化酶等。

#### 2.2.1 施肥对日光温室土壤脲酶活性的影响

土壤脲酶活性动态变化见图 1。可以看出, 随着黄瓜的生长, 脲酶活性有一个先降低后增高的过程。对照土壤脲酶动态变化较小, 施用 NP 化肥脲酶活性增加, 5~7 月间化肥的脲酶活性增强。有机肥处理脲酶活性提高较大, 有机肥和沼肥的脲酶活性相差较小, 但有机肥的脲酶活性高于沼肥。土壤脲酶活性反映各种生化过程的方向和强度。脲酶活性增强, 促进土壤有机氮转化, 提高土壤氮素肥力, 可以在黄瓜生长期间提供更多的氮素。

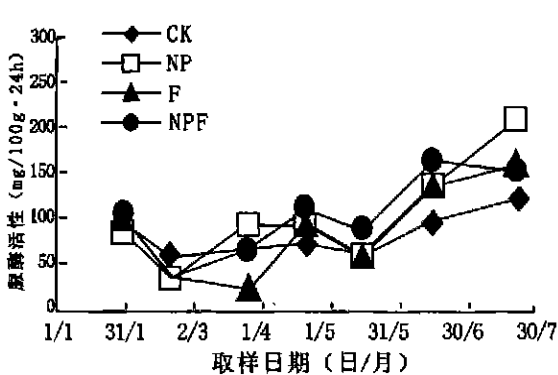
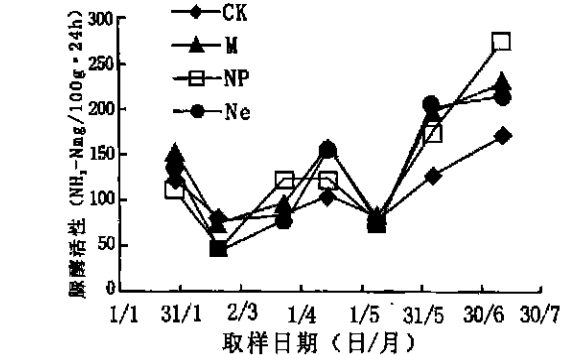


图 1 施肥对日光温室土壤脲酶活性的影响

#### 2.2.2 施肥对日光温室土壤蔗糖酶活性的影响

从图 2 中看到, 与对照相比, 施肥土壤蔗糖酶活性提高, 有机肥和沼肥处理相比, 有机肥处理的蔗糖酶活性提高较



大, 化肥和沼肥的蔗糖酶活性提高较小, 在 3~4 月黄瓜生长旺盛, 蔗糖酶活性出现了一个峰值, 促进土壤蔗糖水解成葡萄糖, 为微生物提供能量物质, 有利于有机物质的分解。

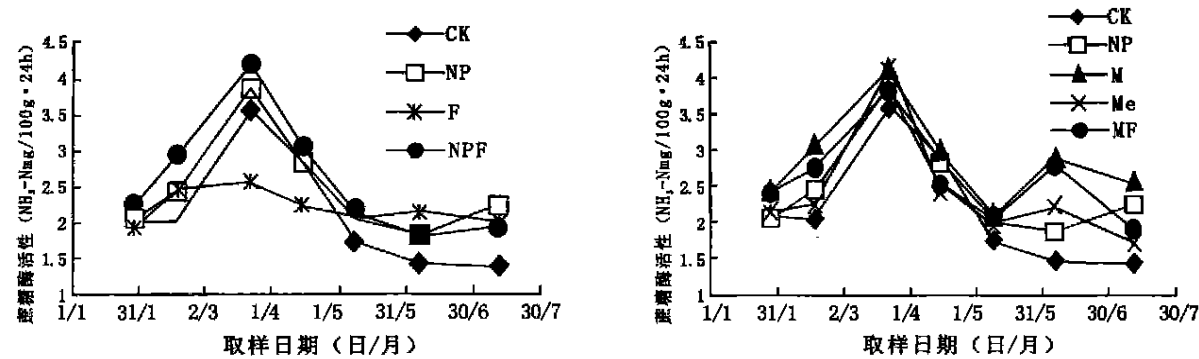


图 2 施肥对日光温室土壤蔗糖酶活性的影响

2.2.3 施肥对日光温室土壤碱性磷酸酶活性的影响

分析碱性磷酸酶活性动态变化(图 3), 不同于蔗糖酶和脲酶, 碱性磷酸酶活性是随着气温升高呈降低趋势, 同时随着黄瓜的生育期进程碱性磷酸酶活性呈降低趋势。前期碱性

磷酸酶活性高, 土壤中释放的磷多, 有利于黄瓜生长对磷素的吸收, 后期碱性磷酸酶活性低, 土壤中释放的磷少。不施肥土壤碱性磷酸酶活性较小, 施用有机肥碱性磷酸酶活性较大, 施用化肥和沼肥碱性磷酸酶活性较小。

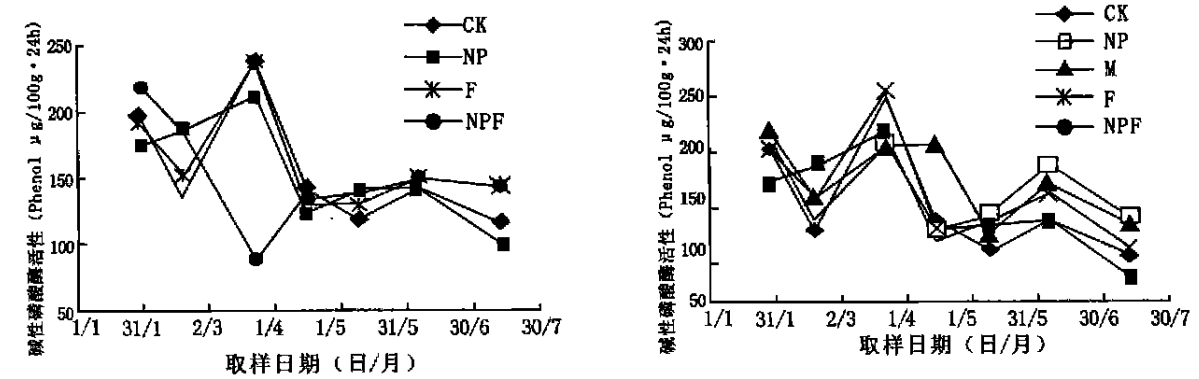


图 3 施肥对日光温室土壤碱性磷酸酶活性的影响

2.2.4 施肥对日光温室土壤过氧化氢酶活性的影响

施肥对日光温室土壤过氧化氢酶活性的影响(表 2)表明, 施肥对土壤过氧化氢酶活性的影响很小, 各施肥处理差异较小。过氧化氢酶活性的变化随着温度的升高而有增加的趋势, 特别是 7 月份黄瓜收获之后, 过氧化氢酶活性增强, 表明过氧化氢酶活性与土壤温度和气温的关系很大。

表 2 施肥对日光温室土壤过氧化氢酶活性动态变化的影响

处理	取 样 时 间						
	28-Jan	17-Feb	22-Mar	14-Apr	8-May	5-Jun	11-Jul
CK	12.85	14.55	15.22	14.83	14.98	15.78	20.69
NP	12.89	15.14	15.55	15.07	15.17	15.88	20.42
M	12.51	14.55	14.78	14.74	14.62	15.20	20.13
Me	11.40	15.03	14.68	15.15	14.26	15.44	20.17
F	13.07	14.90	15.11	15.12	14.97	16.15	20.64
NPF	12.74	14.68	14.54	14.71	14.94	15.54	20.55
MF	12.80	14.39	14.91	14.76	15.12	15.52	20.58

注: 浸提液为 0.1 N KMnO<sub>4</sub> 溶液, ml/g。

3 结论与讨论

施肥对土壤微生物区系的变化影响很大。施肥有机肥和参考文献:

叶面追肥明显增加了土壤的细菌数量。施用化肥和沼肥增加了真菌的数量, 施用有机肥降低了真菌的数量, 降低幅度 2.04%, 不同施肥处理明显的增加了放线菌的数量。

施用有机肥脲酶活性提高较大, 施用化肥在 5~7 月间脲酶活性增强; 施用有机肥蔗糖酶活性提高较大, 施用化肥和沼肥蔗糖酶活性提高较小; 施用有机肥碱性磷酸酶活性较大, 施用化肥和沼肥碱性磷酸酶活性较小; 施肥对土壤过氧化氢酶活性的影响很小。土壤酶活性是土壤代谢强度的标志, 土壤过氧化氢酶活性关系到土壤的解毒能力, 脲酶水解尿素生成氨, 影响着土壤氮代谢状况<sup>[3~5]</sup>。

土壤微生物和酶是土壤生态系统的重要动力, 土壤中所进行的一切生物学和化学过程都要由微生物和酶作用才能完成。微生物和酶既是土壤有机物质矿化的执行者, 而且也是植物养分的活性库<sup>[1]</sup>。施肥、灌水和作物根系分泌物等土壤环境的变化都会影响土壤微生物区系和土壤酶活性。本试验表明, 在高水肥投入的日光温室蔬菜土壤管理中, 施肥对日光温室土壤微生物和酶活性生产了明显影响, 说明土壤微生物和酶活性对施肥也是一个很敏感的指标, 这对评估日光温室蔬菜土壤质量及土地持续利用具有参考价值, 但不同施肥处理对土壤微生物和酶活性的影响机制尚需进一步研究。

[1] Srivastava S C, Singh J S, Microbial C. N and P in dry tropical forest soil: effect of alternate land-use and flux[J]. Soil Boil Biochem, 1991, 23(2): 117- 124. (下转第 30 页)

### 3 农业节水技术体系

#### 3.1 农作物种植结构调整

因地制宜进行农作物结构调整是实现水土资源高效利用的途径之一。怀来县栽培的植被中,有粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、花卉等。对确实不适宜继续种植粮食作物的土地、必须退耕还林还草;对高效土地,应稳定耕作面积,以保证粮食和经济作物的稳步发展。对粮食作物内部的结构调整,稳定水稻面积,压缩玉米面积到 10 000 hm<sup>2</sup>。在水源不足的山区和丘陵区发展旱作农业,适当扩大谷子的种植面积,小米是我国广大群众常年喜爱的小杂粮品种,谷草又是优质饲草,要保证谷子的种植面积不少于 8 000 hm<sup>2</sup>,占粮食作物的 27%。

#### 3.2 节水技术

怀来县水资源相对比较丰富,但存在时空分布不均的问题。在不同类型土地上,采取相应水资源管理对策,建立节水型的高效农业生产体系,如水源调控技术,灌溉技术和调控制节水技术等<sup>[3]</sup>,对于促进当地农业生产的发展,防治荒漠化,实现社会经济的可持续发展战略具有重要意义。

#### 3.3 集水技术

丘陵区农业栽培措施上的根本出路在于实施“集水”与节水相结合,只有将自然供给的雨雪合理集蓄起来,才能在缺水时节重新分配使用。目前,在该区适宜的集水技术有:水窖、涝池、塘坝或塘库、地头水柜、小水库、小水塘等。其中,在南北山区有地形较好的溪沟河谷,有一定的集水面积,可以修建塘坝或塘库,将多雨年份或多雨季节的径流蓄存于此,

参考文献:

[ 1 ] 联合国粮食及农业组织. 径流集蓄[ M ]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 45– 52.  
[ 2 ] 石玉林, 卢良恕. 中国农业需水与节水高效农业建设[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001. 98– 102.  
[ 3 ] 沈振荣, 苏人琼. 中国农业水危机对策研究[ M ]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998. 76– 88.  
[ 4 ] 封志明, 李飞, 刘爱民. 农业资源高效利用的优化模式与技术体系[ M ]. 北京: 中国科学出版社, 2002. 15– 24.  
[ 5 ] 蔡强国, 赵宏夫, 王忠科, 等. 永定河上游张家口市水土流失规律与坡地改良利用[ M ]. 北京: 环境科学出版社, 1995. 33– 37.

( 上接第 22 页)

[ 2 ] Bonde AT. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable in soil from long field experiment[J]. Soil Boil Biochem, 1998, 20( 4) : 447– 453.  
[ 3 ] 姚圣梅. 蔬菜大棚土壤微生物种类及数量的初步研究[ J ]. 华中农业大学学报, 1997, 16( 4) : 92– 95.  
[ 4 ] 姚圣梅. 蔬菜大棚土壤微生物群落的研究[ J ]. 中国蔬菜, 1997, ( 4) : 37– 38.  
[ 5 ] 唐咏. 日光温室蔬菜栽培对土壤微生物和酶活性的影响[ J ]. 沈阳农业大学学报( 自然科学版), 1999, 30( 1) : 16– 19.  
[ 6 ] 贾继文. 蔬菜大棚土壤理化性状与土壤酶活性的关系研究[ J ]. 山东农业大学学报( 自然科学版), 2001, 32( 4) : 427– 432.  
[ 7 ] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及对土壤质量的指标研究进展[ J ]. 应用与环境生物学报, 2003, 9( 1) : 105– 109.  
[ 8 ] 张成娥, 梁银丽. 黄土高原区套作苹果幼园土壤养分及酶活性研究[ J ]. 干旱地区农业研究, 1999, 17( 4) : 22– 26.

以解决人畜和旱季的农业灌溉用水,充分发挥降水的生产效益;在西部河川区的洋河边则可利用低洼地调蓄雨洪。

### 4 土地高效节水潜力分析

参照甘肃、陕西、山西、辽宁等地水土资源高效利用的试验资料,以怀来县 1998 年种植面积估算出实施高效措施后的节水潜力。在怀来县农业用水中,若单考虑把主要栽培植物的无效损失的水量通过节水措施而得到充分利用,在总用水量不变的情况下,总节水量为 3 672. 5 万 m<sup>3</sup>,如按平均用水定额 3 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>计,可增加灌溉面积 1 万 hm<sup>2</sup>,年增产粮食 1 500 万 kg。根据作物结构及布局,推荐怀来县的各类作物灌水量如表 4。可见,怀来县存在较大的节水潜力。为此,我们可以采取各项行之有效的水土资源高效利用措施,在保证粮食高产优质的前提下,将目前的灌溉水量和灌溉定额减下来,最终达到“高产、优质、高效”农业的持续稳定发展。

表 4 怀来县高效土地节水量分析

种类	种植面积	原灌水定额	限水灌溉定额	节约水量
	/ hm <sup>2</sup>	/ ( m <sup>3</sup> · hm <sup>- 2</sup> )	/ ( m <sup>3</sup> · hm <sup>- 2</sup> )	/ 万 m <sup>3</sup>
水稻	2 000	9 400	6 000	680
玉米	7 000	1 800	1 200	420
大路蔬菜	3 000	4 500	3 500	300
大棚蔬菜	670	7 500	5 000	167. 5
葡萄	6 700	6 000	4 500	1 005
苹果	10 000	3 000	2 000	1 000
合计				3672. 5