**摘要**

本文讨论农作物种植策略优化问题，建立了农作物种植优化模型，使用非线性规划，贪心策略，分支思想等方法对乡村的农作物种植方案进行了求解，得到了2024-2030年最优的种植策略和相应的经济收益预测。通过对不同情景下的农作物产量和销售情况进行模拟，得出了一些切实可行的种植建议。

**针对问题一：**本问针对2023年农作物的种植情况，提出了多余产量的两种处理方案：1）滞销处理；2）按2023年50%售价销售，旨在优化种植方案以最大化利润。首先，采用分治思想，将土地划分为四类：平旱地、梯田、山坡地适合种植粮食作物（水稻除外），水浇地适合种植水稻或双季蔬菜，大棚则适宜种植蔬菜和菌类作物。在问题一的第（1）小问中，利用线性规划算法求解各类土地的种植方案，得出在滞销情况下的最佳种植策略，显著减少浪费并降低利润损失。针对第（2）小问，采用非线性优化与贪心算法，逐步选择利润最高的作物，最终确定多余产量按50%售价销售时的最佳种植方案。结果显示，当滞销造成浪费时，总收益与23年的总收益比较有所下降，而降价50%销售多余部分时，损失相对较小。依此得出，降价处理多余产量能够有效减少收益损失。

**针对问题二：**本问针对以往的销售经验，农作物受天气等因素影响以及市场条件的影响。针对可能出现的销售量变化，亩产量的变化以及成本的变化，我们利用问题一的模型，添加随机因子，通过多次随机模拟，我们以最后取平均值来替换我们的结果。结果表明，在考虑销售量波动的情形下，适度增加粮食作物的种植比例，能够有效提高整体收益，降低风险。此外，通过比较不同作物的种植策略，我们发现，粮食类作物的稳定性高于蔬菜类作物，因而在不确定性较大的市场条件下，优先选择粮食类作物能够更好地抵御市场波动的影响。综上所述，优化种植方案需综合考虑市场变化与作物特性，以实现长期的经济收益。

**针对问题三：**本问题进一步考虑了农作物之间的可替代性和互补性，以及销售量、销售价格、种植成本之间的相关性。基于问题2的基础，通过引入更多的约束条件和模拟数据，综合考虑了不同作物的相互影响，以提出更为精确和可靠的农作物种植建议。最终的最优种植策略应综合考虑市场变化、气候影响和作物特性，旨在实现长期的经济收益和可持续发展。

**最后总结：**

**关键词：农作物种植优化、非线性规划、贪心策略、分治思想**

# 问题的重述

## 1.1研究背景

中国耕地面积广袤、人口众多，自古以来都是“以农为本”的农业大国。研究表明健康的土壤有利于农业的可持续发展，因为它本身是个生态系统，系统平衡时有一定的自我修复功能，然而系统能否平衡与人类的耕作模式息息相关【1】。所以合理规划土地资源，制定科学的种植方式的具有重要的现实意义。在此前提下，我们提出因地制宜的科学种植策略，即在不同土地类型、不同季节选择不同种类的农作物进行种植，以求充分利用有限的耕地资源发展乡村种植业，实现种植利润最大化，促进乡村经济可持续发展。

## 1.2题目信息

* 每种作物在同一地块上不能重茬种植。
* 每三年中每个地块（大棚）的所有土地至少种植一次豆类作物，如果当年只种植该地块的部分土地，在未来两年内需保证该地块剩余部分土地至少种植一次豆类作物（且该豆类作物不与前一年种植的豆类作物相同）。
* 每一地块（大棚）每年可以混合种植不同种类的作物。
* 未来作物种植亩数、种植成本、亩产量和销售价格与2023年基本维持稳定，在此基础上进行不大于的波动。
* 附件给出乡村目前可用耕地情况和种植农作物种类、2023年种植农作物种植情况和销售利润的统计结果。

## 1.3问题的提出

本文将要解决以下几个问题：

**问题一：**在农作物亩产量、种植成本、预期销售量和销售价格与2023年保持稳定的情况下，对于某作物的实际产量超过预期销量（供大于求）的多余部分将有以下2种方案进行处理：

方案(1)滞销处理；

方案(2)多余部分按2023年售价的进行售卖；

我们需分别给出在上述两种方案下的最优种植方案，实现利润最大化，并将结果填入所给附件。

**问题二：**在2023年给定数据下，各种农作物的预期销售量、亩产量、种植成本和销售价格发生了一定波动，建立数学模型，给出该乡村 2024~2030 年农作物的最优种植方案。

**问题三：**在问题二的基础上，考虑各种农作物之间存在一定的可替代性和互补性，预期销售量与销售价格、种植成本之间存在相关性，通过模拟数据求解该乡村2024—2030最优种植策略，并将所得结果与问题二比较分析。

# 二、问题的分析

对本文提出的最有种植策略问题，我们逐一做如下分析：

## 2.1问题一的分析

本问要求根据2023年农作物的种植情况，针对多余的产量，分别按照两种方案处理：1）滞销处理；2）按2023年50%售价销售，并给出这两种情况下的最佳方案。我们将**种植利润值**作为衡量最佳方案的变量，**首先**采用分治的思想，将所有土地按照所给的土地类型和适宜种植的作物种类进行划分，划分类型为下图1中4个红框部分。这四类结合附件1中内容显示：**平旱地、梯田、山坡地**只适于种值粮食作物（水稻除外）；**水浇地单季**可种植单季作物（水稻）；**双季种植时无特殊情况土地，**水浇地第一季种植多种蔬菜作物（除大白菜和红/白萝卜），普通大棚第一季种植多种蔬菜作物（除大白菜和红/白萝卜），智慧大棚两季都种植多种蔬菜（除大白菜和红/白萝卜）；**双季种植时存在特殊种植情况土地**，水浇地第二季只能种大白菜、红/白萝卜，普通大棚第二季只能种植菌类作物；。

图1 种植方案流程图

**针对问题一第（1）小问**，我们采用非线性规化算法，在约束条件下求出4类情况下的利润最大时作物种植情况，然后将4类情况整合得出最佳方案；**针对问题一第（2）小问，**我们采用非线性优化和贪心算法在约束条件下，每一次都选择种植产生最大利润的作物，最终得到最佳方案。

## 2.2问题二的分析

在本问题中，我们需要为乡村制定2024至2030年的最优农作物种植方案，综合考虑未来销售量、亩产量、种植成本和销售价格的不确定性。小麦和玉米的销售量预计将以5%至10%的年增长率上升，而其他农作物的销售量相较于2023年则可能有±5%的波动。此外，亩产量受气候影响，每年可能波动±10%，这要求我们在模型中设置安全边际以应对不确定性。种植成本预计每年增长约5%，因此需在制定种植方案时考虑这一因素以保障农民的盈利能力。粮食类作物的销售价格相对稳定，而蔬菜类作物每年有5%的增长潜力，适合优先种植。相比之下，食用菌的销售价格则呈下降趋势，特别是羊肚菌每年下降约5%，因此需谨慎选择是否种植。所以我们在第一问的模型下，总目标内需要添加随机因子，贪心策略则要考虑是否能够保证所种植的作物能够盈利，最终得到最佳方案。

**问题二的分析：**本问题中，我们需要与现实接轨，考虑一些实际的因素，例如：各种农作物之间可能存在一定的可替代性和互补性，预期销售量与销售价格、种植成本之间存在一定的相关性等，在问题二的基础上，增加这些约束条件，在进行模拟出与问题二得出的数据进行比对分析。

# 三、模型假设

针对本文提出的问题，我们做了如下模型假设：

1. 假设前一年的作物种植产量即为本年的预期销售量（例如2024年预期销量为2023年各作物生产量，以此类推）。

2. 假设种植成本种植过程中所有成本，包括劳动力、施肥、购种、打药等成本。

3. 假设超产打折销售部份每次都能完全售尽。

4. 假设农作物的未来的预期销售量、种植成本、亩产量和销售价格与题目要求情况完全相符

# 四、符号说明

本文常用符号见下表, 其它符号见文中说明.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **符号** | **符号说明** | |
|  | 种植第块地（=1,2,…,54）. |
|  | 表示种植作物编号（=1,2,…,46）. |
|  | 表示所处年份,以2023为,2024为,以此类推.  表示种植季节，对于第一季和单季时，第二季.  作物销售所得总利润.  表示在第年于第块地种植第种作物时所得亩产值.  表示在第年第季于第块地种植第种作物时所得亩产.  定性变量，若第年于第块地种植第种作物时,否则. |

# 

# 五、作物种植数据统计分析

我们根据题目所给附件2中2023年各农作物亩产量、成本、销售单价和种植面积计算出2023年各作物总利润、总产量和总种植亩数。按照食用菌、粮食和蔬菜三种作物种类统计出如下表1)2)3)所示：

表1 2023年食用菌类作物统计数据表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **作物名称** | **2023作物利润（元）** | **2023作物产量（斤）** | **23年种植亩数** |
| 白灵菇 | 270000 | 18000 | 1.8 |
| 榆黄菇 | 512100 | 9000 | 1.8 |
| 香菇 | 133200 | 7200 | 1.8 |
| 羊肚菌 | 378000 | 4200 | 4.2 |

表1显示食用菌类作物种类少，总种植面积很少，未超过10亩。食用菌类作物中，榆黄菇种植亩数处于最低档，仅1.8亩，但作物利润巨大，虽然其产量仅为白灵菇的一半，但作物利润超过50万元，约为白灵菇所得利润的2倍，这表明该地非常适宜发展榆黄菇种植业。而羊肚菌虽然种植亩数为4.2亩，占食用菌作物种植面积的近一半，但其亩产量仅为4200斤，产量最低的情况下作物利润位居第二，表明市场销售情况较好，能够以较为优异的价格出售，适宜未来继续发展。

表2 2023年粮食类作物统计数据表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **作物名称** | **2023作物利润（元）** | **2023作物产量（斤）** | **23年种植亩数** |
| 小麦 | 498040 | 170840 | 222 |
| 玉米 | 225000 | 132785 | 135 |
| 谷子 | 560825 | 71400 | 185 |
| 高粱 | 160000 | 30000 | 50 |
| 黍子 | 84750 | 12500 | 25 |
| 荞麦 | 54750 | 1500 | 15 |
| 南瓜 | 39650 | 35100 | 13 |
| 红薯 | 81000 | 36000 | 18 |
| 莜麦 | 63000 | 14000 | 35 |
| 大麦 | 28000 | 10000 | 20 |
| 水稻 | 118440 | 21000 | 42 |
| 黑豆 | 145475 | 21850 | 46 |
| 红豆 | 163800 | 22400 | 60 |
| 黄豆 | 256800 | 57000 | 147 |
| 绿豆 | 197680 | 33040 | 96 |
| 爬豆 | 57906.25 | 9875 | 25 |

根据国家政策和社会因素等影响，我国乡村地区大部分农民具有很强的“趋粮性”，因为一方面粮食作物容易种，不必担心市场，可用来避险。另一方面国家对于种植粮食的土地会按亩给予补贴，鼓励种粮。因此表2中数据显示四大主要粮食作物（小麦、玉米、谷子、黄豆）种植面积均在100亩以上不足为奇，这四大粮食作物的总体种植面积之和已经占到了总体耕地面积的近60%，属于基础型种植业。小麦当年总种植亩数为222亩，超过整个乡村耕地的1/6，产生利润近50万，表明它在该华北乡村农作物种植业中处于重要地位；第二大粮食作物为谷子，其种植面积较小，但作物单价高，市场行情好，谷子总体利润很高。粮食作物的种植面积差距较大，除四大主要粮食作物外，其余粮食作物种植面积基本上维持在30亩左右，用来平衡土壤环境，充分利用土地微量元素。

表3 2023年蔬菜类作物统计数据表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **作物名称** | **2023作物利润（元）** | **2023作物产量（斤）** | **23年种植亩数** |
| 白萝卜 | 237500 | 100000 | 25 |
| 包菜 | 23889 | 3930 | 0.9 |
| 菠菜 | 5310 | 900 | 0.3 |
| 菜花 | 17538 | 3480 | 0.9 |
| 大白菜 | 315000 | 150000 | 30 |
| 刀豆 | 168000 | 26880 | 13.2 |
| 红萝卜 | 111000 | 36000 | 12 |
| 黄瓜 | 93765 | 13050 | 0.9 |
| 黄心菜 | 7923 | 1620 | 0.3 |
| 豇豆 | 268528 | 36240 | 11.8 |
| 空心菜 | 16170 | 3300 | 0.3 |
| 辣椒 | 7980 | 1200 | 0.6 |
| 茄子 | 237624 | 45360 | 6.9 |
| 芹菜 | 8280 | 1800 | 0.3 |
| 青椒 | 13098 | 2610 | 0.9 |
| 生菜 | 15120 | 2850 | 0.6 |
| 土豆 | 82500 | 30000 | 15 |
| 西红柿 | 197093 | 36210 | 14.9 |
| 小青菜 | 187392 | 35480 | 10.9 |
| 油麦菜 | 20700 | 4500 | 0.9 |
| 芸豆 | 38592 | 6240 | 1.8 |

蔬菜类作物属于经济作物，由于其种植相较粮食作物更为麻烦，需要长期照顾，且没有国家政策支持，无固定销路，一旦未及时卖出或当年种植产量大于市场需求价格大幅下跌，农民就会破产，因此蔬菜类作物种植面积通常较小。根据表3可以看出，2023年该乡村蔬菜类作物种植面积未超过1亩的有近10种，只有冬季能够生长的大白菜，红/白萝卜种植面积相对较大。

根据下图1，图2可看出，在该华北山区谷子、榆黄菇和小麦种植总利润位居前三，远高于其他农作物产生利润。而作物产量中小麦、大白菜、玉米和白灵菇柱状图一骑绝尘，远高于其他作物，大部分作物产量相对稳定，年产量在4000斤附近波动。

|  |
| --- |
| 图1 2023年作物总产量柱状图 |
| 图2 2023年作物总利润柱状图 |

# 六、问题一建模与求解

**6.1超过的作物产量滞销浪费时最优种植策略**

6.1.1平旱地、梯田和山坡地最优种植策略

本方案针对产量过剩部分采用滞销策略，为使利润最大，在建模时我们考虑为尽可能少的浪费，约束条件除题目给予的硬性条件外添加“当年各作物种植产量不大于前一年的产量”这一条件，强制要求2024年的产量恰好等于预期销售量，最终不会产生剩余。然后将利润作为因变量，建立利润与种植亩数的目标函数，如下式(1)所示：

 (1)

根据题意，我们需要满足的硬性约束条件包括：

* **在不同种类的土地类型和不同时节上只能种植特定的农作物。**例如平旱地、梯田和山坡地只能种值除水稻之外的粮食作物；在普通大棚第二季只能种植食用菌。

即

当作物能够种植于该耕地上时，亩产不为0，否则亩产恒为0.

* **每种作物在同一地块（含大棚）都不能连续重茬种植。**即表示连续两年作物无重复情况，表示同一年连续两季作物无重复情况。
* **每个地块的所有土地三年内必须种植一次豆类作物。**我们采用****表示连续三年间至少有一次值不为0，说明至少种植了一次豆类。
* **当年种某植产量小于的前一年的产量。**
* **考虑每季的种植地不能太分散，单个地块每种作物在单个地块（含大棚）种植的面积不宜太小，**我们用表示。

用变量表示目标函数为：

 (2)

其中第年第块地第种作物的销售单价（元/斤），为第年第块地第种作物的种植成本（元/亩），为第年第块地第种作物的亩产量（斤/亩），为第年第块地第种作物的种植面积（亩），为销售6总利润（元）。

上式（2）中,,均与2023年统计值保持一致，可看作常量，所以目标函数为利润值与自变量种植面积的目标函数。

约束条件为：

 (3)

6.1.2满足种植多种蔬菜时各地最优种植策略

从图1中可以看出在水浇地上的情况要分两类进行讨论，但由于我们对23年数据进行分析可以得出在水浇地上种植蔬菜的利润高于种植水稻，在此，我们的策略可以优化为先在水浇地上种植蔬菜，如果有多于空地在进行种植水稻。

给出相似的目标函数和约束条件，只是和的编号范围发生变化。

因此目标函数为：

 (5)

约束条件只需将式(3)中的范围改成, 的范围改成即可。最终利用贪心算法，选择亩产利润最大的作物在各土地资源上进行种植，即为利润最大情况下2024年水浇地第一季、普通大棚第一季、智慧大棚两季节的种植策略。

6.1.3普通大棚第二季最优种植策略

1. **数据分析**

根据附件1,乡村的现有耕地和乡村的种植作物等数据得知共有16块普通大棚为F1—F16，普通大棚第二季只能种植食用菌类，每块土地的面积均为0.6亩，种植情况为榆黄菇占用土地F1—F3、香菇F4—F6、白灵菇F7—F9，分别各占用3块普通大棚，羊肚菌占用F10—F16共6块普通大棚。

1. **模型建立**

由题意可知，若种植产量超过预期销售量，则会由于丢弃或打折产生损耗，因此要保证最大利润的方式为各食用菌种植情况与2023年相同，而且需保证种植方式不重茬，也就表明2024年羊肚菌只能种植在F1—F9前9个大棚中的7个，实际上可以任选其中7个，不必连续，但为了方便讨论，我们选择将羊肚菌分配给F1—F7前7个大棚，将榆黄菇分配给F8—F10号大棚，香菇分配给F11—F13号大棚，白灵菇分配给F14—F16号大棚。下一年（2025年）按照2023年种植情况进行种植，两年一循环，2026年按照上述2024年分配情况进行。既能保证种植利润最大，又能满足不重茬的约束条件。

**6.2超产作物按2023年销售价格的50% 降价出售最优种植策略**

6.2.1 平旱地、梯田和山坡地最优种植策略

该方案下整体情况与5.1.1背景条件无甚区别，但由于剩余的作物采用五折售价销售，因此整体目标函数发生变化。而整体约束条件无较大变化，只需删去销量约束即可。

经过考虑我们的目标函数理论模型为为分段函数，如下所示：

用数学表达式表示为：

 (6)

约束条件为：

 (7)

如此便可求出2024年在方案2的情况下的最优种植策略，之后的2025年在2024年的基础上，满足约束条件进行迭代得出该年的种植策略，以此类推，直至得出2024—2030这7年的最优种植策略。

结果如下表2所示：

从表中可以看出xxxx

6.2.2满足种植多种蔬菜时各地最优种植策略

需要满足的约束条件和目标函数相同，因此我们只需修改,的变量范围即可。

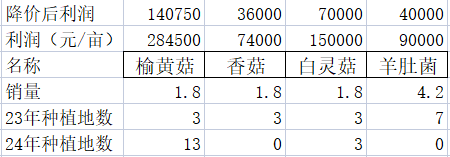
目标函数为：

 (8)

约束条件为只需将的范围改为，的范围改为.

6.2.3普通大棚第二季最优种植策略

根据分析，我们可知榆黄菇亩产利润284500元，香菇亩产利润74000元，白灵菇亩产利润150000元，羊肚菌亩产利润90000元；如果作物产量有剩余打5折进行出售，降价后榆黄菇亩产利润为140750元，甚至依然大于其他3种食用菌类作物未降价前亩产利润，所以要在满足不重茬种植的情况下，实现利润的最大化，考虑尽可能多的种植榆黄菇，已知2023榆黄菇种植地数为3块，所以2024年可以选择在除上年种植的剩余13个普通大棚上全部种植榆黄菇，剩余3个曾经种植榆黄菇的大棚，选择全部种植降价后利润第二大的白灵菇。



# 七、问题二建模与求解

问题二中要求在综合考虑题目提出的各作物亩产、预期销量、种植成本、销售价格分别有些许波动的情况下，建立数学模型，给出最佳种植策略。由于本题并未给出如果当年产量超过了预期售量，多余部分将如何销售，因此我们在本文中假设多余部分全部打折处理。

对于种植策略，我们依然采用分治思想，将所有耕地适宜种植何类作物进行划分，划分后可清晰看出平旱地、梯田、山坡地适宜种植粮食作物（除水稻），普通大棚第一季、水浇地第一季、智慧大棚两季适宜种植多种蔬菜作物，普通大棚第二季适宜种植食用菌类作物。×××××××××××

然后建立线性优化模型，对各类型土地作物种植情况分别优化求解，最终给出策略结论。

在分块处理前，首先对本题中给出的条件涉及到的变量进行定义和设置。

* **预期销售量**

对于小麦和玉米，假设预期销售量年增长率为，则：



对于其他农作物，假设预期销售量年增长率为，则：



* **亩产量**

假设农作物亩产量增长率为**，**则：

****

* **种植成本**

假设农作物种植成本增长率为，则：



* **销售价格**

对于粮食作物，价格基本稳定于2023年，即

对于蔬菜作物，价格逐年增加5%，即

对于食用菌类作物，假设价格变化率为，则:



## 7.1平旱地、梯田、山坡地最优种植策略

目标函数为

多出部分打折销售

约束条件为：

## 7.2 多种蔬菜种植时最优种植策略

**针对问题1：**××××××××××××

**针对问题2：**××××××××××××

**针对问题3：**××××××××××××

## 7.3 普通大棚第二季最优种植策略

××××××××××××

参考文献

格式：

（1）著作，即书：

[序号] 作者, 书名[M]. 出版地：出版社, 出版时间.

（2）期刊文献：

[序号] 作者, 论文名[J]. 杂志名, 年, 卷(期)：起止页码.

（3）硕博论文

[序号] 作者, 论文题目[D]. 毕业学校, 出版时间.

（4）网址

[序号] 作者, 主题名, 网址, 访问时间（年月日时分）.

例如：

[1] 刘满凤等, 运筹学[M]. 北京：清华大学出版社，2010.

[2] 单永正, 段广仁, 张烽, 月球精确定点软着陆轨道设计及初始点选取[J]. 宇航学报, 2009, 6: 2099-2104.

[3] 花农11号，新增交巡警平台设哪儿？等你来说！

http://bbs.cqnews.net/thread-1416774-1-1.html, 2011.9.10.

附录

1. **附录清单**

附录一：月球坐标系定义

附录二：读取高程图的*Matlab* 程序

附录三：求解问题一的*Matlab* 程序

附录四：求解问题二的*Matlab* 程序

附录五：求解问题三的*Matlab* 程序

1. **附录内容**

**附录一 月球坐标系定义**

××××××××××××××

**附录二：读取高程图的*Matlab* 程序**

××××××××××××××

**附录三：求解问题一的*Matlab* 程序**

××××××××××××××

**附录四：求解问题二的*Matlab* 程序**

××××××××××××××

**附录五：求解问题三的*Matlab* 程序**

××××××××××××××

附注：

1. 本模板限湖北工业大学内部使用, 严禁外传.

2. 蓝色部分是注释和强调, 写论文时要去掉.

3. 黑色部分加粗的标题需保留并在此基础上修改, 其他地方根据论文需要改写.

4. 本文的逗号’,’, 句号’.’使用的是英文标点, 即



每个逗句号后面要空半格.