

广西团体标准《青蒿生态种植技术规程》 (征求意见稿) 编制说明

一、工作简况

为规范和统一青蒿生态种植技术、初加工和产品质量，规范市场，促进其在广西产区的推广应用，结合广西壮族自治区青蒿的生态种植生产、初加工及产品质量不规范的现实情况，有必要制定青蒿生态技术规程团体标准。

本文件根据《广西中药材协会关于印发〈广西中药材产业团体标准制修订立项指南〉的通知》（[2023]009号）要求，经研究，申请制定团体标准《青蒿生态种植技术规程》。由广西仙草堂制药有限公司提出，广西壮族自治区市场监督管理局归口，由广西壮族自治区药用植物园、广西壮族自治区罗城仫佬族自治县铭园中药材种植专业合作社、广西融安汇丰收健康产品发展有限公司联合起草。

本文件成果研究承蒙“广西特色药材种植关键技术研究推广”课题（合同编号：GZKJ2314）及广西创新驱动项目“肉桂等广西特色药材高质量生产关键技术及系列产品开发研究”（合同编号：桂科AA22096021）经费资助。

二、编制标准意义

青蒿是我国传统、著名中药材，《中华人民共和国药典》（一部，2020年版）历年收载，基原为菊科蒿属植物黄花蒿（*Artemisia annua* L.）又名臭蒿、草蒿、邪蒿等。药用部位为地上部。具有清热解暑，截疟寒热，湿热黄疸的功效。中国科学家屠呦呦和她的团队从黄花蒿中提取分离得到一种无色的结晶体，并将这种无色的结晶物质命名为青蒿素。青蒿素及其衍生物是目前抗药性最低、疗效最好、应用前景最好的抗疟药物。近年，研究发现青蒿素及其衍生物对乳腺癌、肝癌、以及一些自身免疫疾病等方面具有潜在的功效。对糖尿病的治疗方面也具有较好的功效。青蒿的市场应用及开发前景广阔。

随着青蒿药材开发力度的加强，加之有效可利用的资源分布地狭窄，药材资源紧俏、短缺，科学合理推广青蒿种植已迫在眉睫。早期，青蒿种源稀缺、种子发芽低，种苗繁育问题是青蒿人工种植的瓶颈。近年来，随着青蒿种苗繁育技术的成功突破和种植技术的日臻成熟，青蒿在广西柳州的融安、融水，河池的罗城、宜州、环江等县，四川省的酉阳及周边地区，湖南的凤凰等地正兴起了种植

青蒿的热潮。目前，广西、四川、湖南成为了我国青蒿人工种植的主要基地。但是，在人工种植的过程中，一些关键的技术，如肥料的科学使用、病虫害的生物防治等，仍然沿用以化肥和农药为主体，传统密集型种植的模式，虽然在一定程度上提高了药材的产量，但药材质量却大大下降，而且对环境的不良影响也不容小视。同时，青蒿加工企业主要利用叶片和小枝作提取的原材料，产量低，收入较少。

生态种植是保证中药材安全、有效的栽培新模式。基于“中药材生产应首先重视品质，在保证质量的前提下，提高药材产量和总体效益”的理念，起草小组以青蒿的生态、生长特性为基础，以环境友好为基准，以优化和改善种植环境为根本，系统开展了青蒿生态种植技术研究，包括了栽培品种、有机菌肥和化学速效肥料合理使用技术、生态轮作技术、病虫害的生态防控、采收及初加工等，并最终形成了一套田间操作规范，有效地保障青蒿药材的质量和品质，推动青蒿药材产业的可持续发展。

鉴于目前市面上和生产中，青蒿的质量参差不齐、不稳定和栽培管理水平不一的问题，严重影响青蒿药材的品质。为保证原料药的质量，促进科研成果和技术的推广应用，制定青蒿生态种植技术规程势在必行。经查阅《中华人民共和国国家标准批准发布公告》与《中华人民共和国地方标准备案公告》，目前青蒿栽培方面有《青蒿种苗质量要求》广西地方标准、《无公害中药材黄花蒿栽培技术规程》广西地方标准，而在生态种植技术方面既无国家标准、行业标准，又无团体标准，致使该技术的推广应用受到严重制约。因此，本标准的制定，既填补了国内青蒿生态种植技术规程的空白，又规范了青蒿生产过程，从而从源头上保证了药材的质量，具有一定的先进性和实用性。

三、标准编制及研究起草过程

（一）标准前期工作

1、早期，本标准编制小组在广西科技攻关课题“青蒿优良品种选育及野生抚育研究”（合同编号：桂科攻0718002-3-6）的基础上，深入研究，在广西特色药材种植关键技术研究推广”课题（合同编号：GZKJ2314）及广西创新驱动项目“肉桂等广西特色药材高质量生产关键技术及系列产品开发研究”（合同编号：桂科AA22096021）经费资助下，开展青蒿生态种植技术规程的研究，经三年的运作，掌握了青蒿野生资源分布状况、种质资源鉴定及评价、品种选育、种苗繁育、种子质量、种苗规格、生态种植技术、病虫害生态防控、采收及初加工等技术，

目前已起草并获发布广西地方标准“青蒿种苗质量要求（DB45/T 709-2017）”、“中药材青蒿扦插苗生产技术规程（DB45/T1732-2018）”和“三江青蒿种植技术规程（T/GSAS340-2022）”。同时，获得科研成果2项，撰写相关研究论文11篇。

2、广西中药材产业协会关于 2023 年第一批团体标准制定项目计划的通知，成立了以广西仙草堂制药有限公司牵头、联合广西壮族自治区药用植物园、广西壮族自治区罗城仫佬族自治县铭园中药材种植专业合作社、广西融安汇丰收健康产品发展有限公司的团体标准编制小组，部署了工作方案和小组成员调研、编制工作时间安排表。在编制过程中，我们在广泛调查和试验研究的同时还咨询了相关权威专家，力争编制工作过程科学、严谨，方法、技术路线正确。

（二）标准研究过程

1、标准编制项目下达后，按照广西自治区市场监督管理局和广西中药材产业协会关于编制标准工作的要求，编制小组于项目实施期间，多次进行青蒿种苗繁育、种植、施肥、病虫害防治、采收和初加工等试验，筛选出各个技术环节的最佳方案和条件，确保数据及方法的科学性。同时，小组成员在编制过程多渠道去咨询内行专家，确保标准制定的科学性及实用性。

2、编制小组对取得的数据进行全面整理，根据试验结果，初步制定了青蒿生态技术规程，并就制定的生态种植技术规程到生产企业和广大种植户及市场进行了充分的征求意见和调研，并在编制过程中咨询了栽培方面的权威专家，对收到的反馈意见进行分析、采纳、修改，形成了本标准的征求意见稿。

四、标准编写原则及确定标准内容的论据

（一）标准编写原则

- 1、遵循《中华人民共和国标准化法》等法规和标准。
- 2、本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。
- 3、本文件的制定力求准确、系统，内容与当前青蒿药材生产实际和市场营销状况紧密结合，重视可操作性。

（二）标准编写依据

- 1、青蒿生态技术规程依据中国国家标准《标准化工作导则—第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）规则起草。
- 2、青蒿生态技术规程的编写以室内和室外实验研究的数据为依据，同时兼

顾了生产企业和市场流通现状。

3、青蒿生态技术规程适用于广西境内青蒿种植生产。

五、标准主要技术内容

（一） 范围

本文件主要由生态种植的术语和定义、产地环境、生态种植技术、病虫害生态防控、采收与初加工、档案管理组成，适用于广西区境内青蒿的种植生产。

（二） 规范性引用文件

GB 3095 环境空气质量标准

GB 5084 农田灌溉水质标准

GB/T 8321 农药合理使用准则（所有部分）

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

NY/T 394 绿色食品 肥料使用准则

WM/T 2 -2004 药用植物及制剂外经贸绿色行业标准

DB45/T 709-2017 青蒿种苗质量要求

国家药品监督管理局令（2002）第32号 中药材生产质量管理规范（试行）

（三）主要技术内容及其说明

1、 黄花蒿生态种植种苗质量要求

黄花蒿生态种植种苗质量要求，参照按广西壮族自治区地方标准“青蒿种苗质量要求（DB45/T 709-2017）”，通过实验验证，按表 1 的要求执行。

表 1 黄花蒿种苗质量要求

级别	株高 /cm	茎基粗 /mm	叶数 /片	其他特征
一级	≥18.0	≥4.0	≥14	叶色青绿、无徒长、 无病虫害
二级	≥14.0,<18.0	≥3.0,<4.0	≥11, <14	
三级	≥10.0,<14.0	≥2.0,<3.0	≥9, <11	

2、基于喀斯特山区覆盖模式对黄花蒿生长和土壤微生物菌的影响

摘要 针对广西喀斯特山区黄花蒿主产区缺水的现状，寻找黄花蒿生产抗旱技术。在种植地上，设置：玉米秸秆覆盖、地膜覆盖、保水剂、地膜+微生物土壤改良剂、以不覆盖为对照，

研究不同覆盖和处理对黄花蒿生长、生理特性及品质的影响。结果表明;(1)覆盖和保水剂处理能促进黄花蒿株生长,大田种苗成活率较高。(2)覆膜对种植地块在全生育期,均有增加地温的作用。(3)地膜+微生物土壤改良剂处理土壤含水量稳定,在5-6月检测的4个时期比对照分别提高15.9%、18.2%,16.89%和12.43%。(4)覆盖和保水剂处理能促进黄花蒿种植地中放线菌的增加,有利植株生长。(5)覆盖处理能提高黄花蒿产量,地膜+微生物土壤改良剂最高,达219kg/667m²。(6)地膜+微生物土壤改良剂有利于青蒿素含量的提高。

1. 材料与方法

1.1 材料

供试品种为广西仙草堂制药有限公司提高的研青1号黄花蒿种子实生苗,于广西罗城县乔善乡黄花蒿生态种植试验基地进行。

1.2 方法

1.2.1 实验设计 试验采用随机区组设计,设置(1)玉米秸秆覆盖、(2)地膜覆盖、(3)保水剂、(4)地膜+微生物土壤改良剂、以不覆盖为对照,3次重复,共15个小区,每小区面积16m²,种植密度(株行距)0.7cm×0.8cm,种植株数29株。地膜使用聚丙烯黑色薄膜,宽为90cm,厚0.125mm,由上海大雨塑料薄膜有限公司生产。玉米秸秆覆盖,用量约为7000kg/hm²。生物土壤改良剂为自主研发产品。其它管理措施相同。

1.3 项目测定及观测

移栽后20天测定种苗成活率;用地温计测定种植地表温度0、5、10、15、20cm的土层温度,处理后每隔5天在8:00、14:00、20:00时观测记录,按 $T = (2T_{14} + T_8 + T_{10}) / 4d$ 公式计算日平均地温,观测时间为4月1日-6月30日,并计算各土层积温。叶绿素相对含量用SPDA值法,分别于3月下旬、4月下旬和6月下旬用叶绿素测定(日本柯尼卡仪器有限公司)测定。7月上旬采收后测定产量,取均样测定青蒿素(高效液相色谱法)含量。

微生物指标测定

采用平板梯度稀释培养法,细菌培养采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,放线菌培养采用高氏1号培养基,真菌培养采用马丁孟加拉红培养基。计数皿接种后,倒置于30℃下恒温培养。培养时间:细菌2d,真菌4d,放线菌6d。菌落计数皿中的细菌、放线菌菌落(CFU)以20~300个,真菌菌落(CFU)以10~100个为有效计数。

1.4 试验数据处理

采用Excel,SPSS19.0统计软件对试验数据进行分析。

2 结果分析

2.1 覆盖和保水处理对黄花蒿移栽成活率的影响

不同的覆盖和保水处理对黄花蒿的移栽成活率影响较大，以处理 T4 最高，达到 98.9%，其次为 T2 处理，T2 处理和 T3 处理接近，单纯的玉米秸秆覆盖（T1）较小，但还比对照高。各处理的种苗回青时间均比对照提早，以 T4 的最早，比对照提早 8 天。为后续的生长奠定良好的基础。

表 1 覆盖和保水处理对黄花蒿种苗移栽生根成活比较

处理 (代号)	小区面 积/m ²	调查株数 /株	移栽时间// 月/日	回青时间//月/ 日	比较 /d	成活率 /%	比较 /%
T1	16	29	3/10	3/18	-3	95.3	+2.3
T2	16	28	3/10	3/16	-5	96.6	+3.6
T3	16	29	3/10	3/15	-6	96.3	+3.3
T4	16	29	3/10	3/13	-8	98.9	+6.9
CK	16	29	3/10	3/21	-	93.0	-

注：从移栽后观察到植株长出第一片新叶时称为回青植株。回青植株占整体 80%时，所需要的时间定为回青时间。

2.2 不同处理对黄花蒿种植地土壤温度和水份含量的影响

由表 2 可以看出，在 0, 5, 10, 15, 20cm 土层处，处理 T2 和处理 T4 的温度变化相似，处理 T4 的温度比较处理要高一些，即各处理黄花蒿地表温度大小表现为处理 T4>T2>T1>T3>CK。覆膜对黄花蒿植株在生育前期均有增加地温的效果；覆膜种植地块 0-10cm 土层平均地温增加。在观测时期，T4 处理 0-20cm 土层积温都高于处理。可见，膜覆盖+微生物改良剂能够提高温度，而单纯的玉米秸秆覆盖只能降低地温，T3 的保水剂处理对各层的土温没有影响。

表 2 不同处理的各土层积温情况

单位：/℃

处理 (代号)	0cm 土 层	5cm	10cm	15cm	20cm
T1	286.5	292.75	286.5	274.5	260.7
T2	284.3	288.00	280.6	272.0	262.25
T3	271.8	279.3	278.0	267.2	253.2
T4	284.6	289.8	288.3	270.4	271.5
CK	271	279.1	278.00	266.8	252.1

在 5 月至 6 月植株生长旺盛时期黄花蒿调查发现，各处理的土壤中水分变化如（表 3）在天然条件下，近 1 个月后（6 月 4 日调查），4 个处理在各时期的土壤含水量均优于对照，保水性均优于对照。从处理在不同时期的数据来看，T1、T2 与 CK 均有随着雨水的变化而变动。T3 处理（保水剂）有先高后低的变化趋势；T4 处理的土壤含水量在各时期比较恒定。

与 CK 相对比, T4 处理在调查的 4 个时期, 均保持了较高的土壤含水量。分别高出 15.9%、18.2%, 16.89% 和 12.43%。方差分析结果表明, 处理 T1、T2、T3、T4 均显著高于对照, T4 和 T3 处理的土壤含水量又显著高于 T1、T2 处理。

表 3 不同处理在黄花蒿旺盛生长时期的土壤含水量

处理	5 月 14 日	5 月 21 日	5 月 28 日	6 月 4 日
T1	28.34 b	24.62b	25.54b	26.04 a
T2	26.92 c	25.20b	25.50b	25.42 b
T3	30.86 a	29.86a	27.88a	25.70 b
T4	29.52 a	28.74a	27.54a	27.22 a
CK	25.46 d	24.31b	23.56c	24.21 c

2.3 对黄花蒿种植地土壤微生物含量的影响

不同的覆盖和保水剂处理对黄花蒿种植地的微生物细菌、真菌和放线菌的含量有不同的影响, 在相同的时期中, 4 个处理细菌、真菌和放线菌的含量均高于对照, 以 T4 最高, 而其他 3 个处理的不同微生物菌多少表现不同, 细菌的多少按大小排序为: T4>T1>T2>T3>CK; 真菌的大小排序为: T4>T2>T1>T3>CK, 放线菌的大小排序为: T4>T1>T3>T2>CK。可见, T4 更能促进黄花蒿种植地块微生物生长。

表 4 各处理对黄花蒿种植地微生物含量的影响

处理	细菌 ($\times 10^6$)	真菌 ($\times 10^4$)	放线菌 ($\times 10^6$)
T1	6.30 b	4.30 b	2.30 b
T2	6.13 b	4.53 a	1.80 c
T3	5.87 c	3.33 c	1.70 c
T4	6.47 a	4.71 a	2.57 a
CK	5.70 c	3.73 c	1.33 d

2.4 对黄花蒿生长和品质的影响

不同的覆盖和保水剂处理对黄花蒿的株高、一级分枝数和茎基粗影响均表现差异显著, 4 个处理均高于对照, 以 T4 最高。各处理间差异也显著。对叶长和叶宽有一定的影响, 但差异不显著。不同的产量对黄花蒿产量影响明显, 产量由大至小排序为: T4>T3>T2>T1>CK, T4 能促进黄花蒿的生长, 获得较高的产量, 折合亩产 219.27kg/667m²(表 4)。在对各处理的青蒿素含量检测中, T4 的青蒿素含量显著高于其他处理, 大至小排序为: T4>T1>

T3>T2>CK。

表 4 不同覆盖和保水剂处理对黄花蒿农艺性状及产量影响

处 理	株高 (cm)	一级枝 (条)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	茎基粗 (mm)	小区叶产量 Kg/16m ²	折合产量 Kg/667m ²	青蒿素含量 g/kg
T1	153.46c	9.78a	22.64a	12.76a	18.56a	4.33 c	180.51 c	9.23
T2	154.38c	6.16c	20.56a	12.21a	17.07b	4.38 c	182.6 c	9.06
T3	172.33b	7.29c	21.24a	12.52a	16.75b	5.12 b	213.44 b	9.10
T4	184.78a	13.38a	18.42a	11.67a	19.67a	5.26 a	219.27 a	9.86
CK	133.46d	9.78b	22.64a	12.76a	14.06c	3.89 d	162.14 d	9.04

注：本表应用单因素方差分析的 Duncan 多重比较法分析，表中：a 为 0.05 显著水平。

3. 结论

(1) 覆盖和保水剂处理能促进黄花蒿株生长，大田种苗成活率较高。(2) 覆膜对种植地块在全生育期，均有增加地温的作用。(3) 地膜+微生物土壤改良剂处理土壤含水量稳定，在 5-6 月检测的 4 个时期比对照分别提高 15.9%、18.2%，16.89% 和 12.43%，(4) 覆盖和保水剂处理能促进黄花蒿种植地中放线菌的增加，有利植株生长。(5) 覆盖处理能提高黄花蒿产量，最高达 219kg/667m²、(6) 地膜+微生物土壤改良剂处理能明显提高青蒿素含量。

3、生物菌剂对青蒿产量、品质及土壤微生物含量的影响

目的：针对广西青蒿人工栽培产量低、品质不稳定的问题，从改善青蒿产地土壤入手，筛选适宜的有效的生物菌剂，改善土壤生态、活化地力，减少无机化肥的用量，提高青蒿产量及品质。结果表明：施用生物菌剂对黄花蒿的产量、品质和土壤微生物含量都有不同程度地提高和改良作用，其中 YY-IV 号生物菌剂对黄花蒿农艺性状、产量以及土壤养分的提高效果最好；YY-III 号生物菌剂对青蒿品质以及土壤生物性状的改良效果最好。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用的 4 种生物菌剂 YY-I、YY-II、YY-III、YY-IV 分别由 YY-I 和 YY-II 是市售产品，产地分别由北京生物制品有限公司和广东生物有限公司生产；YY-III、YY-IV 是自主研发的产品，YY-III 主要功能菌群为荧光假单胞菌和枯草芽孢杆菌复配，含量 ≥ 0.2 亿 $\cdot g^{-1}$ 。YY-IV 主要功能菌为丛枝菌根菌和蜡状芽孢杆菌复合配制的，含量 ≥ 0.5 亿 $\cdot g^{-1}$ 。

1.2 试验地点

于广西罗城仫佬族自治县青蒿种植示范基地进行，基地土壤类型为黄壤，中等肥力，土壤基本情况见表 1。

表 1 试验基地土壤肥力情况

样地	全氮	碱解氮	有效磷	有效钾	pH 值	有机质
	/g. kg ⁻¹	/mg. kg ⁻¹	/ mg. kg ⁻¹	/ mg. kg ⁻¹		/ g. kg ⁻¹
试验地	2.57	145.24	23.97	27.89	4.71	27.7

1.3 试验设计

试验设 6 个处理, 处理 T1 为 YY-I 号 2250 kg. hm⁻²、T2 为 YY-II 号 2250kg. hm⁻²、YY-III 号 2250 kg. hm⁻²、YY-IV 号 2250 kg. hm⁻², 以施氮磷钾无机肥 750 kg. hm⁻²为对照 (CK), 处理 6 (CK2) 为不施肥空白处理。生物菌剂作基肥一次性施入, 无机复合肥于 3 月下旬、4 月下旬和 5 月下旬份 3 次施入。小区面积 16m², 3 次重复, 每个小区种植 29 株。

1.4 试验管理

试验于 3 月 5 日移栽种植, 4~5 月每个月开展一次人工除草, 当年 7 月 10 日采收。

1.5 性状测定

6 月 30 日进行株高、茎粗、一级分枝等农艺性状测定并取其土壤进行微生物含量检测; 采收时测定产量和青蒿素含量。

1.7 微生物指标测定

采用平板梯度稀释培养法, 细菌培养采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基, 放线菌培养采用高氏 1 号培养基, 真菌培养采用马丁孟加拉红培养基。计数皿接种后, 倒置于 30℃ 下恒温培养。培养时间: 细菌 2d, 真菌 4d, 放线菌 6d。菌落计数皿中的细菌、放线菌菌落 (CFU) 以 20~300 个, 真菌菌落 (CFU) 以 10~100 个为有效计数。

1.8 土壤养分测定

全氮采用重铬酸钾-硫酸消化法, 碱解氮采用碱解扩散法, 有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法, 速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法, pH 值采用电位法, 有机质采用油浴加热重铬酸钾氧化-容量法。

1.9 样品采集及数据 数据采用 Excel2007 和 SPSS19.0 进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同生物菌剂对黄花蒿农艺性状和叶片产量的影响

表 2 表明, 不同的生物菌剂处理对黄花蒿的株高、一级分枝数和茎基粗影响均表现差异显著, 4 个处理均高于对照, 以 T4 最高。各处理间差异也显著。对叶长和叶宽有一定的影响, 但差异不显著。不同的产量对黄花蒿产量影响明显, 产量由大至小排序为: T4>T3>T2>T1>CK, T4 能促进黄花蒿的生长, 获得较高的产量, 折合亩产 219.27kg/667m²(表 4)。

在对各处理的青蒿素含量检测中，T4 的青蒿素含量显著高于其他处理，大至小排序为：T4 > T1 > T3 > T2 > CK。可见，施用 YY-IV 号生物肥效果最好，茎粗增长 39.9%，一级分枝增加 36.8%。

表 2 不同生物菌剂对黄花蒿农艺性状和叶片产量

处 理	株高 (cm)	一级枝 (条)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	茎基粗 (mm)	小区叶产量 Kg/16m ²	折合产量 Kg/667m ²	青蒿素含量 g/kg
T1	154.46c	9.78a	22.64a	12.76a	18.56a	4.33 c	180.51 c	9.10
T2	155.38c	6.16c	20.56a	12.21a	17.07b	4.38 c	182.6 c	9.06
T3	172.33b	7.29c	21.24a	12.52a	16.75b	5.12 b	213.44 b	9.23
T4	183.78a	13.38a	18.42a	11.67a	19.67a	5.26 a	219.27 a	9.86
CK	136.46d	9.78b	22.64a	12.76a	14.06c	3.89 d	162.14 d	8.04

2.3 不同生物菌剂对黄花蒿品质的影响

从表 2 还可以看出，施用生物菌剂均可以改善黄花蒿品质，与对照相比，不同生物菌剂处理下的青蒿素增加量在 12.68%~22.63% 之间，其中，施用 YY-IV 号生物肥对青蒿药用成分含量总量增加最明显，较对照提高 22.63%，YY-III 号次之，青蒿素提高幅度达 14.80%，YY-I 号和 YY-II 号分别提高 13.18% 和 12.68%。各处理青蒿素的含量变化趋势不一致，以施用 YY-IV 号生物肥效果最好。

2.4 不同生物菌剂对黄花蒿种植地土壤的改良作用

2.4.1 不同生物菌剂对黄花蒿种植地土壤微生物群落结构的影响

从表 3 可以看出，施用化肥和施生物菌剂对土壤微生物群落结构影响差异显著，不同生物菌剂间差异也明显。施用无机化肥后细菌含量降低，真菌和放线菌含量降低；而施生物菌剂能提高细菌和放线菌的含量水平，降低真菌含量。

表 3 各个菌剂处理对黄花蒿地块土壤微生物含量的影响

处理	细菌 ($\times 10^6$)	真菌 ($\times 10^4$)	放线菌 ($\times 10^6$)
CK1	5.10	5.17	1.33
T1	6.13	4.71	2.57
T2	6.30	4.30	1.80
T3	5.97	3.33	2.60
T4	6.47	4.53	2.30

各生物菌剂处理之间对土壤细菌数量的影响，从真菌的多少来看，施用 YY-III 号生物肥效果最好，降低的幅度最大；而对放线菌的含量影响来看，各个生物菌剂处理之间差异明

显，施用 YY-IV 号生物菌剂提高放线菌含量最大；施用 YY-I 号生物菌剂和 YY-IV 号生物菌剂对放线菌的含量影响也高于对照。

2.4.2 不同生物菌剂对黄花蒿种植地土壤肥力的影响

从表 4 可以看出，施入生物菌剂和无机肥均可以在一定程度上增加土壤中的全氮含量，施生物菌剂处理比单施化肥（CK）效果更好，各种生物菌剂处理之间对土壤全氮含量的影响效果不一，分别比单施化肥（CK）的处理提高 40.68%~89.83%，其中 YY-II 号生物肥最好，其次为 YY-IV 号生物肥，两者效果相当，无明显差异；YY-III 号生物肥效果最差。与不施肥的处理相比，施用肥料可以显著提高土壤中的碱解氮、有效磷、速效钾和有机质的含量。配施生物肥的处理比单施化肥提高的更明显，其中施用 YY-IV 号生物肥对各有效养分和机质的增加效果最好，与单施化肥相比，碱解氮、有效磷、速效钾、有机质分别提高 23.1%、136.37%、80.46%、23.4%；其次是 YY-I 号生物肥和 YY-III 号生物肥。各处理对土壤 pH 值的影响无显著差异。

表 4 生物菌剂对黄花蒿种植地土壤肥力的影响

处理	全氮 /g. kg ⁻¹	碱解氮 /mg. kg ⁻¹	有效磷 / mg. kg ⁻¹	有效钾 / mg. kg ⁻¹	pH	有机质 / g. kg ⁻¹
CK	3.50	145.17	25.60	23.85	4.48	25.9236
T1	5.63	162.71	47.57	40.23	4.86	30.8296
T2	6.70	155.30	51.33	39.04	4.96	27.1251
T3	4.97	167.33	57.70	41.34	4.95	28.1807
T4	6.67	179.53	60.30	43.37	5.15	32.0616

3. 结论

施生物菌剂对黄花蒿的产量、品质和土壤生物性状都有不同程度地提高和改良作用，其中 YY-IV 号生物菌剂对黄花蒿农艺性状、产量以及土壤养分的提高效果最好；YY-III 号生物肥对青蒿品质以及土壤生物性状的改良效果最好。

4、基于解磷解钾复合菌剂的氮磷钾及密度对黄花蒿的产、质量的影响

[摘要]目的:在有解磷解钾复合菌剂的条件下，研究氮磷钾肥、种植密度及其组合对黄花蒿生长、青蒿素含量的效应,以实现化肥减量、提高黄花蒿产量和品质。方法:采用 L16(4⁵)正交设计田间试验。结果表明：（1）在有有解磷解钾复合菌剂基础上，合理使用氮磷钾肥显著

增加青蒿生物量、叶产量及青蒿素含量和产出。(2)在有解磷解钾复合菌剂的配合下,氮、钾对青蒿素含量提升效应较磷强;高量的氮有利于叶产量,但过量的氮容易引起青蒿素含量降低,从而不利青蒿素产量;高磷、钾用量虽没有负效应,但进一步正效应并不显著。(3)密度的增加显著降低青蒿单株生物量、叶产量和青蒿素产量,但适度密度能显著提高群体生物量、叶产量和青蒿素产量,并有利光合产物形成叶产量;过高的密度会显著降低青蒿素含量而不利群体青蒿素产量。本试验 16 个组合处理间,青蒿叶产量、青蒿素含量和产量相差很大,以处理 12 的组合为最优,可获得最高的小区叶产量和青蒿素产量,且青蒿品质最优。结论:在有解磷解钾复合菌剂下,适量施氮磷钾肥无机肥,在适度种植密度对青蒿优质高产栽培至关重要,在有解磷解钾复合菌剂的条件下,施氮 $200\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷(P_2O_5) $100 \sim 200\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、钾(K_2O) $70\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,密度为 1.66 万株/ hm^2 时,能提高黄花蒿的叶产和青蒿素含量。

1. 材料与方法

1.1 材料

试验地点在广西罗城县青蒿生态种植示范基地,地处东经 $109^{\circ}48'$,北纬 $25^{\circ}21'$,属中亚热带、南岭湿润气候区;全年平均气温为 19°C ,年平均雨量在 1493mm。试验地土壤性状为: pH5.3、有机质 37.4g/kg 、全氮(N) 2.15g/kg 、全钾(K) 1.30%、全磷(P) 0.069%、水解氮(N) 117mg/kg 、速效磷(P) 4.22mg/kg 、速效钾(K) 102mg/kg 。试验黄花蒿品种为广西仙草堂制药有限公司提供“研青 1 号” 种苗。

供试肥料纯量计算:尿素以含 N 量 46%计,过磷酸钙以含 P_2O_5 12%计,氯化钾以含 K_2O 60%计。作基肥为自主研发的解磷、解钾生物有机肥,用量为 1500kg/hm^2 。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

试验采用 $\text{L}_{16}(4^5)$ 正交设计,氮、磷、钾和密度 4 个试验因子,每因子 4 水平,各水平数据参照上年度产区生产情况而设置(表 1)。16 个处理,4 次重复,共 64 个小区,每小区面积 20m^2 ,随机排列。于 3 月 5 日移栽定植。氮肥分 3 次施入,分别于定植成活后(3 月 16 日)、4 月 2 日和分枝封行期(5 月 18 日)施入;磷肥 1/2 和 1/2 钾肥作底肥,与解磷、解钾生物有机肥于整地时施入,另 1/2 钾肥于分枝封行期(5 月 15 日)与第 3 次施氮时同时施入。

表 1 各水平的用肥量及植株密度的设计

序号	尿素 (N) kg/hm ²	过磷酸钙 (P ₂ O ₅) kg/hm ²	氯化钾 (K ₂ O) kg/hm ²	种植密度 株/hm ²
1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	10000
2	216.6 (100)	833.3 (100)	116.6 (70)	13333
3	433.3 (200)	1666.6 (200)	233.3 (140)	16666
4	650 (300)	2500 (300)	350 (210)	20000

1.2.2 测定指标和方法

青蒿叶片产量 于7月上旬(7月8日)叶片生长旺盛期采收测定;每小区采5株。地上部分晒干,打落叶片混匀于40℃减压烘干称重、测青蒿素含量,其余部分置75℃烘干称重,分别按单株和小区计算:经济生物量(叶产量)、地上部的干重=经济生物量+枝干干重,总生物量=根干重+地上部的干重,经济系数=经济生物量/总生物量×100%。

1.4.2 青蒿素含量 青蒿叶研磨过筛(40℃减压烘干),超声萃取,高效液相色谱-蒸发光散射检测器(HPLC-ELSD)法测定。

1.4.3 青蒿素产量 分别按单株青蒿和小区群体计算。青蒿素产量=青蒿素含量×经济生物量。

1.5 数据分析

采用 Excel 和 SPSS19.0 软件进行统计分析。

2. 结果和分析

2.1 基于解磷解钾复合菌剂,氮磷钾和种植密度对黄花蒿生长农艺性状的影响

氮肥、磷肥、钾肥和种植密度4个试验因素对单株青蒿、小区群体的总生物量和叶产量的影响都极为显著(表2)。从单株生物量和小区生物量均能反映:

2.1.1 单株生物量 单株生物量反映黄花蒿的个体生长状况,是群体生物量的基础。基于解磷、解钾复合菌剂下,随着无机肥施肥水平的提高,单株黄花蒿的总生物量和叶产量明显增加,总生物量增加到水平3时都达到最大,叶产量到水平4仍略有上升,就青蒿个体生长而言,氮磷钾的施肥水平应以水平3较为合理,即 N 200kg·hm⁻², P₂O₅200kg·hm⁻², K₂O 140kg·hm⁻²。种植密度的增加,则大幅度降低单株青蒿的生物量,总生物量以最低密度(1.0万株/hm²)为最大,叶产量以两低密度即水平1(1.0万株/hm²)和2(1.333万株/hm²)并列最高。从显著性P值、各水平间变幅和极差等指标综合来看,影响单株青蒿生物量最大的因素是氮肥和密度,其次为钾肥和磷肥。

表 2 基于解磷钾生物肥下，氮磷钾对黄花蒿生物量的影响显著性和极差

因素	单株 g/株				小区 Kg/区				经济	系数/%
	总生物	量	叶	产量	总生物	量	叶	产量	P	极差
	P	极差	P	极差	P	极差	P	极差		
N	<0.001	116	0.001	34.8	<0.001	2283	<0.001	710	<0.001	2.49
P	<0.001	44.6	0.002	12.9	0.005	723	0.02	223	0.130	0.95
K	<0.001	62.6	0.001	17.8	0.001	1160	0.001	313	0.073	1.09
密度	<0.001	152.6	0.001	34.0	<0.001	2566	<0.001	676	0.027	1.76

2.1.2 小区群体生物量 小区群体生物量反映一定土地面积上青蒿的群体生产特征,更能代表大田生产实际状况。在有解磷解钾复合菌剂下,随着氮、磷、钾用量提高和种植密度增加,小区群体的总生物量和叶产量均显著增加,至水平3时达到或接近最大值,到水平4时或缓慢回落或继续略有增加(如N的叶产量和密度的总生物量)。表明就小区群体青蒿生长而言,比较适宜的施肥和种植密度分别都为水平3,即N 200kg·hm⁻², P₂O₅200kg·hm⁻², K₂O 140kg·hm⁻²和密度1.66万株/hm²,特别地,高水平施氮能生产更多的叶产量。

与单株的情况相近似,4个试验因素中,氮肥和密度对小区群体的总生物量和叶产量的影响较钾肥、磷肥更大。

2.1.3 经济系数 叶是黄花蒿种植最终收获的部分,本研究用经济系数即叶产量占总生物量的百分比这一指标,来考察试验因素对青蒿生长过程中光合产物在叶与其他部位(枝、茎、根)分配的影响。结果表明,氮肥和密度能够改变黄花蒿光合产物的分配,分别达到极显著、显著水平,而磷钾肥作用效应不显著(表3)。随氮肥用量的增加,经济系数不断增大,表明施氮肥有利于青蒿将更多光合产物转化形成叶产量。密度的效应则呈抛物线的变化,密度过低(水平1)和过高(水平4)下经济系数相对较低,而适度的密度(水平3、水平2)有利于更多的光合产物形成叶产量。

2.2 基于解磷解钾复合菌剂下,氮磷钾和种植密度对黄花蒿素含量和产量的影响

2.2.1 青蒿素含量 与传统农作物种植目标不同的是,青蒿种植不仅追求经济部分的产量,更追求产品的品质即叶片中青蒿素含量水平,因为它决定后续提取加工环节的成本和效益,在生产上有着极重要的意义。

基于解磷解钾生物菌肥下,氮、磷、钾肥和密度对青蒿素含量的影响极显著,其中,氮、钾肥的影响较磷肥和密度更大(表3)。适度施氮能显著提高青蒿素含量,施氮水平

2 (N100kg. hm⁻²) 和水平 3 (N 200kg. hm⁻²) 青蒿素含量显著高于不施氮水平 1, 但过量施氮(水平 4) 青蒿素含量则大幅度下降至最低, 显著低于不施氮, 这与 AyanogluF 等研究结果近似。施钾能显著而持续提高青蒿素含量, 高用量水平的钾表现出一定的奢侈效应, 对青蒿素含量没有明显的负效应。施磷与施钾的情况近似, 即施磷能提高青蒿素含量, 并且似乎不会产生过量的负效应; 施磷各水平之间不显著, 说明施磷比钾更早和更容易出现奢侈效应, 即高水平磷用量进一步提高青蒿素含量的意义不大。密度水平 1~水平 3 青蒿素含量差异并不显著, 但过大过密的种植密度(水平 4) 则显著降低青蒿素含量, 这可能是过大密度使叶片互相荫蔽影响青蒿素合成, 映证了文献有关“良好光照条件有利于青蒿素合成”的观点。

本试验研究中, 最有利于青蒿素含量优化方案为施氮水平 2 (N 100kg. hm⁻²) ~水平 3 (N 200kg · hm⁻²), 施磷≥水平 2 (P₂O₅100kg. hm⁻²), 施钾≥水平 3 (K₂O 140kg. hm⁻²), 种植密度≤水平 3 (1.66 万株/hm²)。

2.2.2 单株青蒿素产量 单株青蒿素产量由叶的青蒿素含量和单株叶产量所决定。在基于解磷解钾生物菌肥的基础上, 氮、磷、钾肥和密度对单株青蒿素产量的影响都达到极显著水平, 其中, 氮肥和密度的影响较磷钾肥更强。施氮和随着氮肥用量增加, 单株青蒿素产量因含量和叶产量的同步提高而显著增加, 但过高的用氮(水平 4) 却因含量较大幅度下降而导致青蒿素产量显著减少。磷、钾的效应相近, 施肥能提高青蒿素单株产量, 但高水平施肥对产量难有进一步明显提升, 却也没有负效应。密度增大特别是中高密度下, 因叶产量和青蒿素含量同时下降而单株青蒿素产量显著下降。

2.2.3 小区群体青蒿素产量 生产实践中, 人们追求的是一定种植面积上的青蒿素产量, 即小区群体青蒿素产量才是青蒿种植效益的最终评价指标。小区群体青蒿素产量取决于叶的青蒿素含量和小区叶产量。表 3 数据表明, 氮肥、钾肥和密度对该指标的影响达到极显著水平, 磷肥达到显著水平。

表 3 基于解磷解钾复合菌剂下氮磷钾和密度对青蒿含量和产量影响

因素	水平	青蒿素质量分数 /g.kg ⁻¹	青蒿素产量	
			单株产量 /g	小区产量 Kg.hm ⁻²
N	1	9.34 b	0.931	20.9
	2	9.86 a	1.24	25.0
	3	9.71 a	1.50	30.9
	4	9.07 c	1.36	28.7
	P	<0.001	<0.001	<0.001
	极差	0.78	0.51	10.0
P	1	9.57 b	1.14	24.3

	2	9.54 a	1.27	26.2
	3	9.56 a	1.32	27.3
	4	9.62 a	1.34	27.8
	P	0.02	0.004	0.02
	极差	0.34	0.20	3.5
K	1	9.04 c	1.05	22.9
	2	9.49 b	1.26	25.9
	3	9.75 a	1.37	28.6
	4	9.73 a	1.38	28.1
	P	<0.001	0.001	<0.001
	极差	0.71	0.32	5.7
密度	1	9.53 a	1.44	20.9
	2	9.63 a	1.44	27.8
	3	9.57 a	1.22	29.4
	4	9.27 b	0.961	27.4
	P	0.02	<0.001	<0.001
	极差	0.36	0.48	8.7

各处理的多重比较采用 Duncan 法：同列中不同的小写表示在 5%的水平下差异显著

氮肥的效应规律与对单株的结果相同, 即施氮和一定范围随着氮肥用量增加, 小区群体青蒿素因含量和叶产量的同步提高而产量显著增加, 到水平 3 达到最大值, 但过多氮肥施(水平 4)青蒿素产量因含量降低而显著减少。适量的磷、钾施用能显著提高小区青蒿素产量, 高水平的磷钾既没有显著的进一步增产效应, 也没有明显过量负效应。合理的密度有利于提高小区群体青蒿素产量, 而过低和过高的密度都有显著负效应。按小区群体青蒿素产量最优的方案为施氮水平 3($N\ 200\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$), 施磷 $\geq$ 水平 2($P_2O_5 100\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$), 施钾 $\geq$ 水平 3($K_2O\ 140\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$), 种植密度介于水平 2(1.33 万株/ hm^2)~水平 3(1.66 万株/ hm^2)。

2.3 各处理组合比较与优选 试验方案中 16 个处理叶产量、青蒿素含量和青

蒿素产量的平均值及其多重比较。上述指标在不同处理间高低相差悬殊, 因此选优在生产上意义巨大(表 4)。叶产量, 小区最高为处理 14, 12, 13, 最低为处理 1, 高低相差近 2.8 倍; 单株最高为处理 15, 是最低处理 5 的 2 倍多。青蒿素含量各处理间差异相对较小, 但高低相差也超 1.2 倍, 最高含量为处理 8, 10, 7, 12, 9。青蒿素产量, 小区最高为处理 12, 14, 最低为处理 1, 高低相差大于 3.2 倍; 单株最高为处理 10、处理 9, 高低也达 2.3 倍。

小区产量比单株更具有生产上的实践意义, 因此选择青蒿素含量和小区产量作为指标进行优选, 结果表明处理 12(N 肥 3、P 肥 4、K 肥 2 密度 3, 即 $N\ 200\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $P_2O_5 200\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $K_2O\ 70\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 密度 1.66 万株/ hm^2)能够获得最高的小区青蒿素产量、小区青蒿叶产量, 同时青蒿品质含量最好, 因此为最优试验组合, 可以推荐运用于青蒿种植生产中。

3 结论

综上所述, 权衡所得黄花蒿的叶片产量和青蒿素含量, 以处理 12 (N 肥 3、P 肥 4、K 肥 2 密度 3, 即 $N\ 200\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $P_2O_5\ 200\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $K_2O\ 70\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 密度 1.66 万株/ hm^2) 能够获得最高的小区青蒿素产量、小区青蒿叶产量。

7、黄花蒿轮作模式及其生态效应分析

根据产地的气候和土壤条件, 因地制宜选择马铃薯、玉米、黄豆和珍珠糯 4 种秋冬种作物与黄花蒿轮作, 考察其生长时间、后茬黄花蒿土壤理化性质、发病率、产量及总体经济效益, 探索黄花蒿轮作的良好模式。结果表明: 黄花蒿与马铃薯等 4 种作物轮作, 均能提高土壤有机质和有效磷含量, 改善土壤 pH 值, 降低土壤容重, 增大土壤的孔隙度。以马铃薯较优, 其次为玉米。与玉米、马铃薯轮作能提高后茬黄花蒿药材产量和青蒿素含量, 降低黄花蒿白粉病和茎腐病的发生。4 种农作物与黄花蒿轮作均能增加总体经济收益, 其投入成本因品种的不同而异, 纯收入以马铃薯最高。结论: 黄花蒿轮作模式能有效改善土壤理化性质, 降低白粉病和茎腐病发生, 提高黄花蒿药材产量和总体效益, 并有利于青蒿素含量的积累。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2022 年 7 月中下旬至 2023 年 3 月上旬在在广西罗城县乔善乡岩口村黄花蒿生态种植基地进行。该地已连续种植黄花蒿 2 年, 土壤质地为沙质壤土, pH 值为 5.6, 土壤肥力: 有机质含量 13.3g/kg, 全氮含量 5.92g/kg, 有效氮含量 64.0 mg/kg, 有效磷含量 36.30mg/kg, 有效钾含量 112.5 mg/kg。黄花蒿品种为广西仙草堂制药有限公司提供的研青 1 号。供试的轮作品种和播种技术见表 1。

1.2 试验设计

设 5 个处理区: 马铃薯区、玉米区、黄豆区、珍珠糯区和对照 (CK, 单一连作), 试验小区面积为 45m^2 , 随机区组排列, 3 次重复。后茬黄花蒿在 2 月 1 日播种, 3 月 6 日定植, 种植规格 (长×宽): $80\text{cm} \times 70\text{cm}$, 2023 年 2 月 30 日采收轮作作物, 7 月 10 日采收黄花蒿。轮作作物管理按一般大田生产。

1.3 土壤理化性质测定

于 2023 年 3 月 4 日, 后茬黄花蒿种植前取土壤样品, 采样按五点法进行, 每点采集 0~20cm 纵剖面土壤, 等量混合。土壤理化性质采用常规分析法测定 [7], 将水、土以 2.5:1 的比例混合均匀后用 pH 计测定 pH 值; 有机质用重铬酸钾容量法测定; 全氮采用凯氏法测定;

表 1 黄花蒿轮作品种及其种植要点

品种	播种量	种植规格	种植技术要点
	Kg/hm ²	株*行 (cm)	
马铃薯	1875	25*30	薯块 35 g/块, 芽眼 2 ~ 3 个切后, 每 100 kg 用 3. 2 kg 滑石粉添加农用链霉素 40 g、甲霜灵锰锌 120 g 拌种。
玉米	105	40*50	适时播种, 播种前, 使用 50% 多菌灵按种子 5% 的用药种。
黄豆	135	30*80	播种前, 每 7 kg 用钼酸铵 10 g 及根瘤菌 30 g 拌种。
珍珠糯	6	4*6	播前, 用 40℃ 温水浸种 3 h, 再用 50% 多菌灵按种子 5% 的拌种。

碱解氮用碱解扩散硼酸吸收法测定;全钾和速效钾用火焰光度计法测定。

1.4 黄花蒿白粉病、茎腐病发生率调查

黄花蒿病害调查于 2023 年 5 月 23 日进行。白粉病病情分级: 0 级, 全株叶片无白粉状病源物; 1 级, 仅主茎基部 1~2 片叶的叶背有少量的白粉状病源物; 2 级, 主茎基部 3~5 片叶的叶面、叶背有少量的白粉状病源物, 感染叶片轻度发黄、早衰; 3 级, 分枝基部叶片有白粉状病源物, 并迅速发黄、干枯死亡。

茎腐病病情分级: 0 级, 叶片轻度萎蔫, 可自行恢复; 1 级, 主茎靠近地面基部可有水渍状小斑; 2 级, 主茎靠近地面基部的病斑扩大呈淡褐色; 3 级, 主茎靠近地面基部腐烂, 并迅速萎蔫, 青枯死亡。

病情指数计算方法:

$$\text{病情指数} = \sum (\text{级数} \times \text{该级发病数}) \times 100 / (\text{调查总数} \times \text{最高级数})$$

1.5 产量与效益计算

在黄花蒿旺盛生长后期至孕蕾前期(7 月 10 日) 采收叶片, 晒干, 按小区称量, 并进行青蒿素测定。测定方法参照高效液相色谱法进行。轮作作物的投入成本按购买时的价格计算; 经济收入按 2023 年上半年市场均价估算。

2 结果与分析

2.1 轮作作物的种植安排与后茬黄花蒿种植的衔接性分析

黄花蒿育苗在 2 月 1 日播种, 保温培育。于 3 月 6 日移栽于大田, 7 月上旬(10 日) 采收叶片, 在大田生长约 120 天, 从当年黄花蒿叶片收获后, 直到来年的移栽种植约有 210d 的空闲。由于秋冬季光温对秋冬种作物生长及开花结果的影响, 所选择作物的生育期与后茬黄花蒿的种植时间是否衔接尤为重要。本试验供试的 4 个用于轮作品种, 在试验安排的播种时

间条件下，均能正常出苗和生长，直至采收时，所用的生长时间最长的是马铃薯为 125d，最短的是玉米为 90d，与 4 种作物轮作均不影响后茬黄花蒿的种植季节。而且还有约 100 d 的时间，为茎秆或残体还田，发酵分解提供充足的时间(表 2)

表 2 轮作作物的种植安排及其生育期

品种	播种期	旺盛生长期	采收期	至采收时的生育期
	月/旬	月/旬	月/旬	
马铃薯	9/下	10/下	2/下	110-125
玉米	7/下	8/下	10/下	83-90
黄豆	7/下	8/下	10/下	80-90
珍珠糯	7/下	8/下	10/下	90-100

2.2 不同的轮作作物对土壤养分和土壤 pH 值的影响

由表 3 可知，黄花蒿与轮作均可提高土壤 pH 值及土壤中有机质和有效磷的含量，对消减土壤酸化、提高肥力有促进作用。提高的幅度按大小排列为：马铃薯>玉米>黄豆>珍珠糯> CK；全氮和有效氮的含量也有不同程度的增多，以黄豆区最为明显，这可能与黄豆根瘤固氮作用有直接的关系。各轮作区的土壤速效钾含量比对照有所提高，以马铃薯轮作区最好，这可能与轮作作物残体营养含量高低、作物吸收量有关。土壤容重是土壤耕作质量的重要指标。经测定不同模式处理的土壤容重，表明：黄花蒿单一连作与黄花蒿-珍珠糯轮作的土壤容重差异不大，而黄花蒿与玉米、马铃薯、黄豆轮作土壤的容重明显下降，与对照（单一连作）相比下降幅度分别为 0.14、0.11、0.11、0.09 g/cm³，容重的减小使土壤的孔隙度增大，土壤结构得到改善，进而增强土壤微生物的活力。同时，轮作提高了田间土壤持水能力，起到保水保肥作用(表 3)。

表 3 不同的轮作区对土壤理化性质的影响

品种	pH	有机质	全氮	水解氮	有效磷	速效钾	容重	孔隙度	田间持
		g/kg	g/kg	g/kg	Mg/kg	Mg/kg	g/cm ³	%	水量%
马铃薯	6.45	18.4	0.764	91.3	50.	131.0	1.196	58.7	32.3
玉米	6.44	18.1	0.821	110.2	48.	127.0	1.178	59.5	32.9
黄豆	6.10	17.1	0.711	68.6	45.	128.0	1.208	57.2	31.1
珍珠糯	5.92	16.6	0.698	67.9	43.	125.0	1.229	55.0	30.9
ck	5.51	13.9	0.688	67.7	40	124.0	1.318	52.2	29.4

2.3 轮作作物对后茬黄花蒿白粉病、茎腐病发生的影响

在试验条件下,轮作区后茬黄花蒿白粉病和茎腐病的发病指数和发病率均显著低于对照(单一连作) ($P<0.05$) ; 说明试验所选择的 4 种轮作作物均能显著降低后茬黄花蒿白粉病和茎腐病的发生。不同的轮作作物对后茬黄花蒿白粉病及茎腐病的发生均有不同程度的影响。珍珠糯区发生白粉病较高, 与黄豆区差异不显著, 按发病率大小排列顺序为珍珠糯>黄豆>马铃薯>玉米。黄豆区的茎腐病稍高于珍珠糯区, 但差异不显著, 玉米区和马铃薯区显著低于黄豆区(表 4) 。

表 4 轮作作物对后茬黄花蒿白粉病、茎腐病发生的影响

品种	株数	白粉病			茎腐病		
		发病株数	发病指数	发病率	发病株数	发病指数	发病率
马铃薯	198	7	0.38	3.54 c	3	0.13	1.52 c
玉米	198	4	0.25	2.02 d	2	.0	1.01 c
黄豆	197	10	0.89	5.07 c	7	0.51	4.11 b
珍珠糯	196	16	0.9	6.69 b	8	0.51	3.55 b
ck	193	25	2.6	10.90 a	14	1.46	7.26 a

2.4 轮作对后茬黄花蒿的产量和青蒿素含量影响

试验表明,轮作后,4 个轮作区对后茬黄花蒿产量均显著高于对照区(单一连作) ($P < 0.05$) ; 不同的轮作品种对后茬的黄花蒿产量有不同的影响, 玉米区后茬黄花蒿产量最高, 其次为马铃薯区, 两者之间差异不显著, 均显著高于其他处理; 黄豆区和珍珠糯区也显著高于对照, 黄豆区稍高于珍珠糯区, 但两者间差异不显著。轮作后的青蒿素含量在一定程度上得到提高, 按含量高低排序为: 玉米区>马铃薯区>黄豆区>珍珠糯区>CK。玉米区和马铃薯区显著高于 CK, 黄豆区和珍珠糯区差异不显著(表 5) 。

表 5 不同作物品种轮作区后茬黄花蒿产量和青蒿素含量

轮作区	青蒿素含量	小区产量	折合产量
	%	Kg	Kg/667m ²
马铃薯	1.167	16.98	3763.0
玉米	1.174	17.02	3779.2
黄豆	1.141	16.79	3703.6

珍珠糯	1.096	16.59	3647.1
ck	1.072	16.26	3592.6

2.5 效益分析

选择不同品种与黄花蒿轮作，投入的成本和产生的效益均不相同，马铃薯因种薯用量较大，所以投入的总成本较高，但获得的纯利润最大，整个种植模式的纯利润一共达到 3241.4 元·hm⁻²；玉米投入的成本较低，就当季采收的干黄豆的产值而言，均低于其他轮作的品种，但对下一茬黄花蒿的产量增产幅度最大，使得整个生产模式的利润总值仅次于马铃薯区，明显高于黄豆区和珍珠糯区。这可能是玉米具有固氮作用，有效地改变土壤的理化性质，提高土壤肥力的缘故。相反，珍珠糯区中，当季的珍珠糯产量和产值都较高，但对下一茬黄花蒿产量较低，整个种植模式利润较低，只有 2477.5 元·hm⁻²，略高于黄豆区(表 6)。

说明珍珠糯生长需要肥量较大，并不能为后茬黄花蒿提供更多的营养成分，以致在同等条件下，种植黄花蒿增产效果不显著。

3 结论与讨论

(1) 黄花蒿与马铃薯、玉米、黄豆、珍珠糯 4 种作物轮作，生长期衔接，均能使土壤有机质、有效磷含量提高，起到改善土壤 pH 值，降低土壤容重，增大土壤的孔隙度的作用。以马铃薯最优，其次为玉米。与马铃薯轮作土壤中钾和氮的含量也得到显著提高。马铃薯鲜茎叶含氮量 0.49 %、磷 0.16%、钾 0.43 %；玉米根能形成根瘤，在根瘤菌的作用下吸收转化固定空气中的氮元素。而珍珠糯生长需要肥量较大，土壤中营养成分增加较少，并不给后茬黄花蒿提供更多的营养成分，在同等条件下，黄花蒿产量较低。

(2) 黄花蒿与玉米、马铃薯轮作，能显著提高后茬黄花蒿药材产量和青蒿素含量，降低白粉病和茎腐病的发生率。土壤是作物生长的主要场所，土壤肥力的高低和质地的好坏，直接影响作物的生长，产量和质量的提高。选择好适合轮作的作物品种，能提高土壤养分含量和保水保肥能力，抑制病菌传播途径，减少病害发生，提高作物产量。

(3) 用马铃薯、玉米、黄豆、珍珠糯 4 种作物与黄花蒿轮作，均能提高种植收入，以马铃薯区最高，其次为玉米，珍珠糯区最低，轮作马铃薯区虽投入相对高，但产出也大，玉米区产出仅次于马铃薯区，但投入仅为马铃薯区的 50 % 左右。马铃薯是重要的粮食、蔬菜兼用作物，具有适应性广、产量高、营养全、加工产业链长特点，广西已将马铃薯列入“优质粮食”产业发展规划。药农可根据自身条件和实际情况选择轮作品种。

8. 黄花蒿最佳采收期研究

[摘要] 目的：通过测定不同采收期、不同采收部位的青蒿各成分指标，分析青蒿品质差异，确定青蒿的最佳采收期和采收部位。方法：在青蒿营养生长后期、花芽分化期、盛蕾期和盛花期四个生长时期采收样品，每个采收期分全株采收、一级分枝、二级分枝、主干上部、主干下部共五个部分采收，分别测定鲜重、干重、药材灰分、浸出物、挥发油、青蒿素等指标，进行数据分析。结果：（1）随着生长期的延长全株的生物量越大，以盛蕾期最大，而二级分枝的生物量则越小；以营养生长后期处理最大。（2）植株各部位的浸出物、挥发油和青蒿素含量以二级分枝含量较大。其次为一级分枝。各部位浸出物含量均符合《中华人民共和国药典》2020 版浸出物项规定。盛花期青蒿挥发油含量低于盛蕾期，主干下部占总生物量比重大，但浸出物含量低于《中华人民共和国药典》2020 版规定。结论：结合产量和质量两方面因素，作为工业提取青蒿素原料时，宜在营养生长后期采收；作为中药材配伍原料的青蒿可在盛蕾期全株采收或盛花期去除老茎采收。

1 材料

1.1 植株材料

青蒿，采自广西仙草堂制药有限公司青蒿种植基地，经广西壮族自治区药用植物园黄宝优教授鉴定为菊科植物黄花蒿 *Artemisia annua* L. 。

1.2 设备与试剂

烘箱、马弗炉、无水乙醇（国药集团化学试剂有限公司，分析纯）、95%乙醇（国药集团化学试剂有限公司，分析纯）、超纯水。

2 方法

2.1 采样方法

分别在营养生长后期（2023-07-10）、花芽分化期（2017-07-31）、盛蕾期（2017-08-18）、盛花期（2017-9-16）四个物候期随机采集青蒿样品，每个物候期分别采集 60 株青蒿样品，其中 30 株全株采集，另外 30 株分一级分枝、二级分枝、主干上部、主干下部四个部分采集，所有样品称量鲜重后，阴干称量干重、同一部位样品混合、粉碎，进行指标测定。

随着青蒿的生长，主干靠近基部的叶片会逐渐脱落，主干下部是指该物候期从主干基部至叶片开始脱落处之间的茎秆部分。主干上部是指除一级分枝、二级分枝和主干下部的其他部位。

2.2 测定指标与方法

用天平称量各青蒿样品的鲜重和干重，计算折干率和各部位生物量占比。

$$\text{折干率} = \text{样品干重} / \text{该样品鲜重} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{各部位鲜重占比} = \text{各部位的鲜重} / \text{同一物候期 4 个部位鲜重之和} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{各部位干重占比} = \text{各部位的干重} / \text{同一物候期 4 个部位干重之和} \times 100\% \quad (3)$$

参考《中华人民共和国药典》2020 版通则中水分（通则 0832 第二法）、灰分（通则 2302）、浸出物（通则 2201，无水乙醇作溶剂，冷浸）、挥发油（通则 2204，甲法）测定。根据各部位浸出物含量及各部位干重占比，计算各部位浸出物的贡献率；

$$\text{各部位浸出物贡献率}\% = (\text{该部位浸出物的含量} \times \text{该部位该物候期的干重占比}) /$$

$$(\text{同一物候期主干下部浸出物含量} \times \text{主干下部干重占比} + \text{主干上部浸出物含量} \times \text{主干上部干重占比} + \text{一级分枝浸出物含量} \times \text{一级分枝干重占比} + \text{二级分枝浸出物含量} \times \text{二级分枝干重占比}) \times 100 \quad (4)$$

3 测定结果

3.1 不同物候期全株采收青蒿的品质比较

药材最佳采收期通常从产量和质量两个方面进行考察。根据田间观察，青蒿在营养生长期至开花期期间植株不断增长。从图 1 可以看出，随着物候期的推延，青蒿生物量积累之势显著。青蒿在盛花期的鲜重最大，平均每株鲜重达 423.17g，显著高于营养生长后期和花芽分化期（ $P<0.05$ ）。营养生长后期的单株鲜重最低，平均鲜重为 274.83 g，仅为盛花期的 64.9%。

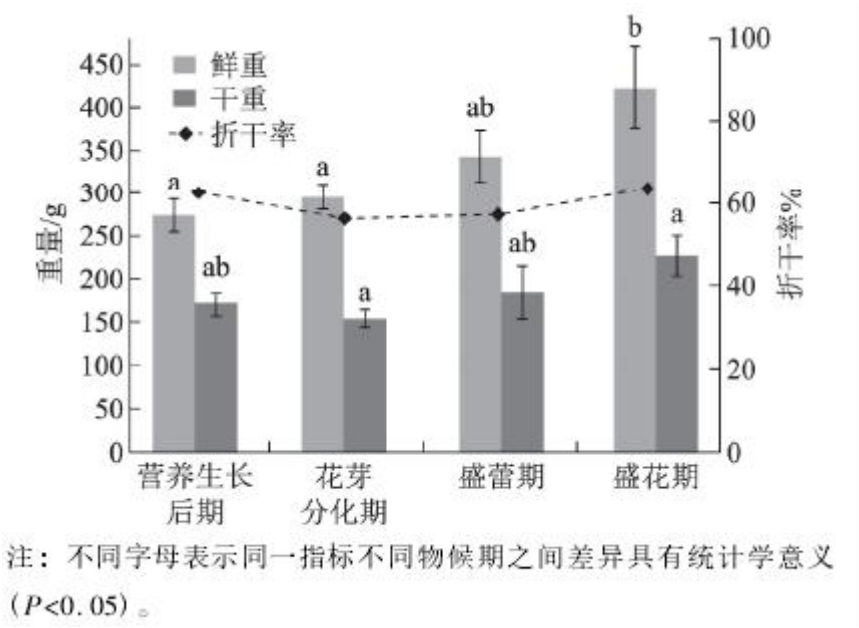


图 1 青蒿不同物候期全株采收的生物量比较 (n=30)

从干重来看，花芽分化期的干重稍低于营养生长后期，但两个物候期差异不显著，花芽

分化期之后青蒿干重不断增加，盛花期干重显著高于花芽分化期($P<0.05$)。营养生长后期和盛花期的折干率稍高，但四个时期的折干率差异不显著，基本稳定在 56%~63%之间。

表 1 不同物候期全株采收青蒿各指标比较 (n=3)

性状	营养生长后期	花芽分化期	盛蕾期	盛花期
水分	6.92	6.92	6.64	4.89
灰分	4.73	3.58	2.86	3.85
浸出物	3.39	3.41	4.54	5.05
挥发油	0.21	0.21	0.49	0.25
青蒿素	1.06	1.08	0.89	0.83

从水分、灰分和浸出物含量看，各物候期的青蒿(全株)样品均达到《中华人民共和国药典》青蒿项下的质量要求(水分不得高于 14.0%，灰分不得高于 8.0%，浸出物含量不得低于 1.9%)。浸出物含量随着青蒿的生长显著增加，每个物候期的浸出物含量均显著高于一物候期($P<0.05$)，在盛花期的浸出物含量最高，从浸出物含量看在盛花期采收最佳(表 1)，这与生物量的测定结果一致(图 1)。但挥发油测定结果表明，在四个物候期的挥发油含量先升高后降低，盛蕾期的挥发油含量最高，推测与挥发油类成分在盛蕾期之前积累少，在开花后散失较多有关。与青蒿其他器官相比，青蒿花含有的挥发油种类最多。结合生物量、浸出物和挥发油三部分的结果来看，青蒿最佳采收期应在盛蕾期或盛花期。

表 2 不同物候期不同采收部位平均值及鲜 /干重占比统计表 (n= 30)

采收部位	生物量	营养生长后期	花芽分化期	盛蕾期	盛花期
主干上部	鲜重	59.6	190.9	222.64	316.29
	干重	37.0	106.0	107.4	189.6
主干下部	鲜重	49.17	122.28	120.86	216.35
	干重	23.8	63.0	73.9	120.7
一级分枝	鲜重	40.0	88.01	91.4	152.85
	干重	16.9	41.7	48.2	72.9
二级分枝	鲜重	118.75	72.39	68.02	63.9
	干重	56.3	38.4	32.0	31.7

结果表明，不同采收部位的青蒿浸出物含量差异显著，浸出物含量在四个物候期中均表现为二级分枝>一级分枝>主干上部>主干下部的变化规律。分部位来看，主干下部的浸出

物含量随着青蒿的生长先升高后降低，花芽分化期和盛蕾期的含量较高，能够满足《中华人民共和国药典》要求（不得低于 1.9%），但营养生长后期和盛花期的主干下部浸出物含量分别为 1.75% 和 1.61%，低于《中华人民共和国药典》标准。主干上部、一级分枝和二级分枝在各物候期的浸出物含量均远高于《中华人民共和国药典》要求。主干上部的浸出物含量随青蒿的生长累积量不断增加，一级分枝和二级分枝在花芽分化期的浸出物含量相对营养生长后期有所降低，但随后在盛蕾期和盛花期急剧增加，二级分枝在盛花期的浸出物含量高达 9.44%，是同一物候期主干下部的 5.86 倍，是《中华人民共和国药典》规定浸出物含量的 4.97 倍。

为结合生物量分析青蒿总浸出物在各部位的分布情况，我们计算了各部位浸出物贡献率，即各部位浸出物总含量占整株浸出物总含量的百分比。如表 2 所示，主干下部鲜重占比为 33.17%~43.90%，干重占比为 38.87%~43.68%，但主干下部的浸出物贡献率只有 16.46%~34.49%，尤其在盛花期，主干下部干重占比为 43.14%，但浸出物的贡献率只有 16.46%（图 3），说明次生代谢产物在该部位分布较少，次生代谢产物重点集中在主干上部、一级分枝和二级分枝等嫩枝、叶片之中。

本研究从物候期和采收部位出发评价青蒿品质，表明，（1）随着生长期的延长全株的生物量越大，以盛蕾期最大，而二级分枝的生物量则越小；以营养生长后期处理最大。（2）植株各部位的浸出物、挥发油和青蒿素含量以二级分枝含量较大。其次为一级分枝。各部位浸出物含量均符合《中华人民共和国药典》2020 版浸出物项规定。盛花期青蒿挥发油含量低于盛蕾期，主干下部占总生物量比重大，但浸出物含量低于《中华人民共和国药典》2020 版规定。结论：结合产量和质量两方面因素，作为工业提取青蒿素原料时，宜在营养生长后期采收；作为中药材配伍原料的青蒿可在盛蕾期全株采收或盛花期去除老茎采收。

9、黄花蒿病虫害防治

常见的病青蒿白粉病、根腐病；虫害有艳叶夜蛾、绿腿腹露蝗、康氏粉蚧和老鼠等，病虫害的防治参照 GB/T 8321 农药合理使用准则（所有部分）进行。

六、与现行法律、法规及标准关系

本文件（征求意见稿）制定是依据《中华人民共和国标准化法》等国家相关的法规和强制性标准的基础上结合地方实际情况制定出来的，因此与现行法律、法规及强制性标准无冲突。

七、实施标准的要求和措施建议

文件必须是在遵循法律法规及国家相关标准的前提下，综合种苗生产企业的

实际要求制定，标准必须具有法律依据及可操作性。

将《青蒿生态种植技术规程》作推荐性标准试行1-2年后，对不完善的加以完善和修正，为进一步规范市场，建议该标准进一步申报行业或国家标准。