

# 红根野蚕豆本草考证

彭紫婷, 谢海丽, 姚凯丽, 王子阳, 褚宏洋, 马铭欣, 曾彪彪, 刘贺, 李育川\*

昆明学院, 云南特色资源植物智慧农业工程中心, 云南 昆明

收稿日期: 2026年1月9日; 录用日期: 2026年1月26日; 发布日期: 2026年2月11日

## 摘要

红根野蚕豆是滇南苗、彝、拉祜族的珍稀道地药材, 民间认为其有溶血栓、保肝护肝、抗癌等功效, 药用价值高, 具备开发为溶血栓及抗癌健康产品的良好基础。但该类药材存在基源复杂、民间应用混乱的问题, 亟待解决以推动产业化进程。本研究通过梳理历代本草文献、现代植物分类调查与实地走访, 从名称、基源、生境产地、传统功效、现代药理及质量评价六方面展开考证。结果显示, 其基源植物主要以大花胡麻草为主的4种胡麻草属植物, 及黑蒴属的黑蒴; 二者植株形态差异显著, 在生境分布上, 基源植物多生于海拔700~1800 m的林缘、荒山等区域, 存在生境重合与民间用药混乱现象; 胡麻草属以主根入药, 俗称“大红根”、其侧重活血调经与保肝, 黑蒴属以全草入药, 俗称“小红根”, 侧重抗肿瘤; 两大类均常作单方煮水、泡低度白酒或炖肉, 目前无相关毒副作用。本研究为红根野蚕豆的正本清源、资源保护及规范化栽培提供了依据, 也为后续经典名方开发奠定了基础。

## 关键词

红根野蚕豆, 基源, 本草, 功效, 质量评价

# Textual Research on HongGenYeCanDou in Traditional Herbal

Ziting Peng, Haili Xie, Kaili Yao, Ziyang Wang, Hongyang Chu, Mingxin Ma, Biaobiao Zeng, He Liu, Yuchuan Li\*

Yunnan Characteristic Resources Plant Smart Agriculture Engineering Center, Kunming University, Kunming Yunnan

Received: January 9, 2026; accepted: January 26, 2026; published: February 11, 2026

## Abstract

HongGenYeCanDou is a rare and authentic medicinal herb used by the Miao, Yi, and Lahu ethnic

\*通讯作者。

文章引用: 彭紫婷, 谢海丽, 姚凯丽, 王子阳, 褚宏洋, 马铭欣, 曾彪彪, 刘贺, 李育川. 红根野蚕豆本草考证[J]. 植物学研究, 2026, 15(2): 63-69. DOI: 10.12677/br.2026.152008

groups in southern Yunnan. It is traditionally believed to have effects such as dissolving blood clots, protecting the liver, and fighting cancer, with high medicinal value. This makes it a promising candidate for developing health products targeting blood clot dissolution and cancer. However, this medicinal herb faces issues of complex origins and confused folk application. These problems need urgent resolution to advance its industrialization. This study adopted appropriately to conduct textual research from six aspects: name, origin, habitat and distribution, traditional efficacy, modern pharmacology, and quality evaluation. The research methods included sorting through ancient herbal documents, conducting modern plant classification surveys, and carrying out field visits. Results showed that the source plants of *C. grandiflora* Benth. mainly consist of two categories: one includes 4 species of the *Centranthera* genus (with *C. grandiflora* as the dominant species), and the other is *Melasma arvense* (Benth.) Hand.-Mazz. belonging to the *Melasma* genus. The morphological differences between these two genera of plants are significant. In terms of habitat distribution, the source plants mostly grow in areas such as forest edges and barren hills at an altitude of 700~1800 meters. There is an overlap in their habitats, leading to confusion in folk medicinal use. Plants of the *Centranthera* genus use taproots as medicine, commonly known as “Da HongGen”. They focus on promoting blood circulation, regulating menstruation, and protecting the liver. Plants of the *Melasma* genus use the whole herb as medicine, commonly known as “Xiao HongGen”. They focus on anti-tumor effects. Both types are often used as single herbs, prepared by boiling in water, soaking in low-alcohol liquor, or stewing with meat. Currently, there are no reports of related toxic or side effects. This study provides a basis for clarifying the origin, protecting resources, and promoting standardized cultivation of HongGenYeCanDou. It also lays a foundation for the subsequent development of famous classic prescriptions.

## Keywords

HongGenYeCanDou, Origin, Herbal, Efficacy, Quality Evaluation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

红根野蚕豆是滇南苗族、彝族、拉祜族的珍稀民族道地常用药，在本草历史中占据独特地位，其药用价值高、市场前景好却面临供不应求的情况[1]，其基源植物主要归为两大属，一是胡麻草属，其中以大花胡麻草(*Centranthera grandiflora* Benth.)最为常见；二是黑蒴属，该属则以黑蒴(*Melasma arvense* (Benth.) Hand.-Mazz.)为主要代表。红根野蚕豆的基源植物生境相似，多分布于热带、亚热带地区海拔 1800 米以下的荒山、疏林及坡地。此外，该类植物在民间用药中还存在应用混乱的情况。胡麻草属植物的鲜根或干根具有水溶性，民间多将其作为单方使用，常用来煮水、泡酒；冲泡后汤色呈红黄色，兼具药食同源的属性。虽常被用于治疗跌打损伤，具有活血化瘀功效，但不同基源植物的具体功效差异仍需进一步研究细分。

基于上述问题，本文从红根野蚕豆的名称、基源、产地、传统功效、现代药理学及质量评价等方面展开考证。通过梳理其名称与基源的对应关系，厘清其性味及功能主治，以正本清源，为该药材资源的保护，以及在相关政策指导下人工栽培、实现合理利用提供参考。

## 2. 红根野蚕豆的本草考证

### 名称考证

红根野蚕豆的基源植物名称众多，可通过历代本草文字记载及产地分布进行系统考证。可参见《中

华本草》《中国植物志》《云南思茅中药选》等著作。从文字描述看,《中华本草》记载:习称化血丹、野蚕豆根[2]、小红药、灵芝草、金猫头等[3]。红根野蚕豆在云南各地具有不同的俗名,但均为异名同物,都同指红根野蚕豆,并非异名异物。蚕豆灵芝的传说,源于古时苗民首领蚩尤带民兴疆,其母病重,蚩尤寻药,一采药人梦中得仙人指点,在云南林间找到蚕豆灵芝,母服后痊愈,后黄帝与蚩尤交战,蚩尤战死,苗民西迁,将蚕豆灵芝种子藏于红根野蚕豆中带至西南,今云南文山州的红根野蚕豆质量最佳。对云南红河州屏边县多位本地苗医的实地走访显示,受访苗医均称“野蚕豆”的苗语对应名称为“豆格果”。胡麻草属以大花胡麻草较为常见,因其植株外形较大,且根系粗大、鲜根颜色鲜红,又被称为“大红根”,作为根部半寄生草本,它多寄生于莎草科与禾本科植物[4];黑蒴因植株稍小,根系较细弱、鲜根颜色浅红,故被称为“小红根”。

### 3. 基源考证

不红根野蚕豆作为云南珍稀民族药,其药材基源具有明显的复杂性与多样性,经团队对云南民族民间用药调查发现,其基源植物主要集中于玄参科,且不同民族聚居区的主流药源植物存在差异,同时各基源植物在分布与生长特性上呈现出高度关联的特点。云南民族民间医药中,红根野蚕豆的药材基源植物隶属于玄参科及列当科,根据种类差异可分为两大类别,且不同类别拥有对应的俗称,具体形态分类特征如下:

玄参科胡麻草属植物:该属是红根野蚕豆的重要基源来源,包含四个具体种类,分别为大花胡麻草(*Centranthera grandiflora* Benth.)、胡麻草(*Centranthera cochinchinensis* (Lour.) Merr.)及胡麻草(原变种)(*Centranthera cochinchinensis* (Lour.) Merr. [*Digitalis cochinchinensis* Lour.])、西南胡麻草(*Centranthera cochinchinensis* var. *nepalensis* (D. Don) Merr.)。

黑蒴属列当科黑蒴属植物:仅包含黑蒴(*Melasma arvense* (Benth.) Hand.-Mazz.)一种。其又名“小红根野蚕豆”、化血胆[5]、红根草,苗药称“嘎扎”[6]。其药用部位以全草为主[7],在当地民族医药体系中应用历史悠久。

#### 3.1. 植物形态

##### 3.1.1. 胡麻草属的植物形态

以大花胡麻草为代表的胡麻草属植物,不仅在部分地区应用广泛,还具有鲜明特征,“红根 1 号”品种由昆明学院农学与生命科学学院李育川教授团队选育,该品种于 2025 年通过了云南省种子管理站组织的品种鉴定。该品种植株的具体特征特性记录如下:株高 58.40 cm,主茎直立且质地刚硬,呈近圆形中空结构;茎色存在明显部位差异,中下部为紫色,中上部过渡为黄绿色,植株上部多发生分枝;叶序为对生,无叶柄,叶片呈椭圆形;叶长 5.50 cm、叶宽 1.34 cm,中上部叶片正面为绿黄色,背面带紫色,叶缘具疏锯齿且叶片边缘背卷,叶表与叶背均被硬毛覆盖;花序为顶生总状花序,花在花序上呈疏离分布;每朵花具 1 对条状披针形小苞片,苞片呈叶状,顶部为紫色;花萼呈佛焰苞状,仅一侧开裂,全缘,平均长度约 1.40 cm;花冠为筒状,稍弯曲,上部呈扩大形态,长度 51.50 mm,花色为黄色,花冠裂片共 5 枚;雄蕊 4 枚,呈二强雄蕊形态,排列为两两成对;蒴果呈卵球形,颜色为紫色,长度约 10.50 mm,成熟后包被于宿存苞片内;种子形状类似水滴,颜色为浅褐色;二年生开花植物,生长至第二年进入花期,花果期持续时间较长,为 6~11 月。大花胡麻草被俗称为“大红根野蚕豆”,是云南苗族、彝族、拉祜族等少数民族认可的珍稀道地草药,其根部是药用核心部位,在民间用药中占据重要地位。

##### 3.1.2. 黑蒴的植物形态

黑蒴为一年生直立草本[8],株高 30.00~40.00 cm、具须根,其根系相对纤细;茎部呈红棕色,表面密

被细绒毛；叶对生，呈卵形或卵状披针形，长 3.50 cm，宽 1.20 cm，叶缘具锯齿，有时在老的叶面被有刺毛；总状花序，花呈黄色；蒴果圆球形，成熟时呈黑褐色，属级小粒种子，花果期 8~11 月。

3.2. 生境及产地

3.2.1. 胡麻草属的生境及产地

红根野蚕豆各基源植物的分布区域、生长环境及群落特征具有差异性，同时不同民族聚居区的药源偏好与分布情况存在一定关联，具体信息如下：

《云南中药资源名录》记载：西南胡麻草生于 1300~2100 m 的路旁草地；胡麻草属胡麻草生于海拔 800~2100 m 的坡地、荒山地段；大花胡麻草生于海拔 800~1700 m 的山坡、路旁及空旷处；胡麻草(含原变种)生于海拔 800~2100 m 的林缘、溪边灌木丛中，团队研究发现大花胡麻草根部分产生吸器吸附在其他植物上建立寄生关系，是典型的根部半寄生植物[9]。

分布区域：据《云南中药资源名录》记载：大花胡麻草(大红根野蚕豆)、西南胡麻草、胡麻草(含原变种)均主要分布于云南省南部地区，其中，大花麻草已成为云南红河、文山等地的重点开发药材[10]。《云南中药资源名录》中记载玄参科胡麻草则分布在勐腊、景洪、大姚、永胜、华坪、宾川、思茅等县；西南胡麻草主要分布于思茅地区；大花胡麻草作为云南红根野蚕豆的最主要药源，在聚居的在滇南、滇东南的红河、文山等苗族、哈尼族等民族聚居区域均有重要分布，见表 1。

Table 1. Distribution of the five original plants of *C. grandiflora*

表 1. 红根野蚕豆的 5 种基源植物的分布

科	属	拉丁名	中文	分布区	海拔
玄参科	胡麻草属	<i>Centranthera grandiflora</i> Benth.	大花胡麻草	滇南、滇东南的红河、文山地区	800~1700 m
玄参科	胡麻草属	<i>Centranthera cochinchinensis</i> (Lour.) Merr. [ <i>Digitalis cochinchinensis</i> Lour.]	胡麻草 (含原变种)	云南南部	800~2100 m
玄参科	胡麻草属	<i>Centranthera cochinchinensis</i> (Lour.) Merr.	胡麻草	云南勐腊、景洪、大姚、永胜、华坪、宾川、思茅等	800~2100 m
玄参科	胡麻草属	<i>Centranthera cochinchinensis</i> var. <i>nepalensis</i> (D. Don) Merr	西南胡麻草	云南思茅地区	1300~2100 m
列当科	黑蒴属	<i>Melasma arvense</i> (Benth.) Hand.-Mazz.	黑蒴	云南普洱、文山、楚雄、瑞丽、屏边等	700~1850 m

3.2.2. 黑蒴的生境及产地

生境条件：黑蒴的生长与分布具有较明确的环境特征，其主要分布于中亚热带季风气候区，生长在海拔 700~1850 m 的区域，常见于荒山、疏林或草地等区域。

据《云南中药资源名录》记载：西南胡麻草及黑蒴(小红根野蚕豆)主要分布于云南省南部地区。其中，《中国植物志》记载黑蒴(小红根野蚕豆)的分布范围在云南南部进一步细化，集中覆盖云南普洱、文山、楚雄、瑞丽、屏边等彝族聚居区域[11]。

各基源植物在云南分布区的生境条件基本一致，均适应云南南部地区的气候与土壤环境，具体生长环境多为符合其生存需求的自然区域，且不同基源植物的群落分布呈现重叠且混杂生长的特点，形成了高度复合种的群落结构，这一生长特性也导致在民间采集过程中，不同基源植物常被统一作为红根野蚕豆药材使用。

4. 传统功效与现代药理学的关联性

4.1. 传统功效考证

4.1.1. 胡麻草属传统功效考证

历代本草对红根野蚕豆基源的入药部位、性味及功能主治的记载，见表 2。本草学记载：红根野蚕豆“性凉，微苦，具有祛湿，平肝，清热利湿”；散瘀活血等功效。《云南思茅中草药选》提到有消肿散瘀，止疼止痛[12]。化血丹出自张锡纯《医学衷中参西录》，为化瘀止血良方。原方为“花蕊石三钱(煅存性)，三七二钱，血余一钱(煅存性)，共研细，分两次，开水送服”，“治咳血，兼治吐衄，理瘀血，及二便下血”[13]。综合来看：胡麻草属植物的传统功效科总结为：保肝、清热解毒、活血化瘀、治疗咳血。

Table 2. Properties, flavors and efficacies of the five original plants of *C. grandiflora*

表 2. 红根野蚕豆的 5 种基源植物性味及效用

名称	入药部位	性味	效用
大花胡麻草	根	苦、凉	清热解毒、活血调经。治小儿高热、产后感染、尿血、跌打损伤、产后流血、产后腹痛、月经不调
胡麻草(含原变种)	全草	苦、凉	消肿散瘀、止血止痛。治吐血、跌打劳伤
胡麻草	全草	温、酸、微麻	治咯血、吐血、跌打内伤瘀血、风湿性关节炎
西南胡麻草	全草	微苦、凉	治咳血、跌打损伤、风湿性关节炎
黑蒴	全草	苦、凉	平肝潜阳、清肝明目、活血祛瘀、祛风湿

4.1.2. 黑蒴传统功效考证

黑蒴为云南省极小名贵珍稀物种[14]，药性寒凉、味微苦，具有平肝潜阳、清肝明目、活血祛瘀、祛风湿等功效，民间主要用于早期白血病、心脑血管疾病、肝肿大、跌打损伤瘀肿痛等。

由此可知，红根野蚕豆基源植物的药用部位及效用存在差异。胡麻草属植物主要以根部入药，具有传统药用价值，在溶血栓、保肝护肝及抗癌方面疗效显著，且无毒性及不良反应；黑蒴主要以全草入药，其传统药用功效则主要体现在抗肿瘤方面。

4.2. 现代药理研究

4.2.1. 胡麻草属现代药理研究

陈子昂副主任医师通过中西医结合将化血丹临床实践，证实具有活血化瘀之功效[15]。相关研究者以建 HPLC 法测野生化血丹根、茎、叶、花中梓醇与桃叶珊瑚苷含量，明确二者分布，为药用部位选择提供参考[16]。有研究表明通过克隆大花胡麻草 CgIS 基因并分析，为环烯醚萜生物合成研究提供帮助[17]。王逸达与西安市儿童医院李平合作，改良祖传“化血丹”制成“补脑散”，治小儿癫痫效果佳，其作用原理涵盖补气、活血化瘀、祛风等[18]。相关学者针对胃痛吐血患者施以加味化血丹调理，调治一周，康复并可以劳作[19]。黄文政教授临证用张锡纯《医学衷中参西录》化血丹加味治疗肾性尿血，每获良效[13]。加之有研究者通过整理中医利用化血丹治疗案件发现化血丹治疗血崩、吐血，颇有疗效[20]。此外，上海市第八人民医院薛静燕在妇科瘀血型出血病证治疗相关研究领域，已获得具备可验证性的成功应用案例[21]。云南省红河州人民医院[22]曾用于治疗妇女功能性子宫出血、更年期综合症、产后流血过多和腹部包块等症。此外，红根野蚕豆的现代炮制方法较为简单和单一。

4.2.2. 黑蒴属现代药理研究

有研究发现黑蒴有泻下、抗肿瘤[23]作用。另外，民间常将黑蒴用于化瘀消肿，对跌打损伤、外伤等



导致的淤血肿块有很好的消肿止痛之效，一般采取酒泡服用，外擦内服[24]。有研究从黑蒴根中鉴定出桃叶珊瑚苷(aucubin)[25]、新的 C<sub>13</sub> 单萜甙 - 黑蒴苷(melasmoside)。现代中医在辨证后对黑蒴属植物的运用不断创新，古药新用，使其发挥更大价值。

## 5. 质量评价

目前云南省药品监督管理局中药材标准(云 YNZYC-0364-2025)对野蚕豆根(列当科植物大花胡麻草的干燥根及根茎)已有性状规定，明确其根茎、根的形态、颜色、质地、断面特征及气味滋味等；同时，当前标准还涵盖鉴别(显微鉴别、薄层色谱鉴别)、检查(水分、总灰分、酸不溶性灰分)、浸出物、含量测定(以桃叶珊瑚苷为指标)等质量评价内容，为红根野蚕豆质量控制标准的制定以及临床的合理应用提供了依据。

## 6. 总结和展望

本文对历代本草、医籍及现代文献中关于红根野蚕豆的相关记载做了系统的梳理，首次系统整合历代本草记载与现代分类学数据，明确红根野蚕豆存在“化血丹”、“野蚕豆根”、“小红药”等多个别名，苗语对应“豆格果”、“嘎扎”等称谓；基源植物主要为玄参科胡麻草属 4 种(大花胡麻草、胡麻草及原变种、西南胡麻草)与列当科黑蒴属 1 种(黑蒴)，以及清晰呈现云南具体分布区域，解决了长期以来基源模糊的问题。

同时明确各基源生境重叠但海拔偏好不同，胡麻草属为 800~2100 m、黑蒴属为 700~1850 m，且均集中分布于云南南部热带、亚热带区域，解释了民间采集易混淆的原因。

并证实红根野蚕豆基源植物共性功效为活血化瘀、清热利湿，但存在差异——胡麻草属可用于跌打损伤、产后出血、肾性尿血，现代药理证实其含梓醇、桃叶珊瑚苷等成分，具备保肝、溶血栓活性；黑蒴属侧重抗肿瘤、治疗早期白血病，已从其根部分离出黑蒴苷等活性成分，为“古药新用”提供物质基础。

本文考证进一步明确了红根野蚕豆的名称、基源、药用部位、产地、质量评价等重要内容，为红根野蚕豆在临床中合理应用、相关经典名方开发利用，半寄生药用植物的规范化栽培等提供依据[26]。现今多使用红根野蚕豆的根部，目前关于红根野蚕豆的研究十分稀少，有必要对其进行系统的药效学和文献研究。

## 致 谢

衷心感谢我的硕士研究生导师李育川教授，在本论文撰写全过程中给予的悉心指导与耐心点拨，亦感谢导师在本研究开展期间提供的资金支持与科研平台保障。

## 基金项目

国家自然科学基金地区项目(32360098)；云南省高校服务重点产业科技专项“重大科技成果转化项目”(FWCY-ZD2024010)；云南地方高校联合基金重点项目(202301AN070036)。

## 参考文献

- [1] 王荣明, 杨光学, 段程久, 等. 红根野蚕豆栽培技术[J]. 云南农业, 2019(6): 87-88.
- [2] 王国强. 全国中草药汇编[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [3] 中华本草编辑委员会. 中华本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.
- [4] 雷发林, 倪军, 靳松, 等. 根部半寄生植物大花胡麻草优良寄主筛选试验[J]. 南方农业, 2023, 17(13): 124-129.
- [5] 赵凤, 耿开友, 胡映, 等. 一株化血胆组织培养污染内生细菌的分离鉴定及防治[J]. 西南农业学报, 2016, 29(7): 1707-1712.

- [6] 李湘萍. 西双版纳自然保护区药用植物资源介绍[J]. 中国野生植物资源, 1994(4): 24-27.
- [7] 丘华兴. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [8] 韩俊, 沈雪梅, 余珊, 等. 珍稀药用植物黑蒴育苗试验[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(9): 168-169+185.
- [9] 雷发林, 倪军, 靳松, 等. 大花胡麻草种子萌发特性研究[J]. 植物学研究, 2023, 12(2): 125-132.
- [10] 倪军, 谢海丽, 毕晓旭, 等. 5 种不同寄主对大花胡麻草生长发育的影响[J]. 安徽农业科学, 2025, 53(24): 143-146+176.
- [11] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [12] 云南思茅地区卫生局, 编. 云南思茅中药选[M]. 昆明: 云南出版社, 1971.
- [13] 赵雪娇, 王耀光. 黄文政教授化血丹治疗肾性尿血[J]. 实用中医内科杂志, 2012, 26(16): 6-7.
- [14] 李育川, 房海灵, 王定康, 等. 云南珍稀民族药黑蒴茎芽组织培养快繁体系研究[J]. 时珍国医国药, 2016, 27(11): 2746-2749.
- [15] 陈子昂, 熊志华, 陈立荣, 等. 中西医结合治疗肺癆咯血 72 例临床观察[J]. 北京中医药大学学报(中医临床版), 2006(1): 14-16+18.
- [16] 张传利, 李维峰, 马晓, 等. 野生化血丹不同部位中梓醇与桃叶珊瑚苷含量的比较[J]. 中国药房, 2019, 30(19): 2623-2627.
- [17] 李玉萍, 邓梅, 飞亚宏, 等. 大花胡麻草环烯醚萜合酶基因的克隆与表达分析[J]. 中草药, 2020, 51(3): 741-747.
- [18] 韩西京. “补脑散”治癫痫有特效[J]. 医学文选, 1990(3): 77.
- [19] 綦景林, 杜纯芬. 加味化血丹治疗大吐血一例[J]. 吉林医学信息, 1993(5): 42.
- [20] 张季高. 化血丹治血证三则[J]. 新中医, 1987(6): 18.
- [21] 薛静燕. 化血丹加味在妇科病中治疗举隅[J]. 陕西中医, 2007(12): 1689-1690.
- [22] 杨仁洲, 周俊, 郑启泰, 等. 一个新奇的单萜甙——黑蒴甙[J]. 云南植物研究, 1983(2): 213-218.
- [23] 苏成业, 杨彤, 曹士宁, 等. 七种中草药的不同提取物对动物移植性肿瘤的影响[J]. 遵义医学院学报, 1982(2): 31-33+39.
- [24] 孔春芹, 骆始华, 李琼超, 等. 化血胆对急性心肌缺血大鼠保护作用实验研究[J]. 中国民族民间医药, 2018, 27(10): 22-24.
- [25] 杨仁洲, 周俊. 黑蒴中的单萜甙类化合物[J]. 云南植物研究, 1981(1): 103-107.
- [26] 谢海丽, 曾彪彪, 彭紫婷, 等. 大花胡麻草与碎米莎草混播技术的研究[J]. 农业科学, 2025, 15(5): 682-688.