东北农业科学　2025,50(5):86-92
Journal of Northeast Agricultural Sciences　DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2025.05.014

“非粮化”视角下吉林省“人参-玉米”轮作模式综合效益研究

徐晓红[1],孙嘉忆[2],苏德悦[1],张砚凯[3],郭兴军[4],刘文明[1],张　彬[1],吴　迪[1],杨　宁[1],王　迪[1],王洪丽[1],李　刚[1]*
(1. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心),长春 130033;2. 延边大学,吉林 珲春 133300;3. 集安市人参研究所,吉林 集安 134299;4. 抚松县人参研究所,吉林 抚松 134599)

摘　要:在国家耕地“非粮化”政策背景下,吉林省作为人参主产区面临种植用地受限的挑战,探索“人参-玉米”轮作模式的综合效益对农业可持续发展具有重要意义。本研究基于吉林省集安市和抚松县97份有效样本的实地调研数据,采用经济效益分析与投影寻踪综合评价法,系统评估该模式的成本收益及综合效益。结果表明,相比传统种植模式,“人参-玉米”轮作模式成本降低5.10%,玉米产量增加8.94%,纯效益提升56.87%,产投比增加14.49%;综合效益评价中,轮作模式投影值显著高于常规种植,其中“人参-玉米”轮作模式综合效益最优。研究证实,“人参-玉米”轮作模式通过优化土壤物理结构、养分利用与降低投入成本,能够实现经济效益与生态可持续性的协同提升,为吉林省人参产业高质量发展提供科学依据。

关键词:吉林省;“人参-玉米”轮作模式;非粮化;经济效益;综合效益;投影寻踪综合评价法
中图分类号:S567.5+1;S513　**文献标识码**:A　**文章编号**:2096-5877(2025)05-0086-07

Research on Comprehensive Benefits of the "Ginseng-Maize" Rotation System in Jilin Province from the Perspective of Non-Grain Production

XU Xiaohong[1], SUN Jiayi[2], SU Deyue[1], ZHANG Yankai[3], GUO Xingjun[4], LIU Wenming[1], ZHANG Bin[1], WU Di[1], YANG Ning[1], WANG Di[1], WANG Hongli[1], LI Gang[1]*
(1. *Jilin Academy of Agricultural Sciences*(*Northeast Agricultural Research Center of China*), *Changchun,* 130033; 2. *Yanbian University, Hunchun* 133300; 3. *Ji'an Ginseng Research Institute, Ji'an 134299; 4. Fusong Ginseng Research Institute, Fusong* 134599, China)

Abstract: Under the national policy of "Non-Grain Production" for cultivated land, Jilin Province, as a major ginseng-producing region, faces the challenge of limited planting land. Exploring the comprehensive benefits of the "Ginseng-Maize" rotation system holds significant implications for the sustainable development of the industry. Based on field survey data from 97 valid samples in Ji'an City and Fusong County, Jilin Province, this study employs economic benefit analysis and the Projection Pursuit Comprehensive Evaluation Method to systematically assess the cost-benefit and integrated advantages of this rotation system. The results indicate that, compared to traditional planting practices, the “Ginseng-Maize” rotation system reduces costs per ha by 5.10%, increases maize yield by 8.94%, enhances net benefits by 56.87%, and improves the output-input ratio by 14.49%. In the comprehensive benefit evaluation, the projection value of the rotation system significantly surpasses that of conventional practices, with the “Ginseng-Maize” rotation system demonstrating the highest overall efficiency. The study demonstrates that the “Ginseng-Maize” rotation system achieves synergy between economic benefits and ecological sustainability through optimized soil physical structure, nutrient utilization and reduced production costs, providing a scientific foundation for the high-quality development of the ginseng industry in Jilin Province.

收稿日期:2025-04-02
基金项目:吉林省重大科技专项(20230304002YY);吉林省哲学社会科学智库基金项目(2025JLSKZKZB006)
作者简介:徐晓红(1976-),女,研究员,博士,主要从事农业经济研究。
通信作者:李　刚,E-mail: ligang6311@126.com

Key words: Jilin Province; “Ginseng-Maize” rotation system; Non-grain production; Economic benefit; Comprehensive benefit; Projection pursuit comprehensive evaluation method

吉林省作为我国人参主产区,产量占全国的60%、全球的40%,其种植模式转型对保障粮食安全与人参产业协同发展至关重要。近年来,传统伐林迹地栽参模式受限,农田栽参成为主流,但随着永久基本农田全面禁止种参,一般耕地也需通过“进出平衡”审批备案后方可使用,导致宜参地资源日趋枯竭。有学者提出参粮轮作来保持农田栽参面积并减少农田栽参对“非粮化”的影响。然而,利用种植人参后的土地种植玉米与普通农田间的差异性缺乏经济分析研究。韩国“人参-水稻”轮作实践虽提供了一定借鉴,但吉林省气候、作物结构及区域布局的差异性亟需本土化解决方案。在此背景下,“人参-玉米”轮作模式被提出,以期通过优化土地利用效率与土壤养分循环,平衡经济效益与生态可持续性。人参连作障碍严重制约了人参产业的发展[1],有研究指出轮作水稻可以缓解连作障碍[2],但与吉林省实际情况不符。更多的研究体现在适宜的参菜轮作和参药轮作来改善参后土壤微生态[3-4],有学者提出参后地生态恢复与再利用模式,在岗平地采用参药轮作、参菜轮作、参果轮作模式[5],甚至提出人参和西洋参的短期轮作[6]。然而,对人参与玉米轮作的研究鲜有报道,对于在宜参农田推广“人参-玉米”轮作的成本效益、综合效益等方面更缺乏深入研究和探讨。本研究以吉林省集安市、抚松县为案例,通过实地调研与投影寻踪综合评价法,量化分析“人参-玉米”轮作模式的综合效益,旨在解决“非粮化”约束下人参种植土地异常紧张的问题,助力吉林省人参产业高质量发展。

1 研究区域概述

吉林省集安市和抚松县是吉林省人参的重要产地,拥有2个国家级人参现代农业产业园,是人参大范围种植的核心区,非林地栽参成为吉林省参农的必然选择,栽参前一般进行土地整理,种植绿肥作物、耕翻、移除石块、施用大量有机肥和微生物菌剂进行养地,栽参5年左右后轮作玉米、大豆、小豆等粮食作物。

2 数据来源

为了研究参后地(栽参后土地)与对照地块(一直种植农作物)的经济效益对比情况,2024年9月末-12月末,选择集安市清河镇、财源镇、花甸镇和榆林镇36个村和抚松县兴隆乡、北岗镇、万良镇和新屯子镇9个村的参农作为调查对象进行随机调查,共获得140份问卷,为了更好地对比参后地与对照地块情况,选取的样本均是参后地和对照地块相邻的样本。参后地种植的作物有玉米、大豆、苏子、五味子、小豆和葵花6种作物,占比分别为69.29%、17.86%、7.86%、2.14%、2.14%和0.71%。参后地栽参年限2~6年,占比分别为15.71%、60.71%、19.29%、2.86%和1.43%,栽参时长2~4年居多,占比95.71%。因本研究基于“非粮化”视角,并且吉林省参后地以种植玉米为主,剔除种植大豆、小豆、苏子、五味子和葵花的样本共43份,研究样本数量为97份,全部为参后地种植玉米。在种植玉米的样本中,参后地种植粮食年限从1年开始,最长的有6年,可以很好地代表目前吉林省“人参-玉米”的轮作模式情况。

3 经济效益分析

3.1 成本分析

参农所选的林下栽参地块有一些是林边开垦的坡耕地,不在册也没有地租,所以有些参农的地租是0元;有些参后地成本很低,参农不需要整地,没有作业成本。由表1可知,参后地玉米投入由高到低分别是人工、化肥(含农药)、作业成本、地租和种子,分别占到总成本的31.29%、23.24%、21.80%、16.58%和7.09%。总体来看,人工、化肥(含农药)和作业成本是“人参-玉米”轮作模式参后地种植玉米的主要支出,占总成本的76.33%。参后地玉米种植的成本与对照地块相比节省550.0元/hm^2,减少投入5.10%,节省费用由高到低依次是化肥(含农药)、地租、人工、作业成本和种子,分别为493.6、29.3、19.1、5.8、2.2元/hm^2,分别比对照地块减少投入17.19%、1.70%、0.59%、0.26%和0.30%。

3.2 产出与效益分析

产出是衡量生产效益的重要标志。由表2可知,“人参-玉米”轮作模式在外部环境既定、地块相邻的前提下,产量没有下降,反而呈上升的趋势,对参农采用“人参-玉米”轮作模式起到一定的促进作用。“人参-玉米”轮作模式中玉米平均产量为7 211.65 kg/hm^2,比对照地块增产592.05 kg/hm^2,高出8.94%,玉米增产优势比较明显。增产原因可

表1 “人参-玉米”轮作模式参后地和对照地块投入情况 元/hm²

Table 1 Input comparison of grain crops and control in ginseng-maize rotation pattern

	种子 Seed cost	人工 Labor cost	化肥(含农药) Fertilizer (including pesticides) cost	地租 Land rent	作业成本 Field operation cost	总计 Total
“人参-玉米”轮作模式	725.4	3 202.5	2 378.4	1 696.6	2 230.8	10 233.7
对照地块	727.6	3 221.6	2 872.0	1 725.9	2 236.6	10 783.7
与对照地块相比	-2.2	-19.1	-493.6	-29.3	-5.8	-550.0
减少比例/%	0.30	0.59	17.19	1.70	0.26	5.10

注:1.数据为调研数据计算;2.人工:含全部用工;3.作业成本:耕整地费用+收割+水电费等,下同。

Note: 1. The data is calculated based on survey data; 2. Labor: including all labor inputs; 3. Operation costs: including land preparation fees, harvesting fees, water and electricity fees, etc, the same below.

表2 “人参-玉米”轮作模式参后地和对照地块经济效益

Table 2 Economic benefits comparison of ginseng-maize rotation pattern: ginseng land after cultivation vs control plot

	产量/kg·hm^{-2} Yield	产值/元·hm^{-2} Output value	效益/元·hm^{-2} Benefit	产投比/% Input-output ratio
“人参-玉米”轮作模式	7 211.65	16 190.30	5 956.60	1.58
对照地块	6 619.60	14 861.14	3 797.20	1.38
与对照地块相比	592.05	1 329.16	2 159.40	0.20
增加比例/%	8.94	8.94	56.87	14.49

能有两点:一是人参种植过程中通过增施有机肥、种植绿肥使土壤得到改良,恢复并增加了土壤肥力;二是通过轮作优化了养分利用。这些措施共同保障了参后地的可持续生产能力,缓解了单一作物连作导致的土壤退化问题。

“人参-玉米”轮作模式经济效益明显高于对照地块。“人参-玉米”轮作模式下玉米产值比对照地块高1 329.16元/hm²(增加8.94%),增加产值的同时,玉米减少成本投入550.0元/hm²,纯效益提升56.87%(增加2 159.40元/hm²),产投比提高了14.49%。这得益于普通农田种植人参前要进行土壤改良,提高了土壤质量和土壤养分,所以人参采收后种植玉米增产明显。

4 综合效益分析

对于参后地种植玉米的轮作模式,除了关注经济效益,也应该关注生态效益,因此本研究引入更多变量来综合评判,采用投影寻踪综合评价法将多个不同维度指标进行降维比较,综合评判“人参-玉米”轮作模式在实现玉米产出的前提下综合效益是否下降。

4.1 指标体系构建

在研究“人参-玉米”轮作模式的适宜性时不可能将所有因素都加以分析,而是要找出主要因素并从中再筛选出主要指标。在正确认识“人参-玉米”轮作模式的原理和特点的基础上,根据简捷性、独立性、代表性、可行性原则,结合集安和抚松的区域发展现状,参考相关文献的选取方法和相关专家讨论后,将影响“人参-玉米”轮作模式的因素划分成两大类,分别为种粮主体认可性因素和农业可持续性因素,共8个子类,全部为定量指标。其中,种粮主体认可性因素选取了单产这个指标,一是因为数据好获取,二是这个指标可以直观反映出产量大小;农业可持续性因素选取了7个指标,分别是产投比、作业成本、人工、水解性氮、有效磷、速效钾和有机质,主要考虑了生产成本和土壤养分指标,具体见表3。

为了更加明确参后地种参年限对土壤指标的影响,按参后地曾经种植人参的年限将“人参-玉米”轮作模式细分为“2年参-玉米”轮作模式、“3年参-玉米”轮作模式和“4年参-玉米”轮作模式3种。其中“2年参-玉米”轮作模式主要集中在抚松地区,指本地块种植过2年人参后种植玉米,样本数量较少;“3年参-玉米”轮作模式和“4年参-玉米”轮作模式主要集中在集安地区,指本地块种植过3年人参或4年人参后种植玉米,样本数量较多。

表3　“人参-玉米”轮作模式适宜性评价指标体系

Table 3 Suitability evaluation index system for ginseng-maize rotation pattern

大类指标层 Top-level indicator layer	子类指标层 Second-level indicator layer	指标性质 Indicator attributes	指标解释 Indicator description
种粮主体认可性因素	单产	高优	单位面积产量
农业可持续性因素	产投比	高优	经济效益指标(产出/投入)
	作业成本	低优	经济效益指标
	人工	低优	社会效益指标
	水解性氮	高优	生态效益指标
	有效磷	高优	生态效益指标
	速效钾	高优	生态效益指标
	有机质	高优	生态效益指标

4.2　投影寻踪综合评价法

投影寻踪综合评价法[7]是一种既可作探索性分析,又可作确定性分析的聚类和分类分析方法。所谓投影实质上就是从不同的角度去观察数据,寻找能够最大程度地反映数据特征和最能充分挖掘数据信息的最优投影方向。通过高效降维[8-9]避免了专家打分的人为干扰因素,省去了利用专家打分评定的步骤,更为准确和便捷,因而在定量评价指标数据的处理上更具有优势[10]。计算过程有5步:

第1步,建立评价矩阵。设被评价的样本容量为n,评价指标(变量)数目为P,第i个样本的第j个指标值为x_{ij}^{*},则所有样本指标数据可以用$i\times j$的数据矩阵X^{*}表示:

$$X^{*}=\begin{bmatrix} x_{11}^{*} & x_{12}^{*} & \mathrm{L} & x_{1j}^{*} \\ x_{21}^{*} & x_{22}^{*} & \mathrm{L} & x_{2j}^{*} \\ \mathrm{M} & \mathrm{M} & \mathrm{M} & \mathrm{M} \\ x_{i1}^{*} & x_{n2}^{*} & \mathrm{L} & x_{ij}^{*} \end{bmatrix} \cdots\cdots (1)$$

第2步,样本评价指标集的归一化处理。为解决各指标值的量纲不同,对各样本指标值进行归一化处理。计算公式为:

对越大越优的指标

$$x(i,j)=\frac{x^{*}(i,j)-x_{\min}(j)}{x_{\max}(j)-x_{\min}(j)} \cdots\cdots (2)$$

对越小越优的指标

$$x(i,j)=\frac{x_{\max}(j)-x^{*}(i,j)}{x_{\max}(j)-x_{\min}(j)} \cdots\cdots (3)$$

式中,$x^{*}(i,j)$是标准化前的数据样本值,$x(i,j)$是标准化后的数据样本值,$x_{\max}(i,j)$和$x_{\min}(i,j)$分别为第j个指标的最大值和最小值。

第3步,构造投影指标函数。把p维数据综合成某一方向上的一维投影值[11],即把p维数据$\{x(i,j)|j=1,2,\cdots,P\}$综合成以单位向量$a=\{a(1),a(2),\cdots,a(P)\}$为投影方向的一维投影特征$z(i)$,即:

$$z(i)=\sum_{j=1}^{p}a(j)x(i,j),i=1,2,3,\cdots,n \cdots\cdots (4)$$

并要求投影指标值的散布特征为:局部投影点尽可能密集,尽可能凝聚成若干个点团,而在整体上投影点团之间尽可能散开。因此,投影指标函数为:

$$Q(a)=S_{z}D_{Z} \cdots\cdots (5)$$

式中,S_{Z}为投影值$z(i)$的标准差,D_{Z}为投影值$z(i)$的局部密度,即:

$$S_{Z}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[z(i)-E(z)]^{2}}{n-1}} \cdots\cdots (6)$$

$$D_{Z}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}[R-r(i,i)]\cdot u[R-r(i,j)] \cdots\cdots (7)$$

式中,$E(z)$为序列$\{z(i)|i=1,2,\cdots,n\}$的平均值,R为局部密度的窗口半径,一般$R=0.1S_{Z}$,$r(i,j)$表示样本之间的距离,$r(i,j)=|z(i)-z(j)|$,函数$u[R-r(i,j)]$为以单位阶跃函数,当$t\geqslant 0$时,其函数值为1,当$t<0$时,其函数值为0。

第4步,估计最佳投影方向。投影指标函数Q_{a}只与投影方向a有关,随投影方向的变化而变化。当Q_{a}取最大值时的a方向是最能反映数据结构特征的方向。因此,可以通过求解投影指标函数优化问题来估计最佳投影方向,即求解:

$$s.t.\begin{cases}\max Q_a \\ ||a|=1\end{cases} \quad \cdots\cdots (8)$$

式中，*s.t.* 代表约束条件，这是一个以 $a(j)$，j= 1, ..., p 为优化变量的复杂非线性优化问题，在DPS里面采用复合单纯形法。

第5步，求取投影特征值。将最佳投影方向代入公式(4)可得各样本点的投影特征值 $z^*(i)$，根据其大小对“人参-玉米”轮作模式适宜性情况实现分析、排序。针对研究区实际，进行合理地评价。

4.3 结果与分析

对3种“人参-玉米”轮作模式和常规种植模式进行了原始数据的采集和计算，水解性氮含量、有效磷含量、速效钾含量和有机质含量4个指标值为2024年实地采集土样后委托农业农村部农产品及加工品质量检验测试中心(长春)测定。其中，水解性氮含量在抚松和集安地区调研的数据显示350 mg/kg为最优，在本研究中采集的土样中水解性氮含量、有效磷含量、速效钾含量和有机质含量均属于高优。产投比和单产属于高优，作业成本和人工费属于低优。数据见表4。

利用DPS软件进行投影寻踪综合分析，投影方向如表5所示。

表4 “人参-玉米”轮作模式下各评价指标原始数据

Table 4 Raw data of evaluation indicators in ginseng-maize rotation pattern

种植模式 Cropping system	水解性氮含量 /mg·kg^{-1} HN	有效磷含量 /mg·kg^{-1} AP	速效钾含量 /mg·kg^{-1} Avail. K	有机质含量 /g·kg^{-1} OM	产投比 Input-output ratio	单产 /kg·hm^{-2} Yield	作业成本 /元·hm^{-2} Field operation cost	人工费 /元·hm^{-2} Labor cost
“2年参-玉米”轮作	307.66	54.06	210.33	41.42	1.68	5 595.85	1 342.50	2 208.30
“3年参-玉米”轮作	172.76	79.96	231.00	39.35	1.57	6 614.30	3 060.70	2 407.10
“4年参-玉米”轮作	199.22	70.60	256.80	42.81	1.47	9 250.00	2 400.00	4 800.00
常规玉米种植	235.85	63.28	104.67	41.21	1.38	6 619.60	2 236.60	3 221.60

表5 各变量投影方向

Table 5 Projection directions of variables in ginseng-maize rotation pattern

	水解性氮含量 HN	有效磷含量 AP	速效钾含量 Avail. K	有机质含量 OM	产投比 Input-output ratio	单产 Yield	作业成本 Field operation cost	人工费 Labor cost
投影方向	0.102 9	0.163 2	0.662 4	0.352 8	0.079 9	0.621 5	0.082 6	0.004 9

投影方向是一个权重向量，其绝对值大小反映该指标对“综合得分”的影响程度，从结果可以看出，本研究中速效钾含量、单产对综合指标的影响最大，有机质含量其次，有效磷含量和水解性氮含量更次之，其他指标影响较小。

在投影寻踪模型中，投影值是每个样本通过投影方向计算得到的综合得分，反映了该样本在“最佳观察角度”(投影方向)下的综合表现。投影值越高，代表该样本在“综合效益最优方向”上的表现越好。排名靠前的样本的综合效益最优。表6为3种“人参-玉米”轮作模式和常规玉米种植模式的投影值，通过结果分析可知，综合效益排序为：“2年参-玉米”轮作模式>“4年参-玉米”轮作模式>“3年参-玉米”轮作模式>常规玉米种植模式，但“3年参-玉米”轮作模式和“4年参-玉米”轮作模式投影值相差不大。人参生物量较玉米小，种植人参前的土壤改良措施相同，所以不论种植人参几年后的土壤质量都高于普通农田，

表6 不同种植模式的投影值

Table 6 Projection values of modes in ginseng-maize rotation pattern

	“4年参-玉米”轮作 4-year ginseng-maize rotation	“3年参-玉米”轮作 3-year ginseng-maize rotation	“2年参-玉米”轮作 2-year ginseng-maize rotation	常规玉米种植 Conventional maize cultivation
投影值	0.941 69	0.941 68	1.816 89	0.512 96

但轮作玉米的综合效益并没有随栽参年限变长而提高。总体上看,参后地进行玉米轮作在综合效益上仍优于常规玉米种植。数据分析结果表明,在集安和抚松地区,参后地轮作玉米的种植模式,在综合效益上均高于常规玉米种植模式。

5　结论与建议

5.1　结论

通过对吉林省集安和抚松地区参后地“人参-玉米”轮作模式和相邻对照常规玉米种植模式的效益进行分析研究,结果表明:

5.1.1　经济效益更优

“人参-玉米”轮作模式下玉米的产量、产值和常规模式相比均有增加,而且成本更低,经济效益更优,纯效益增加2 159.40元/hm^2,产投比提高了14.49%。

5.1.2　综合效益更好

采用投影寻踪综合评估法,筛选了8个评价指标,利用DPS软件进行分析,结果表明,8个指标中,速效钾含量、单产和有机质含量这3个指标对综合指标的影响最大;“人参-玉米”轮作模式的2年参后地种植玉米的综合效益明显高于3年和4年参后地种植玉米的综合效益,并且这3种模式全部高于常规玉米种植模式。

5.2　讨论

采用“人参-玉米”轮作模式可能面临的挑战:“非粮化”政策严格限制耕地用于人参种植,人参退出后的土地需优先恢复粮食生产,轮作周期可能因政策监管中断或调整。如果在非粮化管控框架内,在人参产区推行园参用地“退一增一”办法,允许符合“进出平衡”条件的耕地开展短期“人参-玉米”轮作试点,建立备案监管机制,扩大农田栽参许可,可稳定园参种植面积。

5.3　建议

5.3.1　提升标准化人参种植水平

依托各地人参产业协会,积极引导无负面清单人参种植企业、经济合作组织、家庭农场、联合体、种植大户等成立“人参种植联盟”[12],利用社会资本改良土壤,提高土壤质量,完善种植标准体系建设,通过种植联盟技术指导与搭建服务平台等形式,与参农、合作社、家庭农场等建立“一对一”指导机制,提升标准化种植[13],提高园参种植规范水平特别是病虫害防治水平,提高园参产量和质量。全面开展测土种参和产品检测认证,省级标准化种植基地实现测土种参全覆盖,品牌产品原料基地人参和产品全认证[14]。

5.3.2　在人参产区扩大农田栽参许可

吉林省的人参核心产区以吉林、通化、白山、延边“三市一州”为主,覆盖抚松、集安、敦化、舒兰等24个县市,“三市一州”宜参地共有32.79万hm^2,其中宜参非林地共有3.91万hm^2,粮食作物与人参的轮作模式已经有了较为成熟的理论研究基础[15],建议在宜参非林地推行轮作制[5],如推广“人参-玉米”轮作模式,一方面保证人参的留存面积,另一方面不减少玉米的产量。建议相关部门加大支持力度,开展“农田栽参-玉米种植-人参种植”模式研究,实现完整的闭环“参-粮”轮作模式,促进我省东部长白山区人参种植与粮食生产,因地制宜促进特色产业发展、农民增收和兴边富民协同发展。

参考文献:

[1] 陈长宝,张瑞,王恩鹏,等.人参化感作用及其研究进展[J].特产研究,2018,40(1):54-58.
CHEN C B, ZHANG R, WANG E P, et al. Research progress on allelopathic effects of ginseng[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2018, 40(1): 54-58. (in Chinese)

[2] 刘莹,孙文松,李玲,等.不同农业改良措施对老参地土壤酶活性及微生物群落的影响[J].江苏农业科学,2024,52(6):235-241.
LIU Y, SUN W S, LI L, et al. Effects of different agricultural improvement measures on soil enzyme activities and microbial community in old ginseng field[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(6): 235-241. (in Chinese)

[3] 杨靖春,惠慧,刘照惠,等.老参土轮作天麻后栽参对人参土壤微生物特性影响的研究[J].东北师范大学学报(自然科学版),1986,18(2):129-135.
YANG J C, HUI H, LIU Z H, et al. Influence of plantation of ginseng after rotation of gastrodia elata blume in the old ginseng soil on biological character of ginseng soil microbes[J]. Journal of Northeast Normal University(Natural Science Edition), 1986, 18(2): 129-135. (in Chinese)

[4] 杨莉,刘兴龙,宋杰,等.老参地土壤对东北地区十二种作物化感作用的研究[J].北方园艺,2014(23):152-155.
YANG L, LIU X L, SONG J, et al. Allelopathic effect of extract from planted Panax ginseng field on twelve kinds of crops in the northeast of China[J]. Northern Horticulture, 2014(23): 152-155. (in Chinese)

[5] 杨利民,陈长宝,王秀全,等.长白山区参后地生态恢复与再利用模式及其存在的问题[J].吉林农业大学学报,2004,26(5):546-549,553.
YANG L M, CHEN C B, WANG X Q, et al. Ecological restoration and reused modes of old ginseng land in the Changbai mountainous area and its existing problems[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2004, 26(5): 546-549, 553. (in Chinese)

[6] 田义新,王本有,盛吉明,等.老参地短期轮作技术体系的建立Ⅰ.人参西洋参轮作体系[J].吉林农业大学学报,2002,24(3):46-49.
TIAN Y X, WANG B Y, SHENG J M, et al. Establishment of the rotation system for ginseng and American ginseng Ⅰ.cultivating American ginseng in the used land of ginseng[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2002, 24(3): 46-49. (in Chinese)

[7] 徐晓红,杜妍,王洪君,等.旱作雨养区玉米丰产增效技术模式适宜性评价—基于秸秆利用视角[J].玉米科学,2020,28(5):119-123,130.
XU X H, DU Y, WANG H J, et al.Evaluation on the suitability of high yield and efficiency technology model of corn in rainfed dryland—based on straw utilization[J]. Journal of Maize Sciences, 2020, 28(5): 119-123, 130. (in Chinese)

[8] 李嘉祺,刘卓,关法春,等.玉米秸秆与粪水低温发酵不同阶段的堆肥质量评价[J].东北农业科学,2020,45(2):125-128.
LI J Q, LIU Z, GUAN F C, et al. Composting quality evaluation of corn straw and manure in different stages of low temperature fermentation[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2020, 45(2): 125-128. (in Chinese)

[9] 于振良,朗杰,王超,等.西藏林芝两种野生草莓果实质量的评价研究[J].东北农业科学,2019,44(4):63-65.
YU Z L, LANG J, WANG C, et al. Evaluation of fruit quality on the two wild strawberry in the Linzhi area of Tibet[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2019, 44(4): 63-65. (in Chinese)

[10] 方崇,张春乐.基于模拟退火算法对灌溉用地下水水质评价的投影寻踪分析[J].江苏农业科学,2010,38(3):449-452.
FANG C, ZHANG C L. PPC analysis of water quality based on simulated annealing algorithms in groundwater irrigation[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2010, 38(3): 449-452. (in Chinese)

[11] 方崇,谢洁,黄伟军.一种改进投影寻踪回归算法在湖泊水质富营养化评价中的应用[J].广东农业科学,2009,36(12):8-11,19.
FANG C, XIE J, HUANG W J. A comprehensive evaluation method of projection pursuit based on artificial fish-swarm algorithm in lake eutrophication[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2009, 36(12): 8-11, 19. (in Chinese)

[12] 张志财,陈晓林,张恺新,等.吉林省人参产业现状及发展对策研究[J].吉林农业大学学报,2023,45(6):649-655.
ZHANG Z C,CHEN X L,ZHANG K X, et al. Present situation and development countermeasures of ginseng industry in Jilin Province[J].Journal of Jilin Agricultural University, 2023, 45(6): 649-655. (in Chinese)

[13] 李耿,王华,董政起,等.中国人参产业发展现状及趋势分析[J].中国中药杂志,2024,49(17):4818-4828.
LI G, WANG H, DONG Z Q, et al. Development situation and trends of ginseng radix et rhizoma industry in China[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2024, 49(17): 4818-4828. (in Chinese)

[14] 吉林省人民政府办公厅.吉林省人民政府办公厅关于印发吉林省长白山人参产业发展“十四五”规划的通知[J].吉林省人民政府公报,2022(9):10-25.
General Office of the People′s Government of Jilin Province. Notice of the general office of the people′s government of Jilin Province on issuing the ′14th Five-Year Plan′ for the development of Changbai mountain ginseng industry in Jilin Province [J]. Jilin Provincial People′s Government Gazette, 2022(9): 10-25. (in Chinese)

[15] 张亚玉,梁浩.限制耕地“非粮化”背景下人参种植业的发展出路[J].吉林农业大学学报,2025,47(2):202-207.
ZHANG Y Y, LIANG H. Development path for ginseng planting in the context of restriction on “non-grain” use of farmland[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2025, 47(2): 202-207. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)

(上接第64页)

loss of *Loxostege sticticalis* L. to soybean and study of economic threshold[J]. China Plant Protection, 2025, 45(6): 52-56. (in Chinese)

[3] 孙嵬,刘华丰,张强,等.利用灯光监测草地螟在吉林省的发生动态[J/OL].东北农业科学,1-5[2025-10-10]. DOI:10.16423/j.cnki.1003-8701.2025.09.019.
SUN W, LIU H F, ZHANG Q, et al. Study on population dynamics of Loxostege sticticalis using LightTraps in Jilin Province[J/OL]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 1-5[2025-10-10]. (in Chinese) DOI:10.16423/j.cnki.1003-8701.2025.09.019.

[4] 齐佳睿,刘晓芳,王文迪,等.气候因素对西辽河平原红小豆产量的影响[J].安徽农业科学,2025,53(11):210-213.
QI J R, LIU X F, WANG W D, et al. Effect of climate factors on yield of adzuki bean in West Liaohe Plain[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2025, 53(11): 210-213. (in Chinese)

[5] 黄绍哲,罗礼智,姜玉英,等.我国2008年草地螟大发生种群空间分布特征[J].植物保护,2011,37(4):76-81.
HUANG S Z, LUO L Z, JIANG Y Y, et al. Characteristics of spatial distribution pattern of *Loxostege sticticalis* outbreak population in China in 2008[J]. Plant Protection, 2011, 37(4): 76-81. (in Chinese)

[6] 孙雅杰,陈瑞鹿,高月波,等.草地螟成虫活动与幼虫发育的观察[J].吉林农业科学,2005(3):15-17.
SUN Y J, CHEN R L, GAO Y B, et al. The observation of adult activity and larva development of meadow moth(*Loxostege sticticalis* L.)[J]. Jilin Agricultural Sciences, 2005(3): 15-17. (in Chinese)

(责任编辑:穆 楠)