东北农业科学 2025,50(5):93-99,114
Journal of Northeast Agricultural Sciences DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2025.05.015

AI赋能农业绿色防控生产技术采纳现状及其效果研究
—基于寿光蔬菜种植户的调研

桓一诺,李梅芳*,张舰文*
(中国农业大学烟台研究院,山东 烟台 264670)

摘 要:本研究以寿光蔬菜种植户为对象,运用计划行为理论、技术扩散理论和创新扩散理论,探究绿色防控生产技术采纳现状及效果,剖析AI技术的调节作用。研究发现,寿光蔬菜种植户绿色防控技术采纳率为75.81%,但各项技术采纳比例不够均衡;AI技术采纳率为70.40%,各项技术采纳比例均低于50%,处于中下水平。绿色防控技术对农户经济效益和环境效益有积极影响,AI技术运用对绿色防控技术采纳与效益之间的关系具有显著调节作用。基于此,提出优化技术推广、鼓励AI技术研发应用、强化示范引领和完善政策支持等建议,以期对农业绿色可持续发展提供借鉴。

关键词:绿色防控生产技术;AI技术;寿光蔬菜种植户;经济效益;环境效益
中图分类号:F323 **文献标识码**:A **文章编号**:2096-5877(2025)05-0093-07

Research on the Adoption Status and Effects of AI-Enabled Green Control Production Technology in Agriculture
—A Survey of Vegetable Growers in Shouguang

HUAN Yinuo, LI Meifang*, ZHANG Jianwen*
(*China Agricultural University Yantai Academy, Yantai* 264670, China)

Abstract: This study takes vegetable growers in Shouguang as the research object, applying the Theory of Planned Behavior, the Technology Diffusion Theory, and the Innovation Diffusion Theory to explore the current status and effects of the adoption of green control production technologies and to analyze the moderating role of AI technology. The research finds that the adoption rate of green control technologies among Shouguang vegetable growers is 75.81%, but the adoption proportions of various technologies are not balanced. The adoption rate of AI technology is 70.40%, and the adoption proportions of various technologies are at a medium to low level. Green control technologies have a positive impact on the economic and environmental benefits of farmers, and the application of AI technology has a significant moderating effect on the relationship between the adoption of green control technologies and their benefits. Based on this, suggestions such as optimizing technology promotion, encouraging the research and application of AI technology, strengthening demonstration and leadership, and improving policy support are proposed to provide references for the green and sustainable development of agriculture.

Key words: Green control production technology; AI technology; Shouguang vegetable grower; Economic benefit; Environmental benefit

在全球农业可持续发展备受关注的背景下,我国农业正处于转型升级的关键时期。《农业农村部关于加快农业发展全面绿色转型促进乡村生态振兴的指导意见》[1]指出,需提升农业绿色发展水平,为乡村振兴和农业强国建设提供资源环境保障。绿色防控技术是农业绿色发展的关键,其推广对保障农产品质量安全、保护农业生态环境意义重大。蔬菜产业是关乎国计民生的基础性产

收稿日期:2025-04-08
基金项目:烟台市教育局校地融合项目(2022XDRHXMQT24,2023XDRHXMXK09);中国农业大学烟台研究院引导性课题(Z202304)
作者简介:桓一诺(2003-),女,在读本科,研究方向:农业经济及市场营销。
通信作者:李梅芳,E-mail: Limeifang1969@163.com
张舰文,E-mail: juliazhang1983@cau.edu.cn

业，也是寿光市的优势特色产业[2]，但传统的蔬菜病虫害防治方式制约了当地蔬菜产业的可持续发展[3]。因此，研究寿光蔬菜种植户对农业绿色防控生产技术的采纳现状及其效果，对于推动产业绿色发展、提升其市场竞争力具有重要的现实意义。

现有研究显示，2006–2013年，绿色防控技术的应用从不到10个省扩展至31个省(自治区、直辖市)；靶标作物从不到10种增加到30余种；应用面积从0.033亿hm^2到超过0.530亿hm^2[4]。然而，中国农户绿色防控生产技术应用水平不高，不过市场参与能显著提升农户采纳可能性[5]。农户对绿色防控技术认知不足、技术与市场需求不符、小规模经营和推广体系不完善等问题制约其应用[6]。闽北地区绿色防控存在投入成本高、效果不明显等问题[7]。需通过技术集成与示范带动绿色防控技术大面积推广[8]。

学者对绿色防控技术效果研究主要有3方面：保障农业生产安全，提升农产品竞争力，保护农业生态。推动农户采纳绿色防控技术可提升其福利水平[9]。该技术在促进猕猴桃增产和减少农药用量上效果显著[10]。绿色防控技术能改善农户经济收益，激励扩大水稻种植规模[11]。水稻绿色防控技术可显著提升产量[12]。与传统栽培相比，绿色防控公顷投入增加2 625元，净收益提高5 700元[13]。合理运用绿色防控技术，可提升蓝莓产业经济效益，改善生态环境[13]。

本研究运用调研数据分析绿色防控生产技术和AI技术的采纳现状，并剖析特色蔬菜产业中绿色防控技术的效果与AI技术的调节作用，在经济效益和环境效益两方面分别作出具体分析，提出更具针对性的绿色防控策略，为绿色防控技术的推广和应用提供更全面、更具前瞻性的理论支持与实践指导。

1 农业绿色防控生产技术的采纳现状

1.1 数据来源

本次调研选取具有代表性的寿光蔬菜种植区域，采用分层抽样与随机抽样相结合的方法。共发放问卷300份，回收有效问卷277份，有效回收率为92.33%。问卷内容涵盖种植户基本特征、对绿色防控技术的认知与采纳情况、对AI技术的使用情况等方面，为后续研究提供了丰富的数据支持。

1.2 现状分析

1.2.1 农业绿色防控生产技术采纳情况分析

总体来看，共210位蔬菜种植户在蔬菜种植过程中采纳绿色防控技术，约占75.81%，其他67位农户未采纳绿色防控技术，约占24.19%。表1为受访种植户的绿色防控技术采纳情况。

表1 受访种植户的绿色防控技术采纳情况

Table 1 Adoption of green control techniques by interviewed farmers

采纳绿色防控技术种类数 Number of green prevention and control technologies adopted	户数 Number of households	占比/% Proportion	绿色防控技术类别 Green control technology categories	户数 Number of households	占比/% Proportion
1	0	0	科学用药	179	64.62
2	60	21.67	理化诱控	166	59.93
3	75	27.08	生态调控	120	43.32
4	30	10.83	农业防治	120	43.32
5	45	16.25	生物防治	105	37.91

整体来看，各项绿色防控技术的采纳比例均处于中等水平，采纳广度呈阶梯状分布，且差异性强，除理化诱控和科学用药技术以外，其他3项绿色防控技术的采纳比例均低于50%。具体来说，科学用药(如使用生物源药物、使用低毒农药等)有179户采纳，采纳比例最高，占比64.62%；理化诱控(如诱虫灯、黄板等)有166户采纳，采纳比例相对较高，占比59.93%，但也刚刚过半；生态调控(如间作套种、种植蜜源植物等)有120户采纳，采纳比例略低于理化诱控技术，占比约为43.32%；农业防治(如清洁田园、培育壮苗等)与生态调控(如间作套种、种植蜜源植物等)采纳人数相同，有120户采纳，采纳比例为43.32%；生物防治(如释放天敌昆虫、利用有益微生物等)采纳户数最少，有105户采纳，采纳比例为37.91%。各项绿色防控技术皆有较大的推广空间和应用潜力。

1.2.2 AI技术采纳情况分析

共195户蔬菜种植户在蔬菜种植过程中采纳

了AI技术,约占总样本的70.40%,其他82户未采纳AI技术,约占29.60%。表2为受访种植户的AI技术采纳情况。

整体来看,各项AI技术的采纳比例均处于中下水平,采纳广度呈阶梯状分布,各类AI技术的采纳比例均低于50%。各项AI技术皆有较大的推广空间和应用潜力。

表2　受访种植户的AI技术采纳情况

Table 2 AI technology adoption of interviewed farmers

采纳AI技术种类数 Number of AI technologies adopted	户数 Number of households	占比/% Proportion	AI技术类别 AI technology category	户数 Number of households	占比/% Proportion
1	60	21.66	作物生态环境优化	120	43.32
2	45	16.25	农产品质量与安全检测	119	42.96
3	30	10.83	精准施药技术	91	32.85
4	15	5.42	病虫害监测与预警	74	26.71
5	15	5.42	作物生长监测与管理	74	26.71
6	30	10.83	农业大数据平台与决策支持	59	21.30

2　相关理论及研究假设

2.1　研究理论

本研究以计划行为理论为核心框架,在绿色防控技术采纳中,农户的认知水平(如是否听说过技术、了解程度)构成行为态度,农户对绿色防控技术的积极认知会促使他们产生采纳意愿,进而影响实际的采纳行为;同时,结合技术扩散理论[14]和创新扩散理论[15]解释采纳行为的动态过程,技术扩散理论强调技术在社会系统中的传播是一个动态过程,受到多种因素影响;创新扩散理论关注创新技术如何在社会群体中传播和被采纳。这两个理论有助于理解绿色防控技术和AI技术在寿光蔬菜种植户群体中的传播机制和采纳行为变化。

2.2　研究假设

2.2.1　农业绿色防控生产技术的采纳对其效果的影响效应假设

个体对特定行为的认知会作用于个体的行为决策[16],农业绿色防控生产技术的采纳也会对其效果产生影响。农户的采纳行为主要涉及是否听说过绿色防控技术、对技术的了解程度以及绿色防控技术的采纳数量。

在农业生产中,是否听说过绿色防控技术是农户采纳的前提条件[17],其对采纳行为是否有显著影响是研究的基础变量,知晓这一技术,让农户有机会认识到它能解决传统病虫害防治的弊端,进而将其纳入生产决策,为提升效益创造条件。因此农户听说过绿色防控技术正向影响其采纳效果。

农户对技术的了解程度直接影响其采纳意愿和能力[18],了解程度越高,农户越能认识到技术的优势和操作方法,使得农户更有可能采纳该技术[19]。比如绿色防控技术可以减少化学农药使用,保护环境,降低农产品农药残留,提升农产品质量和市场竞争力,增加农户收入。因此农户对技术的了解程度正向影响其采纳效果。

绿色防控技术采纳数量直接反映农户对绿色防控技术的采纳程度。理论上,采纳技术种类越多,对病虫害的防治效果可能越好,对农产品产量和质量的提升越显著,从而对经济效益的正向影响越大。而且,多种绿色防控技术的综合应用能从不同角度减少农业生产对环境的负面影响,对环境的改善作用也就越明显。因此绿色防控技术采纳数量正向影响其采纳效果。

基于以上分析,提出如下研究假设:H1:农业绿色防控生产技术的采纳正向影响经济效益。H2:农业绿色防控生产技术的采纳正向影响环境效益。

2.2.2　AI技术的应用对农业绿色防控生产技术的采纳与其效果的调节作用假设

2024年《政府工作报告》首次提到:“人工智能+”(“AI+”),“加快发展新质生产力”被列为首项政府工作任务。当前,AI技术在农业领域的应用逐渐广泛,其与绿色防控技术存在协同效应的可能性较大。AI技术的运用可能会增加农户接触新的农业技术信息的渠道和机会,如果一个地区广泛推广其在农业生产中的应用,农户可能会在

接触相关信息的同时，也有更多机会听说、了解、应用绿色防控技术；AI技术可以为农户提供更直观、更精准的绿色防控技术信息展示和培训，提高学习效果和对技术的掌握程度；同时也可以辅助农户更科学地实施绿色防控技术，从而增加经济效益与环境效益。如AI驱动的智能喷雾机器人能够根据农田的实际情况精准控制农药的施用量和施用范围，避免农药的过度使用，提高农药的利用效率，增加经济效益的同时也保护了环境。

基于以上分析，提出如下研究假设：H3：AI技术强化农业绿色防控生产技术的采纳对经济效益的正向影响。H4：AI技术强化农业绿色防控生产技术的采纳对环境效益的正向影响。

3 研究设计及实证分析

3.1 研究模型

本研究采用问卷调查与实证分析相结合的方法。通过问卷调查收集寿光蔬菜种植户数据，涵盖种植户基本特征、绿色防控技术认知与采纳情况，以及AI技术运用情况，以提升研究普适性。运用多元线性回归模型开展实证分析，构建4个模型验证研究假设，在模型构建过程中，对变量进行严格定义和筛选，确保研究结果的可靠性和科学性。

为验证H1、H2，拟以是否听说过绿色防控技术(Awr)、对绿色防控技术的了解程度(Kno)、绿色防控技术采纳情况(Adp)为解释变量，以经济效益(Eco)、环境效益(Env)分别为被解释变量，构建以下两个多元线性回归模型：

$$Eco=\beta_0+\beta_1\ Awr+\beta_2 Kno+\beta_3\ Adp+\Sigma\beta_i\ Control_i+\varepsilon \quad (1)$$

$$Env=\beta_0+\beta_1\ Awr+\beta_2 Kno+\beta_3\ Adp+\Sigma\beta_i\ Control_i+\varepsilon \quad (2)$$

为验证H3、H4，拟以是否听说过绿色防控技术(Awr)、对绿色防控技术的了解程度(Kno)、绿色防控技术采纳情况(Adp)为解释变量，以经济效益(Eco)、环境效益(Env)分别为被解释变量，以AI技术运用数量(AI-Num)为调节变量，构建以下两个多元线性回归模型：

$$Eco=\beta_0+\beta_1 Awr+\beta_2 Kno+\beta_3 Adp+\beta_4 AI\text{-}Num+\beta_5 AI\text{-}Num\times Awr+\beta_6 AI\text{-}Num\times Kno+\beta_7 AI\text{-}Num\times Adp+\Sigma\beta_i\ Control_i+\varepsilon \quad (3)$$

$$Env=\beta_0+\beta_1 Awr+\beta_2 Kno+\beta_3 Adp+\beta_4 AI\text{-}Num+\beta_5 AI\text{-}Num\times Awr+\beta_6 AI\text{-}Num\times Kno+\beta_7 AI\text{-}Num\times Adp+\Sigma\beta_i\ Control_i+\varepsilon \quad (4)$$

3.2 研究变量及解释

本研究构建了一个多维度的分析框架，涵盖了多个可能影响寿光蔬菜种植户绿色防控技术采纳现状及效果的因素，明确农业绿色防控生产技术采纳对经济效益、环境效益的影响和AI技术运用的调节效应。核心解释变量包括是否听说过绿色防控技术、对其了解程度及采纳情况，对经济效益、环境效益为正向影响；被解释变量为经济效益和环境效益；调节变量为AI技术运用，起正向强化作用；控制变量涵盖年龄、受教育程度、村干部身份、种植年限、绿色技术培训次数和参加合作社情况6个维度，具体见表3。

在经济效益(Eco)层面，受访种植户对采纳绿色防控技术后经济效益变化看法均值3.29，标准差0.961，数据围绕均值分布集中；环境效益(Env)上，受访种植户看法均值3.85，均值较高。标准差0.65，离散程度小，表明绿色防控技术在改善环境方面获多数农户认可。

核心解释变量方面，210位受访者中，165位(78.57%)听说过绿色防控技术；了解程度(Kno)均值2.57；绿色防控技术采纳数量(Adp)均值为3.29，210位大概平均每人会采用3种左右的绿色防控技术。

对于AI技术运用数量(AI-Num)，均值为2.64，不如绿色防控技术高，但平均每人也至少采用2种。

在控制变量方面，受访者实际年龄均值为50.93岁，标准差6.523，年龄分布较分散；受教育年限均值为10.7年；种植年限均值为20.79年；参加绿色技术培训次数均值为2次；150位(71.43%)参加合作社。这些控制变量为后续分析提供了丰富背景信息，有助于理解研究结果。

3.3 实证结果及分析

在实证分析中，先对数据进行全面的品质检验。采用Cronbach′sα系数测量量表信度，自变量和调节变量的Cronbach′sα值分别为0.846、0.801、0.804和0.874，均大于建议值0.7，表明研究量表的可靠性与信度较高。用KMO和Bartlett′s球形检验测量量表效度，量表整体KMO为0.794，大于0.6；Bartlett′s球体检验的Sig小于0.001，极显著，该测量量表效度较高。通过方差膨胀因子(VIF)检验共线性问题，结果显示各变量的VIF值均远低于10，无严重共线性问题。同时，排查了模型设定偏误、异方差等问题，保证模型设定合理、估计结果可靠。在此基础上，运用多元线性回归模

表3　变量定义

Table 3 Variable-definition

变量类型 Variable type	变量名称 Variable name	变量代码 Variable code	变量描述 Variable description	平均值 Mean value	标准差 Standard deviation
因变量	经济效益	Eco	1~5表示净收入由明显降低到明显增加	3.29	0.961
	环境效益	Env	1~5表示由有很大破坏到有很大改善	3.85	0.65
核心解释变量	是否听说过绿色防控技术	Awr	1=是;0=否	0.79	0.411
	对绿色防控技术的了解程度	Kno	1~5表示由非常不了解到非常了解	2.57	1.052
	绿色防控技术采纳数量	Adp	采纳绿色防控技术的数量	3.29	1.100
调节变量	AI技术运用数量	AI-Num	采纳AI技术的数量0~6	2.64	1.879
控制变量	年龄	Age	户主实际年龄(周岁)	50.93	6.523
	受教育程度	EduLevel	受教育年限(年)	10.70	2.734
	村干部身份	Cadre	户主的村干部身份情况:1=是;0=否	0.07	0.258
	种植年限	Years	家庭种植寿光蔬菜的年数(年)	20.79	7.551
	绿色技术培训次数	Train	家庭成员近3年参加农业技术培训会次数(次)	2.00	2.109
	参加合作社情况	Coop	参加合作社情况:1=是;0=否	0.71	0.453

型,探究农业绿色防控生产技术采纳、AI技术运用与经济效益、环境效益的关系,具体回归结果见表4。

从模型1来看,是否听说过绿色防控技术、对

表4　农业绿色防控生产技术采纳效果的回归系数表

Table 4 Regression coefficient table of adoption effect of agricultural green prevention and control production technology

常数项 Constant term	(1)	(2)	(3)	(4)
(常量)	-0.259	0.795***	0.416***	1.284***
	(-1.023)	(3.118)	(10.19)	(7.095)
Awr	0.559***	-0.566***	0.102***	-1.366***
	(6.349)	(-6.382)	(5.604)	(-17)
Kno	0.301***	0.396***	0.199***	0.269***
	(7.355)	(9.623)	(31.79)	(9.683)
Adp	0.388***	0.153***	0.329***	0.166***
	(12.815)	(5.026)	(83.194)	(9.506)
Age	-0.007**	0.032***	-0.007***	0.027***
	(-2.073)	(9.48)	(-16.276)	(13.365)
EduLevel	0.148***	0.125***	0.127***	0.119***
	(13.807)	(11.666)	(90.721)	(19.059)
Cadre	0.204***	-0.1	0.249***	0.008
	(2.634)	(-1.283)	(27.913)	(0.2)
Years	0.02***	-0.054***	0.025***	-0.027***
	(6.111)	(-16.554)	(28.122)	(-6.992)
Train	-0.117***	-0.028**	-0.097***	-0.011
	(-8.787)	(-2.111)	(-60.065)	(-1.573)
Coop	-0.499***	0.254***	-0.645***	0.09***
	(-8.745)	(4.416)	(-97.544)	(3.067)
AI-Num			0.207***	0.155***
			(70.848)	(11.957)

续表4
Table 4 Continued

常数项 Constant term	(1)	(2)	(3)	(4)
AI-Num×Awr			0.203***	0.501***
			(22.501)	(12.511)
AI-Num×Kno			0.273***	0.177***
			(81.235)	(11.899)
AI-Num×Adp			0.021***	0.259***
			(2.733)	(7.759)

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著，括号内为t值。

Note: ***, **, and * indicate significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively. The values in parentheses are t-values.

绿色防控技术的了解程度、绿色防控技术采纳数量的系数均显著为正，表明在不考虑AI技术调节作用时，农户听说过绿色防控技术、对其了解程度越高以及采纳数量越多，对经济效益的正向影响越显著。例如，Awr系数为0.559，意味着听说过绿色防控技术的农户，在其他条件不变时，其经济效益得分平均比没听说过的农户高0.559分。这一结果与假设H1中农业绿色防控生产技术的采纳正向影响经济效益的预期一致，初步验证了假设H1。

模型2中，虽然是否听说过绿色防控技术的系数为负，但在实际情况中，可能存在其他因素干扰导致这一结果，如种植习惯、近期市场环境变化等。而对绿色防控技术的了解程度和绿色防控技术采纳数量的系数显著为正，说明了解程度和采纳数量的增加对环境效益有积极影响。即农户对绿色防控技术了解得越深入，采用的绿色防控技术种类越多，对蔬菜园周边生态环境的改善作用越明显，这在一定程度上支持了假设H2中农业绿色防控生产技术的采纳正向影响环境效益的观点。

模型3中，引入AI技术运用数量及其与核心解释变量的交互项后，AI-Num系数显著为正，且Awr×AI-Num、Kno×AI-Num、Adp×AI-Num的系数也显著为正。这表明AI技术运用数量不仅对经济效益有直接的正向影响，还强化了农业绿色防控生产技术的采纳情况对农户经济效益的正向影响。这与假设H3中AI技术强化农业绿色防控生产技术的采纳对经济效益的正向影响相契合，验证了假设H3。

模型4中，AI-Num及其与核心解释变量的交互项系数同样显著为正，表明AI技术运用数量强化了农业绿色防控生产技术的采纳情况对社会环境效益的正向影响，支持假设H4。如AI-Num×Awr系数为0.501，说明AI技术运用数量的增加会使听说过绿色防控技术对环境效益的正向影响更明显。表明随着AI技术的应用增多，在实施绿色防控技术时，对蔬菜园周边生态环境的改善效果会更加突出，支持假设H4。

此外，从各控制变量的回归结果来看，年龄、受教育程度、种植年限、绿色技术培训次数、参加合作社情况等对经济效益和环境效益均有不同程度的影响。这些结果反映了不同因素在绿色防控技术采纳及效果中的复杂作用机制，为进一步制定针对性政策提供了依据。

4 结论与建议

4.1 结论

寿光蔬菜种植户绿色防控技术采纳率达75.81%，但技术采纳不均衡，化学和理化诱控技术采纳率高，生态调控、农业防治和生物防治技术采纳率低(均低于50%)。AI技术采纳率为70.40%，各项技术采纳比例处于中下水平，应用有待加强。绿色防控技术对农户经济效益和环境效益有积极影响，多数农户认为采纳后净收入增加、环境改善。

4.2 建议

4.2.1 优化技术推广，提升绿色防控认知

鉴于寿光蔬菜种植户绿色防控技术采纳不均衡的现状，政府和相关部门应加大对生态调控、农业防治和生物防治技术的推广力度，综合利用线上线下多种渠道进行宣传。一方面，可通过线下举办专题培训、现场示范等活动，向种植户直观展示这些技术的优势和操作方法，提高他们对技术的认知和了解程度；另一方面，线上通过农业科技网站、短视频等方式，制作生动有趣、通俗易懂的绿色防控技术科普内容，吸引农户关注，激励更多种植户尝试和应用。

4.2.2　鼓励AI技术，赋能绿色防控应用

AI技术与绿色防控技术协同应用能提升效益，但目前AI技术各项应用比例处于中下水平。政府应鼓励科研机构和企业加强AI技术在农业绿色防控领域的研发创新，开发出更多贴合种植户实际需求、操作简便的AI绿色防控产品，如智能病虫害监测设备、精准施药机器人等。同时，开展示范项目，让种植户切实看到技术融合带来的效益，促进AI技术与绿色防控技术融合广泛应用。

4.2.3　强化示范引领，提升农户素质能力

受教育程度对绿色防控技术采纳及效益有正向影响。政府应加大对农村带头人的培训力度，挑选有积极性和文化基础的农户作为示范户，给予技术指导，助力其成功应用技术，实现经济效益和环境效益的双提升。加强农村教育投入，提高农村人口的整体受教育水平，尤其注重农业相关知识和技术的教育。

4.2.4　完善政策支持，提供绿色防控保障

在影响农户绿色防控技术采纳行为过程中，政府激励的直接效应发挥主导作用，政府和相关部门应加大对绿色防控技术应用的财政补贴力度，降低农户的应用成本。年龄、种植年限、绿色技术培训次数、参加合作社情况等因素对效益存在不同影响，政府可以根据这些因素制定差异化的政策。

参考文献：

[1] 农业农村部.农业农村部关于加快农业发展全面绿色转型促进乡村生态振兴的指导意见[J].畜牧产业，2025(2)：6-11.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Guiding opinions of the ministry of agriculture and rural affairs on accelerating the comprehensive green transformation of agricultural development to promote rural ecological revitalization[J]. Animal Husbandry Industry, 2025(2): 6-11. (in Chinese)

[2] 郭爱霞.乡村振兴视域下山东省寿光市蔬菜产业高质量发展对策研究[D].大连：大连海洋大学，2024.
GUO A X. Strategies for high-quality development of vegetable industry in Shouguang City, Shandong Province under the perspective of rural revitalization[D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2024. (in Chinese)

[3] 李瑶.山东省寿光市蔬菜种植户绿色生产行为影响因素研究[D].昆明：云南农业大学，2023.
LI Y. Research on influencing factors of green production practices among vegetable growers in Shouguang City, Shandong Province[D]. Kunming: Yunnan Agricultural University, 2023. (in Chinese)

[4] 杨普云，梁俊敏，李萍，等.农作物病虫害绿色防控技术集成与应用[J].中国植保导刊，2014，34(12)：65-68，59.
YANG P Y, LIANG J M, LI P, et al. Integrated and applied green pest control technologies for crop diseases and pests[J]. China Plant Protection Journal, 2014, 34(12): 65-68, 59. (in Chinese)

[5] JI J W, XIANG J, YI X, et al. Market participation and farmers' adoption of green control techniques: Evidence from China[J]. Agriculture, 2024, 14(7): 1138.

[6] 陈心怡.蒲江县柑橘种植户绿色防控技术采纳现状、存在问题及对策研究[D].雅安：四川农业大学，2023.
CHEN X Y. Research on the current status, existing problems and countermeasures of green control technology adoption among citrus growers in Pujiang County[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2023. (in Chinese)

[7] 吴琼梅，柯其洪.闽北地区绿色防控技术推广应用现状与发展对策[J].基层农技推广，2024(12)：140-143.
WU Q M, KE Q H. Current status and development strategies for green pest control technology promotion in Northern Fujian [J]. Journal of Grassroots Agricultural Technology Extension, 2024(12): 140-143. (in Chinese)

[8] 杨宇，孙晓霞.固安县小麦及玉米病虫害绿色防控技术[J].现代农村科技，2025(3)：48-49.
YANG Y, SUN X X. Green pest control technology for wheat and corn diseases in Gu'an County[J]. Modern Rural Science and Technology, 2025(3): 48-49. (in Chinese)

[9] 胡海，庄天慧.绿色防控技术采纳对农户福利的影响效应研究—基于四川省茶叶主产区茶农的调查数据[J].农村经济，2020(6)：106-113.
HU H, ZHUANG T H. A study on the impact of green pest control technologies on farmers' Welfare—— Based on survey data from tea farmers in Sichuan's major tea production areas[J]. Rural Economics, 2020(6): 106-113. (in Chinese)

[10] 耿宇宁，郑少锋，刘婧.农户绿色防控技术采纳的经济效应与环境效应评价—基于陕西省猕猴桃主产区的调查[J].科技管理研究，2018(2)：245-251.
GENG Y N, ZHENG S F, LIU J. Economic and environmental effects of green pest control technologies in agricultural households: A Case Study— Based on surveys in Shaanxi Province's kiwifruit production areas[J]. Science and Technology Management Research, 2018(2): 245-251.(in Chinese)

[11] 李后建，曹安迪.绿色防控技术对稻农经济收益的影响及其作用机制[J].中国人口·资源与环境，2021(2)：80-89.
LI H J, CAO A D. The impact of green pest control technology on the economic benefits of rice farmers and its mechanism[J]. China Population·Resources & Environment, 2021(2): 80-89. (in Chinese)

[12] 钟茂书.水稻病虫害绿色防控技术的应用[J].南方农业，2021(11)：57-58.
ZHONG M S. Application of green pest control technology for rice diseases and pests[J]. Southern Agriculture, 2021(11): 57-58. (in Chinese)

[13] 孙淦琳，杨韵，杜广祖，等.我国蓝莓害虫多样性及防治技术研究进展[J].中国果树，2024(5)：11-21.
SUN G L, YANG Y, DU G Z, et al. Research progress on the diversity of blueberry pests and control techniques in China[J]. China Fruit Tree, 2024(5): 11-21. (in Chinese)

[14] 高俊峰.技术扩散视角下信息技术与学校教育融合的若干思考[J].中国教育技术装备，2021(15)：1-2.

（下转第114页）

[10] LOPEZ D S I, QUESADA M P, ESTELLER M. Aberrant regulation of messenger RNA 3'-untranslated region in human cancer [J]. Cellular Oncology, 2007, 29(1):1-17.

[11] MAYR C. Evolution and biological roles of alternative 3'UTRs [J]. Trends in Cell Biology, 2015, 26(3):227-237.

[12] ZLOTORYNSKI E. RNA: 3'UTR alternatives to protein localization[J]. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 2015, 16(6): 327.

[13] 喻世刚,王钢.3'UTR在基因表达调控中的作用[J].中国畜牧兽医,2016,43(11):2907-2913.
YU S G, WANG G. Role of 3'untranslated region(3'UTR) in the regulation of gene expression[J]. China Animal Husbandry& Veterinary Medicine, 2016, 43(11): 2907-2913. (in Chinese)

[14] 李潇,李伟丽,朱涛,等.饲喂月龄对南江黄羊肉色度、嫩度、质构及呈味核苷酸含量的影响[J].西华大学学报(自然科学版),2022,41(2):51-57.
LI X, LI W L, ZHU T, et al. Effects of feeding age on color, tenderness,texture and flavor nucleotide content of Nangjing Yellow Mutton[J]. Journal of Xihua University(Natural Science Edition), 2022, 41(2): 51-57. (in Chinese)

[15] 梁鹏.三个绵羊品种肉质性状的转录组学与代谢组学研究[D].银川:宁夏大学,2022.
LIANG P. Transcriptomics and metabolomics of meat quality traits in three sheep breeds[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2022. (in Chinese)

[16] WARNER R D, JACOB R H, EDWARDS J E H, et al. Quality of lamb meat from the information nucleus flock[J]. Animal Production Science, 2010, 50(12): 1123-1134.

[17] GAO Q X, LI J, LIU H L, et al. Comparative study on lipogentic and lipolytic gene expression in intramuscular fat tissue between growing Erhualian and large white pig[J]. Acta Genetica Sinica, 2004, 31(11): 1218-1225.

[18] PARRICI A. Eating quality of pork in denmark[J]. Pig Farming, 1985,10:56-57.

[19] 徐秋良,吴运香.畜禽肉嫩度及其影响因素[J].家畜生态学报,2010,31(6):100-103.
XU Q L, WU Y X. Animal meat tenderness and its influencing factors[J]. Acta Ecologiae Animalis Domestic, 2010, 31(6): 100-103. (in Chinese)

[20] 姚晓坤,潘志鹏,伦永志.人类和小鼠的丝氨酸蛋白酶抑制剂基因超家族[J].大连大学学报,2015,36(6):70-74.
YAO X K, PAN Z P, LUN Y Z. The human and mouse SERPIN Gene superfamily[J]. Journal of Dalian University, 2015, 36(6): 70-74. (in Chinese)

[21] HUNTINGTON J A, READ R J, CARREL L, et al. Structure of a serpin-protease complex shows inhibition by deformation[J]. Nature, 2000, 407(6806): 923-926.

[22] 刘耀波.α1-抗胰蛋白酶和c反应蛋白水平改变在慢阻肺患者中的临床意义[J].社区医学杂志,2015,13(10):45-46.
LIU Y B. Changes in α1-antitrypsin and C-reactive protein levels and their clinical significance in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Community Medicine Journal, 2015, 13(10): 45-46. (in Chinese)

[23] 庄明强,艾智武,吴满平.α1-抗胰蛋白酶的研究进展[J].微生物学杂志,2007,27(6):92-95.
ZHUANG M Q, AI Z W, WU M P.Development of alpha-1 antitrypsin[J]. Journal of Microbiology, 2007, 27(6): 92-95. (in Chinese)

[24] CHENG J B, ZHANG X X, XU D, et al. Relationship between rumen microbial differences and traits among Hu sheep, Tan sheep, and Dorper sheep[J]. Journal of Animal Science, 2022, 100(9): 1-10.

(责任编辑:朴红梅)

(上接第99页)

GAO J F. Several considerations on the integration of information technology and school education from the perspective of technology diffusion[J]. China Educational Technology Equipment, 2021(15): 1-2. (in Chinese)

[15] 高喜珍,刘丹.绿色技术创新扩散关键影响因素研究[J].价值工程,2020(32):234-235.
GAO X Z, LIU D. Key influencing factors of green technology innovation and diffusion[J]. Value Engineering, 2020(32): 234-235. (in Chinese)

[16] JOHN F A V S, KEANE A M, EDWARDSJONES G, et al. Identifying indicators of illegal behaviour: carnivore killing in human-managed landscapes[J]. Proceedings Biological Sciences, 2012, 279(1729): 804-812.

[17] 何悦,漆雁斌.农户过量施肥风险认知及环境友好型技术采纳行为的影响因素分析——基于四川省380个柑橘种植户的调查[J].中国农业资源与区划,2020(5):8-15.
HE Y, QI Y B. Analysis of the influencing factors on farmers' awareness of excessive fertilizer application risks and the adoption of environmentally friendly technologies—— Based on a survey of 380 citrus growers in Sichuan Province[J]. China Agricultural Resources and Regional Planning, 2020(5): 8-15. (in Chinese)

[18] 黄炎忠,罗小锋,李容容,等.农户认知、外部环境与绿色农业生产意愿—基于湖北省632个农户调研数据[J].长江流域资源与环境,2018(3):680-687.
HUANG Y Z, LUO X F, LI R R, et al. Farmers' perceptions, external environment, and willingness to adopt green agricultural practices— Based on survey data from 632 households in Hubei Province[J]. Changjiang River Basin Resources and Environment, 2018(3): 680-687. (in Chinese)

[19] 李紫娟.农户绿色认知、技术复杂程度与绿色防控技术采纳行为[D].武汉:华中农业大学,2019.
LI Z J. Farmers' green awareness, technology complexity and adoption behavior of green control technologies[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019. (in Chinese)

(责任编辑:王 昱)