中国农业大学学报 2026,31(11):276-283
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

潘志华,黄娜,陈翛. 气象资源视角下的农业生产本质新说及其时代意义[J]. 中国农业大学学报,2026,31(11):276-283.
PAN Zhihua, HUANG Na, CHEN Xiao. A new theory on the essence of agricultural production from the perspective of meteorological resources and its contemporary significance[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2026, 31(11): 276-283.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.11.21

气象资源视角下的农业生产本质新说及其时代意义

潘志华[1] 黄 娜[2] 陈 翛[1]
(1. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193;
2. 曲阜师范大学 地理与旅游学院,山东 日照 276825)

摘 要 在生态文明建设与农业强国战略的时代背景下,重新审视农业生产的本质,尤其是气象资源在其中的关键地位,对促进农业高质量可持续发展具有重要意义。本研究在剖析经典农业定义局限性的基础上,提出了气象资源视角下农业生产的本质新说,并系统论述了该本质的理论基础、核心内涵、时代意义,提出了未来研究方向。结果表明:农业生产是把以气象资源为核心的自然资源转化为农产品、生物质与多元服务价值的复杂过程;气象资源是直接参与农业生产的基础性原料,人类可以调控优化转化过程。本研究认为,农业生产本质新说从认知根源上深化了农业与气象关系的认知体系,揭示了农业生产的核心本质,为理解和发展农业新质生产力、促进农业高质量可持续发展提供了深层的理论支撑,对应对气候变化、提升粮食产能、实现农业现代化具有重要的科学和实践意义。

关键词 农业生产本质; 气象资源; 原料属性; 资源转化; 经典定义; 农业高质量发展
中图分类号 S162.5 **文章编号** 1007-4333(2026)11-0276-08 **文献标志码** A

A new theory on the essence of agricultural production from the perspective of meteorological resources and its contemporary significance

PAN Zhihua[1], HUANG Na[2], CHEN Xiao[1]
(1. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. School of Geography and Tourism, Qufu Normal University, Rizhao 276825, China)

Abstract In the context of ecological civilization construction and the strategy of strengthening agriculture, re-examining the essence of agricultural production, especially the role of meteorological resources within it, is of great significance for promoting high-quality and sustainable agricultural development. After analyzing the limitations of the classical definition of agriculture, a new understanding of the essence of agricultural production from the perspective of meteorological resources was proposed, and the theoretical basis, core connotation, and contemporary significance of this essence were systematically discussed. Future research directions were also proposed. The results show that agricultural production is a complex process of converting natural resources, with meteorological resources at its core, into agricultural products, biomass, and multiple service values; meteorological resources are the fundamental raw materials directly involved in agricultural production, and humans can regulate and optimize the transformation process. The study holds that the new theory of the essence of agricultural production deepens the cognitive system of the relationship between agriculture and meteorology from the cognitive root, reveals the essence of agricultural production, provides profound theoretical

收稿日期:2026-03-16;接受日期:2026-05-06
基金项目:国家重点研发计划地球系统与全球变化专项(2023YFF0805703)
第一作者:潘志华(ORCID:0000-0002-8187-1574),教授,主要从事农业与生态气象、气候变化影响与适应、地气相互作用等研究,E-mail:panzhihua@cau.edu.cn

support and directional guidance for understanding and developing new quality productive forces of agriculture and promoting high-quality and sustainable agricultural development. It also holds important scientific significance for responding to climate change, enhancing grain production capacity, and achieving agricultural modernization.

Keywords essence of agricultural production; meteorological resources; raw material attribute; resource transformation; classic definition; high-quality development of agriculture

当前，农业发展进入了新的历史阶段[1]。如何既保障粮食安全、促进社会经济发展，又保护生态环境是农业生产面临的重大挑战。更好地认知农业本质对应对以上挑战具有重要意义。自农业诞生以来，人类对农业生产的理解从最初的经验性劳作逐渐上升到理论层面，形成了经典的农业定义：利用动植物的生长发育规律，通过人工培育来获得产品的产业[2-4]。以上界定长期主导着人们对农业的理解，为人们认知和开展农业生产提供了基本遵循。然而，随着农业资源约束趋紧及现代农业科技的快速发展，经典定义的局限性逐渐凸显。

在经典定义的框架下，气象资源等自然条件往往被视为农业生产的外部环境因素，其对农业生产的作用被限定为“影响”而非“参与”。但农业生产实践表明，光照、温度、降水、空气等气象资源不仅影响动植物的生长发育，更直接参与农产品与生物质的形成过程，是农业生产不可或缺的基础性原料。与此同时，农业生产的核心功能逐渐清晰地呈现为将气象等自然资源转化为人类所需的农产品与生物质[5-8]。无论是作物种植中太阳能向化学能的转化，还是畜禽养殖中气象条件对生物量积累的调控，本质上都以气象等自然资源的转化过程为主导。基于此，重新审视农业生产的本质，提出符合现代农业发展实际的新认知，对于推动农业资源高效利用、提高粮食产能、促进农业高质量发展具有重要意义。

为此，本研究拟在剖析经典定义局限性的基础上，提出并系统论证气象资源视角下的新的农业本质论，阐述这一本质新论的理论基础、核心内涵，并结合实际验证其解释力与科学性，进而探讨其对当今农业发展的指导意义，以期为现代农业资源高效利用、农业可持续发展及气候变化应对提供理论支撑。

1　经典农业定义的内涵与局限性

1.1　经典农业定义的内涵及形成背景

经典农业定义的形成与农业发展的历史阶段密切相关。在传统农业时期，农业生产以手工劳作为主，生产技术相对落后，人类对自然环境的改造能力有限，农业生产的核心是通过人工干预，顺应动植物的生长发育规律，实现产品的获取。

从内涵来看，经典定义包含2个关键要素：一是“利用动植物的生长发育规律”，强调农业生产需遵循生物自身的生长规律，这是农业生产的自然基础；二是“通过人工培育”，突出人类在农业生产中的主导作用，这是农业生产区别于自然生态系统的关键特征。在这一认知框架下，农业生产的过程被理解为人类通过人工措施调控动植物生长，以实现产品产出的过程，气象、土壤等自然条件被视为影响动植物生长发育的外部环境因素。

随着农业的发展，经典定义的内涵得到了一定拓展。例如，广义的农业被界定为包括种植业、林业、畜牧业、渔业等多个产业领域，涵盖了农产品产前、产中、产后的多个环节。当前，随着食物需求不断增加，大食物观、大农业观相继被提出，并努力把农业建成“现代化大产业”。但无论内涵如何拓展，其核心认知并未改变，即始终聚焦于人工培育与动植物生长规律的互动，缺乏更深层次的认识，忽视了自然资源在农业生产中的作用。

1.2　经典农业定义的局限性

1）忽视气象资源的基础性原料属性。经典定义将气象资源视为农业生产的外部环境条件，仅仅关注其对动植物生长发育的影响，而忽视了气象资源直接参与农产品与生物质形成的过程[8]。实际上，光照、温度、降水、空气等气象资源是农业生产不可或缺的基础性原料，农产品中的碳水化合物、蛋白质等有机物质的形成，本质上是气象资源与生物有机体相互作用并转化的结果。例如，绿色植物通过光合作用将太阳能（光资源）、二氧化碳（空气资源）和水（降水资源）转化为有机物质，这一过程中气象资源是直接的参与要素，而非单纯的环境影响因素。

2）弱化农业生产的资源转化核心功能。经典

定义将农业生产的核心目标界定为“获得产品”,而忽视了产品形成过程中资源转化的核心功能。农业生产的本质是一个资源转化过程,即通过生物有机体的作用,将气象等自然资源转化为人类所需的农产品与生物质[8]。经典定义聚焦于“人工培育”和“获得产品”的结果,未能揭示农业生产的核心机制——资源转化过程,导致人们对农业生产的认知停留在表面层面,难以深入理解农业生产与自然资源的内在关联。

3)无法充分解释农业生产的地域性与季节性特征。农业生产具有显著的地域性和季节性特征,这一特征的形成本质上是由于不同地区、不同季节的气象资源存在差异,导致资源转化效率和产品产出存在差异。经典定义将气象资源视为外部环境条件,难以从本质上解释农业生产的地域性和季节性特征,只能从经验层面强调“因地制宜”和“因时制宜”,缺乏深入的理论支撑。

4)忽视产出的多维价值与生产的可持续性。经典定义主要关注农业产出的“经济产品”,几乎不考虑农业生产同时产生的一系列至关重要的其他产出,如生态系统服务。健康的农田可以固碳释氧、涵养水源、保持水土、调节微气候、维持生物多样性[9]。这些生态服务具有巨大的公共价值,是支撑人类社会可持续发展的基础。但在经典定义框架下,这些价值因无法直接市场化,其维护无法获得经济回报。这正是引起农业面源污染、耕地生态功能退化等问题的根本原因[10]。以获取即时经济产品为主要目标,追求在最短时间内实现最大回报,必定会与生态系统的长期稳定产生冲突,导致对土壤肥力、水资源等的过度索取。这种发展模式本质上是不可持续的[11-12]。

5)难以为现代农业发展提供更有力的理论指导。随着现代农业科技的发展,设施农业、精准农业、智慧农业等新型农业模式不断涌现,人类对农业生产的调控能力显著提升。在这些新型农业模式中,人类不仅可以调控动植物的生长环境,更可以通过技术手段优化资源转化过程,提高资源利用效率。经典定义由于忽视了资源转化的核心功能,难以对这些新型农业模式的本质进行准确解读,也无法为现代农业技术的创新和应用提供更加有力的理论指导。

综上所述,经典农业定义虽曾推动生产力发展,但其内在的认知局限,已限制其为今天农业应对资源环境挑战、实现高质量发展提供更有力的理论指导。农业的出路,必须始于对其本质的重新定义。

2 农业生产本质新说的理论基础与核心内涵

2.1 理论基础

2.1.1 资源科学理论

资源是人类社会生存和发展的物质基础,包括自然资源和社会资源。自然资源是指自然界中能够被人类利用的物质和能量,气象资源作为自然资源的重要组成部分,具有数量、时空位和质量等属性[7]。资源科学理论强调资源的可用性和稀缺性,认为人类的生产活动本质上是对资源的开发和利用过程。农业生产作为人类最基本的生产活动之一,其本质必然是对气象等自然资源的开发和转化过程,这为农业生产本质新说提供了重要理论支撑。

2.1.2 农业气象学理论

农业气象学是研究气象条件与农业生产相互关系的学科,其主要任务是揭示气象条件对农业生产的影响规律。农业气象学研究表明,气象资源不仅影响动植物的生长发育,而且直接参与农产品的形成过程,是农业生产的重要投入要素[5-8]。例如,光照资源决定了植物光合作用的强度,温度资源影响着动植物的代谢速率,降水资源则是动植物生长发育的必要条件。农业气象学理论为揭示气象资源的原料属性和农业生产的资源转化机制提供了科学依据。

2.1.3 生态学理论

现代生态学揭示,地球生命系统是一个基于太阳能输入,通过生产者(主要是绿色植物)、消费者、分解者协同作用,实现物质循环和能量流动的超级网络。农业生产系统是这一超级网络的组成部分和特殊表现形式。能量流动和物质循环原理,为解读农业生产的资源转化过程提供了重要的理论工具。再者,农业生态学的最新理论揭示,农业产出具有多元特征,除食物生产之外,还包括调节服务(气候、水文)、支持服务(土壤形成、养分循环)和文化服务(景观、休闲、文化遗产)[9]。这为建立农业多维价值观提供了科学依据。

2.1.4　系统学理论

任何事物都是一个系统，系统由多个要素相互作用、相互联系构成。农业生产作为一个复杂的系统，其要素包括气象资源、土壤资源、生物资源、技术要素、人类劳动等。这些要素相互作用、相互影响，共同完成资源向农产品与生物质的转化过程。系统学理论为从整体上把握农业生产的本质，研究资源转化过程中的要素互动关系提供了理论指导。

2.2　核心内涵

基于上述理论基础，本研究提出农业生产的本质新说（以下简称新说）：农业生产是把以气象资源为核心的自然资源转化为农产品、生物质与多元服务价值的复杂过程。其核心内涵包括以下 5 个方面：

1）气象资源是农业生产的基础性原料。气象资源（光照、温度、降水、空气等）并非单纯的外部环境条件，而是直接参与农业生产过程的基础性原料[8]。与土壤、肥料等其他生产资料不同，气象资源是农产品与生物质形成的核心物质和能量来源。例如，植物通过光合作用将太阳能（光资源）转化为化学能，将二氧化碳（空气资源）和水（降水资源）转化为有机物质，这些有机物质是农产品的主要组成部分；畜禽养殖过程中，温度、湿度等气象资源直接影响畜禽的代谢活动和生物量积累，是畜禽产品形成的必要条件。

2）农业生产的核心功能是资源转化。农业生产的本质是资源转化过程[8]，即通过生物有机体（植物、动物、微生物）的作用，将气象等自然资源转化为农产品与生物质。这一转化过程包括能量转化和物质转化两个层面：能量转化是指将太阳能等气象能量转化为生物能，并最终转化为人类可利用的能量（如食物中的热量）；物质转化是指将大气中的二氧化碳、水等气象物质转化为有机物质，并形成具有特定营养成分的农产品。

3）人类干预是优化资源转化过程的关键手段。在农业生产的资源转化过程中，人类的作用并非直接创造产品，而是通过人工培育、技术创新等手段，优化资源转化条件，提高资源转化效率[8]。例如，通过选育优良品种，提高植物对光照、温度等气象资源的利用效率；通过建设温室大棚，调控温度、湿度等气象条件，延长资源转化时间；通过灌溉、施肥等技术，协调气象资源与土壤资源的匹配关系，提升资源转化质量。

4）农业系统的产出表现为多维价值共生体。农业系统的产出表现为多维产品与价值共生体。具体表现为：①物质产品价值。保障生存与生产的食物、纤维等；②生态服务价值。固碳、保水、生物多样性保育等支撑人类生存环境的公共产品；③社会文化价值。田园风光、农耕体验、乡土文化传承等精神与体验产品。农业的高质量发展，必须是这三重价值的协同提升与实现。

5）农业生产是自然过程与社会过程的统一。农业生产的资源转化过程以自然过程为基础，遵循生物生长发育规律和自然资源转化规律；同时，农业生产又是人类有目的的社会经济活动，受到社会需求、技术水平、经济条件等社会因素的制约。因此，农业生产是自然过程与社会过程的统一，其本质是人类在遵循自然规律的基础上，优化自然资源转化过程，以满足社会需求的过程。

3　农业生产本质新说的实践验证

新说并非纯粹的理论构想，而是生产实践的科学总结与理论结晶。生产实践表明：

1）不同气象条件下，作物产量和品质不同[13-14]。不同地区因气象条件不同，同样的品种，即使在同样的养分、水分条件下产量和品质不同[15]；相同的气象条件下，因养分、水分不同，产量和品质也不同[16]。

2）人为措施能够有效配置和调控气象条件，提高气象资源的利用水平与作物产量水平。在同一地区，种植不同的作物，其产量和收益水平不同；种植同一作物，如果施肥、灌溉水平不同，其最终产量和收益也不同[17-19]。当某一要素不足时，人们可以补充这个要素满足作物生长发育的需要，获得较高的产量。如干旱时灌溉，养分不足时施肥。在半干旱地区，由于水分缺乏，作物产量较低，但补充灌溉能够有效提高作物产量。需要注意的是，人为调控在承载力范围内，生态能够平衡，否则会造成生态失衡[20]。如，过度施用化肥会造成环境污染与生态破坏。

3）系统内循环再生能够有效维护生态平衡。生态农业与有机农业通过重建系统内养分循环（如堆肥、种养结合），能够减少对外部投入的依赖，恢

复和增强农业生态系统的自我维持能力[21-22]。一些地区正在推广的循环农业模式(种植、养殖、菌业废弃物互用),直接诠释了新说的“资源循环”思想。

4)精准调控气象条件能够有效促进气象资源的利用。智慧农业利用物联网、大数据、人工智能等技术[23],对农田的光、温、水等要素进行实时监测与精准调控,其目标正是优化资源转化过程,以最少的资源投入获得预期产出,验证了新说对资源转化效率的追求。

综上,当生产实践接近其“资源转化与价值实现”的农业本质时,往往表现出更强的可持续性、韧性和综合效益。

4 农业生产本质新说的时代意义

4.1 农业生产本质新说与发展农业新质生产力

发展农业新质生产力是当前中国农业现代化的重要战略[24-25]。新说一定程度上为理解和发展农业新质生产力提供了深层的理论支撑。主要表现在以下几个方面:

1)新说揭示了发展新质生产力的根本目标。新质生产力不仅是更高的产量,其深层目标应是对整个农业“资源转化系统”效能的革命性提升,即极大提高光、热、水、气等自然资源的综合转化效率与价值产出,并最大限度减少系统外的负外部性。这与传统生产力有本质区别。

2)新说明确了发展新质生产力的关键路径。它指引农业科技创新不应再局限于孤立的增产技术,而应聚焦于能够优化系统过程的技术体系。如,培育高光效、养分高效的作物品种,开发智能水肥一体化技术,发展农业废弃物智能循环利用技术,等。

3)新说拓展了发展新质生产力的要素范畴。在传统“劳动者-劳动资料-劳动对象”三要素基础上,气象作为“资源要素”的地位被正式确立。同时,气象数据作为刻画资源状态、指导精准调控的新型生产要素,其价值得到空前凸显。

4.2 农业生产本质新说与农业绿色高质量发展

农业绿色高质量发展的目标在于实现经济效益、社会效益与生态效益的有机统一,核心为提质增效与绿色可持续发展[26]。提质增效的关键是提高资源转化效率,绿色可持续的关键是在资源环境承载力范围内循环再生。可见,农业生产本质新说从认知根源上体现了农业绿色高质量发展的关键与要点。

1)新说揭示了农业高质量发展的目标理念。传统农业发展长期以产量提升为主导,表现为高投入、高消耗、低效率的粗放发展模式。农业生产本质新说要求农业高质量发展回归“资源高效转化”的本质,将气象资源转化效率的提升作为高质量发展的关键目标,采取切实措施,让高质量发展成为农业生产本质回归后的内在必然。

2)新说明确了农业高质量发展的资源利用策略。农业可持续发展的关键是资源的可持续利用,传统农业资源利用体系聚焦于土地、水、化肥等生产资源的节约与循环,忽视了气象资源作为基础性原料的高效利用,也未建立气象资源与其他农业资源的协同利用体系。例如,土壤培肥未结合光能、热量转化效率提升培肥效果。农业生产本质新说要求农业高质量发展优化资源利用体系,构建“气象资源高效转化为核心,土地、水、生物等农业资源循环利用为支撑,多资源协同适配、循环转化”的资源利用体系,从而实现农业资源的可持续利用。

3)新说为农业污染治理提供了具体路径。绿色低碳是农业高质量发展的重要底色。传统农业出现的农业面源污染、资源浪费的根源是投入水平与气象资源利用量不匹配。农业生产本质新说明确了污染处理的具体路径:通过调控优化气象资源向农产品与生物质的转化过程,把气象资源用足、用好、转化到位,从源头降低对外部投入的依赖,让绿色发展成为农业生产回归本质后的自然结果,而非外部强加的约束要求。

4)新说明确将“气象资源转化效率”作为农业高质量发展的重要评价指标。传统农业可持续发展评价体系虽由经济、生态、社会三大维度构成,但未将气象资源转化效率纳入评价体系,也未将其作为连接三大维度的关键指标。农业生产本质新说要求农业可持续发展构建“气象资源转化效率为核心,经济、生态、社会三大维度协同适配”的全新评价体系,将气象资源转化效率作为连接三大维度的关键纽带。这一评价体系倒逼农业生产所有活动都围绕提升资源转化效率展开,从根本上保障了农业可持续发展的落地。

5　讨　论

5.1　农业本质新说突破了传统认知局限，为现代农业资源高效利用与可持续发展提供了重要理论支撑

“农业生产以把气象等自然资源转化为农产品与生物质为核心功能，是把气象等自然资源转化为农产品与生物质的过程，人类可以通过技术手段调控优化这一过程”，这一新说根植于资源科学、农业气象学、生态学等成熟理论。资源科学明确气象资源是自然资源的核心组成，农业生产本质是资源利用转化；农业气象学证实光照、温度等气象因子直接参与农产品有机物质合成；生态学能量流动与物质循环原理，进一步佐证气象资源向生物质转化的自然规律，形成了完整理论闭环。

新说明确了气象资源的基础性原料属性，将农业生产还原为“自然资源→生物有机体→农产品”的转化链条，既符合农业生产的自然属性（遵循生物与资源转化规律），也兼顾社会属性（人类干预优化转化过程），与农业生产的复杂系统特征相契合。“资源转化效率”评价指标（如光能利用率、水分利用效率），为现代农业技术创新（如智慧气象调控、精准种植）提供了新的理论支撑，对发展设施农业、智慧农业等农业模式具有重要意义。

新说明确了气象资源在农业生产中的核心地位，有助于引导农业生产实践更加注重气象资源的精准利用，优化农业生产布局和种植制度。同时，基于资源转化的核心功能，可推动农业技术创新，提高自然资源转化效率，降低农业生产对化学投入品的依赖，实现农业绿色可持续发展。在气候变化背景下，新说也为农业适应气候变化提供了新的思路，即通过优化资源转化过程，提升农业生产对气候变化的适应性。

总之，新说既符合农业生产的自然规律与科学理论，又突破了传统认知的局限，为现代农业资源高效利用与可持续发展提供了重要理论支撑。在全球气候变化加剧、农业生态环境压力加大的背景下，农业生产本质新说对推进农业发展具有十分重要的理论意义与实践价值。未来，随着农业生产本质新说的深入实践，农业将形成以气象资源高效转化为核心，品种、栽培、养分、循环等技术协同支撑，生态效益、经济效益和社会效益协同发展的现代化产业，将有力支撑我国农业强国与生态文明建设。

5.2　农业生产本质新说亟待深化研究

本研究提出的新说亟待在以下 4 个方面进行深化研究：

1）深化资源转化机制的基础研究。未来，应进一步深化农业生产资源转化机制的基础研究，特别是气象资源与生物有机体相互作用的分子机制、气候变化背景下资源转化规律的演变趋势等。通过多学科交叉融合（如农业气象学、分子生物学、生态学、信息技术等），揭示资源转化的内在机理，为资源转化效率的提升提供更深入的理论支撑。

2）推动智慧农业与资源高效利用深度融合。随着人工智能、大数据、物联网等信息技术的快速发展，智慧农业已成为现代农业发展的必然趋势。未来，应推动智慧农业与农业资源高效利用深度融合，构建基于大数据的资源转化效率评估与调控体系。通过整合气象、土壤、生物等多源数据，利用人工智能算法实现资源转化过程的精准预测和智能调控，进一步提高资源利用效率和农业生产效益。

3）加强气候变化背景下的农业适应研究。全球气候变化加剧了气象资源的时空变异，对农业生产的资源转化过程产生了显著影响。未来，应加强气候变化背景下的农业适应研究，评估气候变化对不同地区农业资源转化效率的影响，研发适应气候变化的农业技术和种植制度，构建气候变化背景下的农业可持续发展模式，保障国家粮食安全和农业可持续发展。

4）完善农业资源管理政策与制度。基于农业生产本质新说，完善农业资源管理政策与制度，建立健全农业资源高效利用的激励机制和约束机制。通过政策引导和制度保障，鼓励生产者采用资源高效利用的技术和模式，推动农业生产方式从粗放型向集约型转变，实现农业资源的可持续利用和农业的可持续发展。

6　结　论

经典农业定义聚焦于人工培育与动植物生长发育规律的互动，忽视了气象资源的基础性原料属性和农业生产的资源转化与价值实现功能，难以适应现代农业发展的需求。本研究提出的农业生产本质新说，明确了农业生产是把以气象资源为核心的自然资源转化为农产品与生物质的复杂系统过

程,气象资源是农业生产的基础性原料,人类干预是优化资源转化过程的关键手段,农业生产是自然过程与社会过程的统一。

未来,随着研究的不断深化和实践的不断推进,对农业生产本质的认知将更加完善,为农业高质量发展提供更强有力的保障。

参考文献 References

[1] 中共中央,国务院. 加快建设农业强国规划(2024—2035年)[EB/OL].[2025-05-02]. https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11986/202504/content_7019260.html
The Central Committee of the Communist Party of China, the State Council. The Plan for Accelerating the Building of a Strong Agricultural Country (2024-2035)[EB/OL]. [2025-05-02]. https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11986/202504/content_7019260.html (in Chinese)

[2] 农业. 百度百科[EB/OL].[2026-05-02] https://baike.baidu.com/item/%E5%86%9C%E4%B8%9A/330015?fr=aladdin
Agriculture. Baidu Encyclopedia[EB/OL]. [2026-05-02] https://baike.baidu.com/item/%E5%86%9C%E4%B8%9A/330015?fr=aladdin (in Chinese)

[3] 农业. 中国大百科全书[EB/OL]. [2025-05-02] https://www.zgbk.com/ecph/advanceSearch/result?SiteID=1&Alias=bkzyb#top
Agriculture. Encyclopedia of China[EB/OL]. [2025-05-02] (in Chinese) https://www.zgbk.com/ecph/advanceSearch/result?SiteID=1&Alias=bkzyb#top

[4] Agriculture. Wikipedia[EB/OL]. [2025-05-02] https://en.wikipedia.org/wiki/Agriculture

[5] 潘志华. 新阶段农业气象学发展面临的形势与研究展望[J]. 中国农业气象,2023,44(4):327-332
Pan Z H. Current situation and research prospect of agrometeorology in the new stage[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2023, 44(4): 327-332 (in Chinese)

[6] 黄娜. 基于生产函数的中国玉米生产适应气候变化研究[D]. 北京:中国农业大学,2023
Huang N. The adaptation of maize production to climate change in China based on the production function[D]. Beijing:China Agricultural University, 2023 (in Chinese)

[7] 潘志华,侯英雨. 系统观、资源观与当前农业气象有关问题的解决思路[J]. 中国农业气象,2025,46(2):270-274
Pan Z H, Hou Y Y. System theory, resource theory and solution ideas of the current problems related to agrometeorology[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2025,46(2):270-274 (in Chinese)

[8] 潘志华,黄娜,陈翕. 气象资源论:气象对作物生产与社会经济发展作用的新审视[J]. 中国农业大学学报,2025,30(10):299-306
Pan Z H,Huang N,Chen X. Climate resources theory: Novel investigation on the role of climate in crop production and economic development[J]. *Journal of China Agricultural University*,2025,30(10):299-306 (in Chinese)

[9] 杨晓梅,尹昌斌. 农业生态产品的概念内涵和价值实现路径[J]. 中国农业资源与区划,2022,43(12):39-45
Yang X M, Yin C B. The conceptual connotation and value realization pathway of agro-ecological Products[J]. *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(12): 39-45 (in Chinese)

[10] Cassman K G., Dobermann A, Walters D T, Yang H S. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality[J]. *Annual Review of Environment and Resources*. 2003, 28:315-58

[11] Tilman D, Cassman K G, Matson P A, Naylor R, Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices[J]. *Nature*, 2002, 418: 671-677

[12] Foley J A, Ramankutty N, Brauman K A, Cassidy E S, Gerber J S, Johnston M, Mueller N D, Connell C O, Ray D K, West P C, Balzer C, Bennett E M, Carpenter S R, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockström J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks D P M. Solutions for a cultivated planet[J]. *Nature*, 2011,478:337-342

[13] 高永刚,王芳,王艳,韩俊杰,姜丽霞,高峰,王铭,孙胜阳. 气象条件对三江平原水稻产量和营养品质的影响[J]. 气象与环境学报,2024,40(6):78-88
Gao Y G, Wang F, Wang Y, Han J J, Jiang L X, Gao F, Wang M, Sun S Y. Effect of meteorological condition on rice yield and nutritional quality in the Sanjiang Plain[J]. *Journal of Meteorology and Environment*, 2024, 40(6):78-88 (in Chinese)

[14] 李宁,王明辉,迟晓元,熊飞,颜鸿远,夏振洲,谈仲川,郭红霞,龙科勇. 黄冈地区不同气象因子对高油酸花生农艺性状、产量及品质的影响[J]. 花生学报,2025,54(4):402-411
Li N, Wang M H, Chi X Y, Xiong F, Yan H Y, Xia Z Z, Tan Z C, Guo H X, Long K Y. Effects of different meteorological factors on agronomic traits, yield, and quality of high-oleicAcid peanut varieties in Huanggang[J]. *Journal of Peanut Science*, 2025,54(4):402-411 (in Chinese)

[15] 李国景,杨亚东,刘洋,朱文博. 县域水稻生产区域差异与增产效应[J]. 中国农业大学学报,2024,29(10):60-71
Li G J,Yang Y D,Liu Y,Zhu W B. Regional difference and yield increasing effect of rice production at county level[J]. *Journal of China Agricultural University*,2024,29(10): 60-71 (in Chinese)

[16] 付文,黄玉芳,岳松华,刘小宁,叶优良,石秀良,汪洋. "大配方、小调整"施肥模式对不同地力小麦产量及经济效益的影响[J]. 中国土壤与肥料,2019(6):235-240
Fu W,Huang Y F,Yue S H,Liu X N,Ye Y L,Shi X L,Wang Y. Effect of "Regional Fertilizer Formula and Site Specific Adjustment" fertilization mode on yield and economic benefit of wheat under soils with different fertilities[J]. *Soils and Fertilizers Sciences in China*, 2019(6):235-240 (in Chinese)

[17] 郭富城, 唐海江, 郝馨怡, 马国林, 杨九菊, 黄霖锋, 田蕾, 王彬, 罗成科. 不同灌溉方式对宁夏盐渍化土壤水盐运移、水稻产量及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 2026, 59(4): 750-764
Guo F C, Tang H J, Hao X Y, Ma G L, Yang J J, Huang L F, Tian L, Wang B, Luo C K. Effects of different irrigation methods on water-salt transport, rice yield, and water use efficiency in saline soil in Ningxia[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2026, 59(4): 750-764 (in Chinese)

[18] 孟博,王旭浩,陈杰. 不同耕作施肥模式对砂姜黑土小麦产量及氮肥利用率的影响[J]. 耕作与栽培,2025,45(12):45-50
Meng B, Wang X H, Chen J. Effects of different tillage and fertilization patterns on wheat yield and nitrogen use efficiency in lime concretion black foil[J]. *Tillage and Cultivation*, 2025,45(12):45-50 (in Chinese)

[19] 史韵. 不同施肥措施对小麦玉米轮作地土壤肥力及产量的影响[J]. 东北农业科学,2026,51(1):46-52
Shi Y. Study on the effects of different fertilization measures on soil fertility and yield in wheat-maize rotation fields[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2026,51(1):46-52 (in Chinese)

[20] Pretty J. N. Agricultural sustainability: *Concepts*, principles and evidence [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2008, 363(1491): 447-465

[21] Hunter M C, Smith R G, Schipanski M E, Atwood L W, Mortensen D A. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification[J], *BioScience*, 2017, 67(4): 386 - 391

[22] Yang X L, Xiong J R, Du T S, Ju X T, Gan Y T, Li S, Xia L L, Shen Y J, Pacenka S, Steenhuis T S, Siddique K H M, Kang S Z, Butterbach-Bahl K. Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health[J]. *Nature Communications*, 2024, 15,198

[23] 赵春江. 智慧农业的发展现状与未来展望[J]. 华南农业大学学报,2021,42(6):1-7
Zhao C J. Current situations and prospects of smart agriculture[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2021,42(6):1-7 (in Chinese)

[24] 贾若祥. 新质生产力的科学内涵和发展重点[N]. 中国经济时报,2024-01-16(04)
Jia R X. The scientific connotation and development focus of new quality productive forces[N]. *China Economic Times*,2024-01-16(04) (in Chinese)

[25] 罗必良,耿鹏鹏. 农业新质生产力:理论脉络、基本内核与提升路径[J]. 农业经济问题,2024(4):13-26
Luo B L, Geng P P. New quality agricultural productivity: Theoretical framework, core concepts, and enhancement pathways [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2024(4):13-26 (in Chinese)

[26] 仇焕广,黄青. 以绿色转型引领农业高质量发展[N]. 光明日报, 2025-11-21(06)
Qiu H G, Huang Q. Leading agricultural high-quality development with green transformation[N]. *Guangming Daily*, 2025-11-21(06) (in Chinese)

责任编辑：杨爱东



第一作者简介：潘志华，博士，中国农业大学二级教授，博士生导师，中国气象局-中国农业大学农业应对气候变化联合实验室主任。全国气象科教融合创新联盟委员会委员，全国农业气象服务专家组成员，中国气象学会常务理事，中国农学会理事，国家农业气象标准化技术委员会委员，中国农业绿色发展研究会防灾减灾专业委员会副主任，中国自然资源学会资源利用与减灾专业委员会委员，北京市气象标准化技术委员会委员，中国农业大学知名教授科普宣讲团专家，中国农业大学本科生学业咨询师，中国农业大学辅导员成长导师。主要研究领域为气候变化影响与适应、地气相互作用与气候变化、农业与生态气象。主持和主要参加国家重点研发计划、国家科技支撑计划、国家重点基础研究973计划、国家自然科学基金等科研项目20余项，发表论文190余篇，获省部级奖励4项。