

不同施肥模式对山东烟区丘陵砂质土烟草农艺性状影响

欧开元¹, 杨杰¹, 马志远², 王恩忠², 苏兆亮², 郗爱峰², 陈为习¹, 陈庆平¹, 李振才¹,
刘伟², 王彬³, 侯欣^{3*}

¹山东临沂烟草有限公司, 山东 临沂

²山东淄博烟草有限公司, 山东 淄博

³山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安

收稿日期: 2026年5月3日; 录用日期: 2026年6月3日; 发布日期: 2026年6月12日

摘要

为探究不同施肥模式对山东丘陵砂质烟区烤烟农艺性状的影响, 明确水肥一体化与控释肥的改良效果, 以莒南、沂源两地烤烟为研究对象, 比较常规施肥、控释肥、水肥一体化对团棵期、旺长期、成熟期株高、茎围、叶长、叶宽的影响。结果表明: 3种施肥模式下烟株农艺性状均呈“团棵期低-旺长期快增-成熟期稳定”的趋势; 与常规施肥相比, 水肥一体化处理成熟期株高、茎围、叶长、叶宽分别提高9.79%、7.66%、2.34%、6.04%, 控释肥处理分别提高4.62%、3.96%、-2.48%、1.88%; 全生育期综合表现为水肥一体化 > 控释肥 > 常规施肥。这充分证实水肥一体化能精准匹配烟株养分需求, 显著促进茎秆健壮与叶片伸展, 是砂质烟区提升烤烟农艺性状的最优模式。

关键词

烟草, 施肥模式, 农艺性状, 水肥一体化, 控释肥, 常规施肥, 砂质土壤

Effects of Different Fertilization Modes on Agronomic Traits of Tobacco Grown in Hilly Sandy Soil of Shandong Tobacco-Producing Areas

Kaiyuan Ou¹, Jie Yang¹, Zhiyuan Ma², Enzhong Wang², Zhaoliang Su², Aifeng Xi²,
Weixi Chen¹, Qingping Chen¹, Zhencai Li¹, Wei Liu², Bin Wang³, Xin Hou^{3*}

¹Shandong Linyi Tobacco Limited Company, Linyi Shandong

*通讯作者。

文章引用: 欧开元, 杨杰, 马志远, 王恩忠, 苏兆亮, 郗爱峰, 陈为习, 陈庆平, 李振才, 刘伟, 王彬, 侯欣. 不同施肥模式对山东烟区丘陵砂质土烟草农艺性状影响[J]. 农业科学, 2026, 16(6): 872-882. DOI: 10.12677/hjas.2026.166106

²Shandong Zibo Tobacco Limited Company, Zibo Shandong

³College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong

Received: May 3, 2026; accepted: June 3, 2026; published: June 12, 2026

Abstract

To investigate the effects of different fertilization modes on agronomic traits of flue-cured tobacco in hilly sandy soil areas of Shandong Province, and clarify the improvement effects of integrated water-fertilizer and controlled-release fertilizer, flue-cured tobacco in Junan and Yiyuan was used as research material. The plant height, stem girth, leaf length, and leaf width at the rosette stage, fast-growing stage, and maturity stage were compared among conventional fertilization, controlled-release fertilization, and integrated water-fertilizer. The results showed that the agronomic traits of tobacco under three fertilization modes all showed a trend of “low at the rosette stage, rapid increase at the fast-growing stage, and stable at the maturity stage”. Compared with conventional fertilization, plant height, stem girth, leaf length, and leaf width of integrated water-fertilizer at the maturity stage increased by 9.79%, 7.66%, 2.34% and 6.04%, respectively, and those of controlled-release fertilizer increased by 4.62%, 3.96%, -2.48%, and 1.88%, respectively. The comprehensive performance in the whole growth period was integrated water-fertilizer > controlled-release fertilizer > conventional fertilization. This fully confirms that integrated water-fertilizer can accurately match the nutrient demand of tobacco, significantly promote stem robustness and leaf expansion, and is the optimal mode to improve agronomic traits of flue-cured tobacco in sandy soil areas.

Keywords

Tobacco, Fertilization Mode, Agronomic Trait, Integrated Water and Fertilizer, Controlled-Release Fertilizer, Conventional Fertilization, Sandy Soil

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

1.1. 研究背景

烟草是我国重要的经济作物[1],也是山东农业特色优势产业。山东烟区主要分布在鲁中南山丘地带,以莒南、沂源、临朐、沂水、五莲等地为核心产区,植烟土壤以砂质土[2]、砂壤土为主,土层较浅、质地偏粗、通透性好,但普遍存在保水保肥能力差、养分易淋溶、有机质偏低、缓冲性弱等问题。在传统栽培管理中,烟农多采用“重基肥、轻追肥、一次性大量施肥”的常规模式,不仅肥料利用率低[3]、浪费严重,还易造成前期烧苗、中期脱肥、后期早衰,严重制约烟株健壮生长与烟叶品质提升。

农艺性状是烟草生长发育状况最直观的体现,株高、茎围、叶长、叶宽是评价烤烟长势、群体结构、抗逆能力及产量品质潜力的核心指标[4]。株高反映了烟株的纵向生长与空间利用能力,茎围直接关系到茎秆的健壮度以及养分与水分的运输效率,而叶长与叶宽则共同决定了单叶面积和群体的光合生产力。这四项农艺指标协同作用,共同决定了烤烟的田间长势、抗倒伏能力、光合效率以及最终的产量与质量[5]。因此,通过优化施肥模式改善烟草农艺性状,对砂质烟区提质增效具有重要现实意义。

1.2. 国内外研究进展

国外对烟草施肥与水肥管理研究起步较早[6]，以色列、美国、巴西等国家在烤烟生产中广泛应用滴灌、水肥一体化、缓控释肥等精准施肥技术，显著提升肥料利用率、减少养分流失，并改善烟株生长整齐度与农艺性状[7]。研究表明，水肥一体化可使肥料利用率提高30%~50%，水分利用效率提高40%~60%，烟株株高、茎粗、叶面积指数显著提升，烤烟产量与产值明显增加。

国内在烟草施肥模式方面已开展大量研究[8]。众多学者证实，与常规施肥相比，控释肥能够平稳释放养分，促进烟株前期早发、中期稳长、后期不早衰，有效改善株高、茎粗等性状；水肥一体化通过滴灌系统将水肥直接输送至根系密集区，实现按需供给[9]、精准调控，可显著促进烟株根系发育、茎叶生长，提高烟株整齐度，尤其在干旱、瘠薄、砂质土壤上优势更为突出。

但总体来看，现有研究多集中于单一区域、单一施肥技术对比，针对鲁中南丘陵砂质烟区、以莒南与沂源为典型代表的系统性对比研究仍较为薄弱[10]，尤其缺乏将农艺性状与砂质土壤保育相结合的综合分析。因此，开展不同施肥模式对烤烟农艺性状影响的系统研究，对支撑山东砂质烟区土壤保育与技术升级具有十分重要的作用。

1.3. 研究目的与意义

本研究依托中国烟草总公司山东省公司科技重大专项——山东烟区丘陵砂质土壤保育技术集成及示范，以莒南、沂源两地大田试验数据为基础，对比分析常规施肥、控释肥、水肥一体化三种模式对烤烟关键农艺性状的影响，旨在：明确不同施肥模式对烤烟株高、茎围、叶长、叶宽的调控效应；揭示三种施肥模式在团棵期、旺长期、成熟期的差异规律；筛选适配丘陵砂质土壤的最优施肥模式；为山东烟区砂质土壤保育、精准施肥技术集成、示范推广提供数据支撑与理论依据。研究结果对推动山东烤烟由“传统粗放施肥”向“精准高效施肥”转型、提升肥料利用率、改善土壤环境、实现绿色高质量发展具有重要应用价值[11]。

2. 材料与方法

2.1. 试验地点概况

试验分别设在山东省临沂市莒南县、山东省淄博市沂源县两个核心植烟乡镇。两地均属于暖温带半湿润季风气候，光照充足，四季分明，雨热同期，适宜优质烤烟生长。莒南县：丘陵地貌，土壤以砂质壤土为主，透气性好，有机质含量中等，保水保肥能力一般，是鲁南典型砂质烟区。沂源县：鲁中腹地，山地丘陵为主，土壤砂性较强，土层较薄，水肥易渗漏，代表了鲁中砂质烟区的生产条件[12]。两地均为山东烤烟传统产区，种植水平较高，管理规范，试验数据具有区域代表性。土壤基础理化性质见表1。

Table 1. Initial physicochemical properties of soil

表 1. 土壤基础理化性质表

地点	土壤含水率 (%)	土壤容重 (g/cm ³)	pH	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	氯离子 (mg/kg)
莒南	12.80	1.20	5.83	14.60	77.35	163.06	60.98	2.84
沂源	14.32	1.13	5.86	15.32	76.27	152.37	64.92	2.90

2.2. 试验材料

供试烤烟品种为山东烟区主栽品种；肥料包括常规复合肥、包膜缓控释肥、水溶肥等，均符合烟草

专用肥标准[13]。

2.3. 试验设计

本试验设置 3 种施肥模式，各处理除施肥方式不同外，移栽期、密度、田间管理、病虫害防治等均完全一致[14]，遵循当地优质烤烟生产技术规程。施肥具体参数见表 2。

Table 2. Fertilization scheme

表 2. 施肥方案

处理	N-P-K	总施用量(kg)	追肥施用量(kg)
CK	10-10-20	25-25-50	7.5-7.5-15
T1	10-9-23	13-12-30	2.5-1.25-8.75
T2	10-10-30	7.5-7.5-18	1-0.5-4.5

1) 常规施肥水分管理方案

常规施肥对照组(CK)采用传统沟灌/人工浇灌，施肥与水分管理完全分离，无滴灌设施；灌溉周期依据山东烟区传统经验，移栽后浇定根水，缓苗后遇干旱才灌溉，团棵期、旺长期根据降雨情况 15~20 天灌溉一次，成熟期基本为自然降雨；灌溉量无精准量化，以土壤表层湿润、烟株不萎蔫为标准，不做精准调控，完全遵循当地传统烤烟水分管理模式。

2) 控释肥 + 微生物菌剂处理水分管理方案

控释肥 + 微生物菌剂处理(T1)同样采用常规沟灌/人工浇灌，仅在缓苗后、封埯时少量滴灌补水肥，其余时期与 CK 保持一致；灌溉周期为移栽后定根水，缓苗期、团棵期、旺长期 15~20 天灌溉一次，成熟期以自然降水为主；灌溉量按经验控制，不做精准计量，仅在追肥时配合少量灌溉促进养分吸收，整体水分管理模式与当地传统方式相同，无精准水肥调控措施。

3) 水肥一体化处理灌溉与施肥详情

水肥一体化处理采用滴灌方式，全生育期遵循少量多次、水肥同步原则，灌溉周期按烟株生育期调整：移栽定植期浇足定根水，缓苗期后每 7~10 天灌溉施肥一次，旺长期根据墒情缩短至 5~7 天一次，成熟期间隔 10 天左右；单次灌溉量控制在每亩 8~12 m³，以湿润根系密集层、不积水渗漏为宜；施肥浓度严格把控，水溶肥(高磷 10-30-10、高钾 10-5-35)稀释浓度为 0.2%~0.3%，微生物菌剂、中微量元素、壳聚糖等按说明稀释，总肥液浓度不超过 0.3%，避免烧根，同时可配合叶面喷施氨基酸，依据烟叶长势与天气灵活复配补肥。

2.4. 测定指标与方法

分别在烟草团棵期、旺长期、成熟期，每处理随机选取 10 株代表性烟株，测定以下指标：株高(cm)：从土面位置量至烟株顶端生长点；茎围(cm)：在烟株茎秆中部位置用围尺测量周长；叶长(cm)：取中部功能叶，测量叶尖至叶基的最大长度；叶宽(cm)：取同一功能叶，测量叶片最宽处宽度。

对数据进行方差分析(ANOVA)，并使用 Tukey (HSD)对结果进行多重比较。

2.5. 数据来源

本论文所用数据为莒南、沂源两地试验田所测数据合并统计结果，由于两地点均为山东砂质土典型代表区域，且两地烟草生长状况差异不明显，本文所用数据为两个地点测量数据的平均值，数据真实、可靠。

3. 结果与分析

3.1. 不同施肥模式对烟草茎围的影响

茎围是反映烟株茎秆粗壮程度、机械强度、抗倒伏能力及养分运输能力的重要指标。在砂质烟区，茎围越大，烟株越健壮，抗倒性越好，后期烟叶成熟落黄更平稳[15]。

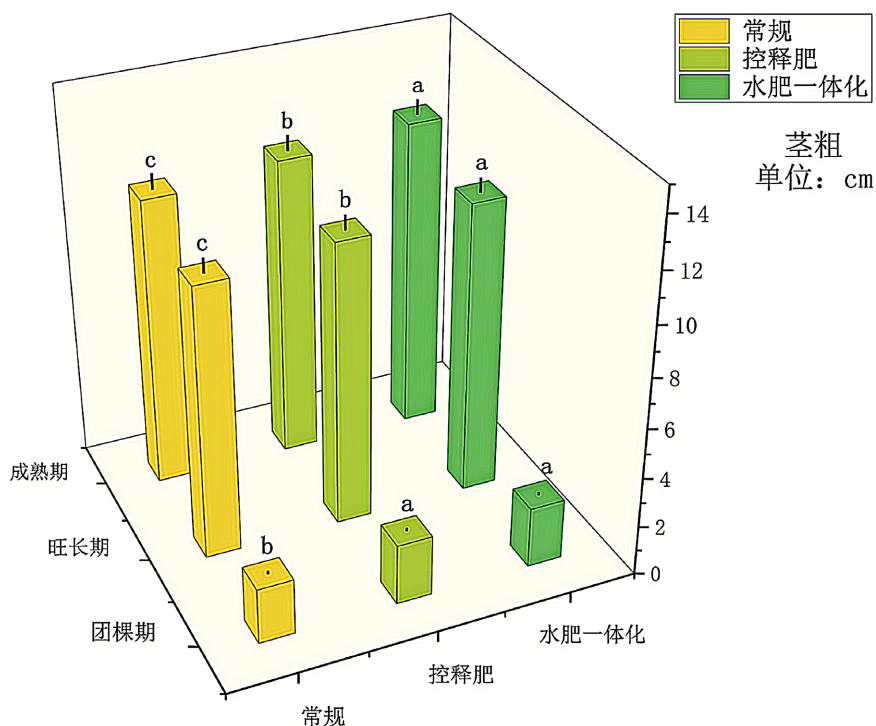


Figure 1. Stem girth of tobacco plants under different fertilization methods in different growth stages
图 1. 不同时期不同施肥方式烟株茎围

由图 1 可知，三种施肥模式下烟草茎围均随生育进程显著增加，呈现团棵期最小、旺长期大幅增加、成熟期继续缓慢增长的规律。团棵期：控释肥与水肥一体化茎围均为 2.43 cm，显著高于常规施肥 2.23 cm，增幅达 8.97%。说明两种优化施肥模式在烟草生长前期即可提供更均衡的养分，促进茎秆早期发育，为后期健壮生长奠定基础[16]。旺长期：茎围快速增大，处理间差异明显。水肥一体化(11.74 cm) > 控释肥(11.39 cm) > 常规施肥(10.92 cm)。水肥一体化较常规提升 7.51%，控释肥较常规提升 4.30%。旺长期是烟株需肥高峰期，水肥一体化精准供肥优势充分体现。成熟期：茎围基本定型，顺序保持不变。水肥一体化达 12.51 cm，较常规提升 7.66%；控释肥 12.08 cm，较常规提升 3.96%。表明水肥一体化在全生育期均衡供肥，使烟株茎秆最粗壮、抗倒伏能力最强[17]。

3.2. 不同施肥模式对烟草叶宽的影响

叶宽直接决定叶片舒展度与单叶面积，是影响光合面积、干物质积累、烟叶产量与品质的关键性状。叶宽越大，叶片舒展度越好，田间光合效率越高[18]。

由图 2 可见，叶宽随生育进程持续扩大，三种模式表现趋势一致。团棵期：水肥一体化叶宽 24.25 cm，控释肥 23.71 cm，均显著高于常规 20.54 cm。水肥一体化增幅达 18.06%，控释肥增幅 15.43%，说明优化施肥可显著促进叶片早期伸展[19]。旺长期：叶片快速扩展，处理间差距进一步扩大。水肥一体化 30.21

cm, 较常规提升 10.90%; 控释肥 29.21 cm, 较常规提升 7.23%。成熟期: 叶宽达到最大。水肥一体化 34.39 cm, 较常规提升 6.04%; 控释肥 33.04 cm, 较常规提升 1.88%。说明水肥一体化更有利于叶片充分发育, 提高有效叶面积[20], 提升光合生产力。

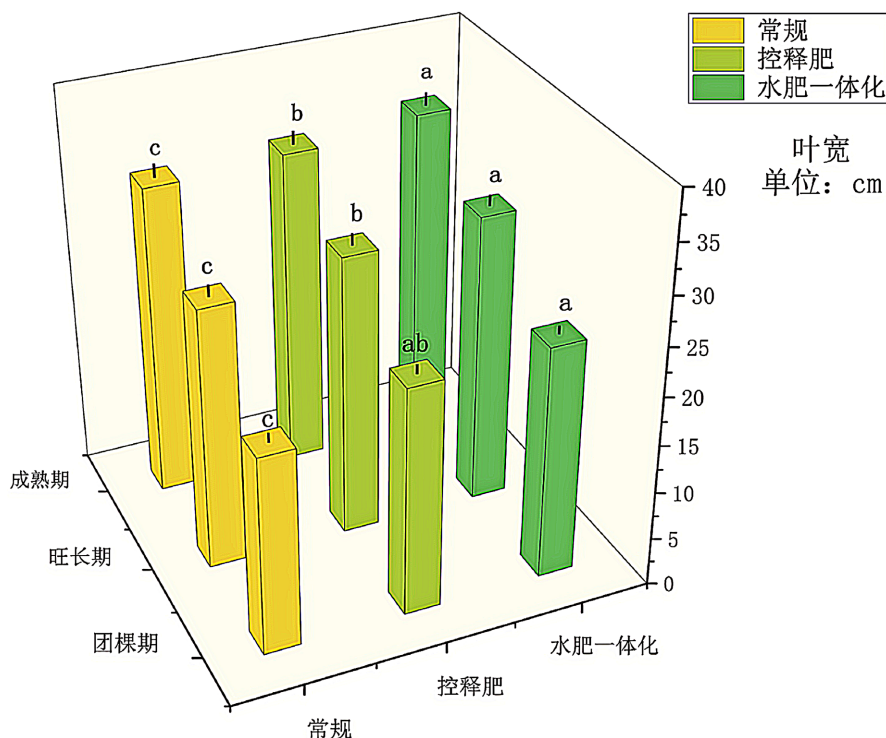


Figure 2. Leaf width of tobacco plants with different fertilization methods in different periods
图 2. 不同时期不同施肥方式烟株叶宽

3.3. 不同施肥模式对烟草叶长的影响

叶长与叶宽共同构成叶面积[21], 是判断烤烟叶片发育程度、田间整齐度、产质量潜力的重要指标。

由图 3 可知, 叶长整体呈“前期增长快、后期趋缓”趋势, 不同模式表现存在明显差异。团棵期: 控释肥 54.69 cm、水肥一体化 54.30 cm, 均显著高于常规 49.54 cm, 分别提升 10.40%、9.61%, 早期促叶效果明显。旺长期: 水肥一体化 72.03 cm 显著领先, 较常规提升 3.34%; 控释肥略低于常规, 可能与养分释放节奏有关。成熟期: 水肥一体化 73.59 cm, 较常规提升 2.34%; 控释肥略低于常规。说明水肥一体化在生育中后期持续稳定供肥[22], 保证叶片充分伸长, 叶片舒展、开片好, 更符合优质烤烟形态标准。

3.4. 不同施肥模式对烟草株高的影响

株高反映烟株纵向生长势、群体结构、空间利用效率[23]。株高过矮则生长偏弱, 过高易倒伏, 适宜株高是优质烟田群体结构的重要标志。

由图 4 可见, 株高随生育进程快速增长, 处理间差异极显著[24]。团棵期: 水肥一体化 39.58 cm, 较常规提升 42.32%; 控释肥 32.54 cm, 较常规提升 17.01%。水肥一体化促进烟株早生快发效果最为突出。旺长期: 烟株快速拔节, 水肥一体化 147.32 cm、控释肥 143.25 cm, 分别较常规提升 21.99%、18.63%, 长势差异显著。成熟期: 株高趋于稳定。水肥一体化 150.54 cm, 较常规提升 9.79%; 控释肥 143.46 cm, 较常规提升 4.62%。表明水肥一体化的烟株株高适中、长势健壮、群体结构更合理, 有利于通风透光与机械作业[25]。

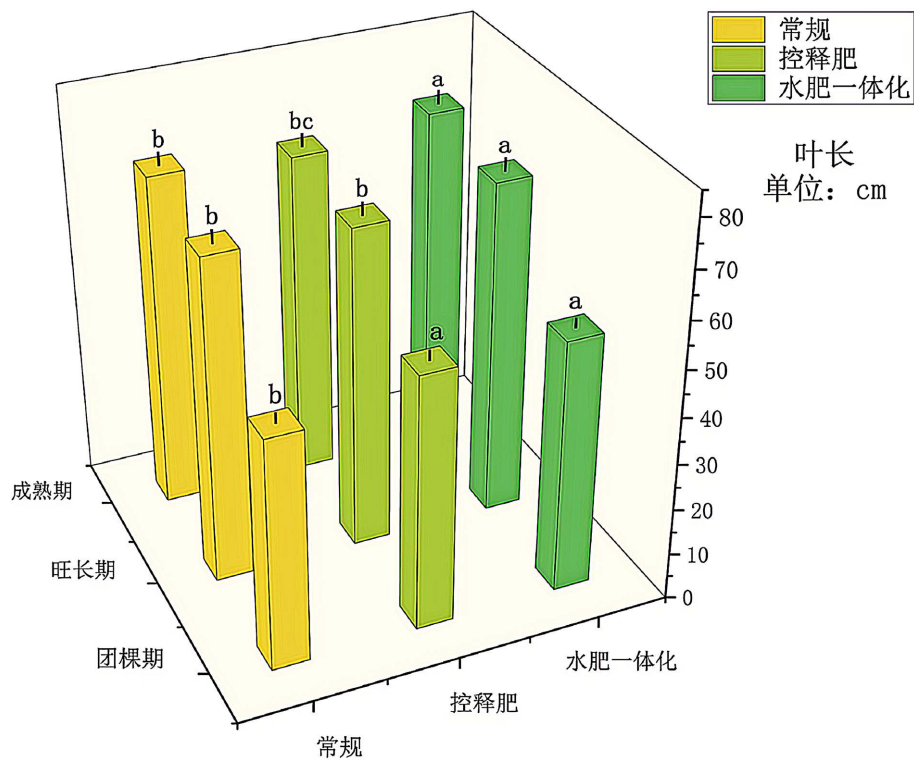


Figure 3. Leaf length of tobacco plants under different fertilization methods at different growth stages
图 3. 不同时期不同施肥方式烟株叶长

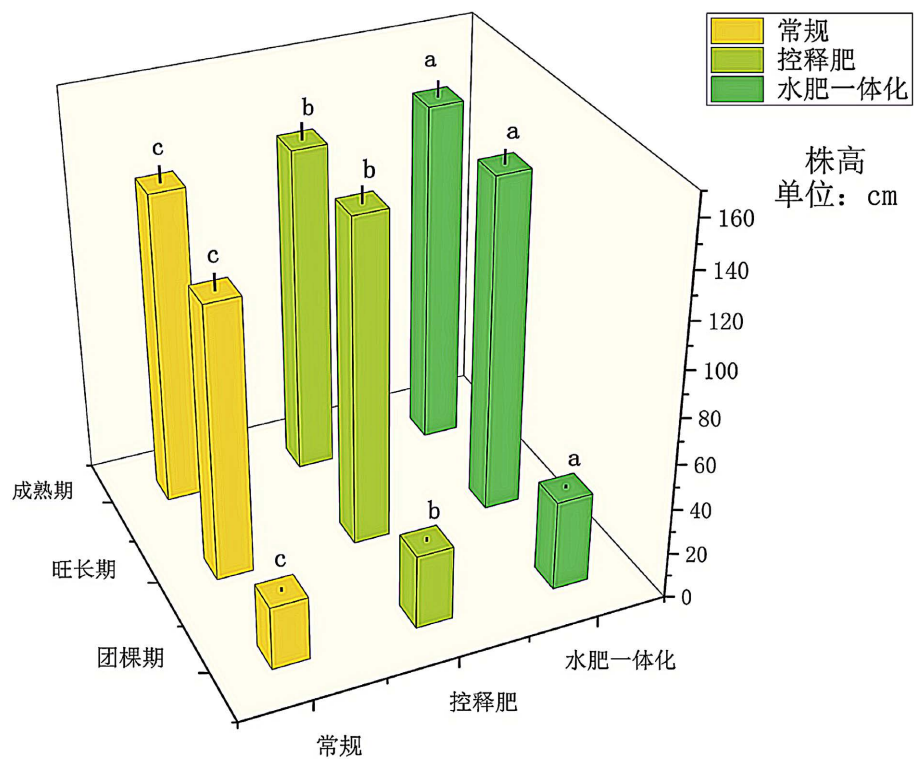


Figure 4. Plant height of tobacco plants under different fertilization methods at different growth stages
图 4. 不同时期不同施肥方式烟株株高

3.5. 全生育期农艺性状综合对比

综合四项指标可以看出：三种施肥模式下烟草农艺性状均符合团棵期到旺长期快速增长再到成熟期稳定的正常生长规律[26]，无徒长或早衰现象；同一时期不同施肥模式下农艺性状整体表现为：水肥一体化 > 控释肥 > 常规施肥。水肥一体化在旺长期、成熟期优势最稳定、最显著；控释肥在团棵期表现突出；常规施肥全生育期均处于较低水平[27]。控释肥在叶长、叶宽方面中后期略逊于水肥一体化，主要原因是砂质土保肥差，控释肥后期养分释放与淋溶共同作用，供肥强度略低于精准调控的水肥一体化[28]。

4. 讨论

4.1. 施肥模式对烟草农艺性状的调控效应

本研究表明，施肥模式通过改变养分供应强度、时间、空间分布，直接影响烟株器官建成与生长发育节奏。常规施肥采用传统人工撒施/穴施[29]，养分释放快、易挥发、易淋失，前期浓度偏高、中后期供肥不足，导致烟株生长不平稳，农艺性状整体偏低[30]。控释肥依靠包膜缓慢释放养分，一次基施、全程供肥，减少施肥次数，省工省力，在团棵期促早发效果明显，适合劳动力短缺地区。但在砂质土壤条件下，降雨集中时仍存在一定养分淋失风险，中后期供肥强度略不足。水肥一体化将水分与养分同步、精准、直接输送至根系密集区，实现按需供给、根区施肥、高效利用，大幅降低养分淋溶这一造成养分散失的可能因素，尤其适配砂质土壤[31]。因此，水肥一体化的烟株株高更适中、茎秆更粗壮、叶片更舒展、长势更整齐，农艺性状全面最优[32]。

4.2. 砂质土壤条件下施肥模式的适配性分析

莒南、沂源烟区属于典型丘陵砂质烟区，土壤砂粒含量高、黏粒少、结构性差、保水保肥能力弱，是限制烤烟生长的主要因素[33]。

常规施肥：与砂质土壤适配性最差，养分利用率低、浪费大、易造成面源污染，烟株长势弱、整齐度差[34]。控释肥：适配性中等，可减少施肥次数，平稳供肥，缓解前期烧苗、后期脱肥问题，农艺性状显著改善。水肥一体化：适配性最优，从根本上克服砂质土漏水漏肥缺陷，实现水肥高效利用[35]，烟株健壮、叶片开片好、抗逆性强，同时有利于土壤保育、减施增效、绿色生产，与山东省公司砂质土壤保育重大专项目标高度一致[36]。

4.3. 对山东烟区生产实践的指导意义

优先推广水肥一体化，在具备滴灌条件的规模化、标准化烟田，全面推行水肥一体化，可显著提升农艺性状[37]、改善烟叶等级结构、提高产值效益。适度推广控释肥，在暂不具备滴灌条件、劳动力紧张、地块分散的烟区，推广控释肥一次性基施，简化农事操作，稳定提升农艺性状，实现节本增效。逐步替代常规施肥，传统常规施肥应逐步退出主产区，通过技术培训、示范带动、项目扶持等方式[38]，向精准施肥、高效施肥转型，推动砂质烟区可持续发展。

5. 结论

不同施肥模式对烤烟株高、茎围、叶长、叶宽四项核心农艺性状具有显著调控作用[39]，全生育期综合表现排序为：水肥一体化 > 控释肥 > 常规施肥。团棵期，控释肥与水肥一体化均显著促进烟株早生快发，茎围、叶宽、叶长、株高显著高于常规施肥，早期壮苗效果突出。旺长期至成熟期，水肥一体化供肥节奏与烟株需肥高峰高度匹配[40]，农艺性状优势持续扩大，烟株茎秆最粗壮、叶片发育最充分、株高结构最合理[41]，抗倒伏能力与光合生产能力最强。莒南、沂源丘陵砂质土壤保水保肥能力弱，水肥一体

化通过“水肥同步、精准供给”最能适配土壤特性，在促进农艺性状方面表现最优，具有成为优质高效生产模式的潜力[42]；控释肥可作为过渡替代方案；常规施肥需逐步优化升级。本研究结果可为山东烟区砂质土壤保育、施肥技术集成、技术规程制定、示范推广提供坚实数据支撑与理论参考[43]，对推动山东烤烟绿色高质量发展具有重要应用价值。

6. 展望

未来可在本研究基础上，进一步开展以下工作：结合土壤理化性质、微生物群落、酶活性等指标[44]，系统揭示施肥模式对砂质土壤保育的长期效应；研究不同施肥模式对烤烟内在化学成分、香气物质、感官质量的影响[45]，构建“农艺性状 + 品质性状”综合评价体系；优化水肥一体化施肥方案，形成不同生态区、不同土壤类型的精准施肥技术规程[46]；加大示范推广力度，推动技术成果快速转化，助力山东烟区全面实现提质增效、绿色发展。

基金项目

中国烟草总公司山东省公司山东烟区丘陵砂质土壤保育技术项目，项目编号(KN326)。

参考文献

- [1] 王妍妮, 罗应坤, 李成杰, 等. 烤烟不同施肥方式及施肥量对烟叶产质量影响[J]. 天津农业科学, 2026, 32(2): 17-23.
- [2] 贺智谋, 夏天, 赖劲鹏, 等. 有机肥和复合肥配施对烤烟 ZY157 产量及生长的影响[J/OL]. 安徽农业科学: 1-7. <https://link.cnki.net/urlid/34.1076.S.20260109.1308.002>, 2026-06-02.
- [3] 崔光周, 张警予, 王子臣, 等. 追施不同钾肥对水肥一体化滴灌烟草生长、产量及产值的影响[J]. 中南农业科技, 2025, 46(S1): 1-6.
- [4] 赵阿娟, 区禧贤, 翟争光, 等. 一次性施用缓控释氮钾肥对烟草生长的影响[J]. 湖北农业科学, 2025, 64(11): 102-109, 118.
- [5] Lai, X., Hou, S., Liu, S., Zhang, W., Peng, Z., Yang, J., *et al.* (2026) Mixed Application of Microbial Fertilizers Reshapes the Tobacco Rhizosphere Microbiome and Enhances Metabolic Coordination to Improve Crop Quality. *Frontiers in Microbiology*, **16**, Article 1726681. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1726681>
- [6] Wang, J., Yu, X. and Yu, T. (2026) Multiple Omics Analysis Reveals the Response Mechanism of Tobacco Seedlings to Different Magnesium Concentrations. *BMC Plant Biology*, **26**, Article No. 270. <https://doi.org/10.1186/s12870-026-08138-0>
- [7] Liang, Y., Cheng, W., Peng, B., Xiao, J., He, Y., Xiao, H., *et al.* (2025) Microbial Response Mechanisms of Organic Nitrogen Substitution for Optimizing Tobacco Yield and Quality: The Key Role of 50% Organic Nitrogen. *Frontiers in Microbiology*, **16**, Article 1698745. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1698745>
- [8] 唐艺, 涂学仙, 杨凯, 等. 不同烟草有机肥施用量对“红花大金元”农艺性状和产量品质的影响[J]. 种子科技, 2025, 43(20): 13-15.
- [9] 章慧芬, 尹冬, 韩方仪, 等. 不同形态氮配比对烤烟农艺性状及产质量的影响[J]. 农业技术与装备, 2025(9): 176-178, 181.
- [10] 张珂, 史小军, 刘璐, 等. 不同肥料配施对晒黄烟根际土壤细菌群落及产质量的影响[J]. 湖南农业科学, 2025(10): 29-35.
- [11] 吕大树, 杨洋, 杨燕, 等. 有机肥施用量对烟草农艺性状及产质量的影响[J]. 植物医学, 2025, 4(2): 74-80.
- [12] 王冰, 李金红, 周桂凤, 等. 不同土壤改良剂、施肥方式及留叶数对烤烟生长发育的影响[J]. 南方农业, 2025, 19(3): 17-23, 32.
- [13] 农世英, 宋战峰, 张得平, 等. 烤烟专用有机-无机复混肥对烟草生长的影响[J]. 生物灾害科学, 2024, 47(3): 451-457.
- [14] 陈小翔, 杨承, 贺帅, 等. 不同施肥方式对土壤理化性质和烟草生长的影响[J]. 山地农业生物学报, 2024, 43(5): 26-31, 52.
- [15] 罗优, 韩天华, 张雪奇, 等. 有机肥施肥方式和配施减氮肥对烟草生长·产量和质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(21): 157-160.

- [16] Budimir, A., Svitlica, B., Kiš, D., Lovrić, A. and Šarčević, H. (2019) Effect of Nitrogen Fertilization Rate and Type of Nitrogen Fertilizer on Agronomic and Morphological Traits of Flue-Cured Tobacco. *Poljoprivreda*, **25**, 11-17.
- [17] Zou, C., Pearce, R.C., Grove, J.H. and Coyne, M.S. (2016) No-Tillage Culture and Nitrogen Fertilizer Management for Burley Tobacco Production. *The Journal of Agricultural Science*, **155**, 599-612.
<https://doi.org/10.1017/s0021859616000733>
- [18] 张福光. 不同施肥水平条件下山地烟区烤烟物质积累和养分吸收规律研究[J]. 现代农业科技, 2022(19): 10-13.
- [19] 尹光彬, 李攀, 黄敏, 等. 滴灌条件下常规烟草专用肥施用技术对烟叶的影响[J]. 云南农业, 2022(8): 71-74.
- [20] 叶赞. 新型缓释钾肥对烟草钾营养调控与品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽农业大学, 2022.
- [21] 雷洋. 不同施肥处理对铁岭植烟土壤性状及烟草生长与品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2022.
- [22] 张艳艳, 谢晏芬, 高斯源, 等. 烤烟施肥枪施肥效果初探[J]. 云南农业, 2022(3): 74-78.
- [23] 周家新, 杨悦章, 陈建国, 等. 烟草免地膜漏斗式移栽适宜的施肥方法研究[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(19): 38-39.
- [24] 徐锐, 李彬, 宋洪昌, 等. 生物有机-无机复合肥对烤烟农艺性状及经济性状的影响[J]. 现代农业科技, 2020(22): 16-17, 29.
- [25] 曾成城, 苏天明, 苏利荣, 等. 不同施肥技术对烟草产量品质及效益的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(2): 104-107.
- [26] 黄隆. 不同施肥处理对烤烟翠碧一号生长发育与产质量的影响[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2019.
- [27] 陈晨, 陈俊龙, 董昱恺, 等. 不同施肥方法对烤烟生长发育和产量、质量的影响[J]. 农业装备技术, 2019, 45(5): 28-33, 36.
- [28] Tian, F., Zhang, L., Niu, L., Fan, X., Han, Y., Liu, Y., *et al.* (2025) Non-Targeted Metabolomics Reveals Tobacco Metabolites Associated with Roasted Tobacco Quality under Organic Substitution. *Agronomy*, **15**, Article 470.
<https://doi.org/10.3390/agronomy15020470>
- [29] Jiang, Y., Gu, K., Song, L., Zhang, C., Liu, J., Chu, H., *et al.* (2025) Fertilization and Rotation Enhance Tobacco Yield by Regulating Soil Physicochemical and Microbial Properties. *Soil and Tillage Research*, **247**, Article ID: 106364.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106364>
- [30] Jiao, Y., Chen, Q., Guo, X., Li, H., Chen, X., Men, K., *et al.* (2024) Effect of Potassium Fulvate on Continuous Tobacco Cropping Soils and Crop Growth. *Frontiers in Plant Science*, **15**, Article 1457793.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1457793>
- [31] 王黎, 梁梅, 范江, 等. 缓/控释肥在烟草上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2018(24): 12, 14.
- [32] 席奇亮. 基于水肥一体化技术的烤烟增产提质效应分析[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2018.
- [33] 潘周云, 田景先, 陈杰, 等. 施肥量和密度对烤烟新品种 NC102 农艺性状及产质量的影响[J]. 耕作与栽培, 2018(1): 4-6.
- [34] 周健飞, 彭玉富, 程玉渊, 等. 水肥一体化技术在南阳烟区的应用效果[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(12): 72-76.
- [35] 崔丙慧. 烟草增效提质减量化施肥技术研究[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(11): 69, 91.
- [36] 李鹏. 滴灌条件下不同配比水溶肥对烤烟产量及品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
- [37] 张为涛. 控释钾肥对小麦/玉米和烟草养分吸收、产量及土壤养分的影响[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [38] 卫宣志. 水肥一体化条件下氮用量和施肥方式对烟草草品质及产量的影响[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2017.
- [39] 李世金, 谢强, 刘国侠, 等. 不同施肥水平对烟草生产的影响[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(23): 65-67.
- [40] 何光道. 不同有机肥用量对土壤养分、烤烟农艺性状、产量及品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
- [41] 王琪. 滴灌条件下烤烟水肥供应最佳时期及用量的研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
- [42] Liao, R., Dongchen, W., Lin, C., Liu, Z. and Mao, Z. (2026) Integrated Transcriptome and Metabolome Analysis Reveals the Mechanisms Underlying Yield Trends and Alterations in Seed Oil Composition of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) under Paddy-Upland Rotation Systems. *Journal of Agriculture and Food Research*, **26**, Article ID: 102705.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2026.102705>
- [43] Luo, C., Wang, X., Li, Y., Ding, H., Liu, T. and Dong, Y. (2024) Enhancing Soil Properties, Soil-Borne Diseases Control, and Quality through Selecting High C/N Agricultural Waste during Reductive Soil Disinfection for Continuous Tobacco

- Cropping. *Crop Protection*, **180**, Article ID: 106657. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106657>
- [44] Gui, L., Xia, L., Yang, J., *et al.* (2023) Effects of Different Chemical Fertilizer Reduction Techniques on Flue-Cured Tobacco Production. *Agricultural Biotechnology*, **12**, 48-51, 61.
- [45] Wang, Y., Liu, X., Di, H., He, X., Sun, Y., Xiang, S., *et al.* (2024) The Mechanism of Microbial Community Succession and Microbial Co-Occurrence Network in Soil with Compost Application. *Science of the Total Environment*, **906**, Article ID: 167409. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167409>
- [46] Qin, F., Rao, D., Yu, H., Han, Y., Pan, G., Hu, Z., *et al.* (2023) Reductive Soil Disinfestation to Improve Soil Properties in Long-Term Tobacco Cultivation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, **69**, 3284-3299. <https://doi.org/10.1080/03650340.2023.2225433>