

不同种植模式对烤烟生长发育及烟叶产量的影响

王丽丽, 杨波, 刘恩锋, 尹慧, 周龙, 程云吉, 欧开元,
陈文军, 谭效磊, 陈秀斋, 田雷*

山东临沂烟草有限公司, 山东 临沂

收稿日期: 2025年5月5日; 录用日期: 2025年6月5日; 发布日期: 2025年6月13日

摘要

烤烟作为一种重要的经济作物, 在长期连续种植模式下, 作物会产量降低。本研究旨在探究不同种植模式对烟草生长及产量的影响, 为优化烟草种植模式提供科学依据。设置了烤烟连作、烟-麦2/11带状复合种植和烟麦轮作3种植模式, 比较了烤烟农艺性状、光合特性参数、叶绿素含量、干物质积累与产量的差异。结果表明, 无论是团棵期还是成熟期, 烟麦轮作和烟麦带状种植均可以提高烟株的叶长、叶宽、株高、茎围、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度、叶绿素含量、干物质积累量及烟叶产量。烟麦轮作与烟麦带状种植烟叶产量分别为175 Kg/亩、168 Kg/亩, 与烤烟连作相比, 分别增加了14.38%、9.80%。表明烟麦轮作和烟麦带状种植有助于烟草生长, 为烟草种植提供了参考。

关键词

烤烟, 种植模式, 生长, 产量

Effects of Different Planting Patterns on the Growth and Development of Flue-Cured Tobacco and Leaf Yield

Lili Wang, Bo Yang, Enfeng Liu, Hui Yin, Long Zhou, Yunji Cheng, Kaiyuan Ou,
Wenjun Chen, Xiaolei Tan, Xiuzhai Chen, Lei Tian*

Linyi Tobacco Co., Ltd. of Shandong Province, Linyi Shandong

Received: May 5th, 2025; accepted: Jun. 5th, 2025; published: Jun. 13th, 2025

Abstract

Flue-cured tobacco, as an important economic crop, experiences a decline in yield under long-term

*通讯作者。

文章引用: 王丽丽, 杨波, 刘恩锋, 尹慧, 周龙, 程云吉, 欧开元, 陈文军, 谭效磊, 陈秀斋, 田雷. 不同种植模式对烤烟生长发育及烟叶产量的影响[J]. 农业科学, 2025, 15(6): 751-758. DOI: 10.12677/hjas.2025.156092

continuous cultivation. This study aims to explore the effects of different planting patterns on the growth and yield of flue-cured tobacco, providing a scientific basis for optimizing tobacco planting patterns. Three planting patterns were set up: continuous flue-cured tobacco cultivation, flue-cured tobacco-wheat 2/11 strip intercropping, and flue-cured tobacco-wheat rotation. The differences in agronomic traits, photosynthetic characteristic parameters, chlorophyll content, dry matter accumulation, and yield of flue-cured tobacco were compared. The results showed that both at the rosette stage and the mature stage, flue-cured tobacco-wheat rotation and flue-cured tobacco-wheat strip intercropping could increase the leaf length, leaf width, plant height, stem girth, net photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular carbon dioxide concentration, chlorophyll content, dry matter accumulation, and yield of flue-cured tobacco. The yields of flue-cured tobacco in flue-cured tobacco-wheat rotation and flue-cured tobacco-wheat strip intercropping were 175 kg/mu and 168 kg/mu, respectively, which were 14.38% and 9.80% higher than those in continuous flue-cured tobacco cultivation. This indicates that flue-cured tobacco-wheat rotation and flue-cured tobacco-wheat strip intercropping are beneficial to the growth of flue-cured tobacco and provide a reference for tobacco planting.

Keywords

Flue-Cured Tobacco, Planting Pattern, Growth, Yield

Copyright © 2025 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

烤烟是我国重要的经济作物之一。烤烟种植区存在连作现象,导致烟草病害日益严重,给烟草产业带来巨大的经济损失[1]。在相同地块上多年连续种植同一种作物,由于有害物质的逐年积累,会出现作物生长发育状况恶化,导致作物产量下降,这种现象称为连作障碍[2]。烤烟是不耐连作作物,长期连作模式下,影响烟株的正常生长,导致其产量下降[3]。缓解烤烟连作障碍的方式有很多,如轮作、间套作等农艺措施,其中轮作是一种有利于土壤健康的可持续措施[4]。烟草是喜光作物,与冬季作物套种时,随着移栽季节提前,烟株营养的生长时间也得到延长,从而提高了烟叶产量和质量。有效地增加光合时间、改善光照分布、增大光合面积和增加光截获量都是间套作模式的优势[5]。作物的间套作种植模式在作物高产、高效以及实现农业绿色发展方面受到人们广泛关注[6]。作物间套作种植模式可以促进作物生长发育,进而提升作物生产力[7]。

目前,关于间套作种植模式的相关研究[8]-[10]以禾本科与豆科互作为主,同时茄科、豆科与禾本科其他科属作物间套作也成为热点研究,如烤烟与大豆[11]、马铃薯与玉米[12]等。随着粮食安全问题的聚焦,烟草生产不断积极推进粮烟协同发展,小麦后抢茬套种烤烟已在我国部分核心烟区试行,有效促进了粮食生产和安全。烤烟是一个精耕细作的经济作物,对于大田整地有严格的要求,如果在其他作物生育后期套作烤烟势必会造成大田整地难以操作的问题。因此,必须将烤烟及其后茬套作作物作为一个有机整体,充分兼顾两种作物特点,进行合理的田间管理措施优化,尽量减少套作给烤烟生产带来的影响[13]。本试验探究不同种植模式对植烟生长及产量的影响,旨在缓解烟草连作障碍引起的危害,通过轮作和间套作,可有效缓解连作障碍,改善作物生长环境,旨在为烟粮协同种植提供理论基础。

2. 材料与方法

2.1. 取样地概况

取样地点为山东省临沂市平邑县保太镇保太烟站试验田，平邑县属于温带大陆性气候，选取土壤肥力均匀的地块，试验区土壤类型为棕壤土，基本土壤理化性质为：pH 7.97，有机碳 9.41 g/Kg，碱解氮 49.2 mg/Kg，有效磷 6.8 mg/Kg，速效钾 83.3 mg/Kg。烤烟品种为中烟特香 301，株行距为 50 cm × 120 cm，烟草专用掺混肥料(N:P₂O₅:K₂O 为 6:9:20)，大田管理按照栽培管理标准化要求执行。

2.2. 试验设计

设置 3 种植模式，T1：连续种植两年烤烟、T2：烟 - 麦 2/11 带状复合种植、T3：烟麦轮作。其中烟 - 麦 2/11 带状复合种植模式为烤烟 2 行，小麦 11 行，小麦于 2023 年 10 月 1 日播种，次年 5 月 25 日收获，烤烟于 2024 年 5 月 1 日移栽，9 月初收获。使用的小麦播种机宽度在 2.5 m 左右，单次播种 9~11 行，割幅 2.5 m，小麦收割机宽度为 2.9 m；烟草双行起垄机宽度 250 cm 左右。

2.3. 测定项目与方法

2.3.1. 农艺性状调查

每个小区选择长势一致的烟株 10 株，根据烟草行业公布的《烟草农艺性状调查测量方法：YC/T 142-2010》[14]，在团棵期、旺长期、成熟期记录烟株株高、最大叶长、叶宽及茎围。

2.3.2. 光合特性参数测定

在烤烟团棵期、成熟期，利用 Yaxin-1105 便携式光合仪，在晴天上午 9:00~11:00，自然光下，取长势一致的六株烟株作为生物学重复，测定其光合特性参数。具体做法为：打开光合仪的开关，用碱石灰管进行调零，用二氧化碳分析仪器调满，调零和调满完成后，点击光合测量，开路手动测量，进行参数设置，用光合作用测定仪的夹子，夹住每株同部位的叶片中部。点击开始，当屏幕显示的 RHi 值和 CO₂i 等值达到相对稳定时进行下一步操作。同样，当各项数据再次达到相对稳定后进行下一步操作，界面有光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Cleaf)、细胞间二氧化碳浓度(CO₂int)，四项计算结果显示。取平均值进行分析。

2.3.3. 叶绿素含量测定

在烤烟团棵期、成熟期，晴朗的上午 9:00 开始对每个小区的烟株随机选取 6 株，用 SPAD 叶绿素仪测定中部叶片(从下到上的第 10 叶位)叶绿素的相对含量(以 SPAD 值表示)。

2.3.4. 干物质积累量及产量测定

在烟株成熟期，从每个试验小区内随机选取三株烤烟，不同处理、不同部位的烟叶均单独采收编号，烟叶采收完成后，将剩余的根、茎全部挖出，挖出后用刀具将根、茎分开。将根、茎、叶分类装入牛皮纸袋中，放入烘箱 105℃ 条件下杀青 30 min 后，再于 65℃ 条件下烘干至恒重，称取各部位生物量，即为烟株的干物质积累量。烤烟产量 = 种植面积 × 单位面积株数 × 单株有效叶数 × 平均单叶质量/1000 [15]。

2.4. 数据处理与统计分析

将收集到的数据采用 Excel 2024 记录，使用 IBM SPSS Stastics 27 软件对所收集到的数据进行显著性分析。P < 0.05 认为处理之间差异有统计学意义。利用 Origin2022 进行柱状图绘制。

3. 结果与分析

3.1. 不同种植模式对烤烟农艺性状的影响

由表 1 可知, 在团棵期, 烟麦轮作的株高、最大叶长、叶宽与烤烟连作差异显著, 烟麦轮作的株高为 34.8 cm, 与烤烟连作相比, 增加了 6.42%。在旺长期, 烟麦轮作、烟麦带状种植与烤烟连作的最大叶长均有显著差异, 烟麦轮作的最大叶长为 70.3 cm, 与烤烟连作相比, 增加了 14.68%。在成熟期, 烟麦带状种植的最大叶长与烤烟连作差异显著, 与烟麦轮作无显著差异, 而株高、茎围均无显著差异, 烟麦带状种植的最大叶长为 76.9 cm, 与烤烟连作相比, 增加了 2.67%。表明烟麦轮作和烟麦带状种植可以促进烟株的生长。

Table 1. Effects of different planting patterns on agronomic traits of flue-cured tobacco

表 1. 不同种植模式对烤烟农艺性状的影响

时期	种植模式	株高(cm)	茎围(cm)	最大叶长(cm)	最大叶宽(cm)
团棵期	T1	32.7 ± 2.3 ^b	7.1 ± 1.2 ^a	43.5 ± 3.9 ^b	23.2 ± 2.5 ^b
	T2	34.3 ± 2.5 ^a	7.3 ± 1.5 ^a	47.2 ± 4.8 ^a	25.7 ± 3.2 ^b
	T3	34.8 ± 1.7 ^a	7.9 ± 1.3 ^a	49.5 ± 4.3 ^a	27.8 ± 2.9 ^a
旺长期	T1	58.1 ± 3.5 ^b	8.9 ± 1.4 ^b	61.3 ± 5.8 ^c	32.5 ± 3.6 ^b
	T2	58.8 ± 3.6 ^b	9.4 ± 1.6 ^{ab}	68.2 ± 5.3 ^b	33.4 ± 2.9 ^b
	T3	59.6 ± 2.5 ^a	10.3 ± 1.3 ^a	70.3 ± 5.9 ^a	36.5 ± 3.7 ^a
成熟期	T1	109.5 ± 6.2 ^a	11.5 ± 1.3 ^a	74.9 ± 6.3 ^b	36.7 ± 2.8 ^b
	T2	110.8 ± 5.7 ^a	11.7 ± 1.8 ^a	76.9 ± 6.2 ^a	37.9 ± 4.6 ^b
	T3	115.8 ± 6.3 ^a	12.6 ± 1.2 ^a	76.3 ± 6.2 ^a	39.6 ± 3.9 ^a

注: 不同的小写字母表示处理之间差异显著(P < 0.05)。

3.2. 不同种植模式对烤烟光合特性参数的影响

由图 1 可知, 在烟株团棵期与成熟期, 烟麦轮作与烟麦带状种植的净光合速率、蒸腾速率均无显著差异, 与烤烟连作差异显著, 在团棵期, 烟麦轮作的净光合速率、蒸腾速率与烤烟连作相比, 分别增加了 29.89%、32.00%。无论是团棵期还是成熟期, 种植模式对胞间 CO₂ 浓度无显著影响。在同一种种植模式下, 团棵期的光合特性参数均高于成熟期, 这主要是团棵期积累较多的有机物, 对烟株的光合作用有促进作用。烟麦轮作和烟麦带状种植可以提高烟株的光合特性参数, 促进烟株的生长。

3.3. 不同种植模式对烤烟叶绿素含量(SPAD)的影响

由图 2 可知, 在团棵期与成熟期, 烟麦轮作与烤烟连作的叶绿素含量具有显著差异, 烟麦轮作的叶绿素含量最高, 分别为 40.2、34.5; 与烤烟连作相比, 分别增加了 7.2%、2.2%。在同一种种植模式下, 团棵期的叶绿素含量均高于成熟期。烟麦轮作对烟株的叶绿素含量有促进作用。

3.4. 不同种植模式对烤烟干物质积累及产量的影响

由图 3 可知, 不同种植模式对烤烟根的干物质积累彼此之间差异显著。在茎的干物质积累中, 烟麦带状种植与烤烟连作无显著差异, 在根、茎、叶的干物质积累中, 烟麦轮作与烤烟连作均有显著差异, 烟麦轮作的干物质积累均最高, 与烤烟连作相比, 分别增加了 35.58%、9.42%、6.76%。烟麦轮作与烟麦带状种植均可以提高干物质积累量。烟麦轮作与烤烟连作对产量有显著差异, 烟麦轮作的产量最高,

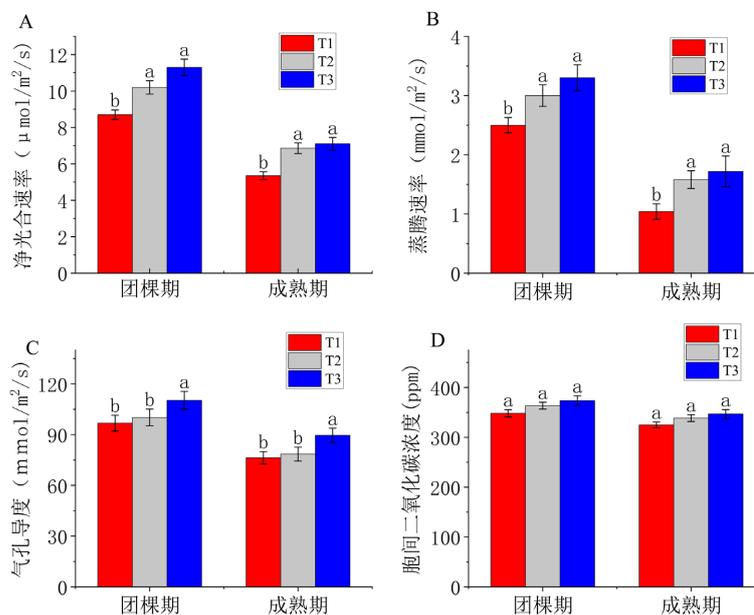


Figure 1. Effects of different planting patterns on photosynthetic characteristics parameters of flue-cured tobacco
图 1. 不同种植模式对烤烟光合特性参数的影响

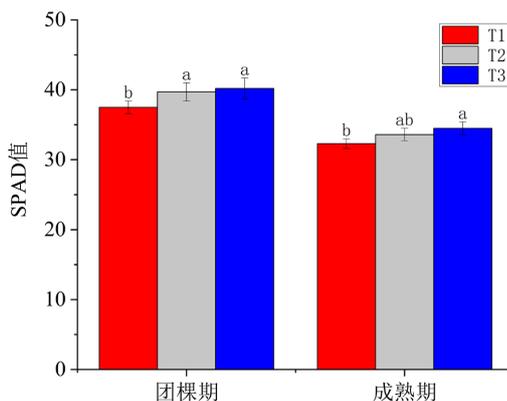


Figure 2. The influence of different planting methods on the chlorophyll content of flue-cured tobacco
图 2. 不同种植模式对烤烟叶绿素含量的影响

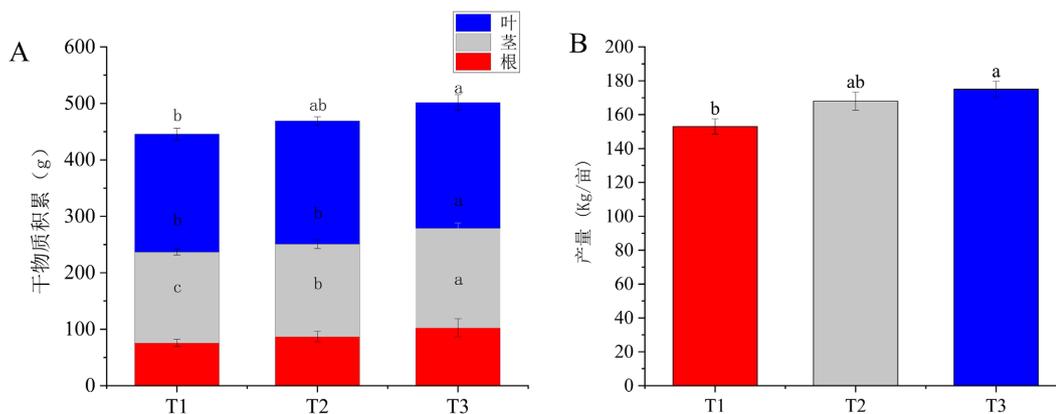
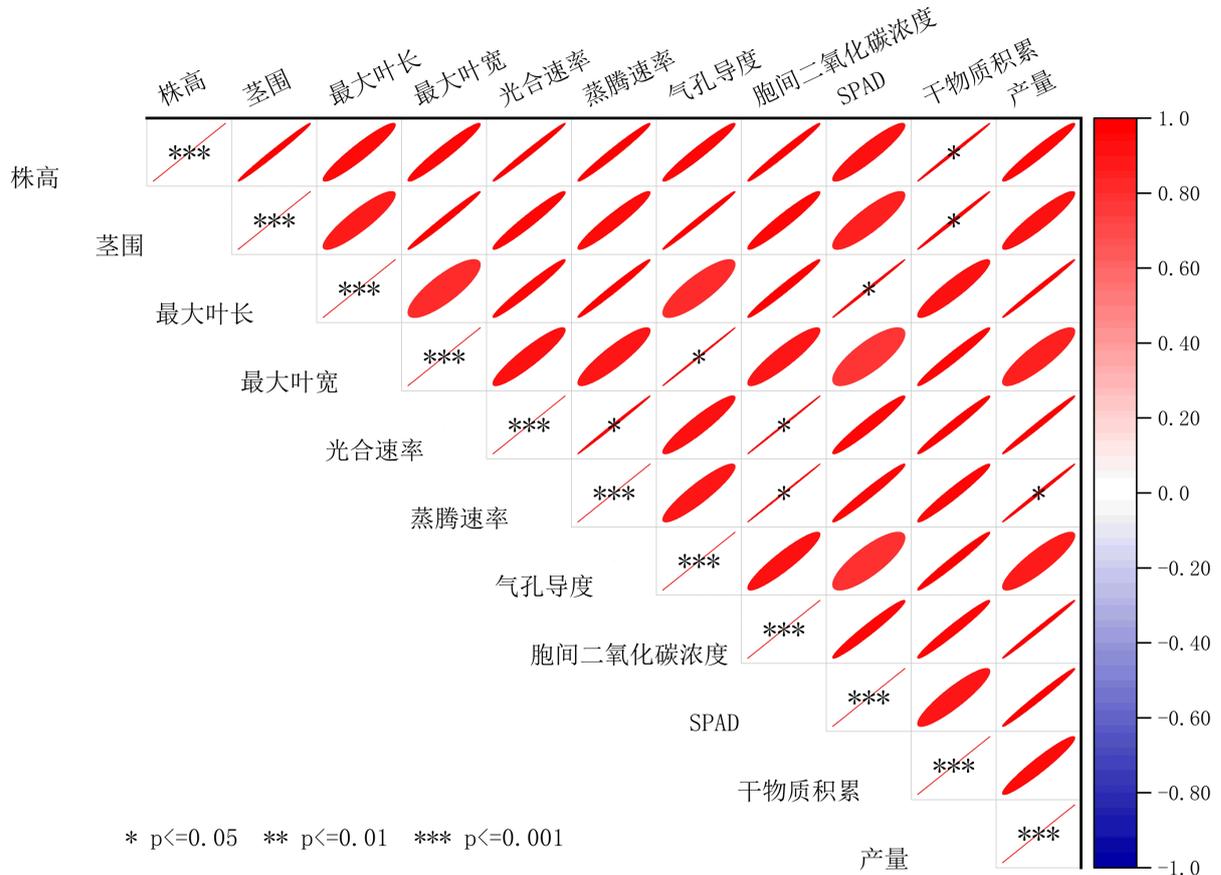


Figure 3. The effects of different cultivation methods on the accumulation of dry matter and yield of flue-cured tobacco
图 3. 不同种植模式对烤烟干物质积累量及产量的影响

为 175 Kg/亩，与烤烟连作相比，增加了 14.38%。烟麦轮作可以提高烟叶的产量。

3.5. 烟叶产量与烟株生理指标的相关性分析

由图 4 可知，烤烟的株高、茎围与干物质积累呈显著正相关($P < 0.05$)，最大叶长与 SPAD 值呈显著正相关，最大叶宽与气孔导度呈显著正相关，光合速率与蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度呈显著正相关，蒸腾速率与胞间二氧化碳浓度、烟叶产量呈显著正相关。这些指标共同影响烤烟的生长和烟叶的产量，在农业生产中，通过调控这些指标提高烟叶产量。



*表示在 0.05 水平显著相关；**表示在 0.01 水平显著相关；***表示在 0.001 水平显著相关。

Figure 4. Correlation analysis of tobacco yield and physiological indicators of tobacco plants
图 4. 烟叶产量与烟株生理指标的相关性分析

4. 讨论

长期的连作种植往往导致烤烟连作障碍，影响烟株的生长发育，导致烟叶产量下降[16]。间套作则能有效地利用光、水、土等资源，是促进我国农业持续发展的重要途径[17]。烟田复合种植目前在云南、贵州和湖南有研究报道，康庆华等提出套作种植的产量与单作种植比较，经济效益有着明显的提高[18]。舒杰发现烤烟套作与烤烟单作相比，不仅可提高甘薯的产量，还可提高烟叶的产质量[19]；罗华杰提出烤烟单作处理的产量比套作苜蓿处理要低，而烤烟单作处理的产量比套作萝卜和黑麦草处理高[20]；陈启龙等报道轮作处理的烟叶长势及烟叶产量、产值显著高于连作处理[21]。本研究表明，烟麦轮作与烟麦带状种植可以提高烤烟叶长、叶宽、株高、茎围、干物质积累量与烟叶产量。

烤烟是叶用经济作物,叶片的光合性能直接影响到烤烟叶片的产量和质量[22][23]。烟草干物质的90%以上来自于叶片的光合作用,净光合速率是反映叶片光合性能高低及衰老程度的重要指标[24][25],蒸腾速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度也是光合作用的重要参数。烤烟与套作作物共生期的合理设置是影响烟叶产量和套作效果的核心问题,烤烟与其他作物套作时,由于共生期长短的不同,会引起作物之间水、光、肥的利用问题,造成农民难以确定套作时间、套作作物和品种[26]。烟麦共生期是影响麦套烟生长发育的主要因素,烟麦共生期长短影响烤烟生长发育进程,对烤烟的成熟采收期、产量、烟叶含水量有一定的影响。程智敏的研究结果表明,麦、烟套作模式把烟苗生长空间变成了小麦通风透光的“走廊”,可有效提高小麦和烟叶光照强度[27]。烟粮轮作可以显著提高烤烟成熟期叶面积指数,增强烤烟的光合能力,最终提高烤烟产量[28]。本研究表明,烟麦轮作与烟麦带状种植可以提高烟株的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度与叶绿素含量,促进烟株的生长。

5. 结论

本研究表明,种植模式影响了烟株的生长,无论是团棵期还是成熟期,烟麦轮作和烟麦带状种植均可以提高烤烟的叶长、叶宽、株高、茎围、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度、叶绿素含量、干物质积累量及烟叶产量。烟麦轮作的产量最高,有利于烟株的生长。

基金项目

此项目由山东临沂烟草有限公司项目烟麦融合生产高效栽培技术研究与应用(2024371300260411)。

参考文献

- [1] 刘楚祺,赵高坤,邓小鹏,等.连作年限对植烟土壤养分和微生物量及胞外酶化学计量特征的影响[J].云南农业大学学报(自然科学),2023,38(3):494-502.
- [2] 张瑞丰,张智勇,陶建波,等.不同种植模式对重庆荞麦产量和发育的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2023,45(9):12-24.
- [3] 楚文,黄思菁,宋潇瑜,等.不同复种模式下烤烟烟叶产质量差异分析[J].作物研究,2024,38(5):364-371.
- [4] 张继光,申国明,张久权,等.烟草连作障碍研究进展[J].中国烟草科学,2011,32(3):95-99.
- [5] 秦平伟,汪代斌,杨超,等.烤烟-粮经作物间套作模式及在重庆的应用[J].植物医学,2024,3(1):79-85.
- [6] 陈俊南,姜文洋,咎志曼,等.玉米和花生同垄间作对作物光合特性和间作优势的影响[J].应用生态学报,2023,34(10):2672-2682.
- [7] 崔爱花,刘帅,白志刚,等.间作对旱地作物生长发育及生理生态影响的研究进展[J].中国农学通报,2021,37(18):1-5.
- [8] 何纪桐,马祥,琚泽亮,等.高寒区燕麦蚕豆间作比例对光合特性及地上生物量的影响[J].草地学报,2023,31(8):2399-2408.
- [9] 戴杰,刘亚林,李春杰,等.低磷条件下玉米|蚕豆间作作物根系间距对玉米磷吸收的影响[J].中国农业大学学报,2023,28(6):88-97.
- [10] 杨继芬,李永梅,李春培,等.大豆玉米间作提高红壤团聚体中真菌群落结构和多样性[J].植物营养与肥料学报,2023,29(5):889-899.
- [11] 涂勇,杨文钰,刘卫国,等.大豆与烤烟不同套作年限对根际土壤微生物数量的影响[J].作物学报,2015,41(5):733-742.
- [12] 肖力力,田山君,田双燕,等.玉米与马铃薯间作对马铃薯干物质积累与养分吸收、分配的影响[J].中国马铃薯,2021,35(6):520-528.
- [13] 王灿,肖志鹏,向鹏华.不同轮套作模式对植烟土壤根际微生物群落的影响[J].湖南农业科学,2022(7):1-5.
- [14] 国家烟草专卖局.烟草农艺性状调查测量方法:YC/T 142-2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [15] 王悦华,马珂,苏少伟,等.豫西旱地烟薯间作模式下不同株距对烤烟生长及产量质量的影响[J].干旱地区农业

- 研究, 2024, 42(1): 194-204.
- [16] 贾雪杰, 游明鸿, 李达旭, 等. 减量施肥对牧草/烤烟轮作系统中产量和土壤养分的影响[J]. 四川农业大学学报, 2024, 42(1): 166-173
- [17] 任杰, 刘新民, 冯长春, 等. 凉山促进烟农增收种植模式调查分析[J]. 中国烟草科学, 2019, 40(4): 84-91.
- [18] 康庆华, 宋喜霞, 姜卫东, 等. 亚麻品种华亚 5 号的选育及配套栽培、沤麻技术[J]. 中国种业, 2022(12): 119-121.
- [19] 舒杰. 湘西州烟薯不同套作时期对烟叶产质量影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [20] 罗华杰. 套作处理对植烟土壤养分和酶活性及烤烟品质的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- [21] 陈启龙, 毛家伟, 桂炎伟, 等. 不同种植制度对烤烟生长及烟叶产、质量的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(12): 56-59.
- [22] 张会慧, 金微微, 岳冰冰, 等. 连作对东北地区烤烟生长和叶片光合特性的影响[J]. 中国烟草科学, 2013(2): 18-22.
- [23] 李冬, 周俊学, 刘领, 等. 摘除不适用烟叶数量与方式对烤烟生理特性及产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(5): 19-24.
- [24] 孟显华, 符云鹏, 刘明, 等. 氮和钾施用量对烟草光合特性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2009, 35(3): 260-263.
- [25] 武圣江, 赵会纳, 王松峰, 等. 贵州特色烤烟农艺性状与光合特性研究[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(1): 113-116+122.
- [26] Wang, X., Li, Z., Jin, H., *et al.* (2023) Effects of Mushroom-Tobacco Rotation on Microbial Community Structure in Continuous Cropping Tobacco Soil. *Journal of Applied Microbiology*, lxad088. <https://doi.org/10.1093/jambio/lxad088>
- [27] 程智敏. 麦套烟增产增质机理与关键技术[J]. 云南农业科技, 1999(5): 9-11.
- [28] 肖楚文, 黄思菁, 宋潇瑜, 等. 不同复种模式下烤烟烟叶产质量差异分析[J]. 作物研究, 2024, 38(5): 364-371.