

张丽光, 杨亚星, 范雅琦, 等. 不同覆膜方式对旱作玉米产量与土壤理化性质的影响[J]. 山西农业科学, 2025, 53(4): 11-19.
ZHANG L G, YANG Y X, FAN Y Q, et al. Effects of different film mulching methods on yield and soil physical and chemical properties of dryland maize[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(4): 11-19.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2025.04.02

不同覆膜方式对旱作玉米产量与土壤理化性质的影响

张丽光¹, 杨亚星¹, 范雅琦¹, 赵 丽¹, 李晓瑞^{1,2}

(1. 山西农业大学 农学院, 山西 晋中 030801; 2. 寿阳县金穗种植专业合作社, 山西 晋中 045411)

摘 要:为系统评估地膜覆盖技术在缓解黄土高原旱作农业区水资源短缺、改善土壤质量及提升玉米生产力方面的效果, 设置全膜、半膜和无膜(对照)3个处理, 分析不同处理下玉米成熟期土壤物理结构、水分、养分含量、植株农艺性状、产量的变化。结果表明, 在土壤物理性质方面, 与无膜处理相比, 全膜处理显著降低了0~20 cm土层的土壤容重; 土壤养分方面, 全膜处理的0~20、20~40 cm土层下的碱解氮含量较无膜处理分别增加了32.85%、42.08%; 土壤全氮、速效钾含量则在半膜处理下表现最佳, 0~20 cm土层中全氮、速效钾含量分别为0.74 g/kg和82.48 mg/kg, 20~40 cm土层中全氮、速效钾含量分别为0.70 g/kg和65.17 mg/kg; 在玉米生长与产量方面, 全膜处理下玉米穗粗、穗质量、行粒数、粒质量和百粒质量均显著高于无膜处理; 不同处理玉米籽粒产量由高到低依次为全膜处理>半膜处理>无膜处理。综上, 在黄土高原旱作条件下, 地膜覆盖通过构建稳定的微环境和调节土壤理化性状, 利于植株对水分养分的吸收, 有助于改善产量构成因素, 从而显著提高玉米产量, 其中, 全膜覆盖下的作用效果更佳, 其可在旱作玉米种植区大面积推广使用。

关键词:旱作玉米; 地膜覆盖; 土壤理化性质; 农艺性状; 产量

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2025)04-0011-09

Effects of Different Film Mulching Methods on Yield and Soil Physical and Chemical Properties of Dryland Maize

ZHANG Liguang¹, YANG Yaxing¹, FAN Yaqi¹, ZHAO Li¹, LI Xiaorui^{1,2}

(1. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, China;

2. Shouyang County Jinsui Planting Professional Cooperative, Jinzhong 045411, China)

Abstract: To systematically evaluate the effects of plastic film mulching technology on alleviating water scarcity, improving soil quality, and enhancing maize productivity in the dryland farming areas of the Loess Plateau, in this study, three treatments were established: full plastic film mulching, semi-plastic film mulching, and no mulching(control). The analysis examined soil physical structure, moisture content, nutrient levels, maize plant agronomic traits, and yield at maturity under different treatments. The results indicated that regarding soil physical properties:, compared to the no mulching control, full plastic film mulching significantly reduced soil bulk density in the 0-20 cm soil layer. Regarding soil nutrients, alkali-hydrolyzable nitrogen content in the 0-20 and 20-40 cm soil layers under full mulching increased by 32.85% and 42.08%, respectively, compared to no mulching. Soil total nitrogen and available potassium contents were highest under semi-mulching, measuring 0.74 g/kg and 82.48 mg/kg in the 0-20 cm layer, and 0.70 g/kg and 65.17 mg/kg in the 20-40 cm layer. Regarding maize growth and yield, ear diameter, ear weight, grain number per row, grain weight per ear, and 100-grain weight under full mulching were significantly higher than those under no mulching. Maize grain yields under different treatments ranked as follows: full mulching > semi-mulching > no-mulching. In conclusion, under dryland conditions on the Loess Plateau, plastic film mulching established a stable micro-environment and regulates soil physicochemical properties, facilitating plant absorption

收稿日期: 2024-12-24

基金项目: 寿阳县科技成果转化与应用计划(T23002); 中央引导地方科技发展资金项目(YDZJSX2022C018)

作者简介: 张丽光, 助理研究员, 主要从事作物栽培学与耕作学研究, Email: zhangliguang1982@126.com

通信作者: 李晓瑞, 副教授, 主要从事作物逆境生物学研究, Email: lixiaorui@sxau.edu.cn

of water and nutrients while improving yield components. This approach significantly increased maize grain yield, with full plastic film mulching demonstrating superior effects. Therefore, full plastic film mulching was recommended for application in dryland maize cultivation areas.

Keywords: dryland maize; plastic film mulching; soil physical and chemical properties; agronomic traits; yield

玉米是粮饲兼用作物,在保障人类粮食安全、畜牧业发展和工业原料供给中发挥着不可替代的战略作用^[1]。作为我国种植面积最大、产量最高的主要粮食作物,保持玉米产量的稳步提升对农业经济发展与保障粮食安全有着举足轻重的作用^[2]。寿阳县地处黄土高原东部,为温带大陆性季风气候,年均降水量仅 450~550 mm,且主要集中在 7—9 月,季节性干旱频发。旱地面积占据全县农田土壤面积的绝大部分,属于典型的雨养旱作农业区^[3]。加之黄土高原水土流失严重,该地土壤养分、水分等性状也随之表现出下降趋势。已有研究表明,地膜覆盖可以改善土壤环境、提高作物产量与水分利用效率等^[4-5]。因此,在旱作农田中应用地膜是当前解决土壤干旱胁迫问题和提高黄土高原雨养玉米产量最直接的措施。

地膜覆盖直接影响了土壤的物理结构,主要通过降低无效的水分蒸发从而提高土壤的保水保温保肥能力^[6]。已有研究表明,传统的半膜覆膜方式在一定程度上能够提高土壤温度、减少土壤水分蒸发,促进玉米生长发育^[7-8]。郑浩飞等^[9]研究表明,全膜覆盖较农户传统的条膜覆盖提高了生产力,增产效果显著。刘宝龙等^[10]研究发现,地膜覆盖显著提高了土壤速效养分含量。然而,值得注意的是,现有研究多集中于覆膜对单一土壤指标或最终产量的影响,对不同覆膜方式在旱作玉米系统内如何通过调控土壤物理结构—水分—养分的耦合关系,进而影响植株形态建成与产量形成的综合机制仍缺乏系统解析^[11]。尤其在黄土高原东部生态脆弱区,覆膜方式对土壤容重、孔隙分布、养分等关键理化性状的差异化影响,及其与玉米穗部性状形成的互作关系尚不明确。

本研究以山西省寿阳县为试验区,通过设置全膜覆盖、半膜覆盖与无膜对照的对比试验,重点探究不同覆膜方式下土壤物理结构、质量含水率变化及养分有效性的响应特征,以及地膜覆盖引起的土壤环境变化对玉米关键农艺性状及产量构成因素的影响,旨在为黄土高原旱作区玉米生产中的覆膜技术选择提供理论依据,对于优化当地

玉米种植技术、提高农业可持续发展水平具有极为重要的现实意义。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在山西省寿阳县南燕竹镇(37°54'N, 113°4'E)进行。该地区属温带大陆性气候,海拔高度为 1 040.7 m,年平均气温为 7.4℃,年日照时数为 2 858.3 h,年降水量为 518.3 mm,无霜期为 140 d 左右。

1.2 试验材料

供试玉米品种为 A33,由沈阳老本种业有限公司选育,于 2021 年通过辽宁省玉米品种审定,适宜在 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 2 650℃以上的中熟春玉米类型区种植。供试肥料选择石家庄中吉化肥有限公司的玉米专用复合肥。试验用地膜由山东华鑫塑业有限公司生产的透明塑料膜,规格分别为 1.65 m $\times$ 1 000 m、0.7 m $\times$ 1 000 m,厚度 0.01 mm。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,共设置全膜(地膜幅宽为 165 cm,厚度为 0.01 mm)、半膜(地膜幅宽为 70 cm,厚度为 0.01 mm)2 种不同的覆膜方式,以无膜覆盖为对照。全膜与半膜处理均采用膜上种植的方式。前茬作物为玉米,于播种前进行翻耕灭茬,使用 N:P:K 为 28:6:6 复合肥作为基肥一次性以种肥同播方式对玉米田进行播种与施肥作业,施肥深度为 10 cm,肥料施用量为 1 050 kg/hm²。宽窄行穴播种植,宽行 60 cm、窄行 40 cm、株距 30 cm。整个生育期内不灌水,雨养旱作,其他田间操作与大田种植管理相同。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 成熟期植株农艺性状测定 于 2023 年 10 月 20 日玉米成熟期在各处理内随机选取 10 株长势均匀一致的玉米植株测定其株高、茎粗、叶面积和叶面积指数(LAI)。

单叶面积=叶片长度 $\times$ 最大宽度 $\times$ 校正系数(0.75) (1)

叶面积指数=玉米植株总叶面积/总土地

面积 (2)

1.4.2 土壤物理性状测定 于玉米成熟期,采用环刀法测定土壤的物理性状。利用体积为100 cm³的环刀收集玉米田0~20、20~40 cm土层的土壤样品。取样后立即称质量,然后将环刀放入托盘内通过滤纸吸水,浸泡24 h后再次称量。随后,在105℃的烘箱中干燥直至恒质量,再次称量。最后,将环刀洗净干燥后称量环刀本身的质量。土壤容重(BD)、质量含水率(θg)、总孔隙度(Pt)、充气孔隙度(Pa)和毛管孔隙度(Pc)通过以下公式计算得出^[12]。

土壤容重=烘干土质量/体积 (3)

质量含水率=(原土质量-烘干土质量)/烘干土质量×100% (4)

总孔隙度=(1-土壤容重/密度)×100% (5)

充气孔隙度=(1-(土壤容重/土壤比重)-土壤体积含水率)×100% (6)

毛管孔隙度=田间持水量×土壤容重×100% (7)

1.4.3 土壤化学性质测定 成熟期采用五点采样法对不同覆膜方式的3块玉米田0~20、20~40 cm的土壤分别进行随机采样。于室内自然风干并过1 mm筛后测定土壤碱解氮(碱解扩散法测定)、全碳(干燥燃烧法)、全氮(重铬酸钾硫酸消化法)、有效磷(钼锑抗比色法)、速效钾(火焰光度计法)含量^[13]。

1.4.4 玉米穗部性状及籽粒产量测定 玉米成熟期剪下10穗果穗带回实验室干燥通风处进行风干后测定穗质量、穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、粒质量和百粒质量。室内脱粒不同覆膜方式下5 m²样方内的玉米籽粒并测定各处理玉米籽粒产量。

1.5 数据分析

利用Excel 2019进行数据整理与分析,使用IBM SPSS 27.0中的Duncan检验进行显著性分析,采用Origin 2021制图。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜方式对成熟期玉米植株农艺性状的影响

由表1可知,全膜和半膜处理下旱作玉米株高、茎粗与叶面积与无膜处理均存在显著性差异(P<0.05),全膜处理与半膜处理之间差异不显著。

全膜处理下玉米株高最高,为3.01 m,较无膜处理提高了12.73%。旱作玉米半膜处理下茎粗最粗,为28.77 mm;其次为全膜处理,茎粗为28.03 mm。单株叶面积以半膜处理下面积最大,分别较全膜与无膜处理增加7.00%、54.06%。从图1可以看出,半膜处理较全膜与无膜处理显著提高了玉米的群体叶面积指数(P<0.05),且分别较全膜与无膜处理提高10.46%、23.37%。

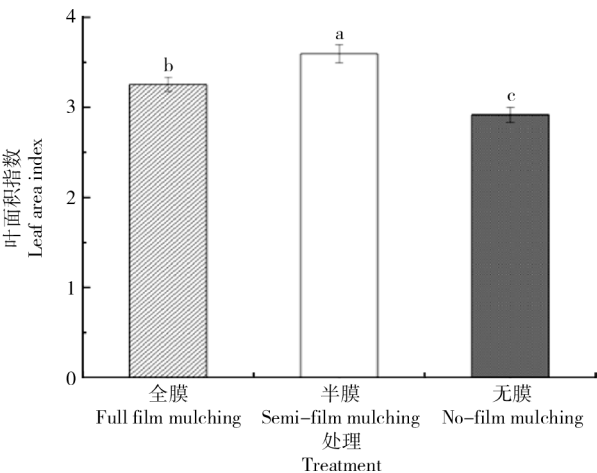
表1 不同覆膜处理对单株玉米农艺性状的影响

Tab.1 Effects of different mulching methods on the agronomic traits of single maize plants

覆膜方式		株高/m	茎粗/mm	叶面积/cm ²
Film mulching modes		Plant height	Stem thick	Leaf area
全膜	Full film mulching	3.01a	28.03a	6 998.42a
半膜	Semi-film mulching	3.00a	28.77a	7 487.97a
无膜	No-film mulching	2.67b	20.10b	4 860.48b

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences among different treatments(P<0.05).



不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。下图同
Different lowercase letters indicated significant differences among different treatments(P<0.05). The same as below

图1 不同覆膜处理下的玉米叶面积指数分析

Fig.1 Leaf area index of maize under different film mulching treatments

2.2 不同覆膜方式对土壤物理性状的影响

2.2.1 覆膜方式对土壤容重、质量含水率的影响 由图2-a可知,不同覆膜方式对不同土层土壤容重的影响不同。0~20 cm土层中,全膜处理较无膜与半膜处理均显著降低了土壤容重(P<0.05),分别降低11.94%、14.29%;半膜处理与无膜处理二

者的土壤容重差异不显著。20~40 cm 土层中,3种覆膜方式的土壤容重差异均不显著。由图 2-b 可知,3 个处理的土壤质量含水率之间差异均不显著。全膜处理下 0~20 cm 与 20~40 cm 土层的土

壤质量含水率分别为 19.84%、19.52%,无膜处理下 0~20 cm 与 20~40 cm 土层的土壤质量含水率分别为 20.20%、20.10%。

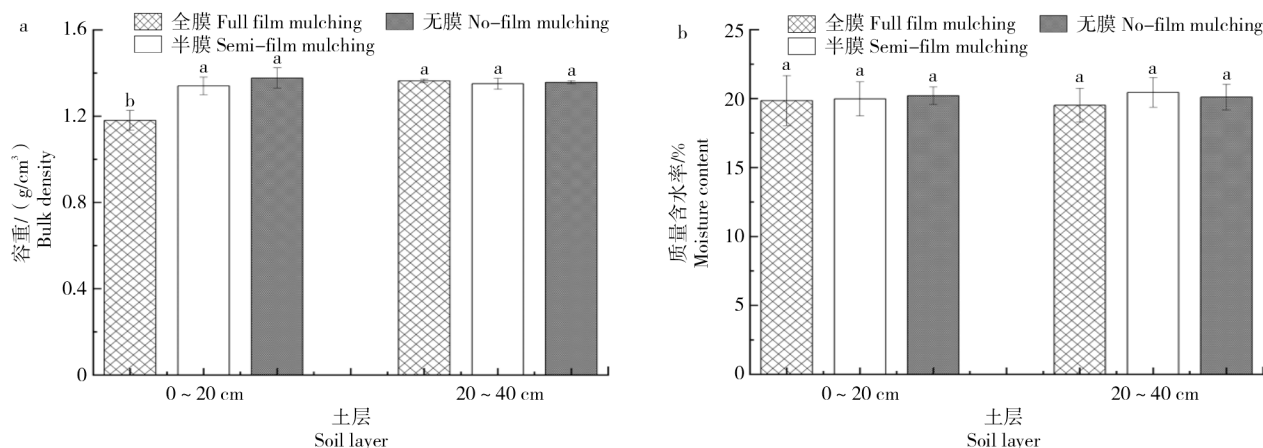


图 2 不通覆膜处理下不同土层的土壤容重和质量含水率

Fig.2 Soil bulk density and moisture content in different soil layers under different film mulching methods

2.2.2 覆膜方式对土壤孔隙度的影响 由表 2 可知,覆膜处理显著影响了土壤总孔隙度与充气孔隙度($P<0.05$),而对毛管孔隙度无显著影响。0~20 cm 土层下,全膜处理下的总孔隙度显著高于半膜及无膜处理($P<0.05$),为 55.33%,而无膜处理

下为 47.90%;充气孔隙度表现为全膜处理显著高于无膜处理($P<0.05$),提高了 11.65%;毛管孔隙度不受覆膜处理的影响。20~40 cm 土层下,覆膜处理对土壤总孔隙度、充气孔隙度与毛管孔隙度均没有显著影响。

表 2 不同覆膜处理下不同土层的土壤孔隙度分析

Tab.2 Soil porosity in different soil layers under different film mulching methods

土层/cm Soil layer	覆膜方式 Film mulching modes	总孔隙度 Total porosity	充气孔隙度 Gas-filled porosity	毛管孔隙度 Capillary porosity
0~20	全膜	55.33±3.00a	31.71±7.97a	45.15±1.82a
	半膜	49.42±2.57b	22.75±1.08ab	40.35±0.87a
	无膜	47.90±3.06b	20.06±3.56b	38.91±5.55a
20~40	全膜	48.65±0.59a	22.09±2.67a	41.65±2.59a
	半膜	49.10±1.59a	21.46±4.77a	39.71±4.08a
	无膜	48.86±0.47a	21.63±1.54a	38.16±1.89a

注:同列相同土层间不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: Different lowercase letters between the same soil layers in the same column indicated significant differences among different treatments($P<0.05$). The same as below.

2.3 不同覆膜方式对土壤化学性状的影响

2.3.1 覆膜方式对土壤养分含量的影响 从表 3 可以看出,不同覆膜方式影响了各土层的玉米田土壤全碳(TC)和全氮(TN)的含量。在 0~20 cm 的土层中,覆膜处理较无膜处理显著降低了土壤 TC 含量($P<0.05$),全膜与半膜处理的土壤 TC 含量分别较无膜覆盖降低了 21.70%、16.02%;TN

含量表现为半膜>全膜>无膜,各处理间差异显著($P<0.05$)。20~40 cm 的土层中,全膜处理的土壤 TC 含量最低,为 23.00 g/kg,较无膜处理降低了 33.35%;TN 含量的变化规律与 0~20 cm 土层中相似,表现为半膜>全膜>无膜,半膜与全膜处理分别较无膜处理提高了 37.26%、19.61%。

表3 不同覆膜处理对土壤全碳、全氮含量的影响

Tab.3 The effects of different film mulching methods on the contents of total

carbon and total nitrogen in the soil				g/kg			
土层/cm	覆膜方式	全碳含量	全氮含量	土层/cm	覆膜方式	全碳含量	全氮含量
Soil layer	Film mulching modes	TC	TN	Soil layer	Film mulching modes	TC	TN
0~20	全膜	25.76±0.12b	0.70±0.02b	20~40	全膜	23.00±0.46c	0.61±0.02b
	半膜	26.33±1.30b	0.74±0.03a		半膜	28.30±0.68b	0.70±0.06a
	无膜	31.35±0.48a	0.63±0.02c		无膜	34.51±2.06a	0.51±0.02c

2.3.2 覆膜方式对土壤速效养分含量的影响 从图3可以看出,不同覆膜方式下土壤速效养分含量存在差异。0~20 cm的土层中,土壤碱解氮含量在全膜处理下含量最高,为96.25 mg/kg,显著高于无膜处理($P<0.05$),而半膜处理与无膜处理间不存在显著差异;有效磷含量表现为半膜>全膜>无膜,半膜与全膜处理分别较无膜处理提高了82.30%、69.03%。速效钾含量同样是在半膜处

理下最高,为82.48 mg/kg,其次是全膜处理,二者间差异不显著。20~40 cm土层下,全膜和半膜处理的土壤碱解氮含量显著高于无膜处理($P<0.05$),二者分别较对照提高42.08%、29.07%;全膜处理的有效磷含量为11.15 mg/kg,显著高于半膜处理和无膜处理($P<0.05$);半膜处理的速效钾含量为65.17 mg/kg,显著高于全膜和无膜处理($P<0.05$)。

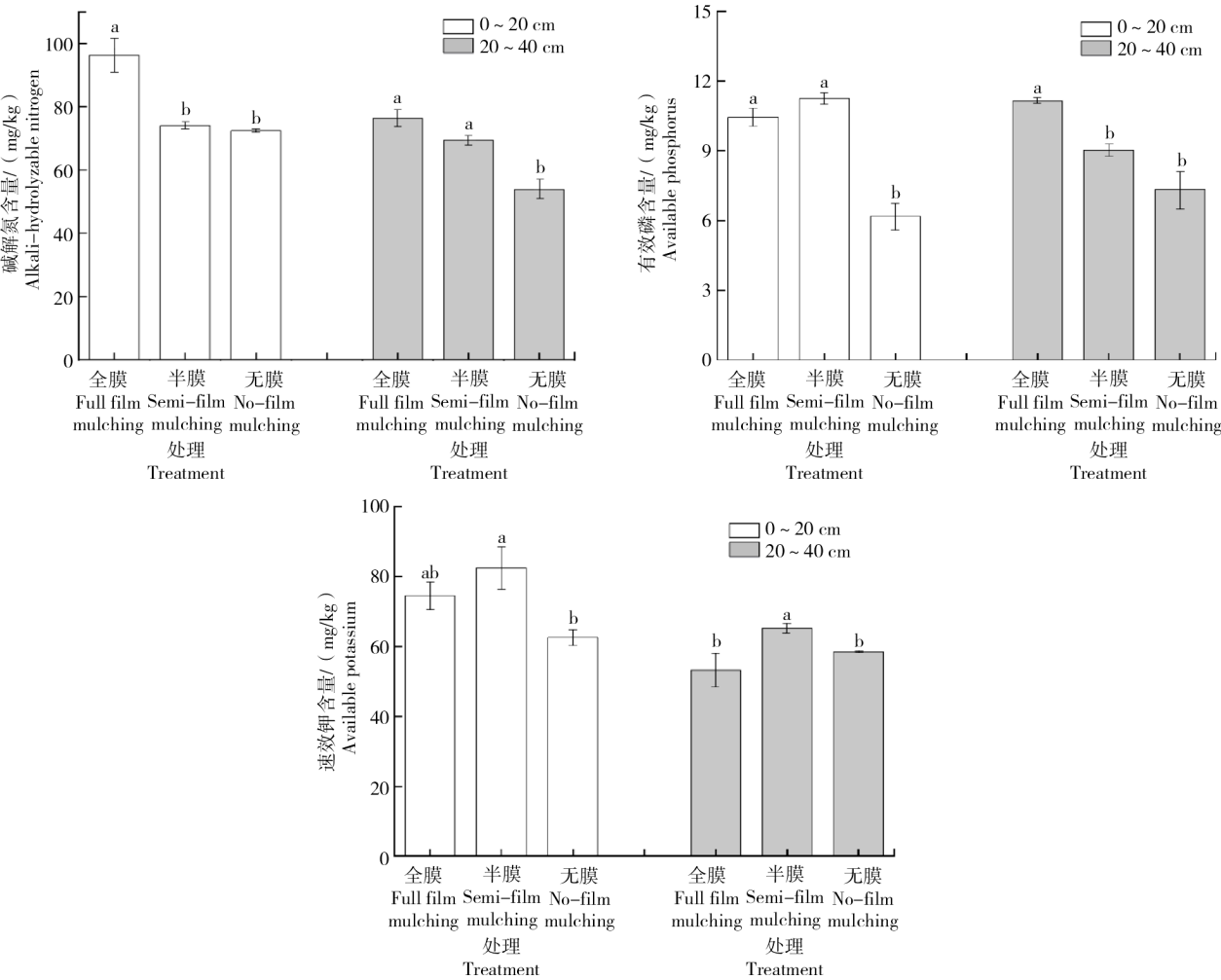


图3 不同覆膜处理对不同土层中速效养分含量的影响

Fig.3 The effects of different film mulching methods on the contents of available nutrients in different soil layers

2.4 不同覆膜方式对玉米穗部性状及籽粒产量的影响

从图4可以看出,2种覆膜方式较无膜处理显著提高了玉米的穗长($P<0.05$),全膜与半膜处理下穗长分别为25.64、25.56 cm,但二者间不存在显著差异。穗粗、穗质量均表现为全膜>半膜>无膜,其中,全膜处理下玉米穗粗为56.76 mm,穗质量为485.66 g,均显著高于半膜和无膜处理($P<0.05$)。早作玉米全膜处理下的秃尖长为15.38 cm,无膜处理下的秃尖长为10.13 cm,二者间差异不显

著。穗行数表现为无膜>全膜>半膜,半膜处理较无膜处理随行数下降了10.77%。全膜处理下的行粒数为48,半膜处理下为47.88,均显著高于无膜处理下的行粒数($P<0.05$)。全膜、半膜和无膜处理的粒质量分别为390.79、323.56、247.14 mg,百粒质量分别为53.43、51.55、40.92 g。全膜和半膜处理的粒质量较无膜处理增加58.12%、30.09%。全膜和半膜处理的百粒质量较无膜处理增加30.57%、25.98%。

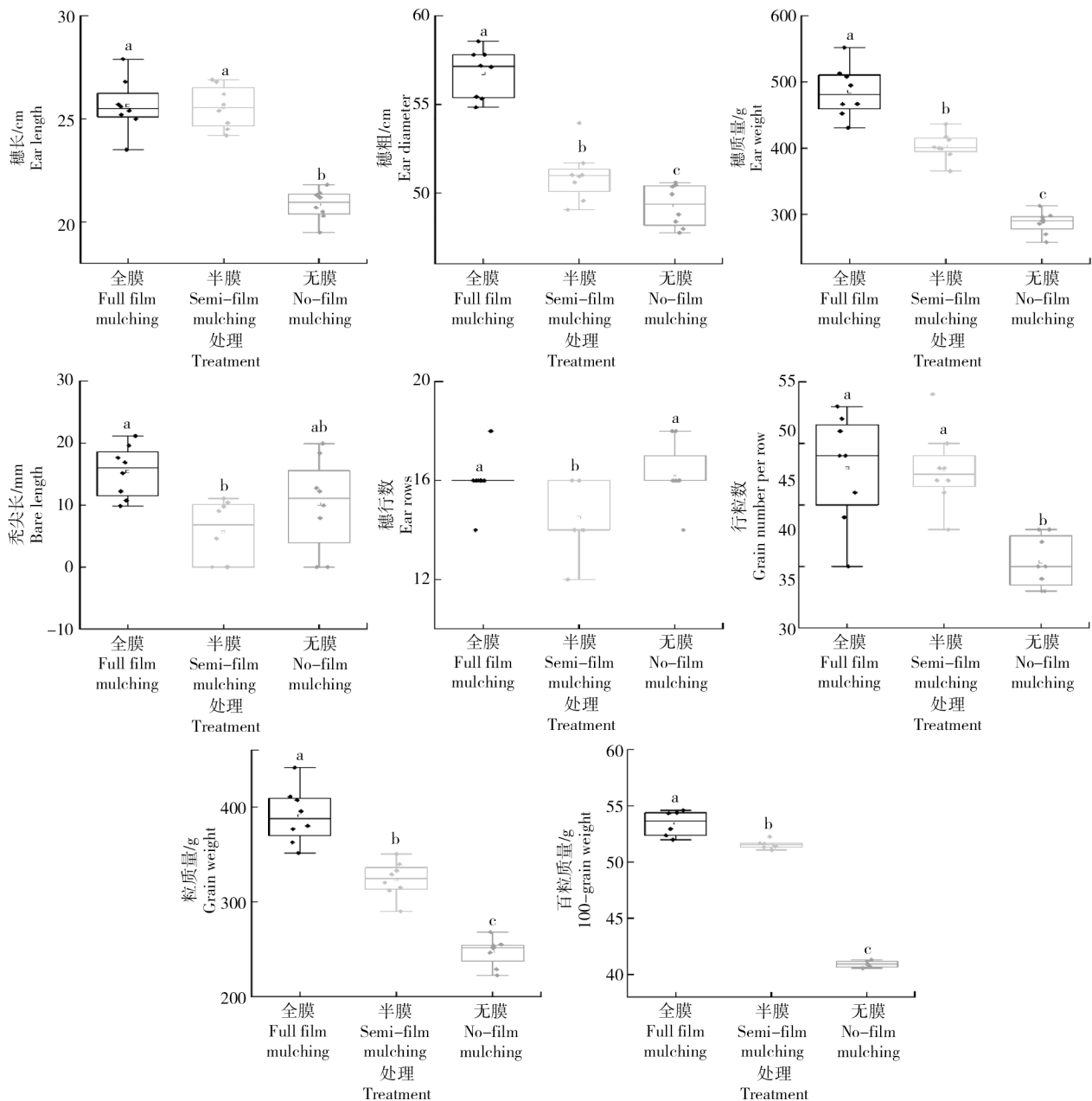


图4 不同覆膜处理对玉米穗部性状的影响

Fig.4 The effects of different film mulching methods on the ear traits of maize

由图5可知,不同覆膜处理下,玉米籽粒产量表现为全膜>半膜>无膜,全膜处理籽粒产量为13 453.03 kg/hm²,分别较无膜(11 343.90 kg/hm²)、半膜(11 963.54 kg/hm²)处理显著提高18.60%、12.45%($P<0.05$)。而半膜与无膜处理之间玉米产量不存在显著性差异。

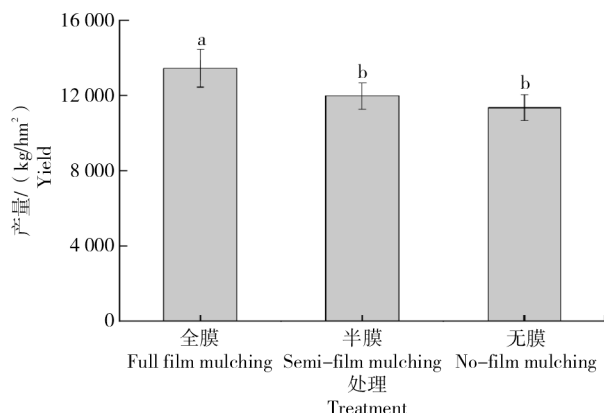


图5 不同覆膜处理下的玉米籽粒产量

Fig.5 Maize grain yield under different film mulching treatments

3 结论与讨论

3.1 不同覆膜处理对土壤理化性状的影响

在旱作农业生产实践中,不同的覆膜方式会对土壤理化性状产生显著影响^[14]。土壤容重反映土壤紧实度与物理结构,短期内地膜覆盖通常会降低土壤容重^[15]。本研究表明,全膜覆盖显著降低了土壤容重。这是因为全膜覆盖形成了一个相对封闭的环境,有效地减少了土壤水分的蒸发,适量的水分使土壤颗粒之间的距离增大,颗粒间的结合较为松散,降低了土壤容重^[16]。除对土壤容重的影响外,地膜覆盖在土壤水分保持方面也表现出一定优势,其主要是通过有效地抑制土壤水分的蒸发,从而在干旱条件下能够维持土壤较高的含水量。本研究表明,各个土层的质量含水率在不同覆膜处理下并未表现出显著差异,这与孙梦媛等^[17]的研究结果不一致,这可能是由于玉米收获前试验所在地多日无有效降雨,土壤处于较为干旱的状态,未显示出地膜覆盖的作用。大量研究证实,地膜覆盖阻隔了土壤的气体交换通道,导致土壤孔隙度下降^[18-19]。而本研究结果则显示,地膜覆盖后表层土壤中的土壤孔隙度大于无膜处理,因此,推测这可能也是由于土壤较为干旱导致的。

众所周知,地膜覆盖对土壤养分起调控作用的主要原因是水分含量的改变。研究表明,覆膜处理对玉米生长发育过程中土壤氮素变化影响较大,而玉米在生育后期土壤氮素的变化对其生长发育及产量形成至关重要^[20-21]。本研究表明,全膜处理显著提高了0~20 cm土壤碱解氮含量。在甘肃旱地玉米种植地区进行覆膜试验的相关结果显示,在玉米生长发育的整个过程中,覆膜处理下0~10 cm土层中碱解氮浓度高,且140 cm土层以内的碱解氮含量在全覆膜处理下均有所累积^[22],这与本研究的研究结果一致。本研究还得出,在0~40 cm范围土层内,土壤中TN、碱解氮、速效钾含量均表现为0~20 cm土层含量最高。此外,全膜覆盖还能提高土壤有效磷的含量,较好地维持土壤肥力。这与王平等^[23]研究结果一致,可能的原因是覆膜会改善土壤的水分、温度等环境条件,影响土层中的养分成分,使部分缓效养分转化成速效养分^[24]。同时伴随着农作物对速效养分的吸收率增加,最终影响土壤中有效磷含量。

3.2 不同覆膜处理对玉米植株农艺性状及穗部性状的影响

在旱作玉米种植中,地膜覆盖因营造稳定温湿环境,使玉米植株表现出株高变高、茎粗加粗、叶片数量与面积增大等效果,这源于其促进根系对水分的吸收,延长了叶片功能期及保障营养生长的供应。刘东华等^[25]的研究表明,地膜覆盖下旱作玉米植株株高及叶面积高于无膜处理,更优的旱作玉米植株形态建成促进了旱作玉米对农田土壤的水肥利用效率,有助于改善产量构成因素,提高收获产量。本研究结果与之相似,即全膜处理的旱作玉米植株的株高、茎粗高于半膜处理,且均高于无膜处理,表明全膜处理下旱作玉米生长生物量大,能够促进旱作玉米的生长发育。叶面积指数是衡量群体质量好坏的重要指标,已有研究表明,高产田玉米的群体叶面积应具有“前快、中稳、后缓慢”的合理动态发展规律^[26],本研究结果与之相符,即全膜与半膜处理的玉米叶面积指数大于无膜处理。

周艳朵等^[27]的研究表明,覆膜种植显著提高了旱作玉米的穗长、穗粗、穗行数、行粒数、粒质量和百粒质量,减小了秃尖,优化了旱作玉米的穗部形状。本研究中全膜处理的旱作玉米穗质量、穗长、穗粗、粒质量和百粒质量均高于半膜处理,且优于

无膜处理,表明全膜处理能够明显改善旱作玉米穗部性状。已有研究表明,旱作玉米拔节期一抽雄期、吐丝期一成熟期的气象条件(总日照、平均相对湿度、平均降水量等气象因子)对玉米穗粒的形成、干物质的积累、运输及秃尖长的影响较为突出^[28]。本研究中全膜处理的旱作玉米秃尖长显著高于无膜处理,半膜和全膜处理的旱作玉米穗行数均小于无膜处理,因此,推测可能是由于覆膜导致土壤温度过高,影响了籽粒的正常发育和充实,从而增加了秃尖,并可能抑制了穗行数的分化。

3.3 不同覆膜处理对玉米产量的影响

地膜覆盖下玉米产量优势明显,这是由于地膜覆盖为土壤构建了稳定的微环境,使土壤在玉米生长季能保持良好墒情与适宜温度。从而促进了玉米根系对养分和水分的高效吸收,利于植株生长发育,进而提高了作物产量^[29]。孙学保等^[30]的研究结果表明,地膜覆盖在缩短玉米的生育期的同时还能提高土壤温度,进而促进苗期玉米生长和减少冻害,从而使作物在营养生长阶段长势更好,为生殖生长打下基础,促进玉米产量的提高。本研究发现,全膜处理显著提高了土壤的碱解氮、有效磷含量,提高了土壤的孔隙度。即覆膜处理通过调节土壤理化性状,使植株生育后期实现对养分的吸收和积累,从而显著提高玉米产量。

全膜处理能够显著改善寿阳县旱作玉米种植土壤的水分养分状况,同时不会对土壤物理结构造成较大的负面影响。植株个体生长、叶面积指数、穗部性状及籽粒产量均在全膜处理下表现较好。综上,从改善土壤性状、实现农作物增产等角度考虑,全膜处理方式更适合山西寿阳县春玉米生产。

参考文献:

- [1] 张琴. 我国干旱区缺水对玉米生长发育及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2024(19): 24-26.
ZHANG Q. Effect of water shortage on maize growth and yield in arid areas of China[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2024(19): 24-26.
- [2] 王淑芳, 冯铸, 范会霞, 等. 山西玉米产业发展面临的问题与对策研究[J]. 中国种业, 2023(8): 17-20.
WANG S F, FENG Z, FAN H X, et al. Development status and strategies of maize industry in Shanxi Province[J]. China Seed Industry, 2023(8): 17-20.
- [3] 王岩, 白春生, 李波, 等. 覆膜免耕和灌水量对西北绿洲灌区玉米产量及光合特性的影响[J]. 作物学报, 2025, 51(3): 755-770.
WANG Y, BAI C S, LI B, et al. Effects of no-tillage with plastic film and the amount of irrigation water on yield and photosynthetic characteristics of maize in oasis irrigation area of Northwest China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2025, 51(3): 755-770.
- [4] 冯玥, 孙东宝, 顾峰雪, 等. 山西省玉米生产碳足迹动态分析[J]. 中国农业气象, 2024, 45(4): 323-334.
FENG Y, SUN D B, GU F X, et al. Carbon footprint of maize production in Shanxi province[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2024, 45(4): 323-334.
- [5] 刘仕荣, 邓家琴, 冉孟琴, 等. 不同覆膜方式对玉米生长及产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2024, 44(4): 81-83.
LIU S R, DENG J Q, RAN M Q, et al. The impact of different cultivation technologies on corn growth and yield[J]. Tillage and Cultivation, 2024, 44(4): 81-83.
- [6] 丁云鹏, 文辉, 龙美, 等. 地膜厚度与揭膜时间对旱作农田春玉米生长及残膜回收的影响[J]. 山西农业科学, 2022, 50(8): 1096-1104.
DING Y P, WEN H, LONG M, et al. Effects of film thickness and film-uncovering time on the growth of spring maize and the recovery of residual film in dry farmland[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2022, 50(8): 1096-1104.
- [7] 鲁鸿卫. 玉米机械化覆膜播种技术[J]. 农业机械, 2024(3): 110-112.
LU H W. Mechanized film mulching sowing technology of maize[J]. Farm Machinery, 2024(3): 110-112.
- [8] 马士萌, 佟玲, 王素芬, 等. 灌水技术参数对覆膜制种玉米生长与蒸腾耗水的影响[J]. 农业机械学报, 2023, 54(9): 396-406.
MA S M, TONG L, WANG S F, et al. Effect of irrigation technical parameters on growth and transpiration and water consumption of seed maize under film[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2023, 54(9): 396-406.
- [9] 郑浩飞, 逢蕾, 孙建好, 等. 玉米||豌豆间作体系生产力对覆膜方式及化肥施用量的响应[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2024, 32(10): 1639-1649.
ZHENG H F, PANG L, SUN J H, et al. Responses of productivity to film mulching patterns and chemical fertilizer application rates in maize||pea intercropping system[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2024, 32(10): 1639-1649.
- [10] 刘宝龙, 付旭坤, 孟祥宇, 等. 地膜覆盖与有机肥施用对稻田土壤养分与酶活性的影响[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2024, 56(3): 121-128.
LIU B L, FU X K, MENG X Y, et al. Effects of film covering and organic fertilizer on soil nutrients and enzyme activity in rice field[J]. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 2024, 56(3): 121-128.
- [11] 姚建民, 毕昕媛, 李瑞珍, 等. 全生物降解渗水地膜覆盖穴种晚播济麦 22 的产量分析[J]. 山西农业科学, 2025, 53(3): 44-49.
YAO J M, BI X Y, LI R Z, et al. Yield analysis of hole-sown late sowing Jimai 22 covered by fully biodegradable water-permeable mulch film[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(3): 44-49.
- [12] 范雅琦, 王亚南, 霍瑞轩, 等. 麦玉复种连作田土壤性状及周年产量对耕作与施肥的响应[J]. 华北农学报, 2023, 38(5): 102-111.

- FAN Y Q, WANG Y N, HUO R X, et al. Response of soil properties and annual yield to tillage and fertilization in wheat; maize continuous cropping field[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2023, 38(5):102-111.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社, 2000. BAO S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [14] BO L Y, SHUKLA M K, MAO X M. Long-term plastic film mulching altered soil physicochemical properties and microbial community composition in Shiyang river basin, northwest China[J]. *Applied Soil Ecology*, 2024, 193:105108.
- [15] 王文静, 刘亚军, 胡启国, 等. 不同地膜覆盖与施肥方式对土壤质量及甘薯生长发育的影响[J]. *江苏农业科学*, 2024, 52(10):62-68. WANG W J, LIU Y J, HU Q G, et al. Effects of different mulching and fertilization methods on soil quality and sweet potato growth[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2024, 52(10):62-68.
- [16] 党昆, 陈伟, 张洪洪, 等. 秸秆还田和地膜覆盖对稻区土壤理化性质及水稻产量的影响[J]. *东北农业科学*, 2021, 46(4):11-16. DANG K, CHEN W, ZHANG H Q, et al. Soil research mechanism of combining straw returning with plastic film mulching to increase rice yield[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2021, 46(4):11-16.
- [17] 孙梦媛, 刘景辉, 赵宝平, 等. 全膜垄作对旱作马铃薯土壤含水率、酶活性及产量的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2017, 36(4):1-8. SUN M Y, LIU J H, ZHAO B P, et al. Impact of ridging with full plastic-film mulching on soil water, enzymatic activities and yield of rain-fed potato[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2017, 36(4):1-8.
- [18] MINHAS W A, MEHBOOB N, YAHYA M, et al. The influence of different crop mulches on weed infestation, soil properties and productivity of wheat under conventional and conservation production systems[J]. *Plants*, 2023, 12(1):9.
- [19] 张野, 王显瑞, 赵禹凯, 等. 覆膜对谷子农艺性状、产量及土壤物理性质的影响[J]. *作物杂志*, 2012(5):153-158. ZHANG Y, WANG X R, ZHAO Y K, et al. The impacts of plastic film mulching on foxtail millet agronomic traits, yield and soil physical properties[J]. *Crops*, 2012(5):153-158.
- [20] OLMEDO PICO L B, SAVIN R, SCHUSSLER J R, et al. Late-vegetative and reproductive-stage nitrogen determinants of kernel weight in maize[J]. *European Journal of Agronomy*, 2023, 148:126872.
- [21] 乔江方, 何佳雯, 侯传伟, 等. 施氮量对不同夏玉米品种籽粒灌浆特性、产量和品质的影响[J]. *河南农业科学*, 2024, 53(3):33-42. QIAO J F, HE J W, HOU C W, et al. Effects of nitrogen application rate on grain filling characteristics, yield and quality of different summer maize varieties[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2024, 53(3):33-42.
- [22] 周丽娜, 雷金银. 覆膜方式对坡耕地春玉米产量、土壤水分和养分的影响[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(33):20-25. ZHOU L N, LEI J Y. Effect of plastic film mulching methods on spring maize yield, soil water and nutrients in slope farmland[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(33):20-25.
- [23] 王平, 陈娟, 谢成俊, 等. 干旱地区覆盖方式对土壤养分及马铃薯产量的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2021(4):118-125. WANG P, CHEN J, XIE C J, et al. Effects of different covering modes on soil nutrient and potato (*Solanum tuberosum* L.) yield in arid areas[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2021(4):118-125.
- [24] SHI M F, GUO A X, KANG Y C, et al. Effects of plastic film mulching and legume rotation on soil nutrients and microbial communities in the Loess Plateau of China[J]. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2023, 10(1):38.
- [25] 刘东华. 覆膜方式和施肥量对旱作区春玉米生长及土壤水肥环境的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2023. LIU D H. Effects of film mulching method and fertilization amount on growth of spring maize and soil water-fertilizer environment in arid area[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2023.
- [26] 杨明达, 张素瑜, 李帅, 等. 不同播种灌溉方式对夏玉米出苗、干物质积累及转运和产量的影响[J]. *河南农业科学*, 2024, 53(1):22-31. YANG M D, ZHANG S Y, LI S, et al. Effects of different sowing and irrigation methods on seedling emergence, dry matter accumulation, transport and yield of summer maize[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2024, 53(1):22-31.
- [27] 周艳朵. 不同覆膜方式对旱作农田土壤团聚结构、有机碳含量及玉米产量的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2023. ZHOU Y D. Effect of different film mulching method on the characteristics of soil aggregates, soil organic carbon, and corn yield of farmland in semiarid region[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2023.
- [28] 袁海燕, 张晓煜, 亢艳莉. 宁夏灌区玉米秃尖长与相对湿度、日照、降水的关系初探[J]. *宁夏农林科技*, 2006, 47(5):30-31. YUAN H Y, ZHANG X Y, KANG Y L. Preliminary study on the relationship between maize bald tip length and relative humidity, sunshine and precipitation in Ningxia irrigation area[J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2006, 47(5):30-31.
- [29] 蒋傲男, 闫静琦, 陈宗政, 等. 不同覆膜方式对旱作区春玉米农田土壤水分及产量的影响[J]. *东北农业科学*, 2022, 47(3):26-30. JIANG A N, YAN J Q, CHEN Z Z, et al. Effects of different film mulching methods on soil moisture and yield of spring maize in dry farming area[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2022, 47(3):26-30.
- [30] 孙学保, 杨祁峰, 牛俊义, 等. 旱地全膜双垄沟播玉米增产效应研究[J]. *作物杂志*, 2009(3):32-36. SUN X B, YANG Q F, NIU J Y, et al. Effect of whole covering on double ridges and planting in catchment furrows on yield increase of dry land maize[J]. *Crops*, 2009(3):32-36.