

胡卫丛, 王蓓, 吴旭东, 等. 稻秆还田对下茬玉米生长、产量和品质的影响. 土壤, 2025, 57(3): 524–529.

秸秆还田对下茬玉米生长、产量和品质的影响^①

胡卫丛¹, 王 哲¹, 吴旭东¹, 王 虹⁴, 李伟明¹, 黄忠阳¹, 曹 蓉³, 刘庆叶¹, 陈莉莉¹,
赵文瑜¹, 张艳双¹, 张宗俊¹, 王东升^{1,2*}

(1 南京市蔬菜科学研究所, 南京 210042; 2 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 3 南京市六合区新能源技术推广服务站, 南京 211500; 4 淮安市淮安区农业技术推广中心, 江苏淮安 223232)

摘要: 为明确秸秆还田对下茬玉米生长的影响, 本试验共设 5 个处理: 秸秆不还田(CK), 秸秆还田量分别为 3 000、6 000、9 000、12 000 kg/hm²(干物质量, T1~T4), 探究不同秸秆还田量对下茬玉米生长、产量和品质的影响。结果表明: ①秸秆还田对玉米植株的株高和茎粗有不同程度的抑制作用, 但对玉米叶片叶绿素含量有促进作用; ②秸秆还田促进玉米品质提升, 其中淀粉含量、维生素 C 含量和可溶性蛋白含量均有提高; ③T2 处理玉米产量最高, 达到 26 791.67 kg/hm², T2 和 T1 较 CK 分别增产 0.32% 和 2.72%, 而 T3 和 T4 较 CK 分别减产 1.17% 和 6.50%, 表明秸秆部分还田和全量还田均可有效提高玉米产量, 而过量还田则有可能减低玉米产量。④利用隶属函数法结合玉米产量指标和品质指标综合分析评价各处理, 结果显示 T2 为最优处理, 且各秸秆还田处理较 CK 相比均表现更优, 表明秸秆还田有利于下茬玉米产量和品质提升, 且单季秸秆全量还田更为适宜。综上, 玉米秸秆还田仍是秸秆资源化利用的有效途径。

关键词: 秸秆还田; 玉米; 生长; 品质; 产量

中图分类号: S181 文献标志码: A

Effects of Maize Straw Returning to Field on Growth, Yield and Quality of Next Maize

HU Weicong¹, WANG Bei¹, WU Xudong¹, WANG Hong⁴, LI Weiming¹, HUANG Zhongyang¹, CAO Rong³, LIU Qingye¹, CHEN Lili¹, ZHAO Wenyu¹, ZHANG Yanshuang¹, ZHANG Zongjun¹, WANG Dongsheng^{1,2*}

(1 Nanjing Institute of Vegetable Science, Nanjing 210042, China; 2 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3 Nanjing Liuhe District New Energy Technology Promotion Service Station, Nanjing 211500, China; 4 Huai'an District Agricultural Technology Promotion Center, Huai'an, Jiangsu 223232, China)

Abstract: To clarify the effects of straw returning on subsequent maize growth, this experiment established five treatments: no straw returning (CK), and straw returning amounts of 3 000, 6 000, 9 000, and 12 000 kg/hm² (dry matter weight, T1-T4), investigating their impacts on maize growth, yield, and quality. The results showed that: 1)Straw returning exerted varying degrees of inhibitory effects on plant height and stem diameter, but enhanced chlorophyll content in maize leaves; 2)Straw returning improved maize quality through increased starch content, vitamin C levels, and soluble protein content; 3)T2 treatment achieved the highest yield of 26 791.67 kg/hm², with T2 and T1 showing 0.32% and 2.72% yield increase respectively compared to CK, while T3 and T4 demonstrated 1.17% and 6.50% reductions. This indicated that partial and full straw returning can effectively enhance maize yield, whereas excessive returning may decrease productivity; 4)Comprehensive evaluation using subordinate function method integrating yield and quality parameters identified T2 as the optimal treatment. All straw returning treatments outperformed CK, demonstrating that straw returning benefits both maize yield and quality enhancement, with full seasonal straw returning being particularly advantageous. In conclusion, maize straw returning remains an effective approach for straw resource utilization.

Key words: Straw returning; Maize; Growth; Quality; Yield

^①基金项目: 江苏省第六期“333 人才”培养支持资助项目和南京市蔬菜科学研究所社发项目资助。

* 通信作者(wdsh000@126.com)

作者简介: 胡卫丛(1987—), 女, 河北石家庄人, 硕士, 农艺师, 主要从事设施蔬菜栽培与土壤研究。E-mail: 770681594@qq.com

鲜食玉米具有营养丰富, 口感香甜鲜嫩、脆爽软糯, 皮薄渣少, 适口性好等优点, 深受广大消费者青睐, 近年来种植面积有逐步扩大的趋势。玉米采收后田间会剩余根茎叶等部分, 约占全株生物量的 50% 左右^[1], 即为玉米秸秆。秸秆数量巨大, 如不能有效利用, 将造成资源浪费, 同时成为新的污染源。玉米秸秆含有丰富的作物生长必需元素, 是农业生态系统中十分重要的生物质能源。因直接焚烧成本低廉且高效, 曾是农民普遍采用的秸秆处理方式^[2], 但此方法不仅会造成空气污染, 也是一种资源的浪费。自 2006 年 1 月 1 日起, 我国开始实施《中华人民共和国可再生能源法》, 国家层面通过颁布相关法律法规禁止露天燃烧秸秆, 同时利用财政补贴和税费减免优惠等措施促进秸秆综合利用^[3]。据统计, 江苏省 2020 年可回收秸秆利用率高达 95%, 其中肥料化利用率 77.2%, 因直接还田可以减少收集运输成本, 成为主要利用方式^[4]。

秸秆还田的好处较多, 包括可以降低土壤容重、改善土壤物理性状、防止土壤板结^[5-6], 长期秸秆还田还能够缓解土壤收缩^[7]; 可以增加土壤有机质含量, 为土壤动物和微生物提供碳源, 有助于维持土壤生态系统的平衡^[8-9]; 可以增加有益微生物含量, 优化土壤微生物区系^[10]; 还可以将大气中的 CO₂ 固定在土壤中, 对减缓全球气候变化有重要作用。秸秆还田的优势明显, 但也存在一些争议和潜在问题, 因玉米秸秆中纤维素含量很高, 可能导致土壤中的 C/N 陡增, 引起微生物与植株的争氮现象, 从而影响作物产量等^[11]。因此, 为明确南京地区玉米秸秆还田后对下茬玉米的影响, 本试验设计玉米秸秆不同还田量处理, 探究其对下茬玉米生长、产量及品质的影响, 以期对本地区玉米秸秆还田利用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

试验于 2023 年 3—6 月在南京市蔬菜科学研究所蔬菜科技园(江宁区横溪镇)内进行, 地理坐标为 118.776997°E、31.719691°N。土壤类型为黄棕壤, 其理化性状为: 土壤有机质 20.66 g/kg, 全氮 1.15 g/kg, 全磷 0.60 g/kg, 碱解氮 68.61 mg/kg, 有效磷 128.15 mg/kg, 速效钾 197.89 mg/kg, 土壤 pH 5.94。

1.2 试验材料

供试作物为玉米, 品种为农科玉 368, 购自金盛达种子公司; 供试有机肥为南通惠农生物有机肥有限公司生产的好汉鸡粪有机肥, 总养分含量 ≥ 50 g/kg,

有机质 ≥ 450 g/kg, 售价为 0.5 元/kg; 供试复合肥为安徽省司尔特肥业股份有限公司生产的复合肥(15-15-15)。还田秸秆为上茬玉米秸秆, 采收后晾晒收集, 粉碎至 10 cm 以内后再次晾晒至干燥。

1.3 试验设计

上茬玉米秸秆产生量约为 24 000 kg/hm², 含水率为 75%。试验按照秸秆还田量共设 5 个处理: 秸秆不还田(CK); 半量还田(T1), 秸秆还田量为 3 000 kg/hm²(干物质量, 下同); 全量还田(T2), 秸秆还田量为 6 000 kg/hm²; 过量还田, 秸秆还田量分别为 9 000 kg/hm²(T3) 和 12 000 kg/hm²(T4)。每个处理设置 3 个小区重复, 每个小区长 3 m, 宽 2 m; 每小区定植 32 株玉米, 即 8 株 × 4 行。

2023 年 3 月 5 日温室内进行穴盘育苗, 4 月 5 日露天大田定植。各小区施肥量相同, 有机肥 7 500 kg/hm²+ 复合肥(15-15-15)450 kg/hm², 作为基肥一次性施入。定植前将还田秸秆和基肥称重后均匀抛撒在对应小区, 并对土壤进行翻耕, 翻耕深度为 25 cm。玉米栽培采用常规田间管理。试验采收日期为 6 月 29 日。

1.4 测定指标及方法

生长指标: 在玉米拔节期, 选定 3 株长势均匀的玉米植株, 使用卷尺测定植株茎基部至顶端的长度为株高; 用游标卡尺测定茎基第一节间直径为茎粗; 用叶绿素仪(浙江托普云农科技股份有限公司生产的 TYS-A 型叶绿素仪)测定顶端第三片叶片 SPAD 值。

产量指标: 待玉米成熟时, 每个小区采集全部玉米称重为总产量, 每小区选取 10 穗长势均匀的测定单果质量。

品质指标: 选取果实样品测定淀粉含量、可溶性蛋白含量及维生素 C 含量。淀粉含量用酸水解法测定^[12], 可溶性蛋白含量用考马斯亮蓝法测定^[13], 维生素 C 含量用 2,6-二氯靛酚滴定法测定^[14]。

1.5 综合评价

采用隶属函数法, 评估各处理下玉米的产量和品质情况, 按照下列公式求得各指标隶属函数值, 进而求得各处理的综合评价指数。

$$f(X) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

$$f(X) = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

式中: X 为某一处理下某一指标的测定值, X_{\max} 、 X_{\min} 分别为该指标测定的最大值和最小值。该指标与产量或品质表现正相关采用(1)式, 反之用(2)式。

1.6 数据统计及处理

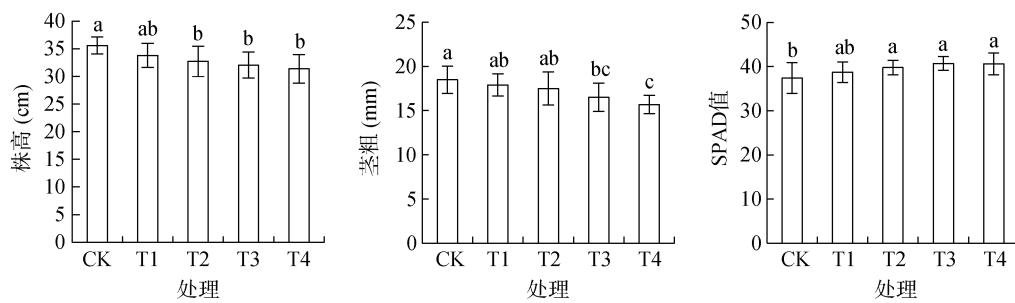
利用 Excel 2010 软件处理数据, 数据结果采用 SPSS 20.0 进行统计分析, 差异显著性采用单因素方

差分析比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对玉米植株生长的影响

图 1 为不同处理下玉米植株的生长情况。由图可见, 稻秆还田各处理的株高和茎粗均低于不还田处理, 且随着稻秆还田量的增加呈逐渐降低的趋势。对于玉米株高, T2、T3 和 T4 处理与 CK 之间有显著差异($P<0.05$), 分别较 CK 降低了 8.05%、9.93% 和 11.80%; 玉米茎粗表现为 T3 和 T4 处理与 CK 之间有显著差异($P<0.05$), 分别较 CK 降低 10.65% 和 15.08%; 表明稻秆还田对玉米植株前期生长有抑制作用。但 SPAD 值与株高茎粗趋势相反, 表现为稻秆还田处理较不还田处理高, 且随稻秆还田量增加呈递增趋势, 其中 T2、T3 和 T4 均与 CK 有显著差异($P<0.05$), 分别提高 6.25%、8.72% 和 8.49%, 表明稻秆还田处理可有效提高植株叶片叶绿素含量。



(图中小写字母不同表示处理间差异达 $P<0.05$ 显著水平; 下同)

图 1 不同处理对玉米植株生长的影响
Fig. 1 Maize growth traits under different straw returning rates

表 1 不同处理对玉米品质的影响
Table 1 Maize qualities under different straw-returning rates

处理	淀粉含量(mg/g)	维生素 C 含量(mg/100g)	可溶性蛋白含量(mg/g)	含水率(%)
CK	67.33 ± 1.21 b	12.25 ± 0.60 b	7.18 ± 0.41 b	75.85 ± 0.67 a
T1	80.86 ± 1.95 a	12.51 ± 1.36 b	7.93 ± 0.37 a	75.81 ± 0.66 a
T2	84.63 ± 4.25 a	16.46 ± 1.63 a	8.13 ± 0.31 a	77.48 ± 4.27 a
T3	84.97 ± 3.59 a	17.02 ± 1.67 a	7.62 ± 0.42 ab	75.58 ± 0.23 a
T4	80.23 ± 4.02 a	18.22 ± 1.81 a	7.69 ± 0.22 ab	75.04 ± 1.49 a

注: 表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达 $P<0.05$ 显著水平; 下同。

2.3 不同处理对玉米产量的影响

图 2 为不同处理对玉米产量的影响。各处理玉米穗长介于 19.19~20.95 cm, 处理之间表现为 T4>T3>T2>T1>CK, 其中 T3 和 T4 处理与 CK 之间差异显著($P<0.05$), 穗长分别增加 5.89% 和 9.17%; 各处理穗粗介于 50.46~54.45 mm, 处理间表现为 T4>T3>T2>T1>CK, T1~T4 与 CK 之间差异均显著($P<0.05$), 分别

2.2 不同处理对玉米品质的影响

表 1 为不同处理对玉米品质的影响。淀粉含量是影响玉米品质的重要指标, 直接影响玉米食用口感。由表 1 可知, 各稻秆还田处理玉米籽粒淀粉含量与 CK 相比均有显著提高($P<0.05$), T1~T4 处理玉米淀粉含量较 CK 分别提高 20.10%、25.69%、26.19% 和 19.16%, 淀粉含量随单位面积稻秆还田量增加呈先增加后降低趋势。维生素 C 含量是反映玉米营养品质的重要指标, 试验结果表明, T2、T3 和 T4 处理维生素 C 含量较 CK 相比均有显著提高, 其中 T4 处理含量最高, 与 CK 相比显著提高了 12.40%($P<0.05$); 总体来看, 玉米籽粒维生素 C 含量随单位面积稻秆还田量增加呈逐渐提高的趋势。玉米可溶性蛋白含量随单位面积稻秆还田量增加呈先增加后降低趋势, 其中 T1 和 T2 处理可溶性蛋白质含量显著高于 CK 处理($P<0.05$), T2 含量最高, 较 CK 显著提高 13.23%。不同处理下玉米籽粒含水率呈波动变化, 且各处理间差异不显著。

增加 5.09%、5.94%、7.90% 和 6.89%; 单果重处理间表现为 T3>T4>T2>T1>CK, 其中 T2、T3 和 T4 与 CK 相比分别显著增加 14.18%、20.52% 和 19.40% ($P<0.05$); 小区产量各处理间为 T2>T1>CK>T3>T4, 按照小区面积计算各处理的公顷产量, 依次为 26 083.33、26 166.67、26 791.67、25 777.78 和 24 388.89 kg/hm², 其中 T2 小区产量最高, 较 CK 增产 2.72%。

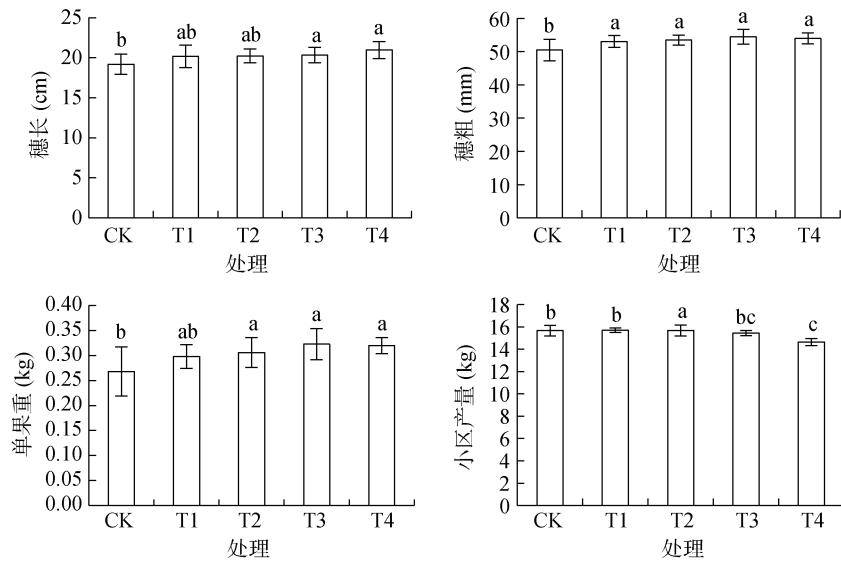


图 2 不同处理对玉米产量的影响
Fig. 2 Maize yields under different straw-returning rates

2.4 不同处理玉米产量和品质的综合评价

不同处理下,玉米的生长、产量和品质指标表现出不同的响应结果,其中产量指标是评估农业生产成果的重要指标,直接影响种植效益,是农民最关心的指标。另外,鲜食玉米具有特殊风味和品质,籽粒乳熟期产生很多糖分、淀粉、维生素及蛋白质等,因而其品质指标也是关键指标。隶属函数法可以在模糊控

制系统中将普通清晰量转化为模糊量,在多指标测定基础上,对作物特性进行综合评价。因此,本研究利用隶属函数法结合玉米产量指标和品质指标综合分析评价各处理。由表 2 结果可见, T2 为最优处理, T3 次之, CK 评分最低, 各秸秆还田处理较 CK 相比均表现更优, 表明玉米秸秆还田可以促进下茬玉米增产提质。

表 2 不同处理玉米产量及品质的隶属函数分析值
Table 2 Membership function analysis values of maize yields and qualities under different straw-returning rates

处理	穗长	穗粗	单果重	产量	淀粉含量	可溶性蛋白含量	维生素 C 含量	平均隶属函数值	排序
CK	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.106	5
T1	0.56	0.64	0.55	0.77	0.77	0.79	0.04	0.588	4
T2	0.59	0.60	0.69	1.00	0.98	1.00	0.70	0.795	1
T3	0.64	1.00	1.00	0.62	1.00	0.46	0.80	0.789	2
T4	1.00	0.87	0.95	0.00	0.73	0.53	1.00	0.726	3

3 讨论

株高和茎粗能够直观反映玉米苗期生长情况,前人研究大多表明玉米秸秆还田能够促进下茬作物生长^[15-16],但也有研究表明秸秆还田对下茬作物幼苗生长有不利影响^[17]。本试验中,秸秆还田处理玉米株高和茎粗都降低,且均随着秸秆还田量的增加而降低,表明秸秆还田抑制了玉米苗期植株的生长。这可能是由于秸秆翻耕深度不适宜或秸秆尚未完全腐化等原因,导致前期玉米苗根部发育受限,进而影响了其养分和水分的吸收供给。SPAD 值是叶绿素相对含量的单位,能够反映作物叶片叶绿素含量,而氮素是叶绿素的主要成分,因此 SPAD 值可以间接表征不同

处理下植株氮素供应情况。有研究表明^[18-19], 秸秆还田能够提高氮素利用率,增加玉米叶片叶绿素含量,延缓玉米的叶片衰老,延长叶片功能期。本试验结果与前人研究结果一致,秸秆还田处理与 CK 相比,SPAD 值均有提高,且全量和超量还田处理差异显著,表明秸秆还田有利于下茬玉米氮素积累,可以显著提高玉米叶绿素含量。

前人研究表明秸秆还田能够提高作物品质。张素瑜等^[20]研究发现适宜湿度下秸秆还田能够有效提高小麦的蛋白质产量;王学等^[21]研究发现秸秆还田能够显著提高玉米籽粒淀粉含量、粗蛋白质含量、可溶性糖含量;黄连喜等^[22]研究发现秸秆还田对玉米籽粒维生素 C 和可溶性糖含量具有显著的

提升效果。本试验中玉米籽粒的淀粉含量和可溶性蛋白含量均随着秸秆还田量的增加呈现先增加后降低的趋势, 维生素 C 含量随秸秆还田量增加呈逐渐提高的趋势。这些营养物质的生成与积累都受到遗传因素和环境因素的双重影响, 不同秸秆还田量会直接影响玉米生长的土壤环境, 包括土壤的理化性质、供肥能力和微生态环境等, 进而影响作物的生长和品质。

有研究表明, 秸秆还田后随着秸秆的逐步腐化分解, 持续为植株提供养分, 能够提高土壤有机质和碱解氮含量, 有效培肥土壤^[20, 22], 进而提高玉米产量。高永祥等人^[23]的研究表明, 连续 5 年秸秆还田处理较秸秆不还田处理平均年产量提高 8.92%。也有研究认为秸秆还田会导致微生物与植株争夺氮素资源, 造成玉米空秆率上升, 从而减产^[19]。本研究结果表明, 随秸秆还田量增加, 玉米穗长、穗粗和单果重均逐渐提高, 而小区产量则表现为先增加后降低, 其中全量还田处理小区产量最高, 折合产量为 26 791.67 kg/hm², 较对照增产 2.72%, 而超量还田的两个处理较对照分别减产 1.17% 和 6.50%。超量还田处理的穗长、穗粗与对照相比均有提高, 但总体产量却低于对照。可能是秸秆还田量过高, 一方面使土壤 pH 改变, 进一步加剧了土壤酸化^[24]; 另一方面秸秆腐解过程增强了微生物活性, 与玉米竞争营养, 导致玉米在营养需求较高的抽雄期、吐丝期因缺乏必要的养分而生长受阻, 进而影响果穗的正常发育, 导致空杆率增加^[19]。因此, 综合以上结果表明秸秆部分还田和全量还田均可有效提高玉米产量, 一次性过量还田会导致玉米减产。对不同处理玉米产量和品质综合评价结果表明全量还田处理表现最优, 也说明秸秆还田有利于下茬玉米产量和品质提升, 且单季秸秆还田数量为全量还田较适宜。另外, 除了秸秆还田量这一因素, 还田方式、还田茬数、还田后的田间管理及气候等多种因素均会影响下茬作物生长, 因此秸秆还田对土壤及下茬作物的作用机理有待进一步研究。

4 结论

秸秆还田对玉米植株前期的株高和茎粗有不利影响, 但对玉米叶片叶绿素含量和玉米品质有提高作用。适宜的秸秆还田量能提高玉米籽粒的淀粉含量、维生素 C 含量和可溶性蛋白含量。秸秆部分还田和全量还田均可有效提高玉米产量, 一次性过量还田会导致玉米减产。秸秆还田有利于下茬玉米产量和品质提升, 且单季秸秆还田数量为全量还田

较适宜。因此, 玉米秸秆还田仍是秸秆资源化利用的有效途径。

参考文献:

- [1] 郭美玲, 郭泰, 王志新, 等. 玉米秸秆利用的主要途径与方法综述[J]. 现代化农业, 2023(10): 2–8.
- [2] Fang Y G, Xu K, Guo X Y, et al. Identifying determinants of straw open field burning in Northeast China: Toward greening agriculture base in newly industrializing countries[J]. Journal of Rural Studies, 2020, 74: 111–123.
- [3] 孙善侠, 沈玉琴. 中国秸秆资源管理政策综述与建议[J]. 新疆农垦经济, 2024(4): 41–57.
- [4] 郭德杰, 罗佳, 马艳. 江苏省秸秆综合利用途径现状及发展策略[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(3): 248–252.
- [5] 白伟, 安景文, 张立祯, 等. 秸秆还田配施氮肥改善土壤理化性状提高春玉米产量[J]. 农业工程学报, 2017, 33(15): 168–176.
- [6] 陈佩, 李士伟, 程宇, 等. 秸秆还田对水稻土固氮微生物群落结构与功能活性的影响[J/OL]. 土壤学报, 2024: 1–14. (2024-11-28). <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=TRXB20241126003&dbname=CJFD&dbcoode=CJFQ>.
- [7] 穆青, 夏淑媛, 李庆阳, 等. 不同秸秆还田方式对典型砂姜黑土收缩特征的影响[J]. 土壤, 2024, 56(5): 1084–1090.
- [8] 刘艳, 叶鑫, 包红静, 等. 秸秆还田配施化肥对春玉米耕层土壤理化性质及产量的影响[J]. 土壤, 2023, 55(2): 254–261.
- [9] 赵亚丽, 郭海斌, 薛志伟, 等. 耕作方式与秸秆还田对土壤微生物数量、酶活性及作物产量的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(6): 1785–1792.
- [10] 徐莉莉, 李丹, 李璇, 等. 不同秸秆还田量对土壤理化性质、微生物以及鲜食玉米产量的影响[J]. 上海农业学报, 2023, 39(5): 115–118.
- [11] 侯贤清, 李荣, 吴鹏年, 等. 秸秆还田配施氮肥对土壤碳氮含量与玉米生长的影响[J]. 农业机械学报, 2018, 49(9): 238–246.
- [12] Chen M X, Zhu F Y, Wang F Z, et al. Alternative splicing and translation play important roles in hypoxic germination in rice[J]. Journal of Experimental Botany, 2019, 70(3): 817–833.
- [13] 蒋大程, 高珊, 高海伦, 等. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(3): 119–122.
- [14] 张海利, 李焕秀. 不同成熟度辣椒果实中 VC 及糖含量测定[J]. 甘肃农业科技, 2007(1): 5–7.
- [15] 毛国军, 肖迪, 李龙兵, 等. 玉米秸秆还田对土壤理化性状及玉米生长发育的影响[J]. 现代农业科技, 2022(21): 14–19, 23.
- [16] 黄连喜, 王钰静, 黄庆, 等. 两种玉米秸秆还田方式对甜玉米生长、品质及土壤性状的影响[J]. 广东农业科学, 2021, 48(11): 65–73.
- [17] 赵平, 刘超, 刘冰, 等. 贾汪区农作物秸秆综合利用现状及对策分析[J]. 农技服务, 2016, 33(8): 8–9.

- [18] 霍竹, 王璞, 付晋峰. 稼秆还田与氮肥施用对夏玉米物质生产的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 95–98.
- [19] 于宗波, 杨恒山, 萨如拉, 等. 不同耕作方式下稼秆隔年还田对春玉米产量及氮吸收效率的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2019, 34(2): 123–128.
- [20] 张素瑜, 杨习文, 李向东, 等. 土壤水分对玉米稼秆还田腐解率、土壤肥力及小麦籽粒蛋白质产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(2): 186–193.
- [21] 王学, 刘兴斌, 闫治斌, 等. 玉米稼秆还田对敦玉 810 制种玉米产量和品质的影响[J]. 农业科技与信息, 2022, 19(23): 1–4.
- [22] 朱瑞祥, 薛少平, 张秀琴, 等. 机械化玉米稼秆还田对土壤水肥状况的动态研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(4): 39–42.
- [23] 高永祥, 李若尘, 张民, 等. 稼秆还田配施控释掺混尿素对玉米产量和土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 2021, 58(6): 1507–1519.
- [24] 樊叶, 莫姣娇, 张丽丽, 等. 辽东地区稼秆还田首年对玉米产量及生长特性的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2024, 45(1): 12–20.
- [25] Liang F, Li B Z, Vogt R D, et al. Straw return exacerbates soil acidification in major Chinese croplands[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2023, 198: 107176.