

寒地黑土秸秆还田对土壤养分含量及玉米产量的短期效应

吕品^{1,2} 徐铭然³ 王立民^{1,2} 张继舟^{1,2} 于志民^{1,2*} 王文歌⁴

1 黑龙江省科学院自然与生态研究所 哈尔滨 150040

2 湿地与生态保育国家地方联合工程实验室 哈尔滨 150040

3 东北农业大学国际文化教育学院 哈尔滨 150030

4 哈尔滨师范大学经济管理学院 哈尔滨 150040

摘要: 试验研究了玉米秸秆带状还田对当年土壤养分含量和玉米产量的影响,为黑龙江省黑土区秸秆还田策略提供理论依据。试验在黑龙江省高纬度寒区开展,于2022年春季设置秸秆离田(CK)、整株秸秆带状还田(T1)、粉碎秸秆带状还田(T2)和粉碎秸秆配施有机肥带状还田(T3)4个处理。结果表明:短期内,秸秆带状还田不同模式对土壤养分指标和玉米产量构成指标有不同影响,与CK相比,T3处理土壤有机质和全氮含量分别增加7.62%和9.75%,电导率减少9.21%,玉米穗长增加8%以上,行粒数增加6.98%,单棒重增加23.61%,产量增加24.05%。通过主成分分析和典型相关分析,发现秸秆不同带状还田模式对土壤有机质和全氮影响的权重高于其他养分指标,对玉米产量构成指标影响较大的是单棒重、穗长和百粒重;土壤有机质、全氮含量与玉米单棒重、穗长和百粒重呈正相关性,而土壤电导率与玉米单棒重、穗长和百粒重呈负相关性。

关键词: 秸秆还田; 土壤养分含量; 玉米产量; 短期效应

中图分类号: S141, TQ314.1 文章编号: 1671-9212(2024)02-0024-07

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.02.003

Short-term Effects on the Soil Nutrients Content and the Yield of Corn under Straw Incorporation in the Cold and Black Soil Area

Lv Pin^{1,2}, Xu Mingran³, Wang Limin^{1,2}, Zhang Jizhou^{1,2}, Yu Zhimin^{1,2*}, Wang Wenge⁴

1 Institute of Natural Resources and Ecology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, 150040

2 National and Provincial Joint Engineering Laboratory of Wetlands and Ecological Conservation, Harbin, 150040

3 International Cultural and Educational College, Northeast Agriculture University, Harbin, 150030

4 School of Economics and Management, Harbin Normal University, Harbin, 150040

Abstract: The impact of corn straw incorporation in strips on the soil nutrients content and corn yield in the current year were studied to provide a theoretical basis for the straw incorporation strategy in the black soil area of Heilongjiang province. The experiment was carried out in the high-latitude cold area of Heilongjiang province. Four treatments of straw incorporation, namely straw leaving the field (CK), whole straw in strips returning to the field (T1), crushed straw in strips returning to the field (T2), and crushed straw combined with organic fertilizer in strips returning to the field (T3) were carried out in spring of 2022. The results showed that straw incorporation with different modes all had different effects on soil nutrient indicators and corn yield indicators in the short term. Compared to CK, T3 increased SOM and TN content by 7.62%

[基金项目] 黑龙江省科学院院长基金项目(项目编号 YZ2022ZR01)。

[收稿日期] 2023-11-20

[作者简介] 吕品,女,1975年生,副研究员,主要从事植物营养与土壤环境安全研究工作, E-mail: 272376516@qq.com。

*通讯作者: 于志民,男,副研究员, E-mail: yuzhimin111@163.com。



and 9.75%, respectively, though it decreased EC by 9.21%. In addition, compared to CK, the length of ears was increased by more than 8% in T3, the number of grains in rows was increased by 6.98%, and the weight of single corn was increased by 23.61%, and the yield was increased by 24.05%. Based on principal component and canonical correlation analysis, it was found that the impact of different modes of straw incorporation in strips on SOM and TN was higher than the other soil nutrient indicators. The weight of single corn weight, ear length, and 100-kernel weight had a greater impact on corn yield components. SOM and TN were positively correlated with corn weight, ear length, and 100-kernel weight, while soil EC was negatively correlated with corn weight, ear length, and 100-kernel weight.

Key words: straw incorporation; soil nutrient content; corn yield; short-term effect

秸秆还田可以显著提高土壤有机质, 增加大团聚体数目, 改善土壤结构, 为土壤补充氮、磷和微量元素等养分, 提高土地生产力^[1~3]。同时, 秸秆为土壤微生物提供丰富的有机质从而提高其活性, 加快农田土壤养分周转速率^[4]。还可有效增加作物产量^[5]。秸秆直接还田主要有深翻还田、覆盖还田等多种方式, 在我国北方寒冷地区, 带状浅埋还田既可以减少秸秆深翻还田对土壤的扰动, 又可以避免覆盖还田影响春季地温升高^[6, 7]。严君等^[8]在黑龙江海伦黑土 17 年的田间定位试验表明, 玉米秸秆耕层混拌, 0 ~ 20 和 20 ~ 40 cm 土层土壤容重分别下降了 14.8% 和 4.5%, 0 ~ 20 cm 土层的通气孔隙度增加了 43.7%。郭孟洁等^[9]利用 16 年长期定位试验发现, 秸秆覆盖免耕可改善并稳定土壤结构, 表层土壤水稳性大团聚体 (> 0.25 mm) 含量、平均重量直径 (MWD) 均高于其他处理。盛明等^[10]分析了团聚体内有机碳红外光谱特征, 发现短期秸秆还田能促进黑土大团聚体形成, 有利于碳的固存。还有研究认为, 秸秆还田显著增加了玉米苗期株高、叶面积、干物质重、叶绿素荧光参数、根系长度、根系表面积、根尖数以及根系活跃吸收面积^[11, 12]。以上研究充分证明了秸秆还田对寒地黑土的积极作用, 但不同还田方式和还田时间影响程度也会有所不同, 且评判秸秆还田效应指标较多。本研究通过不同带状施用玉米秸秆还田方式的田间试验, 利用主成分分析提取土壤养分和玉米产量构成 2 组变量群中具有代表性的主成分, 并通过典型相关分析探究了不同秸秆还田模

式下土壤养分指标与玉米产量构成指标 2 组集合之间的典型相关关系, 探究了秸秆还田对寒地黑土养分和玉米产量短期效应的影响, 旨在为东北寒地黑土区有机培肥土壤、提升土壤质量及秸秆还田策略提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设置

小区试验地点: 黑龙江省嫩江市保胜村。试验地块土壤为黑土, 有机质 40.05 g/kg、碱解氮 164.70 mg/kg、速效磷 3.47 mg/kg、速效钾 118.66 mg/kg、pH 6.17、电导率 51.23 μ s/cm。

供试作物: 玉米, 品种为“绥糯 1 号”; 种植方式: 大垄双行。

供试肥料: 商品复合肥料 N-P₂O₅-K₂O 12-18-15, 施用量 15 kg/667 m²; 有机肥为腐熟羊粪, 有机质 143 g/kg、全氮 7.55 g/kg、碱解氮 658.81 mg/kg、速效磷 360.91 mg/kg、速效钾 3967.22 mg/kg、pH 8.07、电导率 3250 μ s/cm。

1.2 试验方法

试验于 2022 年 5 月 4 日实施, 10 月 29 日收获。

试验设置 4 个处理, 分别为秸秆离田 (CK)、整株秸秆带状还田 (T1)、粉碎秸秆带状还田 (T2) 和粉碎秸秆配施有机肥带状还田 (T3), 秸秆粉碎粒度 2 ~ 5 cm。秸秆还田量: 600 kg/667 m², 垄间施入, 覆土 5 ~ 10 cm 后镇压, 小区长 10 m、宽 6.6 m, 随机排列, 3 次重复。

秸秆还田后,各处理均以施肥播种一体机同时进行播种和施肥,肥料为当地农民常规使用的商品复合肥料,当地常规施肥水平 15 ~ 25 kg/667 m²,试验区施肥量为常规施肥水平的下限,在 7 月 11 日玉米喇叭口期追肥尿素 13 kg/667 hm²,所有处理均按统一施肥水平施用。

1.3 测定方法

土壤样本以 S 型 5 点采集,土层深度 0 ~ 20 cm,5 点采取土壤混合后为 1 个土样,去除植物残体、砂砾等杂物后,混合均匀装入取样袋带回实验室,自然风干后研磨过 100 目筛,用于土壤养分指标的测定;土壤有机质和全氮采用元素分析仪测定;土壤腐植酸含量采用《煤中腐植酸产率测定方法》(GB/T 11957—2001)中的容量法测定;土壤碱解氮(AN)、速效磷(AP)、速效钾(AK)、pH 和电导率等其他土壤理化指标采用鲍士旦^[13]方法测定。

植物样品:玉米成熟期,在每小区去除边垄后,每垄取 3 株长势均匀的玉米,采集玉米穗,测定穗长、穗粗、穗行数、行粒数;百分之一电子天平称重测单棒重,将玉米脱粒后测百粒重;干物质含量为玉米籽粒 60 °C 烘干 4 h 后质量占收获时籽粒质量的百分比;产量计算:穗行数 × 行粒数 × 百粒重/100 × 干物质含量 × 65000/1000/15(千克/亩),种植密度 65000 株/hm²。“/1000”是由克转换成千克,“/15”是由每公顷转换成亩。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 和 Excel 2013 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤养分指标影响

在短期内,秸秆不同带状还田处理显著增加了土壤有机质含量,而土壤腐植酸含量则有不同程度地降低。与 CK 相比,T3 处理土壤有机质含量增加 7.62%,T2 处理土壤有机质含量增加 6.96%,T1 处理土壤有机质含量增加 5.74%;而 T2 处理土壤腐植酸含量减少最多,为 10.84%,与 CK 达到显著水平,T1 处理减少 2.73%,T3 处理土壤腐植酸减少 0.29%,2 个处理均与 CK 差异不显著;土壤全氮含量显著增加,T3、T2 和 T1 处理分别增加了 9.75%、8.30% 和 6.14%。

对土壤速效养分效果可见,T1 处理土壤碱解氮含量显著高于其他处理,其他处理间差异不显著;各处理土壤速效磷有所增加,其中 T2 和 T3 处理土壤速效磷含量分别为 6.11 和 6.82 g/kg,较 CK 显著增加;而土壤速效钾含量虽略有增加,但各处理间差异不显著。

与 CK 相比,秸秆不同带状还田处理土壤 pH 差异不显著;各处理土壤电导率显著降低,T2 处理减少 22.64%,T1 处理减少 19.65%,二者间差异不显著,T3 处理减少 9.21%(表 1)。

表 1 不同处理对土壤养分指标的影响

Tab.1 Effects of different treatments on the nutrient indicators of soil

处 理	有机质 (g/kg)	腐植酸 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH	电导率 (μs/cm)
CK	40.60 ± 0.26a	38.49 ± 0.18b	1.85 ± 0.07a	166.37 ± 2.88a	3.61 ± 0.54a	121.05 ± 8.47a	6.17 ± 0.13a	51.23 ± 1.86c
T1	42.93 ± 1.24b	37.44 ± 2.16ab	1.96 ± 0.04b	175.77 ± 3.75b	4.64 ± 0.46ab	121.75 ± 2.85a	6.15 ± 0.10a	41.17 ± 2.06a
T2	43.43 ± 1.13b	34.32 ± 3.29a	2.00 ± 0.05b	166.04 ± 1.26a	6.11 ± 0.39bc	124.28 ± 5.63a	6.18 ± 0.09a	39.63 ± 1.35a
T3	43.69 ± 1.05b	38.37 ± 0.11b	2.03 ± 0.07b	167.72 ± 2.65a	6.82 ± 1.49c	126.16 ± 8.59a	6.28 ± 0.03a	46.52 ± 1.35b

注:表中同列不同小写字母表示差异显著(P < 0.05),下同。

2.2 不同处理对玉米产量构成指标影响

与 CK 相比,秸秆不同带状还田处理玉米穗长影响不一致,其中 T2 和 T3 处理穗长显著增

加 8.01% 和 8.07%,T1 处理穗长增加 3.58%,与 CK 差异不显著;在穗粗上,与 CK 相比,T2 处理穗粗略有减少,T1 和 T3 处理穗粗略有增加,



T2与T3处理差异显著,与其他各处理间差异均未达显著。

各处理对穗行数影响不大,均无显著差异。秸秆不同带状还田处理行粒数均高于CK,T3处理行粒数高于其他处理,比CK增加了6.98%,差异达显著水平;其次是T2处理,增加了4.44%,但与其他处理间差异不显著,T1处理行粒数比CK增加4.13%。

各处理百粒重均略高于CK,但差异不显著;干物质含量T1处理最低,为81.17%,其他依次

是CK、T3、T2处理,分别为82.28%、82.75%和86.40%,其中T2处理的干物质含量显著高于T1处理,与其他处理间差异未达显著水平。

玉米单棒重是决定产量的最重要因素,与CK相比,秸秆不同带状还田处理玉米单棒重均有一定程度增加,T1和T2处理增加不显著,而T3处理则增加显著,为23.61%;在亩产量上,T3处理与CK相比增产显著,增产率为24.05%,其次是T2和T1处理分别增加了15.25%和2.02%,与CK差异均不显著(表2)。

表2 不同处理对玉米产量构成指标的影响

Tab.2 Effects of different treatments on the yield component indicators of corn

处理	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	穗行数 (行)	行粒数 (粒)
CK	15.98 ± 0.88a	5.01 ± 0.19ab	15.33 ± 1.41a	35.11 ± 2.52a
T1	16.55 ± 0.86ab	5.10 ± 0.18ab	15.33 ± 2.00a	36.56 ± 1.74ab
T2	17.26 ± 0.81b	4.94 ± 0.10a	14.33 ± 0.71a	36.67 ± 2.45ab
T3	17.27 ± 0.65b	5.14 ± 0.22b	15.56 ± 0.88a	37.56 ± 2.24b

表2续

处理	百粒重 (g)	干物质含量 (%)	单棒重 (g)	亩产量 (kg)
CK	21.97 ± 1.85a	82.28 ± 2.18ab	157.72 ± 12.87a	418.40 ± 24.66a
T1	22.50 ± 4.20a	81.17 ± 2.75a	169.64 ± 26.61a	426.87 ± 75.93a
T2	24.44 ± 2.09a	86.40 ± 8.16b	173.29 ± 17.73a	482.20 ± 83.15ab
T3	24.73 ± 2.30a	82.75 ± 2.71ab	194.95 ± 23.41b	519.04 ± 74.96b

2.3 土壤养分指标与玉米产量构成指标的主成分分析

2.3.1 土壤养分指标的主成分分析

对秸秆不同还田模式下短期内土壤养分指标(有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、pH、电导率和腐植酸)进行主成分分析,利用主成分分析方法提取特征值大于1的特征因子,提取得到4个主成分,方差贡献率分别为37.744%、21.23%、16.04%和13.21%,累计贡献率88.21%(表3);由表4可以看出,第一主成分中土壤全氮和有机质载荷量较高,与第一主成分的相关系数分别为0.91和0.88,且均呈正相关;第二主成分中土壤pH的载荷量最高,为0.88,第三主成分

和第四主成分中载荷量较高的分别是腐植酸和速效钾载荷量分别为0.79和0.64。即秸秆带状还田短期内对土壤影响主要是有机质和全氮,其次是pH、腐植酸和速效钾。因此得到4个主成分的表达式:

$$S1=0.29 X1+0.30 X2+ 0.02 X3+ 0.26 X4+0.1 X5+0.05 X6-0.24 X7-0.12 X8$$

$$S2=0.02 X2-0.41 X3+0.21 X4-0.26 X5+0.52 X6+0.16 X7+ 0.12 X8$$

$$S3=0.29 X1+0.17 X2+ 0.41 X3-0.07 X4-0.33 X5+0.02 X6+ 0.06 X7+0.62 X8$$

$$S4=0.08 X1+0.24 X2-0.26 X3+ 0.10 X4+ 0.60 X5-0.19 X6+ 0.52 X7+ 0.36 X8$$

表3 秸秆不同还田模式下土壤养分指标的提取主成分特征值

Tab.3 Eigenvalue of extraction principal components of soil nutrient indicators under different straw incorporation

主成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差 (%)	累积 (%)	合计	方差 (%)	累积 (%)
1	3.02	37.74	37.74	3.02	37.74	37.74
2	1.70	21.23	58.96	1.70	21.23	58.96
3	1.28	16.04	75.00	1.28	16.04	75.00
4	1.06	13.21	88.21	1.06	13.21	88.21
5	0.53	6.58	94.79			
6	0.26	3.25	98.04			
7	0.13	1.60	99.65			
8	0.03	0.35	100.00			

表4 秸秆不同还田模式下土壤养分指标的主成分载荷矩阵和得分系数矩阵

Tab.4 Principal components load matrix and score coefficient matrix of soil nutrient indicators under different straw incorporation

指标	载荷矩阵				得分系数矩阵			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
X ₁ OM	0.88	-0.01	0.37	0.09	0.29	0.00	0.29	0.08
X ₂ TN	0.91	0.04	0.21	0.25	0.30	0.02	0.17	0.24
X ₃ AN	0.06	-0.69	0.53	-0.28	0.02	-0.41	0.41	-0.26
X ₄ AP	0.79	0.36	-0.09	0.11	0.26	0.21	-0.07	0.10
X ₅ AK	0.31	-0.45	-0.42	0.64	0.10	-0.26	-0.33	0.60
X ₆ pH	0.16	0.88	0.02	-0.20	0.05	0.52	0.02	-0.19
X ₇ EC	-0.73	0.27	0.08	0.55	-0.24	0.16	0.06	0.52
X ₈ HA	-0.37	0.20	0.79	0.38	-0.12	0.12	0.62	0.36

注：OM，有机质；TN，全氮；AN，碱解氮；AP，速效磷；AK，速效钾；EC，电导率；HA，腐植酸。

2.3.2 玉米产量构成指标的主成分分析

对秸秆不同还田模式下玉米产量构成的7个指标（单棒重、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重和干物质含量）进行主成分分析，利用主成分分析方法提取特征值大于1的特征因子，玉米产量构成指标提取得到2个主成分，方差贡献率分别为44.41%和22.86%，累计贡献率67.27%（表5）；由表6可知，第一主成分中玉米的单棒重、穗长和百粒重载荷量较高，与第一主成分的相关系数分别为0.91、0.87和0.87，且均呈正相关；第二主成分中穗粗与穗行数的载荷值最高，分别为0.84和0.82。

即玉米在短期秸秆带状还田的处理下，玉米的产量构成主要影响因素是单棒重、穗长和百粒重，其次是穗粗和穗行数。因此得到2个主成分的表达式：

$$C1 = 0.29 Y1 + 0.28 Y2 + 0.11 Y3 - 0.11 Y4 + 0.22 Y5 + 0.28 Y6 + 0.09 Y7$$

$$C2 = 0.21 Y1 - 0.02 Y2 + 0.53 Y3 + 0.51 Y4 - 0.05 Y5 - 0.12 Y6 - 0.16 Y7$$

2.4 土壤养分指标与玉米产量构成指标主成分的典型相关分析

以不同秸秆带状还田处理后土壤养分指标提取的主成分S₁、S₂、S₃和S₄为自变量，玉米产



量构成指标提取的主成分 C1、C2 为因变量进行典型相关分析, 由表 7 可知, 典型相关分析共提取到 2 组典型变量, 相关系数分别为 0.541 和 0.259。

以得到的 2 组主成分变量进行典型相关分析, 典型载荷系数是一个典型变量与本组所有变量的简单相关系数, 其绝对值越大, 说明该项与典型变量之间的相关关系越强, 而交叉载荷系数则是一个典型变量与另一组变量各个变量的简单相关系数^[14]。由表 8 可知, 相关系数较高的一组典型变量为 $U1=-0.832S1-0.396S2-0.168S3-0.095S4$,

$V1=-0.991C1-0.137C2$ 。该组典型变量中, $U1$ 代表土壤养分指标的典型变量, 其中 $S1$ 典型载荷和交叉载荷绝对值最大, 分别为 -0.899 和 -0.486; $V1$ 代表玉米产量构成指标的典型变量, 其中 $C1$ 典型载荷和交叉载荷绝对值较大, 分别为 -0.991 和 -0.536。因此, $S1$ 主成分对 $C1$ 主成分的贡献较大, 且随着 $S1$ 主成分中土壤有机质、全氮含量的增加, $C1$ 主成分中的玉米单棒重、穗长和百粒重呈增加趋势, 而随着电导率的增加, 玉米的单棒重、穗长和百粒重则呈降低趋势。

表 5 秸秆不同还田模式下玉米产量构成指标的提取主成分特征值

Tab.5 Eigenvalue of extraction principal components of corn yield component indicators under different straw incorporation

主成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差 (%)	累积 (%)	合计	方差 (%)	累积 (%)
1	3.11	44.41	44.41	3.11	44.41	44.41
2	1.60	22.86	67.27	1.60	22.86	67.27
3	0.96	13.75	81.02			
4	0.72	10.34	91.36			
5	0.36	5.11	96.47			
6	0.19	2.78	99.24			
7	0.05	0.76	100.00			

表 6 秸秆不同还田模式下玉米产量构成指标的主成分载荷矩阵和得分系数矩阵

Tab.6 Principal components load matrix and score coefficient matrix of corn yield component indicators under different straw incorporation

指标	载荷矩阵		得分系数矩阵	
	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂
Y ₁ 单棒重	0.91	0.34	0.29	0.21
Y ₂ 穗长	0.87	-0.04	0.28	-0.02
Y ₃ 穗粗	0.35	0.84	0.11	0.53
Y ₄ 穗行数	-0.35	0.82	-0.11	0.51
Y ₅ 行粒数	0.67	-0.08	0.22	-0.05
Y ₆ 百粒重	0.87	-0.19	0.28	-0.12
Y ₇ 干物质含量	0.27	-0.26	0.09	-0.16

表 7 典型相关系数检验

Tab.7 Test of canonical correlation coefficients

典型变量	典型相关系数	特征值	威尔克统计	模型自由度	误差自由度	F	P
I	0.541	0.292	0.660	8	60	1.731	0.110
II	0.259	0.067	0.933	3	31	0.742	0.535

表 8 秸秆不同还田模式下土壤养分指标和玉米产量指标主成分典型变量构成

Tab.8 Typical variable composition of principal components of soil nutrient indicators and corn yield component indicators under different straw incorporation

主成分	典型变量 1			典型变量 2		
	典型相关系数	典型载荷系数	交叉载荷系数	典型相关系数	典型载荷系数	交叉载荷系数
S1	-0.832	-0.899	-0.486	-0.310	-0.381	-0.099
S2	-0.396	-0.423	-0.229	0.484	0.511	0.132
S3	-0.168	-0.053	-0.029	0.772	0.726	0.188
S4	-0.095	-0.224	-0.121	0.299	0.358	0.093
C1	-0.991	-0.991	-0.536	-0.135	-0.137	-0.036
C2	-0.137	-0.135	-0.073	0.988	0.991	0.257

3 结论

玉米秸秆还田对土壤化学养分有不同程度的影响，与秸秆离田相比，短期内（一个生长季）秸秆不同带状还田处理都可增加土壤有机质、全氮、速效磷含量，而电导率和腐植酸含量则有所降低，对速效钾和 pH 无显著影响，其中粉碎秸秆配施有机肥带状还田处理土壤有机质和全氮含量分别增加 7.62% 和 9.75%，电导率减少 9.21%。与秸秆离田相比，秸秆粉碎配施有机肥带状还田处理玉米穗长增加 8.07%，行粒数增加 6.98%，玉米单棒重增加了 23.61%，亩产量增加了 24.05%。粉碎秸秆配施化肥带状还田可显著增加玉米干物质含量。

基于主成分分析和典型相关分析，探究土壤养分指标与玉米产量构成指标的关系，结果表明：通过典型相关分析共提取到 2 组典型变量，相关系数分别为 0.541 和 0.259，但 2 组典型变量的相关系数未达到显著水平 ($P < 0.05$)，说明短期的秸秆带状还田后，土壤养分指标和玉米产量构成指标 2 组集合之间的相关关系尚不够紧密。短期内，秸秆不同带状还田处理对土壤有机质和全氮影响的权重高于其他养分指标，对玉米产量构成指标影响较大的是单棒重、穗长和百粒重。

本研究仅为玉米秸秆还田后土壤理化性状及玉米产量指标方面的短期效应的研究结果，进一步将对玉米秸秆还田在土壤酶、微生物群落结构及功能基因预测等方面的研究数据进行深入分析。

参考文献

[1] Fan W, Wu J G, Ahmed S, et al. Short-term effects of different straw returning methods on the soil physico-chemical properties and quality index in dryland farming in NE China[J]. Sustainability, 2020, 12(7): 2631.

[2] Ma S T, Kan Z R, Qi J Y, et al. Effects of straw return mode on soil aggregates and associated carbon in the North China Plain[J]. Agronomy, 2020, 10(1): 61.

[3] 林洪羽, 周明华, 张博文, 等. 生物炭及秸秆长期施用对紫色土坡耕地土壤团聚体有机碳的影响 [J]. 中国生态农业学报 (中英文), 2020, 28 (1) : 96 ~ 103.

[4] Kalkhajeh Y K, He Z F, Yang X R, et al. Co-application of nitrogen and straw-decomposing microbial inoculant enhanced wheat straw decomposition and rice yield in a paddy soil[J]. Journal of Agriculture and Food Research, 2021(4): 100134.

[5] Govaerts B, Sayre K D, Deckers J. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting?[J]. Field Crops Research, 2005, 94(1): 33 ~ 42.

[6] 张丽华, 徐晨, 于江, 等. 半湿润区秸秆还田对土壤水分、温度及玉米产量的影响 [J]. 水土保持学报, 2021, 35 (4) : 299 ~ 306.

[7] 常晓慧, 孔德刚, 井上光弘, 等. 秸秆还田方式对春播期土壤温度的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2011, 42 (5) : 117 ~ 120.

[8] 严君, 韩晓增, 邹文秀, 等. 长期秸秆 (下转第 37 页)



4 结论

本研究比较了3种叶面肥对山楂叶片光合特性和果实营养物质含量的影响。结果显示,发酵黄腐酸叶面肥对山楂的促进作用最显著,能提高光合作用和叶片矿质元素积累,同时也能增加果实大小、重量和营养物质含量。鱼蛋白肽叶面肥次之,腐植酸叶面肥效果最不显著,但三者均优于CK处理。因此,在山楂生产中,应根据需求合理选择叶面肥料。

参考文献

- [1] 赵靖明,孙凡,姚小华,等. NaCl胁迫对薄壳山核桃幼苗生长及光合生理特性的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012, 37(12): 93~97.
- [2] 赵凤. 3种叶面肥对文山红柱兰光合生理特性及营养元素含量的影响[J]. 南方园艺, 2013, 24(1): 3~7.
- [3] 王玉霞,李芳东,李延菊,等. 不同类型叶面肥对晚熟油桃“福美”果实品质的影响[J]. 山东农业科学, 2018, 50(9): 48~50.
- [4] 曹慧玲. 生化黄腐酸复合微生物菌肥在大棚甜瓜病害生物综合防治中的应用[D]. 西北大学硕士学位论文, 2009.
- [5] 翟晓芳,赵京奇,何瀛,等. 鱼优蛋白肥料对草莓产量及品质的影响初报[J]. 南方农业, 2021, 15(4): 45~48.
- [6] 乔丹,李建设,高艳明. 叶面肥对厚皮甜瓜光合作用及产量、品质的影响[J]. 农业科学研究, 2022, 43(4): 45~51.
- [7] 周茹宝,张有福,张满效,等. 两种圆柏属植物叶片代谢产物季节变化与抗冻性的关系[J]. 冰川冻土, 2008(2): 351~355.
- [8] 苗以农,朱长甫,石旋旌,等. 绿色生命和科学发展观[J]. 生物学通报, 2006(5): 1~3.
- [9] 张敬敏. 腐植酸与无机肥配施对杨树生理生化特性的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(31): 10959~10960, 10964.
- [10] 张敏. 叶面肥应用研究进展及营养机制[J]. 磷肥与复肥, 2014, 29(5): 25~27.
- [11] 刘枫. 不同施肥处理对核桃幼树光合特性的影响[J]. 辽宁林业科技, 2019(5): 21~23.
- [12] 王华,赵凤,杨丽华,等. 3种叶面肥对虎雪兰光合生理特性的影响[J]. 西南林业大学学报, 2016, 36(1): 149~152.
- [13] 高尚,高玲,徐丽,等. 不同叶面肥对黄秋葵生长特性与产量的影响[J]. 中国瓜菜, 2016, 29(2): 13~16.
- [14] 王娜. 套袋和喷施叶面肥对阿克苏红富士苹果品质及光合特性的影响[D]. 新疆农业大学硕士学位论文, 2012.
- [15] 刘玉祥,王有信. 几种植物生长调节剂和叶面肥在山楂上的应用[J]. 河北果树, 1995(1): 39.
- [16] 项国栋,邹德乙. 不同浓度腐植酸叶面肥对甘蓝产量与品质的影响[J]. 腐植酸, 2017(2): 37~40.
- [17] 刘增照,郝明德,牛育华,等. 腐植酸叶面肥对苹果品质和产量的影响[J]. 北方园艺, 2019(6): 28~33.
- [18] 玄志友. 氨基酸叶面肥提升库尔勒香梨果实品质[J]. 中国果业信息, 2022, 39(9): 60~61.
- [9] 郭孟洁,李建业,李健宇,等. 实施16年保护性耕作下黑土土壤结构功能变化特征[J]. 农业工程学报, 2021, 37(22): 108~118.
- [10] 盛明,龙静泓,雷琬莹,等. 秸秆还田对黑土团聚体内有机碳红外光谱特征的影响[J]. 土壤与作物, 2020, 9(4): 355~366.
- [11] 王帅,朱涵宇,杨占惠,等. 秸秆还田方式对不同土壤条件下玉米苗期生长发育的影响[J]. 生态学杂志, 2022, 41(3): 479~486.
- [12] 李伟群,张久明,迟凤琴,等. 秸秆不同还田方式对土壤团聚体及有机碳含量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2019(5): 27~30.
- [13] 鲍士旦. 土壤农业化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] Scientific platform serving for statistics professional 2021. Spsspro. (Version 1.0.11)[OL]. <https://www.spsspro.com>.