



3种叶面肥对山楂品质及光合特性的影响

刘麒¹ 王佳¹ 罗新宇¹ 汪凤江² 商贺利³ 兰东升³ 朱京涛^{1*}

1 河北科技师范学院园艺科技学院 秦皇岛 066000

2 兴隆县鑫源梓麒家庭农场 承德 067300

3 宽城满族自治县农业农村局 承德 067300

摘要: 本研究旨在探讨3种叶面肥对山楂光合特性及果实品质和产量的影响,以为山楂叶面施肥提供参考。试验对不同浓度的叶面肥处理下的山楂进行了光合速率、蒸腾速率、胞间CO₂浓度、气孔导度和单果重等指标测定。结果显示,在适宜浓度施肥处理下,山楂叶片的光合速率、蒸腾速率和气孔导度明显增加,同时胞间CO₂浓度降低。具体而言,鱼蛋白肽叶面肥表现最好,净光合速率和蒸腾速率分别提高了57.22%和57.51%;3种叶面肥均显著降低了胞间CO₂浓度。此外,施肥处理山楂单果重均显著增加,其中发酵黄腐酸叶面肥的效果最为显著,增长幅度最高达68.49%。喷施叶面肥明显提高了山楂果实的Vc、可滴定酸、花青素和可溶性固形物含量,其中以发酵黄腐酸叶面肥的促进效果最好。

关键词: 山楂;腐植酸;黄腐酸;鱼蛋白肽;叶片功能;果实品质

中图分类号: TQ444.6, S661.5

文章编号: 1671-9212(2024)02-0031-07

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.02.004

Effects of Three Foliar Fertilizers on Quality and Photosynthetic Characteristics of Hawthorn

Liu Qi¹, Wang Jia¹, Luo Xinyu¹, Wang Fengjiang², Shang Heli³, Lan Dongsheng³, Zhu Jingtao^{1*}

1 College of Horticultural Science & Technology, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao, 066000

2 Xinyuan Ziqi Family Farm of Xinglong County, Chengde, 067300

3 Agriculture and Rural Bureau of Kuancheng Manchu Autonomous County, Chengde, 067300

Abstract: This study aimed to investigate the effects of three foliar fertilizers on the photosynthetic characteristics, single fruit quality and yield of hawthorn, and provided references for foliar fertilization of hawthorn. The photosynthetic rate, transpiration rate, intercellular CO₂ concentration, stomatal conductance and single fruit weight of hawthorn treated with different concentrations of foliar fertilizer were measured. The results showed that, under appropriate concentration fertilization treatment, the photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance of hawthorn leaves increased significantly, while the intercellular CO₂ concentration decreased. Specifically, fish protein peptide foliar fertilizer showed the best performance, with a 57.22% and 57.51% increase in net photosynthetic rate and transpiration rate, respectively. The intercellular CO₂ concentration was significantly reduced by the three foliar fertilizers.

[基金项目] 河北省科技厅, 兴隆山楂产业科技示范基地, 兴隆山楂产业技术研究院支持(项目编号 20537101D)。

[收稿日期] 2023-11-26

[作者简介] 刘麒, 男, 1997年生, 硕士研究生, 主要研究方向为园艺植物栽培技术, E-mail: 1466354568@qq.com。

* 通讯作者: 朱京涛, 女, 教授, E-mail: zjt9095@126.com。

In addition, the single fruit weight of hawthorn increased significantly under fertilization treatments, and the effect of fermented fulvic acid foliar fertilizer was the most significant, with the highest increase rate of 68.49%. Foliar application of fertilizers increased significantly the content of Vc, titratable acid, anthocyanins, and soluble solids in hawthorn fruits, and the effect of fermented fulvic acid foliar fertilizer showing the best promoting effect.

Key words: hawthorn; humic acid; fulvic acid; fish protein peptide; leaf function; fruit quality

光合作用是植物生长和发育的关键过程^[1], 直接影响植物的生理代谢和能量供应。近年来, 腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白肽叶面肥等在植物生长调控, 特别是在光合作用和果实品质方面的调控机制引起了广泛关注。研究表明^[2~5], 这3类肥料对植物的光合作用和果实品质产生显著调节作用, 进而影响植物的生长和产量^[6]。本研究以山楂(*Crataegus pinnatifida*)作为研究对象, 深入探究3种叶面肥对山楂光合速率和果实品质的调控效果, 对于优化山楂的生长质量、提高果实产量作用明显, 为山楂树科学施肥提供支持。

1 试验与方法

1.1 试验地点

试验为田间小区试验, 地点位于河北省承德市兴隆县北营房镇西道沟村, 年均气温为 6.5 ~ 10.3 °C, 最低气温约为 -7.5 °C, 年降水量约为 1232.4 mm, 无霜期约为 135 d, 年日照时数约为 2309.8 h。

1.2 试验材料

供试作物: 选取生长状态良好的铁山楂作为试验材料, 行距为 3 m × 3 m, 南北行向栽植。

供试肥料: 腐植酸水溶肥料购自江苏龙灯化学有限公司, 腐植酸 ≥ 40 g/L、N+P₂O₅+K₂O ≥ 200 g/L; 发酵黄腐酸水溶肥料购自山东苍远生物科技有限公司, 黄腐酸 ≥ 50%、腐植酸 ≥ 50%、有机质 ≥ 60%、氧化钾 12%; 鱼蛋白肽叶面肥购自青岛施佰利国际贸易有限公司, 鱼蛋白及活性肽 ≥ 310 g/L、游离氨基酸 ≥ 140 g/L、活性生物酶 ≥ 100 g/L, 富含大量氨基酸螯合镁、硼、铁、铝、铜、锰等微量元素。

供试土壤: 黄壤, 其理化性质包括 pH 值在

6.36 ~ 8.74 之间, 有机质含量在 5% ~ 10% 之间, 全氮含量在 0.22% ~ 0.71% 之间, 全磷含量在 0.11% ~ 0.24% 之间, 全钾含量在 1.13% ~ 2.52% 之间。

1.3 试验处理

本研究对每种肥料共设置 6 个不同施肥浓度处理组, 即施肥浓度分别为 0 (CK)、0.5、1、1.5、2 和 2.5 mg/L。每个处理组共设有 4 株山楂植株, 施肥设置 3 个时期: 大蕾期 4 月 25 日—5 月 5 日、花后期 6 月 10 日—20 日、硬核期 7 月 10 日—20 日。喷施时, 在山楂树东南、东北、西南、西北 4 个角选枝, 选 6 个枝条, 3 次重复, 进行挂牌、标记。各处理用清水将溶液浓度稀释至试验要求浓度后喷施, 每株均匀细致喷施叶片正反面, 以茎叶湿润但不流淌为准。

试验内容: 通过测量山楂叶片净光合速率 (Pn)、蒸腾速率 (E)、气孔导度 (Gs)、胞间 CO₂ 浓度、可溶性固形物、可滴定酸、Vc、花青素含量来分析对比各处理叶面肥喷施效果。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 山楂果实品质测定

可溶性固形物含量采用手持折光仪测定; 可滴定酸含量采用氢氧化钠滴定法测定; Vc 含量采用二氯酚靛酚溶液滴定法测定; 花青素含量采用分光光度计法测定。

增产率计算公式为: 增产率 % = [(处理区产量 - 对照区产量) / 对照区产量] × 100。

1.4.2 山楂光合指标测定

采用便携式光合测试仪 Li-6400 测定, 在田间条件下进行, 7 月上旬晴天上午 9: 00—10: 00, 选择树冠向阳面中部枝条中部复叶的成熟顶叶, 每个处理随机选取 4 株标准树, 每株选 10 片叶。测



定叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间CO₂浓度。

1.5 数据处理

采用 EXCEL 进行数据收集整理, 采用 DPS 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 3种不同叶面肥对山楂叶片净光合速率及蒸腾速率的影响

在腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白肽叶面肥不同施肥浓度处理下, 山楂叶片的净光合速率值均显著高于 CK 处理。由表 1 可以看

出, 鱼蛋白肽叶面肥处理增长最为显著, 分别为 35.10%、38.21%、48.05%、49.32%、57.21%; 发酵黄腐酸叶面肥处理增长最小, 分别为 9.52%、12.32%、20.60%、21.74%、28.21%; 在 3 种叶面肥处理中, 鱼蛋白肽叶面肥处理显示出最大的净光合速率值, 腐植酸叶面肥处理次之, 而发酵黄腐酸叶面肥处理最小。蒸腾速率的增长趋势与净光合速率相似, 均为 CK 处理显著低于 3 种叶面肥处理。综合考虑净光合速率和蒸腾速率的数据, 腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白肽叶面肥的处理效果呈现为: 鱼蛋白肽叶面肥 > 腐植酸叶面肥 > 发酵黄腐酸叶面肥 > CK, 强调了不同叶面肥对山楂叶片生理特性的显著影响。

表 1 3种不同叶面肥对山楂叶片净光合速率及蒸腾速率的影响

Tab.1 Effects of three different foliar fertilizers on net photosynthetic rate and transpiration rate of hawthorn leaves

肥料种类	施肥浓度 (mg/L)	净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	蒸腾速率 [$\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]
腐植酸叶面肥	CK	9.63 ± 0.20e	3.10 ± 0.20d
	0.5	10.63 ± 0.20d	4.11 ± 0.20c
	1	10.94 ± 0.30c	4.12 ± 0.06b
	1.5	11.79 ± 0.40b	4.34 ± 0.01b
	2	12.02 ± 0.30b	4.41 ± 0.03c
	2.5	12.78 ± 0.20a	4.58 ± 0.03c
发酵黄腐酸叶面肥	CK	11.53 ± 0.20d	7.00 ± 0.20d
	0.5	12.63 ± 0.20c	8.10 ± 0.20c
	1	12.95 ± 0.30c	8.12 ± 0.06c
	1.5	13.90 ± 0.60b	8.34 ± 0.01b
	2	14.03 ± 0.30b	8.40 ± 0.03b
	2.5	14.78 ± 0.20a	8.58 ± 0.03a
鱼蛋白肽叶面肥	CK	9.72 ± 0.20d	4.50 ± 0.30d
	0.5	13.13 ± 0.20c	6.59 ± 0.20c
	1	13.44 ± 0.30c	6.62 ± 0.06c
	1.5	14.39 ± 0.60b	6.84 ± 0.01b
	2	14.51 ± 0.60b	6.85 ± 0.02b
	2.5	15.28 ± 0.20a	7.09 ± 0.04a

注: 同列数据后相同小写字母表示处理间差距不显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.2 3种不同叶面肥对山楂叶片气孔导度及胞间CO₂浓度的影响

在腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白

肽叶面肥不同施肥浓度处理下, 山楂叶片的气孔导度值随着处理浓度的增加呈现上升趋势 (表 2)。与 CK 处理相比, 3 种叶面肥不同施肥浓度处理下

的气孔导度值均显著增加。其中，发酵黄腐酸叶面肥处理增长最为显著，分别为 16.43%、17.51%、34.03%、39.10%、48.45%；腐植酸叶面肥的增长较小，分别为 25.01%、37.54%、50.01%、62.52%、75.23%。在 3 种叶面肥处理中，发酵黄腐酸叶面肥处理显示出最大的气孔导度值，鱼蛋白肽叶面肥处理次之，而腐植酸叶面肥处理表现最小。综合数据分析结果为，腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白肽叶面肥的处理效果呈现为：发酵黄腐酸叶面肥 > 鱼蛋白肽叶面肥 > 腐植酸叶面肥 > CK。

在腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白肽叶面肥不同施肥浓度处理下，山楂叶片胞间 CO₂ 浓度随处理浓度的增加呈现降低的趋势。由表 2 可以看出，3 种叶面肥处理的胞间 CO₂ 浓度值均呈下降趋势。其中，鱼蛋白肽叶面肥处理降低效果最显著，分别为 2.42%、3.34%、3.65%、5.36%、6.21%；腐植酸叶面肥的降低程度相对较小，分别为 1.22%、1.31%、2.02%、2.23%、2.45%。综合数据分析结果为：鱼蛋白肽叶面肥 > 发酵黄腐酸叶面肥 > 腐植酸叶面肥 > CK。

表 2 3 种不同叶面肥对山楂叶片气孔导度及胞间 CO₂ 浓度的影响

Tab.2 Effects of three different foliar fertilizers on stomatal conductance and intercellular CO₂ concentration of hawthorn leaves

肥料种类	施肥浓度 (mg/L)	气孔导度 [mmol/ (m ² ·s)]	胞间 CO ₂ 浓度 [μmol/ (m ² ·s)]
腐植酸叶面肥	CK	0.08 ± 0.0020c	288.81 ± 0.70a
	0.5	0.10 ± 0.0100bc	285.23 ± 0.80b
	1	0.11 ± 0.0100b	284.79 ± 0.80b
	1.5	0.12 ± 0.0300ab	282.89 ± 0.50c
	2	0.13 ± 0.0500a	282.23 ± 0.60cd
	2.5	0.14 ± 0.0030ab	281.86 ± 0.40d
发酵黄腐酸叶面肥	CK	0.09 ± 0.0011e	293.38 ± 0.50a
	0.5	0.11 ± 0.0005d	286.76 ± 0.40b
	1	0.11 ± 0.0013d	284.65 ± 0.20c
	1.5	0.13 ± 0.0016c	282.23 ± 0.40d
	2	0.13 ± 0.0026b	278.49 ± 0.30e
	2.5	0.14 ± 0.0034a	275.39 ± 0.20e
鱼蛋白肽叶面肥	CK	0.08 ± 0.0200c	292.78 ± 1.11a
	0.5	0.12 ± 0.0020bc	285.49 ± 1.58ab
	1	0.12 ± 0.0020bc	283.00 ± 1.91b
	1.5	0.13 ± 0.0010ab	281.98 ± 5.97c
	2	0.14 ± 0.0020a	277.19 ± 8.49d
	2.5	0.14 ± 0.0020a	274.59 ± 9.61d

2.3 3 种不同叶面肥对山楂单果重及产量的影响

在腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白肽叶面肥不同施肥浓度处理下，山楂单果重随处理浓度的增加有增大的趋势。由表 3 可以看出，3 种叶面肥处理的山楂单果重均显著高于 CK 处理。

其中，发酵黄腐酸叶面肥处理增长最为显著，分别为 15.33%、15.44%、41.65%、44.87%、68.49%；腐植酸叶面肥的增长最小，分别为 20.69%、21.39%、42.23%、43.21%、58.88%。在 3 种叶面肥处理中，发酵黄腐酸叶面肥处理显示出最大单



果重为 16.26 g, 鱼蛋白肽叶面肥处理最大单果重为 12.36 g, 而腐植酸叶面肥处理最大单果重为 11.36 g。综合数据分析结果为: 发酵黄腐酸叶面肥 > 鱼蛋白肽叶面肥 > 腐植酸叶面肥 > CK。另外, 随着 3 种叶面肥处理浓度的增加, 山楂的增产率均呈现上升趋势。其中, 发酵黄腐酸叶面肥在 0.5 ~ 2.5 mg/L 的施肥浓度范围内表现出最

高的增产率, 分别为 9.73%、19.53%、19.76%、29.96% 和 30.03%; 鱼蛋白肽叶面肥次之, 分别为 13.7%、26.37%、26.47%、36.57% 和 36.73%; 腐植酸叶面肥的增产率相对较低, 分别为 7.37%、7.03%、8.00%、23.03% 和 23.13%。综合数据分析结果为: 发酵黄腐酸叶面肥在提高作物产量方面表现出最好的效果。

表 3 3 种不同叶面肥对山楂单果重及产量的影响

Tab.3 Effects of three different foliar fertilizers on single fruit weight and yield of hawthorn

肥料种类	施肥浓度 (mg/L)	单果重 (g)	单株产量 (kg)	增产率 (%)
腐植酸叶面肥	CK	7.15 ± 0.01d	30.26 ± 0.30d	—
	0.5	8.63 ± 0.09c	32.21 ± 1.10b	7.37
	1	8.68 ± 0.05c	32.11 ± 0.80b	7.03
	1.5	10.17 ± 0.05b	32.40 ± 0.80b	8.00
	2	10.24 ± 0.05b	36.91 ± 0.60a	23.03
	2.5	11.36 ± 0.03a	36.94 ± 0.50a	23.13
发酵黄腐酸叶面肥	CK	9.65 ± 0.01d	30.57 ± 0.40d	—
	0.5	11.13 ± 0.09c	32.92 ± 0.70c	9.73
	1	11.14 ± 0.09c	35.86 ± 0.60b	19.53
	1.5	13.67 ± 0.03b	35.93 ± 0.60b	19.76
	2	13.98 ± 0.03b	38.99 ± 0.50a	29.96
	2.5	16.26 ± 0.05a	39.01 ± 0.40a	30.03
鱼蛋白肽叶面肥	CK	9.45 ± 0.01e	30.89 ± 0.80d	—
	0.5	10.63 ± 0.09d	34.11 ± 0.70c	13.70
	1	10.72 ± 0.09d	37.91 ± 0.50b	26.37
	1.5	11.16 ± 0.03c	37.94 ± 0.60b	26.47
	2	11.26 ± 0.01b	40.97 ± 0.50a	36.57
	2.5	12.36 ± 0.03a	41.02 ± 0.60a	36.73

2.4 3 种不同叶面肥对山楂果实品质的影响

在腐植酸叶面肥、发酵黄腐酸叶面肥和鱼蛋白肽叶面肥不同施肥浓度处理下, 山楂果实的可溶性固形物、可滴定酸、Vc 和花青素含量均有不同程度提高。由表 4 可以看出, 发酵黄腐酸叶面肥处理对这些指标的增加效果最为显著, 鱼蛋白肽叶面肥次之, 而腐植酸叶面肥的增加效果较为有限。3 种叶面肥料处理的果实指标均高于 CK 处理。其中, 发酵黄腐酸叶面肥处理在 Vc 方面表现

最出色, 增长率最大达到了 6.63%; 腐植酸叶面肥的 Vc 增长率最低, 为 12.80%。在可滴定酸方面, 发酵黄腐酸叶面肥处理最大增长了 32.72%, 而腐植酸叶面肥最大增长了 24.02%。对于花青素和可溶性固形物, 发酵黄腐酸叶面肥处理的效果最为显著, 最大分别增长了 40.97% 和 44.31%; 腐植酸叶面肥的处理效果相对较弱, 增长率分别为 35.02% 和 37.66%。综合数据分析结果为: 发酵黄腐酸叶面肥 > 鱼蛋白肽叶面肥 > 腐植酸叶面

肥 >CK, 强调了不同叶面肥对山楂果实品质提高 有显著的影响。

表 4 3 种不同叶面肥对山楂果实品质的影响

Tab.4 Effects of three different foliar fertilizers on fruit quality of hawthorn

肥料种类	施肥浓度 (mg/L)	可溶性固形 (%)	可滴定酸 (%)	Vc (mg/100 g)	花青素 (mg/g FW)
腐植酸叶面肥	CK	3.85 ± 0.40b	12.82 ± 0.14c	83.40 ± 0.30d	3.54 ± 0.02e
	0.5	4.10 ± 0.16b	13.34 ± 0.11c	85.33 ± 0.10c	3.84 ± 0.01d
	1	4.30 ± 0.73b	14.66 ± 0.10b	88.60 ± 0.10b	4.25 ± 0.03c
	1.5	4.45 ± 0.05ab	14.88 ± 0.05b	88.88 ± 0.06b	4.66 ± 0.01b
	2	4.70 ± 0.34ab	15.07 ± 0.90b	93.76 ± 0.60a	4.75 ± 0.01a
	2.5	5.30 ± 0.56a	15.90 ± 0.05a	94.08 ± 0.50a	4.78 ± 0.03a
发酵黄腐酸叶面肥	CK	6.07 ± 0.35b	14.24 ± 0.15d	92.72 ± 0.20e	5.15 ± 0.02e
	0.5	6.61 ± 0.17b	15.66 ± 0.42c	94.82 ± 0.09d	5.74 ± 0.01d
	1	6.71 ± 0.64ab	16.63 ± 0.05b	95.68 ± 0.05c	5.79 ± 0.01c
	1.5	6.98 ± 0.09ab	16.88 ± 0.06b	95.90 ± 0.07b	6.87 ± 0.01b
	2	8.68 ± 0.56ab	18.79 ± 0.06a	98.76 ± 0.07a	6.89 ± 0.03b
	2.5	8.76 ± 0.42a	18.90 ± 0.06a	98.87 ± 0.09a	7.26 ± 0.03a
鱼蛋白肽叶面肥	CK	5.87 ± 0.35b	14.12 ± 0.14d	91.72 ± 0.20e	5.07 ± 0.01e
	0.5	6.12 ± 0.17b	15.45 ± 0.39c	93.74 ± 0.08d	5.68 ± 0.01d
	1	6.35 ± 0.74ab	16.58 ± 0.04b	94.23 ± 0.04c	5.74 ± 0.01c
	1.5	6.47 ± 0.09ab	16.77 ± 0.05b	94.16 ± 0.06b	6.79 ± 0.01b
	2	6.72 ± 0.34ab	18.75 ± 0.04a	97.65 ± 0.06a	6.82 ± 0.02b
	2.5	7.32 ± 0.61a	18.83 ± 0.05a	97.86 ± 0.08a	7.12 ± 0.03a

3 讨论

(1) 植物叶片在光合作用和蒸腾作用中起着重要作用, 并且对植物代谢具有调节作用^[7]。研究光合作用对于农业科学和可持续发展学科的进展至关重要^[8]。以银杏为例^[9], 研究发现叶面施肥显著提高了光合速率和气孔导度, 同时降低了蒸腾速率, 并对水分利用率产生了影响。其他研究^[10]也证实了不同类型的叶面肥对植物的光合特性有积极影响, 例如喷施腐植酸有助于提高杨树的光合作用, 喷施不同类型叶面肥对核桃^[11]、虎雪兰^[12]、黄秋葵^[13]、红富士苹果^[14]等植物的光合特性也有显著影响, 改善了净光合速率、降低了蒸腾速率和胞间CO₂浓度, 提高了水分利用率。这与本研究的结果一致。

(2) 从营养学的角度来对比叶面肥对作物品质的影响具有重要意义。研究结果^[15]显示, 喷施不同处理的叶面肥后, 山楂果实的横径和单果重明显增加。发酵黄腐酸叶面肥显著改善了甘蓝^[16]的品质, Vc和可溶性固形物含量显著高于对照组。鱼蛋白肽叶面肥提高了果实内Vc和花青素含量。腐植酸叶面肥能够降低苹果果实硬度, 提高果实横径, 增加果实可溶性糖含量, 降低可滴定酸含量, 同时增加了产量^[17]。喷施氨基酸叶面肥显著改善了设施冬枣^[18]的品质, 提高了单果重、果实纵横径以及糖含量。叶面喷施促进了树体的营养生长, 提高了叶片矿质养分含量, 改善了果实品质, 并有效抑制了病害的发生。这些研究结果与我们的试验结果一致, 证明了叶面肥对果实品质的显著提升效果。



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.



(上接第30页)还田和施肥对黑土肥力及玉米产量的影响[J]. 土壤与作物, 2022, 11(2): 139~149.

- [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>.