

叶面肥的应用及研究进展

李小明, 龙惊惊, 周悦, 沈丽红, 王远, 王洪庆* (沈阳化工研究院有限公司, 辽宁沈阳 110021)

摘要 综述了叶面肥的研究历史和应用现状, 对叶面肥的种类、特点和施用技术进行总结。结合我国的实际情况指出了叶面肥在实际应用中存在的问题, 并对叶面肥在未来的发展趋势进行了预测。

关键词 叶面施肥; 叶面肥; 应用

中图分类号 S14; TQ447.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)03-0127-04

Application and Research Progress of Foliar Fertilizer

LI Xiao-ming, LONG Jing-jing, ZHOU Yue, WANG Hong-qing* et al (Shenyang Research Institute of Chemical Industry Co., Ltd., Shenyang, Liaoning 110021)

Abstract Research history and application progress of foliar fertilizer were reviewed. Types, characteristics and application technologies of foliar fertilizer were summarized. Problems in the application and development of foliar fertilizer were pointed out according to the current situation of China. In addition, the development trends of foliar fertilizer in the future were forecasted.

Key words Foliar application; Foliar fertilizer; Application

作物吸收土壤或营养液中的营养进行生长发育, 主要通过根系进行。此外, 作物也可以通过茎叶(尤其是叶片)吸收各种营养成分。向茎叶(尤其是叶片)表面施用肥料的措施称之为叶面施肥, 用于叶面施肥的肥料被称为叶面肥。叶面肥具有肥效快、养分利用率高、环境污染小等优点, 已成为现代农业肥料中的重要组成部分。叶面施肥是一种有效、环保的施肥方式, 是对土壤施肥的有效补充, 具有广阔的应用前景。笔者综述了叶面肥的研究历史和应用现状, 并对叶面肥在未来的发展趋势进行了预测。

1 叶面肥的种类

1.1 营养型叶面肥 营养型叶面肥可分为2类。一类是以大量元素为主的叶面肥, 该类叶面肥含有氮、磷、钾等大量元素, 可以改善作物的营养状况, 适用于作物生长后期营养元素的补充^[1-2]。尿素、磷酸二氢钾和过磷酸钙浸出液等都属于该类叶面肥^[3]。另一类是含有铁、锰、锌等微量元素的叶面肥, 该类叶面肥可以减轻或消除作物由于微量元素不足而产生的生理病害、减产以及品质降低^[4]。

1.2 调节型叶面肥 该类叶面肥含有植物生长调节剂, 如生长素类、赤霉素类、细胞分裂素类或植物生长抑制剂等^[5-6], 其主要功能是调控作物生长发育, 加快作物体内的生化反应, 适用于作物生长前、中或后期^[7]。该类叶面肥喷施效果好、见效快、成本低, 在市场上深受欢迎。

1.3 生物型叶面肥 生物型叶面肥含有生物体, 如与作物共生或互生的微生物、海藻等, 或包含其发酵或代谢产物, 如氨基酸、核酸、核苷酸、腐殖酸、海藻酸等。其主要功能是对作物进行生理调节, 如促进作物代谢、生长以及提高抗逆性能等, 或预防病虫害的发生^[6]。

1.3.1 氨基酸类 氨基酸类生物型叶面肥中的氨基酸通常是动植物的下脚料或其他物质发酵或水解的产物, 既能促进

植物生长, 又能防治病虫害, 还可以与微量元素进行螯合, 使养分充分利用, 因此得到广泛应用^[1]。

1.3.2 腐殖酸类 该类生物型叶面肥利用腐殖酸和营养元素混配而制成。腐殖酸是一类提取自腐殖物质的具有生理活性的羟基芳香族羧酸, 与金属离子有交换、吸附、配合、凝聚、胶溶等作用。按照在溶剂中的溶解性和颜色, 腐殖酸可分为黄腐酸、棕腐酸和黑腐酸。其中黄腐酸活性最高, 它既是营养成分, 又能提高作物的抗旱抗冻能力。腐殖酸可以调节植物的多种生理活动, 如植物的生长、营养元素的吸收、蛋白质和核酸的合成、光合作用、呼吸作用等^[7-8]。

1.3.3 甲壳素类 甲壳素主要来自于节肢动物壳, 其主要组成成分是寡聚糖。甲壳素具有广谱抗菌性, 因此使用甲壳素类叶面肥可以减少病虫害的发生。施用甲壳素能提高作物的抗高温、抗寒冷、抗盐碱、抗旱涝、抗肥害等抗逆性。甲壳素及其衍生物还可以促进种子提前发芽, 促进作物生长并提高作物产量^[7]。

1.3.4 海藻酸类 海藻酸主要来自于各种海洋生物, 其成分较复杂, 难以进行有效的检测。海藻酸可以降低水的表面张力, 在植物表面形成保护膜, 增大接触面积, 水溶性物质因此易于透过茎叶表面细胞进入植物体内, 使植物可以快速充分地吸收该类肥料中的养分。海藻酸类叶面肥具有促进作物根系生长、提高作物产量、缓解药害、减轻病害等作用^[6]。

1.3.5 糖醇类 糖醇与中微量元素螯合形成的螯合物分子量较低, 作物易于吸收利用。喷施糖醇类叶面肥后, 糖醇溶液可以附着于叶片并迅速扩展, 从而增加叶片的吸收面积, 促进营养成分通过叶片角质层进入叶片内部, 随后携带养分进入韧皮部进行养分运输^[9]。

1.4 肥药型叶面肥 该类叶面肥将一定成分的杀菌剂或植物抗病物质加入到营养肥料中, 既促进作物生长发育, 又能有效控制病虫害, 增强作物的抗病性^[1]。

1.5 稀土型叶面肥 加入稀土元素的叶面肥可以促进作物种子发芽、出苗, 提高抗逆性, 增加产量并提高品质, 提高叶绿素含量, 增强作物光合作用等^[10]。

作者简介 李小明(1985—), 男, 辽宁沈阳人, 工程师, 硕士, 从事新型肥料的开发与应用。* 通讯作者, 高级工程师, 硕士, 从事新型肥料的开发与应用。

收稿日期 2016-12-06

1.6 复合型叶面肥 该类叶面肥种类繁多,复合形式多样。该类叶面肥可以加入氮、磷、钾、硼、铁、锰、锌等营养元素,也可以加入氨基酸、腐殖酸、维生素等有机营养成分。其功能多种多样,可以为作物提供全面的营养,提高作物中酶的活性和光合作用效率,调节营养物质运输和分配,以及增强根系对土壤养分的吸收利用^[6]。

2 叶面肥的特点

2.1 针对性强 可以根据土壤养分的丰缺情况及供肥能力、作物营养缺失情况、作物对土壤养分及肥料的吸收情况、不同作物的代谢和生长特点,以及同一作物不同生长时期的营养需求来确定叶面肥中养分的组成和比例,及时补充作物所缺少的养分,缓解或消除作物的缺素症状,使作物更好地生长。如在干旱或盐碱等不利环境下,作物从根部吸收营养受到抑制,及时喷施作物缺乏的营养元素,如微量元素的叶面肥可以有效改善作物缺素症^[1,11]。

2.2 吸收快 土壤施肥时,营养元素在被土壤吸附并转化后,作物根系才能以离子交换或扩散作用吸收这些养分,然后通过根、茎的维管束到达叶片。而叶面施肥则不需要经过根吸收、茎部运输等长时间的运输,叶片的叶脉运输系统可以直接吸收叶面肥,养分通过叶片进入作物参与其新陈代谢,因此作物通过叶面肥对养分的吸收速率远高于根部施肥。以施用尿素为例,土壤施用后 4~6 d 即可见效,而叶面喷施后 1~2 d 即可见效。而土施质量分数 2% 的过磷酸钙浸提液 15 d 后可以产生效果,而叶面喷施仅需 5 min 即可运输到作物的各个部位,达到与土施相同的效果^[11-13]。

2.3 养分利用率高、用量少 采用根系施肥时,作物对养分的吸收受土壤温度、湿度、盐碱度、微生物固定和分解作用以及地表径流等因素的影响;且土壤固定和淋溶等也会造成养分的损失。而叶面施肥避免了土壤施肥时养分的流失,同时避免了杂草对养分的吸收,提高了养分利用率。通常土壤施肥时氮的利用率仅 25%~35%,而叶面施用氮肥 24 h 内吸收可超过 70%,达到同样效果时叶面施肥用量仅为土壤施肥用量的 10%~20%^[11,13]。

2.4 环境污染风险小 土壤过度施肥会导致土壤盐渍化、酸碱化,并破坏土壤的结构和理化性质。土壤大量施用氮肥也会导致地下水和蔬菜中积累大量的硝酸盐,危害人体健康。而叶面施肥由于不经过土壤且施用量小,大大降低了土壤和水源受到污染的风险^[1,12]。

2.5 施用方法简便经济 叶面肥在施用时不受作物生育期的影响,在作物大部分生育期均可进行喷施,尤其是在植株封垄后不便于根部施肥时。且叶面肥的施用不受植株高度、密度的影响,与农药、植物生长调节剂等混合施用可以提高农药施用效果、加强作物对养分的吸收、增强作物抗病害能力,从而降低用工成本、减少农业生产投资^[1,11]。

2.6 叶面肥的缺点 叶面肥多为水溶性的养分,易被雨水淋湿,易从叶面滴落,影响施肥效果;叶面肥浓度低,在叶面上被迅速干燥,影响施肥效果;某些养分(Ca^{2+})难以从吸收部位向其他部位转移;叶面施肥提供的养分数量有限,难以

满足作物全部需要,特别是氮、磷、钾大量元素;叶面施肥残效时间短,需多次喷施,费工。

3 叶面肥施用技术

3.1 叶面肥的选择 根据土壤养分状况、作物生长情况和生育时期来选择叶面肥的种类。土壤地力较差或基肥不足时可选择氮、磷、钾为主的营养型叶面肥;土壤中微量元素有效性低或微量元素缺乏时,可选择以微量元素为主的叶面肥。当作物叶色发黄、叶绿素含量降低、植株生长缓慢时,应施用以氮为主的叶面肥,辅加少量的磷、钾肥。在作物生长初期,可选择调节型叶面肥如腐殖酸类或稀土类等以促进幼苗生长、提高根系吸收能力。在作物生长旺盛期,植株需肥量大,或在生长后期根系吸收能力衰退,可选择营养型叶面肥迅速补充营养^[6]。

3.2 喷施浓度 叶面施肥是将肥料喷施到作物叶片表面,与土壤施肥相比缺少了土壤的缓冲作用,因此控制叶面喷施的浓度非常重要。在一定浓度范围内,喷施叶面肥浓度越高,效果越好,但浓度过高时易发生肥害。以微量元素肥料为例,作物从缺乏到过量之间的临界范围很窄,因此应严格控制其浓度。而含有生长调节剂的叶面肥,也应严格按浓度要求进行喷施,避免调控不当造成危害。此外,不同作物对不同肥料有不同的浓度要求。作物叶面施肥时应根据不同的生育期和营养状况来确定叶面肥的浓度,正常生长时喷施浓度较低,出现缺素症状时喷施浓度可以适当提高;苗期叶片组织幼嫩,喷施浓度较低,生长旺盛期和后期喷施浓度适当提高^[14]。

一般农作物喷施叶面肥常用的浓度:尿素 0.20%~2.00%,磷酸二氢钾 2.00%,硝酸钙 1.00%,硫酸钾 0.50%~1.00%,硫酸镁 2.00%,硫酸锰 1.00%~2.00%,硫酸锌 0.50%,硫酸铜 0.50%,螯合态铁 0.10%~0.20%,硼砂 1.00%,钼盐 0.10%,腐殖酸钾 0.06%~0.10%^[9]。

3.3 喷施时间 一般适合喷施叶面肥的最佳时期为苗期、始花期或中后期等作物需肥关键时期。阴天或晴天的早晨和傍晚喷施效果好,避免烈日高照,叶面蒸腾量大而引起的毒害。雨天或雨前不能进行叶面施肥,养分易被雨水淋失,起不到应有的作用。若喷施后 3 h 内遇雨,待晴天时要补喷 1 次,但浓度要适当降低。此外,有露水时喷施叶面肥,会降低溶液的浓度,影响施肥效果。叶面施肥时叶片吸收养分的多少与溶液润湿叶片的时间长短有关,润湿时间越长,叶片吸收养分越多,效果越好。一般情况下以保持叶片湿润时间 30~60 min 为宜。

3.4 喷施次数 叶面施肥的浓度一般都较低,作物每次的吸收量也很少,因此,叶面施肥的次数一般不应少于 2 次。对于在作物体内移动性小或不移动的养分(铁、硼、钙、磷等),应适当增加喷施次数。在喷施含调节剂的叶面肥时,至少要 7 d 的间隔期,且喷施次数不宜过多,以避免因调控不当而造成危害。

3.5 喷施方式与部位 喷施叶面肥雾滴宜细小、喷施应均匀。由于新叶比老叶、叶片背面比正面吸收养分速度快,吸

收能力强,因此肥料应喷洒在作物生长旺盛的上部叶片和叶的背面。对于桃、梨、苹果等果树,叶片角质层正面比背面厚 3~4 倍,更适合喷洒叶片背面,以利于吸收。

3.6 叶面肥混用 叶面肥混合喷施,或肥料和农药混喷,可起到多效的作用,同时节省了喷施时间和用工。但混喷时应明确肥料和农药的性质,性质相反则不可混喷。混合农药现配现用,一般先将 1 种肥料配制成水溶液,再把其他肥料按用量直接加入配制好的溶液中,溶液摇匀后再喷施。

3.7 助剂的添加 通常作物叶片上有一层厚薄不一的角质层,溶液渗透较困难。可在叶面肥溶液中加入适量的润湿剂,如中性肥皂、质量较好的洗涤剂,以降低溶液的表面张力,增加叶面肥与叶片的接触面积,增强叶片对肥料的吸收,提高叶面施肥效果^[5]。

3.8 与基肥配合施用 虽然叶面施肥可以对土壤施肥进行有效补充,但叶面施肥不能代替作物根部施肥,必须与根部施肥相结合才能满足作物营养需求。在作物苗期和后期可视具体情况进行叶面施肥,以补充根系施肥的缺陷,如喷施大量元素和中微量元素,提高作物产量^[6]。

4 研究历史与应用进展

4.1 研究历史 早在 19 世纪 40 年代,英国研究者证明了植物茎和叶都能够吸收营养。1884 年,植物研究者使用 FeSO_4 溶液涂抹在发黄的葡萄叶片上以矫正因缺铁引起的黄叶病。1929 年,苏联研究者利用莴苣证明叶片可以同化镁和钾,1941 年证明叶面吸收的微量元素对于植物光合作用具有显著作用^[2]。1955 年,美国研究者应用同位素示踪法,用 ^{15}N 标记尿素中的 N,研究了影响烟叶吸收尿素的因素;奥地利研究者用 ^{32}P 标记磷肥中的磷元素,研究了磷的叶面吸收规律^[15];日本兵库县立中央农业技术中心以 ^{14}C 、 ^{32}P 和 ^{45}Ca 标记,分别对番茄叶和根的吸收情况进行研究,结果表明养分涂抹在叶背面和边沿上的移动分布率高^[16]。植物吸收各种营养元素的规律以及同位素示踪法为研究叶面肥的营养机制和应用奠定了理论基础^[17]。

我国在 200 多年前,清朝浙江省乐清县虹桥农民就开始将河泥粪施用在水稻叶面^[18]。但将叶面肥应用于农业生产始于 20 世纪 40—60 年代,如对大田作物喷施尿素和草木灰浸液等以促进作物生长、提高产量;对果树喷施 ZnSO_4 和 FeSO_4 溶液用以改善和矫正 Zn、Fe 缺素症状,叶面喷施 KH_2PO_4 来提高小麦籽粒产量和抗干热风等。叶面肥以大量元素无机养分为主,选用溶解性好的无机盐类简单配制,大部分产品为固态通用型,养分浓度低,叶面吸收及应用效果不稳定^[19];20 世纪 70 年代末,随着国外产品的流入,叶面肥的研究和应用得到发展,叶面肥以螯合态微量元素为主要成分,所含养分种类多、浓度高,螯合剂和表面活性剂的施用提高了养分叶面吸收效率,叶面施肥效果有了很大提高,并对叶面营养机理进行了大量研究;20 世纪 80 年代,叶面肥应用和生产发展较迅速,我国研究出不同种类的含有植物生长调节剂或农药成分的新型叶面肥;20 世纪 80 年代后,叶面肥开始向综合化发展,除含有多种养分外,还加入氨基酸、生长调

剂、黄腐酸等大量植物生长活性物质,并可与农药配施,具有刺激生长、改善养分吸收、防治病虫害的作用。20 世纪 90 年代后,叶面肥的开发应用发展迅猛,叶面宝、喷施宝等叶面肥都得到了大面积的应用,一些新型叶面肥品种在西瓜、柑橘、葡萄等经济作物中施用效果十分显著。近年来,叶面肥成为我国迅速发展的新型肥料之一,产品的生产向多功能、专用系列发展,在农业领域得到广泛应用^[2,11]。

4.2 应用进展 近年来,合理施用叶面肥以及叶面类植物生长调节剂已成为促进作物生长、增强作物抗逆性和抗病虫能力、提高叶片功能进而提高产量的重要栽培技术。申明等^[20]以含有 5-氨基乙酰丙酸的“爱乐壮”氨基酸叶面肥处理砂梨叶片,结果发现,该处理可提高叶绿素含量和净光合速率等,从而促进光合作用。冯涛等^[21]对不同品种的红花喷施含硼酸的叶面肥增加了红花花冠的鲜重和干重,促进了红花的生殖生长。周超等^[22]证实了腐殖酸叶面肥可以显著改善西瓜品质,包括显著提高可溶性蛋白、维生素 C 及可溶性总糖含量。徐婷等^[23]研究发现,腐殖酸叶面肥同样可以显著提高菜豆产量,提高维生素 C、粗蛋白含量,并降低硝酸盐含量。李修平等^[24]将农药(吡虫啉和菊酯)与叶面肥(多肽、黄腐酸、磷酸二氢钾等)混配施用,不仅提高了冬小麦产量,还起到了杀虫的作用。许永妙等^[25]用 4 种不同种类的叶面肥对受到冻害的茶树进行处理,发现其中含有催芽素和氨基酸的叶面肥可以使受到冻害的茶树较好地恢复。李小为等^[26]研究表明,施用黄腐酸叶面肥可提高水稻产量和抗病性。张胜平等^[27]研究发现,施用含微生物或寡糖的叶面肥均可提高番茄产量并改善其品质。张悦等^[28]用含钛高炉渣螯合制备的叶面肥缩短了甜玉米的生育期并提高了甜玉米的产量。

目前,市场上的叶面肥主要有氨基酸加营养元素型、植物生长调节剂加营养元素型、无机营养型、腐殖酸加营养元素型、天然汁液与矿物质型以及复合类型。从近几年的叶面肥发展趋势来看,复合多功能化成为可溶性叶面肥发展的主导方向,不仅强调叶面肥营养物质配比的广泛性以及合理性,还要求根据防虫治病的实际情况调整叶面肥的组分,在其中加入合理的抗病虫药物,从而制成复合多功能型叶面肥。绿色环保也成为叶面肥的新要求,从动植物中提取的天然活性物质在叶面肥市场的占有率逐年增加,如腐殖酸、海藻酸、节肢动物中的甲壳素等。在叶面肥的基本组分上,也注重合理的络合剂、表面活性剂等的应用,强调有机物和无机物相结合、生物物质和非生物物质相结合。根据叶面肥具有很强针对性的特点,新产品注重对某一种或几种特殊营养物质的补充作用,从而更好地促进作物的生长发育,提高经济价值^[13]。2015 年,我国化肥年需求量约 6 610 万 t,由于叶面肥的施肥量通常为土壤施肥的 10%,据此推测,我国叶面肥潜在的年需求量在 600 万 t 以上。据农业部国家化肥质量监督检验中心记载,截至 2015 年 8 月 20 日,获得农业部肥料正式登记证的叶面肥达 3 759 个,获得农业部肥料临时登记证的叶面肥也达 3 110 个。其中以微量元素、大量元素、含氮

基酸、含腐殖酸水溶性肥为主,中量元素和有机水溶肥料较少。

5 存在的问题与发展趋势

5.1 存在的问题

(1)对于叶面肥的科研力度不够。我国在叶面肥作用机制、喷施理论等方面的研究与国外相比还存在一定差距,产品开发的科技投入也不足。

(2)市场上已有的叶面肥产品虽然品种多,但技术含量低、质量差。目前市场中肥料产品存在的主要问题是养分指标不合格,约 75% 产品合格。多数肥料产品养分含量难以达到国际先进水平,无效成分含量过高,对助剂的应用也不够合理,存在吸收率低、成分相容性差的问题。叶面肥种类虽然繁多,但假冒伪劣产品也多,商家只注重产品效果的夸大宣传而缺乏应用技术的说明指导,相关部门也缺乏有效监督等,导致使用者盲目施用,达不到应有效果,选择不当甚至会造成负面影响。此外,激素类叶面肥不能有效地协调作物的营养生长和生殖生长,影响作物品质,而且会对人体造成一定的伤害。

(3)施用叶面肥的范围小,总体用量不大。目前叶面肥多用于蔬菜、果树及花生、棉花等经济作物,在大田作物上应用比例较小。

(4)国内缺乏知名的叶面肥生产企业和知名产品。已有的叶面肥生产厂家规模较小,技术投资较低。国内缺乏知名品牌和有影响力的企业。

(5)自动化叶面喷施设备不配套。目前叶面施肥的方式仍以喷雾器人工喷施为主,劳动效率低,经济效益也低。

5.2 发展趋势 对于叶面营养吸收机理和喷施理论的探索仍是未来研究的基础。针对作物营养特点,选择适宜养分形态与比例、研制高效复合型助剂及应用多功能有机活性物质以提高施用效果,是今后叶面肥应用研发技术的重点。

5.2.1 复合多功能化。复合多功能化成分是可溶性叶面肥未来发展的主导方向。因此,应进一步加强对复合多功能化叶面肥的研究和应用,使之不仅含植物所需的大、中、微量营养元素,还含有生物活性物质腐殖酸、氨基酸、植物生长调节剂,同时还可根据防虫治病的实际需要加入不同种类的抗病、抗虫药物,形成复合多功能型叶面肥。

5.2.2 绿色环保化。喷施叶面肥可以提高肥料利用率,从而减少化肥和农药的施用量,降低作物产品中有害农药残留,减少环境污染。但另一方面,叶面肥以液体的形式进行施用,具有很大的移动性,在应用时应注意避免肥料及载体直接进入水体、生物链或其他生态系统,防止其破坏生态平衡和危害人畜的健康安全。

5.2.3 天然化。叶面肥也应向天然化发展。海藻素、迦姆素、菇脚浸提液,某些中草药浸提液,从蚯蚓、树木、甘蔗渣、秸秆发酵料中提取的原液或稀释液,海洋生物如贝壳素提取液等,对作物都具有较好的营养作用和生理调节作用,值得在叶面肥中大力推广和进一步研究。

5.2.4 专用化。叶面肥施肥效果受地域、作物类型等因素

的影响。因此,针对不同作物、不同土壤类型、不同目标作物的营养特性及环境因素,研制针对性强、养分吸收效率高的专用型叶面肥是提高叶面肥施用效果的有效途径。

5.2.5 标准规范化。叶面肥目前缺乏统一的、规范化的标准,我国叶面肥品种、功效繁多杂乱,建立规范化的叶面肥标准势在必行。

6 小结

喷施叶面肥是一种有效、经济、环保的施肥方式,是对土壤施肥的有效补充。经过多年的发展,叶面肥的应用已经取得了巨大进步。尽管叶面肥的发展和应用还存在很多不足,但未来叶面肥仍具有广阔的发展前景,必将得到广泛的推广和应用。

参考文献

- [1] 王少鹏,洪煜丞,黄福先,等.叶面肥发展现状综述[J].安徽农业科学,2015,43(4):96-98.
- [2] 张静.叶面肥及其在作物上的应用[J].安徽农学通报,2007,13(7):143-144.
- [3] 白玉超,崔国贤,马渊博,等.苎麻叶面施肥研究进展[J].中国麻业科学,2012,34(3):142-145.
- [4] 陆景陵.植物营养学:上[M].北京:中国农业大学出版社,2003:182-190.
- [5] 张志斌,纳添仓.作物叶面肥施用技术[J].现代农业科技,2009(22):273,275.
- [6] 李永旗,李鹏程,刘爱忠,等.棉花叶面施肥研究进展[J].中国农学通报,2014,30(3):15-19.
- [7] 葛建军,程光明,夏桂平.叶面肥的种类与发展趋势探析[J].现代农业科技,2008(23):367-368.
- [8] 陈玉玲.腐植酸对植物生理活动的影响[J].植物学通报,2001,17(1):11-16.
- [9] 李燕婷,肖艳,李秀英,等.作物叶面施肥技术与应用[M].北京:科学出版社,2008:227-228.
- [10] 杨惠元,蒋国柱,毛树春,等.稀土在棉花上的应用效果[J].中国棉花,1988,15(4):31-33.
- [11] 李燕婷,李秀英,肖艳,等.叶面肥的营养机理及应用研究进展[J].中国农业科学,2009,42(1):162-172.
- [12] 王若冰.叶面肥及叶面施肥技术[J].现代农业科技,2011(2):309,312.
- [13] 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.
- [14] 包立生,叶春丽,梅磊,等.复合叶面肥在转基因抗虫彩色棉品种(系)中的应用效果[J].中国棉花,2010(3):9-10.
- [15] FRANK W. Mechanisms of foliar penetration of solutions[J]. Annual review of plant physiology,1967,18:281-300.
- [16] 陈笃生.叶面撒布肥料[J].磷肥与复肥,1997,12(6):77-78.
- [17] 庄舜尧,曹志洪.叶面肥的研究与发展[J].土壤,1998(5):230-234.
- [18] 高贤彪,卢丽萍.新型肥料施用技术[M].济南:山东科学技术出版社,1997:190-191.
- [19] 张福锁,张卫峰,马文奇,等.中国化肥产业技术与展望[M].北京:化学工业出版社,2007:206-207.
- [20] 申明,成学慧,谢荔,等.氨基酸叶面肥对砂梨叶片光合作用的促进效应[J].南京农业大学学报,2012,35(2):81-86.
- [21] 冯涛,于玮玮,柴义,等.叶面喷肥对红花生长及花冠产量的影响[J].北方园艺,2012(21):135-137.
- [22] 周超,周传余,徐婷,等.腐植酸液体叶面肥对大棚西瓜产量和品质的影响[J].黑龙江农业科学,2013(9):36-37.
- [23] 徐婷,周传余,周超,等.腐植酸液体叶面肥对保护地菜豆产量与品质的影响[J].北方园艺,2013(9):187-189.
- [24] 李修平,朱涛,朱丽萍.叶面肥与农药配合喷施对冬小麦产量和产量构成的影响[J].中国农学通报,2014,30(21):169-172.
- [25] 许永妙,王贤波,黄海涛,等.叶面肥对茶树冻害后恢复生长的影响[J].浙江农业科学,2014(7):1009-1010.
- [26] 李小明,金俊艳.水稻施用黄腐酸叶面肥效果的研究[J].黑龙江农业科学,2015(8):167-168.
- [27] 张胜平,车寒梅,李如欣,等.三种叶面肥对设施番茄生长的影响[J].北方园艺,2015(21):21-24.
- [28] 张悦,薛向欣.由含钛高炉渣制备叶面肥及甜玉米栽培实验研究[J].东北大学学报(自然科学版),2016,37(4):504-507.