

中国计量测试学会团体标准

**《农田干旱、盐碱逆境硅、硒、碘元素
计量施用方法》**

团体标准

（制订）

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

2026 年 4 月，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所向中国计量测试学会提交了关于《北方农田干旱、盐碱逆境非必需元素精准计量施用方法》团体标准制定计划项目申请，依据团体标准编制要求，正式编制本团体标准。

2. 编制背景

我国北方地区是重要的粮食主产区，小麦、玉米、棉花等大宗农作物种植面积广阔，保障着国家粮食安全的基本盘。然而，该区域气候干旱少雨，蒸发量远大于降水量，水资源禀赋先天不足，加之长期以来的农业用水不合理开发，导致农田干旱问题日益严峻。同时，干旱与盐碱化往往相互交织，在西北内陆、华北平原及东北松嫩平原等区域，盐碱地分布广泛传统农业生产中。在当前农业技术体系中，通过补充氮、磷、钾等必需营养元素保障作物生长的技术体系已相对成熟，但面对复杂多变的逆境胁迫，仅依靠必需元素的均衡供给难以满足作物抗逆需求。近年来，硅、硒、碘等非必需元素在增强作物抗逆性方面的作用逐渐被证实，低浓度下可显著提升作物的抗旱、抗盐、抗病虫害能力，然而其施用技术却长期缺乏标准化指导，成为制约抗逆农业发展的关键瓶颈。

相关研究表明，非必需元素施用对作物逆境缓解具有两面性，在低浓度下促进逆境缓解、在高浓度下抑制作物生长，因此非必需元素的精准计量施用对于十分重要。当前国内外对与必需元素的相关精准计量方法已较为丰富，但对于非必需元素的精准计量方法仍十分匮乏。随着精准农业技术的快速发展，非必需元素精准计量施用的技术条件已逐步成熟。土壤养分快速检测设备可实时获取土壤中各元素的含量数据，为非必需元素的施用提供基础依据；作物生理指标监测技术可动态反映作物对非必需元素的需求，实现按需供给；大数据与人工智能技术则可构建非必需元素施用模型，结合气候、土壤、作物品种等多源数据，预测不同逆境条件下的适宜施用量。在此背景下，编制《农田干旱、盐碱逆境硅、硒、碘元素计量施用方法》已成为迫切需求，对于填补标准空白、规范生产实践、提升作物抗逆性、保障粮食安全与农业可持续发展具有重要意义。

3. 国内外相关标准研究

当前，全球农业生产面临干旱、盐碱等多重非生物胁迫，相关逆境评估标准已形成系统框架。在气象干旱领域，我国《气象干旱等级》（GB/T 20481—2006）国家标准规定了无旱、轻旱、中旱、重旱、特旱五个等级，通过降水量距平百分率、标准化降水指数等实现对干旱程度的量化评估，为农业生产的干旱响应提供了统一依据。《农业干旱预警等级》（GB/T 34817-2017）规定了国家级预警、省级预警、地市预警的相关预警机制。《农业遥感调查通用技术 农作物干旱监测技术规范》（NY/T 4378-2023）规定了农作物干旱遥感监测的监测流程、数据获取与处理、地面观测、遥感监测等基本要求。在盐碱地等级评估方面，目前尚未具有相关国家标准或行业标准，各地方根据地方的治理经验，对相应的盐碱胁迫等级进行了划分，典型的已发布标准包括 DB2203/T 5-2023 轻中度苏打盐碱地玉米保护性耕作改土增产技术规程、DB37/T 4893-2025 滨海中度盐碱地阻盐培肥技术规程、DB15/T 3803-2025 河套灌区中轻度盐碱地藜麦栽培技术规程等。

在作物必需元素计量方面，国内外已建立成熟的标准体系。我国在必需元素精准施用方面，制定了 NY/T 2911-2025 测土配方施肥技术规程行业标准，DB4107/T 441-2025 夏玉米测土配方施肥技术规程、DB14/T 814-2013 盐碱耕地测土配方施肥技术规程、DB1302/T 285-2010 花生测土配方施肥技术规程、DB1506/T 35-2023 马铃薯测土配方施肥技术规程等系列测土配方施肥标准，同时随着水肥一体化的发展，2014 年我国农业农村部农业行业标准《水肥一体化技术规范 总则》（NY/T 2624-2014）、2018 年发布农业行业标准《棉花膜下滴灌水肥一体化技术规程》（NY/T 3243-2018）、2020 年发布《设施蔬菜水肥一体化技术规范》（NY/T 3696-2020）、《华北平原冬小麦微喷带水肥一体化技术规程》（NY/T 3553-2020）、行业标准《春玉米滴灌水肥一体化技术规程》（NY/T 3554-2020）、2023 年发布《设施种植园区 水肥一体化灌溉系统设计规范》（NY/T 4368-2023）、《水肥一体机性能测试方法》（NY/T 4369-2023），2024 年国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会发布首个水肥一体化国家标准《水肥一体化设备》（GB/T 43908-2024）。各地方标准的制定多以地方栽培条件下的细分作物水肥一体化技术应用规范为主，对国家标准和行业标准形成了有效补充，如黑龙江省于 2023 年发布了《粒用高粱滴灌水肥一体化生产技术规程》（DB23/T

3443-2023)、宁夏回族自治区于 2023 年发布了《辣椒水肥一体化栽培技术规程》(DB64/T1885-2023)、江苏省于 2022 年发布《苹果水肥一体化管理技术规程》(DB32/T 4415-2022)、广西壮族自治区于 2022 年发布《澳洲坚果水肥一体化滴灌技术规程》(DB45/T 2447-2022)、山西省于 2022 年发布《食用向日葵滴灌水肥一体化栽培技术规程》(DB14/T 2427-2022)、新疆维吾尔自治区于 2021 年发布《机采棉水肥一体化化肥减量增效技术规程》(DB65/T 4414-2021)、内蒙古自治区于 2021 年发布《河套灌区盐碱地向日葵微咸水滴灌水肥一体化技术规程》(DB15/T 2253-2021)、天津市于 2021 年发布《基于发育阶段的设施番茄水肥一体化技术规程》(DB12/T 1044-2021)、北京市于 2020 年发布《果树水肥一体化技术规程》(DB11/T 1802-2020)。上述水肥一体化相关标准为水肥一体化技术在不同地区、不同作物下的实施推广提供了重要参考和指导。

尽管农业逆境评估与必需元素计量标准已较为完善,但非必需元素的精准计量施用标准仍处于空白状态。非必需元素如硅、硒、钠、钛等,在低浓度下可显著增强作物的抗逆性,例如硅元素能在作物细胞壁形成硅化层,提高植株抗倒伏与抗病能力;硒元素可激活抗氧化酶系统,缓解干旱、高温等逆境造成的氧化损伤。然而,目前国内外尚未针对这些元素制定统一的施用标准,导致生产实践中存在诸多问题。

一方面,非必需元素的适宜施用剂量缺乏科学依据。由于不同作物、不同逆境类型对非必需元素的需求差异较大,且元素间存在复杂的交互作用,农民在施用时常凭经验判断,容易出现施用量不足或过量的情况。施用量不足无法发挥其抗逆效应,施用量过量则可能引发元素拮抗,抑制作物对必需元素的吸收,甚至导致作物中毒。例如,过量施用硅元素会影响磷元素的有效性,而硒元素积累过多则会降低农产品安全性。

另一方面,非必需元素的施用时期、方式及与其他肥料的配比关系缺乏规范。不同逆境胁迫下,作物对非必需元素的需求时期不同,如干旱胁迫前施用硅元素效果更佳,而盐碱胁迫下则需在作物生长前期补充钠元素。此外,非必需元素与氮、磷、钾等必需元素的合理配比,也是提升抗逆效果的关键,但目前尚无相关标准指导,制约了非必需元素在农业生产中的有效应用。

4.1 编制原则

本标准的制定工作遵循先进性、科学性、合理性和可操作性的原则，按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求编写。

制定本标准主要遵循了以下基本原则：

（1）从行业和管理者角度出发，实现智慧、高效、稳定、精准地决策，保证水肥管理决策的统一和准确传递；

（2）综合分析标准实现的测量、分析、措施决策的可行性，使标准具有可操作性；

（3）借鉴国际逆境防控经验，结合我国国情及行业特点，使标准具有先进性。

4.2 编制依据

本标准的编制以国家有关农业法律法规、政策为主要依据，参考现有与水肥一体化、测土配方、测墒情施肥标准等相关的国家及行业标准，并结合国内外标准和相关文献资料，确定本标准的技术要求，总结编制了本标准。

本标准依据的法律法规、政策主要有：

《中华人民共和国标准化法》（主席令第七十八号）

《中共中央、国务院关于进一步深化农村改革扎实推进乡村全面振兴的意见》（国务院公报 2025 年第 7 号）

《农业农村部关于大力发展智慧农业的指导意见》（农市发〔2024〕3 号）

本标准参考的标准主要有：

GB/T 29404-2012 灌溉用水定额编制导则

GB/T 32136-2015 农业干旱等级

GB/T 41684-2022 旱区农业术语与分区

NY/T 4177-2022 旱作农业 术语与定义

LY/T 1248-1999 碱化土壤交换性钠的测定

HJ 802-2016 土壤 电导率的测定 电极法

T/CSMT-KJ003-2025 北方旱地粮食作物数字水肥决策方法

4.3 与现行法律法规、标准的关系

本标准制定符合现有标准制定法律法规规定，是对现有数字水肥管理技术规程的有效补充，旨在通过优化决策方法，解决其在普适性、实用性和经济性方面存在的不足。

4. 主要工作过程

2026 年 1 月至 4 月，编制组深入开展了政策背景、文献资料及国内外标准的调研工作，在查询了相关标准、法律法规及方法文献，确定了研究思路及编制方向，并据此编写提交了《北方农田干旱、盐碱逆境非必需元素精准计量施用方法》团体制定项目申请书。

2026 年 4 月 15 日，中国计量测试学会在北京组织召开了本项团体标准立项会议，会议听取了标准起草组对本项团体标准的立项情况汇报，审查专家对有关问题进行了质疑，经认真讨论，一致同意此项标准通过立项。

2026 年 4 月下旬至 8 月上旬，起草组根据立项会议专家意见进行了相应修改，其中标准题目修改为《农田干旱、盐碱逆境硅、硒、碘元素计量施用方法》，形成了征求意见稿。

5. 标准主要起草单位及起草人

6.1 主要起草单位

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、甘肃省农业科学院、辽宁省农业科学院、淄博数字农业农村研究院、北方农牧业技术创新中心、山东理工大学、淄博乐悠悠农业科技有限公司、内蒙古中农北方农牧业科技有限公司。

6.2 主要起草人

陈保青、董雯怡、龚道枝、赵刚、赵凤艳、蔡倩、王亮方、张慧英、郭慧荣、时晴晴、邓小洋

二、主要内容技术指标确立

本标准主要内容包括两部分，第一部分是胁迫等级的评估，第二部分是根据胁迫等级所实施的非必需元素精准计量施用方法。

（一）胁迫等级评估方法

1. 干燥度计算。主要依据 GB/T41684-2022 旱区农业术语与分区中采用的干燥度指标进行区域干旱胁迫的评价,在具体计算时采用区域潜在蒸散量与降雨量的比值进行干燥度计算。该指标是国际通用的区域干旱程度评价指标,具有计算简单、泛化能力强的特点。

2. 盐碱胁迫等级。盐渍土通常被认为包括盐土、碱土和盐碱土。盐土的特点是可溶性盐的含量足以干扰植物生长。它们的饱和土壤浸出液电导率(ECe)高,但交换性钠百分比(ESP)低。碱土指的是土壤交换复合体上钠含量过高(高 ESP),而总盐量较低(低 ECe)。碱土通常 pH 值较高(超过 8.5)。盐碱土含有过量的可溶性盐(高 ECe),且具有足够的交换性钠来影响植物生长(高 ESP),其 pH 值通常低于 8.5。经检索,当前国内标准尚未有对于盐碱胁迫的具体标准,因此本标准采用本标准主要通过美国盐碱地实验室(US Salinity Laboratory)等级标准进行盐碱胁迫分级,按饱和土壤浸出液电导率和交换性钠百分比将盐碱胁迫划分为轻度、中度、重度和特重四个等级。

(二) 硅、硒、碘元素计量施用方法

先前研究表明,硅、硒、碘元素对于抵抗干旱和盐碱具有良好效果,但其存在施用量和施用浓度的有效范围,在低施用量和低施用浓度下,无法发挥抗逆效果,在高施用量和施用浓度下则具有潜在毒害和经济效益低的问题。

硅肥的施用量与硅肥的形态有关,在 NY/T 3829-2021 标准发布之前,国内所使用硅肥大多为钢渣硅肥等枸溶性硅肥,这类硅肥通常需要较高的施用量才能起到抗逆增产的效果,而在 NY/T 3829-2021 标准发布以后,大量水溶性硅肥获得肥料商品登记,实现通过少量的施用量起到抗逆增产作用。硅肥是否施用与土壤中硅含量有关,在 T/CSMT-KJ003-2025 《北方旱地粮食作物数字水肥决策方法》中给出了施用硅肥的临界阈值,即有效硅 ≤ 120 mg/L,在低于该临界阈值时,应进行硅肥的补充。按养分归还理论,按西北、东北玉米一年一熟 500-1000kg/亩产量,籽粒收获带走硅元素含量约 1.4-2.8kg/亩,按华北小麦 300-500kg+玉米 500-800kg/亩,籽粒收获带走硅元素含量约 1.76-2.84kg/亩,推算理论施用量为 1.4-2.9kg/亩。对前人所在研究进行分析,所获得的最佳施用量基本位于该范围

内，如任国鑫等（2025）在春玉米中设置 0-262.5kg/hm² 水溶性硅肥处理，在 112.5kg/hm²（折合硅元素 1.6kg/亩）取得最佳产量，Haque 等（2023）的研究设置 0-40kg Si ha⁻¹，通过对结果进行模拟分析，认为最优的施用量为 25kg Si ha⁻¹（折合硅元素 1.7kg/亩），Xie 等（2015）在盐碱条件玉米光合的研究中采用偏硅酸钠设置为 0、45、90、150 和 225 SiO₂ kg ha⁻¹ 五个梯度，得到从 90kg SiO₂/hm²（折合硅元素 2.8kg/亩）开始获得显著提升效果，而高施用量下光合进一步提升不显著。

硅元素单一施用可以满足低胁迫程度的抗逆需求，但在面临高逆境胁迫时，通过多元素组合施用可以取得较硅元素单一施用更好的效果。硒和碘的用量较少且价格较高，采用叶面喷施方式有利于利用率的提高，同时，在硅肥基施同时，通过叶面进行硅元素喷施可进一步提高抗逆效果，因此，对于高逆境胁迫，编制组建议在硅元素基施条件下，进一步通过硅、硒、碘复合溶液喷施提高作物抗逆性。硅硒碘复合溶液中，各元素浓度与其化学特性和吸收速率有关，前人研究表明，硅、硒、碘的最优施用剂量分别为 2mM、5 μM 和 50 μM 时可取得最优的抗逆效果（Medrano-Macías 等，2018）。此外，由于硅酸盐具有碱性，在施用时会 对作物产生胁迫，因此在施用前需要进行调酸，在不同的调酸物质中，相关研究表明，乙酸不仅可以取得良好的调酸效果，而且可以通过调节植物茉莉酸通路提高植物对干旱和盐碱的胁迫，因此，建议施用乙酸作为调酸物质。

基于上述分析，编制组进行了硅、硒、碘计量施用方法部分的撰写，主要明确了硅、硒、碘复合溶液配制方法、元素施用阈值判断方法和硅、硒、碘施用方法。

三、采用国际标准的程度及水平的简要说明

本标准制样方法的技术内容，主要参考了美国盐碱实验室的盐碱程度分类标准，并在总结国际上非必需元素研究的基础上进行了本标准的制定

四、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

五、与国内外同类标准水平的对比情况

本标准与相关法律法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

本标准有利于促进数字水肥管理技术在北方农田中的运用实施。

六、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准在批准发布 6 个月后实施。本标准发布后，应向肥料生产企业、农业服务企业、农技推广部门等领域的相关企业和单位宣传本标准，并推荐规模种植农户、农资流通等工作人员使用。

本标准为首次制订，建议在本标准实施过程中，应继续广泛听取和收集各方面的意见与建议，并根据实际应用情况，对本标准进行不断的修订与完善，使其实用性和可操作性与时俱进，不断满足环境管理的需要。

七、其他应予以说明的

无。

参考文献：

- Medrano-Macías J., R. Mendoza-Villarreal, V. Robledo-Torres, L. O. Fuentes-Lara, F. Ramírez-Godina, M. Á. Pérez-Rodríguez and A. Benavides-Mendoza 2018. The use of iodine, selenium, and silicon in plant nutrition for the increase of antioxidants in fruits and vegetables. In Antioxidants in Foods and Its Applications: IntechOpen.
- Haque M A, Hoque M F, Jahiruddin M, et al. Performance evaluation of different sources and rates of silicon in rice at eastern Gangetic coastal plains[J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2023, 23(4): 5084-5096.
- Xie Z, Song R, Shao H, et al. Silicon improves maize photosynthesis in saline-alkaline soils[J]. The Scientific World Journal, 2015, 2015(1): 245072.