

我国盐渍化土壤的营养与施肥效应研究进展

杨莉琳

李金海

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021) (河北师范大学 石家庄 050016)

摘要 阐述了盐渍化土壤的营养障碍因素及其对作物、蔬菜、林木等的危害程度、盐渍化土壤中N、P、K以及微量元素的养分状况与土壤盐分效应、施肥效应和施肥技术等;重点探讨了磷石膏作为化学改良剂应用于盐渍化土壤的前景及存在的问题;简介了北方盐渍化土壤的K素发展趋势及K肥效应,并展望了今后研究的方向。

关键词 盐渍化土壤 营养 施肥效应

Nutrition and fertilizer effect of saline soil in China. YANG Li-Lin (Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021), LI Jin-Hai (Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016), *CJEA*, 2001, 9(2): 79~81

Abstract Studies on the nutrition, fertilizer and their effects in saline soils are summarized in this paper, especially the effects of nitrogen, phosphorus, potassium and micro-elements on the crops, vegetables and forests grown in saline soils. Soil chemical agent was emphasized in this study. Expectations for researching saline soils were put forward.

Key words Saline soil, Nutrition, Fertilizer effects

盐渍化土壤又称盐碱土,按盐分含量和碱化度划分,即土壤0~30cm盐分含量 $>0.1\%$;碱化度 $>5\%$ 则属盐渍土范畴。其中可溶性盐类矿物有食盐(NaCl),无水芒硝(Na_2SO_4),白钠镁矾($\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$);盐分离子包括 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} , Na^+ 是主要的阳离子。上述离子以不同比例组合存在,提高了土壤渗透压,影响植物对水分和养分的吸收并造成伤害或毒害。

1 盐渍土的营养障碍

众所周知, Na^+ 与 K^+ 和 Ca^{2+} 之间存在拮抗关系,高浓度的 Na^+ 抑制植物对 K^+ 和 Ca^{2+} 的吸收, Cl^- 具有非滞留性和强淋溶性^[1],使土壤中交换性 Ca^{2+} 下降,造成 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 的大量淋失, Cl^- 的存在阻碍 NO_3^- -N的吸收,高浓度的 Cl^- 还可导致土壤溶液中 Cd^{2+} 浓度的升高。当土壤盐类以 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 为主时,即使总盐量、渗透压不高,也会对作物产生致命危害等^[2]。如当土壤中 $\text{NaCl} > 100\text{mmol/L}$ 时,叶片蒸腾速率明显下降,肉质化程度增加^[3];水培黄瓜在 $\text{NaCl} > 20.5\text{mmol/L}$ 时,植株叶片出现萎蔫, $\text{NaCl} > 41.0\text{mmol/L}$ 时,菠菜叶片全部萎蔫。盆栽试验表明,随土壤含盐量增加,小麦根中 Cl^- 、 Na^+ 明显增加, K^+ 和 Ca^{2+} 则降低;甜菜根叶中 Cl^- 、 Na^+ 随土壤含盐量增加而增加, K^+ 和 Mg^{2+} 则减少^[4]。碱化土则由于pH高碱化度大而对植物产生烧害,土壤pH与土壤中有效磷、Fe和Mn呈极显著负相关,碱性土壤对柑桔吸收矿质养分有抑制作用^[5];白榆年均胸径生长量与土壤碱化度间呈极显著线性负相关关系,当土壤碱化度为25%时可使白榆致死^[6]。不同盐类危害程度不同,如对胡杨的危害为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgSO}_4$ 以 NaCl 为主的盐渍皮;对樟子松幼苗的危害顺序为 $\text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgSO}_4 > \text{盐渍皮}$ ^[7];而对刺槐的危害顺序为土壤 $\text{pH} > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{土壤全盐量}$ 。

2 盐渍土的N素营养及N肥施用技术与效应

盐渍化土壤pH和含盐量较高,限制了植物对N素的吸收。 NaCl 胁迫下黄瓜、菠菜吸收和积累 NO_3^- -N的能力下降,大豆幼苗对 NO_3^- -N的吸收不受影响,但对 NO_3^- -N的积累量显著下降。当以 NH_4^+ -N为N源,大豆对 NH_4^+ -N的吸收明显抑制,而对 Cl^- 和 Na^+ 的吸收率远高于对N素的吸收。研究表明,当过量的 Na^+ 和 Cl^- 进入作物体内则会造成作物代谢紊乱,抑制其正常生长并造成伤害,当 NaCl 浓度达 17.0mmol/L 时,

大豆幼苗几乎不吸收 NH_4^+-N , 水培液中有 NH_4^+ 或酰胺类物质外渗, 这是盐分胁迫造成的离子毒害。土壤含盐量愈高, 各种肥料 N 的挥发损失也愈多^[9], 这是由于土壤盐度较高时, 一方面 NH_4^+-N (NH_3) 的浓度增加, 另一方面土壤硝化速度降低, 致使氨的挥发损失加大。梁红^[11]在苏打盐渍土种稻的试验结果表明, N 的挥发损失量与土壤总碱度及碱化度呈高度正相关, 而与土壤全盐量不相关^[9]。近年来实施工程措施治理盐渍土的方法不外乎用过量水洗盐, 以减轻根区内盐分的积累, 而此法会造成土壤中大量的 NO_3^--N 随水淋失。长期定位研究结果表明, 灌溉条件下干湿交替的土壤会产生大量硝酸盐和少量亚硝酸盐, 这些产物终将随水一起向心土层渗漏并进入地质大循环。由于 NH_4^+-N 的挥发和 NO_3^--N 的淋失严重, 致使盐渍土 N 素利用率降低。合理施肥, 提高盐渍土的 N 肥利用率是首要考虑的问题。同一肥料 N 的挥发损失量随土壤总盐碱度和碱化度的升高而增加, 同一盐碱度下不同肥料氮挥发损失量不同, 如苏打盐渍土上不同 N 肥氮挥发损失顺序为尿素 > 硫酸铵 > 磷酸二铵。试验结果表明, 在盐化土较低盐度条件下不同 N 肥 N 挥发顺序为硫酸铵 > 丸粒状尿素 > 虫胶包膜尿素 > 3g 重的块状尿素 > 硫磺包膜尿素 > 3g 重的纸包丸粒状尿素; 当土壤盐量提高时, 氮挥发损失的顺序变为硫酸铵 > 丸粒状尿素 > 虫胶包膜尿素 > 硫磺包膜尿素 > 3g 重块状尿素 > 3g 重纸包丸粒状尿素, 可见施用硫酸铵比施用尿素的 N 素利用率低。但梁红^[11]研究解释, 尿素属碱性肥料, 施用后易导致土壤 pH 升高, 氮挥发加大, 盐渍土上施硫酸铵最佳。究竟哪种 N 肥施用效果最好还需进一步研究, 但值得肯定的是 N 肥深施到某土层深度 (如 2~5cm) 时或改进现有肥料的理化性状, 可控制 N 素释放速率, 从而达到提高 N 肥利用率的目的。

3 盐渍土的 P 素营养及 P 肥施用技术与效应

P 在土壤中主要以无机态存在, 一般无机磷占全 P 的 60%~80%。盐渍土由于其碱性环境, 大量的 P 素被土壤固定转化形成无效磷, 故有效磷含量低是盐渍土营养的又一障碍因素。土壤盐分对 P 素的影响与 N 素一样, 随着土壤含盐量的增加, 作物对 P 的吸收降低。施 P 一方面改良了土壤, 另一方面促使作物形成壮苗, 根系发达, 吸收养分快, 新陈代谢旺盛, 抗盐能力增强, 植株生长良好, 干物质迅速积累。据研究, 在一定盐分条件下土壤施 P 可减少 NH_4^+-N 的积累^[10], 在较高盐分条件下施 P 还可促进小麦对 N、P 总量的吸收, 而单施 N 肥则影响 N、P 元素的吸收。定位试验表明, 盐渍土长期施用 P 肥, 土壤含 P 量可大幅度提高, 但有效磷含量并不高, N、P 合理配比施用是提高 P 素利用率的重要措施之一^[11]。

磷石膏是当前盐碱地普遍应用的化学改良剂, 这是由于磷石膏当中的 Ca^{2+} 代换土壤中的 Na^+ 降低了土壤钠碱化度, 促使团粒结构形成, 降低土壤容重, 增加土壤通透性, 改善了土壤物理性状的缘故; 其次, 土壤中的 CO_3^{2-} 与石膏中的 Ca^{2+} 反应生成 CaCO_3 沉淀, 使 1m 土体中磷石膏区的 CO_3^{2-} 变为痕量。尽管盐荒地施磷石膏可增加全盐含量, 但这是其中 CaSO_4 增加的结果, 而 CaSO_4 本身是 1 种无害盐。随着土壤中有害成分 Na^+ 、 Cl^- 和 CO_3^{2-} 含量下降, 盐渍土的组成趋于优化^[12~16]。除用于化学改良剂外, 磷石膏还可作为肥料在农田广泛施用, 因磷石膏中含有 P、S、Ca、Fe、Mn 和 Mo 等元素, 其 pH3~4 用后在施肥点附近造成局部的酸性环境, 可促使土壤无机磷、螯合态 Fe、Mn 等释放, 提高了土壤有效磷、Fe 和 Mn 的水平。与尿素配施, 降低脲酶的活性, 尿素水解成 NH_3 的速度下降, NH_3 挥发减少。磷石膏中的 CaSO_4 还可对尿素水解产物 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 起保护作用, 使之在土壤中形成铵核, 因而可使尿素肥效延长。磷石膏还可作为钙肥防治大白菜干烧心病和番茄脐腐病^[17~18]。有人建议, 在缺 P 土壤可直接施用磷石膏, 比施用其他等 P 量 P 肥更经济实惠。试验表明, 磷石膏对盐渍土生长的玉米、草木樨、水稻、花生、果树的增产效果都很显著, 特别是对碱地上的草木樨增产效果更明显, 最高增产率可达 550%, 玉米增产率可达 13%~60%。磷石膏施用过程中一是应注意其含 F 指标, 当前我国还缺少大量的田间试验资料来确定磷石膏的含 F 限量; 二是应注意 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 与 Ca^{2+} 的拮抗问题, 盐渍土含 Na^+ 多, 常造成 Ca^{2+} 的吸收困难, NH_4^+ 也妨碍植物吸收 Ca^{2+} , 所以应控制铵态氮肥的施用量, 且注意排水, 减少 Na^+ 含量。

4 盐渍土的 K 素营养及施 K 效应

K 素是土壤盐分组成的 8 大离子之一, 也是植物间必需的 3 大营养元素之一, K 与 Na 是化学相似元素, 无论在土体还是植株体内, K^+ 、 Na^+ 之间存在着不可缺少的替代关系。盐渍化土壤中 K 素含量与土壤含盐量密切相关, 当土壤含盐量较高, 尤其 Na^+ 含量大时, Na^+ 与 K^+ 之间的拮抗作用直接影响植物对 K^+ 的吸收, 随着土壤改土脱盐洗碱的过程, K 素又可随水流失, 土壤速效钾含量降低, 故在盐渍土施用 K 肥具有特殊意义。Beringer (1980) 曾指出, 如果土壤中可溶性盐分较高, 而 K 浓度又不高时, 不仅需要通过施 K 来满

足植物生长对 K 的要求,而且还必须通过施用 K 肥促进植物体内盐分的排泄(Efflux),以促进根部有机溶液的积累和维持细胞中液泡的渗透压,增强植物耐盐胁迫的能力,并促进水分的吸收和细胞中水分的吸持。Shehlef and Finck(1970)也曾发现,盐土中小麦所需的最佳 K 素营养施 K 量比非盐土高 20%~50%^[19]。以往认为,我国北方盐渍土中速效钾含量较高,施 K 肥效果往往不明显。但近年来随着洗盐改碱工程的实施,高产喜 K 作物的推广以及 K 肥的投入不足,土壤中速效钾含量已普遍下降,部分土壤已出现缺 K 的态势,盐渍土增施 K 肥日益受到人们的重视。试验证明,棉花对 K 素较为敏感,施 K 肥可防治棉花早衰落叶,蕾铃脱落,可使棉花平均增产 17.9%~39.7%。且土壤速效钾含量愈低,施 K 肥的增产作用越大^[20]。陈学根等试验结果表明,K 肥对小麦的千粒重、籽粒数及产量有明显的促进作用,可使小麦平均增产 36.1%。K 肥可使薄荷含油量平均增加 26%。盐化潮土施用 K 肥,即使在 N、P 充足、速效钾含量较高的土壤条件下对夏玉米仍有明显的增产效果,它能促进植物对 N、K 的吸收^[19]。

5 盐渍土的微量营养元素

目前国内对盐渍土的微量营养元素研究尚较少,但随着大量 N、P 肥的高投入,势必导致土壤中营养元素的失衡。研究发现,某些微量营养元素含量已处于临界值的边缘。左东峰^[21]对盐渍土种植的冬小麦喷施 B、Fe、Zn 肥试验结果发现,冬小麦根系生长、地上部叶面积、叶绿素含量以及净光合率均得到提高,作物根系对 N、P 养分的吸收利用得以改善,冬小麦增产 20%以上。盐渍土作为特殊的土壤环境对其他微量元素有效性的影响尚需进一步深入研究。多年来对盐渍土的研究较多集中于以工程措施为主的综合治理及改良方面,而对这一特殊土壤环境中植物营养元素的研究尚较少,故今后研究重点仍应为继续探索适合盐碱地施肥种类及施肥技术;继续试验磷石膏作为化学改良剂和肥料在盐渍土上适宜用量及其副成分对土壤环境的影响;扩大喜 K 高产作物种植面积,并探索其高 K 避盐机理;广泛开展盐渍土的微量营养元素及其动态变化的普查工作,建立优化配方施肥模型。

参 考 文 献

- 1 涂书新等.土壤氮研究进展.土壤,1998,3(3):125~129
- 2 罗 斌.我国的盐渍化土地与治理技术.林业科技通讯,1994(3):8~10
- 3 张宝祥.盐胁迫下沙枣某些生理特性的研究.林业科学,1990,28(2):167~169
- 4 李加宏等.作物对盐分的吸收及其盐害的预测预报.土壤学报,1998,35(3):36~38
- 5 解文贵等.碱性桔园土壤 pH 与营养元素的相关研究.耕作与栽培,1996(1):38~42
- 6 郭成元.寿光滨海平原白榆耐碱力的研究.山东林业科技,1990(3):30~33
- 7 白 鸥等.樟子松抗盐碱试验报告.辽宁林业科技,1992(1):6~9
- 8 Sen H. S.,单光宗.淹育盐化土的氮素挥发损失.土壤学进展,1990,18(5):43~46
- 9 梁 红.苏打盐渍土种水稻氮肥施用技术研究.黑龙江农业科学,1990(5):6~9
- 10 万惠娥等.宁南山区盐碱地磷对春小麦生理及产量的影响.宁夏农林科技,1991(2):8~11
- 11 郝晋民等.盐渍土利用过程中土壤磷素的累积与利用.中国农业大学学报,1997,2(3):69~72
- 12 左余宝.磷石膏对盐碱荒地物理化学性质和棉花产量的影响.土壤肥料,1992(4):30~33
- 13 王 凯等.磷石膏对改善滨海盐土理化性状的作用及其机理.江苏农业科学,1996(6):37~39
- 14 张武舜.磷石膏对滨海盐土理化性状的影响.江苏农业科学,1993(1):39~63
- 15 陆文龙.磷石膏农业应用.天津农业科学,1996(12):30~32
- 16 蔡 良.磷石膏农化试验评述.盐碱地利用,1990(3):28~29
- 17 王荣华等.盐化潮土大白菜施用磷石膏的研究.土壤肥料,1994(1):47~48
- 18 张 红等.磷石膏防治蕃茄脐腐病.土壤肥料,1994(5):47~48
- 19 陈同斌等.盐化潮土中硫酸钾对夏玉米产量及氮钾交互作用的影响.生态农业研究,1995,3(4):44~48
- 20 刘荣根.滨海盐土上作物施钾效应的研究.土壤,1998(4):222~223
- 21 左东峰.盐渍土冬小麦叶面喷施硼锌铁肥优化配比及增产效应研究.北京农业大学学报,1992,18(3):293~297