

农业生态与土壤中化学元素关系的研究^{*}

曾昭华

(江西省地矿厅环境地质研究所 南昌 330012)

摘 要 研究农业生态与土壤环境中化学元素的关系结果表明,农业生态与土壤的 N、P、K、Na、Ca、Mg、S、Fe、Mn、Cu、Zn、B、Mo、V、Co、Ni、Cr、Pb、Cd、Hg、Se、F、Tl、Ba、Te、Ta、Sr、Ti、Si 及稀土元素密切相关。

关键词 农业生态 土壤 化学元素

Relationships between agricultural ecology and chemical elements in soil ZENG Zhao-Hua(Institute of Environmental Geology, Geology and Mineral Department, Jiangxi Province, Nanchang 330012). *CJEA*, 2002, 10(1): 41~43

Abstract The relationships between agricultural ecology and the chemical elements in soil environment are studied. The results show that the agricultural ecology has closely relationships with the soil elements such as N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, V, Co, Ni, Cr, Pb, Cd, Hg, Se, F, Tl, Ba, Te, Ta, Sr, Ti, Si and rare-earth element.

Key words Agricultural ecology, Soil, Chemical elements

1 元素与农业生态的关系及其分类

农作物和经济作物的产量及品质与很多因素有关,一般除品种、耕作方式、管理技术和气候条件外,与土壤环境状态和质量关系密切,尤其是与土壤化学元素的全量及其有效态的质量分数关系极为密切。根据元素对作物生长发育和增产所起的作用效果,本研究将有关元素分为3类,即对作物生长发育和增产起显著作用的元素;对作物生长发育和增产有一定作用的元素;对作物生长发育和增产起有害作用的元素。

调研结果表明,N、P、K、S、Fe、Mn、Cu、Zn、B、Mo、V、Sr、Ti、Mg 和稀土等元素对某些作物生长发育和增产起显著的作用。N 是农作物生长发育和增产的重要元素,增加 N 肥投入是发展农业生产的主要途径之一,目前高产水稻土全 N 量高达 2g/kg 以上;P 是农作物增产的重要元素,据浙江农业大学资料表明,早稻 1 季 6000kg/hm² 以上的高产田全 P 量一般在 1~2g/kg,平均 1.4g/kg,而产量较低的水稻土一般低于 1g/kg;K 是生物有机体中不可缺少的元素,它对有机体起催化作用,可促使植物进行光合作用,高产水稻土中全 K 量一般在 15g/kg 以上,最高的可达 25~30g/kg;S 是蛋白质的组成成分,是植物生长发育非常必要的元素,它在生物体中广泛存在,可呈硫酸状或与蛋白质脂肪等结合为有机化合物,它的生物地球化学作用主要是参与活有机体的功能,生物能引起或催化硫,从 1 种氧化态转变至另 1 种状态,因而影响着 S 的化学性质以及 S 在水中的沉积物、岩石中、土壤生物中的分配;Fe 是一些酶的组成成分,在氧化还原过程中起着极其重要的作用,缺 Fe 会使作物叶绿素不能形成,从而导致缺绿病,果树黄叶病是世界性较难矫正的树木生理病害,欧美、日本和我国南北方均有发生,尤其是北方石灰性土壤生长的果树(苹果、梨、桃)每年 5~8 月份发病极为普遍。施用 Fe 肥对防治失绿症和增产增收有明显效果,Fe 元素是作物生长发育和增产的必需元素,同时也是防治胃癌、肺癌发生与发展的重要元素;Mn 是植物生长不可缺少的元素,特别是豆科植物,能刺激其根部生长固 N 根瘤,还可提高农作物的抗旱抗盐性。Mn 对豆科植物的生长发育及增产以花生最为突出,在缺 Mn 地区施用 Mn 肥后单株荚数、白仁重量显著增加,空秕率下降,产量相应增加;豆科绿肥株高、分枝数、根瘤数目和根瘤的大小有所提高,根的质量和土壤耕作层中含 N 量因而增加。此外,Mn 对粮、棉、油、糖等主要作物和果树、蔬菜的生长发育与增产也有明显效果。同时它是作物体内参与硝态氮的还原过程,是多种代谢酶的活化剂,能激活蔬菜体内的硝酸还原酶,从而使蔬菜植株硝酸盐质量分数下降;Cu 有重要的生物作用,缺 Cu 会使某些植物发生病害,Cu 是植物的必需营养元素,同时也是防治胃癌、肝癌的重要元素。20 世纪 40 年代我国学者以 Cu 处理多种植物的花粉结果表明,Cu 能促进花粉萌发和花粉管的生长,用 Cu 盐处理

^{*} 国土资源部科研项目

收稿日期:2000-07-10 改回日期:2000-08-12

小麦种子可促进小麦初期生长,且可提前抽穗,因此 Cu 对作物具有助生长和增产的效果,但土壤中 Cu 质量分数过量则会导致作物中毒,使作物生长发育受阻,甚至死亡;Zn 是 200 多种酶的组成部分,参与叶绿素和生长素的合成,在 P 代谢和碳水化合物代谢中 Zn 起着重要作用,Zn 能促使核酸和蛋白质的合成,调节淀粉的合成,提高籽实产量和籽粒重量,Zn 是作物生长发育和增产优质的重要元素,也是 DNA 和 RNA 聚合酶等组成成分,直接参与能量代谢和氧化还原过程,对人体的生命活动起着极其重要作用;B 对红壤地区粮、棉、油、果、菜等各类作物均有增产效果,20 世纪 70 年代以来我国对多种农作物进行了施用 B 肥试验,其增产效果极为明显;Mo 是 1 种高效肥料,是固氮酶的组成成分,其生物化学作用是参与还原氨或参与氨基酸的形成,促进生物体中核酸和蛋白质的生物合成,参与 N 素的代谢过程,促进根瘤的发育,以增强固 N 作用,参与作物体内硝态氮的还原过程,是硝酸还原酶(NR)的组成部分,能激活蔬菜体内的硝酸还原酶,从而使蔬菜植株硝酸盐质量分数下降;在缺 Mo 土壤施入 Mo 肥后作物增产和品质提高极为明显,如河南省林县缺 Mo 的土壤施入钼酸铵肥料后使小麦、玉米和谷子平均增产 15%~20%,且使硝酸盐质量分数分别下降 31.2%、43.4%和 25.4%。蔬菜产量提高 6.6%,维生素质量分数提高 24.8%,硝酸盐和亚硝酸盐质量分数也分别下降 18.0%和 27.5%,有利于防治食管癌、宫颈癌、胃癌的发生和发展,从而确保人体健康;V 对豆科作物、谷类作物、经济作物等的生长发育和增产有明显效果,大量试验证明 V 可促进植物根瘤对 N 的固定,也可参与硝酸盐的还原过程,它的作用和对农产品质量的提高与 Mo 非常相似,是作物生长发育和增产不可缺少的元素;Sr 元素对农作物生长发育和增产也有重要作用,张子学等研究结果表明,用硝酸锶对“秦油 2 号”的增产比用磷酸二氢钾和硼砂作用均高;Ti 能促进作物的叶绿素合成和光合作用;Ti 配合物(TiV(DE))对大豆、甘蔗、蔬菜、油菜等农作物有明显的增产效果;Mg 是弱碱性元素,它是低等植物中固定的元素,是高等植物中叶绿素的基本成分,是光合作用的催化金属,是作物生长发育不可缺少的元素;稀土元素可使粮食增产 6%~15%,油料、甘蔗、烤烟、橡胶等增产 8%~12%,瓜果、蔬菜增产 10%~15%,同时还可提高农产品的品质。李淑仪等研究结果表明,施用稀土能提高沙田柚含糖量,降低酸度,调节糖酸比,提高沙田柚的品质,且能促花保果,提高座果率和产量;调研结果表明,Ca、Co、Ni、F、Tl、Si、Na 等元素对某些作物的生长发育和增产也有一定作用,但土壤中质量分数不能过高,否则会抑制作物的生长或毒害作物;Ca 是所有植物中的固定组分并能起到一定的生理作用,它可消除 K、Mg 元素过多而产生对作物的毒性,且对调节土壤酸性起着重要作用,可影响作物的生长发育。若在酸性土壤中种植需在碱性土壤中生长的作物就应施用 Ca 肥,使酸性土变成碱性土;Co 是合成维生素 B₁₂ 必不可少的元素,维生素 B₁₂ 是固 N 根瘤组织中形成血红素的必需成分,豆科和非豆科植物的固 N 过程均需要 Co;Ni 元素在土壤中质量分数为 0.5~10mg/kg 时有利于小麦的生长发育,10~100mg/kg 时对小麦的生长发育无明显障碍,>200mg/kg 时对小麦生长表现出抑制作用;F 是作物生长发育的必需元素,一般土壤中 F 质量分数为 0.3~0.5mg/kg 时有利于作物的生长发育,而达 500~1000mg/kg 时则产生 F 中毒,导致作物死亡;Tl 元素的质量分数低时可刺激酵母的生长,但土壤中 Tl 质量分数过高时则会引起植物中毒;Si 也是农作物生长发育和增产不可缺少的元素,周国华等研究结果表明,浙江省杭嘉湖地区西塘高产油菜和水稻土壤中 Si 元素有效量高于低产田土壤,高产麻地土壤中 Si 较低产田丰富,长势好的桑地中 Si 元素有效量较长势差的桑园高,这表明它们的生长发育和增产与 Si 元素质量分数呈现出正相关关系;Na 离子的性质和浓度可影响土壤中有机物的生命,低 Na 有利于作物的生长发育,过量对作物的生长发育有抑制作用;调研结果表明,Cr、Pb、Cd、Hg、Se、Ba、Te、Ta 等元素对作物的生长发育有毒害作用;据日本资料显示,在水稻水培试验中加入 Cr, Cr³⁺ 从 5mg/kg 便开始发生毒害,10mg/kg 以上时可见明显危害,浓度进一步增高致使秧苗枯死,而 CV³⁺ 增高至 50mg/kg 时作物才发生枯死。美国的营养液试验表明,Pb 在植物上的毒害与 pH 值有关,在低浓度时 pH 值越高则 Pb 毒害越大。Cd 对作物的毒害作用大,含有 Cd 的废水排入农田能使秧苗枯死,即使成活,作物吸收、积累 Cd 在粮食内人吃了会中毒。据日本研究结果表明,一般情况下土壤中 Cd 质量分数为 0.5~10mg/kg 时,大米中 Cd 质量分数为 0.05~0.1mg/kg。据试验资料表明,用浓度 0.1mg/kg 的 HgCl 对水稻进行水培未发现毒害作用,而用含 0.5mg/kg 的 HgCl 则有毒害表现,用 2.5~5mg/kg 的 HgCl 其生长稍受影响,土壤中含 Hg 量达 30mg/kg 时出现水稻受害。而蔬菜作物在土壤含 Hg 量达 10mg/kg 时就对出苗发生危害。研究结果表明,当 Se 浓度超过 4μg/mL 时麦苗生长明显受抑,表现出 Se 中毒,说明植物生长对 Se 的需求很微量,且浓度范围较窄。Ba 对植物有中等的毒性。Te 对植物的中毒作用可能与 Se 相似,Ta 在 0.1mg 低浓度时就对柑橘植物显示出毒害。

2 有益微量元素肥料的施用

对农作物和经济作物有益元素一旦缺乏,必须及时施用,但不能过量,否则对作物生长发育和增产不利。B是作物生长发育和增产的重要元素,但有效范围上限和下限窄。B有效质量分数低于 $0.2\sim 0.6\text{mg/kg}$ 时一般产生缺B,当B高于 $0.8\sim 1.5\text{mg/kg}$ 时一般又产生中毒并因植物种类和地区环境条件而异,如德国的灰化土壤当pH值为 $5.5\sim 6.5$ 时许多作物缺B,下限为 0.5mg/kg ,波兰在中性和碱性土壤上种植葡萄树缺B界限为 0.75mg/kg ,小麦、大麦、绿色谷物、芝麻中毒界限为 0.8mg/kg ;Cu缺乏界限随作物不同而异,但对多数作物有效 $\text{Cu}<0.5\sim 3\text{mg/kg}$,全 $\text{Cu}<7\sim 8\text{mg/kg}$ 时作物可能发生缺Cu,需要施入Cu肥。Cu中毒界限随作物不同而异,且随土壤中pH值降低而异。如罗马尼亚摩尔达维亚种植在黑钙土和果园土壤的燕麦及玉米当有效Cu质量分数 $>25\sim 30\text{mg/kg}$ 时出现毒害,而在有效Cu质量分数相等情况下Cu的毒害作用随pH值降低而增加。当玉米土壤pH值为6,全Cu质量分数 $>50\text{mg/kg}$ 时出现毒害,达 100mg/kg 时其生长减半,达 200mg/kg 时则受到严重抑制,在相同Cu质量分数,当pH值为5时其毒性还要大。当小麦土壤pH值为4,全Cu质量分数达 25mg/kg 时则表现出毒害性;我国各地试验证明,施用Zn肥能大幅度提高作物产量。由此可知,施用微肥极其重要,但施用量不能过量并应遵循一定原则,一是促进农业发展与环境保护相结合,在对农业生产有益元素缺乏地区施用有关微肥时要考虑确保农业发展,以达到增产增收,且必须保护环境不受污染。N肥施用一直是农业增产关键,但普通N肥施入土壤后经挥发、淋溶和反硝化其损失率高达 $70\%^{[1]}$,这种巨大的浪费及其对环境、水质污染严重后果已受到普遍关注,故应选用不挥发的N肥(尿素)并采用提高N肥利用率的技术措施,如确定N肥适宜施用量、深施、水肥综合管理、平衡施肥、添加硝化抑制剂和脲酶抑制剂^[2],同时还必须控制N肥施用量;二是因地制宜施用肥料,施用微量元素肥料要根据土壤酸碱度与性质、微量元素质量分数及需要种植作物种类等因素选择微肥种类和施入量。汪金舫等研究结果表明,生长在潮土(pH=8.2)中大豆当土壤V元素浓度高于 30mg/kg 时就出现毒害,而生长在红土(pH=5.8)中大豆土壤V元素浓度高达 75mg/kg 时仍未出现毒害,所以V肥施入量应根据土壤性质和pH值而定。P的有效性受Fe、Mn制约,一般随土壤中Fe、Mn量的增高而减少,故土壤中施入Fe、Mn肥料可导致P有效态质量分数下降;三是多种肥料配合施用,要以增产、增收为目标,以经济效益为目的,选择最佳的微肥配合施用。朱兆良院士指出,在缺P或P、K土壤上,配施P肥或P、K肥可明显降低化肥N的损失。吉林、河南、山东、江苏省等地小麦和玉米的部分试验结果统计表明,在缺P旱作土壤上N、P配合施用,可显著提高N肥利用率和籽粒生产效率,并在增产效果上表现出一定正交作用,且这种正交作用有随土壤基础产量降低而增大的趋势。湖南、浙江、广东省试验结果表明,在N、P肥的基础上施用K肥可获得明显增产效果。

3 有害元素的处理

由于Cr、Pb、Cd、Hg、Se、Ba、Te、Ta等元素对作物生长发育有毒害作用,应采取有效技术措施对它们进行处理。我国未遭受到“三废”污染的土壤Cr、Ta质量分数均低于地壳丰度;Cd的质量分数除贵州省,Hg的质量分数除广西、湖南、贵州、江苏、上海等省(区)市外也低于地壳丰度;Ba的质量分数除江苏、浙江、福建、广东、广西、江西、湖南、贵州、云南、青海、西藏等省(区)外均高于地壳丰度;Pb、Se、Te的质量分数均高于地壳丰度,即高于地壳丰度的元素一般不会造成对作物生长发育产生有害作用,所以要确保土壤不遭受污染。凡有害元素未进行处理的污水均不能引入灌溉,否则污染土壤,影响作物的生长发育。厂矿企业排出的有害气体必须要加强治理;有害的废渣、矿渣、垃圾应及时处理,防治污染土壤和水源。改变土壤酸碱度是降低土壤中有毒元素有效态质量分数的重要途径,对易在酸性介质中溶解的元素如Pb、Cd、Hg应提高土壤的碱度。对易在碱性介质中溶解的元素如Cr、Se则应提高土壤的酸度,从而降低它们在土壤中有毒态质量分数。作物种植最好根据土壤环境条件和质量状况选定,一般在高硒地区不宜种植粮食作物和蔬菜。

4 小 结

各种作物直接生长在土壤上,但土壤质量、物质组成、酸碱度、氧化还原条件、有机质、含水量、含盐量以及多种元素的质量分数、分布、形态及其转化直接关系作物生长发育和稳产、高产、优质,因此应深入调研当地土壤资源的环境质量条件,并在此基础上制定出最佳农业开发方案和种植计划及土壤改良措施。

参 考 文 献

- 1 吴平周,廖宗文,毛小云.改性尿素的肥效及淋溶特性研究和初探[J].土壤与环境,2000,9(1):75~76
- 2 朱兆良.农田中氮肥的损失与对策[J].土壤与环境,2000,9(1):1~5