

目 录

第一部分 作物营养基本知识	1
一、作物的营养成分	1
(一)作物的必需营养元素	1
(二)作物的有益元素和有害元素	5
(三)作物对养分的吸收	7
(四)影响作物吸收养分的外界环境条件	14
二、必需营养元素及诊断	16
(一)氮素营养及缺素诊断	16
(二)磷素营养及缺素诊断	20
(三)钾素营养及缺素诊断	23
(四)钙素营养及缺素诊断	30
(五)镁素营养及缺素诊断	32
(六)硫素营养及缺素诊断	34
(七)铁素营养及缺素诊断	36
(八)锰素营养及缺素诊断	39
(九)锌素营养及缺素诊断	42
(十)铜素营养及缺素诊断	45
(十一)钼素营养及缺素诊断	47
(十二)硼素营养及缺素诊断	49
(十三)氯素营养及缺素诊断	52
(十四)碳、氢、氧	55
第二部分 肥料种类与使用	62
一、化学肥料(矿质肥料)	63
(一)氮肥	63
(二)磷肥	73



(三) 钾肥	79
(四) 中量元素肥料	83
(五) 微量元素肥料	87
(六) 复合(混)肥	94
(七) 叶面肥	103
(八) 缓控释肥料	109
(九) 有益元素肥料	112
(十) 稀土农用制品	114
(十一) 施肥新技术	117
二、有机肥料	132
(一) 概述	132
(二) 粪尿肥	133
(三) 堆沤肥	138
(四) 绿肥	142
(五) 杂肥	147
(六) 有机-无机复混肥料	150
三、微生物菌剂(肥)	153
(一) 概述	153
(二) 根瘤菌肥	155
(三) 固氮菌肥	158
(四) 磷细菌肥料	161
(五) 硅酸盐细菌肥料	163
(六) 复合微生物肥料	166
(七) 生物有机肥	168
四、肥料识别、包装及贮运	172
(一) 肥料识别	172
(二) 肥料包装	173
(三) 肥料贮运	177
第三部分 主要粮油作物施肥技术	179
一、水稻施肥技术	179
(一) 水稻的需肥特性	179

(二)水稻的施肥技术	181
(三)杂交水稻制种施肥技术	192
(四)水稻的缺素症状、诊断方法与补救措施	194
二、玉米施肥技术	198
(一)玉米的需肥特性	198
(二)玉米的施肥技术	200
(三)玉米的缺素症状、诊断方法与补救措施	210
三、小麦施肥技术	214
(一)小麦的需肥特性	215
(二)小麦的施肥技术	216
(三)小麦的缺素症状、诊断方法与补救措施	224
四、油菜施肥技术	229
(一)油菜的需肥特性	229
(二)油菜的施肥技术	231
(三)油菜的缺素症状与补救措施	237
五、大豆施肥技术	239
(一)大豆的需肥特性	240
(二)大豆的施肥技术	241
(三)大豆的缺素症状、诊断方法与补救措施	243
六、甘薯施肥技术	245
(一)甘薯的需肥特性	245
(二)甘薯的施肥技术	247
(三)甘薯的缺素症状、诊断方法与补救措施	249
七、马铃薯的施肥技术	250
(一)马铃薯的需肥特性	250
(二)马铃薯的施肥技术	251
(三)马铃薯的缺素症状与补救措施	253
八、棉花施肥技术	255
(一)棉花的需肥特性	255
(二)棉花的施肥技术	257
(三)棉花的缺素症状与补救措施	259
九、花生的施肥技术	262



(一)花生的需肥特性	262
(二)花生的施肥技术	264
(三)花生的缺素症状与补救措施	266
十、芝麻施肥技术	268
(一)芝麻的需肥特性	268
(二)芝麻的施肥技术	269
(三)芝麻的缺素症状与补救措施	270
十一、甜菜施肥技术	270
(一)甜菜的需肥特性	271
(二)甜菜的施肥技术	272
(三)甜菜的缺素症状与补救措施	274
十二、甘蔗施肥技术	275
(一)甘蔗的需肥特性	276
(二)甘蔗的施肥技术	277
(三)甘蔗的缺素症状与补救措施	282
第四部分 主要蔬菜施肥技术	284
一、茄果类蔬菜施肥技术	284
(一)西红柿施肥技术	284
(二)辣椒施肥技术	289
(三)茄子施肥技术	291
二、瓜类蔬菜施肥技术	294
(一)黄瓜施肥技术	294
(二)冬瓜施肥技术	297
(三)南瓜施肥技术	299
(四)西瓜施肥技术	301
(五)苦瓜施肥技术	303
三、白菜类蔬菜施肥技术	305
(一)大白菜施肥技术	305
(二)结球甘蓝施肥技术	307
(三)花椰菜施肥技术	309
四、绿叶菜类蔬菜施肥技术	311

(一) 芹菜施肥技术	311
(二) 莴苣施肥技术	313
五、根菜类蔬菜施肥技术	314
(一) 萝卜施肥技术	314
(二) 胡萝卜施肥技术	316
(三) 根用芥菜施肥技术	317
六、豆类蔬菜施肥技术	318
(一) 菜豆施肥技术	319
(二) 豇豆施肥技术	320
七、葱蒜类蔬菜施肥技术	321
(一) 大葱施肥技术	322
(二) 大蒜施肥技术	324
(三) 韭菜施肥技术	325
第五部分 主要果树施肥技术	328
一、落叶果树施肥技术	328
(一) 苹果施肥技术	328
(二) 梨树施肥技术	336
(三) 桃树施肥技术	342
(四) 李树施肥技术	357
(五) 杏树施肥技术	359
(六) 樱桃施肥技术	361
(七) 葡萄施肥技术	363
(八) 猕猴桃施肥技术	368
(九) 石榴施肥技术	371
(十) 核桃施肥技术	373
(十一) 板栗施肥技术	375
(十二) 银杏施肥技术	377
(十四) 柿树施肥技术	378
(十五) 枣树施肥技术	381
二、常绿果树施肥技术	383
(一) 柑橘施肥技术	383



(二) 枇杷施肥技术	390
(三) 荔枝施肥技术	395
(四) 龙眼施肥技术	397
(五) 香蕉施肥技术	399
(六) 芒果施肥技术	401
(七) 草莓施肥技术	403
第六部分 茶树施肥技术	406
一、茶树需肥特性	407
(一) 多元性	408
(二) 喜铵性	408
(三) 聚铝性	408
(四) 低氯性	409
(五) 嫌钙性	409
(六) 阶段性	410
(七) 季节性	411
二、茶树施肥技术	412
(一) 茶树施肥的原则	412
(二) 茶树施肥技术	412
(三) 典型茶园建议施肥技术	416
(四) 茶园施肥注意事项	421
三、茶树缺素症状与补救措施	422
第七部分 中药材施肥技术	425
一、中药材种植与科学施肥	426
(一) 施肥与药材用药部位	427
(二) 施肥与药材生长年限	429
(三) 施肥与肥料种类	429
(四) 施肥与地区差异	430
二、中药材的施肥技术	431
(一) 中药材合理施肥的原则	431
(二) 施肥方法	433

(三) 中药材规范化生产肥料使用原则	437
三、常用中药材施肥技术	438
(一) 川芎施肥技术	438
(二) 附子(乌头)施肥技术	442
(三) 黄连施肥技术	443
(四) 麦冬施肥技术	445
(五) 半夏施肥技术	447
(六) 川贝母施肥技术	448
(七) 白芷施肥技术	450
(八) 大黄施肥技术	452
(九) 干姜施肥技术	454
(十) 郁金施肥技术	456
(十一) 丹参施肥技术	458
(十二) 党参施肥技术	460
(十三) 当归施肥技术	462
(十四) 何首乌施肥技术	464
(十五) 三七施肥技术	465
(十六) 泽泻施肥技术	468
(十七) 白及施肥技术	469
(十八) 云木香施肥技术	470
(十九) 山药施肥技术	472
(二十) 玄参施肥技术	474
(二十一) 芍药施肥技术	475
(二十二) 板蓝根(菰蓝)施肥技术	476
(二十三) 柴胡施肥技术	477
(二十四) 淫羊藿施肥技术	479
(二十五) 青蒿施肥技术	479
(二十六) 金钱草施肥技术	481
(二十七) 薄荷施肥技术	481
(二十八) 藿香施肥技术	483
(二十九) 鱼腥草施肥技术	485
(三十) 红花施肥技术	486



(三十一)金银花施肥技术	488
(三十二)栀子施肥技术	489
(三十三)薏苡施肥技术	491
(三十四)吴茱萸施肥技术	492
(三十五)厚朴施肥技术	494
第八部分 烟草施肥技术	496
一、烟草需肥特性	496
二、烟草施肥技术	497
(一)烟草施肥的原则	497
(二)烟草施肥技术	499
三、烟草常见缺素症状与补救措施	506
第九部分 牧草与草坪施肥技术	510
一、牧草施肥技术	510
(一)牧草需肥特性	511
(二)牧草施肥技术	512
(三)常见牧草的施肥技术	516
(四)牧草常见缺素症状与补救措施	529
二、草坪施肥技术	534
(一)草坪植物的需肥特征	534
(二)草坪施肥技术	537
(三)草坪营养缺乏与过多的症状与处理	542
第十部分 花卉施肥技术	546
一、花卉的需肥特性	546
(一)花卉必需的营养元素	546
(二)营养元素和花卉颜色	547
(三)花卉各生育期的需肥特性	547
二、花卉的施肥技术	549
(一)花卉施肥的原则	549
(二)花卉常用肥料及施用技术	549

(三) 几种栽培方式花卉的施肥技术	550
(四) 常见花卉的施肥技术	552
三、花卉营养诊断与补救措施	556
(一) 花卉发生营养失调症的原因	556
(二) 花卉营养失调症及防治	558
四、花卉施肥注意事项	575
第十一部分 桑树施肥技术	577
一、桑树对营养元素的需求	578
二、桑树的需肥特性	578
三、桑树施肥技术	579
(一) 桑树施肥的原则	579
(二) 桑树施肥技术	579
(三) 典型桑园建议施肥技术	582
(四) 桑树缺素症状及补救措施	583
附 录	585
附表 1 土壤和环境中的植物养分	585
附表 2 常见肥料	586
附表 3 常用氮肥间的养分换算	588
附表 4 常用磷肥间的养分换算	588
附表 5 常用钾肥间的养分换算	589
附表 6 常用复合肥间的养分换算	590
附表 7 土壤酸碱度(pH 值)	590
附表 8 本书涉及的植物生理生化相关的缩写和符号	591
附表 9 常用度量单位及换算	592
主要参考文献	593

第一部分

作物营养基本知识



一、作物的营养成分

作物从土壤中吸收的各种营养物质以矿物质态为主,其次是少量小分子可溶性有机物。这些物质都是由不同的化学元素组成的,而且是以不同的方式被作物吸收。营养物质被吸收到作物体内后,还要经过一系列的转化和运输过程才能被作物利用。因此,了解作物生长发育所必需的营养元素及其生理作用,作物根系对养分的吸收,养分在作物体内的转化与运输以及环境条件对作物根系吸收养分的影响是指导科学施肥的理论基础。

(一)作物的必需营养元素

1. 作物体内的营养成分构成及其主要来源

作物的组成成分非常复杂,一般新鲜作物中水分含量为 75% ~ 95%,干物质含量通常为 5% ~ 25%。干物质中包括有机物和无机物,将干物质在 600℃ 灼烧,有机物中的碳、氢、氧、氮等元素主要以二氧化碳、水、分子态氮、氨气(NH_3)和氮的氧化物等形式挥发,硫以二氧化硫



(SO_2) 的形式散失,余下一些不能挥发的灰白色残渣称为灰分。灰分中的物质为各种矿质的氧化物、硫酸盐、磷酸盐、硅酸盐等。构成灰分的元素称为灰分元素,包括磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、铜(Cu)、钼(Mo)、硼(B)、氯(Cl)、硅(Si)、钠(Na)、硒(Se)、铝(AL)、汞(Hg)等,它们直接或间接地来自土壤矿质,故又称为矿质元素。

不同作物体内矿物质含量不同,同一作物的不同器官、不同年龄、甚至同一作物生活在不同环境中,其体内矿物质含量也不同。如盐生植物含钠较多、豆科植物含氮较多、水稻含硅较多,马铃薯、甜菜含钾较多,红壤土上的作物含铝较多。不同器官的矿质含量差异也很大,一般木质部约为1%,种子约为3%,作物的茎和根为4%~5%,叶则为10%~15%。

作物体内的矿质元素种类很多,据分析,地壳中存在的元素几乎都可在不同的作物中找到,现已发现70种以上的元素存在于不同的作物中。

2. 作物必需的营养元素及其确定标准

构成地壳的元素虽然绝大多数都可在不同作物体内找到,但不是每种元素对作物都是必需的。有些元素在作物生长中并不太需要,但在体内大量积累;有些元素在作物体内含量较少,却是作物所必需的。

所谓必需元素是指作物生长发育必不可少的元素。根据国际植物营养学会规定,作物的必需元素必须符合三条标准:第一,由于缺乏该元素,作物生长发育受阻,不能完成其正常生活史;第二,除去该元素,作物表现出为专一的缺素病症,这种缺素病症可通过加入该元素的方法预防或恢复正常;第三,该元素在作物营养生理上能表现直接的效果,而不是由于土壤的物理、化学、微生物条件的变化而产生的间接效果。根据上述标准,现已确定作物必需的矿质元素有16种,它们是碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、铜(Cu)、硼(B)、锌(Zn)、锰(Mn)、钼(Mo)、氯(Cl)。根据作物对这些元素的需要量,把它们分为两大类:

(1)大量元素 作物对此类元素需要的量较多。它们约占物体干重的千分之几到百分之几十,有C、H、O、N、P、K、Ca、Mg、S等。其中,N、P、K是作物从土壤中吸收的,且作物对这三种营养元素需要量比较大而土壤提供的数量有限,只能通过施肥来提供,所以又称“肥料三要素”。

Ca、Mg、S 统称为中量营养元素。

(2)微量元素 微量元素约占作物体干重的十万分之几到千分之几,它们是 Fe、B、Mn、Zn、Cu、Mo、Cl 等。作物对这类元素的需要量很少,但缺乏时作物不能正常生长;若稍有逾量,反而对作物有害,甚至致其死亡。

表 1-1 高等植物必需营养元素的种类、可利用形态及其较适宜浓度

营养元素	化学符号	植物可利用的形态	在干物质中的含量		
			%	毫克/千克	
大量营 养元素	碳	C	CO ₂	45	450 000
	氧	O	O ₂ , H ₂ O	45	450 000
	氢	H	H ₂ O	6	60 000
	氮	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	1.5	15 000
	磷	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	0.2	2 000
中量营 养元素	钾	K	K ⁺	1.0	10 000
	钙	Ca	Ca ²⁺	0.5	5 000
	镁	Mg	Mg ²⁺	0.2	2 000
	硫	S	SO ₄ ²⁻	0.1	1 000
	氯	Cl	Cl ⁻	0.01	100
微量营 养元素	铁	Fe	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	0.01	100
	锰	Mn	Mn ²⁺	0.005	50
	硼	B	H ₂ BO ₃ ⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻	0.002	20
	锌	Zn	Zn ²⁺	0.002	20
	铜	Cu	Cu ²⁺ , Cu ⁺	0.000 6	6
	钼	Mo	MoO ₄ ²⁻	0.000 01	0.1
	镍	Ni	Ni ²⁺	0.000 01	0.1

资料来源:陆景陵主编《植物营养学》,2003。

缺少大量营养元素固然会影响植物的生长发育,最终影响产量;缺少微量营养元素也同样会影响植物的生长发育,必然影响作物产量。例如玉米缺锌时呈现“白苗病”,严重时不抽雄穗;油菜缺硼严重时幼苗死亡,轻者呈现“花而不实”症。

3. 作物必需营养元素的一般功能

由于营养元素的种类不同,各种营养元素在作物体内的作用是不相同的,每种营养元素在作物营养过程中所起的具体生理作用主要有以下



几个方面:

(1)构成作物体的结构物质、贮藏物质和生活物质 作物体的结构物质有纤维素、半纤维素、木质素、果胶素等,贮藏物质有淀粉、脂肪、植素等;生活物质有氨基酸、蛋白质、核酸、叶绿素、酶及辅酶等。用来形成这些物质的营养元素主要是碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫等。

(2)在作物新陈代谢中起催化作用 作物新陈代谢作用是一个复杂的生物化学过程,它需要一系列的酶起催化作用,因而常称酶为生物催化剂。在催化过程中,酶需要某些元素使之活化,才能参与其过程,常见的有 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等。此外,尚有许多元素是酶的组成成分,在新陈代谢的氧化还原反应中,是电子的供体或受体,起电子传递作用,包括 $Fe(II/III)$ 、 $Mn(II/III/IV)$ 等。

(3)在作物生长发育过程中具有特殊的功能 某些营养元素在作物体内虽然不是作物有机化合物成分,但是由于其活性较强,能参与作物体物质的转化与运输,调节细胞的透性,增强作物的抗逆性。例如钾就属于这类元素。

上述这些营养元素的相互作用,以及它们各自所具备的不同生理功能,就能保证作物正常的生长和发育。各种作物都含有这些必需的营养元素,但是不同的作物对这些元素在数量上的要求是不同的。

4. 营养元素之间的相互关系

作物所需要的营养元素在作物体内彼此之间构成了复杂的相互关系,这些相互关系主要表现为同等重要和不可代替的关系。作物所必需的营养元素在作物体内不论数量多少都是同等重要的,不可替代的,这就是所谓的“营养元素的同等重要率和不可替代率”。作物体内各种营养元素的含量差别可达数十倍、数百倍、数千倍,甚至数百万倍,但是它们在作物营养中的作用并没有重要和不重要之分。以大量元素氮为例:作物体内氮素不足时,不仅蛋白质的合成受到障碍,而且叶降低叶绿素含量。从外观上看,缺氮的作物生长缓慢,老叶黄化,严重时叶子全部变黄,甚至枯萎,除了施用氮肥外,其他任何元素的肥料都不能减轻这种症状。

每种营养元素在作物体内的生理功能和其他营养元素所不能代替的,营养元素的同等重要率和不可替代率是由作物营养特性所决定。德国化学家李比希提出的最小养分揭示了作物营养与土壤养分在种类、数

量上供、需的主要矛盾,实质上反映了必需营养元素在作物体内的生理功能是不可代替和同等重要的。因此,在实际施肥中,必须按照作物营养要求,根据土壤提供养分的状况,考虑不同种类的肥料配合,才能避免某些营养元素的供需失调,以利于作物正常生长。

(二) 作物的有益元素和有害元素

1. 有益元素

某些元素并非是所有作物都必需,但能促进某些作物的生长发育,这些元素被称为有益元素。常见的有钠、硅、钴、硒、钒、镍、钛、稀土元素等。

钠 艾伦(Allen, 1955)研究固氮蓝藻时发现柱状鱼腥藻是需钠的植物,体内的藻蓝蛋白和叶绿素的含量会因缺钠而下降。培养基中供给 5 毫克/千克以上 Na^+ 时,生长量上升。布劳内尔(Brownell, 1975)用藜科作物做实验,证明钠是该作物生长所必需的营养元素,作物缺钠后出现黄化病。还有苋科、苋松科等盐生物及甜菜、芜菁、芹菜、大麦、棉花、亚麻、胡萝卜、西红柿等,在缺钾时,如果土中有钠存在,则这些作物的生长发育仍可正常进行。钠在作物生命活动中的作用,目前还不十分清楚。有人用鸭跖草实验,发现当光促进气孔张开时,保卫细胞中 Na^+ 和 K^+ 的浓度增加了 300 倍,因而认为 Na^+ 有部分代替 K^+ 调节气孔开关的作用。盐生物中往往以 Na^+ 调节渗透势,降低细胞水势,促进细胞吸水。

硅 硅在土壤中含量最多,通常以二氧化硅(SiO_2)形式存在,而作物能够吸收的硅的形态是单硅酸 $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ 。硅在木贼科、禾本科作物中含量很高,特别是水稻茎叶干物质中含有 15% ~ 20% 二氧化硅。硅多集中在表皮细胞内,使细胞壁硅质化,增强了水稻对病虫害的抵抗力和抗倒伏的能力。在一定含量范围内,随着稻草中硅的含量增加,水稻的产量增加。但超过 12% 以后,水稻的产量不再增加,反而有下降的趋势。硅对生殖器官的形成有促进作用,如对穗数、小穗数和子粒增重都是有益的。

钴 许多作物特别是微生物需要钴。作物一般含有 0.05 ~ 0.5 毫克/千克的钴,豆科作物含量较高,禾本科作物含量较低。钴是维生素 B_{12} 的成分,在豆科作物共生固氮中起着重要作用。钴是黄素激酶、葡萄糖磷酸变位酶、焦磷酸酶、酸性磷酸酶、异柠檬酸脱氢酶、草酰乙酸脱羧酶、



肽酶、精氨酸酶等酶的活化剂,它能调节这些酶催化的代谢反应。

硒 大多数情况下土壤全硒含量很低,平均为 0.2 毫克/千克。硒的价态很多,在土壤中以 Se^{6+} , Se^{4+} , Se^0 , Se^{2-} 等原子价存在,形成硒盐、亚硒酸盐、元素硒、硒化物及有机态硒。硒的形态决定其可给性和在土壤中的移动情况。硒与人体和动物的健康密切有关,克山病、大骨节病是由于缺硒所致,但过量硒可引起硒中毒。一般蔬菜和水果每千克鲜重的含硒量为 0.001 ~ 0.01 毫克,三叶草、苜蓿等草类的含硒量不超过 0.1 毫克/千克。而富硒量可达几千毫克/千克。低浓度的硒对作物的生长有利,过多的硒则有毒害作用。硒毒害表现为作物生长发育受阻、黄化。硒在作物的生长点和种子中浓集,含量可达 1 500 毫克/千克。

钼 钼是动物的一个必需元素,钼对高等作物是否必需,至今尚无确切证据。然而钼对删列藻(一种绿藻)的生长是必需的。作物施用适量的钼可以促进其生长,并增加产量和改善品质。如喷施硫酸钼,可增加甜菜根中蔗糖含量、增加玉米粒中蛋白质和淀粉的含量。

镍 镍的元素符号是 Ni,是第八族元素,与钴在化学性质和生理功能上紧密相关。作物干物质正常含镍 0.1 ~ 5 毫克/千克,而在蛇纹岩土壤上生长的某些作物镍含量可超过 200 毫克/千克,这么高水平的镍对一般作物是有毒的。镍在植株体内可移动,因此相当大量的镍在被吸收后转移到种子和果实中。镍易形成螯合物,从重要生理中心取代其他金属原子。高浓度镍对作物有毒害作用。土壤中高浓度的镍抑制其他营养元素的吸收,可能与镍对作物根系的破坏有关。

钛 钛的元素符号是 Ti,是第四副族元素。科学家开始对钛进行的研究却可以追溯到 100 多年以前,但直到 20 世纪 80 年代中期,世界上才有少数国家将钛作为作物生长调节剂列入农用产品,此后我国也参与开发研制工作。土壤的全钛含量普遍较高,但它们绝大部分是以不溶于水的氧化物或硅酸盐的形态存在于土壤之中,可溶性钛的浓度平均在 1 毫克/千克以下。研究发现,作物中普遍含有钛元素,不同作物的钛含量也各不相同。例如玉米一般在 20 毫克/千克左右,豆科作物一般都在 25 毫克/千克以上。研究表明,钛的作用主要与光合作用和豆科作物固氮有关,研究发现,在豆科作物根瘤中有钼存在的情况下 Ti^{3+} 使氮还原为氨和胂。

稀土元素 稀土元素是元素周期表中原子序数由 57 ~ 71 的镧系元

素及其化学性质与 La 系相近的钪(Sc)和钇(Y)共 17 种元素的统称,都是第三副族元素。它们的最外层和次外层电子结构相同,差别仅在于外数第三层电子数目不同,因此化学性质非常接近。土壤和作物体内普遍含有稀土元素,作物中的稀土元素含量为 20~570 毫克/千克。低浓度的稀土元素可促进种子萌发和幼苗生长。如用稀土拌种,冬小麦种子萌发率可提高 8%~19%。稀土元素对作物扦插生根有特殊的促进作用,同时还可提高作物叶绿素含量和光合速率。稀土元素可促进大豆根系生长,增加结瘤数,提高根瘤的固氮活性,增加结荚数和荚粒数。稀土已在我国广泛应用于作物、果树、林业、花卉、畜牧和养殖等方面,取得了很好的效果。

2. 有害元素

有些元素少量或过量存在时对作物有毒,将这些元素称为有害元素。如重金属汞、铅、钨、铝等。

汞、铅等对作物有剧毒。钨对固氮生物有毒,因其竞争性地抑制钼的吸收。

铝含量多时可抑制铁和钙的吸收,强烈干扰磷代谢,阻碍磷的吸收和向地上部的运转。铝的毒害症状系抑制根的生长,根尖和侧根变粗,呈棕色,地上部生长受阻,叶子呈暗绿色,茎呈紫色。

许多工厂排出的污水中含有有害元素,而在城郊的作物生产中往往用污水灌溉,这样不但造成土壤污染,影响作物的正常生长,而且还会造成有毒元素在作物中积累,危害人类健康。因此,污水排放前必须进行处理。

(三) 作物对养分的吸收

1. 土壤养分向根部迁移的方式

土壤中养分向根部迁移的方式有三种——截获、扩散和质流。

截获指植物根在土壤中伸长并与其紧密接触,使根释放出的 H^+ 和 HCO_3^- 与土壤胶体上的阴离子和阳离子直接交换而被根系吸收的过程。这种吸取养分的方式具有两个特点:第一,土壤固相上交换性离子可以与根系表面离子养分直接进行交换,而不一定通过土壤溶液达到根表面。第二,根系在土体中所占的空间对整个土体来说是很小的,况且并非所有根的表面都对周围土壤中交换性离子能进行截获,所以仅仅靠根系生长时直接获得的养分很有限,一般只占植物吸收总量的 0.2%~