

· 综述 ·

矿质营养与植物病害关系研究进展

慕康国 赵秀琴 李健强 刘西莉

(中国农业大学种衣剂研究发展中心)

摘要 矿质营养不仅影响植物的正常生长发育,而且还以多种方式直接或间接地影响植物的感病和抗病性,因此研究矿质营养与植物病害的关系、作用机理,对利用矿质养分,通过合理施肥减少植物病害的发生,增强植物的抗病能力,从而作为化学防治和生物防治措施的补充,既减少农药用量、环境污染,又提高作物的产量,具有十分重要的意义。本文综述了近年有关工作。

关键词 矿质营养; 植物病害

分类号 S432.24; S432.32

Progressing on the Relation between Mineral Nutrients and Plant Disease

Mu Kangguo Zhao Xiuqin Li Jianqiang Liu Xili

(R & D Center of Seed Coating Chemicals, CAU)

Abstract The relationship between mineral nutrients and plant disease is reviewed in this paper. Mineral nutrients not only affect the growth and development of plant, but also have effect on the susceptibility and plant resistance to disease. With the better understanding of the relationship and the mechanism behind them, it would provide us a sound basis to utilize the fertilizers property, increase the plant resistance to disease and decrease the incidence of disease. Therefore, in addition to chemical and biological control of disease, rational fertilization will not only increase the yield but also decrease the use of pesticides used and environmental contamination.

Key words mineral nutrient; plant disease

矿质养分是植物正常生长发育所必需的,主要包括大量元素氮(N),磷(P),钾(K),中量元素钙(Ca),镁(Mg),硫(S)和微量元素铁(Fe),锰(Mn),铜(Cu),锌(Zn),硼(B),钼(Mo),氯(Cl)等。这些元素一方面可以作为植物组织的构成成分或直接参与新陈代谢而起作用,另外还可以改变植物的生长方式、形态和解剖学特性,如使表皮细胞加厚、高度木质化或硅质化,从而形成机械屏障增强其抗病性,特别是可以通过生物化学特性的改变,如产生大量的抑制性或抗性物质(植物抗毒素),增强或减弱植物对病虫害的抵抗力,影响植物的生长和产量^[1]。由于植物病害系统包括病原、寄主和环境因素,因此,通过调节矿质营养这个重要的环境因子,可以影响寄主植物和病原体。矿质营养调节是控制植物病害发生的有效措施之一,是化学防治方

收稿日期: 1998-04-12

慕康国,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

赵秀琴,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区)作物学院,100094

法的补充。对一些特殊的病害(如柠檬的流胶病)^[2,3], 目前尚无较好的化学防治方法, 调节矿质营养是值得探讨的新途径。本文就近年来这方面的研究进展综述如下。

1 矿质营养与病原物的侵染

矿质营养对病原物的侵染、繁殖及寄主植物的感病和抗病反应都有直接或间接的影响。在病原物侵入和感染期间, 寄主质外体中可溶性同化物(氨基酸、糖等)的浓度决定了病原物侵入后繁殖速度, 只有极少数的病原物能在细胞内直接利用共质体中的同化物, 这些同化物的种类、浓度与寄主植物的营养状况密切相关^[1]。现行的平衡施肥技术中所提到的养分平衡, 从植物保护的角度来考虑, 就是既要保证作物最佳生长, 又要考虑使作物获得最大的抗性(包括抗病性)。从这个意义上可以说, 具有最佳营养状态的植物具有最大的抗病力, 而且植物的感病性随植物养分浓度偏离最适水平的程度的增加而提高, 如氮素供应过量时, 植物渗出液中氨基酸、酰胺浓度提高; 缺钾时, 叶中糖分和氨基酸的浓度都较高; 在缺钙、硼时, 由于增加了细胞膜的透性, 叶和茎组织的质外体中氨基酸、糖的浓度也会提高^[1], 这些情况都会有利于病原物的侵染和繁殖。

病原物对寄主植物的侵染, 首先是接触植物的叶、茎等器官的表皮细胞, 因此植物表皮细胞的物理和化学特性对植物感病性和抗病性有十分重要的影响。在植物的叶、茎、根的表皮细胞中含有大量的酚类和黄酮类物质, 对真菌有很显著的抗性。微量元素 Cu 是酚酶的成分, 直接参与植物体内酚类的代谢, 影响植物植保素(phytoalexins)的合成, 对植物抵抗真菌的侵染、孢子的萌发和生长产生影响。B 素对植物体内酚的代谢也有调节作用, 可能对酚类植物抗毒素的形成有促进作用。多数的真菌病害是通过释放可溶解胞间层的果胶酶而侵染质外体的, 而这种果胶酶的活性强烈地受 Ca 的抑制, 因此植物的 Ca 营养对其抵抗真菌病害具有十分重要的意义^[1,4]。此外 Ca 对植物体内多种酶(如超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶等)^[5]的活性有影响, 从而对植物的抗病性产生间接影响。植物组织老化、木质化及矿质养分 Si 在表皮细胞层的淀积, 还会成为防止菌丝穿透的机械障碍, 这为植物特别是草本植物的叶片提供了抗病的天然屏障, 矿质营养能以各种不同方式对木质化和 Si 的淀积产生影响^[1]。

2 大量元素(N, P, K)与病害的关系

N, P 元素分别是蛋白质和核酸的组分, K 元素则在调节渗透压, 协调运输及控制气孔的开关等方面具有重要的作用。这 3 种元素在植物体内含量最多, 也是施肥中应用最多的元素, 它们在调节作物抗病性方面也有十分重要的作用。

N 素的施用一般减弱了植物的抗病性, 发病率增加, 病害程度加重。在黑麦草上施用 N 素促进了枯萎病(*Rhizoctonia solani*)菌丝体的生长, 这种病害与高 N 水平有关。通过对尿素和一种缓释肥 Ringer 的施用及春秋两季施肥的情况看, 同不施肥比较, 两种肥料和不同时期施肥均不能减少枯萎病的发病, 而且春季施肥由于增加了叶表面的分泌物的量, 促进了 *R. solani* 菌丝的生长。但同春季施用尿素比较, 秋季施用缓释肥 Ringer 减轻了病害的发生^[6]。甘蓝头腐是甘蓝生产中一个十分严重的病害, 常导致品质下降, 甚至失去商业价值, 产量损失可达 100%。在甘蓝成熟时由于长时间的潮湿天气, 病害比较容易发生, 有报道不同种类的

*Pseudomonas*和*Erwinia*是致病原。通常施用N肥可增加产量,但是施N量的增加,导致甘蓝头腐病发生率显著增加,从而使经济产量下降。在不施N时,头腐的发生率为39%,由此造成的损失为10%;而每公顷施N肥196 kg时,头腐的发生率可达88%,由此造成的损失为65%。尽管问题如此严重,但仍无有效的杀菌剂来防治此病^[7]。因此,通过深入研究低N水平下,头腐低发生率的机制,可鉴别不同品种甘蓝的特性,这对选育在常规施N水平下的抗病品种很有意义。施N增加病害的发生在小麦上取得了同样的结果:随着N肥的施用,病害发病率提高,施N量越高,病害就越严重^[8],病原物的侵染与叶组织中的N浓度有显著的相关性,且在开花后期,随着施N水平每增加100 kg·hm⁻²,*Septoria*发病程度平均增加11.1%,这种施N增加病害发生的原因可能是由于施N促进植物生长,幼嫩组织增加,增加了感病的机会^[1]。此外,从生理上看,可能是由于施N增加了质外体中氨基酸、酰胺的浓度,酚酶的活性降低,木质素含量下降及Si的积累减少等引起的。

施用P肥是促进植物生长,提高产量的有效方法。事实上,施用肥料还会产生有意义的副效应,如产生对全蚀病的抗毒性和对一些疾病的耐受力等。缺P能增加全蚀病(*Gaeum annamycetes graminis tritici*)的侵染能力,而P营养充足则可减少小麦对全蚀病的敏感性^[9]。在重度缺P的土壤上,随着P用量的增加,小麦全蚀病的发病率和病情指数减少,产量提高,而且这种应用P肥减轻全蚀病病害,只有在初时全蚀病较轻和重度缺P时比较明显,当全蚀病较严重(>65%)时,施P减轻病害的效果迅速降低^[9]。施P肥或N,P时,油菜的黑斑病有加重的趋势^[10]。P肥的施用对不同的作物病害表现不一致。

同N,P不同,K素营养的改善一般有利于提高寄主植物的抗病性。施用K肥增加植物组织中的K含量,可减少*Alternaria macrospora*对棉花的侵染并减轻其引起的棉花叶斑病^[10]。施用K肥对棉花枯萎病有明显的防效。施K后,抗病品种中棉12枯萎病的发病率和病情指数较对照降低最高分别达28.6%和30.6%,感病品种邯邯14的发病率和病情指数也分别较对照降低9.5%和25.5%;在对枯萎病的防效上,施K后,邯邯14的发病率、病情指数分别下降50.7%和44.4%,中棉12则分别降低34.6%和7.3%^[11]。同样地施用K肥可阻碍油菜黑斑病(*Alternaria brassicae*)孢子的萌发,减少产孢,从而减轻病害的发生^[10]。

正如前面所述,要获得最大的抗病性只有保持作物的最佳营养平衡状态。如果不施P肥,K肥,单施N肥时,萝卜叶斑病、茄子叶斑病、向日葵叶斑病^[10]及前述的甘蓝头腐^[7]等发病率增加,病害加重。因此,在生产实践中更多的是考虑营养间的平衡。为了获得最高产量,减少病害的发生,Sharma针对印度油菜的生产,通过施肥试验提出了推荐施肥方案N(90 kg·hm⁻²)+K(40 kg·hm⁻²),而尽量减少过量N,P的施用^[10]。

柠檬流胶病是柠檬生产中的常见病和多发病,其发生与矿质元素K/N,N/B比值关系密切,而与P,Ca,Mg等含量无关^[2]。由于果实带走K素而引起树体缺K,N素相对过剩,造成K/N比列失调,从而引起流胶病的发生。此外,高N低B与硫胶病的发生也有关系,提高含B量有利于控制硫胶病的发生。K/N比例提高到0.455时,柠檬硫胶病的感染率急剧下降;同样,在N/B<600时可控制硫胶病的发生,而此值>700时,则易发生硫胶病。通过控N增施K肥,调节K/N比列,并注意补充B肥,再配合主干刷白,防止流胶病原菌传播等辅助措施使流胶病的发病率从85%下降到5.34%,取得了显著的防效^[2]。N,K供应量与柠檬抵御流胶病原菌的侵染能力有密切的关系,高N降低树体对流胶病的抵御能力,适当增加K的浓度则明显提高其抗性。N量增加,多酚氧化酶的活性降低,K含量增加,多酚氧化酶的活性提高^[3]。多

酚氧化酶活性的提高,有助于细胞的木质化或木栓化,加速植物组织创伤的愈合,有利于抵抗病原物侵染的物理障碍的形成。此外,增施 K 肥还有利于植物体内酚类化合物的合成,以阻止菌丝的发育^[10]。

3 中量元素与植物病害的关系

中量元素中, Ca 是植物抵抗病原物的侵染,减少病害发生的一个重要的营养元素,对它的研究也相对较多,而 Mg, S 的研究较少。已经证明有 30 多种不同作物病害与 Ca 关系密切,对贮藏果实病害的发生与其组织中低 Ca 含量呈现较强的相关性。一般认为 Ca 可从几个方面影响植物病害的发生。Ca 对维持生物膜的稳定性具有重要的意义, Ca 含量的降低可使低分子化合物(如糖、氨基酸)等从原生质体进入质外体,有利于菌丝的生长。在胞间层, Ca 可以形成多聚半乳糖醛酸钙对提高细胞壁的稳定性十分重要,减少病原物的侵染。许多病原物(真菌、细菌)是通过产生能溶解胞间层的多聚半乳糖醛酸酶等细胞外果胶酶来侵染植物组织, Ca 能有效抑制这种酶的活性,从而减低病原物的侵染,增加抗病力^[1,12]。Ca 营养能提高植物体内多种酶(如超氧化物歧化酶、过氧化物酶等)的活性^[5],从而对植物的抗病性产生间接影响。因此,植物对病原物的感染性与植物组织中的含 Ca 量呈负相关^[1,13]。

大豆“双茎病”(tw in stem)是多数酸性热带土壤的流行病,植株感染小核菌(*Sclerotium* spp.)严重,顶端分生组织坏死。增施 Ca 能减少真菌感染和“双茎病”的发生^[11]。顶端组织的坏死可能是缺 Ca 造成的,而真菌的侵染则可能是缺 Ca 的间接结果。高剂量施 Ca 能减低立枯病(*Rhizoctonia solani*)对豇豆幼苗的侵染,而施用 Mg 却相反,增加病原物的侵染,提高发病率^[14]。施 Ca 还可防治苜蓿的绿化病,随 Ca 的浓度的增加,发病率降低;而果实的果肉中 N, Mg 浓度高,则果实的绿斑病增加^[15]。Ca 能抑制 *Botrytis cinerea* 和 *Penicillium expansum* 的孢子萌发和芽管的生长^[4]。通过肥料试验也证明应用硝酸钙作肥料, *Fusarium oxysporum* 侵染导致的枯萎病发病率低于用尿素或硫酸铵作肥料的处理^[16], 这都说明 Ca 在防治植物病害方面的积极作用。

Ca 提高植物抗病性的重要原因由于其与细胞壁的组成关系密切,其对维持细胞壁的稳定具有重要意义。Ca 阳离子在相邻的果胶酸之间或其他多糖之间形成化学键,这种交联可减少细胞壁受果胶酶的影响。当苹果、马铃薯用 Ca 浸润后,细胞壁上 Ca 化学键的强度提高。病原菌 *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica* 产生的果胶酶对高 Ca 细胞壁的影响小于对低 Ca 的细胞壁的影响。低浓度下 Ca 还能抑制多聚半乳糖醛酸酶的活性^[12]。在 *Botrytis cinerea* 侵染的情况下,低 Ca 的苹果组织中,非纤维素的多糖包括半乳糖醛酸、鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、半乳糖等减少,而纤维素、酚类、蛋白质和矿质元素增加;同低 Ca 的果实比较,受侵染的高 Ca 果实中这些组分的变化相对较少^[12]。

与 Ca 不同,有关 Mg, S 的试验结果多是减少植物的抗病性,提高发病率,如前面提到的施 Mg 增加 *R. solani* 对豇豆幼苗的侵染^[14],提高果实绿斑病的发生^[15]。施 Mg 提高了花椰菜头腐的发病率^[17]。施 S 导致病害 *Phytophthora megasperma* 加重^[18]。

4 微量元素与植物病害的关系

关于微量元素对植物病害影响的文献很多,但具体到 1 个元素则不多,多是与大量元素或

多种微量元素混用的结果。土壤施B能有效地控制珍珠粟上霜霉(*Sclerospora graminicola*)的发生^[19],播后35d施B处理较对照病害减少76.4%。缺B能诱发肉桂枯梢病的发生,其发病率与肉桂体内B素含量有明显的相关性^[20]。在全B含量为 $7.68\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,病害的感染指数为67;而全B含量为 $11.92\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,肉桂枯梢病的感染指数只有9。另有报道增施B增加了花椰菜的头腐发病率,Mo没有明确结果^[15]。而叶面喷施B显著降低葫芦落叶枯病(*A. lternaria cucumerina*)^[21],这可能都与B对碳水化合物代谢及运输的调节有关^[1]。

施用Zn肥对冬小麦的秆锈和条锈无影响,但却显著减轻了叶锈(*Puccinia recondita*)的发生^[22]。施Zn和Mn,增加了洋葱的白腐病(*Sclerotium cepivorum*)的发病率,施Mn处理的植物根际病原物的数量显著增加^[23]。施Zn还能减轻啤酒花(hops)卷叶病症状^[24]并有效地防治玉米的茎基腐病^[27]。在研究大量及微量元素对豆类白粉菌的发育的影响时,发现施用P, K, Zn肥并结合低量施N和Fe可显著减轻病害^[16]。Cu素虽被广泛用于无机杀菌剂,但是关于Cu营养与植物病害的关系研究较少。有报道证实施Cu或结合施Fe增加了洋葱白腐病的发病率^[23],另有报道喷施Cu肥减轻葫芦的落叶枯病(*A. cucumerina*),表现出不一致性^[21]。1980年, Grahom也证明小麦Cu营养状况与白粉病感染速率无明显的影响,但严重缺Cu时,成熟植物抵抗白粉病的能力受到抑制。延缓木质化,削弱酚代谢,可溶性碳水化合物积累,以及延迟叶片老化可能是缺Cu导致成熟期感病性高的原因^[1]。对Mo, Cl两元素与病害的关系研究的也较少,Mo对花椰菜头腐病的发生率无明显的影响^[17],Cl营养对病害(*Fusarium culmorum*)也无明显影响^[25],但也有报道施用CaCl₂能减轻白粉病,并证实这种对白粉病的减少取决于Cl在肥料中所占的比列^[26]。

5 Si素与植物病害的关系

Si虽不是植物所必需的元素,但作为有益元素已被广泛认可。通常Si在草本植物尤其是在水田禾本科如水稻、木贼中含量较高,可达10%~15%(质量比)^[1]。叶片表层中Si的淀积,特别有利于植物组织抗真菌侵染(如白粉病、稻瘟病等)。在盆栽试验中用硅酸钠和烧石灰(34.5% SiO₂)处理土壤,同CaCO₃处理比显著地减少了小麦白粉病(*Erysiphe graminis*)的发生率,增加产量。随SiO₂含量增加,小麦叶片和麦颖上的病害发生率下降。SiO₂阻碍了病原物的穿透侵入,抑制菌丝的生长,延缓了分生孢子的形成。用不同浓度的硅酸钠营养液处理黄瓜植株,并在叶片上接种白粉病菌(*Sphaerotheca fuliginea*),随着Si在营养液中浓度的增加,叶片上的白粉斑的数目、面积及分生孢子的萌发数都大大减少^[6]。且证明用硅酸钾代替硅酸钠对病害的抑制作用相同,而改变营养液的电导度,用硫酸钾代替硅酸钾或硅酸钠都不能减轻病害。这说明对白粉菌起作用的是Si而不是Na⁺或K⁺,也不是因加入盐导致的电导度的改变所致。进一步实验发现在富含Si的黄瓜叶片上,白粉菌落所产生的吸器数目明显减少,且病原菌分生孢子梗的发展受到抑制,病原菌的繁殖率下降,推迟了病原菌的扩散。后来研究证明, Si主要分布在黄瓜表皮毛基部的表皮细胞及白粉菌侵染点周围的寄主细胞中。此外, Si在白粉菌的芽管内有聚集,这表明Si由黄瓜叶片组织中向病原菌转移。进一步的研究还发现Si处理的黄瓜叶片内被侵染的细胞的细胞壁、细胞壁与质膜间的乳突及病原菌吸器颈周围的寄主细胞质内都有Si的积累^[6]。

有些研究者认为Si的防病机理是高浓度的Si对真菌孢子的萌发和菌丝的生长有抑制作

用; 并且 Si 在病原菌侵染点周围的寄主细胞积累, 可增强寄主细胞壁的机械强度, 从而限制真菌吸器的形成及芽管和菌丝的生长; 此外, Si 在病原菌侵染点周围的寄主细胞中的积累与酚类物质或木质素在这些部位的产生或积累有关系^[6]。另有一些研究认为 Si 的防病机理是在寄主与病原菌的相互作用中, Si 起代谢调节作用, 能诱发植物产生对病原菌的一系列的抗性反应。Cherif (1992) 认为 Si 处理的和对照的黄瓜植株在被 *Pythium ultimum* 侵染时, 根部的中柱细胞都被一种不定形物质所堵塞, Si 处理的植株与对照比根部中柱细胞产生的保护性反应速度快、范围广, 从而有效地限制了病原菌的发展。而且, 这种不定形物质不仅是阻止病原菌侵入的物理障碍, 更重要的是这种不定形物质能使真菌的菌丝在通过它时发生大面积受损或死亡。这种不定形物质可能包括多酚类化合物, 酚类化合物在其氧化、聚合的过程中形成的自由基可杀死真菌细胞并使真菌的酶失活。Cherif (1994) 进一步研究表明在接种 *Pythium* spp. 后, Si 处理的植株体内过氧化物酶和多酚氧化酶活性强度明显高于对照^[6]。这 2 种酶被认为在植物的抗病中起重要的作用。

6 结语

矿质营养是植物正常生长发育所必需的。它不仅可以通过合理平衡施肥使植物生长旺盛健壮, 增强抗病力, 而且多数元素自身或其代谢物, 或通过作为病原物营养需要, 或通过对其产生毒害等作用直接影响病原物的侵染繁殖。因此, 研究矿质营养与植物病害作用关系、机理, 利用施肥并结合一定的栽培措施, 将成为植病化学防护和生物防护等手段的一个重要的补充措施。还需要进一步研究各矿质元素尤其是中量、微量元素与各种不同病害的关系, 其对病原物侵染、发育的影响、机理及与其他栽培措施的结合、平衡施肥时各元素间配合作用效果等。

参 考 文 献

- 1 马斯纳 H 著 曹一平译 高等植物的矿质营养 北京: 北京农业大学出版社, 1991, 223~ 230
- 2 秦焯南, 尹克林, 刘万, 等 矿质营养对柠檬硫胶病的影响 西南农业大学学报, 1996, 18(1): 1~ 5
- 3 魏胜林, 秦焯南, 等 氮钾水平与多酚氧化酶活性对柠檬硫胶病抗性的影响 西南农业大学学报, 1996, 18(1): 6~ 9
- 4 Wisniewski M, Droby S, Chalutz E, et al Effects of Ca^{2+} and Mg^{2+} on *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* in vitro and on the biocontrol activity of *Candida oleophila*. Plant Patho, 1995, 44: 1016~ 1024
- 5 冯东昕, 李宝栋, 等 可溶性硅在植物抵御病害中的作用 植物病理学报, 1998, 28(4): 293~ 297
- 6 Fidanza M A, Dernoeden P H, et al Interaction of nitrogen source application timing and fungicide on Rhizoctonia blight in ryegrass Hort Sci, 1996, 31(3): 389~ 392
- 7 Everaarts A P. Nitrogen fertilization and head rot in broccoli Netherlands J Agri Sci, 1994, 42(3): 195~ 201
- 8 Leitch M H, Jenkins P D, et al. Influence of nitrogen on the development of *Sep toria ep idem ics* in winter wheat J Agri Sci, 1995, 124: 361~ 368
- 9 Brennan R F. Effect of levels of take-all and phosphorus fertilizer on the dry matter and grain yield of wheat J Plant Nutri, 1995, 18(6): 1159~ 1176
- 10 Shama S R, Kolte S J, et al Effect of soil-applied NPK fertilizers on severity of black spot disease

- (*A lternaria brassicae*) and yield of oilseed rape. *Plant and Soil*, 1994, 167: 313~ 320
- 11 宋美珍, 朱荷琴, 毛树春, 等. 钾肥对棉花枯萎病的防效研究. *河南农业科学*, 1995, (1): 15~ 17
 - 12 Conway W S, Sam s C E, Kelman A , et al Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest diseases through calcium application. *Hort Sci*, 1994, 29(7): 751~ 753
 - 13 Tobias R B, Conway W S, Sam s C E, et al Cell wall composition of calcium- treated apples inoculated with *B otrytis cinerea*. *Phytochem*, 1993, 32(1): 35~ 39
 - 14 Walla G S Influence of nutrients on pathogenic behavior of *R hizoctonia solani* on coepea. *Indian J M yco Plant Patho*, 1992, 22(2): 170~ 177
 - 15 Raese J. Calcium sprays fertilizers effective against disorders. *Good Fruit Grower*, 1991, 42(6): 30~ 33
 - 16 Sindha G S Effect of macro and micro nutrients on the development of pow dery m ildew of pea. *Indian J M yco Plant Patho* , 1989, 19(2): 219~ 221
 - 17 Chakrabarty P K, Taneja N K , et al Effect of nutrients on curd rot of cauliflower (*B rassica oleracea convar botrytis* var *botrytis*). *India J A gri Sci*, 1990, 60(1): 74~ 76
 - 18 Grau C R. Observation on the effect of phosphorus and potassium and sulfur fertilization on alfalfa infected by *P hytophthora*. *J Produc A gri*, 1989, 2(2): 136~ 139
 - 19 Gupta G K, Singh D , et al Downy mildew control in pearl millet through nutrient application. *Indian Phytopatho*, 1995, 48(4): 439~ 443
 - 20 岑炳沾, 甘文有, 邓瑞良, 等. 肉桂枯梢病的发生与防治研究. *华南农业大学学报*, 1994, 15(4): 63~ 66
 - 21 Bhargava A K. Effect of nitrogenous fertilizers and trace elements on the severity of *A lternaria* blight of bottle gourd. *Annals of A rid Zone*, 1992, 31(1): 63~ 64
 - 22 A rafa M A. Zinc fertilization for wheat and its effect on rust infection grain yield and some agronomic characters. *A gri Res Rev*, 1985, 63(2): 29~ 35
 - 23 Dabash T S. Relation between fertilizers and white rot disease of onion with reference to the rhizosphere. *A gri Res Rev* , 1985, 63(2): 99~ 110
 - 24 Rossbauer G. New methods in the control of leaf curl disease of hops zinc deficiency: effect on the growth of hops. *Cause and Possibilities for Control*, 1986, 37(4): 47~ 50
 - 25 Engel R E, Grey W E , et al Chloride fertilizer effects on winter wheat inoculated with *Fusarium culm orum*. *A gronomy J*, 1991, 83(1): 204~ 208
 - 26 Grybauskas A P, Their A L, Sammons D J, et al Effect of chloride fertilizers on development of pow dery m ildew of winter wheat. *Plant Dis*, 1988, 72(7): 605~ 608
 - 27 王晓明, 吴安全, 张培坤, 等. 硫酸锌防治玉米茎基腐病的研究. *植物保护*, 1999, (2): 23~ 25