

林木施肥問題

罗汝英

(南京林学院)

林木施肥是二十世纪发展林业的新途径之一。林木施肥到底是从什么时候开始的？这一问题很难准确地解答。距今1,400余年以前，贾思勰在《齐民要术》^[1]一书中，就已经记下了林木施肥的经验。例如，在谈到种榆的时候，他写道：“以堊坑中种者，必陈屋草布堊中”。“陈草速朽，肥良胜粪。无陈草者，用粪粪之亦佳。不粪，虽生而瘦。”在欧洲，最早的林木施肥试验大约是在1900—1906年间开始的。例如，1900年在比利时布置了林地施矿质肥料的试验^[47]，1905年在德国进行了松树造林地施用玄武岩屑的试验^[33]，1906年在德国又布置了云杉造林地施用过磷酸钙和钾镁矾的试验^[37]。

在1945年以前，世界各国关于林木施肥的文献资料是不多的。但自1945年以后，林木施肥的研究报告和资料骤然增加。据Wilde (1961)^[23]的估计，在1945—1960年的15年间，有关这方面的文献资料（包括树木营养和森林苗圃施肥）达2,000篇以上，其中主要是西德、捷克、美国、苏联、英国、日本和北欧诸国的资料。近几年来，有许多人对这方面的资料作过系统总结，其中比较完整的有Mayer-Krapoll (1956)^[35]、Brüning (1959)^[36]、大谷滋 (1959)^[48]、Arneeman (1960)^[24]等人。以上情况说明，林木施肥问题开始被重视起来了。这种趋势并不是偶然的，因为随着林产品消费量的增加和水土保持的需要，有必要在短期内增加林业生产，以及恢复和扩大森林面积，而肥料是达到这些目的的有效措施之一；同时，林业生产的技术水平日益提高，人们发现和制造的肥料品种也正在日益增多，这就为发展林木施肥提供了可能。正如Mitscherlich (1950)^[37]所说：“当抚育不再能使材积进一步增长的时候，人们就只能期望从土壤改良和施肥来增加生产了。”然而，国外的林木施肥实际上绝大部分还是处于试验阶段，其中仅有少数，如西德的杨树施肥^[48]、澳大利亚的松林施肥^[25]等，达到了生产的规模。

在我国，山区农民早就有农林间作、以农肥养林木的习惯。大约在20多年以前，浙江奉化的农民，就进行过毛竹林施肥的试验^[2]。然而，在解放前反动派统治下，这些经验得不到重视。只有解放以后，这些经验才得到了总结和推广。1956年前后，浙江奉化石门山区的毛竹林施肥，就达到了生产规模，使竹子增产1—4倍^[2]。1958年大跃进时，全国各地的许多林场、研究所、林业院校等，纷纷系统总结这些经验，并且在营造速生丰产林时都施用了肥料，有些单位还专门进行了林木施肥试验。1958年以来，发表了不少关于林木施肥方面的文章。由此可见，随着林业生产的发展和科学水平的提高，林木施肥问题已提到日程上来了。

一、“营养元素生物循环”不能作为林木施肥的理论基础

林木施肥的理论基础是什么？过去和现在，许多学者企图通过植物分析来解答这一问题。例如，Baker (1950)^[26]曾经对比过农作物与林木对矿质营养元素的吸收和归还率，他认为林木所消耗的养分远较农作物为少，因而林木对土壤养分的要求不如农作物那么高。Ремезов等(1955)^[18]应用这一原理研究了林木与土壤间矿质营养元素的生物循环状况，他的主要结论是：林木自土壤中所吸收的营养元素，每年有大部分通过凋落物的形式归还给土壤，因而森林可以自肥。同时，他认为可以根据林木一生中吸收养料最多的年份的状况，来代表林分对矿质营养元素的最大需要量。按照他的计算，栎林的最大需肥量是：N 156，P₂O₅ 46，K₂O 82 公斤/公顷。

尽管在自然条件下森林土壤大都趋向肥沃，林木对土壤养分的要求一般不如农作物那么迫切，但是，上述“营养元素循环”的计算并不能代表林木对矿质养料的实际要求。因为：第一，林木对养分的吸收不单只有年变化，还有季节变化甚

至昼夜变化;第二,雕落物不一定顺利地分解;第三,某些不良的生境上不一定能顺利地建立起这种生物循环。阿赫洛明科等^[3]在1949—1951年已证明,一、二年生的幼树吸收养分的状况有昼夜变化,可以清楚地看到养分的吸入和排出。所以,即使是在一天里所作的植物分析,也不能代表当天的养分吸收量。Тюлин 等(1955)^[19]分析了栎林下的土壤,以一年内不同季节中有根区土样和无根区土样营养元素含量的最大差额为基础,来计算林分的最大需肥量。显然,他没有考虑到树木吸收养分的昼夜动态。尽管如此,他算出来的数值,仍然比 Ремезов 所确定的数值约大10倍。另外,有许多事例说明林木的生长与土壤养分状况有密切关系。例如, Zinke (1960)^[27]通过调查统计发现,在美国加利福尼亚地区,美国黄松的树高与土壤全氮量之间有着直线相关关系。又如,号称天然森林资源丰富的瑞典,在土壤全氮量达1.70—2.28%的林地上施用氮肥时,由于促进雕落物分解,仍然取得显著效果。Tamm (1960)^[28]指出,即使是在这种增产情况下,施入的氮绝大部分以雕落物的形式归还给土壤,“营养元素循环”的计算就不能说明这种氮肥已经起了作用。至于象澳大利亚西部的海岸砂地那样的生境,如果不使用肥料,就不能建立森林^[25],当然更谈不上“营养元素生物循环”了。

所以,“森林营养元素生物循环”只不过是 Liebig “归还”学说在林业上的应用,它显然不能作为林木施肥的理论基础。然而,目前在林业教科书中还有引用这种“养分循环”的理论。例如,Ткаченко (1955) 在他所写的《森林学》教科书中^[20]就援引了 Ремезов 的资料,然后说:“根据以上所说,在林业方面只有在下列条件下即采伐期短,同时由土表把叶子和细枝一起搂走的情况下,才需要施肥。”应该说,这种提法是片面的。

二、要及早开展林木施肥试验工作

为什么林木施肥问题的提出,远落后于农业化学化的进展呢?最主要的原因可能是林业生产状况和科学技术水平的关系,因为在肥料来源、施肥技术和成本核算等方面,都还存在着问题。一般来说,目前林业生产的集约程度远较农业为低,正如早期的农业一样,不使用肥料也能获得一定的收获,加以林区大都是地广人稀,在人力物力上也受到一定的限制。所以,林木施肥的进展比较

迟一些。但是,最近十几年来已有了较大进展。

例如,德国在本世纪之初就已经开始进行林木施肥试验。早期的工作着重于用基性岩粉^[33]、钾镁矾^[34]、石灰^[29]等来改良贫瘠的酸性森林土壤,证明这些肥料对林木生长都有一定效果,而且肥效可以持续十几年到几十年,其中以玄武岩粉的效果最好。更重要的是利用绿肥作物(特别是羽扇豆)改良森林土壤^[29,42,43],能加速林木生长,尤以同时施用石灰的效果更佳。德国在本世纪二十年代起就布置了一些化学肥料试验^[35],从1950年开始,西德所进行的林木施肥试验就更多。总的来说,在新植林方面,试验表明,对幼林使用NPK完全肥料,比单独使用任一两个肥料要素的效果为好。对于云杉幼林,使用 $N_3P_1K_1$ 的肥料得到最好的结果。至于壮龄林和老龄林,则主要是氮肥问题^[35]。同时,有人尝试以化学肥料促进森林雕落物的分解,也取得了显著的效果^[40,41]。在多数情况下,成林施肥能增产木材10%,有时达到25%。林木施肥的肥效一般可以持续10—15年,最低限度也不少于5年^[39]。西德对白杨等速生树种施用化肥,使林木生长量增加到100—200万立方米。德意志民主共和国从1956年起也大力推行造林地施肥的工作^[48]。

根据 Tamm^[28] (1960) 的报道,瑞典自1910年起就在排干的泥炭土上以及1922年以来在矿质土壤上布置了一些林木施肥试验。其结果表明,在矿质土壤上,云杉一般对氮肥都有正反应,径向生长量通常增加10—60%,但肥效至多只能维持10—12年。这种土壤上磷、钾和石灰的效应很小。至于泥炭土上的桦木,则对单施磷或钾肥都有正反应,而同时施用含磷、钾的肥料常能得到最好的结果,并且,肥效能持续几十年之久。晚近瑞典还尝试在林木采伐前5—7年,用飞机施追肥,证明在这个很短的时期内,林木生长增加的价值要比施肥所用成本大得多^[30]。这些研究成果,已经为开展林木施肥工作打下良好的基础。

由于林木的生长期比农作物要长得多,布置一个施肥试验,一般并不是在一两年内就能得出结论的。例如,1900年在比利时布置的肥料试验^[47],是经过了54年之后,到1954年才总结出来的。这是因为,尽管有时施入的肥料可能产生一时的效果,然而这种肥效能维持多久,对于最后产量是否有显著的影响,却难以预言。上述德国和瑞典的经验,都证实了这一点。目前国外的有

关文献资料虽多,但其中有很大一部分也恰恰是犯了这个毛病。正如 Wilde (1961)^[23] 所指出,目前世界各国的许多林木施肥文献,有很大一部分是可疑的。因为,他们的试验小区面积太小,甚或仅以单株进行研究,树木年龄又不超过 5 年,所用的方法不是切实可行的。所以,这些人就只能依靠书面计算,来论证林木施肥的效果。我们应当吸取这个教训,从长远利益考虑,有必要从现在起,就在总结丰产经验的基础上,有计划有步骤地开展林木施肥的科学试验,以适应林业生产发展的需要。

三、森林施肥方法

林木施肥是一个长远方向问题,其关键在于巧施肥,过去的林木施肥经验,有不少可供我们借鉴,而在当前的林业生产条件下,以下几个问题很值得我们注意。

(一) 促进森林腐殖质的分解

森林腐殖质(指森林土壤有机质,下同)是一项重要的天然肥源,根据西德资料,当林地的粗腐殖质层厚 4—5 厘米时,每公顷有机物总量约为 70,000 公斤,其中矿质养料的含量为: N 1,000, P_2O_5 89, K_2O 46, CaO 200 公斤/公顷;而其中的有效量仅为: N 29, P_2O_5 14, K_2O 37, CaO 17 公斤/公顷。因而,这里面大有潜力可挖,Themlitz (1954)^[40] 应用氰化钙和石灰于云杉林,证明此两者混施于腐殖质层中,可以促进软腐殖质的形成和林木对养料的吸收。然而,这个过程需要几年才能完成。Mayer-Krapoll (1956)^[41] 认为,施用氨的效果更快和更好一些。他用氨水喷射来促进粗腐殖质分解和软腐殖质形成,这个过程只要几天就可以完成,并可使土层的全氮量增加到 3—4 倍,氨态氮的含量增至 30—48 倍。瑞典的施肥经验^[28] 也表明,森林腐殖质层愈厚,施用矿质氮肥的效果就愈佳。这自然是由于施入的矿质氮肥能使森林腐殖质加速分解的缘故。

据李昌华的研究(1964)^[4],在我国南方,20—25 年生杉木人工林,平均每年的雕落物为 650—750 公斤/公顷左右,而分解试验表明,一年之后杉木叶仅有 50% 左右分解掉,因此在林地上累积粗腐殖质很多。如何促进这些粗腐殖质分解,是一个值得注意的问题。

总之,利用少量的肥料来促进森林腐殖质的分解,以小肥引大肥,是比较经济有效的措施,值

得进一步试验研究。

(二) 利用绿肥和有机肥料

德国在森林中试种绿肥,已有多年的历史。Wittich (1950)^[42] 指出,德国林分中最常见的绿肥作物是多年生羽扇豆,它在林带郁闭以前可以生长 6 年。另据 Wiedeman (1934)^[43] 报道,在云杉林生长的最初 10 年内,林地栽植多年生羽扇豆后,能使 20 年生的云杉生长量增加 2—3 成。Becker-Dillingen (1939)^[44] 指出,刺槐可以作为松林下木,以改良土壤。Hilf (1949)^[45] 认为,在缺乏腐殖质的砂土上,三叶草比羽扇豆好。日本在林地上试种“肥料木”,例如赤松林中杂入染赤杨,也有一定效果。

我国在这方面的工作做得更早。例如,南方农民在利用红壤方面早就有“根不离土,土不离根”的习惯。浙江农民早就知道混杂在毛竹林中的枫香能肥地,有助于毛竹生长^[6];而营造马尾松林时也有与枫香混交的作法。目前浙江已有在毛竹林中种黄花苕苕的成功经验,在油茶林中也引种过紫云英和猪屎豆,有一定的效益^[5]。所有这些经验,都有待总结和推广。

在林地上应用有机肥料,是我国独创的经验,最早可以上溯到 1400 年以前^[1]。目前在浙江奉化石门山区,对毛竹林使用有机肥料已达到了生产的规模。他们就地取材,在夏季割取青草及灌丛嫩枝,同时养牛上山以收取牛粪,然后将上述物料沤制或堆腐成肥料。每年大量使用,覆盖成层,再在上面压一层土。年年如此,可使竹林中的这种土肥间层厚达 20—50 厘米,最厚甚至可达 1 米左右。结果使毛竹大面积丰产。1958 年的新竹产量为 1956 年的 4 倍,成为全国的林业丰产模范单位之一。我国南方山地草木茂盛,在人口比较多、劳动力也比较足的一些山区社队,这种办法是可行的。

东北林学院帽儿山林场的资料^[8],落叶松造林时每穴施入 5 斤泥炭,结果使三年生幼树的高生长增加 3 成。东北地区的泥炭资源很丰富,所以这一途径值得进一步试验采用。

(三) 应用基性岩粉

已经有一些国家试用基性岩粉作为林木肥料,这可能是在林业生产上开辟肥源的一个办法。德国和捷克斯洛伐克在这方面的工作做得比较多。据 Němec 报道 (1956)^[31],在贫瘠的酸性的冲积土、灰壤、铁矾土和潜育土上,粗玄武岩粉、辉

绿岩粉和辉长岩粉等,对增加林木生产量有相当大的效果,并且能使以前生长过阔叶树的地方重新成为阔叶林。土壤分析表明,岩粉的分解物逐渐淋溶到相当深的地方,可以引起硬结层软化和进一步分解,并且使过强的酸度矫正至 pH 5 左右(KCl 悬液)。同时, Němec (1956) 还曾经作过如下试验^[46]: 在酸性土壤上,施用玄武岩粉和辉绿岩粉,成功地使水青冈和榉树在 3—5 年内恢复结实能力。由此可见,基性岩粉在酸性土壤上是一种有效的肥料。

我国浙江丘陵地区的农民,已经有使用紫色页岩风化物来改良红壤的经验。南方山区的土壤很酸,盐基饱和度很低,但玄武岩的分布却比较广。基性岩粉是否可以作为林木的肥源(特别是在速生林和粮食、油料木本化方面),值得考虑采纳。不过,由于基性岩粉中的矿物都是难溶性物质,因此,在中性、碱性土壤上是无效的。

(四) 在不良生境上以肥料帮助幼苗成林

农业上不能使用的土地,大都用于营造森林,而其中有些是非常贫瘠的。在这些不良生境上,如果不作特殊处理,就很难建立起森林。在这种条件下,有时施肥是重要的营林措施之一。

从世界各国的文献来看,在不良生境上磷肥特别重要。例如,根据 Stoa (1955)^[25]报道,在澳大利亚西部砂地上的 18,000 亩法国海岸松(*Pinus pinaster*)的生长,就完全是靠过磷酸钙维持住的;没有这种肥料的地方,树木就萎缩起来,在 0.9—1.2 米高时就死亡。比利时的试验^[47]也证明(1954),在贫瘠地造林前施加少量磷肥,就能够促进林木生长。苏联在砂地上营造落叶松林时(1957)^[21],也特别强调磷素的作用。McComb (1949)^[32]在美国的试验证明,刺槐对磷肥反应很强,因此,如果要利用刺槐来迅速复被沟壑和裸露的心土,造林时需施磷肥。我国在华南砖红壤化土地区的造林试验也表明,磷肥对根系有重大的影响。

从上述资料可以推测,在我国南方缺磷的红壤荒山上,磷肥在造林方面可能有巨大作用。而南方有许多磷矿,其中不符合工业要求的矿石,是否可以用于林业,是一个值得研究的问题。

此外,在东北砂地上营造樟子松、油松林时,常在定植穴中施入泥炭,造成间层。由于改善了水分和养分状况,3 年内就使得幼树生长加速 4 成到 5 成。在沙荒地区泥炭的资源很丰富,可以

就地取材。所以,这个办法也是可行的^[9]。

(五) 应用微量元素肥料

Stoa (1955) 报道^[25],在澳大利亚林业中应用锌很有效。澳大利亚有些地方的辐射松(*Pinus radiata*)常常枯死,以致不能成材,甚或因而致死,喷射或施入锌盐能矫正这种病症。在某些试验中,甚至把涂锌盐的钉子打入树干中,也有效果。有些地区已经把锌肥作为造林标准技术措施之一。在一个试验中,锌肥处理地区在 14 年时的间伐量已达 1,000—1,250 立方米,而未处理的对照区则仅为上述数量的一半左右。

在苏联莫斯科地区,5 年生桦木由于施入 Mn 肥,生长量增加了 50%,5 年生云杉对 B 和 Mn 的反应也很强^[22]。

Школьник 等(1957)^[22]曾报道:在美国佛罗里达大量引种油桐时发现,在不久前砍伐了森林的土壤上,油桐长得很好,而在相邻的、前作为玉米或棉花的地段上,油桐却生长得很坏,往往在一两年内就死亡。原因在于,砍伐了森林的土壤中,还留有枯枝落叶层,其中富含微量元素,但在玉米或棉花地里则缺乏有效态锌。美国的柑桔、薄壳山核桃等,也常有缺锌的病害发生。因而,那里锌肥的重要性不亚于氮肥。

在这方面,我国也作了一些工作。崔征等(1964)^[10]调查了京津地区果木缺铁的情况,初步肯定了石灰性土壤上对苹果树喷施 FeSO_4 有效。刘鐸等(1964)^[11]在浙江黄岩的试验表明,钼、锰、锌肥对柑桔的产量有良好的影响。朱洪等(1964)^[12]用硼、锰、铜、锌、钼喷射棕壤上的一年生加拿大白杨和落叶松,发现在不同程度上都有促进生长的作用,特别是钼和铜对落叶松的效应最显著,使这种幼树的新增高几乎增加一倍。但是对黄壤上的二年生杉木喷射上述元素则无效。1958 年南京市雨花台烈士陵园管理处曾试用硫酸亚铁溶液进行注射,治愈了悬铃木的黄化病^[13]。陈贻金等(1958)^[14]曾对钻天杨喷射微量元素,发现硫酸锌使高生长增加 14%,硫酸亚铁则增加为 17%;硫酸锌使树木发根数量增加 55%。彭幼芬(1960)^[15]用硫酸铜、钼酸铵、硼酸、高锰酸钾等处理樟木种子,发现能提早 4 天发芽,发芽率提高 0.34—1.64 倍,并且促进了幼苗生长。

考虑到如果能对症下药,微量元素可能产生巨大的效果,成本小而收获大,因而,这方面也有进一步研究的必要。

(六) 以农肥养林木

农林间作,以农肥养林木,在我国已有悠久历史。清乾隆年间编纂的《授时通考》,就已经明确地记下这方面的经验。例如种千年桐,书中写道:“仍要种豆,使之二物争长。”^[16]我国南方农民营造杉林时,多数是混农作业的,一般在造林前先炼山、整地,造林后的最初2—3年间种玉米等农作物,每年中耕施肥,玉米收获后也多是藁秆还田的。这样既对林木施了肥,又收获了农产品,因而是切实可行的。方奇等(1960)^[17]总结了福建、浙江、江西等地的经验,证明间作可使杉木高生长为不间作的1—4倍,是一种高度集约的经营方式。在油茶和油桐幼林方面,也有类似的情况。浙江南部的农民还有在杉木幼林内间种特殊的纤维作物水葛花(*Edgeworthia chrysantha* Lindl.) 2—3年的习惯,由于杉木幼树不换叶,而每年水葛花的落叶很肥沃,因而也有利于杉木的生长^[17]。

西欧在栽培杨树时,也有农林间作的习惯,他们也对间作地使用肥料,获得良好的效果。

由此可见,这是一种很好的办法。当然,其中也存在着很多问题,例如耕作施肥方法、间种年限、间种方式、水土保持等,都有待进一步研究和总结。不过,一般来说,对于幼林都有较好的效果,这是可以肯定的。

综上所述,林木施肥是有发展前途的。但是,目前在这方面还存在着严重的脱离生产、脱离实际的倾向。Wilde 在 1961 年曾指出了其中的一个方面,他说,世界各国的林木施肥文献之所以脱离实际,原因在于搞林业的和搞土壤的人各搞一套,由于相互不熟悉对方业务,因而得出来的成果是片面的,甚或错误的^[23]。然而, Wille 没有能够了解到劳动人民的智慧,没有了解到自然科学知识归根到底来源于生产斗争。从上面的总结中我们可以看到,绝大多数切实可行的办法都是农民的生产经验。由此可见,要研究林木施肥问题,必须是林业工作者、土壤工作者和林业工人或林农三结合,才能得到正确的结果。

参 考 文 献

- [1] 贾思勰(后魏)撰、石声汉选译:齐民要术选读本, 272 页,中华书局版,1961 年。
- [2] 南京林学院土壤组:石门毛竹丰产林调查资料(未发表)。1958 年。
- [3] 阿赫洛明科等(鲁如坤等译):木本植物根系对矿物质养分的吸收。同位素在农业化学和土壤学研究

中的应用,144—180 页,科学出版社,1957 年。

- [4] 李昌华等:杉木人工林和常绿阔叶杂木林下土壤养分平衡因素的某些差异。全国森林土壤学术讨论会论文摘要集(未发表)。1964 年。
- [5] 吴志曾等:油茶增产经验调查。南林学报,2 卷 1 期,1—6 页,南京林学院及南京林业科学研究所编印,1959 年。
- [6] 徐枫:值得注意发展的树种——枫香(未发表)。1960 年。
- [7] 南京林学院森林学教研组:浙江奉化石门毛竹丰产林,上海科技出版社,1959 年。
- [8] 东北林学院:帽儿山林场科学研究资料(未发表)。1960。
- [9] 李克等:樟子松、油松砂地造林技术的初步研究。林业科学,8 卷 1 期,78—81 页,1963 年。
- [10] 崔征等:京津地区果树缺绿病的初步调查。中国科学院微量元素研究工作会议汇刊,239—240 页,科学出版社,1964 年。
- [11] 刘铮等:微量元素对柑桔的作用及各元素间的关系。中国科学院微量元素研究工作会议汇刊,240—242 页,科学出版社,1964 年。
- [12] 朱淇等:微量元素对加拿大杨、落叶松及杉木苗期生长的影响。中国科学院微量元素工作会议汇刊,244—245 页,科学出版社,1964 年。
- [13] 南京市雨花台烈士陵园管理处:关于树木病虫害防治的两种注射土办法(未发表)。1958。
- [14] 陈贻金等:根外施肥促进杨树丰产。中国林业,15 期,38 页,1958 年。
- [15] 彭幼芬:微量元素对杉木种子催芽及苗木生长试验初报。林业科学,2 期,106—113 页,1960 年。
- [16] 授时通考(清)。1538 页,中华书局版,1956 年。
- [17] 方奇等:杉木速生丰产调查研究报告(未发表)。1960 年。
- [18] Ремезов, Н. П. и др.: Биологический круговорот азота и зольных элементов в лесных насаждениях. Труды Инст. Леса АН СССР, 24:167—194, 1955.
- [19] Тюлин, А. Ф. и др.: Минеральное питание дуба в Теллермановском опытном лесничестве. Труды Инст. Леса АН СССР, 24:270—280, 1955.
- [20] Ткаченко, М. Е.: Общее лесоводство, Гослес., Москва, 1955.
- [21] Куракина, Л. И.: Влияние удобрений на рост и развитие сеянцев лиственных. Ботан. Ж., 42: № 1, 68—72, 1957.
- [22] Школьник, М. Я. и др.: Микроэлементы в сельском хозяйстве, Изд. АН СССР, Москва, 1957.
- [23] Wilde, S. A.: Comments on tree nutrition and use of fertilizer in forestry practice. J. Forestry, 59:5, 346—348, 1961.
- [24] Stoeckeler, J. H. and Arneman, H. F.: Fertilizers in forestry. Advances in Agronomy, 12: 127—196, Acad. Press, N. Y., 1960.
- [25] Stoate, T. N.: Some aspect of forest es-

- establishment and growth. MacMillan Lect. on forestry, Univ. of British Columbia, Vancouver, pp. 13, 1955.
- [26] Baker, F. S.: Principle of silviculture, pp. 151, McGraw-Hill, N. Y., 1950.
- [27] Zinke, P. J.: Forest site quality as relation to soil nitrogen content. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci., 3:347—354, 1960.
- [28] Tamm, C. O.: Nutrient uptake and growth after forest fertilization in Sweden. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci., 3:347—354, 1960.
- [29] Wittich, W.: Significance and basic principle of lime manuring in the forest. Coedwigwr., No. 1, 11—18, 1952.
- [30] Foresters talk research. Forest industries, 90: No. 2, 54—56, 1963.
- [31] Némec, A.: The fertilization of forest plantations. Amelioration of stagnated plantations and stands, Rec. Inst. Rech. agron. Rep. tchecos., 3, pp. 437, 1956.
- [32] McComb, A. L.: Some fertilizer experiments with deciduous forest tree seedlings on several Iowa soils. Res. Bull. Ia. agric. Exp. Sta., 369, 406—448, 1949.
- [33] Albert, R.: Ein nachhaltig wirksamer Forstdüngungsversuch. Forstarchiv., No. 12, 158—162, 1936.
- [34] Hansser, K.: Ergebnisse der neuesten Annahmen des Owinger Forstdüngungsversuches. Allg. Forst und Jagdztg, 122:23—27, 1950.
- [35] Mayer-Krapoll, H.: Die Anwendung von Handelsdüngemitteln insbesondere von Stickstoff in der Forstwirtschaft. Ruhr-stickstoff. Bochum, 1956. (参见文献 23)。
- [36] Brüning, D.: Forstdüngung, Neumann, Leipzig, 1959.
- [37] Mitscherlich, E. A.: Forstwirtschaft-Holzwirtschaft, 4:256—268, 1950.
- [38] Ernst, L.: Biologische Meliorationen durch forstliche Zwischenkulturen. Forst und Jagd., 6: No. 7, 325—327, 1956.
- [39] Herbert, F.: Der derzeitige Stand unseres Wissens auf dem Gebiete der Walddüngung. Allgem. Forstzeitung, 68: No. 5—6, 58—63, 1957.
- [40] Themnitz, R.: Die Anwendung von Kalkstickstoff zur Rohhumusumwandlung und Ertragssteigerung im Walde. Z. Pfl Ernähr. Düng. Bodenk., 64:54—66, 1954.
- [41] Mayer-Krapoll, H.: Neue Möglichkeiten für Stickstoff in der Forstwirtschaft. Chem. Industr., Düsseldorf, 8:243—245, 1956.
- [42] Wittich, W.: In “Die Technik der Fichtenkultur”, 25—41, M. und H., Schäper, Hannover, 1950. (参见文献 24)。
- [43] Wiedeman, E.: Dent. Forsch., 34: 5—103, 1934. (参见文献 24)。
- [44] Becker-Dillingen, J.: Die Ernährung des Waldes, 209—301, Verlag für Ack., Berlin, 1939.
- [45] Hilf, R. B.: In “Technik der Kiefernkultur”, 42—59, M. und H., Schäper, Hannover, 1949. (参见文献 24)。
- [46] Némec, A.: Die Steigerung der Fruchtbarkeit der Buche und der Linde durch Düngung mit basischen Gesteinsmehlen. Za cotc. c-x. Hayky, A5, No. 3, 305—308, 1956.
- [47] Galoux, A.: La fertilization minérale en sylviculture. Trav. Sta. Rech. Goenedael. Série 16:62, 1954.
- [48] 大谷滋 林地肥培の推進について。林业技术 (日本), 205 (3月), 20—22, 1959。

更 正

本刊第 13 卷第 1 期 89—90 页中所有“构溶性”均应改为“枸溶性”。