

绿色植物生长调节剂 (GGR) 的研究

王 涛 高 崇 明 黄 亨 履 等 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

前 言

植物的生长发育需要大量的营养元素，也需要微量的生理活性物质。植物激素对植物的生长发育与器官的形态建成所起的特殊的调节作用是众所周知的，而且已广泛应用于农林业生产。目前国内用于农林业生产上的复合型植物生长调节剂是以一或两种植物激素再添加一些微量元素组成，主要是从外部提供植物生长发育所需的调控物质。中国林科院研制的 ABT 生根粉系列则突破了一般植物生长调节剂单纯从外界提供植物生长发育所需的植物调控物质的传统方式。它能在植物整个生育期内持续地通过强化、调控植物内源激素的含量，相关酶的活性，促进生物大分子的合成，调节植物代谢作用强度，诱导植物不定根、不定芽的形态建成，达到提高育苗造林成活率及作物产量、质量与抗性的目的。由于目前国内外复合型植物生长调节剂主要以植物激素为主，大多数激素具有微毒，难溶于水，且需低温保存，尤其是有污染的缺点，大大妨碍了植物激素在农林业生产上发挥作用。随着人们环保意识的提高，逐渐对激素大面积的应用产生了疑虑。因此，研制一种非激素型、无污染的植物生长调控物质，用以替代植物激素，已是十分必要并提到了日程。中国林科院 ABT 研究开发中心，在复合型植物生长调节剂 ABT 生根粉系列的基础上，于 1995 年在原国家科委成果司立项，开展了“非激素型绿色植物生长调节剂（GGR）系列的研究、开发和应用”的研究。历经 7 年的试验示范，示范应用植物累计达 879 种（品种），在全国 31 个省（直辖市、自治区）建立试验示范点 8699

个, 科技示范户 50016 户, 共提出试验研究报告 1584 篇, 出版绿色植物生长调节剂应用技术论文集 4 部。与此同时, 在全国 31 个省 (自治区、直辖市)、1322 个县 (市) 建立起社会化服务体系, 农林业示范总面积达 353. 7118 万 hm^2 , 育苗 153573. 59 万株, 为 GGR 系列的大范围、多植物种、多领域的应用提供了可靠的配套应用技术, 取得了显著的经济效益、社会效益和生态效益。在国际上与 17 个国家建立了 GGR 国际合作关系。

本书根据国内外 7 年应用 GGR 在 879 种 (品种) 上试验、示范, 提出的 1584 篇试验研究报告, 全面系统地介绍了应用 GGR 处理植物的作用机理和在植物上应用的配套技术, 为双吉尔在国内外的推广应用提供了理论依据和技术支撑。该书的出版, 不仅对 GGR 系列的推广起到积极的作用, 也为提高植物苗木成活率与增加农作物的产量开辟了一条新途径, 也将对保护环境、防治污染、发展绿色食品起到积极的促进作用。

编 者

目 录

总 论	(1)
一、绿色植物生长调节剂 GGR 系列产品简介	(1)
二、GGR 系列对植物的作用机理研究概况	(1)
三、GGR 系列在植物上的应用技术的研究概况	(2)
四、GGR 系列在植物上的应用技术与效果概述	(3)
(一) 绿色植物生长调节剂 (GGR) 系列在农作物上的应用技术及效果 ...	(3)
(二) 绿色植物生长调节剂 (GGR) 系列在林业上的应用技术及效果	(3)
(三) 绿色植物生长调节剂 (GGR) 系列在园艺和经济作物上的 应用技术及效果	(4)
五、GGR 系列应用推广范围、效益及培训协作	(5)
六、GGR 系列在国外的应用情况	(6)
 第一篇 绿色植物生长调节剂的作用机理研究	(7)
一、GGR 作用机理研究的植物种类与试验设计	(7)
(一) 供试植物的种类	(7)
(二) 试验方案设计	(7)
(三) 试验处理组合	(8)
(四) 测定的指标与方法	(8)
二、在农作物上的作用机理研究指标与效应	(9)
(一) 测定的指标	(9)
(二) 作用机理效应	(10)
三、在林业上的作用机理研究指标与效应	(10)
(一) 测定的指标	(11)
(二) 作用机理效应	(11)
四、GGR 作用机理的效应模式	(11)
(一) GGR 可以通过内源激素途径发挥作用	(12)
(二) GGR 提高了与植物生长密切相关的酶的活性	(15)
(三) GGR 对植物生长促进作用是持久的	(19)
(四) GGR 改善了植物抗逆境能力	(20)
(五) GGR 促进根系对营养元素的吸收	(20)

(六) GGR 提高了植物的光合作用强度	(27)
(七) GGR 提高了农作物产量及品质	(31)
(八) GGR 促进植物生长的效应模式分析	(32)
第二篇 绿色植物生长调节剂 (GGR) 在农作物上应用技术和作用机理	(33)
一、试验研究概况	(33)
二、试验材料	(34)
(一) 供试剂型	(34)
(二) 供试作物种类与品种	(34)
三、试验内容与方法	(34)
(一) 优化组合筛选试验	(35)
(二) 作用机理研究	(35)
(三) 应用技术区域化试验	(35)
(四) 扩大应用示范生产试验	(35)
(五) 测定指标	(35)
四、试验结果	(36)
(一) 优化组合筛选试验	(36)
(二) 生理效应与作用机理	(43)
(三) 各种作物的区域化试验	(50)
(四) 各种作物扩大应用示范试验	(55)
五、结论	(59)
第三篇 绿色植物生长调节剂在林业生产上应用技术和作用机理	(60)
一、播种育苗方面	(60)
(一) 试验材料	(60)
(二) 试验设计	(61)
(三) 试验方法和测定指标	(61)
(四) 应用技术优化组合筛选试验	(61)
(五) 作用机理研究	(66)
(六) 区域化试验及扩大应用示范	(71)
(七) GGR 在播种育苗上与其他通用增产剂比较	(74)
(八) 经济效益分析	(75)
(九) 小结	(78)
二、扦插育苗方面	(78)
(一) 试验材料	(78)
(二) 试验设计和方法	(78)

(三) 试验测定指标	(79)
(四) 应用技术优化组合筛选试验	(79)
(五) 作用机理研究	(81)
(六) 区域化试验及扩大应用示范	(85)
(七) GGR 在扦插育苗上与其他通用增产剂比较	(88)
(八) 经济效益分析	(91)
(九) 小结	(92)
三、造林和苗木移栽方面	(93)
(一) 试验材料	(93)
(二) 试验设计	(93)
(三) 试验方法和测定指标	(93)
(四) 应用技术优化组合筛选试验	(94)
(五) 作用机理研究	(95)
(六) 区域化试验及扩大应用示范	(99)
(七) GGR 在造林和苗木移栽上与其他通用增产剂比较	(104)
(八) 经济效益分析	(107)
(九) 小结	(108)
四、飞播造林方面	(109)
(一) 试验材料和方法	(109)
(二) 应用技术优化组合筛选试验	(110)
(三) 作用机理研究	(113)
(四) 区域化试验及扩大应用示范	(115)
(五) 小结	(117)
五、结论	(117)
(一) 应用技术和效果	(117)
(二) GGR 与其他通用增产剂比较	(118)
(三) 作用机理	(119)
(四) GGR 在林业生产上应用, 具有低投入、高效益的特点	(119)
第四篇 绿色植物生长调节剂在园艺及经济植物应用技术和作用机理	(120)
一、试验研究概况	(120)
二、试验材料	(120)
(一) 供试剂型	(120)
(二) 供试植物种类	(120)
三、试验内容与方法	(121)
(一) 优化组合筛选试验	(121)

(二) 作用机理研究	(121)
(三) 区域化试验	(122)
(四) 测定指标	(122)
四、试验结果与分析	(122)
(一) 绿色植物生长调节剂在果树上的试验研究	(122)
(二) 绿色植物生长调节剂在蔬菜上的试验研究	(144)
(三) 绿色植物生长调节剂在花卉上的应用研究	(157)
(四) 绿色植物生长调节剂在牧草上的应用研究	(163)
(五) 绿色植物生长调节剂在烤烟上的应用研究	(172)
(六) 绿色植物生长调节剂在药用植物上的试验研究	(175)
(七) 绿色植物生长调节剂在糖类植物上的应用研究	(185)
(八) 绿色植物生长调节剂在油菜上的应用研究	(189)
(九) 绿色植物生长调节剂在薯类作物上的应用研究	(190)
五、结论	(196)
(一) 筛选出不同植物种类上的应用技术与优化组合	(196)
(二) 作用的效果	(197)
(三) 作用机理	(198)
附录1 参考文献及其材料来源	(199)
附录2 植物拉丁名、中文名对照表	(239)

总 论

一、绿色植物生长调节剂 GGR 系列产品简介

绿色植物生长调节剂(GGR)系列是一类非激素型的生理活性物质,对植物内源激素、内源多胺、酚类化合物的合成及某些代谢相关酶活性的提高呈正相关性,而且能够影响植物营养元素的吸收与代谢作用;成为调节植物生长发育、器官形态建成、提高产量的又一类新型生理活性物质。并具有不需要低温储藏,易溶于水,无污染,使用更简便等特点。试验表明,绿色植物生长调节剂不仅能提高苗木成活率,提高植物的产量,还能对不良环境的胁迫作出有利于植物正常生长的积极响应,减轻或避免逆境对植物所造成的伤害。应用绿色植物生长调节剂 GGR6 号处理农作物,增产 10% ~ 15%;应用绿色植物生长调节剂 GGR6、GGR7、GGR8、GGR10 号处理园艺和经济植物,可提高成活率在 5% ~ 30%;将 GGR6、GGR7、GGR8 号用于植物扦插育苗、播种育苗、飞机播种和造林可提高成活率 20% ~ 50%。通过 57 个单位在 42 种(品种)植物(其中树木 18 种、园艺植物 16 种、作物 8 种)上应用,GGR 与 47 种常用的植物生长调节物质对比(林木上应用 12 种、作物上 23 种、园艺植物上 16 种)的试验报告(共 70 篇:其中林木对比试验报告 23 篇、农作物 28 篇、园艺植物 19 篇)证明:它的应用效果优于目前应用的植物激素及复合型的植物生长调节剂。经中国农业科学院信息中心查新 1405 条目证明,国内外没有同类产品。随着绿色植物生长调节剂(GGR)系列在农林生产中的应用,必将继化肥、微肥、激素与增产菌之后,为提高苗木成活率与增加农作物的产量开辟了一条新的途径。该产品经中国医学科学院劳动预防科学研究所测定无毒,且使用方便,易于保存,在国内外市场上具有很强的竞争力,也将对保护环境、防治污染、发展绿色食品起到积极地促进作用。

二、GGR 系列对植物的作用机理研究概况

为了研究绿色植物生长调节剂(GGR)系列对植物生长、发育与产量的影响,1994 ~ 1995 年组织中国林业科学研究院、北京大学、中国农业科学院、北京市农林科学院、上海市农业科学院、河北省林学会、浙江林学院、东北农业大学、中国科学院西北高原生物研究所、内蒙古图牧吉草地研究所、黑龙江烟草科研所、山西省林学会、天津市林业局等单位在主要农作物(小麦、水稻、玉米、棉花、大豆、花生)、薯类(马铃薯、甘薯)、果树(苹果、葡萄)、蔬菜(黄瓜、大白菜)、花卉(菊花、仙客来、报春花)、牧草(羊草、紫花苜蓿)、烟草、药用植物(黄芪、板蓝根、人参)上以及林木的油松的播种育苗、飞机播种,雪松、红花檉木扦插育苗、落叶松造林等领域,按照统一的试验设计方案,进行了绿色植物生长调节剂(GGR)系列的应用试验,筛选出绿色植物生长调节剂(GGR)系列在供试植物上应用的最佳型号、用量、处理方法和处理时间。经过两年的重复试验、筛选出绿色植物生长调节剂(GGR)系列用于 25 种供试植物的最佳优化组合。

1996 ~ 1997 年在供试植物上进行最佳优化组合重复试验的同时,组织进行了绿色植物生长调节剂(GGR)系列在供试植物上作用机理的研究,并于 1998 ~ 1999 年进行了重复、补充试验和总结,提出作用机理研究报告 24 篇,由北京大学生命科学学院牵头,提出主报告一篇。

通过 4 年的协作,研究了绿色植物生长调节剂(GGR)系列对供试植物生长发育的影响;测定了从种子萌发、幼苗生长、植株营养生长与生殖生长 83 项形态与生理指标,并对结实及品质 38 个性状指标及其相应的生化指标(如内源激素、酚类化合物、内源多胺、相关酶等)进行了测定。在此基础上,研究了绿色植物生长调节剂(GGR)系列对植物生长发育的作用机理,提出绿色植物生长调节剂(GGR)系列促进植物分化、生长的可能作用模式。研究结果表明:由于绿色植物生长调节剂(GGR)系列不含激素,因此,它与一般的激素及复合型植物生长调节剂对植物生长、发育和器官的形态建成的作用机理是不同的,它作为一种调节因子,一方面通过促进植物体内源激素、酚类化合物与内源多胺的合成,提高相应酶的活性,不仅对植物根的生长、发育与不定根的形态建成有着与激素及复合型植物生长调节剂相类似的功能,而且还可以促进根际微生物的生长,促使它们分泌出更多的促进生长物质进入植物体内;同时还可以调节三磷酸腺嘌呤核苷的含量,促进氢离子通过细胞膜,使胞间酸化,促进细胞分裂,造成植物酸性生长,从而加速植物细胞的分化和生长。此外,绿色植物生长调节剂(GGR)系列还可以调节根细胞膜离子通道,促进根对各种营养元素的吸收和利用。通过以上两个途径的协调作用,不但提高了植物整体代谢作用水平,促进了生物大分子的合成,而且增强了植物的光合作用强度,加快了干物质的积累。试验还证明,绿色植物生长调节剂(GGR)系列可以提高植物的抗旱能力,这可能因为 GGR 系列可以提高抗氧化酶的活性,保护了细胞膜,从而提高了细胞的抗旱能力,绿色植物生长调节剂(GGR)系列通过以上几方面对植物的影响,不但促进植物根系的形态建成,而且提高了植物的代谢水平,促进了植物的生长发育,增强了抗逆性,从而提高了苗木的成活率和质量,增加了农作物、蔬菜、花卉、特种经济植物的产量,品质也得到相应的改善。

以上的研究证明了绿色植物生长调节剂(GGR)系列不但具有与激素及复合型植物生长调节剂类似的功能,而且还具有一些特殊的功能,这些功能加强了绿色植物生长调节剂(GGR)系列对植物生长发育的调控作用。

三、GGR 系列在植物上的应用技术的研究概况

七年来,为了扩大绿色植物生长调节剂(GGR)系列的应用领域与使用范围,开展了统一试验方案指导下的扩大应用植物与范围的研究。从 1995 ~ 2001 年绿色植物生长调节剂(GGR)系列的试验、示范应用植物种(品种)累计达 879 种(品种),超过原计划 711 种(品种)的 23.62%,其中树木 276 种(品种)、果树 58 种(品种)、花卉 62 种(品种)、蔬菜 88 种(品种)、农作物 309 种(品种)、其他(烟草、牧草、油料作物、药用植物等)86 种(品种)。参加试验、示范研究的单位 482 个(其中林业系统 147 个、农业系统 155 个、高等院校和科研单位 82 个、其他单位 98 个);在全国 31 个省(自治区、直辖市)建立试验示范点 8699 个,科技示范户 50016 户,共提出试验研究报告 1584 篇(其中农作物报告 726 篇、蔬菜 166 篇、林木 402 篇、果树 126 篇、花卉及其他经济植物 148 篇、其他 11 篇)。在此基础上提出综合报告 5 篇,出版绿

色植物生长调节剂应用技术论文集4部,共计5224千字。为绿色植物生长调节剂(GGR)系列的大范围、多植物种、多领域的应用与示范推广提供了可靠的配套应用技术,并奠定了可靠的技术基础。

四、GGR系列在植物上的应用技术与效果概述

(一) 绿色植物生长调节剂(GGR)系列在农作物上的应用技术及效果

7年来,组织了329个单位2262名科技人员进行了绿色植物生长调节剂(GGR)在农作物上配套应用技术、作用机理的研究,以及区域化试验和大面积、多作物种(品种)的应用、示范的试验研究,供试作物309种(品种),提出报告726篇,示范应用面积237.0151万 hm^2 。试验示范证明:应用于农作物上的绿色植物生长调节剂GGR6、GGR7、GGR8号三个型号都有效,以GGR6号为最佳,经济作物以7号、8号最好。处理方法为浸种、拌种或喷叶。人工播种采用含量为 $10 \sim 40\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的GGR6号溶液浸种4~8小时,大面积机播采用拌种法,用含量为 $25 \sim 40\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的GGR6号拌种后闷种6~12小时。经济作物花生、大豆以含量为 $15 \sim 30\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的GGR6号浸种3~4小时,播后在开花期和结荚期辅以叶面喷施效果更佳。GGR处理后的主要作用是促进作物根系和地上部分生长发育,增加作物产量,提高产品质量,增强其抗逆性,增产10%左右,投入产出比为1:10~1:30。

(二) 绿色植物生长调节剂(GGR)系列在林业上的应用技术及效果

1. 在播种育苗上的应用

7年来通过在16个省(市)59个试验点267名科技人员对我国北方及南方山区、平原造林的54个主要树种,应用绿色植物生长调节剂(GGR)系列处理后,进行播种育苗,提出报告104篇,试验结果表明用绿色植物生长调节剂GGR6、GGR7、GGR8号 $10 \sim 50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 溶液浸种2~24小时或拌种后闷种1~12小时,如果在苗木生长期再用 $10 \sim 20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 叶面喷施1~2次,效果更佳,不但能提高发芽率5%~50%,提早出苗期2~5天,延长苗木有效生长期。而且能明显地促进苗木生长,提高苗木质量,一级苗增加26%~75%,并能提高产苗率8%~55%,投入产出比为1:20~1:70。

2. 在扦插育苗上的应用

根据在21个省(直辖市、自治区)118个试验点上用绿色植物生长调节剂GGR6、GGR7、GGR8、GGR10号对155种(品种)的树木、果树及观赏植物处理后进行扦插育苗,提出报告189篇,处理方法主要是用GGR溶液浸泡插条,硬枝用以 $100 \sim 150\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR溶液浸条1~12小时,嫩枝则以 $50 \sim 125\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR溶液浸条0.5~2小时为宜。GGR处理后对插条不定根的形成,特别是对难生根植物插条不定根的诱导效果显著;不但能提高扦插生根率,缩短生根时间,提高扦插育苗成活率12.4%~77.40%,还能促进根系与地上部分的生长发育。投入产出比为1:12.4~1:77.4。

3. 在造林与苗木移栽上的应用

在 17 个省(市)57 个试验点,组织 221 名科技人员对 66 种(品种)树木应用绿色植物生长调节剂 GGR6、GGR7、GGR8 号进行造林与苗木移栽试验,提出报告 99 篇,处理方法为浸根、喷根、灌根和速蘸。浸根、喷根以 $20 \sim 50 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR 溶液为宜,浸泡时间为 0.5 ~ 4 小时,灌根则用 $10 \sim 20 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR 溶液处理,也可用 $50 \sim 200 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR 溶液速蘸 20 ~ 30 秒后栽植。试验表明:GGR 不仅能提高造林成活率 2.7% ~ 36%,而且能促进幼树地下与地上部分的生长,提高造林质量,投入产出比为 1:7 ~ 1:11.7;经济树种投入产出比可达 1:74。

4. 在飞播造林上的应用

通过在 4 个省(市)9 个试验点,组织 32 名科技人员应用绿色植物生长调节剂 GGR6 号进行飞播造林处理种子试验,提出报告 10 篇,处理方法为:用 $20 \sim 75 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR6 号溶液拌种后闷种 2 ~ 20 小时,大面积示范则以 $25 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR6 号拌种后闷种 20 小时处理,试验表明:GGR6 号不仅能提高出苗率 10% ~ 21%,而且能促进幼苗根系发育(主根长增加 22% ~ 34%,侧根数增加 8% ~ 23%)和幼苗生长(苗高增加 34% ~ 43%,地径增加 44% ~ 52%)并能提高苗木质量,投入产出比为 1:14 ~ 1:28。

(三) 绿色植物生长调节剂(GGR)系列在园艺和经济作物上的应用技术及效果

1. 在果树上的应用

通过 17 个省(市)66 个单位对 58 个果树种(品种),应用绿色植物生长调节剂 GGR6、GGR7、GGR8、GGR10 号 $15 \sim 40 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 含量的溶液在花期、幼果膨大期进行叶面喷洒,可促进果树生长发育,增强树势,提高坐果率,增加果实体积,提高果品等级,产量增加 13.3% ~ 48.5%,并能增加维生素 C 和氨基酸的含量,提高果品营养价值。投入产出比为 1:20。

2. 在蔬菜上的应用

通过在全国 19 个省(市)57 个单位 88 种(品种)蔬菜上进行了绿色植物生长调节剂(GGR)系列的应用试验,提出报告 166 篇,试验证明,用 GGR6、GGR7 号含量为 $15 \sim 20 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的溶液或用 $20 \sim 30 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR8 号溶液浸种或拌种 1 ~ 2 小时,或在幼苗生长期进行叶面喷洒(GGR 溶液的浓度为 $10 \sim 20 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),具有明显的促进蔬菜生长和提高产量的效果,最佳处理方法是浸种加喷叶。平均增产 15% ~ 30%,投入产出比为 1:40。

3. 在花卉上的应用

组织全国 7 个省(市)在 62 个主要花卉种(品种)上应用绿色植物生长调节剂(GGR)系列进行浸种、浸条、浸根、喷洒以及组织培养等方面试验研究,提出试验报告 52 篇,试验表明,应用 GGR 系列浸种可提高种子发芽率和发芽势 20% 和 6.4%,促进幼苗生长。以 GGR6、GGR7 号含量为 $20 \sim 30 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的溶液处理效果最好,浸种时间为 1 ~ 24 小时。扦插浸条(嫩枝)以含量为 $30 \sim 60 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 GGR 溶液为宜,移栽浸根则用含量为 $15 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GGR 溶液浸泡 25 ~ 30 分钟。GGR 处理后的植株根系发达,花朵大而多、色泽鲜艳、抗病能力增加。

4. 在牧草上的应用

组织全国 9 个省、56 个点,在 29 种(品种)牧草上应用绿色植物生长调节剂进行试验,试

验证明用含量为 $10 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 GGR6、GGR8 号溶液浸种加喷洒效果最好,可增加牧草产量,增产率为 $17\% \sim 24\%$,并能改善牧草品质,增加牧草中氮、磷、粗蛋白、粗脂肪等营养成分,减少粗纤维含量,提高适口性。

5. 在特种经济植物上的应用

组织 3 个烟草生产重点省 5 个点、3 个品种试验,结果表明以含量为 $10 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 GGR10 号溶液在移栽时浸根,栽后 10 天再喷洒效果最佳,可促进烟草生长,增强烟株抗逆能力,提高烟叶产量和质量,增产 27.8% ,上等烟比例增加 13.5% ,投入产出比 $1:60$ 以上。此外,在甜菜、油菜等植物上应用也取得良好效果。

6. 在药用植物上的应用

组织 11 个省(区)15 个单位在 40 种药用植物上进行试验,效果均很明显。以含量为 $10 \sim 25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 GGR6 号或 GGR7 号溶液浸种 $12 \sim 24$ 小时或在生长期进行喷洒。可促进生长发育,提高产量和质量,增产率在 $15\% \sim 30\%$,投入产出比 $1:47 \sim 1:122$ 。

因此,绿色植物生长调节剂(GGR)系列不仅无公害,易溶于水,不需低温储藏,而且在树木、农作物、果树、蔬菜、花卉、特种经济作物、药用植物上应用简便易行,并有着显著的增产效益。

五、GGR 系列应用推广范围、效益及培训协作

7 年来,绿色植物生长调节剂(GGR)系列示范应用覆盖面已遍及全国 31 个省(自治区、直辖市),占全国 34 个省(自治区、直辖市)的 91.2% ,示范应用县、市覆盖面已达 1322 个县(市)、超过计划任务(1000 个县市)的 32.2% 。农林业示范总面积 353.7118 万 hm^2 (其中农业示范面积为 237.0151 万 hm^2 ,林业示范面积 116.6967 万 hm^2),育苗 153573.5875 万株。根据 847 份开具财务公章的效益证明,经济效益达 324051.6905 万元,超过原计划(10 亿元)2.95 倍。

与此同时,在全国 31 个省(自治区、直辖市)建立起全国性的 668 万人的社会化服务体系,开展了人员培训与选拔,技术普及与咨询,学术交流与合作,7 年来,ABT 研究开发中心召开绿色植物生长调节剂(GGR)全国协作会议 7 次,各级协作组织交流 1138 次,制订方案 2862 份,发文 20283 件,召开各种协作会议 1874 次,开办培训班 7501 次,培训人数 668.1455 万人(其中推广管理人员 4909 名,专业技术骨干 29775 名,专业技术人员 27922 名,农民技术骨干 122551 名);有 3532 人次受到原国家科委与林业部的表彰;有 1352 人次获优秀论文奖(其中一等奖 298 人,二等奖 785 人);各分中心提出总结报告 1364 份,研究报告 1584 份,典型经验总结 916 份;录制录像节目 216 次,总时间 3310 分钟,录音带 181 盒 3551 分钟,拍摄照片 9472 张。为了传播绿色植物生长调节剂(GGR)系列的应用技术,利用电台、电视台报道 1169 次,报刊登载 550 次,放录像 3249 次,咨询 332215 次,印刷刊物 80.6035 万份。以上的工作不仅取得了良好的经济效益,也提高了人才的科技素质与推动了科技的普及与进步。

六、GGR 系列在国外的应用情况

为了将绿色植物生长调节剂(GGR)系列推向世界,我们举办了4届国际合作会议,与埃及农业部签订了合作协议。并在亚洲的尼泊尔、孟加拉、印度尼西亚、越南、韩国、朝鲜、泰国、马来西亚、斯里兰卡、巴基斯坦、阿联酋;非洲的埃及、加纳、科特迪瓦;美洲的美国;欧洲的英国、罗马尼亚共17个国家进行了试验示范,外国专家共提交了10篇报告和论文,并建立起了GGR国际合作网络。

外国专家应用绿色植物生长调节剂(GGR)系列亦取得了良好的效果:孟加拉农业研究所的M. A. 萨拉姆博士在水稻分蘖盛期用含量为 $20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的GGR7号溶液进行喷洒处理,比对照增产43.8%。用含量为 $20 \sim 30\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的GGR6、GGR7、GGR8号溶液浸泡黄麻种子12小时,可增加根的长度、根的生物量、麻皮厚度、麻秆和纤维产量,GGR7、GGR8号可增产20%~28%,GGR6号增产6.8%。印度尼西亚粮食作物中心研究所用含量为 $30\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的GGR8号溶液处理水稻种子,浸种8小时播种,水稻生长率、叶面积、分蘖数和产量最佳。用含量为 $20\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的GGR8号溶液在水稻播种后两周开始在生长期内喷7次,水稻的生长率、叶面积、叶绿素含量、分蘖数、颗粒数以及产量最佳。越南国立大学吴元武教授用GGR6、GGR7、GGR8号处理水稻、玉米种子,对发芽率、光合作用、相应酶的活性和生物量做了测定,试验表明,GGR系列不仅能提高作物种子发芽率12.8%~22.9%,而且增加了酶的活性和加强了光合作用。水稻增产27.9%,玉米增产19.6%。

在埃及通过与农业部4年在林木与农作物上应用GGR系列的合作取得了良好的效果,仅棉花、水稻、玉米应用示范面积就达 3196.3hm^2 ,2002年将大面积推广应用。并将由埃及推广到叙利亚和沙特阿拉伯等国家。

外国专家的试验示范报告证明了绿色植物生长调节剂(GGR)系列的应用效果不仅在国内,而且在国际上也得到了肯定。

第一篇 绿色植物生长调节剂的作用机理研究

为了研究应用 GGR 处理植物的作用的机理,从 1994 ~ 1999 年 7 年间,由中国林科院、中国农科院、北京大学、北京农林科学院、上海农科院、浙江林业大学、东北农业大学等 15 个单位进行了 GGR 对农作物和林木作用机理研究。我们使用放射性同位素示踪,膜片、ICP 光谱、微量量热、高效液相色谱等先进、可靠的技术和方法,先后在 309 个农作物品种、276 个林木品种、294 个园艺和经济作物中,对 GGR 的作用机理进行了 6 年系统、规范地研究,提出了 GGR 是通过多种途径促进植物生长发育、增加产量和提高品质的作用机理。

根据实验结果和分析,我们认为 GGR 是作为植物生长因果网络中的一种调节因子,调节代谢网络的若干关键部位,它通过调节根细胞膜离子通道,促进根对各种必需的营养元素吸收;使内源激素含量发生均衡变化,促进了植物生长;还可通过促进根际微生物生长,使其分泌出更多促生长物质进入植物体;使植物细胞间酸性物质增加,从而促进植物酸性生长;GGR 可诱导某些代谢关键酶和生物大分子合成,使包括光合作用在内的新陈代谢保持高水平上;GGR 还可诱导次生物质合成,如酚类化合物、多胺等少量增加有促进植物生长和抗病害的功效;GGR 可促进抗氧化酶类活性提高,从而增强植物抵御干旱等逆境能力。

一、GGR 作用机理研究的植物种类与试验设计

(一) 供试植物的种类

为探索绿色植物生长调节剂(GGR)在农林业生产上的应用,试验应用的植物品种达 879 个。除进行 GGR 应用技术优化组合筛选、区域化试验和扩大应用示范外,对重点植物种还系统地进行了 GGR 作用机理的研究。作用机理研究的种类达 20 多种,其中农作物有小麦、玉米、水稻、棉花、花生、大豆、油菜、马铃薯、甘薯;林木有油松、华北落叶松、雪松、红花檫木;果树有苹果、葡萄;蔬菜有黄瓜、大白菜;牧草有紫花苜蓿、羊草;经济与药用植物有烟草、甜菜、黄芪、板蓝根等。

(二) 试验方案设计

从 1994 年开始无论是在农业上还是在林业上,GGR 研究、试验均统一采用了改进型正交设计方案,从 3 个因子(型号、含量和时间)、7 个水平,共 28 个(包括 7 个对照)组合中,筛选出

最佳组合。1995 年继续进行最佳组合筛选试验,采用随机区组设计和最佳组合与对照对比试验设计,并进行了生理生化作用机理研究。1996 ~ 1997 年除了继续进行作用机理研究之外,还进行了区域化试验和扩大应用示范面积。1998 ~ 1999 年,除了继续进行试验和完善作用机理研究外,并进行较大范围的应用示范。

(三) 试验处理组合

具体如表 1-1 所示。

表 1-1 GGR 处理各试验植物种优化组合

植物种	处理方法	剂 型	含量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
冬小麦	浸种 8 ~ 12h	GGR6 号	25
春小麦	浸种 8 ~ 12h	GGR6 号	20
玉 米	浸种 8h	GGR6 号	40
水 稻	浸种 3 ~ 4h	GGR6 号	25
花 生	浸种 4h 加喷叶	GGR6、GGR8 号	20
大 豆	拌种后闷种 24h	GGR8 号	15
油 菜	拌种后闷种 1h	GGR6 号	20
棉 花	浸种 8h	GGR7 号	20
马铃薯	浸种 1h	GGR8 号	10 ~ 20
油 松	浸种 2h	GGR6 号	20
雪 松	浸插穗 1h	GGR6 号	100
红花檉木	浸插穗 1h	GGR10 号	25
苹 果	喷叶(清晨或傍晚)	GGR6 号	25 ~ 40
黄 瓜	浸种 1h 加喷叶	GGR6 号	10 ~ 30
苜 蓿	浸种 8h	GGR6 号	15
烟 草	浸种 1h	GGR10 号	10 ~ 15
甜 菜	浸种 2h	GGR7 号	15
黄 芪	浸种 24h	GGR7 号	15
板蓝根	浸种 12h	GGR7 号	15

(四) 测定的指标与方法

各研究机构或小组所测定的机理指标主要是集中在形态指标、生理、生化指标以及产量和品质指标 4 个方面。

在生理、生化指标测定中都使用合适的测定方法和先进精密仪器,以力求把人为误差降到最低,使所测的数据可信、可靠。如表 1-2 所示。

表 1-2 主要生理、生化指标测定的方法

项 目	测定方法或仪器
根系对 P、N 吸收	^{32}P 、 ^{15}N 同位素示踪
光合作用速率	^{14}C 同位素示踪和红外 CO_2 分析仪
K^+ 通道	膜片钳技术
微量元素吸收	ICP 光谱(高频等离子光谱)
GGR 作用持续时间	微量量热仪
内源促生长物质	高效液相色谱和酶标法
氨基酸分析氨	氨基酸自动分析仪
呼吸强度	草酸滴定法
α -淀粉酶活性	淀粉-碘试剂法
硝酸还原酶活性、脲酶活性	比色法
吲哚乙酸氧化酶活性	
叶片蒸腾速率及气孔扩散阻力	LI-6000 光合作用分析仪
根系活力测定	α -萘胺氧化法
叶片全氮含量	凯氏定氮法
叶片全磷含量	铜蓝法
过氧化氢酶活性	紫外吸收法
过氧化物酶活性	愈创木酚法
超氧化物歧化酶活性	氮蓝四唑法
叶片叶绿素含量	分光光度法
营养成分	常规分析法

二、在农作物上的作用机理研究指标与效应

GGR 在农作物上的作用机理研究以及与之相关的应用技术的试验,有 31 个省(自治区、直辖市)329 个单位参加。7 年来总共发表了论文 726 篇,其中小麦、水稻、玉米、花生、大豆、棉花六大作物 590 篇。所测定的与作用机理相关的形态、生理、生化指标共 122 项。

(一) 测定的指标

1. 形态指标 包括植物形态、与生育性状、产量因子和品质因子近 83 项。

(1) 根系 包括胚根长、胚根数、根的长度、根总长度、根条数、侧根数、根层数、根鲜重、根干重、根芽鲜重、根芽干重、根体积等。

(2) 地上部形态和生育性状 包括株高、新梢长、地径、茎粗、根冠比、分枝期、分枝数、分蘖数、单株叶数、可见叶片数、主茎复叶数、单株复叶数、叶长、叶宽、叶面积、百叶重、叶面积系数、茎叶干重、中长果枝、单株重、茎叶生长量、单株干物质质量、单株干鲜比等。

(3) 产量因子 有效穗、成穗率、双穗率、穗长、穗粒数、粒重、百粒重、穗粒数、千粒重、单株产量、单株结果(薯)数、棉花果枝、果节数、单株铃数、单铃重、籽棉产量、皮棉产量、花生基本株、单株总分枝、单株有效分枝、单株饱果数、单株秕果数、株产、百果重、百仁重、坐果率、单果(薯)重、果实横径、增产率、商品率、大小果指数等。

(4) 品质因子 包括(粗)脂肪含量、(粗)蛋白含量、氨基酸含量、棉花纤维主体长度、细度、强力、断裂长度、水果着色度、含糖量、滴定酸、维生素 C 含量、粗纤维、无氮浸出物、灰分、Ca、P 等。

2. 生理指标

所测定的生理指标包括根系活力、根系吸收面积、总吸收面积、有效吸收面积、伤流量、对 N 和 P 的吸收、呼吸强度、叶绿素含量、光合速率、N 和 P 积累与向地上部分转移;抗逆性中测定了组织含水量、出苗率、发芽率、蒸腾速率、气孔扩散阻力、细胞水势、电介质外渗量、游离脯氨酸、凋萎接近死亡时的叶龄等 20 项指标。

3. 生化指标

生化指标包括内源激素:Z、GA₃、IAA、ABA;内源多胺:腐胺、亚精胺、精胺;内源酚类物质;酶的活性:硝酸还原酶(NR)、过氧化物酶(POD)、 α -淀粉酶、超氧化物歧化酶(SOD)、脲酶、吲哚乙酸氧化酶、根系脱氢酶;可溶性糖等 16 项。

(二) 作用机理效应

从各研究小组测定的指标来看,首先是根系分化、发育良好,这可能是与细胞内促生长的内源生长物质得到 GGR 调控密切相关,使内源促进生长的物质发生了均衡的变化。尤其是某些指标的变化对提高植物整体代谢水平起到至关重要作用,如 Z、GA₃、IAA 上升,以及内源多胺、酚类物质少量增加,可以有效地促进根系分化、发育。其次,根系发达必然有利于对 N、P、K 等营养元素的吸收。再次,营养元素和水分吸收量的增加是提高光合作用强度的基础之一。光合作用强度增强和植物体代谢水平提高,还与多种酶活性提高和生物大分子合成有关,而且它们产生的直接后果是植物的干物质积累增加,并直接为农作物产量的提高奠定了基础。农作物品质提高与矿物元素吸收增加以及氨基酸、蛋白质、纤维素等生物大分子合成量变化有关。此外,农作物由于某些抗氧化酶活性提高以及酚类化合物少量增加,提高了植物抗逆性,从而使植物在尚可忍受的逆境中还能继续正常生长。

三、在林业上的作用机理研究指标与效应

GGR 在林业上作用机理研究与之相关的应用技术的试验共发表论文 402 篇,应用植物