

植物生长调节剂在农作物上的利用研究

许耀照^{1,2},孙柏林¹,曾秀存¹

(1. 河西学院 农业与生物技术学院 甘肃省河西走廊特色资源利用重点实验室,甘肃 张掖 734000;
2. 甘肃农业大学 农学院 甘肃省油菜工程技术研究中心,甘肃 兰州 730070)

摘 要:植物生长调节剂是一类与植物内源激素具有相似生理效应的人工合成的化学物质,现已广泛应用于农业生产中,它能有效调控作物的生长状况,提高产量和改善品质。文章就植物生长调节剂在农作物生长发育、酶活性、渗透调节物质、膜系统、光合作用、产量和品质应用等方面进行叙述,并提出其在农作物上的研究方向,以期对农作物栽培技术的发展提供理论依据。

关键词:植物生长调节剂;农作物;利用

近年来,随着农业科学技术的迅速发展,运用植物生长调节剂调控作物生长发育和提高产量已成为农业生产中不可缺少的措施。农作物正常生长发育除需要适宜的温度、光照、水分和气体等环境条件外,还受到一些生理活性物质的调控,这些调控生理活性物质统称为植物生长调节剂(plant growth regulator)。植物生长调节剂是人工模拟植物激素的分子结构,人工合成并筛选出的分子结构和生理效应与植物激素类似的一类化合物,如吲哚丁酸(IBA)、 α -萘乙酸(α -NAA)、吲哚乙酸(IAA)、绿色植物生长调节剂(GGR)和生根粉(ABT)等^[1],也称外源激素。植物生长调节剂的合成与应用是近代农业发展的重大进展之一。植物生长调节剂能调控农作物的各种生理机能,控制农作物的生长发育,根据其发挥的生理功能将其分为三大类,即植物生长促进剂,主要包括生长素类、赤霉素类、细胞分裂素类、乙烯类和油菜素甾醇类等;植物生长抑制剂,主要是脱落酸(ABA)和植物生长延缓剂,主要包括矮壮素(CCC)、多效唑(PP₃₃₃)、丁酰肼(B₉)、烯效唑(S₃₃₀₇)、缩节胺(Pix)和吡啶醇等。植物生长调节剂对农作物具有多种生理效应和增产作用,它的重要性 and 化肥、杀虫剂、杀菌剂和除草剂一样成为农业生产中不可缺少的增产措施之一。

全面掌握植物生长调节剂在农作物上的应用技术,不但可揭示植物生长调节剂的作用机理,而且可以指导农业生产,提高农作物的产量和改善品质。笔者阐述了常用的植物生长调节剂在农作

物上的应用成果,以期对植物生长调节剂在农作物中的应用提供技术参考。

1 植物生长调节剂调控作物的生长发育

植物生长调节剂是一类控制植物生长发育的重要化合物,涉及到从植物种的萌发、生长到开花结果以及衰老的各个阶段。它对植物不同时期的生长发育有促进和抑制作用。曾维爱等^[2]发现植物生长调节剂能调控苧麻植株高度、纤维产量、品质和茎秆硬度等,当赤霉素(GA₃)为 14.29 mg·kg⁻¹,S₃₃₀₇为 20.00 mg·kg⁻¹,抑芽敏为 357.00 mg·kg⁻¹喷施时,苧麻抗倒指数达最大值为 103.23 g·mm⁻¹。对金针菇菌丝体和子实体研究表明,1.0 μ L·L⁻¹三十烷醇和 5 μ L·L⁻¹ α -NAA 对金针菇菌丝体和子实体生长有明显促进作用^[3]。GA₃被广泛认为是一种生长促进物质,它调节着多种植物生理活动,包括种子萌发、茎生长、叶扩大,花粉管生长、花发育等^[4]。张景学^[5]对粮食、经济和蔬菜作物的一些品种进行 GA₃应用效果的试验,发现 GA₃对促进种子萌发和解除休眠有明显作用,促进茎叶生长和增加株高,能促进作物抽穗、灌浆和成熟的效果。乙烯利(ETH)是一种化学合成的植物生长调节剂,能促进棉铃早熟和增加霜前花数^[6~7]。花生三叶期用 100 μ L·L⁻¹和盛花期用 150 μ L·L⁻¹的 PP₃₃₃能增强花生根系活力,控制株高和侧枝伸长生长,增加花生侧枝数,促进花生果实生长发育,提高单株结果

收稿日期:2016-12-15 修回日期:2017-03-09

基金项目:国家自然科学基金项目(31560397, 31660401);甘肃省自然科学基金项目(1506RJZG051);甘肃省科技支撑计划类项目一农业类(1304NKCG137)。

第一作者简介:许耀照(1975—),男,甘肃榆中人,在读博士,副教授,主要从事作物栽培与生理的研究。

数,提高产量和品质^[8]。也有研究认为,利用植物生长调节剂,可以使植株在营养生长阶段积累的营养物质主要用于加粗主茎,分化腋芽为莲座状叶丛,使植株由生殖生长退回到营养生长或不经历生殖生长,从而形成生育逆转。如反季节大白菜用青鲜素(马来酰肼)100~200 倍液喷洒 2 次,可有效抑制大白菜未熟抽薹^[9,10]。

2 植物生长调节剂调控作物的酶活性

植物生长调节剂,通过控制植物体内酶的产生或活动,对植物生长发育的各个方面起调节作用。超氧化物歧化酶(SOD),过氧化氢酶(CAT)等抗氧化酶是生物体内普遍存在的一种活性氧清除剂,它能清除对生物体有毒害作用的氧自由基,防止膜脂过氧化,保护细胞膜的稳定性,减少对细胞膜的伤害。研究 6-苄基氨基嘌呤(6-BA)、GA₃ 和吲哚丁酸(IBA)对香水百合的抗氧化酶活性的影响时表明,以 150 mg · L⁻¹ GA₃ + 40 mg · L⁻¹ IBA + 60 mg · L⁻¹ 6-BA 的复配剂可增强香水百合 SOD 和 CAT 的酶活性,提高自身清除 O₂⁻ 的能力,增强抗逆性^[11]。对盆栽干旱胁迫下玉米幼苗生长的影响研究时,喷施 1 000 倍液黄腐酸盐(MFA)可增加玉米幼苗的过氧化物酶(POD)活性,加强植株代谢,增强抗旱性^[12]。对花生不同密度群体施用 1 mg · L⁻¹ 三十烷醇和 1 000 mg · L⁻¹ 丁酰肼均提高了花生叶片硝酸还原酶活性(NR)和根瘤固氮酶活性,且两种调节剂具有累加效应,丁酰肼则提高了主茎茎尖过氧化物酶活性,这两种植物生长调节剂能改善花生植株的氮素代谢^[13]。

3 植物生长调节剂调控作物的渗透调节物质

渗透调节是指植物在水分胁迫下提高细胞液浓度,降低渗透势而表现出的调节作用。可溶性糖、可溶性蛋白质和游离脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质,有利于植物对逆境胁迫的抵抗。大量研究表明,积累脯氨酸稳定蛋白质,能维持细胞正常代谢;细胞内积累可溶性糖可降低细胞的渗透势以维持细胞膨压,防止细胞被动脱水;可溶性蛋白的变化可以反映细胞内蛋白质合成、变性和降解等信息^[14~16]。赵锐等^[17]研究表明,ETH 极大地影响了罂粟渗透调节物质的含量,通过调节游离氨基酸与可溶性蛋白质的含量比值,达到动态平衡,有利于罂粟抵抗逆境。S₃₃₀₇ 是一种新

型植物生长调节剂,30 mg · L⁻¹ 的 S₃₃₀₇ 处理冬小麦种子后,麦苗叶片中可溶性糖增幅为 2.1%~100.5%,可溶性蛋白增幅为 9.05%~36.7%^[18]。由 0.011 mg · L⁻¹ 冠菌素(COR)、5.15 mg · L⁻¹ 脱落酸(ABA)和 565 mg · L⁻¹ 矿源黄腐酸(MFA) 3 种复配的植物生长调节剂可提高甜椒体内渗透调节物质 K⁺ 和脯氨酸(Pro)含量来保持细胞的渗透调节功能,保证甜椒体内物质的吸收与转运,维持正常的代谢功能,从而提高甜椒品种的抗寒性^[19]。

4 植物生长调节剂调控作物的膜系统

电导率是反映细胞质膜受伤害程度的重要指标,电解质外渗率降低,提高了植物膜的稳定性,增强抗逆性,保证细胞正常生理活动与功能^[20]。由 COR、ABA 和 MFA₃ 种复配成的植物生长调节剂可有效降低不同品种甜椒在低温逆境下的质膜伤害,有的相对电导率降低 18.6%,维持细胞选择透性^[19]。用 30 mg · L⁻¹ S₃₃₀₇ 浸种保护麦苗叶片膜透性的稳定,当 S₃₃₀₇ 浓度高于 30 mg · L⁻¹ 时电解质外渗率增加,膜透性加大,表明对膜有损伤作用^[18]。

5 植物生长调节剂调控作物的光合作用

PP₃₃₃ 是常用的植物生长调节剂,可用于植株矮化,提高抗性等。叶绿素含量高低影响植物光合作用的强弱,而叶绿素动态变化可显示叶片功能及衰老程度。PP₃₃₃ 对小麦叶绿素含量的效果因喷施时期、次数和浓度而不同^[21]。鲁坤存等^[22]对烟苗研究发现,喷施 150 · mg⁻¹ PP₃₃₃ 和 200 mg · kg⁻¹ 缩节胺均能极显著地提高烟苗根系活力,增加烟苗叶绿素含量。经 S₃₃₀₇ 浸种冬小麦种子,能增加麦苗叶片叶绿素含量,增强光合作用,为高产奠定基础^[18]。已有研究表明 25~125 mg · L⁻¹ 浓度范围内的 PP₃₃₃ 有利于大丽花叶色浓绿,光合效率增强,抗逆性提高,膜脂过氧化作用减弱^[23]。这与 PP₃₃₃ 在菊花^[24] 和杜鹃^[25] 上的研究结果相一致。用 ETH、PP₃₃₃ 浸种和喷施木薯植株,可以促进木薯叶片叶绿素合成,改善叶片的光合机能,提高光合强度和光合效率^[26]。

6 植物生长调节剂调控作物的产量

植物生长调节剂在农作物中使用具有一定增产效果。在大豆不同生长期喷施 100 和 200

mg · kg⁻¹ 三碘苯甲酸(TIBA)、0.08 % 硝酸稀土(RE)和 12 g · hm⁻² 2-N,N-二乙氨基乙基乙酸酯(DAT-6)三种调节剂均能显著增加大豆产量,喷施 RE 和 DAT-6 的增产幅度较大^[27]。对小麦叶面喷施几种植物生长调节剂发现,NBT、6-BA 和 PP₃₃₃ 明显地提高小麦的分蘖能力,提高冬前分蘖在成穗数中的比例,GA₃ 处理后对小麦冬前分蘖影响不大,却能抑制冬小麦春季蘖与主茎之间差别,无论冬前还是春季,三碘苯甲酸处理明显抑制小麦的分蘖^[28];PP₃₃₃ 可使植株茎秆粗壮,缩短节间,降低植株高度,增加节数,防止倒伏,提高产量^[29,30]。缩节胺是一种高效无毒的植物生长延缓剂,它具有提高同化能力,促进成熟,增加产量的作用^[31~33]。ETH、缩节胺和 PP₃₃₃ 等生长调节剂对籽瓜生长发育及产量的影响表明,200 mg · L⁻¹ ETH 在降低雌花节位,提高雌雄比及产量的作用尤为明显^[34]。PP₃₃₃ 对小麦的效果迄今无一致的结果。有的报道说,PP₃₃₃ 增加了小麦单位面积穗数、穗粒数及粒重,有良好增产效果^[35~36],但有的研究认为,PP₃₃₃ 虽增加了小麦穗数和穗粒数,但降低了粒重,产量并未显著增加^[37],这些不同结果与其施用条件如浓度、时期、作物品种和水肥条件等有关。

7 植物生长调节剂调控作物的品质

植物生长调节剂是改善蔬菜外观品质的有效途径之一。在马铃薯、洋葱和大蒜收获前 2~3 周,用 2 000~3 000 μL · L⁻¹ 青鲜素溶液喷洒叶面,可延缓贮藏期间发芽与生根,减少养分消耗,避免因长途运输或贮藏期间变质而造成损失^[38]。施药量 100 mg · L⁻¹ PP₃₃₃ 能使番茄果实成熟期提早 3 d,PP₃₃₃ 处理能提高番茄果实的维生素 C 和番茄红素含量 30%~60%^[39]。DAT-6 是由美国科学家于 20 世纪 90 年代发现的一种活性高、低毒害、无污染,可与其它农化物质兼容的新型植物生长调节剂,低浓度处理可促进碳水化合物代谢和物质积累,提高作物产量,并能改善作物品质。张春娟等^[40] 研究表明 SOD 模拟物(SODM)、DAT-6 和 S₃₃₀₇ 处理的马铃薯可降低马铃薯块茎还原糖含量,SOD 模拟物处理提高了马铃薯块茎中淀粉、可溶性蛋白、蔗糖含量,S₃₃₀₇ 处理提高了可溶性蛋白含量。叶面喷施 80 mg · L⁻¹ S₃₃₀₇ 可明显增加马铃薯块茎中淀粉含量、叶面喷施 40 mg · L⁻¹ 和 80 mg · L⁻¹ S₃₃₀₇ 可明显增加马铃薯块茎中 Vc 含量和可溶性糖含量,而降低可溶性蛋白质含量^[41]。S₃₃₀₇ (50 mg · kg⁻¹) 和

SOD 模拟物(100 mg · kg⁻¹) 处理显著提高了淀粉含量和维生素 C 含量,显著降低了还原糖含量;DAT-6 (100 mg · kg⁻¹) 和 SOD 模拟物(100 mg · kg⁻¹) 显著提高了酚类物质含量,S₃₃₀₇ (50 mg · kg⁻¹) 显著降低了酚类物质含量;各处理对蛋白质含量影响不大^[42]。S₃₃₀₇ 和 DAT-6 处理提高了大豆籽粒蛋白和脂肪含量,而三碘苯甲酸则使大豆籽粒脂肪含量降低^[43]。

8 植物生长调节剂的发展趋势

植物生长调节剂已广泛应用在调控农作物生长发育、酶活性、渗透调节物质、膜系统、光合作用、产量和品质应用等方面已取得了许多研究成果,但是研究侧重在作物生长的特定阶段,植物生长调节剂对作物整个生长周期缺乏深入研究。因此,今后应加强植物生长调节剂对作物全生育期的影响,与作物内源激素互作、杀菌剂混用、肥料及微量元素混用的效应,自然源植物生长调节剂开发利用等方面的研究。植物生长调节剂的开发应用是发展高产优质高效农业的一项重要措施,开发应用前景广阔。

参 考 文 献:

- [1] 潘瑞炽. 植物生理学(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 曾维爱,谭济才,崔国贤,等. 植物生长调节剂对苕麻茎秆抗倒伏性的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(12): 2 577-2 581.
- [3] 刘胜贵. 植物生长调节剂对金针菇生长发育的影响[J]. 怀化师专学报, 1998, 17(02): 44-46.
- [4] Razerm F A, Baron K, Hill R D. Turning on gibberellin and abscisic acid signaling [J]. Current Opinion in Plant Biology, 2006, (09): 454- 459.
- [5] 张学景. 赤霉素在农业生产上应用效果的研究[J]. 松辽学刊(自然科学版), 1989, (01): 10-16.
- [6] 李丕明,韩碧文,奚惠达,等. 棉花应用乙烯利催熟技术及其原理[J]. 中国农业科学, 1981, (03): 47-53.
- [7] 沈岳清,方炳初,盛敏智. 乙烯利对棉叶光合能力和物质运输等方面的影响[J]. 植物学报, 1980, 22(02): 136-146.
- [8] 李保同,汤丽梅. 多效唑在花生上的应用效果[J]. 农药, 1995, 34(11): 42.
- [9] 李彩凤. 植物生长调节物质对甜菜(Beta Vulgaris L.)抽苔调控及其机理的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2003, 13
- [10] 徐立民, 郝昭, 黄建华, 等. 反季节栽培大白菜未熟抽苔的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2001 (03):

- 9-11
- [11] 赵莉,潘远智,朱峤,等. 6-BA、GA₃ 和 IBA 对香水百合叶绿素含量及抗氧化酶活性的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(05):248-256.
- [12] 王敏,张从宇,马同富,等. 植物生长调节剂对干旱胁迫下玉米幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2003, 31 (05): 727-728.
- [13] 聂呈荣,凌菱生. 花生不同密度群体施用植物生长调节剂对生长发育和氮素代谢的影响[J]. 中国油料作物学报, 1998,20(04):47-51.
- [14] 王忠. 植物生理学[M]. 中国农业出版社, 北京, 2000. 434-436.
- [15] Singh T. N., Aspinall D., Paleg L. G., Proline accumulation and varietal adapt ability to drought in barley: A Po-tential metabolic measure of drought resistance[J]. Nature; New Biol., 1972, 236(67): 188-190
- [16] Couée I., Sulmon C., Gouesbet G., Amrani A., Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants [J]. Exp. Bot., 2006,57(03): 449-459.
- [17] 赵锐,郭平毅,原向阳,等. 乙烯利处理下罂粟有机渗透调节物质的变化[J]. 基因组学与应用生物学, 2011, 30 (01): 47-50.
- [18] 李玥莹,陈贵,陈凤玉. S3307 调节剂对冬小麦幼苗某些生理特性的影响[J]. 麦类作物, 1999, (19) 1:52-53.
- [19] 徐福乐,罗立津,高灿红. 植物生长调节剂对甜椒的抗寒性诱导效应研究[J]. 农药学报 2011,13 (01): 33-39.
- [20] 宋纯鹏,王学路,译. Taiz I, Zeiger E. (植物生理学) [M]. 北京,科学出版社, 2009: 384-550.
- [21] 吕双庆,李生秀. 多效唑对旱地小麦一些生理、生育特性及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005,11(01):92-98.
- [22] 鲁坤存,李爱华,顾合洪. 植物生长调节剂对烟苗生长发育及生理特性的影响[J]. 烟草科技, 2004, (11):36-39
- [23] 甄红丽,苑兆和,冯立娟,等. 多效唑对大丽花生理特性的影响[J]. 中国农学通报, 2012,28(01):153-157.
- [24] 周志凯,任旭琴. B-9 和 CCC 对菊花生长、开花及生理特性的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (27): 11 648 -11 649.
- [25] 王芳,肖建忠,李志斌,等. PP333 对高山杜鹃叶片生理活性的影响[J]. 河北农业大学学报, 2010, 33 (01):50-53.
- [26] 罗兴录. 不同植物生长调节剂对木薯生长发育和淀粉积累影响的研究[J]. 中国农学通报, 2002, 18 (03): 30-33
- [27] 王学东,刘岩,于洋,等. 调节剂对大豆生理特性及籽粒发育的影响[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44 (04): 14-19.
- [28] 朱凤荣,邱宗波. 植物生长调节剂对小麦产量及产量构成的影响[J]. 平原大学学报, 2003, 20 (03): 61-62.
- [29] 高惠兰,许家访. 多效唑在甜瓜上的应用效果[J]. 福建农业科技, 1996, (04):42.
- [30] 刘建华,杨宇红. 多效唑调控辣椒幼苗试验[J]. 长江蔬菜, 1997, (10):13-14.
- [31] 毛秀杰,张广臣,刘彦斌,等. 缩节胺(Pix)对番茄产量和幼苗生长的影响[J]. 吉林农业大学学报, 1999, 21 (01): 43-46.
- [32] 刘建勇. 缩节胺对日光温室越冬茬番茄幼苗生育及产量的影响[J]. 吉林蔬菜, 1997, (02), 3-4.
- [33] 肖运诚. 缩节胺对秋莴苣生长的影响[J]. 长江蔬菜, 1993, (04):20-21.
- [34]. 崔辉梅,辛建华,马兵钢,等. 几种植物生长调节剂对籽瓜生长发育及产量的影响[J]. 陕西农业科学, 2002, (05):14-18.
- [35] Aufhammer W. Fedrolf K G. Effects of seed treatments with plant growth regulators on development and yield of winter hard wheat (Triticum durum)[J]. Bodenkultur, 1992, 43(02):99-108.
- [36] 李春喜,尚玉磊,姜丽娜,等. 不同植物生长调节剂对小麦衰老及产量构成的调节效应[J]. 西北植物学报, 2001, 21(05):931-936.
- [37] 王纪华,赵春江,王北洪,等. 拔节后期施用植物生长物质对小麦倒伏及穗花发育的影响[J]. 北京农业科学, 2000, 18(02):7-10.
- [38] 邹琳娜,王兴银. 植物生长调节剂在设施园艺生产上的应用现状(一)[J]. 农村实用工程技术(温室园艺), 2005, (01):32-34
- [39] 邹艳虹,黎其万,林涛,等. 多效唑在番茄的残留动态和对其品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2016, 38(01): 124-127.
- [40] 张春娟,冯乃杰,郑殿峰. 叶面喷施植物生长调节剂对马铃薯产量及品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2009, (14): 43-48.
- [41] 杨伟力,刘涛,胡涛,等. 烯效唑对马铃薯块茎品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2006, (03): 49-50.
- [42] 宫占元,郑殿峰,马光恕,等. 3 种植物生长调节剂对马铃薯产量及品质的影响[J]. 中国马铃薯, 2008, 22 (02): 73-76.
- [43] 宋莉萍,刘金辉,郑殿峰,等. 植物生长调节剂对大豆氮代谢相关指标及产量品质的调控[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(05):50-54.