北方园艺 2012(20):176～179

植物根系生长与研究方法的进展

朱衍杰,张秀省,穆红梅,董　平

(聊城大学 农学院,山东 聊城 252059)

摘　要:现分析和总结了影响植物根系生长的水分和养分2个主要因子与根系生长发育之间的关系,以及其它因子对根系生长的影响;并总结了几种常规的根系研究检测方法,对几种研究根系的现代技术和方法进行了综述。

关键词:植物;根系;生长;研究方法

中图分类号:Q 945.12　**文献标识码**:A　**文章编号**:1001－0009(2012)20－0176－04

根系在植物生长发育中起着重要的作用,又是影响植物生长的重要结构。根系作为植株的地下部分,其活力与植物吸收能力的强弱有直接关系,这些都直接影响着地上部分的生长发育。因此,人们很早就开始了对根系的研究,德国的学者Hales很早就开始了对植物根系的研究,1727年开始采用简单的挖掘法来描述不同植物根系在土壤中的分布[1],是首次记载的对根系进行比较系统的研究,之后人们一直沿用此法来研究根系。但由于各种条件的限制,对根系的研究进展一直比较缓慢,开展的研究也较少。在20世纪30年代Weaver较系统地研究了水稻、小麦、玉米等十多种作物根系的生长,并阐明了全面地认识作物根系的形态构型、不同生育时期根系吸收水分和养分的活力,以及不同环境下的根系的变化等内容[2],随后根系的研究才日益受到重视。目前已经将根系的研究作为进一步提高农作物产量的一个具有很大潜力的基础性科研课题[3]。现对近年来的研究成果和研究方法进行总结,对植物根系的研究进展进行综述。

1　外界因子与植物根系生长

目前,对于根系的研究,主要是对植物根系的一些生理指标进行准确的测定。影响植物根系生长的外界因子主要有水分、养分、氧气以及一些微量元素等,现针对水分和养分2个重要的影响因子总结它们与植物根系生长的利害关系。根系主要的功能就是从土壤或基质中吸收水分和养分,因此,水分和养分的多少直接影响根系的生长发育状况及生理特性,进而影响植株地上部的发育。

1.1　水分因子

根系作为感受土壤干旱的原初部位,它的生理状况直接影响作物抗旱性的强弱[4]。因此研究根系在干旱条件下的生理特性可以更好地了解植物的抗旱性[5]。土壤水分的变化使根系的形态结构、根系生物量等也发生相应的变化,从而影响根系的生理特征及整个植株的生长发育。杨永辉等[6]应用保水剂对不同生育期的小麦根系进行各生物量的测定,结果表明,施用保水剂可以提高作物根系的活力,促进作物生长,进而缓解干旱胁迫对作物的伤害。姜春光等[7]针对日光温室中的糯玉米,模拟不同的降雨条件分析其根系的生长及对养分吸收,发现适当的水分胁迫下能促进玉米根系的向下生长,更好的吸收深层的土壤养分。李邵等[8]采用一种负水龙头供水控水盆栽装置,研究不同供水吸力条件下土壤水分对黄瓜根系活力的影响,表明在一定的供水吸力作用下根系的活力达到最大值,而较高的根系活力有利于植物根系养分的吸收利用,这也说明了适度的水分调控可以促进植物各生育期植物的生长。在干旱环境下农作物类根系的研究较多,有的研究证明干旱促进根系生物量积累,根茎比增大,促进侧根根长和表面积的增加[9]。但也有的研究发现水分亏缺时根系的质量下降,根的伸长与分生能力减弱,根的数量减少,根长也缩短[10]。

随着科学研究的进展,对于根系的研究也逐步深入到花卉树木类根系的层面。Wright等[11]研究发现,北美短叶松在干旱条件下根系的生长能够产生更多的二、三级侧根,并且各个根系的表面积增加。孔艳菊等[12]研究证实,黄栌在干旱强度增加的情况下,根系活力与根系吸收面积呈下降趋势,但总体上还能维持在较高的水

第一作者简介:朱衍杰(1988-),女,在读硕士,现主要从事园林植物生物技术研究工作。E-mail:zhuyanjie2008@126.com.

责任作者:张秀省(1960-),男,博士,教授,硕士生导师,现主要从事园林植物生物技术研究工作。E-mail:zhangxiusheng@lcu.edu.cn.

基金项目:山东省聊城市农业产业化发展资金资助项目(2010-64)。

收稿日期:2012－05－17

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

平。张承林等[13]研究表明,在水分胁迫下,荔枝根的总干重、根表面积、侧根长度等明显减少,而须根的生长加快且须根的长度、根表面积增加,这导致根冠比下降,地下部生长受到抑制,进而牵制地上部的生长。

1.2 养分因子

根系的生长除了受水分胁迫之外,养分因子也是重要的影响因素。植物生长所需要的土壤中的养分主要是由氮、磷、钾等元素组成,因此,土壤或基质中氮磷钾的含量对根系的生长以及植株地上部的发育将起到调控作用。土壤养分的含量影响根系的伸长、根系的吸收能力等,目前,对养分的研究主要致力于氮素和有效磷上。

氮素的含量对根系有一定的调控和局部刺激作用,局部增施氮肥可以促进根的生长。牟金明等[14]研究表明,增施氮肥使表层的玉米根系的干重增加,根长增加,细长根系增多。实践证明在施氮量相同的条件下,土层越深,根系的活力以及根系吸收面积越小[15]。氮素不足增加了大豆的根冠比,氮素过多反而降低了根冠比,这说明低氮促进大豆根系的生长[16]。氮肥的施用期主要影响土壤表层根系的根长、根粗以及根系活力等。延迟氮肥的施用期可以提高玉米根系的活力和亚表土层的根长[15]。有研究表明土壤表层氮素的流失较多,深施氮肥可以减少氮素的损失[17]。适量的氮素还能促进木本植物根的分枝,增加根长,根的干重也相应的增加。King 等[18]对火炬松的试验表明,适量的氮肥可以促进根系的生长及形态建成。何茜等[19]研究表明,黑木相思随着氮素浓度的增加其根长、根表面积和根体积都有所增加。华元刚[20]探讨了施氮量对橡胶树根系的影响,随着土壤中含氮量的增加,橡胶树的侧根数、根系总长及根干重呈现先增加后下降的规律。因此,氮素对植物根系的影响,体现在农作物与木本植物上是同等重要的。

磷是影响光合同化物在地上部与根系之间分配的重要元素。由于磷元素在土壤中的移动性差,并且土壤溶液中植物可以吸收的有效磷的含量很小[21]。根系的一些形态特征及空间构型等决定了根系对磷的吸收范围。缺磷的环境能促进植物根系的发育,抑制地上部的生长,马齿苋在此环境中其主根长度是正常供磷的 1.7 倍[22]。研究也发现,大豆在磷亏缺条件下,其根长、根表面积和根体积比正常供磷条件下都有所增加,这也表明大豆通过其根系生理性状的变化适应了缺磷的环境[23]。李翠兰等[24]认为,适量微肥的施用可以增加玉米苗期的根长,扩大根系体积、根系密度和根系吸收表面积,并可以减小根粗,有利于根系对磷素的吸收。低磷可以诱导水稻侧根的发生,增加水稻根系对磷的有效吸收[25]。另外,在拟南芥中,低浓度的磷素可以抑制主根的生长,促进侧根的生长[26]。研究表明,对于高效吸磷植物来说,其根系在低磷环境下适应性较强,根系可以通过增加根长、根粗、根表面积、体积以及增加根毛的数量来充分有效的吸收土壤或基质中的磷元素[27]。也有研究发现红三叶草在低磷胁迫下会通过改变根系形态、增加根际中有机酸的分泌来适应低磷环境[28]。磷素对根系的促进作用也是有范围的,当磷元素过高时不但不会改善根系性状,反而抑制其生长。

另外,土壤或基质的温度或外界环境的温度也会对根系的生长产生影响,研究证明,在一定的温度范围内,植物根系的长度随温度的升高而增长,当温度过高或过低时,都会抑制根系的生长[15]。因此,根系生长的季节性变化与温度系数是密切相关的。土壤的质地以及机械阻力对根系的生长也有一定的影响,实践证明,在紧实土壤中生长的根系,其伸长速度减慢、根长缩短且变粗等。另外,一些微量元素如硼、钼等对根系的生长也是不可缺少的,否则会影响地上部的生长。

2 根系研究方法的进展

2.1 常规的根系测定方法

由于植物根系隐藏于地下,对其观察和鉴定很难直接的进行。而对于根系的形态构型以及各个生物量的测定要求根系必须完整,所以根系在土壤中应保持不变形、不移位,以保证取出之后根系的完整性。

为此,人们研究出了多种根系的检测方法,常规的根系研究方法主要有挖掘法、网袋法、分根移位法等[29]。挖掘法即将根系从土壤中挖出,然后将其洗净,选出需要的部分进行测量。最早的根系研究是德国学者 Hales 于 1727 年采用挖掘法来描述不同植物品种的根系在土壤中的分布状况[1]。但这种方法在挖掘过程中易折断根系,在清洗过程中根系易脱落,这样就影响了测量的准确性和可靠性。网袋法最早是 1991 年 Steen 采用的,是用尼龙或塑料窗纱制成的类似袋子的小筒,将其埋入地下,待作物成熟后将袋子连同作物根系带土取出并冲洗,进而进行根系的测定。这种方法所获取的根系具有代表性,并可以在大田中进行操作。分根移位法[30]是根系生长处在不同的介质中,研究不同的介质条件对作物根系生长的影响,但该法限制了根系的生长范围。对根系的测定方法日益增加,除了以上几种方法外,另有水培法、气培法、容器法、钻土芯法等,但对于根系研究技术方面还有待于提高。

2.2 研究根系的现代技术

研究根系的现代技术主要有同位素标记法、微根管技术、电荷耦合技术、MRI 成像、WINRHIZO 根系分析系统等。

常用于根系研究的同位素标记法[31]有根部标记法、地上部标记法等,取根系样品进行 X 光放射性显影,根据根系分布的影像图进行分析比较,区分活根和死根。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

从1937年开始,Bates[1]首次提出微根管技术来研究根系,通过在土壤中钻若干孔,然后把透明观察管插入土壤孔内,利用反光镜观测和记录根系的生长,并结合计算机系统记录图像,实现根系的观察与测定。该法可以在多个时期对根系进行观测,也可以追踪同一根系的整个生长发育的变化过程。随后,电荷耦合(CCD)技术的成熟,使得微根管观测实现了数字化,并且通过计算机控制根系的观测,实现了根系观测的自动化。Sanders[32]使用光学照相机在微根管系统中测定出了图像中的根长。Upchurch等[33]使用黑白摄像仪在微根系统中观测根系生长。周本智等[34]利用此技术观测了火炬松根系的生长动态。史建伟等[35]利用微根管技术观测水曲柳和落叶松根系的生长动态。这一技术主要应用于观测根系的整个生长发育的动态过程,也可以观测根系在地下的一些病害。

目前,一些科学家利用MRI成像对根系表型进行鉴定。任东[36]对利用MRI成像检测根系做出了概述,并指出利用MRI技术可以区分出不同介质中的根系生长图像。WinRHIZO是一套利用高质量图形扫描系统提供高分辨率的彩色图像或黑白图像的专业根系分析系统,可以分析根系长度、直径、面积、体积、根尖记数等,广泛运用于根系形态和构造研究。现代技术研究根系大多是利用图像分析对扫描的根系进行分析,测定出根系的长度、表面积、体积及根系总量等指标。这为植物根系的研究与测定提供依据,使人们可以更好地了解根系的生长状况,进而可以人为的调控地上部的生长,提高农作物的产量与质量,也使植物可以更快的生长。

参考文献

[1] Bates G H. A device for the observation of root growth in the soil[J]. Nature,1937,139:966-967.

[2] 伯姆 W. 根系研究法[M]. 北京:科学出版社,1985.

[3] 王志芬,陈学留,余美炎,等. 大田冬小麦根系吸收活力的空间分布及其变化动态研究[J]. 作物学报,1998,24(3):354-360.

[4] Xue Q,Zhu Z,Musick JT,et al. Root growth and water uptake in winter wheat under deficit irrigation[J]. Plant and Soil,2003,257:151-161.

[5] Sharp R E,Poroyko V,Hejlek L,et al. Root growth maintenance during water deficits:Physiology to functional genomics[J]. Journal of Experimental Botany,2004,55:2343-2351.

[6] 杨永辉,武继承,吴普特,等. 保水剂用量对小麦不同生育期根系生理特性的影响[J]. 应用生态学,2011,22(1):73-78.

[7] 姜春光,卢树昌,陈清. 模拟不同降雨条件对日光温室填闲作物糯玉米产量、根系生长及养分吸收的影响[J]. 北方园艺,2011,17:71-75.

[8] 李邵,薛绪掌,郭文善. 不同供水吸力对温室黄瓜光合特性及根系活力的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(1):67-73.

[9] 王秋菊,李明贤,赵宏亮,等. 控水灌溉对水稻根系生长影响的试验研究[J]. 中国农学通报,2008,24(8):206-208.

[10] 单长卷,梁宗锁. 土壤干旱对冬小麦幼苗根系生长及生理特性的影响[J]. 中国生态农业学报,2007,15(5):38-41.

[11] Wright R A,Wein R A,Dancik B P. Population differentiation in seedling root size between adjacent stands of Jack Pine[J]. Forest Science,1992,38(4):777-785.

[12] 孔艳菊,孙明高,胡学俭,等. 干旱胁迫对黄栌幼苗几个生理指标的影响[J]. 中南林学院学报,2006,26(4):42-46.

[13] 张承林,付子轼. 水分胁迫对荔枝幼树根系与梢生长的影响[J]. 果树学报,2005,22(4):339-342.

[14] 牟金明,姜亦梅,王明辉,等. 玉米根茬还田对玉米根系垂直分布的影响[J]. 吉林农业科学,1999,24(2):25-27.

[15] 张旭丽,李洪. 玉米根系与环境条件的关系[J]. 山西农业科学,2010,38(7):120-126.

[16] 乔云发,韩晓增. 长期定量施肥对大豆根系形态和根瘤性状的影响[J]. 大豆科学,2011,30(1):119-122.

[17] Thorup-Kristensen K,Nielsen N E. Modelling and measuring the effect of nitrogen catch crops on nitrogen supply for succeeding crops [J]. Plant and Soil,1998,203:79-89.

[18] King J S,Thomas R B,Strain B R. Morphology and tissue quality of seeding root systems of Pinus teada and Pinus ponderosas affected by varying CO_2,temperature and nitrogen[J]. Plant and Soil,1997,195:107-119.

[19] 何茜,丁晓刚,王冉,等. 指数施肥下黑木相思根系特征值得动态变化[J]. 广东林业科技,2011,27(5):1-6.

[20] 华元刚. 氮素供应对橡胶树根系生长的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(6):421-424.

[21] Rahmatullah M A,Gill B Z,Shaikh M. Salim. Bioavailability and distribution of phosphorus among inorganic fractions in calcareous soils[J]. Arid Soil Res. Rehabil,1993.

[22] Anuradha M,Narayanan. Promotion of root elongation by phosphorus deficiency [J]. Plant and soil,1991,136:273-275.

[23] 王树起,韩晓增,李晓慧,等. 缺磷胁迫下大豆根系形态特征研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2010,26(2):192-196.

[24] 李翠兰,李志洪,张晋京,等. 不同肥料处理对玉米苗期根系生长的影响[J]. 吉林农业大学学报,2001,23(3):87-89.

[25] 李海波,夏铭,吴平,等. 低磷胁迫对水稻苗期侧根生长及养分吸收的影响[J]. 植物学报,2001,43(11):1154-1160.

[26] 万惠燕,刘嘉杰,王金祥,等. 磷空间有效性对拟南芥根形态构型的影响[J]. 植物生理学通讯,2007,43(3):425-429.

[27] 曹爱琴,廖红,严小龙. 低磷土壤条件下菜豆根构型的适应性变化与磷效率[J]. 土壤学报,2002,39(2):267-281.

[28] Meyer U. Phosphatmobilisierung in der Rhizosphare verschiedener Pflanzenarten aufeinem Humuspodsol[J]. Diplomarbeit,Institute of Agriculture Chemistry University Gottingen,1993.

[29] 孙曰波,赵从凯. 根系研究方法进展[J]. 潍坊高等职业教育,2009,5(1):52-55.

[30] 苗玉新. 大田作物研究法概述[J]. 黑龙江农业科学,2005(3):50-52.

[31] 管建慧,刘克礼,郭新宇. 玉米根系构型的研究进展[J]. 玉米科学,2006,14(6):162-166.

[32] Sanders J L,Brown D A. A new fiber optic technique for measuring root growth of soybeans under field conditions[J]. Agronomy Journal,1978,70:1073-1076.

[33] Upchurch D R,Ritchie J T. Root observation using a video recording system in Minirhizotron [J]. Agronomy Journal,1983,75:1009-1015.

[34] 周本智,Sword M A,Chamber J L,等. 利用Minirhizotron技术监测火炬松新根系的生长动态[J]. 林业科学研究,2002,15(3):276-284.

[35] 史建伟,于水强,于立忠,等. 微根管在细根研究中的应用[J]. 应用生态学报,2006,17(4):715-719.

[36] 任东. 一种新的根系无损检测方法研究[J]. 科技创新导报,2010.

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

木霉在园林园艺植物上的应用研究进展

董 平[1],赵培宝[1],张秀省[1],朱衍杰[1],禚方杰[2],刘本新[1]

(1.聊城大学 农学院,山东 聊城 252059 2.青岛市明村小学,山东 青岛 266723)

摘 要:木霉菌是一类重要的生防真菌,随着人类对环保和健康的日益关注,木霉菌在农业生产中得到了广泛的应用,特别是在园艺和园林植物上也受到重视,开展了较多的研究和应用,现对木霉菌的生防机制以及在园林园艺植物上的研究进展进行了概述,并对其在园林园艺植物上的应用前景进行了展望。

关键词:木霉菌;园林园艺植物;作用机制;应用

中图分类号:S 476.8 **文献标志码**:A **文章编号**:1002－0009(2012)20－0179－04

木霉(*Trchoderma spp.*)属半知菌亚门丝孢纲丝孢目丛梗孢科木霉菌属真菌。是一类分布广泛的土壤习居菌,广泛存在于土壤、根围、叶围、种子和球茎等生态环境中。木霉菌除个别为弱病原菌外,大多数可产生多种对植物病原真菌、细菌及昆虫具有拮抗作用的生物活性物质,因此被广泛用于生物防治、生物肥料及土壤改良剂。1932 年 Weindling[1]首次发现木霉菌可寄生于多种植物病原真菌,尤其是对一些土传真菌具有拮抗作用,由此人们对木霉菌有了初步了解。20 世纪 60 年代木霉菌的分类地位得以确定后,至 20 世纪 70 年代国内外对木霉菌的拮抗作用及其机制做了深入研究。目前,木霉菌已经广泛用于多种植物真菌病害的防治,特别是对立枯丝核菌、镰刀菌、疫霉菌等引起的土传病害具有较好的防治效果[2]。由于化学农药对环境的负面影响较为严重,所以对环境较为友好的生物农药木霉菌受到了广泛的关注。

第一作者简介:董平(1986-),女,在读硕士,研究方向为园林有害生物治理。E-mail:zixinzzuimeili@163.com.

责任作者:赵培宝(1969-),男,副教授,硕士生导师,研究方向为植物病害生物防治。E-mail:zhaopeibao@lcu.edu.cn.

基金项目:国家"863"计划资助项目(2011AA090704);山东省中青年科学家基金资助项目(2009B5B01454)。

收稿日期:2012－05－21

1 木霉生防机制

目前,国内外深入开展了木霉生防机制的研究,发现其生防作用包括多种机制,如抗生作用、竞争作用、重寄生作用以及诱导抗性等。

1.1 拮抗作用

木霉菌拮抗作用是通过产生小分子的抗生素和大分子的抗菌蛋白或胞壁降解酶类来抑制病原菌的生长、繁殖和侵染。其机制目前仍在探索中,多认为是几种机制同时或顺序作用的综合。Di Pietro 等[3]从哈茨木霉菌和终极腐霉菌的相互作用的培养物中提取出了胶霉毒素,结果表明,1 L 培养液中增加 75 mg 几丁质酶可以减少 50%的胶霉毒素用量而起到同样的效果。肖淑芹等[4]研究表明,辣椒疫霉拮抗木霉菌株 TR39 对辣椒疫霉的抑制机制有重寄生和竞争作用。曾华兰等[5]分离得到 2 个哈茨木霉菌株,这 2 种菌株对引发麦冬根腐病的尖孢镰刀菌的抑制率分别达到 84.07%和 83.47%,其拮抗作用的机制在于营养和空间竞争、寄生 2 种形式;另外,各种拮抗代谢物和各种细胞壁降解酶之间也存在协同作用。

The Progress and Research Method of Plant Root Growth

ZHU Yan-jie,ZHANG Xiu-sheng,MU Hong-mei,DONG Ping

(College of Agriculture,Liaocheng University,Liaocheng,Shandong 252059)

Abstract:The relationship between the root growth and two main factors moisture and nutrients which influence the plant root growth,and other factors on the influence of the root growth were analyzed and summarized. Several routine methods of root research detection and studies of modern technology and method of root system were summarized.

Key words: plants;root system;growth;research methods

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn