

植物内生真菌对寄主生长及抗逆性的增效机理研究进展

牛燕芬^{1,2}, 李扬苹³, 罗富成⁴, 陈泽斌^{1,2}, 彭声静^{1,2},
陈武荣^{1,2}, 字泰平¹

(1. 昆明学院 农学院, 云南 昆明 650214; 2. 云南省高校都市型现代农业工程研究中心, 云南 昆明 650214;
3. 中国科学院热带森林生态学重点实验室/西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 4. 云南农业大学
动物科学技术学院, 云南 昆明 650201)

摘要:综述了内生真菌通过产生植物生长物质、活化养分等促进寄主生长, 并通过降低活性氧危害, 帮助寄主获得诱导系统抗性, 分泌有毒物质遏制草食动物取食等提高寄主植物抗逆性的机理。内生真菌还可能演化为其他植物的病原菌, 通过抑制别的植物生长而为寄主获得更多有效环境资源, 提出外来植物入侵性的获得可能与内生菌的促进作用有关。

关键词:植物内生真菌; 生长; 抗逆性; 植物入侵

中图分类号:Q 949 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-5500(2015)02-0091-06

植物内生菌是其生活史全部或某一阶段必须生长在健康植物器官(根、茎、叶)内部的微生物, 无外在表现, 且对寄主植物不造成明显伤害^[1,2]。植物内生真菌在植物体内绝大多数时间生长都很缓慢, 但当植物衰老、受到胁迫、或者结实并腐烂之际会迅速生长并产生孢子^[2-4], 直接散落到土壤中或随植物残枝进入土壤生态系统。内生真菌定居在寄主植物的细胞内和细胞间^[5], 一方面以植物制造的有机物为食并将植物组织作为避难所^[6], 另一方面促进寄主生长且帮助寄主植物提高对生物和非生物胁迫的响应能力^[7,8]。因存在长期的协同进化关系^[9], 内生菌对寄主植物自身危害不大, 但当离开寄主植物迁移到别的物种上就可能成

为病原菌^[9,10]。重点论述植物内生真菌对寄主生长及抗性的促进作用及其生态影响。

1 促进寄主植物生长

内生真菌对寄主植物生长的影响从种子萌发阶段开始, 种子萌发时内生真菌降解角质层纤维素并为幼苗制造有效碳而促进其萌发、活力和建群^[11]。内生真菌主要是通过提高养分利用率和产生植物生长激素促进植物生长。内生真菌能增加寄主植物对土壤养分(如磷)的吸收并提高土壤溶液养分含量^[12-14]。Rai等^[15]研究发现, 接种内生菌印度梨形孢(*Piriformospora indica*)后, 其在喜树(*Spilanthus calva*)和南非醉茄(*Withania somnifera*)根部定居使两种植物对水分和矿质养分的吸收增加, 进而使生长和生物量显著增加^[15]。但内生真菌促进养分吸收的机理尚未完全弄清楚。Malinowski等^[16]认为, 内生真菌刺激寄主植物根毛的伸长和酚类类似物向根际的分泌, 促进土壤矿质元素(如磷)的吸收。另有观点认为, 内生真菌的表生菌丝能从寄主根表扩展而增加根系对养分的吸收面积^[17]。也可能是内生真菌本身能溶解某些植物不可利用的养分(如磷酸盐)、固定大气中的氮^[18]。

收稿日期: 2015-03-06; 修回日期: 2015-04-07

基金项目: 国家自然科学基金(31300302); 国家自然科学基金(31260582); 云南省教育厅科学研究基金重点项目(2012Z096); 昆明学院引进人才项目(YJL12007)资助

作者简介: 牛燕芬(1979-), 女, 云南宣威人, 讲师, 博士, 主要从事生物入侵生态学研究。

E-mail: niuyanfen2004@126.com

罗富成为通讯作者。

内生真菌对植物生长的促进主要通过产生植物激素实现。内生菌能产生许多促进植物生长的激素如赤霉素(GA)、生长素(IAA)、玉米素(Z)、玉米素核苷(ZR)^[19-21]。其中,IAA、细胞分裂素(CTK)、GA 是研究和引用最多的。IAA 刺激细胞分裂,促进根量增加并加速根毛形成;CTK 诱导根伸长生长,增加根量^[22],也增加养分的积累和迁移^[23];GA 主要负责细胞分化和伸长、活化胚芽,转移胚乳营养^[20]。当种子萌发时,GA 抵消 ABA 的效应打破种子休眠而促进萌发^[24]。在种子萌发过程中,GA 信号诱导基因表达而编码负责储备在胚乳中的淀粉、脂类、蛋白等养分迁移的酶^[25]。

2 增强寄主植物抗逆性

当前的研究已经证实内生菌能增加寄主植物抗逆性^[9],且抗微生物、抗寄生、细胞毒素的、保护神经的、抗氧化的、胰岛素类似物、免疫抑制剂等活性物质均已从内生菌中分离得到^[26]。当植物受到逆境胁迫时,内生真菌会使寄主植物对病原菌、植物激素的内生分泌、根际营养的调运等做出积极响应^[6,27]。例如,在盐、干旱和温度胁迫下,内生真菌能促进植物对钾、钙、镁等养分的吸收^[21,28],促进了养分平衡,增加了寄主植物耐盐性。在盐胁迫条件下,内生菌可能在产生植物生长素的同时,抑制了 Na^+ 的吸收或阻止其迁移^[11]。

当受到胁迫时,一方面,内生菌充当生物触发器激活寄主的防御系统^[29];另一方面,内生菌会合成ABA,JA 和 SA 等信号物质^[29]诱导寄主植物启动相应的防御体系。例如,受到生物胁迫(草食动物和病原菌等攻击)时,植物防御主要受茉莉酸(JA)调控^[30];受到非生物胁迫(尤其是对由于干旱和盐引起的渗透胁迫)时,植物防御主要受 ABA 调控^[31]。

2.1 降低活性氧危害

寄主植物对胁迫的忍耐与内生菌降低活性氧的危害有关^[32]。内生菌通过增强对氧化应激的胁迫忍耐而保护寄主植物^[32]。其内在机制是,内生真菌使胁迫条件下植物细胞的电解质泄露和脂质过氧化最小化,同时降低谷胱甘肽活性以规避氧化胁迫。活性氧使寄主植物细胞膜氧化变性,从而使养分(电解质)从细胞

壁泄露,而泄露的养分又被内生菌菌丝吸收^[32],因而保护寄主植物免受活性氧的伤害。内生真菌也能产生多种抗氧化成分,如酚酸及其衍生物、isobenzofuranones、异本并呋喃、甘露醇和其他碳水化合物^[32,33],使寄主植物忍耐胁迫的能力增强。

2.2 诱导系统抗性

内生真菌寄生能帮助寄主植物获得诱导系统抗性(ISR),ISR 可通过活细胞或死的菌丝体诱导^[34]。ISR 的发生通过关键酶活性的升高水平体现,这些酶包括过氧化物酶(PO)、多酚氧化酶(PPO)、苯丙氨酸氨裂解酶(PAL)、lignothioglycolic acid(LTGA)、 β 几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶^[35,36]。这些酶在植物防御中抗微生物的实质与有抗微生物活性的植物抗毒素(如木质素)合成相关^[37]。木质素是细胞壁中形成保护性结构阻止病原微生物穿透的一种非常重要的物质^[38],高水平的 LTGA 有助于细胞壁木质化进而能忍耐病原菌的侵染^[35]。

2.3 对草食动物的抵抗

植物内生菌对草食动物的抵抗表现为分泌毒素直接对抗草食动物、诱导寄主植物对草食动物进行防御、分泌化感物质吸引寄主天敌的拟寄生物降低草食动物压力^[39]。例如,麦角菌类内生真菌能产生具有生物保护活性的生物碱和白藜芦醇,遏制昆虫和哺乳动物的取食^[40]。关于内生菌对草食动物的有害影响的例子较多,如,将从迈尔斯青牛胆(*Tinospora cordifolia*)分离到的黑孢霉菌(*Nigrospora* sp.)和分枝孢子菌(*Cladosporium* sp.)接种到花椰菜(*Brassica oleraceae*)上,发现花椰菜对斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)幼虫和蛹有毒杀作用^[41]。从香青蒿(*Artemisia annua*)内生菌土曲霉(*Aspergillus terreus*)发酵液中分离提取出来的化合物 16 α -hydroxy-5N-acetylardeemin 具有抑制昆虫乙酰胆碱酯酶的活性^[42]。

3 与寄主植物的其他关系

内生真菌在高等植物和低等植物中普遍存在^[2]。内生真菌与植物之间的关系除了互利共生外,还有偏利共生、寄生以及这些关系的一些过渡类型。与寄主植物为互利共生关系的内生真菌一般存在于植物的繁殖器官中,通过植物的生长发育从植物的一个世代转

移到另一个世代,二者是友好关系(垂直迁移);与寄主植物为寄生关系的内生菌主要通过孢子以水平方式从一个植株转移到另一个植株,二者是敌对关系^[43,44];随着植物器官的衰老和脱落,互利共生的内生菌会向“互利共生—偏利共生—寄生”连续体中敌对关系(寄生)一侧转移,扩展其分布范围并引起外部侵染^[43]。但是,因为植物防御和协同进化的缘故,一般内生菌很少成为寄主植物的病原菌^[45],但很可能演化为别种植物病原菌。

对于内生真菌的传播,孢子先登录植物器官表面,当器官表面变湿润之后,一些孢子萌发并直接穿过表皮进入组织内部,然后菌丝开始在细胞间隙生长^[46,47]。内生真菌在植物体内绝大多数时间生长都很缓慢,当植物衰老、受到胁迫、或者结实并腐烂之际才迅速生长并产生孢子^[2,4,47]。随着植物器官的脱落,内生菌孢子一直停留在脱落的器官(尤其叶片)上,直到再次进入新的植物体内。

4 生态影响

外来植物入侵到新生境后,以压倒性优势替代本地种,其个体和种群适合度都比在原产地大。其中,个体适合度的增加可能得益于内生菌的直接促进,而种群适合度的增加可能与内生菌对其抗逆性增强和演化为本地植物有害菌有关。若外来植物内生菌演化为本地植物病原菌,在削弱本地植物生长的同时,也为外来植物赢得更多可利用的环境资源(如,光、温、水、肥),从而为其种群大量爆发创造了条件。

内生菌根据取食策略分为兼性寄生菌和专性寄生菌,前者能利用活的和死的有机物而后者仅利用活的植物细胞^[17]。对于兼性寄生菌而言,只要植物残枝存在,它便能够存在并侵染其他植株,表明外来入侵植物引起本地植物病原菌积累的可能性较大。Mangla等^[48]的研究发现,飞机草(*Chromolaena odorata*)根际土壤中病原真菌半裸镰刀菌(*Fusarium semitectum*)抑制本地种的生长,其孢子数量超过同一地点本地种根际的25倍^[48]。当前的研究已证实外来植物,如紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*),体内存在着丰富的内生菌^[49,50],并且内生菌的种类和数量会随着入侵时间延长逐渐增加^[48],受外来植物种群的地理分布格局

和入侵历史的影响^[50]。

5 研究展望

植物内生真菌促进寄主生长以及增强寄主植物抗逆性的特点已经得到了普遍认可,但这些特性对外来植物入侵性的影响并未受到广泛关注。当前,植物入侵已经成了严重的环境问题^[52],诸多努力致力于探索有效的防控措施,但全球植物入侵及危害呈有增无减的态势,主要原因是我们对外来植物的入侵性缺乏足够的了解。为了全面揭示外来植物的入侵机理,今后的研究有必要弄清楚两个问题:(1)外来植物成功入侵是否受内生菌促进,如何促进?(2)本地植物消失是否跟外来植物内生菌演化为其病原菌有关。

参考文献:

- [1] Herre E A, Mejia L C, Kyllö D A, *et al.* Ecological implications of anti-pathogen effects of tropical functional endophytes and mycorrhizae[J]. *Ecology*, 2007, 88(3): 550—558.
- [2] Hyde K D, Soyong K. The fungal endophyte dilemma[J]. *Fungal Divers*, 2008, 33(1): 163—173.
- [3] Herre E A, Van Bael S A, Maynard Z, *et al.* Tropical plants as chimera: some implications of foliar endophytic fungi for the study of host plant defense, physiology, and genetics[C]//Burslem D F R P, Pinard M A, Hartley S E. *Biotic interactions in the tropics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005: 226—237.
- [4] Van Bael S A, Maynard Z, Robbins N, *et al.* Emerging perspectives on the ecological roles of endophytic fungi in tropical plants[C]. Dighton J, Oudemans P, White J. *The fungal community: its organization and role in the ecosystem*. Boca Raton: Taylor & Francis Ltd, 2005: 181—193.
- [5] Panstruga R. Establishing compatibility between plants and obligate biotrophic pathogens[J]. *Curr Opin Plant Biol*, 2003, 6(4): 320—326.
- [6] Schulz B. Mutualistic interactions with fungal root endophytes[C]. Schulz B J E, Boyle J C, Sieber T E. *Microbial root endophytes* Soil Biology. Berlin: Springer, 2006: 247—260.
- [7] Timper P, Gates R N, Bouton J H. Response of *Pratylenchus* spp. in tall fescue infected with different strains of the fungal endophyte *Neotyphodium coenophialum* [J].

Nematology, 2005, 7(1): 105—110.

- [8] Sullivan T J, Rodstrom J, Vandop J, *et al.* Symbiont-mediated changes in *Lolium arundiacum* inducible defenses: evidence from changes in gene expression and leaf composition[J]. New Phytol, 2007, 176(3): 673—679.
- [9] Sieber T. Endophytic fungi of forest trees: are they mutualists[J]. Fungal Biol Rev, 2007, 21: 75—89.
- [10] Slippers B, Wingfield M J. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact[J]. Fungal Biol Rev, 2007, 21(2—3): 90—106.
- [11] Rai M, Rathod D, Agarkar G, *et al.* Fungal growth promoter endophytes: a pragmatic approach towards sustainable food and agriculture[J]. Symbiosis, 2014, 62(2): 63—79.
- [12] Zabalgozcoa I, Ciudad A G, V zquez de Aldana B R, *et al.* Effects of the infection by the fungal endophyte *Epichlo festucae* in the growth and nutrient content of *Festuca rubra* [J]. Eur J Agron, 2006, 24: 374—384.
- [13] Kumar D, Schatz F, Moore R M, *et al.* The effects of thrombin and cytokines upon the biomechanics and remodeling of isolated amnion membrane, in vitro[J]. Placenta, 2011, 32(3): 206—213.
- [14] 祁娟, 师尚礼. 不同品种紫花苜蓿种子内生根瘤菌溶磷和分泌生长素能力[J]. 草原与草坪, 2006(5): 18—21.
- [15] Rai M K, Acharya D, Singh A, *et al.* Positive growth responses of the medicinal plants *Spilanthes calva* and *Withania sonniferata* inoculation by *Piriformospora indica* in a field trial[J]. Mycorrhiza, 2001, 11(3): 123—128.
- [16] Malinowski D P, Belesky P. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance[J]. Crop Science, 2000, 10: 923—940.
- [17] Hallmann J, Sikora R A. Endophytic Fungi. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms[C]. Progress in Biological Control 11, 2011: 227—258.
- [18] Pineda A, Zheng S J, van Loon J J A, *et al.* Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes[J]. Trends Plant Sci, 2010, 15(9): 507—514.
- [19] Nassar H A, El-Tarabily K A, Sivasithamparam K. Promotion of plant growth by auxin-producing yeast isolate of *Williopsis saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L.) roots[J]. Biol Fertil Soils, 2005, 42(2): 97—108.
- [20] Waqas M, Khan A L, Kamran M, *et al.* Endophytic fungi produce gibberellins and indole-acetic acid and promotes host-plant growth during stress[J]. Molecules, 2012a, 17: 10754—10773.
- [21] Waqas M, Khan A L, Hamayun M, *et al.* Assessment of endophytic fungi cultural filtrate on soybean seed germination[J]. Afr J Biotechnol, 2012, 11(85): 15135—15143.
- [22] Daly J M, Inman R E. Changes in auxin levels in safflower hypocotyls infected with *Puccinia carthami* [J]. Phytopathology, 1958, 48: 91—97.
- [23] Vizarova G. Changes in the level of endogenous cytokinins of barley during the development of powdery mildews [J]. J Phytopathol, 1979, 95(4): 329—341.
- [24] Kucera B, Cohn M A, Leubner-Metzger G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination[J]. Seed Sci Res, 2005, 15(4): 281—307.
- [25] Peng J, Harberd N P. The role of GA-mediated signaling in the control of seed germination[J]. Curr Opin Plant Bio, 2002, 5(5): 376—381.
- [26] Aly A H, Debbab A, Kjer J, *et al.* Fungal endophytes from higher plants: a prolific source of phytochemicals and other bioactive natural products[J]. Fungal Divers, 2010, 41(1): 1—16.
- [27] Dababat A A, Sikora R A. Induced resistance by the mutualistic endophyte, *Fusarium oxysporum* strain 162, toward *Meloidogyne incognita* on tomato [J]. Biocontrol Sci Technol, 2007, 17(9): 969—975.
- [28] Mei C, Flinn B S. The use of beneficial microbial endophytes for plant biomass and stress tolerance improvement[J]. Recent Patents Biotechnol, 2010, 4(1): 81—95.
- [29] Rodriguez R, Redman R. More than 400 million years of evolution and some plants still can't make it on their own: plant stress tolerance via fungal symbiosis [J]. J Exp Bot, 2008, 59(5): 1109—1114.
- [30] Pineda A, Dicke M, Corn Pieterse M J, *et al.* Beneficial microbes in a changing environment: are they always

- helping plants to deal with insects [J]. *Funct Ecol*, 2013;574—586.
- [31] Christmann A, Moes D, Himmelbach A, *et al.* Integration of abscisic acid signalling into plant responses [J]. *Plant Biology*, 2006, 8(3): 314—325.
- [32] White J F, Torres M S. Is plant endophyte-mediated defensive mutualism the result of oxidative stress protection [J]. *Physiol Plant*, 2010, 138(4): 440—446.
- [33] Huang W Y, Cai Y Z, Xing J, *et al.* A potential antioxidant resource: endophytic fungi from medicinal plants [J]. *Econ Bot*, 2007, 61(1): 14—30.
- [34] Dong H, Zhang X, Choen Y, *et al.* Dry mycelium of *Penicillium chrysogenum* protects cotton plants against wilt diseases and increases yield under field conditions [J]. *Crop Prot*, 2006, 25(4): 324—330.
- [35] Ting A S Y, Meon S, Kadir J, *et al.* Induction of host defense enzymes by the endophytic bacterium *Serratia marcescens* in banana plantlets [J]. *Int J Pest Manag*, 2010, 56(2): 183—188.
- [36] Mohd Fishal E M, Meon S, Wong M Y. Induction of tolerance to *Fusarium wilt* and defense-related mechanisms in the plantlets of susceptible Berangan banana pre-inoculated with *Pseudomonas* sp. (UPMP3) and *Burkholderia* sp. (UPMB3) [J]. *Agri Sci China*, 2010, 9(8): 1140—1149.
- [37] Sundaramoorthy S, Raguchander T, Ragupathi N, *et al.* Combinatorial effect of endophytic and plant growth promoting rhizobacteria against wilt disease of *Capsicum annum* L. caused by *Fusarium solani* [J]. *Biol Control*, 2012, 60(1): 59—67.
- [38] Pankhurst C E, Craig A G, Jones W T. Effectiveness of root nodules rhizobia [J]. *J Exp Bot*, 1979, 30: 1085—1093.
- [39] Preszler R W, Gaylord E S, Boecklen W J. Reduced parasitism of a leaf-mining moth on trees with high infection frequencies of an endophytic fungus [J]. *Oecologia*, 1996, 108: 159—166.
- [40] 李晓帅, 湛烜, 孙鑫博, 等. 禾草内生真菌研究进展 [J]. *草原与草坪*, 2012, 32(6): 82—89.
- [41] Thakur A, Kaur S, Kaur A, *et al.* Enhanced resistance to *Spodoptera liturain* endophyte infected cauliflower plants [J]. *Environ Entomol*, 2013, 42(2): 240—246.
- [42] Ge H M, Peng H, Guo Z K, *et al.* Bioactive alkaloids from the plant endophytic fungus *Aspergillus terreus* [J]. *Planta Med*, 2010, 76(8): 822—824.
- [43] Saikkonen K, Faeth S H, Helander M, *et al.* Fungal endophytes: a continuum of interactions with host plants [J]. *Annu Rev Ecol Syst*, 1998, 29(5): 319—343.
- [44] Schulz B, Boyle C, Draeger S, *et al.* Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites [J]. *Mycol Res*, 2002, 106(9): 996—1004.
- [45] Heath M C. Evolution of plant resistance and susceptibility to fungal parasites [C]. Carroll G C, Tudzynski P. The mycota V Part B Plant relationships. Berlin Heidelberg: Springer, 1997: 257—276.
- [46] Deckert R J, Melville L H, Peterson R L. Structural features of a *Lophodermium endophyte* during the cryptic life-cycle phase in the foliage of *Pinus strobus* [J]. *Mycol Res*, 2001, 105(8): 991—997.
- [47] Herre E A, Van Bael S A, Maynard Z, *et al.* Tropical plants as chimera: some implications of foliar endophytic fungi for the study of host plant defense, physiology, and genetics [C] // Burslem D F R P, Pinard M A, Hartley S E. Biotic interactions in the tropics. Cambridge: Cambridge University Press, 2005: 226—237.
- [48] Mangla S, Inderjit, Callaway R M. Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants [J]. *J Ecol*, 2008, 96(1): 58—67.
- [49] Wan F H, Liu W X, Guo J Y, *et al.* Invasive mechanism and control strategy of *Ageratina adenophora* (Sprengel) [J]. *Sci China Life Sci*, 2010, 53(11): 1291—1298.
- [50] Jiang H, Shi Y T, Zhou Z X, *et al.* Leaf chemistry and co-occurring species interactions affecting the endophytic fungal composition of *Eupatorium adenophorum* [J]. *Ann Microbiol*, 2011, 61(3): 655—662.
- [51] Mei L, Zhu M, Zhang D Z, *et al.* Geographical and Temporal Changes of Foliar Fungal Endophytes Associated with the Invasive Plant *Ageratina adenophora* [J]. *Microb Ecol*, 2014, 67(2): 402—409.
- [52] 黄顶, 陈超, 王堃, 等. 华北农牧交错带外来之物入侵特征分析 [J]. *草原与草坪*, 2012, 32(1): 24—28.

Promotion mechanisms on endophyte of plant to growth and stress tolerance of hosts plant

NIU Yan-fen^{1,2}, LI Yang-ping³, LUO Fu-cheng⁴, CHEN Ze-bing^{1,2},

PENG Sheng-jing^{1,2}, CHEN Wu-rong^{1,2}, ZI Tai-ping¹

(1. School of Agriculture, Kunming University, Kunming, Yunnan 650214; 2. Urban Mododern Agricultural Engineering Research Center of Colleleges and University in Yunnan Province, Kunming, Yunnan 650214, China; 3. Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; 4. College of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Plant endophytes are microorganisms that live within the healthy host plant tissues without causing any visible symptoms. Plant endophytes improve growth of host plant by producing growth substance and increase mineral nutrient use efficiency. They enhanced stress tolerance of host plant by reducing the harm of active oxygen, helping to gain induced systemic resistance, secreting toxic substances to herbivores. Plant endophytes are likely to develop into pathogen and suppress the growth of other species and then gain more environmental resources for their host plants. The invasiveness of introduced plants may benefit from above characteristics of plant endophytes. This paper reviewed elaborated action mechanism of that endophytes improve growth and enhance adversity resistance of host plants, speculated that plant endophytes may contribute to alien plant invasion.

Key words: plant endophytes; growth; resistance to stress; plant invasions

《草原与草坪》被遴选为 CSCD 扩展库来源期刊

近日,中国科学院文献情报中心公示了 2015~2016 年度中国科学引文数据库来源期刊列表(http://sciencechina.cn/style/sourcelist15_16.pdf)。甘肃农业大学与中国草学会共同主办的自然科学类学术期刊《草原与草坪》被遴选为 CSCD 扩展库来源期刊。

经过中国科学引文数据库定量遴选、学科专家评审和中国科学引文数据库来源期刊遴选委员会的评议,在我国出版的自然科学、工程技术、医学、管理科学等学科领域的 5000 多种期刊中筛选出 2015—2016 年度中国科学引文数据库收录来源期刊 1200 种,包括 194 种中国出版的英文期刊和 1006 种中文期刊。其中,核心库 872 种(标记为 C),扩展库 328 种(标记为 E)。与 2013~2014 年度 CSCD 来源期刊名单相比,2015~2016 年度源刊总数增加 59 种,英文期刊增加 69 种(均为 C 库),中文期刊减少 10 种,个别期刊在核心库和扩展库之间进行了调整或剔除。

中国科学引文数据库来源期刊名单基于定量与定性相结合的方法,每两年遴选一次,遴选原则客观、公正,遴选程序严谨,来源期刊名单动态调整,已成为自然科学、工程技术、医学、管理科学等学科领域提升办刊质量,突出办刊特色的重要激励机制。

(编辑部 供稿)