

大豆种间杂交异黄酮含量的杂种优势分析

毕影东¹, 李 炜¹, 林 红², 肖佳雷¹, 李 琬¹, 杨雪峰², 来永才¹

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 作物育种研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要: 选用野生大豆、栽培大豆按异黄酮含量不同(高、中、低)配制杂交组合,对33个组合进行杂种优势分析。结果表明:中亲优势为正向优势的组为15个,占全部组合的45.5%。具有超高亲优势的组为12个,其中高异黄酮含量母本组合5个,占全部正向超高亲优势的41.7%,说明高异黄酮亲本杂种优势明显。18个栽培与野生杂交组合中超高亲优势正向优势组合为11个,中亲优势正向优势组合为13个,说明栽培与野生杂交组合的杂种优势明显,但14个栽培×野生杂交组合F₂优势降低,表现为自交衰退,因此获得高异黄酮的后代材料仍需进一步选择。

关键词: 大豆[*Glycine max*(L.) Merr.]; 异黄酮; 杂种优势

中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-9841(2012)02-0203-05

Heterosis of Soybean Isoflavone Content in Interspecific Hybridization

BI Ying-dong¹, LI Wei¹, LIN Hong², XIAO Jia-lei¹, LI Wan¹, YANG Xue-feng², LAI Yong-cai¹

(1. Institute of Crop Tillage and Cultivation, Heilongjiang Academic of Agricultural Sciences, Harbin 150086; 2. Crops Breeding Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to analyze heterosis of isoflavone content in interspecific hybridization, 33 hybridized combinations were obtained by 15 accessions of *Glycine max* and *Glycine soja* which were different in isoflavone content (high, middle and low). Isoflavone concentrations of F₁, F₂ as well as their parents were determined by high performance liquid chromatography. Fifteen combinations which accounted for 45.5% of total had positive mid-parent heterosis. Twelve combinations showed positive over-parent heterosis, among which, five combinations had higher isoflavone content in female parent. Among 18 combinations between *Glycine max* and *Glycine soja*, 11 had positive over-parent heterosis and 13 had mid-parent heterosis. Results suggest heterosis of isoflavone content were obvious when parents with higher isoflavone content were selected or interspecific hybridization were conducted. Heterosis of isoflavone content in 14 interspecific hybridization combinations showed inbreeding depression in F₂ generation. Therefore, it is essential to do further selection in following generations for high isoflavone breeding.

Key words: Soybean[*Glycine max*(L.) Merr.]; Isoflavone; Heterosis

大豆异黄酮(Soybean isoflavone)是一类从豆科植物中分离提取的主要活性成分^[1-2],异黄酮在自然界中的分布只局限于豆科的蝶形花亚科等极少数植物中。大豆中异黄酮含量为0.1%~0.5%,其中大豆种子中的含量最高^[3-5]。研究表明,大豆异黄酮作为一种植物性雌激素,具有类雌激素和抗雌激素双重作用,能有效预防和抑制癌症的发生,并且在抗肿瘤、预防绝经期妇女骨质疏松症以及预防心血管疾病等方面的作用也得到了流行病学和实验数据的有力支持^[6-8]。因此,大豆异黄酮及其组分具有多种生理作用,已广泛应用于食品、医药等行业。

培育高异黄酮含量的大豆是大豆品质育种的主要目标之一,明确大豆异黄酮含量的遗传规律,对指导高异黄酮大豆育种具有重要意义。孙君明

等^[9]研究表明大豆异黄酮含量具有质量-数量性状的遗传特点,由一个主效基因和若干微效基因共同控制,在主效基因遗传效应中,同时存在加性和显性效应。梁慧珍等^[10]研究表明,大豆籽粒异黄酮及其组分含量有明显的差异,籽粒异黄酮含量和黄豆甙元既受加性效应又受非加性效应的控制,不同亲本组合的GCA和SCA差异较大,并且认为在大豆高异黄酮育种中应选择高异黄酮材料作为亲本之一,选配组合时亲本最好采用高×高或高×低类型配置组合。孙君明等^[11]研究表明杂种F₂代异黄酮含量的遗传方式具有数量性状遗传特点,遗传机制呈累加作用,F₂代接近中亲值,且在大部分组合中表现杂种优势,也有部分超亲优势现象。F₂代部分组合的广义遗传力表现较高,可以在F₂代进行初步的遗传选择,杂种后代与中亲值呈显著正相关。

收稿日期:2011-12-25

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费(2000903040);转基因生物新品种培育重大专项(2011ZX08004-003);公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903007-09)

第一作者简介:毕影东(1974-),男,博士,现从事野生大豆种质资源创新与利用研究。E-mail:ydbi308@163.com。

通讯作者:来永才(1964-),男,研究员,博士,现从事野生大豆种质资源创新及利用研究。E-mail:yame0451@163.com。

野生大豆是栽培大豆的近缘野生种,具有高蛋白、多花荚和抗逆性强等特性,是重要的遗传资源。近年来野生大豆资源的收集评价和利用方面做了大量研究^[12-13],利用野生大豆或含有野生大豆血缘的种间杂交材料与高产栽培大豆杂交,是拓宽大豆遗传基础,创新选育性状优良大豆新种质资源的有效途径^[14]。该研究选用野生大豆、栽培大豆及种间高世代材料按异黄酮含量不同(高、中、低)配制杂交组合,对大豆籽粒异黄酮含量进行杂种优势分析,为进一步利用野生大豆资源拓宽大豆遗传基础提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

经过筛选的异黄酮含量显著不同的野生大豆、栽培大豆及种间高世代材料 15 份,包括野 01-177、野 01-355、野 01-694、野 01-491、野 01-175、野 01-555、龙品 01-122、龙品 05-67、ZYD 5331、黑农 37、黑农 35、合丰 39、合丰 47、龙 05-372 和龙品 05-277。

1.2 试验设计

田间试验在黑龙江农科院旱田试验基地进行,根据亲本异黄酮含量不同,将 15 份亲本材料分为高($4\ 242 \sim 5\ 618\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)、中($2\ 281 \sim 3\ 858\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)、低($848 \sim 1\ 717\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)3 组。2007 年用经过筛选的野生大豆、栽培大豆及种间高世代材料根据异黄酮含量不同,按高×高、高×低和低×低配制 36 个杂交组合,同时按亲本类型对组合进行分类,获得 F_0 代种子。2008 年春季种植所有 F_0 代种子,行距 0.75 m,株距 0.15 m,其中 3 个杂交组合 F_1 植株明显表现出杂交不亲和现象,故 2008 年收获了 33 个杂交组合的 F_1 代种子。2009 年春季按随机区组设计,将亲本、 F_0 代、 F_1 代种子分别种植在黑龙江省农科院野生大豆资源场圃中,采取双行区,3 次重复,行长 5 m,行距 0.75 m,株距 0.15 m,待成熟后按组合收获, F_1 及 F_2 代混收全部种子,为避免边际效应,去除两端的几株后连续收 15 株亲本,脱粒分析籽粒异黄酮含量。

1.3 大豆异黄酮的含量分析

用高效液相色谱法定性定量测定收获的 F_1 、 F_2 及亲本籽粒异黄酮含量^[15]。

1.4 杂种优势分析

$$\text{中亲优势}(\%) = (F_1 - \text{MP}) / \text{MP} \times 100$$

$$\text{超高亲优势}(\%) = (F_1 - \text{HP}) / \text{HP} \times 100$$

$$\text{F}_2 \text{ 优势降低率}(\%) = [(F_1 - F_2) / F_1] \times 100$$

MP 为双亲平均值,HP 为高亲值。

2 结果与分析

2.1 不同组配方式 F_1 代异黄酮含量的杂种优势

按异黄酮含量不同配制高×高、高×低和低×低杂交组合分类,分析 F_1 代异黄酮含量的中亲优势和超亲优势,结果见表 1。中亲优势率变幅为 $-39.7\% \sim 83.9\%$,高×高组合的中亲优势率最高,平均为 30.5%。中亲优势为正向优势的组合有 15 个,占全部组合的 45.5%。超亲优势率变幅为 $-47.9\% \sim 73.3\%$,高×高组合的超高亲优势率最高,平均为 20.6%。超高亲优势为正向优势的组合有 12 个,其中高异黄酮含量母本组合 5 个,占全部超高亲优势的 41.7%,说明高异黄酮亲本杂种优势明显。超高亲优势最明显的是 1 号的龙品 05-277 (♀高)×野 01-177 (♂高)组合。从组合上看,双亲异黄酮含量均高的组合,异黄酮含量普遍表现出强的超亲和中亲优势。

2.2 不同亲本类型组合 F_1 代异黄酮含量的杂种优势

将获得的 33 个杂交组合按亲本类型(栽培、野生)组合分类(图 1),具有超高亲优势的组合为 12 个, F_1 代异黄酮含量介于父母本中间值的有 13 个,低于父母本的组合 8 个。通过对 F_1 不同杂交组合杂种优势分析发现,18 个栽培与野生杂交组合中,超高亲优势组合为 11 个,占栽培与野生杂交组合的 61%,其中 1 号组合(龙品 05-277×野 01-177)的中亲优势和超高亲优势分别达到 83.88% 和 73.25%。15 个栽培与栽培杂交组合中仅有 1 个组合表现出超高亲优势,栽培与野生杂交中亲优势和超高亲优势均比较明显。

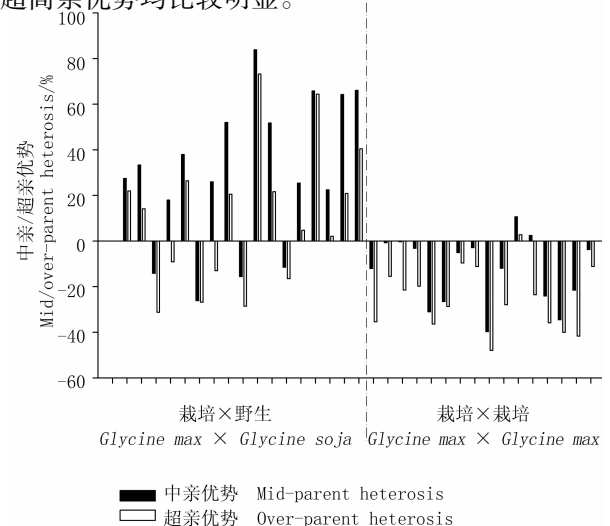


图 1 F_1 不同亲本类型杂交组合杂种优势分析

Fig. 1 Heterosis analysis in F_1 of different cross combination

表 1 F_1 不同组配方式异黄酮含量杂种优势分析
 Table 1 Heterosis analysis of isoflavone content in F_1 of different combinations

组配方式 Combinations	组合号 No.	F_1 $F_1/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	母本 Female parent/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	父本 Male parent/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	中亲优势 Mid-parent heterosis/%	超高亲优势 Over-parent heterosis/%
高 × 高	1	5822.87	3360.87	2972.54	83.9	73.3
High × High	4	4488.60	3360.87	3680.29	27.5	22.0
	7	3454.67	3360.87	2882.43	10.7	2.8
	9	2839.90	3360.87	2357.51	-0.7	-15.5
	平均 Mean	-	-	-	30.5	20.6
高 × 中	2	4088.30	3360.87	2027.11	51.8	21.6
High × Mid	5	3836.62	3360.87	2394.23	33.3	14.2
	10	2637.98	3360.87	1927.83	-0.2	-21.5
	平均 Mean	-	-	-	19.7	7.0
高 × 低	3	2805.92	3360.87	2981.08	-11.5	-16.5
High × Low	6	2312.62	3360.87	2027.11	-14.2	-31.2
	8	2571.43	3360.87	1660.22	2.4	-23.5
	11	2695.27	3360.87	2204.10	-3.1	-19.8
	平均 Mean	-	-	-	6.6	22.7
中 × 高	12	3112.78	1992.05	2972.54	25.4	4.7
Mid × High	15	3346.33	1992.05	3680.29	18.0	-9.1
	18	1850.42	1992.05	2882.43	-24.1	-35.8
	20	1499.68	1992.05	2357.51	-31.0	-36.4
	平均 Mean	-	-	-	2.9	19.1
中 × 中	13	3332.25	1992.05	2027.11	65.8	64.4
Mid × Mid	16	3025.63	1992.05	2394.23	38.0	26.4
	21	1440.62	1992.05	1927.83	-26.5	-28.7
	平均 Mean	-	-	-	25.8	20.5
中 × 低	14	3045.34	1992.05	2981.08	22.5	2.2
Mid × Low	17	1484.63	1992.05	2027.11	-26.1	-26.8
	19	1196.22	1992.05	1660.22	-34.5	-40.0
	22	1991.77	1992.05	2204.10	-5.1	-9.6
	平均 Mean	-	-	-	-10.8	18.5
	低 × 高	23	3592.61	1402.60	2972.54	64.2
Low × High	26	3201.56	1402.60	3680.29	26.0	-13.0
	29	1680.73	1402.60	2882.43	-21.6	-41.7
	31	1825.75	1402.60	2357.51	-2.9	-22.6
	平均 Mean	-	-	-	16.4	14.1
低 × 中	24	2847.62	1402.60	2027.11	66.1	40.5
Low × Mid	27	2885.86	1402.60	2394.23	52.0	20.5
	32	1003.92	1402.60	1927.83	-39.7	-47.9
	平均 Mean	-	-	-	26.1	4.4
低 × 低	25	1927.05	1402.60	2981.08	-12.1	-35.4
Low × Low	28	1447.03	1402.60	2027.11	-15.6	-28.6
	30	1474.73	1402.60	1660.22	-3.7	-11.2
	33	1588.39	1402.60	2204.10	-11.9	-27.9
	平均 Mean	-	-	-	-10.8	25.8

2.3 F_2 代异黄酮含量杂种优势变化

杂种优势主要表现在 F_1 , 从 F_2 开始则发生性状分离, F_2 群体内的个体间差异很大, 从而出现优势逐代衰退现象。 F_2 较 F_1 优势降低的程度, 因亲本性

质(即双亲遗传性差异的大小)、数目和具体杂交组合而不同。将 33 个杂交组合 F_2 代异黄酮含量优势降低率分别按亲本异黄酮含量(高、中、低)和亲本类型(栽培、野生)进行分析并绘制散点图。由图 2

可知,15个杂交组合(占总组合数的45.5%)的 F_2 代异黄酮含量杂种优势降低,降幅最大达43.6%。其中高×高组合的 F_2 优势降低率较大,低×低组合的 F_2 优势降低率较小,总体看不同异黄酮含量亲本杂交组合间的优势降低率差异不十分明显(图

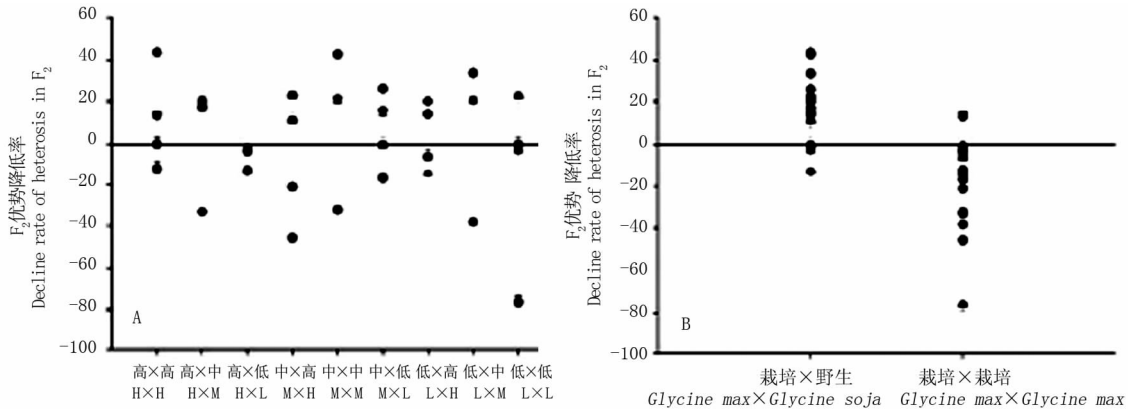


图2 F_2 异黄酮含量优势降低率

Fig. 2 Heterosis decline rate of isoflavone content in F_2

3 讨论

大豆籽粒异黄酮含量是主-微效基因共同调控的结果,易受环境影响而表现出较大幅度差异^[16-17]。该研究通过分析大豆种间杂交后代异黄酮杂种优势,发现具有超高亲优势的组为12个,其中高异黄酮含量母本组合数为5个,占全部超高亲优势的41.7%;栽培与野生18个杂交组合中超高亲优势的组为11个,占栽培与野生杂交组合的61%,说明栽培与野生杂交组合杂种优势明显。欲获得高异黄酮材料,需选用高异黄酮的亲本配置组合,以异黄酮含量高的野生大豆作为父本,综合性状优良且异黄酮含量高的栽培大豆作为母本,结合后代农艺性状和品质分析选择高异黄酮的材料。梁慧珍等^[10]通过选用8个异黄酮含量不同的大豆品种分析杂种优势时也认为在大豆高异黄酮育种中应选择高异黄酮材料作为亲本。但杂种优势主要表现在 F_1 ,从 F_2 开始则发生性状分离,从而出现优势逐代衰退现象。从分析 F_2 代异黄酮含量变化结果看,15个杂交组合(占总组合数的45.5%)的 F_2 代异黄酮含量杂种优势降低,其中14个栽培×野生组合表现为 F_2 优势降低。杂种优势往往从 F_2 开始发生性状分离,在生长势、抗逆性和产量等方面均比 F_1 显著下降。在试验结果表明采用双亲异黄酮含量高的栽培与野生组合,如以龙品05-277为母本,野01-177或野01-355为父本配置组合,能获得异黄酮含量较高的杂种优势明显的 F_1 代材料,但由于栽培与野生组合优势降低率也较明显,因此获得高异黄酮的后代材料仍需进一步选择。

2A)。在不同亲本类型组合中,栽培×野生的18个杂交组合中14个组合表现为 F_2 优势降低,而栽培×栽培的15个杂交组合仅1个组合表现优势降低(图2B)。栽培与野生杂交组合的 F_2 杂种优势降低明显,平均异黄酮含量降低20%左右。

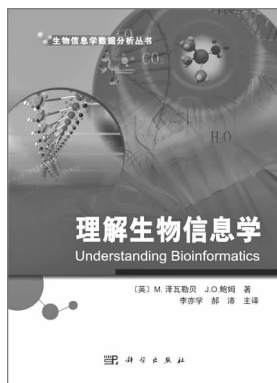
参考文献

- [1] 宁海龙,李文霞,李文滨,等.大豆籽粒异黄酮含量的遗传效应分析[J].中国油料作物学报,2006,28(3):272-275. (Ning H L, Li W X, Li W B, et al. Genetic analysis of isoflavone content in soybean (*G. max*) [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2006, 28(3): 272-275.)
- [2] Messina M, Wood C. Soy isoflavones, estrogen therapy, and breast cancer risk: analysis and commentary [J]. Nutrition Journal, 2008, 7(1): 17-28.
- [3] Kaufman P B, Duke J A, Briemann H, et al. A comparative survey of leguminous plants as sources of the isoflavones, genistein and daidzein; implications for human nutrition and health [J]. The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 1997, 3(1): 7-12.
- [4] Aoki T, Akashi T, Ayabe S. Flavonoids of leguminous plants: structure, biological activity, and biosynthesis [J]. Journal of Plant Research, 2000, 113(4): 475-488.
- [5] Yu O, Jung W, Shi J, et al. Production of the isoflavones genistein and daidzein in non-legume dicot and monocot tissues [J]. Plant Physiology, 2000, 124(2): 781-794.
- [6] Messina M J, Wood C E. Soy isoflavones, estrogen therapy, and breast cancer risk: analysis and commentary [J]. Nutrition Journal, 2008, 7(1): 17-28.
- [7] Song W O, Chun O K, Hwang I, et al. Soy isoflavones as safe functional ingredients [J]. Journal of Medicinal Food, 2007, 10(4): 571-580.
- [8] Doerge D R, Sheehan D M. Goitrogenic and estrogenic activity of soy isoflavones [J]. Environmental Health Perspectives, 2002, 110 (Suppl 3): 349-353.
- [9] 孙君明,常汝镇.大豆籽粒中异黄酮含量的质量—数量性状的遗传分析初探[J].大豆科学,1998,17(4):305-310. (Sun J M, Chang R Z. Qualitative-quantitative analysis for inheritance of isoflavone content in soybean seeds [J]. Soybean Science, 1998, 17

- (4):305-310.)
- [10] 梁慧珍,李卫东,方宣钧,等.大豆异黄酮及其组分含量的配合力和杂种优势[J].中国农业科学,2005,38(10):2147-2152. (Liang H Z, Li W D, Fang X J, et al. Genetic analysis of combining abilities and heterosis in contents of soybean isoflavone and its components among the soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(10):2147-2152.)
- [11] 孙君明,丁安林,常汝镇.大豆籽粒中异黄酮含量的遗传初步分析[J].中国农业科学,2002,35(1):16-21. (Sun J M, Ding A L, Chang R Z. Genetic analysis on isoflavone content in soybean seeds [J]. Agricultura Acta Sinica, 2002, 35(1):16-21.)
- [12] 林红,来永才,齐宁,等.黑龙江省野生大豆、栽培大豆高异黄酮种质资源筛选[J].植物遗传资源学报,2005,6(1):53-55. (Lin H, Lai Y C, Qi N, et al. Screening of germplasm with high content of isoflavones in wild and cultivated soybean in Heilongjiang [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2005, 6(1):53-55.)
- [13] 来永才,李炜,毕远林,等.黑龙江省野生大豆高异黄酮新种质创新利用研究Ⅲ.大豆种间杂交 F_1 代异黄酮的遗传规律和杂种优势的研究[J].大豆科学,2008,27(2):212-214. (Lai Y C, Li W, Bi Y L, et al. Innovation and utilization of new high isoflavone resource of wild soybean in Heilongjiang Ⅲ. Hereditary law of F_1 isoflavone content and heterosis in soybean interspecific cross [J]. Soybean Science, 2008, 27(2):212-214.)
- [14] 程春明,王瑞珍,赵现伟,等.野生大豆研究利用进展及建议[J].江西农业学报,2011,23(4):22-26. (Cheng C M, Wang R Z, Zhao X W, et al. Research advances and suggestions on application of wild soybean [J]. Acta Agriculture Jiangxi, 2011, 23(4):22-26.)
- [15] 来永才,李炜,林红,等.不同组配方式下大豆异黄酮含量的遗传分析[J].大豆科学,2011,30(4):580-584. (Lai Y C, Li W, Lin H, et al. Genetic analysis on isoflavone content of different soybean hybridization [J]. Soybean Science, 2011, 30(4):580-584.)
- [16] 张大勇,李文滨,卢翠华.黑龙江省大豆籽粒异黄酮含量生态差异[J].作物学报,2009,35(4):711-717. (Zhang D Y, Li W B, Lu C H. Ecologic difference of isoflavones content in soybean seeds in Heilongjiang province [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(4):711-717.)
- [17] Juan J G G, Wu X L, Zhang J, et al. Genetic control of soybean seed isoflavone content; importance of statistical model and epistasis in complex traits [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2009, 119(6):1069-1083.

科学出版社新书推介

理解生物信息学



M. 泽瓦勒贝 JO. 鲍姆
科学出版社 生物分社
定价:168
出版时间:2012.2
装帧:平装

该书是一本集生物信息学专业参考书和教材于一体的书,共分为7部分:基础知识、序列联配、进化过程、基因组特征、二级结构、蛋白质三级结构、细胞和组织,以及附录和字符表等。每部分由不同章节构成,大多数章节可以被归为应用章节或理论章节。因此在每部分开始时,都有应用章节,描述了特定研究领域较实用的方面。理论章节则紧随其后,解释了其科学、理论基础以及在已有应用中所使用的技术。该书还提供了思维导图、流程图、扩展阅读等其它书不常见的内容,以供读者能够在每一章、每一节开始时对整体内容有所把握,并能够了解更多扩展知识、发展技能的参考文献。

获取更多图书信息请您关注

<http://www.lifescience.com.cn/>

欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书

学士书店:[http://www.xueshi.com.cn](http://www.xueshi.com.cn;);当当网:

<http://www.dangdang.com/>; 亚马逊:[\[Amazon.cn\]\(http://www.amazon.cn/\); 京东图书:<http://book.360buy.com/>](http://www.</p>
</div>
<div data-bbox=)

科学出版社 科学销售中心

联系人:周文宇

电话:010-64022646 010-64017321

<http://shop.sciencepress.cn/>

E-mail: zhouwenyu@mail.sciencep.com