

## 小麦品质性状的遗传及选择方法研究\*

李硕碧 裴阿卫 李必运

(西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 研究了6个小麦亲本材料和它们的15个杂交组合 $F_2$ 代籽粒品质性状的遗传特点, 探讨了育种早期品质选择方法。结果表明, 籽粒硬度、蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀值的遗传均符合加性—显性模型; 沉淀值增效基因为显性, 硬度增效基因为隐性, 蛋白质含量、湿面筋含量可能具有双向显性。利用硬度、蛋白质含量和沉淀值共同构造选择指数进行综合选择, 选择结果的预期遗传进度较大。

**关键词** 小麦; 品质; 遗传; 选择指数

中图分类号: S512 文献标识码: A

## Study on Inheritance and Selection Method of Wheat Qualities

LI Shuo-Bi PEI A-Wei LI Bi-Yun

(The College of Agriculture, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract** Genetic characteristics of grain qualities of six wheat parents and fifteen  $F_2$  generations of their combinations were studied. Also quality selection methods of early generations in wheat breeding had been discussed. The results indicated that the heredity of kernel hardness, protein content, wet gluten content and sedimentation value accorded with additive-dominant model. The genes of sedimentation value increased were dominant while the genes of hardness increased were being recessive, but the genes of protein content and gluten content could be dominant in two directions. Selection index made up of hardness, protein content and sedimentation value had bigger gain of selection, so that this method could have good selection result in wheat breeding.

**Key words** Wheat; Quality; Inheritance; Selection index

小麦品质性状是很重要的育种目标之一。小麦的许多品质性状都存在或主要存在于 $3N$ 的胚乳之中, 第 $n$ 代植株上产生的种子已是第 $n+1$ 世代, 在遗传上可能同时受少数主效基因和大量微效修饰基因的控制<sup>[1, 2, 10]</sup>, 加之环境对它们的表现有极大影响, 因此, 品质遗传研究比较困难。国内外有关的研究报道较多<sup>[2~3, 6~12]</sup>, 由于受试验材料、统计方法的影响, 结果不尽相同, 难于指导育种实践。小麦籽粒硬度, 蛋白质含量, 面筋含量和沉淀值是最常用的育种早期品质选择指标。本文研究了这些品质性状的遗传特点, 探讨了早期品质选择的方法, 旨在为今后开展有效的小麦品质育种提供理论依

据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

以6个小麦品种(系), 绵阳26、温麦6号、内乡184、小偃6号、鲁麦14和安农9267为亲本材料, 以双列杂交配制正交组合15个。参试材料见表1。

#### 1.2 研究方法

1.2.1 田间试验 1998年田间配制杂交组合, 当年秋播种植 $F_1$ 代及其亲本材料, 重复3次, 行长2m, 2行区。收获的亲本及 $F_1$ 代植株籽粒( $F_2$ 籽

\* 基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96002-02-03-1); 陕西省自然科学基金项目(95SW04)。

作者简介: 李硕碧, 1957出生, 男, 陕西户县人, 副研究员, 主要从事小麦品质育种工作。

Received on(收稿日期): 2001-05-22, Accepted on(接受日期): 2002-02-22

粒) 作为品质分析样品。

表 1 参试亲本材料及其杂交组合

Table 1 Parents and their crosses used in the experiment

亲本 Parents		组合 Crosses					
代号 Code	名称 Name						
P1	绵阳 26M ianyang 26	C12	C13	C14	C15	C16	
P2	温麦 6 号 Wen mai 6#	C23	C24	C25	C26		
P3	内乡 184 Neixiang 184		C34	C35	C36		
P4	小偃 6 号 Xiaoyan 6#			C45	C46		
P5	安农 9267 Anong 9267				C56		
P6	鲁麦 14 Lumai 14				-		

$$C_{ij} = P_i \times P_j$$

1.2.2 品质分析 籽粒硬度、蛋白质含量(粗蛋白)以近红外谷物品质分析仪测定, 硬度测定值越大, 胚乳越致密; 蛋白质含量以 14% 的湿基表示, 湿面筋用机械洗面筋法, AACC 方法 38-12。沉淀值以 SDS 法测定, 结果表示为 1 克全麦粉湿基(含水量为 14%) 的测定值。所有分析项目取 3 次平行测定的平均值。

1.2.3 统计分析 采用莫惠栋方法<sup>[1, 5]</sup>分析基因作用模型及方向, 并利用选择指数法<sup>[4]</sup>构造多个性状的综合选择指数。所有数学运算均采用有关农业统计软件包完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 品质分析结果

参试材料群体品质分析结果见表 2 和表 3。

2.1.1 品质性状的变异 表 2 表明, 6 个亲本材料与它们的 15 个组合群体之间, 各品质性状平均值的差异均很小; 而变异系数和变幅则以亲本较大。亲本及其组合的沉淀值变异系数明显大于其他性状, 湿面筋次之, 硬度和蛋白质含量的变异系数均较小。所以, 沉淀值的选择效果相对较好, 这和马致良、陈绍军(1988)的结果相一致<sup>[2]</sup>。

表 2 品质分析结果的变异数

Table 2 Variation of quality characters in wheat grains

项目 Item	平均值 Average	变幅 Range	标准差 Standard deviation	变异系数 (%) C V
亲本 (n=6)				
硬度 Hardness	47.6	39.0~55.7	2.66	5.58
蛋白质含量 (%) Protein	13.6	12.5~14.7	0.84	5.15
湿面筋 (%) Gluten	30.0	27.1~35.1	1.91	6.34
沉淀值 (mL) S.V.	14.0	10.4~16.0	1.44	10.29
组合 (n=15)				
硬度 Hardness	47.9	41.7~56.3	2.07	4.33
蛋白质含量 (%) Protein	13.2	12.5~14.0	0.61	4.62
湿面筋 (%) Gluten	30.3	26.1~33.7	1.61	5.32
沉淀值 (mL) S.V.	14.0	11.2~15.9	1.16	8.31

2.1.2 亲子相关分析 由表 3 知, 组合品质性状有趋中的趋势。组合各品质性状的平均值均与其双亲平均值密切相关 ( $P < 0.01$ ), 而且比较接近。因此, 要在  $F_2$  群体中选择籽粒硬度、蛋白质含量、面筋含量和沉淀值等测定结果较高的个体, 首先必须选择测定结果较高的亲本。这几个品质性状在  $F_2$

表 3 参试材料品质分析结果的平均值和选择指数

Table 3 Averages of quality characters of hybrids and parents and their selection index

编号 Code	硬度 Hardness	蛋白质 (%) Protein content	湿面筋 (%) Wet gluten content	沉淀值 (mL) Sedimentation value	选择指数 Selection index
C12	44.3 (43.5)	13.2 (13.7)	32.4 (34.2)	14.7 (15.3)	18.19
C13	41.7 (40.2)	13.1 (13.1)	30.9 (30.2)	14.6 (14.4)	17.66
C14	48.0 (48.5)	13.5 (13.7)	33.6 (31.1)	13.8 (12.7)	18.57
C15	48.7 (48.5)	13.2 (14.2)	27.0 (29.5)	15.3 (15.5)	19.22
C16	46.7 (44.7)	13.3 (13.6)	33.0 (31.8)	12.3 (14.0)	17.64
C23	43.3 (42.4)	12.6 (13.1)	29.9 (31.1)	13.8 (14.8)	17.47
C24	48.7 (50.7)	13.3 (13.7)	30.4 (32.0)	14.3 (13.0)	18.84
C25	45.7 (50.7)	13.5 (14.2)	30.3 (30.4)	15.9 (15.8)	19.06
C26	49.0 (46.9)	13.2 (13.6)	33.3 (32.7)	13.5 (14.3)	18.53
C34	46.7 (47.4)	12.9 (13.1)	30.7 (28.0)	12.9 (12.2)	17.74
C35	44.7 (47.4)	13.2 (13.6)	28.1 (26.4)	15.2 (15.0)	18.47
C36	45.7 (43.5)	12.5 (13.0)	27.9 (28.7)	11.2 (13.5)	16.76
C45	56.3 (55.7)	14.0 (14.2)	26.1 (27.3)	15.0 (13.2)	20.64
C46	56.3 (51.9)	13.6 (13.6)	33.7 (29.6)	12.1 (11.7)	19.30
C56	52.3 (51.9)	13.3 (14.1)	26.9 (27.9)	14.9 (14.5)	19.71
P1	41.3	13.6	33.3	14.9	
P2	45.7	13.7	35.1	15.6	
P3	39.0	12.5	27.1	13.9	
P4	55.7	13.7	28.9	10.4	
P5	55.7	14.7	25.6	16.0	
P6	48.0	13.5	30.2	13.0	
$F_{2m}$	0.856**	0.758**	0.690**	0.634**	

圆括号中数字为中亲值 Figure in parentheses indicates mid-parent value

代籽粒基本都表现出中间遗传。但不同组合表现出差异, 超高亲、倾高亲、近中亲、倾低亲、甚至低于低亲的遗传现象都存在。硬度有超高亲组合, 沉淀值倾高亲遗传现象明显, 两者都存在双亲高后代也高的趋势。这些研究结论同前人的有关报道基本一致<sup>[2, 3, 6-9, 11, 12]</sup>。也有研究者认为, 沉淀值在杂种中有正向超亲现象<sup>[2]</sup>, 这还有待于进一步研究。

亲子之间的关系还可用线性回归分析来说明, 以中亲值为自变量, 后代平均值为应变量, 回归结果和散点分布见图 1。各性状的线性回归均极显著 ( $P < 0.01$ ), 回归决定系数为 40.1% ( $0.6336^2$ )~73.6% ( $0.8565^2$ ), 因此, 在一定程度上可用双亲均值估计  $F_2$  群体籽粒性状值, 提高亲本选配目的性和成功率。

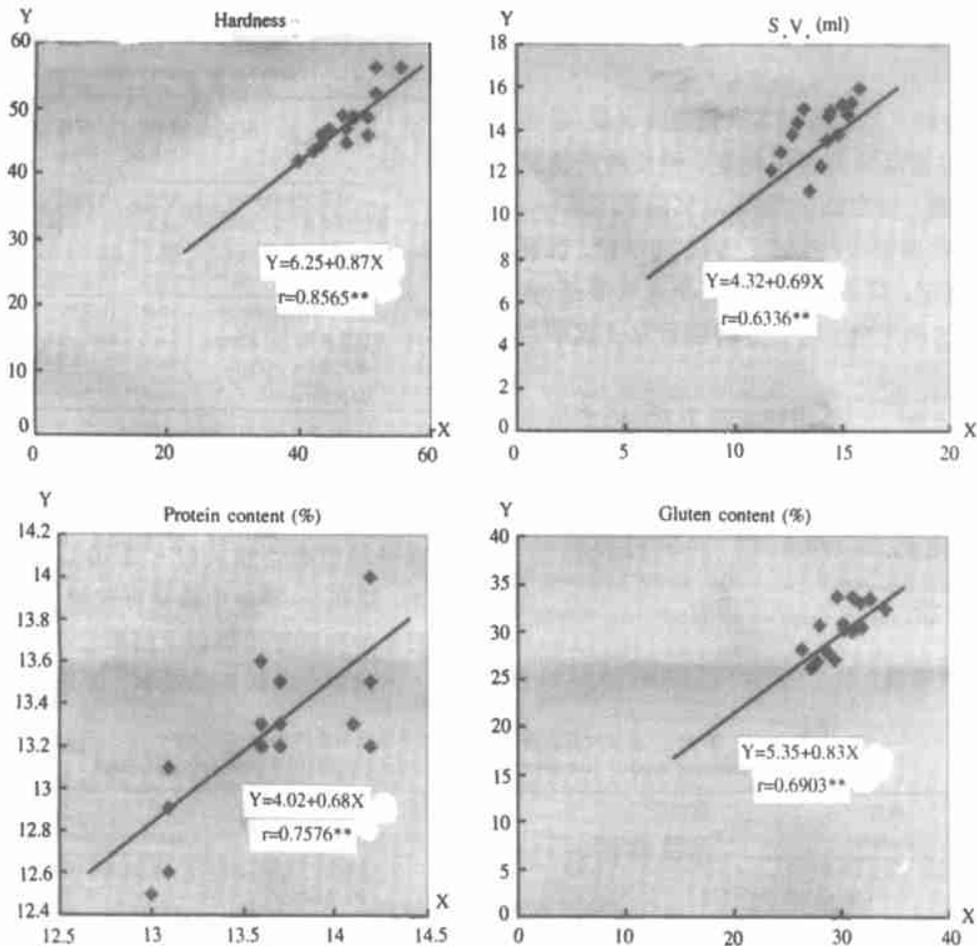


图 1 中亲值(X)与组合平均值(Y)回归曲线

Fig 1 Linear regression of combination mean (Y) on mid-parent value (X)

2.2 遗传模型及其基因作用方向分析

根据莫惠栋(1988)的胚乳性状双列模型分析法<sup>[1, 10]</sup>, 若系列协方差  $W_{r(i)}$  和系列方差  $V_{r(i)}$  线性回归分析接受  $H_0: \beta = 1$ , 则基因作用方式符合加性—显性模型。在符合加性—显性模型时,  $W_{r(i)}$  和  $V_{r(i)}$  的值随第  $i$  亲本所携带的显性等位基因的增多而减少, 因此, 由第  $i$  亲本的  $W_{r(i)} + V_{r(i)}$  和亲本平均数  $P_i$  的相关系数可以推断显隐性等位基因作用方向: 显著正相关表示隐性基因为增效, 显著负相

关表示显性基因为增效, 无显著相关则表示双向显性, 即不同位点可能有不同的显性方向。

亲本及杂种  $F_2$  籽粒各性状方差分析表明, 四性状基因型间、区组间均存在极显著差异。进一步对各性状进行  $W_{r(i)} - V_{r(i)}$  回归分析, 计算  $W_{r(i)} + V_{r(i)}$  和亲本平均数  $P_i$  相关系数  $R$ , 其结果列于表 4。从表 4 知, 四个品质性状的回归测验均接受  $H_0: \beta = 1$ , 即  $F_2$  代籽粒的硬度、蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀值的遗传均符合加性—显性模型。又

据相关系数  $R$  知, 控制沉淀值遗传的增效基因为显性, 而控制硬度的增效基因为隐性, 控制蛋白质含量、湿面筋含量的基因可能存在双向显性。这和董进英等(1995)<sup>[3]</sup>对  $F_2$  籽粒蛋白质含量和沉淀值的研究结果既有相同点又存在差异, 可能和试验材料不同有关。这个结果也解释了本文前面沉淀值变异大, 较易进行遗传改良的结论。

表 4  $WR_{(0)}-VR_{(0)}$  线性回归系数及相关系数  $R_{WR_{(0)}+VR_{(0)}, P_1}$

性状 Character	回归系 数 b	显著性测验 $T_{est}$		相关系数 $R_{WR_{(0)}+VR_{(0)}, P_1}$
		$H_0 \beta=0$	$H_0 \beta=1$	
硬度 Hardness	0.9660	$t=7.17^{**}$	$t=0.25$	0.8145*
蛋白质 Protein	0.8770	$t=4.19^*$	$t=0.59$	0.6806
湿面筋 Gluten	0.5310	$t=2.93^*$	$t=2.58$	0.4001
沉淀值 S.V.	0.9410	$t=4.88^{**}$	$t=0.31$	-0.9460**

### 2.3 综合品质性状的选择指数

小麦加工品质是复杂的综合性状。单性状选择往往会顾此失彼, 多个性状直接选择却难以面面俱到。然而, 小麦育种早期品质选择通常希望在沉淀值得到改良的前提下, 籽粒硬度、蛋白质和面筋含量三个性状也得到同步改良。利用  $F_2$  代籽粒这些品质性状构造选择指数(见表 5)进行间接的综合选择<sup>[4]</sup>, 可以克服直接选择的困难。从表 5 可以看出: 以蛋白质含量( $X_2$ )、硬度( $X_3$ )和面筋含量( $X_4$ )三者为选择性状分别或同时对沉淀值( $X_1$ , 目标性状)构造选择指数(指数 1~3), 其选择的预期遗传进度(0.98~1.72)较小, 这可能由于蛋白质含量和面筋含量遗传力较低<sup>[2, 3, 7]</sup>, 硬度与沉淀值相关性较小的缘故。三个性状同时构造选择指数(指数 3)相对

表 5 小麦  $F_2$  籽粒品质性状选择指数及其有关遗传参数

指数 编号 Code	选择指数 Selection index	遗传进度 Gain of selection	相关 系数 $r_{IV}$	遗传力 (%) $h_1^2$
1	$I=1.12X_2$	0.98	0.3719	-
2	$I=1.98X_2-0.13X_3$	1.37	0.5220	-
3	$I=2.16X_2-0.15X_3-0.17X_4$	1.72	0.6522	-
4	$I=0.55X_1+0.37X_2$	1.76	0.9008	81.35
5	$I=0.53X_1+0.35X_3$	3.44	0.9307	86.64
6	$I=0.49X_1+0.16X_4$	1.46	0.8103	67.82
7	$I=0.42X_1+0.34X_2+0.25X_3$	2.76	0.9334	87.17
8	$I=0.29X_1+0.71X_2+0.21X_3-0.02X_4$	2.55	0.9292	87.28

$X_1$ ——沉淀值 Sedimentation value  $X_2$ ——蛋白质含量 Protein content  
 $X_3$ ——硬度 Hardness  $X_4$ ——面筋含量 Gluten content

较好。而利用沉淀值和这些品质性状中某一个或某几个同时作为选择性状, 共同构造选择指数(指数 4~8), 其选择的预期遗传进度(1.46~3.44)较大。其中沉淀值与硬度共同构造选择指数(指数 5)的预期遗传进度最大, 与蛋白质和硬度共同构造选择指数(指数 7)的预期遗传进度次之, 与面筋含量构成的选择指数(指数 6)的遗传进度最小。指数 8 的预期遗传进度并没有因为面筋含量( $X_4$ )的加入而增大, 反而降低。考虑到蛋白质是小麦加工品质的物质基础及其在提供人类营养方面的重要作用, 我们仍以构造指数 7, 即沉淀值、蛋白质含量、硬度三者共同构造选择指数, 同步改良为最佳方案。面筋是蛋白质存在的特殊形式, 可以不被作为重点。根据指数 7 计算出参试组合的选择指数见表 1。组合  $C_{45}$ (小偃 6 号  $\times$  安农 9267)选择指数较大, 适宜作为硬质面包小麦组合, 而组合  $C_{36}$ (内乡 184  $\times$  鲁麦 14)选择指数较小, 适宜为软质小麦。

### 3 讨论

3.1 小麦育种早期品质选择指标, 包括籽粒硬度、蛋白质含量、面筋含量和沉淀值, 在  $F_2$  代籽粒中以中间遗传为主, 因此, 只有选择这些性状测定结果较高的亲本, 才有望筛选出优质后代。

3.2 籽粒硬度因遗传力较大<sup>[2]</sup>和对品质的影响显著而常受到育种者的重视。值得强调的是, 在育种实践中以角质率作为反映小麦籽粒胚乳质地的指标是可行的, 但若用角质率完全取代硬度是不可靠的。角质率受种子含水量和成熟程度的影响很大, 而硬度主要受遗传因素影响。

3.3 利用沉淀值、籽粒硬度、蛋白质含量共同构造选择指数, 进行综合选择,  $F_2$  代籽粒的预期选择效果较好, 不失为一种有效的早代品质选择途径。

3.4 关于小麦品质性状的遗传研究已有较多报道<sup>[2, 3, 6~12]</sup>, 但结果多有不相同。如认为: 蛋白质含量遗传符合加性—显性模型, 或以加性为主, 甚至有上位性效应; 沉淀值遗传或以加性效应为主, 或为加性—显性, 或为超显性; 面筋含量主要受显性基因控制等。这些研究忽视了胚乳性状受  $3n$  遗传控制, 皆采用了二倍体遗传模型, 且往往错把  $n+1$  代种子当成  $n$  代种子分析, 因此, 研究结果产生较大偏差, 可能对后代选择产生误导。

## References

- [1] Mo H-D (莫惠栋). Genetic analysis for endosperm traits in diallel design. *Journal of Jiangsu Agricultural College* (江苏农学院学报), 1988, 9(3): 1~10
- [2] 莫惠栋. 麦类作物品质性状遗传研究进展. 南京: 江苏科技出版社, 1990. 1~34; 123~135
- [3] Dong J-Y (董进英), Zhao Z-D (赵振东), Liu J-J (刘建军) et al. Genetic analysis of protein content and sedimentation value on winter wheat grains. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 1998, 21(3): 330~333
- [4] 黄金龙, 孙其信, 张爱民等. 电子计算机在遗传育种中的应用. 北京: 农业出版社, 1991. 302~333
- [5] Mo H-D (莫惠栋). The analysis of genetical model for dialled data. *Journal of Jiangsu Agricultural College* (江苏农学院学报), 1987, 8(1): 59~64
- [6] 庄巧生, 杜振华. 中国小麦遗传研究进展. 北京: 中国农业出版社, 1996. 178~210
- [7] Li Z-Z (李宗智). Studies on inheritance and correlation of some quality characteristics in winter wheat. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 1990, 16(1): 8~17
- [8] Li Z-Z (李宗智). The analysis of combining ability of quality and agronomic characteristics of wheat. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 1985, 11(2): 121~130
- [9] Zhu M-Y (朱睦元), Xu A-B (徐阿炳), Pei H-P (裴洪平) et al. Genetic analysis of grain protein content and its quality in common wheat. *Acta Genetica Sinica* (遗传学报), 1983, 10(5): 352~361
- [10] Mo H-D (莫惠栋). *Proceedings of the Second International Conference on Quantitative Genetics*. Sinaur Associates, Inc, 1988. 478~487
- [11] Fischer R A. Early generation selection in wheat: II. Grain quality. *Aust J Agri Res*, 1980, 40(6): 1135~1142
- [12] Yamazaki W T. Evaluation soft wheat quality of early generation progenies. *Crop Sci*, 1972, 12(3): 374~375

## 第三届“全国优秀农业期刊奖”获奖期刊名单

(1997~2001年)

## 一等奖

学术类  
中国农业科学  
园艺学报  
作物学报  
玉米科学  
麦类作物学报  
中国农学通报  
中国油料作物学报  
中国生态农业学报  
蚕业科学  
上海农业学报  
棉花学报  
河北农业大学学报(自然版)  
福建农业大学学报  
江苏农业研究  
吉林农业大学学报  
江苏农业学报  
土壤与环境  
中国水产科学  
西北林学院学报  
技术类  
中国蔬菜  
中国果树  
落叶果树  
植保技术与推广  
食用菌  
中国兽医科技  
浙江农业科学  
饲料博览  
江苏林业科技  
社科类  
农业经济问题  
综合类  
中国水土保持  
科普类  
农村新技术  
农村电工  
新农业

## 二等奖

学术类  
山东农业科学  
福建农业学报  
上海水产大学学报  
灌溉排水  
水产学报  
浙江农业学报  
天津农学院学报  
贵州农业科学  
技术类  
种子世界  
新疆农垦科技  
中国草食动物  
植物保护  
长江蔬菜  
天津农林科技  
广东饲料  
农业科技通讯  
北方园艺  
中国种业  
江苏农业科学  
安徽农业科学  
甘肃农业科技  
草食家畜  
社科类  
南方农村  
西北农林科技大学学报(社科版)  
综合类  
中国农业资源与区划  
农业科技管理  
科普类  
农家参谋  
致富天地  
新农村  
检索类  
中国农业文摘—农业工程  
中国水产文摘

## 三等奖

学术类  
中国烟草科学  
佛山科技学院学报  
中国草地  
水产科学  
经济动物学报  
海洋水产研究  
内蒙古民族大学学报(自然版)  
北京农学院学报  
中国预防兽医学报  
技术类  
中国兽医医学杂志  
中国兽医杂志  
青海农林科技  
中国家禽  
山西果树  
节水灌溉  
福建农业科技  
甘肃畜牧兽医  
农药科学与管理  
农资科技  
云南农业科技  
中国森林病虫害  
国外畜牧科技  
四川畜牧兽医  
种子科技  
内蒙古林业调查设计  
作物杂志  
吉林蔬菜  
内蒙古林业科技  
贵州畜牧兽医  
福建茶叶  
社科类  
上海农村经济  
综合类  
中国农业信息快讯  
科普类  
科学养鱼  
农家之友  
北京农业  
养殖技术顾问