

冷型小麦品质稳定性的研究*

张嵩午^{1**} 刘党校²

西北农林科技大学 1. 理学院; 2. 农学院, 杨凌 712100

摘要 在自然界, 小麦依其冠层温度的状态可分为冷型、暖型和中间型。冷型小麦和其他两类小麦相比, 具有优良的代谢功能、组织结构和较强的抗逆性, 非常利于小麦的高产、稳产。在环境生态条件尤其气象条件影响下, 对17项重要小麦品质性状变异的研究表明, 冷型小麦和暖型、中间型小麦相比, 其品质的变异小、稳定性好, 这利于已经实现的品质育种目标在生产中的保持和重演。造成冷型小麦品质稳定性强的基本原因是不同环境下代谢功能较为稳定。由于冷型小麦在产量和品质方面的一系列优良特性, 有可能在冷型小麦上出现集高产、稳产、优质、稳质于一身的优势生产状态, 这对小麦品质变化理论的深入探讨和小麦生产的进一步提升均有十分重要的意义。

关键词 冷型小麦 品质变异 稳定性

小麦品质稳定性的问题越来越引起人们的注意。因为, 当今在把小麦优质作为主要育种目标之一的潮流中, 所育出的具有较好品质的品种在生产中并不能经常再现他们的品质水平, 优良品质性状变成非优良品质性状, 优质品种变成非优质品种屡有发生, 这对小麦生产、粮食加工、出口贸易和人民生活造成了负面影响。引起品质变异的主要原因是环境生态条件发生了变化, 其中气象条件的改变具有突出作用。在前人的研究中, 一些学者注意到不同小麦基因型在品质变异中的差异, 并且注意到少数小麦基因型具有品质变异较小、较稳定的特性^[1-5], 但未能加以深究, 致使这项具有重要意义的研究仍处在一种结果分散零碎、缺乏规律性认识的状态。近些年来, 作者开展了小麦品质变异研究, 并把研究对象锁定在冷型、暖型和中间型小麦身上。这3类温度型小麦的基本概念是: 在任何一个小麦生态地区, 若以当地生产上经久不衰的小麦品种作为比对的标准, 则所有的小麦材料和品种都可分别归属于3种温度型, 即冷型、暖型和中间

型^[6-11]。所谓冷型小麦是指灌浆结实期(开花到成熟)和标准品种相比冠层温度与之相当或持续偏低的小麦; 如果冠温表现为持续偏高则称为暖型小麦; 还有一些小麦, 他们的冠温在有些年份似冷型小麦(冷型态), 有些年份似暖型小麦(暖型态), 有些年份先暖后冷(冷尾态), 有些年份先冷后暖(暖尾态), 或表现为更复杂的温度态, 不像冷型和暖型小麦的冠温那样单一, 则这些小麦称之为中间型小麦, 他们目前是生产上的主体。很显然, 这种类型的小麦其温度态不够稳定, 具多态性。小麦温度型和植株代谢功能有着十分紧密的联系, 冷型小麦的代谢功能最好且较稳定; 暖型小麦最差; 中间型小麦的变化较大, 当某年的冠温表现为冷型态时, 其代谢功能和冷型小麦较接近, 表现为暖型态时则和暖型小麦较相似。另外, 组织结构的研究亦表明, 冷型小麦具有较明显的复杂化倾向, 对正常或不利环境下保持好的活力有积极促进作用。若对上述3类温度型小麦从种质角度进行审视, 则他们可分别冠以低温种质、高温种质和中间温种质的名

2006-04-25 收稿, 2006-07-06 收修改稿

* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 30270766, 30470333)

** E-mail: coldwheat@hotmail.com

称。由于冷型小麦具有良好的代谢功能、组织结构和较强的抗逆性,非常利于高产、稳产,因而引起了人们的重视,当然,这也就引发了人们进一步关注它的品质变化的兴趣。事实是,当把这3类温度型小麦置于对小麦品质有突出影响的不同气象条件下时,品质变异不可抗拒地发生了,完全符合人们早已知道的“环境变,品质变”的规律。不仅如此,令人注目的另外一种现象也浮出了水面,即参试材料的品质变异程度深深打上了温度型的烙印,出现了依温度型之不同而使品质变异有明显区隔的状况。这使人们认识到,对小麦品质变异的某些重要生物学现象很有探索的必要,下面围绕不同气象条件对以冷型小麦为主的温度型小麦籽粒品质的作用这一问题进行较为深入的阐述。

1 材料和方法

1.1 实验设计

试验地位于中国陕西省渭河谷地的西北农林科技大学农作试验站,该站位于东经 $108^{\circ}04'$,北纬 $34^{\circ}20'$,属中国最重要的小麦产区——黄淮平原冬麦区,为暖温带半湿润气候,年平均气温 12.9°C ,年平均降水量 623.2mm 。

从2000年秋播起连续5年进行了小麦品质变异研究。为使小麦生长发育的环境气象条件形成鲜明对比,不但在试验站连年构建了模拟干旱棚,而且在2004年、2005年还连续两年构建了模拟阴雨棚,从4月中旬起(小麦拔节后)直到6月上旬(小麦成熟)止,对干旱棚内的小麦材料断绝了一切形式的水分补给,造就了一个和棚外土壤相比十分严重的干旱环境;与此同时,在阴雨棚内安装了人工降雨装置,对小麦材料施行了间隙性定时降雨,造就了同样严重的连阴雨环境。如干旱棚2004年5月21日(乳熟期)测定,土壤深度从0—100cm,土壤湿度为 7.9% — 12.5% ,总体已十分干旱,表层土壤已达到凋萎湿度。同年阴雨棚内,不但光强减弱到自然光强的 50% ,且基本每隔2日通过棚内均匀分布的喷头降雨一次,到成熟时,总降雨量已达 163.0mm ,远超过当地同期平均自然降水量 78.7mm 的水平,也突破了20a来当地同期最多降水量 135.3mm 的界限。

参试的典型冷型小麦材料有小偃6号,陕229, RB6和439,其中小偃6号是本实验认定的标准品种,它是远缘杂交的产物,在当地生产上已使用30a,经久不衰,不但产量较高、较稳,且品质优良。为显示冷型小麦品质变异的特点,特选用典型的暖型小麦偃师9号, NR9405, 9430, 95H7和典型的中间型小麦NC332,矮丰3号,商188, TU2作为对照。这些材料按同一规格分别种植在干旱棚内、阴雨棚内和棚外正常自然条件下,其基本状况是:前作均为空茬,土壤均为红油土,它们的肥力属当地中上等水平,即按常规施基肥、追肥后每公顷约有 $6000\text{—}7500\text{kg}$ 籽粒产出;小麦材料随机排列,重复3次,每小区5行,行长 1.5m ,行距 0.25m ,株距 0.03m ,于10月上旬(当地最佳播期)点播;小麦越冬期间适时进行了冬灌,其他诸如中耕、施肥、防治病虫害等皆按黄淮平原品种比较试验的要求进行。

为了取得更为丰富的小麦品质变异资料,还在2004年将上述小麦材料分别种植在关中东部旱塬的合阳和长江下游的杭州,合阳的干旱十分严重,干热风亦常有侵扰,而杭州则是小麦生育后期湿害的重发地区。这样,以冷型小麦为主要研究对象的全部参试材料就置于多年、多地、多种试验处理并以正常、干旱、连阴雨天气为主要内容的多样环境条件影响之下,获得了较为丰富的小麦品质变异资料。

1.2 测定方法

首先,对小麦材料在正常、干旱和阴雨天气条件下的冠层温度进行了测定,所用仪器为中国北京思爱迪生态科学仪器公司制造的BAU—I型红外测温仪,该仪器的分辨率为 0.1°C ,测温精度为常温 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$,响应时间 $2\text{—}3\text{s}$,视场角 5° ,比辐射率 0.95 ;观测时间以 $13:00\text{—}15:00$ 各小麦材料冠层温差最明显时为主;测定方法系农田小气候观测常用的对称法。

小麦成熟收获并在安全水分下储存3个月后,测定了每个小麦材料17项重要品质性状。蛋白质含量用Perten公司生产的Informatic 8620近红外分析仪按国际谷物化学协会(ICC)202方法测定;出粉率用Brabender公司生产的Quadrumat Junior

实验磨粉机出粉并计算出粉率;籽粒硬度用近红外法(NIR)测定;面筋含量用 Falling Number 公司生产的 Glutomatic system 2200 面筋测定仪按 ICC 106 方法测定;沉降值用 Bradender 公司生产的沉降值仪按 ICC 116, 118 方法测定;粉质图诸参数用 Brabender 公司生产的粉质仪用 ICC 115 方法测定;拉伸图诸参数用 Brabender 公司生产的拉伸仪按美国谷物化学协会(AACC) 54—10 方法测定.

2 结果与分析

2.1 品质变异分级

小麦材料在上述多种反差很大的天气条件作用下,其品质发生了变异.为了清楚表示品质变异的差别,作者首先以本实验所提供的品质数据为依据,求出每个小麦材料、每个品质性状的变异系数,即 $CV = \frac{S}{\bar{X}}$ (式中 CV 代表变异系数, \bar{X} 代表样本均值, S 代表标准差).然后将全部参试材料、每个品质性状的变异系数通过找出最大值与最小值、决定组距和组数、决定分点和数出频数等一系列步骤,定出每个材料、每个品质性状变异的级别,比如拉伸面积这一品质性状变异的分级就如表 1 所

示.

表 1 不同小麦材料拉伸面积变异分级

级别	变异系数分组/%	小麦材料及其变异系数/%
I	10.120—15.806	RB6(15.08), NR9405(14.06), 95H7(10.12)
II	15.806—21.492	小偃 6 号(20.44), 陕 229(20.77), 439(16.69)
III	21.492—27.178	偃师 9 号(27.14), 9430(26.50), NC332(22.35)
IV	27.178—32.864	矮丰 3 号(29.47), 商 188(32.77)
V	32.864—38.550	TU2(38.55)

在表 1 中, I 级表示该品质性状变异小、稳定; II 级表示变异系数较小、较稳定; III 级表示变异、稳定性处于居中状态; IV 级表示变异系数较大、较不稳定; V 级表示变异系数大、不稳定.本研究中所有小麦材料的所有 17 个品质性状均按上述步骤进行了品质变异程度分级,这为下面进一步的分析奠定了基础.

2.2 冷型小麦品质变异状况

冷型小麦及其对照暖型和中间型小麦各品质性状的变异级别频数见表 2.

表 2 不同温度型小麦各品质变异级别频数分布表

级别	冷型小麦				暖型小麦				中间型小麦			
	小偃 6 号	陕 229	RB6	439	偃师 9 号	NR9405	9430	95H7	NC332	矮丰 3 号	商 188	TU2
I	5	4	4	9	4	3	2	2	0	0	5	2
II	7	7	7	1	3	4	6	7	4	4	1	3
III	4	5	2	3	5	5	6	2	5	6	4	4
IV	1	1	3	2	4	1	3	3	3	4	6	4
V	0	0	1	2	1	4	0	3	5	3	1	4
Σ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

从表 2 看出,在全部 5 个等级 17 项品质性状中,几乎所有小麦材料在某个级别上都有某项或某几项品质性状的变异分布,“0”者很少,但分布的趋势有明显不同,即冷型小麦在变异系数较小的 I, II 级其频数之和明显高于变异系数较大的 IV, V 级的频数之和,中间型小麦的频数分布状况与上述完全相反,而暖型小麦则居于冷型和中间型小麦之间.

为了更清楚地显示出上述分布特征,现将总体

上品变异较小的 I, II 级归为一类,变异较大的 IV, V 级归为另一类,并求出各小麦材料的相对频数(图 1, 图 2).

相对频数表示每个小麦材料在全部 17 项品质性状中,其变异出现在 I—II 级(IV—V 级)的品质项目占全部品质项目的百分比.经对图 1 中冷型、暖型和中间型小麦的相对频数进行 F 检验, $F = 48.54$, 则 $F > F_{0.01}(2, 9) = 8.02$, 差异达极显著水平.经对图 2 中冷型、暖型和中间型小麦的相对频

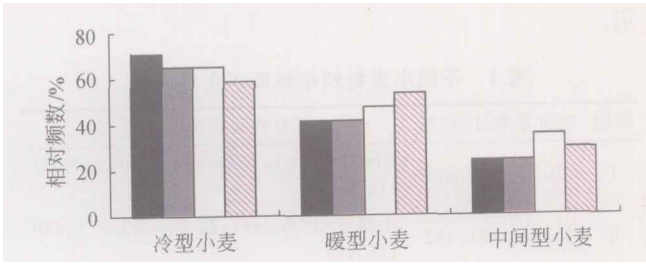


图 1 不同温度型小麦在品质变异 I—II 级范围内的相对频数

图中从左到右冷型小麦分别代表小偃 6 号, 陕 229, RB6 和 439; 暖型小麦分别代表偃师 9 号, NR9405, 9430 和 95H7; 中间型小麦分别代表 NC332, 矮丰 3 号, 商 188 和 TU2

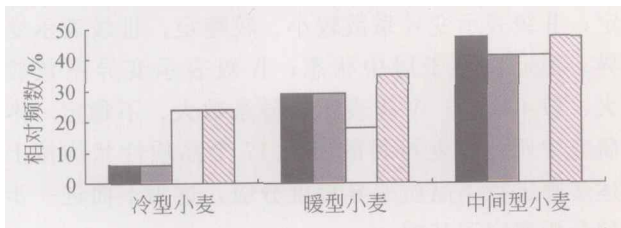


图 2 不同温度型小麦在品质变异 IV—V 级范围内的相对频数

图中冷型、暖型和中间型小麦材料同图 1

数进行 F 检验, $F = 14.87$, 则 $F > F_{0.01}(2, 9) = 8.02$, 差异亦达极显著水平。这说明, 冷型小麦在

不同气象条件作用下, 其品质变异有明显的变异小、稳定性好的倾向, 这和其他两类温度型小麦形成较大反差, 尤其和中间型小麦的差异更大。

下面进一步用各小麦材料全部 17 项品质性状变异等级的加权平均值来阐明不同温度型小麦的品质变异状况。各品质性状对综合品质的贡献即权数依“加权法”^[12]确定, 并算出每个小麦材料、每个品质性状变异等级的加权值, 再据

$$\bar{X} = \frac{f_1x_1 + f_2x_2 + f_3x_3 \cdots + f_nx_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^p fx}{n}$$

求出各小麦材料品质变异等级的加权平均值, 结果见表 3。

从表 3 看出, 冷型小麦各品质变异级别的加权平均值明显较低, 中间型小麦明显较高, 暖型小麦则居于上述两者之间。经对冷型、暖型和中间型小麦的加权平均值进行 F 检验, $F = 32.28$, 则 $F > F_{0.01}(2, 9) = 8.02$, 差异达极显著水平, 这说明, 不但从前面的品质变异级别频数、相对频数分布状况看, 还是从品质变异的总体平均水平看, 冷型小麦都具有较为明显的品质变异小、稳定性好、保守

表 3 不同温度型小麦各品质性状变异等级的加权值和加权平均值

品质性状	冷型小麦				暖型小麦				中间型小麦			
	小偃 6 号	陕 229	RB6	439	偃师 9 号	NR9405	9430	95H7	NC332	矮丰 3 号	商 188	TU2
蛋白质含量	0.2152	0.3228	0.4304	0.4304	0.3228	0.1076	0.2152	0.3228	0.3228	0.4304	0.3228	0.3228
出粉率	0.0760	0.0760	0.1520	0.0380	0.0380	0.0760	0.0760	0.0760	0.1520	0.1900	0.1520	0.1520
籽粒硬度	0.1329	0.0886	0.0886	0.2215	0.0443	0.2215	0.1329	0.1772	0.1329	0.0886	0.1772	0.0443
湿面筋含量	0.1898	0.3796	0.0949	0.2847	0.3796	0.1898	0.2847	0.3796	0.2847	0.3796	0.3796	0.3796
干面筋含量	0.0759	0.0759	0.0506	0.0253	0.0759	0.0253	0.0759	0.1012	0.0506	0.1265	0.0253	0.1265
面筋指数	0.0127	0.0127	0.0381	0.0635	0.0254	0.0254	0.0508	0.0127	0.0508	0.0381	0.0127	0.0254
沉降值	0.0886	0.1772	0.1772	0.2658	0.3544	0.2658	0.3544	0.1772	0.1772	0.4430	0.4430	0.2658
吸水率	0.2280	0.2280	0.3800	0.2280	0.3040	0.3800	0.2280	0.3800	0.3800	0.3040	0.2280	0.0760
面团形成时间	0.0823	0.0823	0.0823	0.0823	0.0823	0.1646	0.0823	0.1646	0.4115	0.1646	0.1646	0.4115
面团稳定时间	0.1898	0.0949	0.1898	0.0949	0.0949	0.2847	0.0949	0.4745	0.4745	0.1898	0.0949	0.2847
弱化度	0.2280	0.1710	0.0570	0.0570	0.1140	0.2850	0.1140	0.1710	0.2580	0.1140	0.0570	0.1140
评价值	0.1140	0.1140	0.1140	0.0570	0.2280	0.2280	0.1140	0.1140	0.2280	0.1710	0.2280	0.1140
粉质指数	0.0189	0.0063	0.0126	0.0063	0.0126	0.0315	0.0126	0.0315	0.0315	0.0189	0.0063	0.0252
最大拉伸阻力	0.1266	0.1266	0.1899	0.0633	0.1899	0.1899	0.1899	0.1266	0.1266	0.1899	0.1899	0.3165
50mm 处拉伸阻力	0.0317	0.0634	0.0634	0.0317	0.0951	0.0951	0.1268	0.0634	0.0951	0.0951	0.1268	0.0951
延伸度	0.0633	0.1899	0.2532	0.2532	0.3165	0.1899	0.1266	0.1266	0.1266	0.1899	0.1899	0.2532
拉伸面积	0.1140	0.1140	0.0570	0.1140	0.1710	0.0570	0.1710	0.0570	0.1710	0.2280	0.2280	0.2850
加权平均值	1.9877	2.3232	2.0890	2.3169	2.8487	2.8171	2.4500	2.9559	3.5008	3.3614	3.0260	3.2916

性强的特性, 暖型小麦次之, 中间型小麦相对来说最不稳定, 保守性最弱, 易在外界环境影响下发生变化。

3 讨论

据作者多年研究^[8], 小麦所以有冷暖之分, 盖源于外因和内因的共同作用, 外因主要指小麦群体第二热源(地面)对群体的影响, 内因则主要指植株本身的活力。活力是小麦体内复杂代谢过程的综合反映, 这些过程互相联系、影响、制约, 共同影响着小麦的活力水平, 就冠层温度而言, 直接起作用的则是植株蒸腾, 蒸腾强且维持时间长会使冠温较低, 反之则使冠温较高, 但是, 植株蒸腾的强弱并不是一种孤立现象, 它是植株本身总的活力高低的一种反映, 和根系的发达程度以及植株的 N 代谢、C 代谢、活性氧代谢等均有密切关系, 因而, 说冠层温度的高低在某种程度上是植株代谢功能好坏的外部信号是有其理论和实践根据的。而小麦品质的形成是植株体内复杂生理生化过程作用的结果, 这些过程受控于基因型和环境的相互作用, 因而, 在探讨小麦品质变异强弱的原因时就提供了这样一种思路: 通过研究不同气象条件下小麦冠温状态变化的大小, 就能间接得知植株代谢功能起伏的程度, 从而最终对小麦品质变异强度或保守性强弱作出判断。下面就围绕这一思路进行一些分析。

首先, 求出不同温度型小麦冠层温度的多样性指数^[13], 其公式为 $H' = -\sum P_i \ln P_i$, 公式中 H' 代表多样性指数, P_i 为某性状第 i 级别内材料份数占总份数的百分比。小麦冠温如前所述分为 6 种状态, 即持续偏冷的冷型态、持续偏暖的暖型态、先暖后冷的冷尾态、先冷后暖的暖尾态、冷暖相间以冷结尾的较复杂的温度态和冷暖相间以暖结尾的较复杂的温度态。由于冷型小麦在任一年份、任何气象条件下其冠温均表现为冷型态, 状态单调, 故 $H' = 0$; 暖型小麦的冠温总以暖型态的面目出现, 状态亦甚单调, 故 $H' = 0$; 而从本实验 4 个中间型小麦的冠温看, 上述 6 种温度状态在不同年份及环境下几乎都有出现, 十分多样, 多样性指数 H' 处在 0.50—1.17 之间, 这说明, 中间型小麦比起冷型和暖型小麦来, 冠温明显多变, 这隐喻着影响品质形成的代谢过程亦富于变化, 这可能是中间型小

麦品质性状相对变异最大、保守性最弱的基本原因。对于冷型和暖型小麦来说, 冠温状态单调, 意味着影响品质形成的代谢过程亦较稳定、缺乏变化。但是, 从前述品质变异频数、相对频数分布和品质变异等级加权平均值看出, 尽管冷型小麦和暖型小麦的冠温都较单调, 但暖型小麦的品质变异较冷型小麦为大, 原因何在? 进一步分析表明, 虽然灌浆结实期间冷型和暖型小麦材料的冠温比标准品种持续偏低(或相当)和持续偏高, 但偏低或偏高的程度因年份、气象条件等的不同仍有一定差别, 本研究中的 4 个冷型小麦, 其灌浆结实期平均冠温的极差在 0.0—0.5℃ 之间, 而 4 个暖型小麦达到 0.8—1.5℃, 充分显示出暖型小麦在暖型态框架下其冠温的波动比冷型小麦在冷型态框架下的波动为大, 其代谢功能的波动也就必然较为显著, 这可能是暖型小麦的品质性状虽较中间型小麦变化为小但仍较冷型小麦变化为大的基本原因。

如前所述, 冷型小麦在高产、稳产方面具有优良的代谢和组织结构基础, 而本文又阐明了它在品质方面的稳定性, 因而, 出现了这样一种可能: 经过长期探索后, 有希望在冷型小麦上实现集高产、稳产、优质、稳质于一身的优势生产状态, 从而改变长期以来小麦高、稳、优结合不够紧密、不够和谐的局面, 显然, 无论从小麦品质变化的理论探讨看, 还是欲使小麦产量、品质有较大提升的生产实践看, 其意义都是十分重要的。

参 考 文 献

- 1 Peterson CJ, Graybosch RA, Baenziger PS, et al. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Sci.*, 1992, 32: 98—103
- 2 徐兆飞, 张惠叶, 张定一. 小麦品质及其改良. 北京: 气象出版社, 2000, 193—195
- 3 姚大年, 李保云, 梁荣奇, 等. 基因型和环境对小麦品种淀粉性状及面条品质的影响. *中国农业大学学报*, 2000, 5(1): 63—68
- 4 郭天财, 马冬云, 朱云集, 等. 冬播小麦品种主要品质性状的基因型与环境及其互作效应分析. *中国农业科学*, 2004, 37(7): 948—953
- 5 赵秀兰, 李文雄. 氮磷水平与气象条件对春小麦籽粒蛋白质含量形成动态的影响. *生态学报*, 2005, 25(8): 1914—1920
- 6 张嵩午. 小麦温型现象研究. *应用生态学报*, 1997, 8(5): 471—474

- 7 Zhang SW, Miao F, Wang CF. Low temperature wheat germplasm and its leaf photosynthetic traits and structure characteristics. *Progress in Natural Science*, 2004, 14(16): 483—488
- 8 Zhang SW, Wang CF, Feng BL, et al. Some traits of low temperature germplasm wheat under extremely unfavorable weather conditions. *Progress in Natural Science*, 2001, 11(12): 911—917
- 9 张嵩午,王长发,冯佰利,等.冠层温度多态性小麦的性状特征. *生态学报*, 2002, 22(9): 1414—1419
- 10 张嵩午,王长发,周春菊,等.冠层温度中间型小麦及其性状特征. *麦类作物学报*, 2000, 20(3): 40—45
- 11 苗芳,张嵩午,刘国都.冠层温度中间型小麦叶片的显微结构特征. *西北农业学报*, 2004, 13(4): 9—12
- 12 马育华,周承钊,盛承师,等.田间试验和统计方法.北京:农业出版社,1979,22—23
- 13 Shannon CE, Wiener W. *The Mathematical Theory of Communication*. Chicago: University of Illinois Press, 1949, 3—24

5.51 亿年前的动物胚胎细胞和亚细胞结构研究取得新突破

近日,国际著名刊物 *Science* 发表了关于中国贵州瓮安生物群的最新科研成果——“新元古代动物胚胎的细胞和亚细胞结构”。这项成果采用光学显微镜、扫描电子显微镜和透射电子显微镜等研究手段,特别是利用了 X 射线断层扫描摄影(X-ray computed tomography)这一最新技术,对产自中国贵州瓮安距今约 5.51 亿年前的磷酸盐化动物胚胎化石进行了深入研究,揭示了胚胎细胞中的肾形亚细胞结构可能代表了细胞核、纺锤体或其他细胞器,而胚胎细胞中分散的球状体结构可能代表了一些有膜包裹的细胞质泡、脂质或卵黄粒。同时,利用传统的技术手段,我们不可能数清超过 8 个细胞阶段的胚胎化石的细胞个数,而新技术手段的应用使这项工作变得非常简单。需要特别提出的是,这项成果是由来自美国、英国、瑞典、澳大利亚、中国和瑞士 6 个国家的 15 位科学家共同完成的,是古生物学研究领域国际合作的又一结晶。

中国地质科学院地质研究所尹崇玉研究员、中国科学院南京地质古生物研究所的周传明、袁训来研究员参加了该项研究工作。

(供稿:刘羽 姚玉鹏)