

在黄土高原，她“找到”了防风固沙的“它”

科学家赵允格用十余年，发现“太普通没美感”的生物土壤结皮是改善生态的“功臣”

“ 在高原上，你可能会看到这样的画面：

生物土壤结皮研究专家赵允格和她的研究团队，每人捧着一个大盘子，走在黄土高原的梁梁峁峁上，遇见陡坡时，大家齐刷刷地蹲坐在地上，屁股蹭着黄土，一点一点往下溜，而上半身的全部力量，都用于保护手里的样本。

以零为起点，赵允格及研究团队用10年时间反复考察、实验，证实**生物土壤结皮在控制黄土高原退耕地土壤流失方面功不可没**

除了放大镜，赵允格喜欢随时带一瓶水，看到令她眼前一亮的生物土壤结皮，就拧开瓶盖，往结皮体上滴一滴水，然后俯身在地上，静静地观察，一看就是十几分钟。高原上有风刮过，但赵允格的耳朵里，似乎只有水滴流动的声音

本报记者孙正好

除了放大镜，赵允格喜欢随时带一瓶水，看到令她眼前一亮的生物土壤结皮，就拧开瓶盖，往结皮体上滴一滴水，然后俯身在地上，静静地观察，一看就是十几分钟。高原上有风刮过，但赵允格的耳朵里，似乎只有水滴流动的声音。

世界土壤日前夕，记者来到位于陕西杨凌的中国科学院水土保持研究所，走近我国生物土壤结皮研究专家赵允格，以及她所痴迷的那个与土壤有关的“小世界”。

“无名有机体”

近观这片黄土地，常常会发现很多地块的土壤表面，并非松散的黄土，而是一种黑且坚硬、有时还长有苔藓或地衣的有机复合体——它们叫什么？是怎么形成的？

“那时候，中国很少有人研究这个，它太普通了，也没什么美感，许多人甚至觉得它没什么研究价值。”赵允格说，“但我不这么认为，我就想，它既然能在刚刚退耕的地里长出来，肯定对水土流失有影响！”

雄踞我国北方的黄土高原，广义面积达到67万平方公里。近观这片黄土地，常常会发现很多地块的土壤表面，并非松散的黄土，而是一种黑且坚硬、有时还长有苔藓或地衣的有机复合体——夏天的雨水过后，它们像是黄土地上的绿地毯，松软靓丽；而到了干冷的冬季，它们就成了黑乎乎的“马赛克”。它们叫什么？是怎么形成的？

这些问题，正是赵允格科研生涯的起点。2003年，刚从西北农林科技大学研究生毕业的她，入职中国科学院水利部水土保持研究所，这里是中科院在西北地区建立的第一个科研机构，是我国水土保持与生态安全研究的重镇，所里群星荟萃，人人重担在肩。初出茅庐的赵允格，却一时难以找到自己的研究方向。

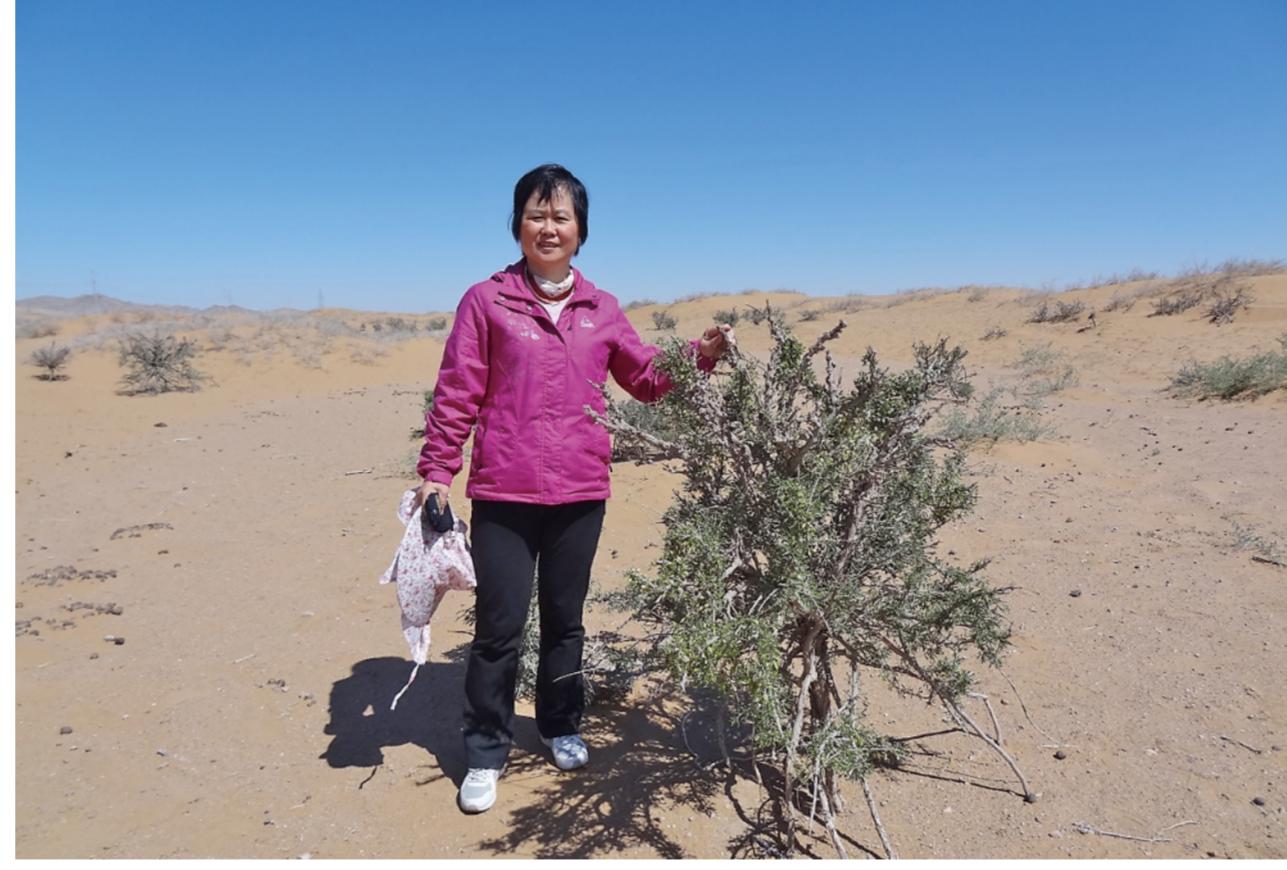
彼时，我国刚刚启动退耕还林（草）工程，黄土高原是重点实施区，水保所的不少前辈、老师都“面向黄土高原，以水土保持和生态恢复为中心任务”展开不同研究。同事兼爱人许明祥在黄土高原研究退耕还林（草）工程对土壤质量影响时，向她抱怨“退耕地上有一种黑乎乎的东西，满地都是，严重干扰研究”，并把拍的照片给她看。专业背景是“土壤系统中水分、养分迁移”的赵允格，第一反应是“这种东西会不会影响土壤的水分渗透性啊？”，瞬间对这种黑色的“无名有机体”产生了浓厚兴趣。

“我自己到黄土高原后发现，几乎满山遍野都是，更神奇的是，很多刚刚退耕的黄土地里也长出了这种东西。说起来大家似乎都见过，但没人知道它叫什么。”赵允格说，“我就想知道它到底是什么，因为我从小就对自然界特别痴迷。痴迷到什么程度呢？每年春天来的时候，别的孩子都在玩，而我常常一个人跑到树丛或花园里观察，想知道春天来的时候，树叶是怎么长出来的，花又是怎么开的。”

野外采样，翻阅文献……2003年到2006年，赵允格孤军奋战，在黄土高原与实验室之间不断切换。“那时候，中国很少有人研究这个，它太普通了，也没什么美感，许多人甚至觉得它没什么研究价值。”赵允格说，“但我不这么认为，我就想，它既然能在刚刚退耕的地里长出来，肯定对水土流失有影响！纯粹是求知欲驱动着我去做。”

其实在此之前，国内外已有部分科学家研究过这种“无名有机体”在荒漠化治理中的作用，比如中国科学院沙坡头沙漠研究试验站的科学家们，很早就发现了它有“固定沙丘”的神奇功效。“但当时互联网不发达，水保所缺乏可用的数据库，能查到的纸质文献太少了，信息搜集非常困难，三年时间，全靠自己一点点推测、论证。”

2006年，赵允格与一位美国专家一起在陕北考察，在其帮助下终于完全确定，这种“无名有机体”学名叫“生物土壤结皮”，是由生长于土壤表层和近地表数毫米内的蓝绿藻、苔藓、地衣、



▲赵允格在野外考察。

◀赵允格(右三)在野外考察。

▼黄土高原上的生物土壤结皮。

(受访者供图)



真菌以及许多景观中常见的其它隐花植物成分与土壤复合而形成的具有生命活性的复杂复合体。“这种结皮发育成熟后非常结实，一桶水冲下去，它几乎毫发无伤。风吹不倒，雨打不动，只有冰雹砸下来才有点反应，而且抗逆性很强，能够适应干旱、高温、低温、强光辐射等各类不利环境条件，在干旱和半干旱地区广泛分布。”

赵允格继续研究发现，黄土高原退耕地在林草植被恢复的初期，生物土壤结皮就已大面积发育，主要分布于林草植物间的空地上，是退耕地表面比例最大的覆盖因子——黄土高原各类退耕地上，生物土壤结皮的平均盖度可达60%-70%甚至更高。

纵观黄土高原的历史，这里既上演着中华文明源远流长、不断壮大的繁衍史，也有着水土不断流失、风沙逐渐肆虐的生活变迁史……

“国家启动退耕还林（草）生态修复工程，就是要保持水土、恢复生态，那这种生物土壤结皮对黄土高原生态的恢复，到底有什么作用？可不可以利用它的优点，为干旱半干旱区水土保持工作贡献力量呢？”赵允格说，“在我之前，很少有人专门去研究它对水土流失的效果，尤其是针对黄土高原水土流失的影响，相关的研究几乎见不到。即便在全球范围内，人们对生物土壤结皮在水土保持方面的认识也非常有限，我就以这个研究盲点为起点，开始了十多年的持续追踪。”

作为我国率先开始研究黄土高原退耕地生物结皮现象的科学家，赵允格以“黄土高原生物土壤结皮的水土保持效应”为研究方向，奔向黄土高原深处……

“高原上绣花”

这里土壤贫瘠，水土流失严重，鲜有生命。能抗高温、耐干燥、抗紫外辐射的生物土壤结皮却能在这里形成、发育。

“我们到了野外之后，常常需要趴在地上，脸贴着地面，拿着放大镜观察这些苔藓，看它长在什么样的小环境，是什么种类，伴生的还有哪些物种，就像在高原上绣花一样。”赵允格说，“辛苦我不怕，怕的是我不认识它。”

在黄土高原，存在着大量的中、重度风蚀区、水蚀区及风水复合侵蚀区，同时还存在大面积人为干扰不断的黄土及沙地，这里土壤贫瘠，水土流失严重，鲜有生命。

能抗高温、耐干燥、抗紫外辐射的生物土壤结皮却能在这里形成、发育——定居于地表的藻类生物，以及其中的细菌等分泌出胞外多糖黏结土壤颗粒，积累有机质，进而形成了这里

常见的先锋地表覆盖——藻结皮，随着时间的推移，结皮中的藻分泌出更多的多糖类大分子有机物，将土壤颗粒胶结和捆绑起来；时间静流逝，苔藓长了出来！

“我们到了野外之后，常常需要趴在地上，脸贴着地面，拿着放大镜观察这些苔藓，看它长在什么样的小环境，是什么种类，伴生的还有哪些物种，就像在高原上绣花一样。”赵允格说。

生物土壤结皮干燥、极易碎裂，研究时又需要大块的完整样品，因此采集样品要特别小心，竭力保持样本的完整性。所以，在高原上，你可能会看到这样的画面：赵允格和她的研究团队，每人捧着一个大盘子，走在黄土高原的梁梁峁峁上，遇见陡坡时，大家齐刷刷地蹲坐在地上，屁股蹭着黄土，一点一点往下溜，而上半身的全部力量，都用于保护手里的样本……

研究方向决定了科研团队必须要深入黄土高原风蚀区、水蚀区及风蚀水蚀交错区，这里往往千沟万壑；而同时，因为研究其动态的需要，生物土壤结皮的基础性研究工作贯穿一年四季，为此赵允格每年都会亲自带着研究团队在高原上度过：样地选择、调查采样、盖度调查、种类鉴定、径流小区观测、野外人工模拟降雨……

“雪花落在广袤而空旷的高原上，也悄悄落在赵老师的肩上。那时已经晚上八点多，天完全黑了，气温接近零下十几摄氏度，我们让她回到车上等，她一个劲地摇头，坚持帮我们把采集的样品打包、装车。”这个在陕西吴起野外考察的瞬间，被团队成员乔羽记在心间。

“作为老师，不能光靠嘴说，最好去示范。实验室里讲十遍，不如地上趴一遍。相比于所里的老科学家们，我们条件好太多了！”赵允格说，“上世纪五六十年代，所里的老前辈们为了黄土高原的水土保持工作，住在条件异常简陋的陕北窑洞里，晚上冷到什么程度？如果一个人从被窝里钻出来，另一个人会赶紧钻进去，就怕那点热气跑没了。跟他们比，我一点都不苦！”

“辛苦我不怕，怕的是我不认识它。”赵允格说，“2003年到2009年期间，生物土壤结皮物种组成是困扰我的头号难题，对我这个学土壤的人来说，太难了！比如仅苔藓植物，全球就有2万多种。有一年，我几乎每天都把自己关在实验室里，观察培养皿中的这些小生物，它们最高的只有5毫米，小的只有1毫米。都快把自己看吐了。”

以零为起点，赵允格及研究团队用10年时间反复考察、实验，明确了黄土高原地区生物结皮形成机理、组成成分及分布规律，证实生物土壤结皮在控制黄土高原退耕地土壤流失方面功不可没——发育4年的藻结皮即可较无结皮土壤降低92%土壤流失量，10年以上的生物土壤结皮可完全遏制坡面土壤流失，是黄土高原土壤保持、促进生态系统恢复的积极因素。

“生物土壤结皮发育形成后，就像地表容积巨大的‘生命温床’，为许多微生物和微小动物提供了适宜的生境和食物来源，同时它能够固氮、固碳，改变土壤的水分、养分和温度，促

进高等植物的定植和生长发育，甚至可以把它看作是干旱半干旱地区的一个重要‘基因库’，是改善区域生态环境的‘功臣’。”赵允格说。

同时，结皮生物对水分的要求很低。“结皮生物是胁迫避型有机体，缺水的时候进入休眠状态；一旦有水，它就像海绵一样吸水膨胀，等到空气干燥后又逐渐向周围释放水分，所以它可以在年降雨量不到200毫米的干旱半干旱区大面积分布，这意味着在滴水贵如油、营养贫瘠的黄土高原地区，生物土壤结皮具有巨大的生态价值。

“最典型的地方，比如地处黄土高原和毛乌素沙地接壤区的陕西省榆林市，这里是重要的能源化工基地，水资源紧张，大面积植树种草就需要大量灌溉，不利于可持续、高质量发展。”赵允格说，“我们可选择在一些不适宜种树种草的地方，推广生物土壤结皮，由它们肩负起防风固沙、保持水土的生态修复使命。”

“一棵皂角树”

“从看到秦大河院士的那张照片开始，我就觉得成为一名科学家，是这个世界上最美好、最伟大的事情。”

而令赵允格没有想到的是，多年后，在黄土高原上来回奔波的她，也以一个“科学家”的形象，让一位业已放弃大学梦想的少年汲取到力量，成长为一名生态学博士，并追随她至今。

“我希望成为那棵皂角树，给家人、学生遮阳挡雨。”赵允格说。

或许，在科学的道路上，科学家对科研事业的专注与热爱，往往就像生物土壤结皮形成早期的藻类、微生物分泌多糖一样，会将更多“小土粒”“小沙粒”粘结到科学这条道路上来。

出生于陕西咸阳一个书香世家、从小就爱阅读的赵允格，常常看报时连中缝广告都不放过。“上中学时，我从路上捡到了半片报纸，上面刊登着秦大河研究员（现为中国科学院院士）南极科考的新闻、照片，我看了一遍又一遍，心里想我一定要好好学习，长大了就能见一见秦大河这样的科学家，哪怕给他们倒一杯水、端一杯茶也好。”赵允格回忆说，“那张照片留给我的印象太深了，它甚至影响了我的一生。”

这个令赵允格终生难忘的“瞬间”，就像一个火种一样，开启了她的科学之路。上大学后，她痴迷于做实验，特别是后来的研究生期间，她常常在实验室里待到天黑再明。“从看到秦大河院士的那张照片开始，我就觉得成为一名科学家，是这个世界上最美好、最伟大的事情。”

而令赵允格没有想到的是，多年后，在黄土高原上来回奔波的她，也以一个“科学家”的形象，让一位业已放弃大学梦想的少年——孙会汲取到力量，成长为一名生态学博士，并追随她至今。

2008年，因为没考上大学，19岁的孙会从陕西定边老家来到水保所下属的国家安塞水土保持综合试验站打零工，认识了赵允格和她的研究团队，接触的时间久了，孙会反而更沮丧。“我从小在老家放羊，只有高中学历，看到他们都是些研究生、教授，就觉得自己很卑微，啥前途也没有。”

孙会想报名自考提升学历，但信心不大，赵允格用自己的经历勉励他：“我最幸福的事，就是靠着个人的努力，一步一步实现了少年时期那个梦想。你心中有梦，就不要在乎眼前的困难，既然选择了，就要做到。”

“如果别人这么说，我会觉得这句话很‘鸡汤’。”孙会说，“但赵老师不一样，她是一名科学家，她那么真诚地对我说，我就能感受到一股力量，而且我也知道，她选择研究生物土壤结皮这样一个小众又寂寞的领域，其实特别艰难，但她一直没有放弃，因为她做到了，所以我选择相信。”

在赵允格不间断的鼓励、辅导下，孙会拿到了自考本科学历。在孙会辞掉工作专心复习考研的两年间，赵允格又将他临聘到自己的科研团队，解决了这个“农村娃”最担心的生计问题。如今已是西北农林科技大学生态学博士研究生的孙会，虽然导师不是赵允格，但因为兴趣使然，也是赵允格研究团队的一员。

赵允格的微信名叫“皂角树”，因为小时候她家村口有一棵高大的皂角树，大人小孩都喜欢在树下乘凉、玩耍。“我希望成为那棵皂角树，给家人、学生遮阳挡雨。”赵允格说。

“赵老师的学术大门向所有学生敞开，除了她自己的学生外，我们团队里，还有七八位其他导师或其他专业的学生，还有一些本科生，只要有兴趣，赵老师都非常欢迎。”研究团队成员明姣说，“其实我们很多人刚开始都懵懵懂懂，对生物土壤结皮没啥感觉，但是经过赵老师常年的言传身教、耳濡目染，都渐渐喜欢上了这种貌不扬的有机体。”

大家的目标是希望有一天能像“种庄稼”一样，将生物土壤结皮推广到合适且必要的地方。“像我们这些赵老师的学生，很多都是陕北娃，家就在黄土高原。我们从那里走出来，现在因为生物土壤结皮，又逐渐走回去。我们坚信有一天，通过一代又一代科学家的努力，我们的家、我们热爱的这片土地一定是个水草丰茂的地方。”研究团队成员杨凯说。

生物土壤结皮自然形成一般需要8到10年，赵允格及研究团队通过研究，基本实现了生物土壤结皮的人工培育，一般情况下一个雨季就可培育出能抵挡黄土高原常见暴雨的生物土壤结皮，实验已在陕西神木取得成功。目前，团队正在攻关生物土壤结皮批量扩繁的种源问题。

1971年出生的赵允格，马上50岁了。喜欢文学、热爱写作的她，常常用日本佛学大师松原泰道的一段话勉励自己——人生是从50岁开始的，50岁前，我们在打基础；50岁以后，才是实现自我、创造自我最有价值的阶段。“我的基础打得还不错，剩下的还要好好干。”