

应重视节水生物技术研究

张正斌^{*1} 刘孟雨¹ 钟冠昌¹ 袁 萍²

(1 石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021;

2 中国科学院生命科学与生物技术局 北京 100864)

关键词 节水, 生物技术

1 我国及华北地区水资源简况

我国每年农业用水占用水总量的 73.4% (发达国家多在 50% 以下), 当前我国灌溉用水的利用系数为 0.3—0.4 (发达国家为 0.7—0.9)。从 GDP 用水效益上来看, 我国 1995 年用水效益为 10.7 元/m³, 是美国 1990 年的 1/8, 日本 1989 年的 1/25 (按 1995 年汇率计算)。这些数据说明我国节水潜力很大。

北方地区, 特别是华北的黄淮海地区, 是我国水资源供需矛盾最突出的地区。据 1997 年统计资料, 黄淮海地区以仅占全国 7.7% 的水资源养育着全国 34.3% 的人口, 支撑着全国 40% 的灌溉面积, 生产出全国 39.2% 的粮食, 国民生产总值占全国的 32.4%。该地区现年缺水量为 131 亿—178 亿 m³, 而水资源开发利用程度已很高, 大大超过了国际社会普遍认同的 40% 的安全线。从总体上看, 当地水资源的开发潜力已十分有限。

依据我国 21 世纪上半叶的发展战略目标, 黄淮海地区 2001—2010 年 GDP 年增长率应为 7.0%, 2011—2030 年为 5.4%。据此推算, 该地区灌溉面积应达到 3.5 亿亩左右, 2010 年需水量应为 1 905 亿—2 052 亿 m³, 比现状增加约 420 亿 m³, 2030 年需水比现状增加约 730 亿 m³。

2 国内外研究现状

节水生物技术是很有潜力的、在未来农业研究

中前景广阔的领域, 是当今全球抗旱研究的热点。

我国在旱地农业方面有悠久的历史和丰富的栽培经验, 其中也包括有许多贮水、蓄水、减少水分蒸发、提高水分利用效率的宝贵经验。目前我国在主要农作物小麦、玉米、水稻、棉花上开展了较大规模的节水灌溉和栽培生理调控研究, 取得了一定的成效, 但在作物抗旱节水的分子遗传和基因工程方面的研究还相对落后。

国外在作物抗旱节水性状的分子标记和基因克隆及转基因等方面已开展全方位的研究。到目前为止, 国外已在烟草、拟南芥菜、苜蓿、蕃茄、玉米、大麦、大豆、小麦、水稻等植物上开展了抗旱节水机理及分子生物学研究, 以及和抗旱节水相关性状的基因定位、分子标记、基因克隆和转基因研究。

在脱落酸 (ABA) 的生理遗传方面, 国外利用分子标记研究结果说明, 根系行为在抗旱反应调节中有重要作用, 对木质部 ABA 含量有显著决定作用。从分子遗传水平上揭示了作物整体抗旱性的机理。

在渗透调节的生理遗传方面, 国外对小麦、大麦和水稻的渗透调节基因分子标记研究表明, 禾本科在渗透调节方面有共同的生理遗传背景。

在作物抗逆性共同遗传背景方面, 国外现有的研究表明, 在高等和低等植物中都有 11 种脱水素 (Dehydrins, Dhn) 多基因家族, 这种 Dhn 基因家族与抗旱、抗寒、抗盐等抗逆性关系非常密切。越来越多

* 石家庄农业现代化研究所研究员
收稿日期: 2001 年 6 月 26 日

的育种实践和生理研究表明,作物具有整体抗逆性,在各种抗逆性中有共同的生理机制。近年来最新的分子遗传研究表明,在玉米、水稻、蕃茄、烟草和拟南芥菜中,广泛存在可以调控多个与植物干旱、高盐及低温耐性有关的非 ABA 依赖型功能基因 *rd* (responsive dehydration) 29A 表达的 DREB (dehydration responsive element binding protein) 转录因子。我国刘强等 (2000) 报道的研究结果意义重大,从分子水平上找到和证实了植物整体抗逆性的遗传机制。利用基因工程导入或增强一个控制多种抗逆性的转录因子,就可以改良品种的多个或综合性状。

在作物水分利用效率的生理遗传方面,澳大利亚学者在 80 年代中期的研究表明,稳定性碳同位素 ^{13}C 和 ^{12}C 的比例在不同的 C_3 植物中是不同的,碳同位素分辨率 $\delta^{13}\text{C}$ 与植物水分利用效率 ($\text{WUE} = \text{生物(经济)产量} / \text{耗水量}$) 成负相关,可作为 WUE 选择改良的指示性状。国外利用 RFLP 等分子标记和 $\delta^{13}\text{C}$ 分析方法,间接地确定了影响蕃茄、大豆和大麦 WUE 的基因位点。目前还未见国外有对小麦 WUE 的基因定位和分子标记的研究报道。

近十几年的研究表明,在不同植物和不同实验条件下, $\delta^{13}\text{C}$ 与叶片 WUE ($= \text{光合速率} / \text{蒸腾速率}$), 单株和大田 WUE ($= \text{生物(经济)产量} / \text{耗水量}$) 的正负相关关系并不稳定,不同实验结果相互矛盾。因而用 $\delta^{13}\text{C}$ 技术间接进行植物水分利用效率基因定位的结果并不一定正确,引起许多学者的怀疑。我们认为,只有对植物不同层次的水分利用效率进行直接测定,并进行基因定位和分子标记,才能取得可靠的研究结果。

张正斌 (1995—2000) 利用小麦进化材料和现代品种进行小麦水分利用效率改良的生理遗传基础研究表明,在小麦由二倍体 \rightarrow 四倍体 \rightarrow 六倍体的进化过程中,旗叶 WUE 有递增的趋势,说明了小麦旗叶 WUE 有递增进化趋势的生理机制和形态解剖结构方面的原因。进一步对小麦和黑麦的 WUE 基因进行了染色体定位研究,在小麦水分利用效率的分子标记方面取得了较大进展。

在作物水分利用效率基因工程改良方面,美国 (2000) 报道将来自大麦的 HVA1 基因转入小麦,使这

种转基因小麦后代的水分利用效率得到了提高。研究还表明,两个纯合转基因小麦比对照品种显著增加了生物产量干重、根鲜重和干重以及茎叶干重,说明通过转基因途径可以改良小麦的抗旱和高效利用水分特性。

我院一些研究小组在作物抗旱基因表达、基因克隆和转基因、遗传育种、节水生理生态研究方面也有所进展。但到目前为止,我国尚未开展对玉米、水稻、棉花等重要农作物水分利用效率及相关基因的分子标记研究和转抗旱节水基因研究。

3 几点看法和建议

近十年来,我国在节水工程方面无论是土法上马的还是引进国外先进设备,都有大量投入和研究,并建立了许多节水(工程)中心、灌溉中心等,主要是引进、研究、制造和普及推广节水灌溉技术与设备,同时进行配套的栽培生理应用基础研究。但由于节水工程需要的技术高、投资大,需要经常维修和更换设备,而有的引进的大型节水灌溉设备不适合国情,造成很大浪费,这些设备又难以适应广大干旱山区复杂的地理条件,面临继续开发难度增大和潜力减小的窘况。

现在许多国家已开展节水分子生物学和基因工程方面的研究,如澳大利亚已将提高小麦水分利用效率列为育种目标。只有提高生物自身的水分利用效率,才有可能取得节水的新突破。高投资的节水设施必须和高效水分利用、高经济效益的植物栽培措施相配套,才能充分发挥其作用。而选育栽培高产和高效利用有限水分的优良品种,是一项投资少、见效快、效益广泛的可持续发展农业的关键措施。以典型的水生作物水稻为例,并不是所有的水稻品种都需要在整个生育期处在浸水状态,巴西旱稻就是一个节水品种。旱生作物不同种属间和品种有明显差异,说明作物高效利用水分的特性受遗传控制,可以利用杂交育种和基因工程方法改良提高作物水分利用效率。目前我国作物水分利用效率改良的生理遗传基础研究必须进一步加强,才能在生物节水方面取得突破。

我院在知识创新工程试点工作中,在作物遗传

育种新技术和新理论方面,重点支持正在进行的作物高效利用养分的营养遗传育种,高效利用光能的高光效生理遗传育种及小麦高效利用水分的节水遗传育种研究,这些项目都具有科技创新意识和重要的现实意义。

在水的研究方面,我院在华北开展了以“地理水”为特色的水资源战略和宏观调控研究。在西北,以水土保持研究所为基地建立了黄土高原土壤侵蚀和旱地农业国家重点开放研究实验室,开展作物抗旱节水生理生态应用基础研究。但目前国内尚没有以生物节水即以作物抗旱节水改良生理遗传应用基础研究为方向的研究机构。

鉴于对石家庄农业现代化研究所实施知识创新试点工作的要求和在生物学概念的水方面研究不足的现状,建议我院在节水农业的主战场华北,以该所为基础建立节水生物技术重点开放研究实验室。这个实验室可利用该所野外生态实验站实验基础设施装备良好、类型多样的优势,将小麦抗旱节水和优质高产育种结合起来,实现由水资源宏观区域战略研究和节水农业栽培措施调控研究,向以突出利用生物技术进行作物抗旱节水改良生理遗传应用基础研究的战略转移,实现宏观和微观节水研究相结合,确立我院在作物抗旱节水生理遗传改良研究方面的领先地位。

该所拟以华北地区主要农作物小麦、玉米为主要研究对象,追踪世界作物抗旱节水分子生物学和

基因工程研究前沿,研究作物抗旱节水遗传改良分子生物学基础,利用染色体工程和转基因等生物技术进行作物抗旱节水遗传改良研究;结合当地生产实际和院生态网络水资源环境长期监测研究的需求,进行作物抗旱节水的生理生态、栽培灌溉调控技术理论研究和土壤-植物-大气-水分循环(SPAC)基础理论研究,为华北节水农业的可持续发展提供新技术、新理论。

具体攻关方向为:①作物抗旱节水基因表达和抗旱基因组研究;②作物抗旱节水优质及相关基因定位和分子标记及辅助育种研究;③利用染色体工程和转基因技术培育抗旱节水优质新品种;④作物抗旱节水的分子生物学基础(信号传导,水通道蛋白等);⑤作物水分吸收→利用→蒸腾→产量形成机理和生长模型研究;⑥作物水分亏缺反应→伤害→修复→补偿机理研究;⑦作物水分调控→养分调控→光合产物运转→提高经济系数→水分利用效率的代谢途径研究;⑧作物根系与节水和养分高效利用;⑨土壤-植物-大气-水分循环;⑩不同地域提高主要农作物水分利用效率的栽培调控措施及生理生态研究;⑪温室效应与水分利用效率。

该所根据国家“十五”计划对节水农业的需求和在院知识创新工程试点工作中的定位,目前正集中力量和设备组建节水生物技术实验室,准备以新思维、新体系、新精神、新面貌进入院知识创新工程试点工作。

科学家

新院士主要科技成就(二)*

关键词 中国科学院, 院士, 科技成就



伍荣生 大气科学家。南京大学大气科学系教授。1934 年出生于浙江瑞安。1956 年毕业于南京大学大气科学系。

在大气动力理论方面做出了系统而有创新性研究成果, 特别对边界层动力学与锋生理论的发展做出重要贡献。在大气波动动力学中, 弄清了大地形对波动移动与不稳定的作用, 从理论上解释了气象观测中的某些实际现象。在非线性波动共振的研究中, 最早提出共振周期与大气中的中期天气过程有相应关系。在边界层动力学研究中, 建立了四力平衡条件下的边界层动力学模型, 提出了 Ekman 动量近似概念, 并在此基础上研究了地形、摩擦与锋生等的相互关系, 提出了许多新的观点。进一步发展了地转适应与锋生理论, 该研究结果已被实际工作和数值模拟试验所证实。

发表论文百余篇, 著作 3 部。曾获省部级科技进步奖二等奖 5 项。

吴新智 古人类学家。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员。1928 年出生于安徽合肥。1953 年毕业于上海医学院。1961 年中国科学院研究生毕业。

长期从事古人类调查、发掘和研究工作, 同时



开创并推动了我国今人类学的一些分支领域的研究。参加或领导的野外队曾发现郧西猿人、浙川猿人、丁村等智人化石和与古人类进化有关的大量材料。通过对大荔、浙川、南京、阿拉戈、柯布爾等地人类化石的研究,

发表了专门的论文, 并综合研究我国的各种古人类材料, 探讨了我国古人类的发展规律。1984 年, 与国外学者一道对古人类学界的热点问题“现代人的起源”提出了“多地区进化”假说, 成为这一问题最主要的两大假说之一。在对中国、非洲、欧洲、东南亚、澳洲的古人类进行综合研究和比较的基础上, 1998 年, 对我国古人类发展过程提出了“连续进化附带杂交”的假说。

发表论文 87 篇, 专著 7 部。曾获中国科学院自然科学奖一等奖 1 项。

张本仁 地球化学家。中国地质大学教授。1929 年出生于安徽怀远。1952 年 8 月毕业于南京大学地质系, 1956 年北京地质学院研究生毕业。

将成矿带地球化学和区域基岩地球化学测量相结合, 突破了当时勘查地球化学单一找矿目标和就异常评价异常的局限, 并开发出基岩测量数据在解决地质和成矿问题上的多种应用。提出了以区

* 新院士系指 1999 年当选的院士
收稿日期: 2000 年 12 月 13 日



域岩石圈为基础的区域地球化学新理论和新方法,用于秦巴地区的区域地球化学研究,将区域岩石圈研究与区域构造、岩石、矿产研究有机结合,深化了对区域岩石圈演化、构造发展、成岩成矿规律的认识。通过壳幔

演化和相互作用研究,探讨了秦岭构造分区与演化,揭示了造山带发展的深部过程及动力学因素。

发表论文 106 篇,专著 4 部。曾获国家自然科学奖二、三等奖各 1 项;教育部科技进步奖一等奖 1 项;地质矿产部优秀科技成果奖二等奖 2 项;李四光地质科学奖及全国教育系统劳动模范称号。

张国伟 构造地质、

前寒武纪地质学家。西北大学教授。1939 年出生于河南南阳。1961 年毕业于西北大学地质系。

长期进行秦岭多学科综合研究,提出了秦岭造山带不同发展阶段不同构造体制的形成演化、

三板块二缝合带及其从点、线接触到全面碰撞的造山细节过程、壳幔非耦合三维结构与造山动力学特征、盆山转换耦合关系等系统新观点,在造山带前沿研究中,通过地质、地球物理、地球化学等多学科的观测、研究,取得了突出的系统成果并被广泛引用。长期研究华北地块南部早期地壳的形成与演化,总结出复杂深变质变形小型绿岩系和早期两类构造单元复合演化的独特特征,提出了系统的研究思路与方法,深化了早前寒武纪地质研究。广泛进行了秦岭与国内外主要代表性造山带的综合对比研究,提出中国大陆与造山带的多块体中小洋陆板块构造体制与动力学特征,探索了大陆动力学,提高、深化了造山带理论与方法的研究。

发表论文 105 篇,专著 5 部,主编出版中、英文

图著各 1 套。曾获国家自然科学奖二等奖 1 项,全国科学大会奖 1 项;教育部、陕西省政府和地质矿产部科技进步奖一、二等奖 6 项。



郑 度 自然地理学家。中国科学院地理科学与资源研究所研究员。1936 年出生于广东揭西,原籍广东大埔。1958 年毕业于中山大学地理系。国家重点基础研究项目“青藏高原形成演化及其环境资源效应”

首席科学家。

我国自然地理学的主要学科带头人之一。根据野外考察和室内研究,在气候、植被、土壤分带相互关系的基础上,建立了珠穆朗玛峰地区垂直带类型的分布图式,把青藏高原的垂直自然带划分为季风性和大陆性两大带谱系统,构建其结构类型组的分布模式。建立了横断山区干旱河谷综合分类系统,证实并确认高原寒冷干旱的核心区域。阐明了高海拔区域的三维地带性规律,所拟订的青藏高原自然地域系统划分方案是迄今最完整和最系统的,得到广泛应用。

发表论文 150 余篇,著作 6 部。曾获国家自然科学奖一等奖 1 项,中国科学院科技进步奖特等奖 1 项。



姚振兴 地球物理学家。中国科学院地质与地球物理研究所研究员。1939 年出生于上海。1962 年毕业于北京大学地球物理系,1966 年中国科学院地球物理研究所研究生毕业。

长期从事地震波理论和应用研究,从震源、波传播和地面运动的基本问题出发,系统地解决了为宽频带地震波波形研究