

“粉垄定律”的确立及其科学意义初探

韦本辉 (广西农业科学院经济作物研究所, 广西南宁 530007)

摘要 基于“粉垄耕作技术”10年来在中国26个省水稻、玉米、小麦、马铃薯、棉花、甘蔗、青稞等36种作物及10个省盐碱地、退化草原等方面的应用实践,首次论述宜耕的各种土地资源在合理深度区间粉垄深浅程度与“天地资源”利用程度、转化为农业产出量、生态环境改善效应经济产出量等成正比的“粉垄定律”,并给出其公式和8个“效应定律”及其科学意义。阐释粉垄“超深耕深松不乱土层”的“全层耕”或“底层耕”(遁耕),创造了再倍数增量利用“天地资源”途径,应用于宜耕各种土地资源并实现对自然资源的一次“大爆炸性”深度利用。指出“粉垄定律”的确立有利于人类深度享用自然恩赐的同时实现人与自然和谐共生;中国若含耕地、盐碱地、退化草原等粉垄14 700万 hm^2 ,新增粮食、肉类等可养活4亿人,陆地水资源增贮880亿 m^3 。

关键词 粉垄定律;粉垄效应;天地资源;耕作技术

中图分类号 S-3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)12-0001-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.12.001



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

“The Law of Fenlong” and Its Scientific Significance

WEI Ben-hui (Institute of Economic Crops, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007)

Abstract Based on the application of “Fenlong Farming Technology” for 10 years in 36 crops such as rice, corn, wheat, potato, cotton, sugarcane, barley, etc. in 26 provinces in China, and saline-alkali land and degraded grasslands in 10 provinces, this is the first time to discuss the “The Law of Fenlong” that has a “proportional relationship” between the depth of Fenlong and the utilization degree of “heaven and earth resources”, the output converted into agriculture, the economic output of the ecological environment improvement effect, etc., and give its formula and 8 “Effect laws” and its scientific significance. This paper expounds the “Full layer” or “Bottom layer” of “Super deep ploughing, deep loosening and undisturbed soil layer” in the Fenlong, which creates the way of re multiple incremental utilization of “Air and earth resources”, and applies it to the cultivation of various land resources and realizes a “Big explosive” deep utilization of natural resources. It is pointed out that the establishment of “The law of Fenlong” is conducive to the deep enjoyment of natural gifts and the realization of harmonious coexistence between human and nature. 400 million people can be fed by new grain and meat, and 88 billion cubic meters of land water resources can be stored if there are 147 million hectares of Fenlong including cultivated land, saline alkali land and degraded grassland in China.

Key words The Law of Fenlong; Effect laws of Fenlong; Air and earth resources; Farming technology

广西农业科学院韦本辉研究团队在世界上首创的农耕新方法“粉垄耕作技术”^[1-4](简称“粉垄”,也被称为“深旋耕技术”或“优耕技术”)是基于“超深耕深松不乱土层”的“全层耕”或“底层耕”(遁耕),构建新的“超级耕作层”和“超级土壤水库”的技术。“粉垄”整地的最显著特点是“超深耕又超深松且不乱土层”,完全颠覆传统犁翻碎土、耕层浅薄的耕作模式,10年来在中国26个省(自治区)水稻、玉米、小麦、马铃薯、棉花、甘蔗、青稞等36种作物,以及10个省不同类型不同等级的盐碱地、退化草原等方面应用,均取得不增肥水条件下的自然性10%~50%增产并增贮天然降水100%以上效果,其产生的重大学术意义、应用价值和人类生存空间拓宽的深层影响,均已基本明确。

该研究依据粉垄存在通过超深疏松土壤耕作和作物种植生产潜能的“相融”利用,能够整体带动农业新一轮对土壤养分、氧气、水分、气温和天然降水、空间沉降物、太阳光能等“天地资源”的增量利用,带来人类所需要的粮食及其他农产品的大幅增量产出;并能以其庞大“土壤水库”等产生的“自然力”来减少洪涝、干旱等灾害以及甲烷等气体,生物量增加的固碳减排等促进生态环境走向良性化等多方面正效应。对“粉垄定律”进行深度阐释,以期人类进一步认识自然、

遵循自然,并在此基础上培育农业增长和生态文明新一极,为未来千年全球人口增长和绿色发展需求提供新的理论与技术支撑。

1 粉垄的基本科学理念,为“粉垄定律”创造条件

1.1 粉垄遵循“依地靠天”的绿色发展理念,是传统耕作的“升级版” 人类的生存发展史至20世纪80年代,基本上是一部“依地靠天”的“自然农业”发展史;近几十年来,人口不断增长对粮食供给提出更高要求,为追求单产提高,实施农作物良种化与施肥的“化学品”化、多量化,造成土壤板结和土、水、气等被污染,可持续和绿色发展受到了严重挑战。粉垄,在此背景下问世。应该说,粉垄遵循自然规律,统筹“以人为本”和“以自然为本”相兼容的“人依自然生”新理念,摒弃现行农业靠化肥农药方能增产的“唯化学品”生产方式,被誉为是继人力、畜力、拖拉机犁翻碎土模式之后的“第四套”耕作模式,形成了有别于传统耕作的耕作工具、耕作方式、耕作效果和耕作范围的耕作技术体系;更可喜的是,可活化利用人类尚未完全利用的各种土地资源和多种空间资源,提升单位面积上的自然性生产能力,可开阔人们视野,突破现有对自然尤其是农业自然资源的认识度和学术研究范围度及农业生产的思维度,可摆脱农业依靠化肥农药方能增产的环境污染型的生产套路,由此形成新的技术“拐点”而走上一条全新的“依地靠天”的绿色发展之路。

1.2 粉垄遵循无生态区域、无作物限制的普适性农耕理念 粉垄,作为继人力、畜力、拖拉机犁翻碎土模式之后新的

基金项目 广西创新驱动发展专项(桂科AA17204037);广西科技重大专项(桂科AA16380017);广西农业科学院团队项目(2015YT60)。

作者简介 韦本辉(1954—),男,广西北流人,二级研究员,从事粉垄农耕栽培和薯类作物研究。

收稿日期 2019-12-09

农耕成员的“第四套”升级版耕作模式^[5],10 年来,经过中国低纬度的海南、广西,高纬度的黑龙江、内蒙古、新疆及高海拔的西藏地区等,以及在水稻、玉米、小麦、马铃薯、青稞等近 40 种农作物中的应用实践,表明与传统的人力、畜力、拖拉机犁翻土模式相似、但与之相比令作物增产 10%~50% 的物理性技术^[6],适于中国全域甚至全球性推广应用,是一种更多地回归自然、良性活化利用自然资源、遏制土壤生产力退化、人与自然和谐共生的技术。

2 粉垄的科学本质与特征为“粉垄定律”奠定了基础

2.1 农业的本质与特征 历史上是“一把锄头”“一条犁头”让人类养育繁衍至今。农业的本质与特征是依据人类生存与发展需求,遵循自然规律,通过农耕耕作进行土壤疏松和利用作物品种生产潜能,带动对土壤养分、氧气、水分、温度和天然降水、空间沉降物、太阳光能等利用,通过作(植)物体体内转化,变成人类所需的粮食及其他农产品的产出。

2.2 粉垄的本质与特征 全球人口将由 70 亿发展到 100 亿,“一把锄头”“一条犁头”的耕作将难以适应未来需求。粉垄发明了“螺旋钻头”深旋耕等耕具,属破天荒、颠覆千万年的农耕浅犁翻耕碎土方式,首次实行在“不乱土层”条件下,超深耕深松,即比传统耕作加深 1~2 倍。其本质与特征是耕作的土壤细碎呈悬浮状态,在松土数量上增加 100%~200%,质量上除了土壤速效养分增加 10%~30%,还有土壤氧气增加 1 倍以上、土壤温度提升 1~2℃^[6-12],仅这些土地土壤中的自然资源活化利用指标,就大幅超过传统农耕模式,在种植作物适当减施化肥和节约灌溉用水时仍能增产;如果将传统耕作模式的数量与质量定为 2.0 版,那么粉垄就可视为 3.0 版或 4.0 版。

2.3 粉垄农业的本质与特征 粉垄,不仅仅一次性耕作整地就能活化尚未被利用的现有耕地犁底层以下土壤资源,还能扩大到盐碱地、退化草原等各种尚未完全利用的其他多种土地资源利用,这一粉垄重要农业本质与特征带来的结果是土壤与环境的健康,让人不仅可以吃得饱,还能吃得好、吃得健康,使农业可持续发展。可以说,粉垄是农业上的永久型“真科学”“硬科技”。

粉垄的农业本质与特征,虽然只是在耕作层面发生变化,但是其深层影响以及广泛的作物适应性和环境适应性,使其又远远高于耕作层面,可以延伸探究到土壤、水域、空间等立体层面的衍生影响和对现在状况的潜在改善,甚至影响到人类活动空间的四维区域,活跃土壤微生物、优化土壤、大气水循环,通过改善植物品质进而影响人类的健康并为其子孙后代创造福祉。

3 粉垄的科学理论为“粉垄定律”提供了支撑

3.1 粉垄的核心科学理论 粉垄的核心科学理论,是“天地资源”的倍数增量利用促进人类生存与发展空间的拓展。

研究粉垄科学理论的目的,是通过粉垄特有耕作方式,创造再倍数增量利用“天地资源”途径,培育农业增长和生态文明新一极,使人类更多实现“依自然生”的目的。粉垄是唯一能通过改良土壤的立体结构,进而影响作物产量和品质、

土壤及大气的水循环、地球生物圈构建等,间接地改善人类健康并造福子孙后代的广适性原理。

3.2 粉垄的若干效应理论 基于粉垄特有耕作方式和“天地资源”倍数增量利用核心科学理论,发现和总结出有别于传统农业与栽培的粉垄效应理论。

3.2.1 土壤“四库理论”。由于松土数量增加、质量提升,构建新的土壤养分、土壤水分、土壤氧气、土壤微生物等“四库”,助力作物自然性增产。

3.2.2 作物栽培“以根为本理论”。根系特别发达、活力强,深扎而毛根多,最大限度解决作物生长周期内养分吸收利用的“胃口”问题。

3.2.3 作物栽培“营养均衡供给理论”。由于较传统耕作扩建了土壤养分、土壤水分、土壤氧气、土壤微生物等“四库”库容,土壤中营养对作物生长周期内能均衡供给,使作物生长发育协调而茁壮。

3.2.4 作物栽培“抗逆性强理论”。根系特别发达、深扎,作物生长周期内最大限度减少干旱、低温、高温等影响和制约,对不良自然环境抗性增强,有利于稳产丰产。

3.2.5 土壤“水分盈余理论”。粉垄耕作土壤细碎、深厚,“土壤水库”储水功能和表面积夜间吸纳空气水分效应,形成“粉垄土壤水分盈余效应”,可减少灌溉用水量且有利于作物生长。利用这一理论意义重大。

3.2.6 土壤“淡盐理论”。粉垄土壤团粒结构表面光滑、空隙度大、毛细管容易被切断,耕层上层土壤中的盐分下沉不易上移而实现“淡盐”。这对于物理性、低成本改造盐碱地实践意义重大。

4 “粉垄定律”的内涵、定义及其科学意义

4.1 “粉垄定律”依“定律”定义而确立的理论基础 关于“定律”的描述和定义,是已被实践所证明,反映事物在一定条件下发展变化的客观规律论断。

艾萨克·牛顿爵士提出的宇宙中最基本的法则——万有引力定律和三大运动定律(惯性定律、加速度定律、作用力和反作用力定律),是在 1687 年 7 月 5 日发表的不朽著作《自然哲学的数学原理》里用数学方法阐明的^[13]。这四条定律构成了统一的体系,被认为是人类智慧史上最伟大的成就,由此奠定了之后 3 个世纪中物理界的科学观点,并成为现代工程学的基础。

粉垄农耕的科学核心,是在“不乱土层”之下的高质量“深耕又深松”,形成新的“超级耕作层”和“超级土壤水库”。“粉垄定律”依上述“定律”确立的理论基础是基于粉垄农耕的独特耕作方式,激活利用土壤矿物质养分、空气中氧气、天然降水、太阳光能等,可大幅度提供人类所需的食物来源;与传统耕作相比,粉垄耕作在土壤数量、质量与其他自然资源利用上均存在内在规律变化的现象,且定律性明显。

4.2 科学实验结果对“粉垄定律”的支撑

4.2.1 “五千年”耕作模式增产规律的支撑。2010 年,我们在广西宾阳县邹圩镇马脚塘村实施了“五千年”耕作模式试验——人力耕作深度 12 cm、畜力耕作 15 cm、拖拉机耕作

20 cm和粉垄耕作 40 cm,分别种植玉米、花生,均零施肥、雨养条件下管理,就玉米产量而言,粉垄耕作整地分别比拖拉机耕作、畜力耕作、人力耕作增产 13.36%、15.08%、18.59%;花生产量则依次增产 17.91%、23.76%、27.21%。随着对土地耕作深度的加大,作物单产水平提高,其中粉垄耕作 40 cm 种植玉米、花生,分别比拖拉机耕作 20 cm 增产 13.36%、17.91%^[8]。

4.2.2 大区域、多作物应用增产规律的支撑。10 多年来,在中国 18°~46°N 的 26 个省(区)36 种作物中的应用实践表明,粉垄稻田耕作 30 cm 左右(比传统 15~18 cm 增厚 1 倍左右)^[7,10,14~15]、旱地耕作 40 cm 左右(比传统 12~20 cm 增厚 1 倍以上)^[8~9,11,16~17],不仅可在耕地(旱地、稻田)、盐碱地^[18~19]、退化草原、荒漠化土地等中改造利用^[3~4],而且具有自然增产 10%~50%(高的超过 100%,如中国科学院南京土壤研究所彭新华对红薯测试增幅达 103%)、提质 5%、保水 1~2 倍、淡盐 20%~40%和改善生态等效果^[2,20~23]。“粉垄底耕”,2019 年首次在广西隆安县那桐镇稻田实施,水稻产量 6 842.25 kg/hm²,比传统耕作产量增加 1 317.75 kg/hm²,增幅达 23.85%。

4.2.3 粉垄挖掘了十大“自然定力”的支撑。粉垄能使地球表层宜耕土地松土量增加 1~2 倍;土壤保水增加 1~2 倍;土壤氧气增加 1 倍;土壤有益微生物量增加 1 倍;土壤速效养分增加 10%~30%;土壤降盐 20%~40%(土壤中有毒物质净化作用有待观察);作物强根壮体生物量增加 20%~30%;作物净光合效率提高 5%~30%;土壤甲烷等气体减排 10%左右;地面空气湿度提升 10%以上。

4.3 “粉垄定律”确立的理论属性、定义与公式

4.3.1 “粉垄定律”确立的理论属性。依照上述“定律”定义要求,根据上述两点的粉垄增产规律具有“粉垄定律”属性,再与千年以来人力耕作、畜力耕作、拖拉机耕作这 3 种耕作模式叠加总和相联系的进行相比,在“超深耕深松不乱土层”的“全层耕”和“底层耕”条件下,耕作深度和松土量倍数增加,且在深耕深松的合理区间内,其活化的土壤数量、土壤养分和带动氧气、温度、土壤微生物、天然降水、空间沉降物、太阳光能等“天地资源”的利用量(以下简称“天地资源”),与作物生物量、经济产量及土地贮水量等存在良好的正比关系。即在合理区间内,粉垄耕作的深度越深,“天地资源”的利用量越大,作物生物量、经济产量及土地贮水量越大,反之则越小。这一规律现象为“粉垄定律”的确立奠定了基础依据。

4.3.2 “粉垄定律”确立的定义。“粉垄定律”可定义为:宜耕各种土地资源深耕深松不乱土层,在合理深度区间内的粉垄加深度与“天地资源”利用程度、转化增加部分的总农业产出量、生态环境改善效应经济产出量等成正比,这一规律被称为“粉垄定律”。

4.3.3 “粉垄定律”确立的公式。由上得出,“粉垄定律”公式简要表达为:

$$(\alpha-\theta) \cdot Y = \sum_n c_n$$

式中, α 为粉垄耕作的合理深度区间,如旱地粉垄深度 60 cm 为底线,稻田粉垄深度底界 30~35 cm; θ 为传统耕作层深度; Y 为粉垄耕作“天地资源”利用量; $\sum_n c_n$ 为粉垄耕作增加部分的总农业经济产出量、生态改善效应经济产出量等(如人类所需要的粮食及其他农产品自然性增加的产出量,就地贮存天然降水增加为补充陆地蒸发量而形成良好的水汽与降雨循环量,土壤有害气体减排和生物量增加而固碳减排促进气候良性调节量等); c_n 为粉垄耕作深度和利用“天地资源”所产生:粮食产量增加量、其他生物量增加量、土壤相关因子改变量(如对天然降水的增贮量、N、P、K 等元素速效养分改变量、洪涝干旱等灾害减轻量,地面空气湿度增加量,土壤甲烷等有害气体减排量等)。

“粉垄定律”,简言之是以粉垄耕作为介体,增用“天地资源”,增产、提质、保水、生态、淡盐等,不仅为农业经济产出量、生态改善效应经济产出量等提供科学依据,而且为进一步开拓农耕研究领域和拓宽自然科学研究领域提供广阔的研究前景。

4.4 支撑“粉垄定律”确立的若干“效应定律”及其科学意义

4.4.1 粉垄 3~5 年持续增产提质效应定律。粉垄耕作活化各种自然资源形成相对于“化肥肥力”的“物理肥力”(基础肥力)^[6],在不增加水肥条件下,当季作物增产 10%~50%,品质提升 5%以上。此后,3~4 年持续增产,增产幅度 10%~20%,如广西北流市民安镇粉垄水稻第 6 季增产 1 832.70 kg/hm²、增幅 22.65%^[10],第 7 年第 13 季粉垄水稻增产 234.00 kg/hm²、增幅 3.2%^[7];河南兰考县固阳镇范寨村范彦堂粉垄一次第 4 年种植玉米,产量 12 324.00 kg/hm²,比对照增产 1 927.50 kg/hm²、增幅 18.54%;河北吴桥粉垄耕作一次,第 2 年第 3 季玉米最高增产 3 819.75 kg/hm²、增幅 38.19%,第 4 年仍增 32%^[9]。

4.4.2 粉垄作物抗高温低温效应定律。粉垄耕作较传统超深 1 倍以上,养分下移而形成“上减下增”的分布格局,根系具有“随肥走”特性,根系实现新的深扎;土壤厚度加深对外部气候影响减弱。在此情况下,粉垄农作物对高温、低温抵御能力提高而稳产增产。如广西甘蔗冬春低温条件下,由于甘蔗根系深扎,甘蔗叶片叶绿素含量增加 14.69%、丙二醛含量降低 23.88%,持续低温 41 d 仍增加产量 2 278.50 kg/hm²、增幅 191.31%^[17];粉垄春玉米、冬小麦籽粒灌浆速率分别提高 10.45%~11.28%、8.84%~11.40%;春玉米叶片 SOD、POD、CAT 活性分别高出 22.81%、17.60%和 13.33%,MDA 降低 12.33%^[9]。

4.4.3 粉垄土壤水分盈余效应定律。对于土壤中的水分,白天为被动性蒸腾、夜晚则从空气中吸纳水分形成露水或湿润状态。粉垄耕作土壤深厚,“土壤水库”贮备天然降水量比传统耕作多,且土壤中毛细管多被切断,应对白天蒸腾能力增强,深层土壤的水自然保持充足;与此同时,粉垄土壤细碎,晚上接触空气的土壤表面积大,吸纳空气中的水分亦多。这“两多”的结果即形成粉垄土壤贮水量在作物生长期始终增加 1 倍以上、水分利用效率提高 19.1%~50.6%^[2~4],意义巨

大。如河北盐山县粉垄(耕深 40 cm)小麦全生育期零灌溉节水 5 563.50 m³/hm²,却较传统耕作(耕深 20 cm)并灌溉的增产 20%,这就是其“粉垄土壤水分盈余效应定律”的体现。

4.4.4 粉垄自然力效应定律。粉垄超深耕深松构建了“土壤水库”,粉垄土壤容重小、“库容”大(耕地“土壤水库”扩建 1~2 倍),地面雨水下渗速率提高 30%~50%,年增贮天然降水量超过 1 倍,有效贮存天然降水;大面积、大区域乃至国土空间应用,形成庞大的土壤水库,就地留贮天然降水,使之“自然之力还之自然之身”力增强,有效减少洪涝、干旱等灾害,这一粉垄自然力效应的作用可在一定程度上实现“人定胜天”宿愿。

中国的南方旱地,粉垄耕作 40 cm 深上、中、下层土壤,平均蓄水量分别增加 14.93%、15.60%、18.03%,地表径流量减少 42.03%,土壤流失量减少 44.62%,N、P、K 养分流失量分别减少 49.61%、31.22%、42.29%^[16];黄淮海北部地区,粉垄土壤总耗水量比旋耕和深松分别减少 12.2%~16.4%、10.2%~14.5%,产量、水分利用效率则分别提高 28.3%~50.6%、19.1%~39.7%^[3];西北地区,粉垄越冬 0~100 cm 土壤平均含水量为 160.5 g/kg,比对照高 27.38%,增贮 105 m³/hm²、增加 6.15%;粉垄 40 cm 贮水量分别比深松 40 cm、旋耕 20 cm 增加 19.33%和 145.77%^[3]。

4.4.5 粉垄固碳减排、增加空气湿度效应定律。现行农业固碳减排、增加空气湿度仍是难题。粉垄土壤疏松甲烷等气体减排 10%,作(植)物生物量增加 20%~30%,地面空气湿度提升 10%。这有利于固碳减排,减缓气候变暖。此外,绿肥、化肥合理配施对粉垄耕作下水稻温室气体 CO₂ 和 N₂O 减排有一定积极作用,绿肥压青下粉垄耕作是一种减少和遏制温室气体排放的有效措施^[24]。甘肃省定西市粉垄马铃薯,干旱 23 d 后测定田间空气湿度提高 28.3%~62.5%,干旱 51 d 后测定田间空气湿度提高 19.6%~56.7%^[3]。

4.4.6 粉垄土壤盐分下移淡盐效应定律。粉垄使土壤团粒结构发生重大变化,表面光滑、空隙度大、毛细管容易被切断,土壤中的盐分下沉而不易上移,实现“淡盐”。新疆尉犁县重度盐碱地粉垄耕作土壤,经清华大学王淑娟实验室测定碱化度下降 41.0%,当年种植棉花增产 48.80%,第 4 年棉花增产 81.70%;山东省东营地区重度盐碱地首次粉垄耕作土壤盐分下降 31.98%,3 次间隔性粉垄处理 0~20 cm 土层盐分浓度下降 57.41%有利于作物正常发芽出苗,种植的玉米增产 73.00%,第二茬小麦增产 154.22%;粉垄中度盐碱地盐分下降 40%~54%^[18]。“粉垄土壤盐分下移淡盐效应定律”为物理性、低成本改造重度、中度盐碱地提供了良好应用前景。

4.4.7 底层松土与植被无害化耕作促草原生态丰草等效应定律。在宜耕退化草原,在保护草原现有生态的条件下,采取草原底部区域松土耕(底耕)模式,在距地面 15 cm 以下区域土层进行底层粉垄松土,底层松土厚度 15~20 cm,可周年耕作(冻土期除外),实现草原“底层松土与植被无害化”;“粉垄底耕”还可在甘蔗宿根种植,玉米、小麦、大豆等苗期前实行兼底层化肥深施,增产提质,可破解一些地区作物收种

季节时间紧来不及深翻整地的难题。

4.4.8 粉垄作物前期发根、中期发力、后劲十足和土壤水分营养均衡供给植株与群体相协调效应定律。粉垄促进作物根系垂直性深扎且特别发达、根毛增多、活性增强;由于根系发达、深扎,苗期至成熟期水肥均处于“均衡供给”状态,植株健壮、生物量增加、生长后劲足、库源关系协调,抵御干旱、高温、低温等能力提高。广西粉垄各种作物,玉米平均每株根系增加 16.1 条、增幅 15.57%,根长增加 5.2 cm、增幅 22.32%^[8];桑树根数、根长、根重分别增加 64.71%、4.50%、62.50%;不同旱稻品种根长分别增加 61.77%、46.41%^[25];甘蔗根系干重增加 86.94%~96.17%。宁夏,粉垄玉米根系干重增加 43.00%。粉垄水稻、甘蔗等光合效率提高 6.82%~11.94%,大豆等提高 20.32%~32.08%,木薯、淮山等提高 4.92%~10.61%;玉米、花生的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率增加 12.25%~32.08%、45.54%~64.97%、15.28%~75.38%、37.53%~40.74%^[2]。粉垄作物前期发根、中期发力、后劲十足和土壤水分营养均衡供给植株与群体相协调效应定律在栽培学上意义重大。

4.4.9 “粉垄定律”在中国实践的可能性及其效应。按照上述“粉垄定律”效应,在中国如果将耕地 6 666.67 万 hm² 现耕层平均 1.65 cm 粉垄加深到 36.50 cm,盐碱地 1 333.33 万 hm² 粉垄深 40 cm,草原 6 666.67 万 hm² 粉垄底耕深 35 cm,总共活化土壤达 6 482 亿 m³,较现行农耕方式增加 4 502 亿 m³。耕地粉垄 6 666.67 万 hm²,按平均每年增产粮食等农产品 1 500~2 250 kg/hm²,每年可增产粮食等 1 000 亿~1 500 亿 kg;盐碱地粉垄 1 333.33 万 hm²,按每年增产粮食(农产品) 4 500 kg/hm²,每年可增产粮食 600 亿 kg;草原粉垄 6 666.67 万 hm²,按每年草产量增产 1.5 倍,每年可增产大量的优质肉、奶产品。这些新增的粮食和其他农产品可增加养活人口 4 亿。

更可喜的是,这 14 700 万 hm² 土地资源粉垄,以增贮天然降水 600 m³/hm² 计,陆地每年增贮水资源达 880 亿 m³,对减少旱、涝灾害,促进全国工业、城镇化和生态改善将有不可估量的作用。

5 讨论与结语

5.1 关于“粉垄定律”确立的公式的应用问题 该研究给出的“粉垄定律”公式是反映粉垄耕作与自然性产出的一种趋势性、宏观性的估算方法,具体细化的表达式与计算应用尚有待进一步研究。

5.2 “粉垄定律”确立产生的影响与意义 “粉垄”看似简单和易行,属一种更多的回归自然、良性活化利用自然资源、遏制土壤生产力退化的技术,但其最大的科学发现与创造在于“超深耕深松不乱土层”的“全层耕”或“底层耕”(遁耕),还可应用于改造利用盐碱地、退化草原和荒漠化土地生态重建等,可由现行土地资源的单一“耕地农业”向“耕地+盐碱地+退化草”等“大格局农业”转变,中国全域性乃至全球性及几乎所有农作物等的适用性,可绿色发展百年、千年远行;通过特有耕作方式,创造再倍数增量利用“天地资源”途径,是人

(下转第 8 页)

- [29] VAN DER FITS L, MEMELINK J. ORCA3, a jasmonate-responsive transcriptional regulator of plant primary and secondary metabolism[J]. Science, 2000, 289: 295–297.
- [30] 赵恒伟, 葛锋, 孙颖, 等. 植物萜类物质生物合成的相关转录因子及其应用前景[J]. 中草药, 2012, 43(12): 2512–2519.
- [31] BUER C S, IMIN N, DJORDJEVIC M A. Flavonoids: New roles for old molecules[J]. J Integr Plant Biol, 2010, 52(1): 98–111.
- [32] ECKARDT N A. Induction of phytoalexin biosynthesis: WRKY33 is a target of MAPK signaling[J]. Plant cell, 2011, 23(4): 1190.
- [33] QIU J L, FIIL B K, PETERSEN K, et al. Arabidopsis MAP kinase 4 regulates gene expression through transcription factor release in the nucleus[J]. EMBO J, 2008, 27: 2214–2221.
- [34] HAGEL J M, FACCHINI P J. Benzylisoquinoline alkaloid metabolism: A century of discovery and a brave new world[J]. Plant Cell Physiol, 2013, 54(5): 647–672.
- [35] APUYA N R, PARK J H, ZHANG L P, et al. Enhancement of alkaloid production in opium and California poppy by transactivation using heterologous regulatory factors[J]. Plant Biotechnol J, 2008, 6(2): 160–175.
- [36] 吴玲云, 周波, 李玉花. 植物 WRKY 转录因子在脱落酸信号转导中的作用[J]. 分子植物育种, 2014, 12(2): 404–410.
- [37] 张凡, 尹俊龙, 郭瑛琪, 等. WRKY 转录因子的研究进展[J]. 生物技术通报, 2018, 34(1): 40–48.
- [38] JONAK C, ÖKRÉSZ L, BÖGRE L, et al. Complexity, cross talk and integration of plant MAP kinase signalling[J]. Curr Opin Plant Biol, 2002, 5(5): 415–424.
- [39] VAN DE MORTEL J E, VILLANUEVA L A, SCHAT H, et al. Large expression differences in genes for iron and zinc homeostasis, stress response, and lignin biosynthesis distinguish roots of *Arabidopsis thaliana* and the related metal hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*[J]. Plant Physiol, 2006, 142(3): 1127–1147.
- [40] VAN DE MORTEL J E, SCHAT H, MOERLAND P D, et al. Expression differences for genes involved in lignin, glutathione and sulphate metabolism in response to cadmium in *Arabidopsis thaliana* and the related Zn/Cd-hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*[J]. Plant Cell Environ, 2008, 31(3): 301–324.
- [41] CHEN X S, ZHOU D X. Rice epigenomics and epigenetics: Challenges and opportunities[J]. Curr Opin Plant Biol, 2013, 16(2): 164–169.
- [42] HUANGFU J Y, LI J C, LI R, et al. The transcription factor OsWRKY45 negatively modulates the resistance of rice to the brown plant hopper *Nilaparvata lugens*[J]. Int J Mol Sci, 2016, 17: 1–14.
- [43] GARG R, NARAYANA CHEVALA V, SHANKAR R, et al. Divergent DNA methylation patterns associated with gene expression in rice cultivars with contrasting drought and salinity stress response[J]. Sci Rep, 2015, 5: 1–16.
- [44] XING M Q, ZHANG Y J, ZHOU S R, et al. Global analysis reveals the crucial roles of DNA methylation during rice seed development[J]. Plant Physiol, 2015, 168: 1417–1432.
- [45] 陈思雀, 翁群清, 曹红瑞, 等. WRKY 转录因子在生物和非生物胁迫中的功能和调控机理的研究进展[J]. 农业生物技术学报, 2017, 25(4): 668–682.
- [46] HARRISON M M, JENKINS B V, O'CONNOR-GILES K M, et al. A CRISPR view of development[J]. Genes Dev, 2014, 28: 1859–1872.
- [47] BARAKATE A, STEPHENS J. An overview of CRISPR-based tools and their improvements: New opportunities in understanding plant-pathogen interactions for better crop protection[J]. Front Plant Sci, 2016, 7: 1–7.
- [48] 王崧. TALEN 的优化及其在干细胞中的应用[D]. 北京: 中国科学院大学, 2015.
- [49] 魏新茹. 靶向 PSCA 和 MUC1 的嵌合抗原受体 T 细胞治疗非小细胞肺癌的研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2017.
- [50] JIANG W Z, YANG B, WEEKS D P. Efficient CRISPR/Cas9-mediated gene editing in *Arabidopsis thaliana* and inheritance of modified genes in the T2 and T3 generations[J]. PLoS One, 2014, 9(6): 1–10.
- [51] GAO J P, WANG G H, MA S Y, et al. CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis in *Nicotiana tabacum*[J]. Plant Mol Biol, 2015, 87: 99–110.
- [52] NAKAYAMA T, FISH M B, FISHER M, et al. Simple and efficient CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis in *Xenopus tropicalis*[J]. Genesis, 2013, 51(12): 835–843.
- [53] RON M, KAJALA K, PAULUZZI G, et al. Hairy root transformation using *Agrobacterium rhizogenes* as a tool for exploring cell type-specific gene expression and function using tomato as a model[J]. Plant Physiol, 2014, 166: 455–469.
- [54] 冯璇. 利用 CRISPR/Cas9 基因编辑技术定向改良水稻两个品质性状[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
- [55] SUN Q F, LIN L, LIU D X, et al. CRISPR/Cas9-mediated multiplex genome editing of the BnWRKY11 and BnWRKY70 genes in *Brassica napus* L.[J]. Int J Mol Sci, 2018, 19: 1–19.

(上接第 4 页)

类对自然资源的一次“大爆炸性”深度利用,使人类步入更多的“依自然生”发展道路,实现人类生存与发展空间的有效拓展。

“粉垄定律”的论述与确立对于进一步探明完善粉垄的核心科学理论和若干支撑理论,进一步确立和阐释对人类活动空间的立体、深层、广适性应用与保护,促进人类进一步认识自然、敬畏自然、利用自然,并在深度享用自然赐予人类的各种动植物、美好环境的同时,实现人与自然和谐共生,意义深远。

参考文献

- [1] 韦本辉. 旱地作物粉垄栽培技术研究简报[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4330.
- [2] 韦本辉. 中国粉垄活土增粮生态[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [3] 韦本辉, 周佳, 甘秀芹, 等. 中国粉垄助力粮食和环境安全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [4] 韦本辉. 中国绿色高效粉垄农业[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [5] 韦本辉. 中国发明第四套农耕方法“粉垄”[J]. 农业科学与技术: 英文版, 2017, 18(11): 2045–2048, 2052.
- [6] 韦本辉. 粉垄“物理肥力”及其增产增效研究[J]. 农业科学, 2018, 8(9): 1082–1086.
- [7] 韦本辉, 甘秀芹, 李艳英, 等. 稻田粉垄一次持续 7 年对土壤性状和水稻产量品质的影响[J]. 农业科学与技术: 英文版, 2017, 18(12): 2365–2371.
- [8] 韦本辉, 甘秀芹, 陈保善, 等. 粉垄整地与传统整地方式种植玉米和花生效果比较[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(6): 3216–3219.
- [9] 李华, 逢焕成, 任天志, 等. 深旋松耕作法对东北棕壤物理性状及玉米生长的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(3): 647–656.
- [10] 甘秀芹, 韦本辉, 刘斌, 等. 粉垄后第 6 季稻田土壤变化与水稻产量品质分析[J]. 南方农业学报, 2014, 45(9): 1603–1607.
- [11] 聂胜委, 张玉亭, 张巧萍, 等. 粉垄耕作对小麦玉米产量及耕层土壤养分的影响[J]. 土壤通报, 2017, 48(4): 930–936.
- [12] 翟振, 李玉义, 张莉, 等. 短期深旋松对黄淮海沙黑土耕层结构及小麦生长的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(4): 1211–1218.
- [13] 熊伟. 浅谈万有引力定律的发现历程[J]. 科技风, 2018(6): 205.
- [14] 韦本辉, 刘斌, 甘秀芹, 等. 粉垄栽培对水稻产量和品质的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(19): 3946–3954.
- [15] 韦本辉, 甘秀芹, 陈耀福, 等. 稻田粉垄冬种马铃薯试验[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(6): 342–344.
- [16] 刘斌, 甘秀芹, 韦本辉, 等. 粉垄耕作对南方旱坡木薯种植地水土流失及产量的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(12): 2806–2811.
- [17] 韦本辉, 甘秀芹, 申章佑, 等. 粉垄栽培甘蔗试验增产效果[J]. 中国农业科学, 2011, 44(21): 4544–4550.
- [18] 韦本辉, 申章佑, 周佳, 等. 粉垄改造利用盐碱地效果初探[J]. 中国农业科技导报, 2017, 19(10): 107–112.
- [19] 靳晓敏, 杜军, 沈润泽, 等. 宁夏引黄灌区粉垄栽培对玉米生长和产量的影响[J]. 农业科学研究, 2013, 34(1): 50–53.
- [20] 韦本辉. 粉垄增产提质保水及倍用“天地资源”绿色发展的可能性[J]. 农业科学与技术: 英文版, 2017, 18(9): 1631–1637.
- [21] 胡泊, 甘秀芹, 刘斌, 等. 粉垄早稻+再生稻亩产稻谷 1000 公斤种植模式可行性分析[J]. 广西农学报, 2013, 28(3): 25–28.
- [22] 周灵芝, 韦本辉, 甘秀芹, 等. 粉垄耕作对稻谷富硒营养化及重金属含量的影响[J]. 现代农业科技, 2017(14): 7–9.
- [23] ZHAI L C, XU P, ZHANG Z B, et al. Effects of deep vertical rotary tillage on dry matter accumulation and grain yield of summer maize in the Huang-Huai-Hai Plain of China[J]. Soil & tillage research, 2017, 170: 167–174.
- [24] 郑佳舜, 胡钧铭, 韦翔华, 等. 绿肥压青粉垄保护性耕作对稻田土壤温室气体排放的影响[J]. 中国农业气象, 2019, 40(1): 15–24.
- [25] 甘秀芹, 韦本辉, 申章佑, 等. 桑树粉垄栽培的根系、植株及产量性状表现[J]. 浙江农业科学, 2011(3): 705–707.