

中国农史学会第四届学术讨论会论文

中国旱地农业耕作技术传统研究

王在德 王爱民

北京农业大学

一九九二年四月

中国旱地农业耕作技术传统研究

王在德^{*} 王爱民

中国旱地农业(种养业)起源很早,大约公元前1—2万年前就已开始^{[1][2][3]}。如果从生态农业农林牧副渔大农业观点来看,起源的时间还要早,约距今2—5万年前就开始了^[4]。所以无论从旱地农业或生态农业来说,我国农业起源都很早,是世界上农业起源中心之一^{[5][6]}。民族学家认为农业起源于山地,指的就是旱地农业^[7],又叫雨养农业。由于中国不仅是农业起源中心,也是人类起源地。所以旱地农业传统历史悠久。我们的祖先元谋人早在150万年前就已在我国西南云贵川一带劳动和生存,以后分布到全国各地^[8]。他们在当时极为不利的自然条件下进行了艰苦卓绝的斗争,积累了丰富的生产斗争经验,创造了丰富多采的农业技术和理论。形成独特的精耕细作抗旱保墒耕作优良传统,早在二千多年前春秋战国时代就奠定了我国旱地农业的技术和理论基础,使我国旱地农业在世界上一一直处于领先的地位,为人类文明作出了重大的贡献。

我国旱地农业的形成和发展是我们祖先在旱涝多变的不利自然条件下,长期与自然斗争的结晶。我国地处太平洋西海岸受印度洋季风气候的影响,降雨集中在夏季;冬季又受西北内陆大陆性气候的影响,干旱多风少雨。故春旱夏涝变化不常。特别是干旱对农业生产的威胁很大。据统计自公元前1766年至公元1937年的3703年中发生各种自然灾害处5258次,其中灾害怕1074次,占20.5%;水灾1058次,占20.2%;地震705次,占13%;雹灾550次,占10.5%;风灾518次,占9.9%;蝗灾482次,占9.2%;饥荒407次,占7.8%;疫灾261次,占5%;霜灾203次,占3.9%^[9]。可风旱涝灾害在历史上占居一、二位。此外,从旱灾的频率看,从公元前206年至1936年的2142年间,共发生大小旱灾1035次,平均两年一次。可风旱灾不仅居首位,而且发生频率大。在这种不利气候和黄土高原的作用下^[10],迫使农民采取各种不同的抗旱措施,因地制宜趋利避害发展农业生产。因此在一万多年的生产实践中,逐渐形成我国有机旱农耕作传统,使我国成为世界上旱农历史最悠久的国家^{[11][12]}。

一、有机旱农耕作技术传统的形成和发展

我国有机旱农耕作技术传统是在劳动集约条件下发展起来的。正如《吕氏春秋》所说:“欲尽地力至劳也”^[13]。从现有大量考古发掘水井遗址的材料看,虞夏治理洪水后,兴修水利,挖沟洫,凿水井,整治农田,使用大批奴隶发展农业生产。当时已为以沟洫为主的均田制,井田制的前身。相传“伯益作井”,伯益就是佐禹治水管理山林鸟兽的官吏。放牧时为了解决水草就要寻找水源开凿水井^[14]。井田制离不开井,旱可灌,涝可排,受到农民群众的拥护。所以禹不是单纯的治理水患,而是在治水的同时“尽力乎沟洫”^[15]。也就是说治水与修治农田结合,在可耕种的地方开出田间沟洫,用水沟既能排水,也能灌溉。据考证这时我国的灌溉农业也已开始。到商代始为井田制^[16]。周代井田制得到进一步发展和完善,并开始出现畎亩法。

1、畎亩法:这是虞夏商周至春秋战国时期主要采用的抗旱耕作法。特别是春秋战国随着井田制的崩溃,畎田法就脱颖而出。它是井田制的重要组成部分。正如《国语·周语》所释:“下曰畎,高曰亩,亩垄也”^[17]。可见,畎亩法就是现在的垄作法。如《吕氏春秋》所说:“上田弃亩,下田弃畎”^[18]。即高旱地种垄沟,低湿地种垄台。利用人

为造成的微地形差异，形成微生态环境以防旱排涝。并指出“亩欲广以平，畎欲小而深”^{〔61〕}。认为这样才能“下得阴，上得阳，然后咸生”。才能有效地利用地力和阳光很好地生长，反之“大畎小亩”和“高而危”都不合要求。“高而危”不保墒也不抗倒，易毁而死苗；“大畎小亩”又浪费土地。特别是还指出：“稼欲生于尘而殖于坚”^{〔62〕}。这就是要为作物创造上虚下实的耕作层。这就是我国最早的抗旱防涝的耕作法。特别是遇到春旱夏涝的年分，垄作法既防春旱又可避免夏涝，是一种很好的耕作法。但由于当时受到农具的限制还很粗糙，所谓的“掩地表亩”质量很差。因为当时使用木石制作的耒耜耦耕，二人一组，各执一耜，开沟作垄。将开沟挖出来的松土掩放在垄台上，耕层很浅，质量粗糙。如《荀子·富国篇》说：“掩地表面，刺草殖谷，多粪肥田是农夫众庶之事”^{〔63〕}。可见当时这种耕种法很普遍。虽然春秋战国已从人力转向牛耕，开始使用铁犁铧耕地。但无犁壁，只有犁铧局部的松土作用，不能翻土。所以即是使用铁犁铧开沟作垄，也只能“掩地表亩”耕作质量很差。

2、代田法：文献记载公元前89年汉武帝时，赵过在关中试验和推广“代田法”。这种方法是由垄作法发展来的。就是在垄作开沟起垄的基础上垄沟互换轮番利用起到轮作休闲用养结合的作用。正如程瑶田“沟洫疆理小记”中说的：“代田者更易播种之名，畎播则垄休，岁岁易之，以畎处垄。故曰岁代处也”^{〔64〕}。代田法不仅增加了轮作休闲的养地作用，还有中耕培土抗风防倒的增产作用。所以有“一岁之收过缦田亩一斛以上，善者倍之”的好处。因为代田的管理是“播种在垄中，苗生叶以上稍薅草，因覆其土，以附苗根，……苗稍壮，每耨则附近，比盛暑，垄尽而根深，能风与旱”^{〔65〕}。

3、缦田法：上面提到赵过推广代田法就是以缦田作对照比较增产的。《说文》：缦缦无文也”^{〔66〕}。指没有彩色花纹的丝织品，缦田指没有畎亩的平作田。即不挖沟起垄的平作耕法。这是在农具改革推广铁犁牛耕的基础上发展起来的耕作法。特别是由小型双翼犁变为大型三角犁铧，以及犁壁的发明和广泛使用，为提高耕作质量创造条件。近年河南中牟，陕西长安、咸阳、西安都有汉代犁壁出土。在大型三角犁铧上装上犁壁，不仅使耕地松土和碎土能力提高，而且还使它具有翻垡的功能。这是实现耕翻土层的前提。为使翻耕的土地平整和土块细碎，必须配合整地，才能成为缦田。如《汜胜之书》中说：“凡麦田常以五月耕，六月再耕，七月勿耕，谨摩平以待种时”……“春地气通于耕坚硬强地黑垆土，辄平摩其块”^{〔67〕}。有壁犁铧耕翻后必须耨耨结合破碎土块，摩平地面。于是耕耨结合的精耕细作体系开始出现。

同时中耕除草是作物生长期中土壤耕作的一项重要任务。随着铁制农具的广泛使用和畜力牛耕的盛行，还出现了耕耨结合精耕细作抗旱保墒的优良传统。如《吕氏春秋》中说：“五耕五耨，必审以尽”。《汜胜之书》中说：“慎无旱耕，须草生。至可种时，有雨，即种土相亲，苗独生，草秽烂，皆成良田”^{〔68〕}《齐民要术》中说：“苗出垄则深耨，耨不厌数，周而复始，勿以无草而暂停”。因为“耨者非止除草，乃地熟而实多糠薄米息，耨得十遍便八米也”^{〔69〕}。这就为深中耕、勤中耕抗旱保墒耕作奠定了理论和技术基础。耕耨结合之所以具有强大的生命力是因为它适应北方旱地气候变化的季节性和作物生育的阶段性的，成为我国精耕细作传统的重要组成部分，沿袭至今，不断丰富和发展。特别是与其它表土耕作、耙、耨、耨、耨、压结合，可以对作物生长发育过程

有良好促控作用。这种田间管理中耕培土耕作是代田法的继承和发展。这就为现今流行的基本耕作与表土耕作体系结合奠定了技术和理论基础。

4、区田法：据农史学家郭文韬研究⁽⁹⁾，区田法可能是汜胜之总结农民经验倡导出来的。因为“汜胜之书”记载的区田最早。汉成帝时他曾当议郎，他在“教田三辅”时对发展生产做出贡献升为“御史”。书中说：“汤有旱灾，伊尹作为区田”的说法不可靠。因为商初的农业技术水平还不可能产生区田技术。同书还说：“诸山陵、近邑、高危，倾坂及丘城上皆可为区田”⁽¹⁰⁾。可见，区田法适于山区丘陵、坡耕地、陡坡地，借以抗风蚀，防止水土流失。区田有两种：一种为带状区田，另一种为方块状区田。

以上可见，从虞夏商周起经过春秋战国至西汉，我国北方有机抗旱农抗旱耕作技术传统基本形式，特别是春秋战国时期起了重要的作用。其后，随着铁制农具的发明和改进，不断得到完善和提高。同时它们之间又是相互促进，相互补充，不可分割，继承发展。

这几种耕法的继承和发展可分为两个时期：魏晋南北朝和唐宋元明清来谈。

魏晋南北朝时期主要是平作和垄作都得到并肩发展。特别是平作对改进垄作“掩地表亩”状况和提高质量起了很大的作用。但同时也带来一些新问题。即如何减少耕翻时土壤水分的大量损失和耕后平整土地消灭土块的问题。汉代仅靠耨耨平整土地和破碎土块，减少土壤水分损失，但仍不足以保证质量。经过长期摸索，到魏晋时才发明和推广铁齿耙后，才得到一些解决。这可从嘉谷关魏晋墓出土的画砖中得到证实。所以《齐民要术》总结北方抗旱耕作技术指出：“耕荒毕，以铁齿耨耨俎候切，再遍耙之，漫掷桑柎，劳亦再遍，”“下田……速耕、耙劳、频烦令熟”；“高田……亦秋耕，耙劳，令熟”⁽¹¹⁾。这就是现今平作耕耙耨结合体系的总结。以后逐渐发展成为华北平原精耕细作抗旱保墒耕作的优良传统。同时《齐民要术》对垄作法也有系统的总结。这时垄作发展丰富多采得到广泛的采用。主要有以下三种类型：

(1) 耕地作垄平垄结合：即在耕翻耙耨的基础上作垄。如《齐民要术》种柳中说：“爆湿得所时，急耕则漏耨之，至明年四月又耕熟，勿令有块，即作墒垄。一亩三垄，一垄之中逆顺各一道，墒中宽狭，正似葱垄”。种梓法中说：“秋种地令熟，秋末初冬……耕地作垄”⁽¹²⁾。这都是在耕翻基础土进行垄作，平垄结合提高质量。

(2) 耨耨作垄：《王桢农书》中说：“无壁而耕曰耨”⁽¹³⁾。即用无壁的耨耨耨地作垄。也分两种情况，一种是在耕翻基础上用耨耨耨地作垄。如《齐民要术》种柘法说：“耕地令熟，耨耨作垄”；另一种是在不耕翻条件下“先重耨耨地，垄燥培而种之”。种葱法说：“两耨重耨，穹瓢下之”⁽¹⁴⁾。

(3) 破旧垄合新垄：《齐民要术》种大小麦说：“先耨，逐耨掩种者佳”⁽¹⁵⁾。以上说明这时垄作的发展不仅丰富多采，而且广泛运用到农林果蔬各种作物。不仅彻底改变了“掩地表亩”的状况，而且通过平垄结合交替使用大大提高质量。

唐宋元明清时期的发展主要表现在耕作时宜：平作耕法发展了浅耕灭茬和细致耙耨及镇压；垄作耕法发展了技术和理论；区田法也有发展和变化；晚期创造了砂田。现分述如下：

(1) 在耕作时宜上：总结出以秋耕为主，春耕为辅；秋耕宜早，春耕宜迟。如《韩氏

直说》中说：“凡地除种大麦外，并宜秋耕”。强调秋耕，因“其地爽润”，“荒草自少，极省锄功”^{〔3〕}。秋耕地既有利蓄水保墒，又有利消灭杂草。如“牛力不及，不能尽秋耕者，除种粟地外，其余黍豆等地，春耕亦可”，并指出：“大抵秋耕宜早，春耕宜迟”。

(2)在平作浅耕灭茬和细致耙耨上，《韩氏直说》：“先以铁齿耙纵横摆之，然后插犁细耕，随耕随耙，至地大白背时，更摆两遍，至来春地气透时，待日高复耙四五遍，其地爽润，上有油土四指许，春虽无雨，时至便可下种”^{〔4〕}。这说明耕前浅耕灭茬能保证扣茬严密，提高质量和随耕随耙有利蓄水保墒。《种蒔直说》也说：“古农法犁一摆六，今人只知犁深为全功，不知摆细为全功，摆功不到土粗不实，下种后虽见苗立根在粗土上，根土不相着，不耐旱，有悬死、虫咬、干死等诸病；摆功到土细又实，立根在细实土中，又碾过，根土相着，自耐旱不生诸病”^{〔5〕}。

(3)垄作技术和理论的发展：如(唐)王士元《元仓子·农道篇》：“畎欲深以端，亩欲沃以平”^{〔6〕}。这比“亩欲广以平，畎欲小以深”有发展。(清)奚诚《多稼集》系统总结了垄作法的理论和技术的指出：“种田先察地势之高低，高乡之田，当畎阔于垄，低乡之田，当垄阔于畎。一行高，一行低，相间以治，垄畎之高低是地势为之。田高者宜种谷于低阔之畎；田低者，宜种谷于高阔之垄。又当四周通沟以蓄水。或问其义，曰：所以分行者，隔垄间种也；年年易地者，蓄地力则物易发也；高低相间者，平地势以免旱涝也；闲土壅根者，田无弃地，其根倍深也”^{〔7〕}。主要阐明按地势确定垄形规格和播种部位，并阐述垄作的好处是隔垄相间，实行条播，有利间种通风透光；垄沟逐年更换，有利用养结合；高田低作有利防旱保墒，低田高作有排水抗涝；便于中耕培土，既充分利用地力，又能促进根深叶茂。可见，当时的垄作技术和理论已达到相当高的水平。

(4)区田的变化和发展：元明以后带状区田与垄作法、代田法紧密结合，成为垄作法的重要组成部分，并在生产实践中得到广泛的应用。因此，好象带状区田销踪匿迹，只留下方形区田。同时方形区田，区田距离缩小，小区面积增大，从六寸见方扩大到1.5尺见方。提高土地利用率和增加间套复种的新内容。现在各地山区的坑田、沟田，或叫丰产坑和丰产沟就是它的遗留，并得到提高和发展，后面再详述。

(5)砂田的创造和推广：大约到明清甘肃中部陇中地区创造和推广了砂田。它是甘肃农民长期与干旱斗争的产物。据方志调查，砂田创于明代中叶距今约有四、五百年历史。新兰州方志：“石田、砂田、铺砂砾于地面，以抗旱抑碱，数百年来普及邻邑，更为他处所罕见”^{〔8〕}。

从上面有机旱农耕作技术传统的形成和发展中可以看到：垄作法在我国具有悠久的历史。肇于商周，形成于春秋战国，至今已有三千余年历史。经过长期严峻的考验证明：它是一种较好的抗旱耕作法。战国时曾占居过统治的地位，汉以后垄平并肩发展成为我国古代旱农耕作的两大支柱。二者相辅相成，互相补充，不可分割，合理应用。垄作法主要优点有四：一是因土耕作防旱抗涝；二是垄沟互换用养结合；三是田无弃地倍得地力；四是增温抗风防倒通风透光便于耕作。技术要求是：种上垄台宽而平，沟窄而深；种下垄则沟深端直，台平而沃。耕层构造上虚下实，符合上肥下瘦的自然状态。兼有微弱虚实相间效应，间隔深松虚实并存效应理论发端于此^{〔9〕}。

代田法是垄作的发展，是春旱夏涝地区抗旱防涝抗风防倒的重要措施。同时又为垄作法增加了垄沟互换用养结合轮番利用的新内容。

平作法耕、耙、耨、压合理结合是精耕细作抗旱保墒的优良传统。特别是耕耨结合适应北方旱地气候变化的季节性和作物生育的阶段性的，在作物生育过程中具有良好的调节促控作用。为我国现行的基本耕作与表土耕作两大体系结合奠定了技术和理论基础。

区田法是地少人多实行精耕细作达到少种多收的耕作法，也是我国耕作园田化丰产田的开端。它是综合应用深耕细作、增肥灌溉、等距全苗合理密植、种子处理和消灭杂草等系列措施夺取高产的综合丰产措施。揭示了农业增产的巨大潜力。

以上的这些历史经验表明：中国有机旱农抗旱保墒耕作既有少耕的优良传统，也有多耕的历史教训。因此继承少耕的优良传统，改多耕为少耕，改深耕为深松，改全面耕翻为间隔深松，建立以深松为主，松、翻、耙、耨结合的耕作体系是北方旱地耕作的发展方向。

近年的科学试验和生产实践表明：间隔深松，动土量少，耕作过程中失墒少，加之不翻转土层既免除了耕翻后的整地作业，又保持了耕层土壤上肥下瘦的自然状态，因而既有利于实现少耕减少动土量省力节能，又有利作物生育。因此在北方旱农条件下，应逐步将过去的耕翻为主改为深松为主。据黑龙江试验和推广深松法的结果表明：它具有防旱抗涝、抗蚀保土，增温散寒、促熟增产用养结合的优点。一般粮食作物比耕翻增产10—20%，块根作物20—30%。西北甘肃庆阳农技站试验，深松的小麦比深翻增产53.9%，玉米增产17.54%，谷子增产5%⁽⁴⁾。深松之所以比翻耕好增产显著，主要是保墒好。可见深松法不论东北或西北都表现了抗旱保墒促进增产的效果。特别是继承和发展垄作法的优良传统，采取间隔深松所创造虚实并存效应的耕层构造更好。历史传统经验与严密的科学试验表明虚实并存的耕层构造在协调水肥气热上比上虚下实的耕层构造好，能用养结合⁽⁵⁾。那么为什么还要建立以深松为主，松、翻、耙、耨结合的耕作体系？这也是历史经验与现实生产所决定的，虽然深松法比翻耕法在抗旱保墒抗风蚀保土促熟增产上，均具有明显的优势。但翻耕在翻埋肥料或绿肥上有不可替代的作用。一次翻耕后效又有3—4年之久。因此，翻耕仍应有一定的地位。加之浅耕灭茬或留茬播种在抗旱保墒和省工节能争取农时上都有明显的增产效果。所以，还应因地制宜地建立以深松为主，深松、翻耕、耙耨等合理组合的抗旱耕作体系。

二、近年来国内外旱农耕作研究情况

1977年美国友好人士韩丁在参观黑龙江省国营农场机械化情况时曾说过：“从美国来看，总的趋势是耕翻越来越少，深松越来越多；用深松铲和耙代替铧式犁的情况日益明显”。苏联也正在准备推行深松耕法。德国的研究结果是中耕机在单位时间内完成的耕地面积比任何其它农具都多，而且劳动工时消耗少，中耕机有代替犁耕地的趋势”。正在考虑每2—3年耕翻一次向无犁耕作过渡。加拿大也采用不翻耕的深松机。80年代美国免耕的面积约2亿亩。可见，不翻耕土层的耕作法是今后改进的方向。

垄作耕法传统是中国古代农民的创造，已逐渐为世界各国所采用。苏联于19世纪60年代开始在黑钙土地带湿润地区试验垄作玉米，以后又在远东沿海地区、伯力地区阿

穆尔州及欧洲部分的北部和西北部乃至波罗的海沿岸，列宁格勒等州推广。从玉米发展到大豆、甜菜、蔬菜、马铃薯、谷子、棉花、燕麦、烟草等，尤以蔬菜马铃薯为多，近年垄作已成为苏联西北地带几州栽培玉米必需的农业技术。

美国从1938年开始在密苏里州进行垄作试验三年，由于当时缺少机具停止了一段时间。二次大战后美国农业部艾俄华州试验站1951—1954年又重新开始垄作玉米试验并取得成功。现在美国已有成套垄作机械实行垄作耕法。近年美国内布拉斯加州的一些农场采用“三层苗床耕作法”。实际上就是一种典型的垄作法。试验结果表明：这种耕法能大量减少作业，节约燃料，降低成本，增加产量，有广阔的发展前途^[4]。

从国内来看，建国后随着农业生产的发展，50年代曾引进苏联马拉农具的平作翻耕法和马尔采夫无壁犁深松耕作法，70年代后引进美国的免耕法，先后在我国各高等农业院校和科研单位进行了长期定位试验。特别是东北国营农场和科研单位进行垄作耕法与美苏大型农业机械化平作耕翻法、免耕法所进行的生产性试验和定位试验，及黑龙江省中国科学院农业现代化研究所迟仁立和左淑珍等同志进行的间隔深松虚实并存效应及其应用技术研究，取得了重大的研究成果。这一长期大面积多点定位试验结果证明：虚实并存耕层构造的虚部提高有机质的矿化率5.7%，加速有机质分解，为作物良好的生长发育提供速效养分，发挥用地作用；同时实部提高有机质含量0.2%，增加潜在肥力起到养地作用。改变了过去认为物理机械耕作不能养地的旧观念。整体提高耕层土壤有效水4—5.6%，提高了水分利用率，渗透加强13.5—14%，起到蓄水保墒作用。并调节耕层水分的周年利用，既可防御季节性的旱涝，又可秋墒春用调济余缺。连续15年比平作翻耕玉米增产8—12%^[4]。

此外，由于间隔深松虚实并存局部动土(1/4)，动土量少，减少能耗，降低成本，比平翻节油1.52公斤，节省机耕费1.71元/亩。同时，打破犁底层扩大耕层范围，由于实部做“支架”减少回实，提高耕作后效。特别是虚实并存效应理论比免耕法和平翻耕法的理论更先进，发扬了中国有机旱农抗旱保墒耕作精耕细作用养结合的优良传统，提高了对土壤耕作只用地不养地的认识。这是中国传统垄作耕法的继承和发展，把传统经验上升到现代科学的理论水平。这一成果不仅解决了长期存在的畜力垄作与机械化平作耕翻长达半个世纪的争论，也解决了近年来学术界对垄作少耕与美国式免耕之争。1987年迟仁立同志出席参加英国爱丁堡11届国际土壤耕作学术讨论会，受到国外同行的高度赞誉。西方耕作学家认为这是一种理论思维周祥思路开阔的土壤耕作研究方法。为中国耕作学界争得了荣誉。1991年11月在北京召开的少免耕学术讨论会上，大家一致赞赏迟仁立同志间隔深松虚实并存效应的少耕法优于美国式的免耕法。为建立适合中国国情的节水节能用养结合的有机旱农耕作体系提供了新概念和新理论。过去认为中国三角犁落后，犁底不平，漏耕留下的生格子多，深度浅，不及西洋犁耕地质量好。现在正因为中国落后的三角犁留下的生格子或隔条才触发了虚实并存效应新理论的思考和研究。不仅恢复了三角犁的名誉，还赢得了发展中国家的赞誉。正如1991年8月迟仁立同志参加非洲召开的12届国际土壤耕作学术讨论会上，非洲各国的耕作学者所说的“西方的先进耕作技术掩盖了落后的因素，东方落后的耕作技术孕育着先进的原理”^[4]。这充分说明中国有机旱农抗旱保墒精耕细作传统，垄作少耕法的生命力。

总之垄作少耕法具有防旱抗涝，增湿透气，抗蚀表土、集中沃土，加深耕层，垄沟互换轮番利用，用养结合等多方面的优点。这是国内外大量研究结果一再证实过的。下面再谈近年来区田和沟田的新发展。

近年来我国西北、东北及山西、山东各省都有区田(又叫坑田)和带状区田(沟田)仍在现实生产中默默地发挥着抗旱保墒和抗风蚀的重要作用。如山西省大宁县1971年坑田玉米2000亩，平均亩产254公斤，粮食总产比历史最高年分增长48.16%。1972年增加到2800亩，平均亩产261公斤，粮食亩产比71年又增产15.1%。坑田即方块区田，增产效果明显，河北山东河南等省都有这种坑田。沟田又称渠田，是带状区田的发展。由于抗旱增产效果明显，有的群众称作丰产沟或抗旱沟。群众称沟田具有沟深根深，抗旱抗倒，雨水集中施肥集中，便于施肥灌水的优点。在西北黄土高原地区也有新发展。如延安地区山坡地的水平沟种植法和在川、堰、沟、台、坝地上的垄沟种植法。以沟蓄水保土控制水土流失。水平沟种植比平作法增产56.5%。就是在平坦地上，用机械畜力开沟起垄，耕深20—30公分，沟中集中施肥，顺行畜力浅耕一次，使肥土混合后在沟中深播种浅盖土，随即镇压保沟留垄，间定苗后浅锄，中耕破垄；拔节前后用畜力深中耕犁去原垄，培土再形成新垄。垄沟互换用养结合。这是带状区田与垄作代田在生产中的继承和发展，比平作法增产20—30%，有增产50—100%的。此外，还配合间作套种法和以油、豆、草为主的生物肥田法。所以延安地区叫做“四法种田”。1979年—1984年延安地区累计推广986万亩，亩平均增产32公斤，共增产粮食3.16亿公斤，平均亩产由84公斤增加到111公斤。人均口粮由过去的200公斤增加到300公斤。基本上解决了群众的温饱问题。又如山西省水土保持所在总结历史上带状区田和坑田的基础上创造一种抗旱保墒耕作法。原名抗旱丰产沟，后定名旱农蓄水聚肥改土耕作法，比常规耕翻增产50%以上或一倍以上。具体方法为每隔2尺宽挖一条一尺宽的沟，将沟内生土挖出培成高垄。再将二尺宽地面的表层熟土集中沟内，作成熟土沟和生土垄。熟土沟种玉米、高粱或马铃薯，生土垄上种黑豆、草木樨等绿肥。1978年7—9月阴雨连绵41天，降水430.7毫米。“丰产沟”全部入渗，没有产生径流。而一般田却遭到严重的侵蚀。雨后测定2米深土壤含水量，丰产沟玉米地比一般坡耕地多55.6毫米。玉米增产一倍左右。可见坡耕地上因地制宜继承和发展区田传统，仍在抗旱保墒和抗风蚀土发挥重大的作用。最近光明日报还报导了坡耕地垄作少耕法在南方旱坡地上发挥了巨大的增产作用。如中国科学院成都分院研究员张先婉在四川资阳县五龙乡，山高坡陡粮食亩产长期徘徊在150—200公斤上下，1990年采用聚土垄作耕种1857亩，平均亩产350公斤，比上年增产近一倍。射洪县23个乡镇推广这种耕法2.1万亩，结果乡乡亩产过吨粮，平均比上年增产407.5公斤。四川全省推广74万亩。亩均增产16.14%。经专家评定认为这是近年南方旱地农业的一项突破性生态技术，为南方丘陵旱地低产田开辟了新途径。具体方法是在旱坡地上水平开沟起垄，沟一米垄一米相间形成两种不同的生态环境，从而实现不同作物的优化搭配立体种植，达到提高复种指数增加产量的目的⁽¹⁾。可见，垄作少耕区田不仅适合北方旱地农业，也适用于南方旱地。

三、地膜覆盖栽培与旱地农业发展

地膜覆盖栽培是1979年从日本引进的一项先进技术。由于增产效益高发展快，从当

年的600多亩, 80年发展到25000亩, 81年发展60多种作物面积22万亩, 82年仅10省统计就达到127万亩, 86年更达到2700万亩⁽⁹⁾。不仅发展快, 而且与国外相比还获得了重大的突破性发展。如日美两国在地膜植棉上均未获成功和大面积推广。而我国在短短的五年中就获得成功并在生产上大面积推广。日本专家认为地膜覆盖会引起土壤盐渍化, 不宜应用于盐碱地。而我国试验不仅在轻或中度盐碱地上获得成功, 而且还成为盐碱地开发利用的一条新途径。特别是在我国西北砂田地区应用获得良好的结果, 不仅成功地代替了砂田覆盖, 而且其覆盖效果与新砂田相同而优于老砂田, 大大降低生产成本, 解除了广大农民繁重的铺砂体力劳动。目前我国在应用面积和作物种类上已居世界首位。为什么发展速度这样快并获得突破性的发展? 主要是因为它既符合我国精耕细作劳动集约化的国情, 又能与我国的传统技术结合, 促进传统技术更好地发展。同时它的经济效益高, 作用全, 应用广。因为地膜覆盖栽培不仅能直接防止地面蒸发, 减少土壤水分损失和有效利用土壤水分, 而且还能使土壤中水肥气热因素协调, 能较好地解决作物生育与环境条件的矛盾, 为作物生长发育创造一个良好的地面生态环境。特别是早春低温或高寒干旱半干旱地区, 能在一定程度上弥补水热资源的不足, 更具有特殊的意义。1987年我参加大兴安岭北部特大火灾恢复森林资源和生态环境考察时, 了解到当地林管局扶持林场职工家属庭院塑膜大棚生产蔬菜, 不仅突破了高寒禁区的蔬菜生产和解决了职工的蔬菜自给, 而且还为林区综合发展农牧副渔多种经营的生态农业提供了广阔的发展前景。所以我当时就在考察报告中提出要进一步发展庭院塑膜大棚生产解决高寒禁区的生态农业问题⁽¹⁰⁾。一般地膜覆盖栽培增产30—50%, 增加产值, 经济效益高, 应用范围广, 作用全。不仅增光增湿灭草, 保湿度保土壤, 还有保肥增肥, 促进微生物活动, 增进土壤有效养化转化增加CO₂, 提高土壤肥力和光合作用。这些作用都说明它为农作物创造了一个局部比较稳定的农田生态环境。这种局部比较稳定的生态环境, 既改变了天也改变了地, 把影响和决定作物产量的各种因素水肥气热光彼此协调起来, 产生比任一单项技术增产幅度大得多的综合增产效果。所以它能大幅度增产增值, 经济效益高, 生态效益和社会效益好。据1981年农业部门对7省市区的蔬菜、花生、棉花三种作物16.8万亩的调查统计, 总计多为国家创造1680万元的财富, 即每亩增收100元。大多数作物增产幅度30—50%。山西省过去旱地棉花亩产只有30—40斤, 水浇地也不过40—60斤, 覆膜栽培后棉花亩产提高到50—60斤, 并出现亩产皮棉220斤的高产地块。花生也如此, 辽宁山东河南安徽等省不少高产花生超千斤, 蔬菜增产幅度更大。北京有亩产15000多斤的春茄, 西红柿19000多斤。不但增产, 而且还早熟, 一般蔬菜可提早5—10天, 瓜类提早20天。同时还提高品质。这都是增产增值的原因。最近光明日报报导宁夏盐池县农村妇女李玉芬夫妇, 治沙致富成为全国劳动模范, 搬沙造田16亩, 采用地膜玉米间套作技术使粮食亩产达到1092公斤, 并带动附近农民向沙漠进军发展生态农业。据调查盐池县贫困户由1982年的70%下降到1991年为2.4%⁽¹¹⁾。以上充分说明地膜增产的巨大潜力。地膜覆盖栽培将迅速促进我国有机旱地农业的发展。

四、旱地农业原理

以上主要是从旱地农业抗旱耕作传统历史结合国内外先进科学技术在国内试验研究应用的结果, 谈到自己的一些认识很不全面。旱地农业其它的原理还很多。下面简单地

谈一些自己的认识。

1、虚实并存效应与团粒结构：过去无论耕作学或土壤学都提到威廉斯的团粒结构⁽⁵³⁾。现在看来，虽然在东北黑钙土地地区用团粒结构说明自然土壤中水肥气热的协调关系仍然适用也很严谨。但是就是东北国营农场黑钙土地所进行的试验对比，证明水肥气热的协调关系也不如间隔深松虚实并存效应的效果好，更符合中国的实际情况。特别是团粒结构至今也不能人工调控，只能在一定气候条件下的自然土壤中形成，这就不利于广泛应用于农业生产。所以它也不能用来说明中国传统抗旱保墒耕作技术的机制。而虚实并存效应则更好地替代团粒结构理论说明土壤中同时存在的好气微生物分解矿化过程和嫌气微生物的腐殖化过程，并能定量地调控它们，使之既能保证作物增产所需的养分，又能同时提高地力，实现机械耕作的养地作用。这就是为什么东北广大农村传统的垄作耕法几百年地力不衰，而国营农场虽开荒仅十几年地力就明显下降的原因⁽⁵⁴⁾。这一理论不仅适用于垄作少耕法，适用于一切的土壤耕作法，包括坑田、沟田、代田、慢田和现代深松耕法，中耕法及免耕法等。甚至最原始的掘土棒点播、石耢和耢耩耕作法。这就把我国各种的传统经验精耕细作抗旱耕作都提高到现代科学理论上来。同时由于实部土壤可自然形成不用耕作。因此免耕、耙种、耙耢播种、扣种等都可实现。虚部动土少，省工、省水、节能，经济效益高，成本低，不易回实后效长等优点。所以今后应采用我们自己的耕作理论来丰富中国有机旱农耕作的技术和理论。

2、用养结合谷豆轮作种植豆科绿肥作物生物固氮的养地作用是有机旱农的第二个原理。这是五十年代我们总结传统农业精耕细作经验时提出来的⁽⁵⁵⁾。当时我们虽看到豆科作物在轮作间混套复种中的生物养地作用，但却忽略了物理因素土壤耕作的养地作用。主要因素是我们在土壤耕作方面的研究还很薄弱，总结抗旱保墒耕作传统经验不够。当然也与当时学习苏联威廉斯团粒结构理论有关。认为通过土壤耕作的物理作用不能形成水稳性团粒结构。威廉斯本人也强调土壤耕作，特别是耙对团粒结构的破坏作用⁽⁵⁶⁾。同时还受到威廉斯和李比西对西洋犁全翻垡的影响⁽⁵⁷⁾，认为中国几千年来使用的三角犁耕地，不如西洋犁全翻垡耕地质量好。犁底层不平，易漏耕留下生隔条，深度浅。这也是中国古农书上强调多耕、熟耕的原因。没有看到三角犁耕地虚实并存效应的耕层结构的优点。因而也就看不到机械耕作的物理养地作用。否定了它在用养结合中的积极作用。

3、农牧结合多养肥田有机无机结合相互促进地力常新是有机旱农的第三个原理。有的同志只提无机促有机，而不提有机促无机。这是不全面的。我认为有机无机之间的关系是相互促进互为影响的，并以有机为主。不以有机为主就不能循环，不能参加循环无机就不能促有机。无机促有机就变成一句空话。为什么西欧各国畜牧业那样发达，以致粪肥大量流失，反而造成严重的污染源。有机促无机是指提高化肥的利用率，减少流失和污染，提高肥效降低成本，提高农产品品质⁽⁵⁸⁾。过去国外研究认为单纯施化肥降低品质⁽⁵⁹⁾。经过中国农科院土肥所长期定位试验结果证明：有机无机配合施用提高了农产品的品质。这也是有机促无机的结果，使有机无机能很好结合起来。过去教科书上说，化肥施多了影响固氮微生物固氮。最近知道，固氮微生物在适应使用化肥的过程中出现了一种新的能够耐氮的固氮微生物⁽⁶⁰⁾。这也提供了有机无机结合的可能性。

4、间套复种多熟是有机旱农的生态学理论基础。这是因为间套复种多熟能够增加农田生态系统的多样性、互补性、适应性和稳定性，更好地利用空间、时间、地力和人力。这也是用地与养地能够结合的基础。五十年代我写文章研究间套作多熟时提出用养结合。当时有的同志反对，说间套作多熟是剥削地力，只用地不能养地。我当时根据间套作小倒茬有轮作倒茬的作用，加之豆科与禾本科间套作，豆科作物固定的氮能直接分泌到土壤中供玉米利用。所以我认为它是充分用地又能积极养地的措施。肯定了间套作复种多熟的用养结合作用^{〔1〕〔2〕}。

关于复种也是中国旱地农业精耕细作传统的重要组成。因此我国轮作也与欧美各国明显不同。既有年间的轮换，又有年内的复种轮作。所以只有时间上的严格顺序，空间顺序比较灵活。特别是代田、垄作、区田的沟垄互换及间套作的小倒茬等使空间顺序的灵活性更大。只要作物布局合理(包括空间、时间、季节和劳畜力)就能实现比较合理的轮作。因此，60年代编写北方耕作学教材时，我提出用种植制度替代西方轮作制度，更符合中国的国情，终为大家接受采用^{〔3〕}。

5、因地制宜农林牧副渔乔灌草种养加结合注意生态经济效益，促进物质和能量循环，充分发挥农田系统的整体生态经济效益是中国有机旱农的生态经济学的理论基础。这里我特别强调乔灌草种养加是因为农林牧副渔的辩证关系大家都已熟知和理解，乔灌草种养加是近年生态农业发展后提出的。乔灌草是1982年我在广州华南农学院全国第二期农业生态师资讲习班提出的^{〔4〕}。为什么要提出这个概念？因为生态农业既然是农林牧副渔结合的大农业，就理应当把乔本植物、灌木和草本植物包括到农业生态系统里来。以扩大空间和时间上开发和利用资源的范围，解决生物(包括人类)与环境的矛盾。种养加结合不仅增加产值，提高生态经济效益，更重要的它有利于促进物质和能量能够在农村就地循环。这种循环对旱地农业传统很重要，循环周期越短越好，速度也越快越好。所以许多农业生态学家都主张在农业系统中增加环流提高生态经济效益。特别是水产、小动物、昆虫及微生物食用菌等的养殖，周期短，循环快，效果很好。此外，这里我还特别提出养蜂业在生态农业上的授粉增产作用不能忽视^{〔5〕}。它不仅是农民脱贫致富的途径之一，也是帮助各种作物(包括果树、花卉、蔬菜和各种林木)授粉增产的有效措施。能大幅度提高农产品和品质。蜜蜂是最理想的授粉昆虫。为作物授粉带来的增加产值比蜂产品本身的经济价值要高10倍以上。据美国农业部的资料，美国饲养400万群蜜蜂，由于蜜蜂授粉每年给农作物增加产值60亿美元。可见蜜蜂养殖在生态农业中的地位和作用十分重要。养蚕业亦如此，特别是养蜂养蚕本身就是种养加结合在一起的，充分体现物质和能量的良性循环。

参考文献

- 1、王在德 论中国农业的起源与传播 农业考古 1986年2期
- 2、王在德 中国农业的起源与发展 农业考古 1990年1期
- 3、王在德、陈庆辉 再论中国农业的起源与传播 1991年8月20日南昌首届国际农业考古学术讨论会论文

- 4、陶思炎著 中国鱼文化 中国华侨出版社 1990年5月
- 5、何炳棣著 中国农业本土起源 农业考古 1984年2月
- 6、H.N瓦维诺夫著 董玉琛译 主要栽培作物的世界起源中心 农业出版社
- 7、李根蟠 中国南方少数民族原始农业形态 农业出版社 1982年
- 8、陈恩志 中国和南亚人类起源中心说 史前研究 1985年4期
- 9、任乃强著 羌族源流探索 重庆出版社 1984年
- 10、邓云特著 中国救荒史 商务印书馆 1937年
- 11、何炳棣著 黄土与中国农业起源 美国历史评论75卷1期1—36页
- 12、侯中田、唐德富 旱地农业 黑龙江科学技术出版社 1984年
- 13、郭文韬等编 北方旱地农业 中国农业科技出版社 1986年
- 14、“吕氏春秋·任地篇”王毓瑚著 先秦农家言四篇别释 农业出版社1981年
- 15、孟世凯著 夏商史话 青年出版社 1986年
- 16、黎虎 夏商周史话 北京出版社 1984年
- 17、唐启宇编著 中国农史稿 农业出版社 1985年
- 18、“国语·周语”（上册） 上海古籍出版社 1978年
- 19、同14
- 20、同上
- 21、同上
- 22、“荀子·富国篇”
- 23、程瑶田“沟洫疆理小记”
- 24、“汉书·食货志” 集释 金少英撰 中华书局
- 25、“说文”东汉 许慎撰
- 26、“范胜之书”今释 石声汉著 科学出版社 1956年
- 27、同上
- 28、“齐民要术”选读本 石声汉选 农业出版社 1961年
- 29、郭文韬编著 中国古代农作制和耕作法 农业出版社 1981年
- 30、同26
- 31、同28
- 32、同28
- 33、“王祯农书” 中华书局 1956年
- 34、同28
- 35、同28
- 36、“韩氏直说”
- 37、同36
- 38、同36
- 39、引“农桑辑要”
- 40、王士元著“亢仓子·农道篇”
- 41、奚诚著“多稼集”

- 42、新兰州志
- 43、迟仁立、左淑珍 耕层土壤虚实说之辨析 中国农史 1989年1期
- 44、郭文韬等编 北方旱地农业
- 45、迟仁立、左淑珍 耕层土壤虚实并存效应及其应用技术 现代化农业 1988年8期2—4
- 46、郭文韬编著 中国古代的农作制和耕作法 农业出版社 1981年
- 47、迟仁立、左淑珍、迟仁达 “精耕”优良传统与土壤耕作现代化
- 48、迟仁立 1991年12月黑龙江省耕作新技术新机具培训班报告
- 49、光明日报 1991年6月3日
- 50、中国地膜覆盖栽培研究会主编 地膜覆盖栽培技术大全 农业出版社 1988年
- 51、王在德、孙鸿良 大兴安岭特大火灾区生态农业的恢复和发展, 大兴安岭特大火灾区恢复森林资源和生态环境考查报告汇编 中国林业出版社 1987年
- 52、盐池县涌现一些治沙致富的生态农业专业户 光明日报 1991年11月7日
- 53、B.P威廉斯 土壤学 付子祯译 高等教育出版社 1957年
- 54、杨家声“东北小组讨论纪要”中国作物学会机械化耕作学术讨论会第一届会议论文选编 203—206页 1963年
- 55、孙渠、王在德等编 耕作学 农业出版社 1961年
- 56、同53
- 57、同53
- 58、曾木祥、金维续、姚源喜等 从长期定位试验看有机无机配合施用的优越性 土壤肥料 1992年1期1—6页
- 59、Howard S A An Agricultural Testament
- 60、陈延仍主编 非豆科作物固氮菌研究进展 中国农业科技出版社 1989年
- 61、王在德、范钦良 玉米大豆间作在用地与养地中的作用 1958年
- 62、王在德、邝禹洲 耕作改制基础知识问答 青年出版社 1979年
- 63、王在德 我国传统有机农业的发展——生物农业或生态农业 1982年全国第二期农业生态师资讲习班讲稿, 华南农学院农业生态研究室合编 农业生态系统资料选编(第三辑) 1984年2月
- 64、邱笃斌 养蜂授粉是农业增产的有效措施 中国农业问题研究 农业出版社 1991年 183—185页
- 65、王在德·译 零耕 免耕法 科学出版社 1981年 15—42页
- 66、李根蟠 中国古代农业 天津教育出版社 1991年