

上善若水 旱涝保收

持续改善水源为保持遭受旱涝灾害农业收成的当务之急

娄成后,张蜀秋

(国家植物生理学与生物化学重点开放实验室,中国农业大学生物学院,北京 100193)

中图分类号: S—01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7601(2009)02-0001-04

1 高等植物生产以高额水分消耗为代价

高等植物以万亿年计的世代,在大陆上不但获得自身的繁荣昌盛,而且还成为其它多样生物(高、低等动物,微生物)生成、居住与演化的基地,维持它们生活的所需及“衣、食、住、行”等资源。高等植物在维持生物与环境间相互转变,达到“生态平衡”中占有导引者的地位。但是跃出水域的高等植物,为要获得天时地利的厚赐,却要付出巨量的水分消耗作为代价,而且由于保持“固守岗位”的习性,必需适应驻守地一年四季中周期性的气候(特别是降水量)的变化。连续生产出的有机物质,改变了大气层与岩石层原有的成分,协助自然界造就松软、肥沃的表土层;以及在地表下层积累出由其躯体转变的化石矿藏。高等植物的这些活动恰好给人类奠定下产业创新的基础。现代科学技术的飞速进展,工商、运输、航天等产业的连迭崛起,以及全世界人口的成倍增加,“绿色工程”的急剧开展,都离不开高等植物当前的生产和过去积累的同化物!

现代人类的社会活动不断地扩大与进展,在产业陆续创新中,还促使农业资源多样化、全球化。国际间成百上千的新型植物品种的选育、交换,日新月异,多不胜收、美不胜收。主副食品的适当调配,庭院花木的景色协调,新型饮料(花茶、果酒、咖啡)、药剂(中药材、抗菌素等)、香料等的选育,以及工业用橡胶,造纸用纤维、代替石油的生物资源等的大量供应,都成为现代农业开发的项目。尽管当前人类靠精巧的繁殖措施、无土栽培等高新科学技术,可以任意改变植物的禀性、分布、活动等方式,可是人类的生存、生活与生产,依然要靠高等植物生产的基本过程作为前奏。大面积的农牧业,仍然要“靠天吃饭”!

茂盛的森林、广袤的草原,长年缺水变为荒旱的

沙漠,或是顷刻暴雨、化为洪水的涝域。现下我国由供水盈亏带来的灾难,靠全民的通力协作得到化解。田间生产“靠天吃饭”的局面,开始得到“人和”的设施扭转。农林渔牧业的正规生产终究是维持人类生活、生存、生产的必备条件。尽管现代田间种植业中改进劳动效率已经而易举,如何提高植物本身的生产效率和减少大量水分消耗仍然是当务之急。

全球的农区和我国相似,大都分布在气候较为温和的地带。通常估计各国农业生产的盈亏,多以粮食的年产量为准。现代世界贸易中各种企业产品的优劣,却以市场经济价值作指标。农产品的数量固然重要,品质更不能忽视。某些优质小麦品种产量不高,从而长期被搁置。图 1 提示我国北方农区一般大田农作物栽培中,每生产一公斤粮食,需要消耗多少公斤的水分,以及各消耗水分部位所占的比例。

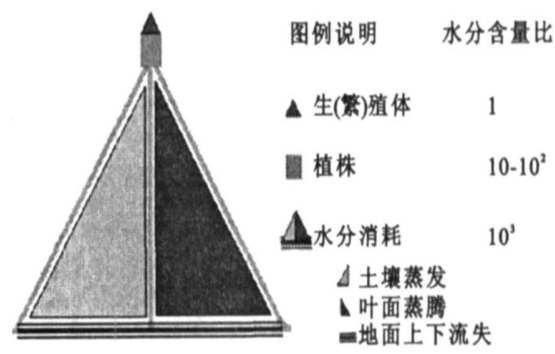


图 1 粮食生产的水分消耗

图 1 清楚地表明:大田作物生产中绝大部分的水分消耗来自叶面蒸腾、土面蒸发和地表上下的流失。节水灌溉得法,渗漏与径流可大大减少。如何提高尖端圆柱,消减下端被叶片蒸腾和土面蒸发所占据的大三角就成为当前面临的课题。大三角的大部分,全生育期内,叶面蒸腾的水蒸气靠较高的分压

收稿日期:2008-12-12

作者简介:娄成后,中国农业大学生物学院,植物生理学与生物化学国家重点实验室研究员,中国科学院资深院士。

差由叶内向外扩散;而光合生产所需的气体 CO_2 则以微弱的分压差从叶外扩散到叶内。水蒸气和 CO_2 的分压相比,差距为三个数量级(10^3)。从而估计出:每株粮食作物合成一公斤干物质,需要消耗的水分要高过一千公斤。

丰产田中收获的粮食籽粒仅占躯体干重的一半(经济系数为 0.5),我国北方农区在盛夏多雨季节田间培育农作物,每生产一公斤粮食至少要消耗上千公斤的水,或放宽些说,每 667m^2 田地接收 1 毫米的降水,产粮成绩超不过 0.5 公斤。我国全年的降水量,南北农区都有热季过于集中而寒季缺少的趋向。应付农村人口持续增长对粮食的需求,必需多方设法提高田间用水,开源节流。综合的开源效应在于:时间上,需将热季过多的降水积存在地表上下的各样库藏中;空间上则靠非耕地的降水挪用到耕地上来,或是“南水北调”。

一般田地缺乏表层覆盖,正如图 1 的大三角所示:全生育期,叶面蒸腾与土面蒸发大致相等,也就是说蒸腾量/蒸发量的比值(简称腾发比)大致相等;不过,腾发比可以随作物生长的进程而改变:秧苗期内,种子生根发芽形成带叶的幼苗,总计田间叶面覆盖度不会超过 1%,水分消耗以土面蒸发为主。成长期内,秧苗起身,长成植株,叶面积增长很快,蒸腾量与蒸发量大致不相上下,到了繁育期,叶面积达到土面的 4—5 倍,腾发比达到高峰。

长期使用分畦筑垄、建立渠沟系统,导引远处水流到分畦进行漫灌的方法;占用了不少种植田地的面积,而且要靠中耕、耙耩来减少土面蒸发。农业现代化中,已然能将各户农田联成一片,便于用大型机具操作。利用管道输水,采用喷灌、微喷等措施直接送水给田间作物利用,大量减少地表的水分消耗。而且能采用天空遥测,田间查验大片耕地作物需水情况,适时加以调整,减免大三角中土面消耗的部分。

2 高等植物的个体发育受制于季节周期

2.1 高等植物的感应性与顶端优势

高等植物所具有“顶端优势”的感应性乃是其在“固守岗位”上,适应环境变化,谋取“自力更生”不可或缺或机制。冠部与根系的尖端生长锥执行植株个体发育程序,它们的感应性独具“顶端优势”,发出相应的信号来调控下属器官的行为。尖端生长锥可以调令下属冠根部分奉送它们各自生产的多种营养物质供应其生育所需。

水、肥、 CO_2 等简单的无机原料,来自周围地表的上下,数量很大但分布异常分散,土壤团粒的水分、肥料,空间的 CO_2 ,各自的浓度仅占其介体的万分之一。只有靠冠部与根系尖端的感应性,在地表上下调控它们的分布与动态,才能得以满足需求!植物在个体发育中,自身生产的同化物(包括无机矿质元素,合成的有机物质)经常在体内各部位(细胞、组织、器官)间进行“新/老(部位)更替”,实现这些同化物的转移,使其持续保留在体内,反复加以利用。不仅如此,冠部与根系间,相互有信息交换。已经发现,根系在土壤水分缺乏出现干旱胁迫时,会及时发出化学信号(脱落酸)给冠部叶片上的密布的气孔促使其关闭。

2.2 改善生态环境,提高作物的抗逆性

近年来,大量农村人口向城镇迁移,田间作物产品运往城市消费的比例急剧增加,而消费遗留下的垃圾、粪便等,不久前还作为回收利用的对象,近来却连同废品堆积在城郊,或排泄到江河,污染水源。田间庄稼收获后,作物的残茬不再认真保留加以运用,而是随意焚烧,烟雾漫天;这样做不仅污染了环境,而且中断了耕地的肥源。只靠施用大量化学肥料来提高产量,只能更加破坏土壤的结构与降低产品的质量。再加上水土流失,水、旱灾频繁,我国作物生态环境的恶化已给耕地的持续增产带来了极大困难,急需努力扭转。

在作物生态环境急剧恶化的情况下,尤其需要提高作物的抗逆性。作物产量与气候变化关系的历年分析表明:短期气候与土壤条件的恶化(旱涝、冷热、荒漠化,盐碱化)等给作物生产带来挫折,致使产量达不到预期目标,因而改善作物自身对环境恶劣变化的遗传适应性应受到关注。

高等植物是自组织、多层结构的开放系统。以细胞为单元构成的组织、器官,各自有特化与分工,因此它们之间必须有相互的物质的交换、信息的传递,才能以整体的方式来适应环境的各种变化。现在作物的遗传本性虽然可以人为地加以改造,但植物在生长发育的过程中还需要不断地通过与其环境变化的相互作用,才能转变为新一代的个体。和动物类似,作物的有些性状乃是在幼龄培养期形成的。特别是在植株发育的初期,需要适当的外界刺激的启动,遗传信息才能得以表达,而且前期获得的特殊抗逆性可以保持到后期。育苗初期,若能加以短暂的逆境(旱涝、冷热,甚至局部伤害)锻炼,秧苗获得的抗逆性可以保留到长成阶段。例如,大豆苗期受到短期高温处理后,体内产生热激蛋白,从而能在全

生育期中都具有抗高温危害的性能。

每个生物的结构与功能各自不同乃是在其遗传属性和经历的环境变化的相互作用下体现的。田间培养的一年生粮食作物具有个体发育的四个典型阶段如图 2 所示:春生、夏长、秋收、冬藏。高等植物的自力更生还意味着同化物的积累幅度与自身的成长进程几乎是同步的。

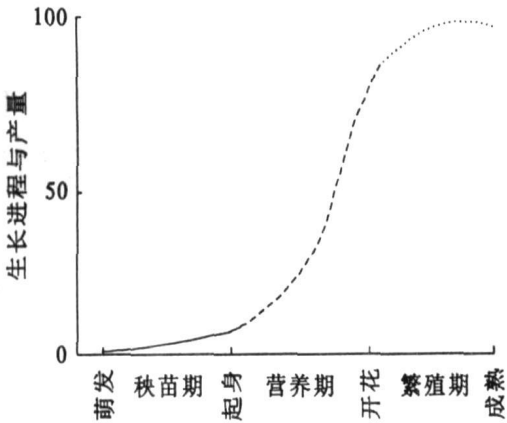
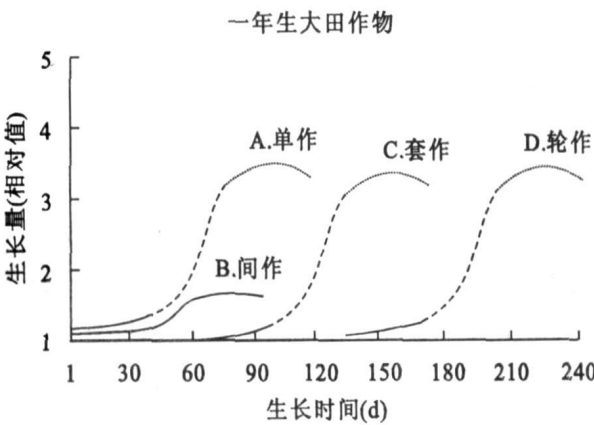


图 2 我国北方粮食作物一年单作中个体发育的典型程序

我国北方黄河流域中原农区属温带气候,大田一年生粮食(水稻、小米等)蔬菜(油菜)等作物个体发育的全期约 100 天左右,春生秧苗期、夏长营养期和秋熟生(繁)殖期各期约占全生长季的三分之一,



冬藏期不定。大致遵循 24 节气规定的田间操作。若在偏南农区种植,播种期提早,全生育期可加长到 150 天。珠江以南,进入热带气候,四季难分,全生育期反而可以短到 50 天。长期在东南亚热带区域培育出来的品种,可以在夏季播种,形成早稻。

冬(春)小麦是由夏季酷热缺水的西域引进来的粮食作物,它的个体发育程序从秋生开始,冬季低温缺水,只能俯伏在土壤内度过“春化”过程,再行春季成长,因此冬小麦可以在水稻收获后,整地种植,形成一年两作的局面。不过我国北方农区春季多风缺水,冬小麦春季成长必须灌溉。

为了维持以少量田地的产出来供应大量的人口所需,公元前就已提出中原耕地可以一年两作,经过历年的不断改进,增加耕作的层次与方式:间、套、混作,和连作(图 3a),更加提高了复种指数、田地时空的利用率,只是田间灌溉用水量与施肥也要增多。

其实多年生与一年生的区别就在于前者的营养体可与繁殖体并存。我国大部分农区按照天气冷热、降水多少可分为寒、热两季:寒季冷冻缺水,限制了植物的活动,热季温暖水足,保证了植物的生长,从而规定了许多草本植物在田间一年内完成生产过程。棉花、番茄等在温暖地带都是多年生作物(图 3b),可以连年收获果实。

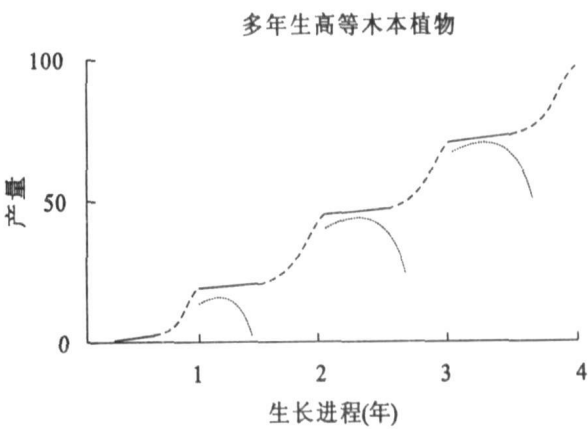


图 3 农作物的多种复种方式

3 我国农业现代化中传统农业生产技术的革新

我国农业现代化需要能适应我国特有的天、地、人的过去、现在,以及预期的将来,需要审慎评议、选择传统农业操作中值得保留、革新的项目。仅就我国农业必须满足水分的开源节流来考虑,列举出值得保留、经过革新、行之有效的三项措施:

3.1 大棚温室作物栽培的历代改进

北方传统农业利用温室或窑洞栽培农作物最初见于公元前西汉传记,历代皇朝内廷、官园的温室、花洞非常兴旺,冬季培养果蔬、花卉等“不时之物”。解放初期,北京南郊还延续使用辽金以来有六百余年发展历史的两种培育作物的固定模式:“花洞子”,为房舍型的立体结构;“阳畦”,为平面型的四边结构。

这两种旧有温室通过革新、窗门改造,成为半拱

形透明膜框架温室。这样的阳光大棚温室,封闭严实,透光度高,隔热性好,坚韧耐用。室内水分吸收阳光辐射能量,腾发出的水蒸气,在棚罩下凝结为水,流回土面。由于建造程序简单,造价便宜,无需另加燃火地道。现下在北方农区已经广泛使用。新式引进的大棚温室具有高度机械化、全坡拱型的薄膜框架,高度与幅度可以成倍扩大,棚内光、温、水、肥可以任意调节,自动管制。更加革新的措施则是:大棚内蒸汽被特制的管道吸收、送到地下槽穴,蒸汽凝水放热,均可储藏待用。北方城市近郊用这种大棚温室周年种植多种作物。阳畦则改为全拱形薄膜框架覆盖的通道,或在田间用地膜成条覆盖,护土保墒。

我国幅员广大,气候多变,经常遭遇灾害性气候的危害,作物产量受到很大的影响,所以农业生产需要随时应对灾害。即便在正常年成,都会有台风暴雨,出现一成左右的损失;历史证明,在严重灾害情况下,粮食供不应求,以至于国家不能稳定。所以有必要采取预防和应急措施,在突然的灾害毁苗的情况下,可以争取至少三分之一的大田生长时间。大棚温室育苗移栽业已在旱作物上应用,可当作常规措施,由社区承担任务,预先或及时育苗,供给当地大田生产的农户。

3.2 育苗移栽技术的继往开来

公元前十世纪灌溉系统尚未定型,耕地水分供应不足,采用“区种”将耕地分成若干小区,只在一个小区耕种,周围小区休闲,轮流备用。另有“代田”,筑垄、分畦、定行条播,便于管理。田间发生缺苗,就采取临近野生稻苗弥补,史称“别稻”。随后才有专为提前育苗移栽用的“秧田”。田间生产水稻育苗移栽是我国传统的创造措施,在东亚种稻国家普遍引用。我国旧有的水秧田除草育秧,异常繁琐,占用工时过多。现代温室中可以进行立体、无土栽培,调控光、温、水、肥的供应,因此,可以快速培养足够的幼

苗,每单位面积的幼苗即可供应 200 倍以上大田面积的栽培所需;而且,育出的苗也可以暂时储存以备急需。一年两作中,秧苗期在时空上占据的耕地,留给待收获的前作占用。

我国计划要保证有 1.2 亿 hm^2 耕地,这仅是美国或印度的大田耕地面积的一半左右,因此需要增加复种面积来补偿。总耕地面积的一半以上已在实施;热带农区可以一年三作或蔬菜作物套种多作,温带一年两作。北方农区可以在春天提早进行温室育苗,延长生育期。采用工厂化育苗和机械化移栽,资源利用效率会大为提高。新兴大棚温室可以同时多种作物的间、套作,移栽育苗,借以提高复种指数、节约水分消耗。

3.3 表层覆盖免耕技术

大田的表层结构是土地与空间进行物质、能量、信息交换的界面,原来曾被绿色植被(树木、草丛等)覆盖的表土层的微细团粒保留着由植物枝叶合成的有机物和根系吸收的无机矿质等肥料,比较容易让降水渗透耕层土壤,而不轻易地任水从表面蒸发出去。最初开垦的农田大都是这样肥沃,疏松的“处女地”。为了维护表土层的结构,根据各地农区的不同情况,曾经采用诸如沙石、绿荫覆盖,膜层,化学凝结层覆盖。最近倡导残茬覆盖免耕法,逐渐大量推广,对于水土保持作用很大。其它表层覆盖方式,因地制宜的应用也是行之有效的农业措施。

综上所述,高等植物不仅是农业,也是林业、牧业、草原、湿地的生存、生活、生产的基础,全都和水的开源节流有密切联系。为了节约水资源,缓解生态环境变化的压力,我国应大力支持、充分利用有限的水源,同时对我国传统农业精耕细作,调蓄水源的成效也应继续发扬。充分利用我国传统农业技术,开发融合现代农业科技,最大限度提高有限的水资源的利用效率,对保障农业的持续发展具有重要的战略意义。