

干旱对植物的影响及其防御途径

河北省农业科学院粮食作物研究所

朱代舜

植物的生长发育，与周围环境条件有密切关系。水在植物生活中起着重要的作用。水分不仅是光合作用原料之一，而且是维持植物体的正常状态，保证生命活动正常进行的必要条件。

长期以来，许多国家的农业生产，常因干旱而减产。因此，关于干旱对植物的影响及其防御方法，一向为许多学者所重视，并研究得出一些结果。

本文拟就干旱对植物（主要是农作物）的影响及其对策，作一简单介绍。

一、干旱对植物的影响

干旱可分为土壤干旱及大气干旱，大气干旱往往还伴随有较高的气温。这两种干旱有时单独出现，但经常则是同时相伴出现的。二者对植物的影响基本上是相似的。

干旱对植物体的影响是多方面的。最基本的是对原生质状况、原生质物理化学及胶体化学特性的影响。在这一影响下，植物体内的水分状况及物质代谢也受到影响，最终则表现于形态结构建成及产量上。

1. 干旱对原生质物理化学及胶体化学特性的影响：植物的各种生理生化过程基本上都是在细胞中的原生质里进行的，任何对原生质状况发生影响的因素，都会影响它们的正常进行。

原生质对外界环境条件的变化是敏感的，干旱对植物体发生影响时，首先影响原

生质状况。

干旱首先对植物细胞原生质胶体的亲水性及亲水胶体含量发生影响。К. А. Бадапова (1959)指出，高温可使向日葵的原生质胶体的亲水性增加；当高温与大气干旱相伴出现时，则其亲水性和亲水胶体含量显著增加，使束缚水含量增多，自由水含量下降，有利于抵御干旱和高温的不利影响。余叔文(1958)、Н. Г. Васильева (1955)等的研究亦表明，在干旱影响之下，植物体内自由水与束缚水的比值会改变，束缚水大量增加。说明细胞原生质胶体的亲水性增加，能够束缚更多的水分，使之在干旱时不易丢失，有利于渡过不良环境。

植物的抗旱性、抗寒性及抗盐性有着共同的特点。大凡抗性较强的植物或品种，其原生质胶体的亲水性均较高。这可能用作鉴定农作物品种抗逆性的重要标志之一。

另外，Н. А. Максимов (1940)发现，萎蔫会使某些植物（如丁香等）的细胞原生质透性增大，电解质外渗量增多。萎蔫程度不同，萎蔫之后原生质透性恢复到原来水平的能力也不同，萎蔫愈重，浇水后透性恢复到原来程度的可能性也愈小。Н. Г. Васильева (1957)也发现，在干旱及高温下春小麦细胞原生质的透性显著增大，使电解质外渗量增多。此外，余叔文(1958)用水稻及陆稻，作者（朱代舜及莫耀植，1963）等用不同品种的小麦，亦发现凡是抗旱性强

的品种, 在干旱下其原生质透性均较小; 尤其在高温下, 不抗旱品种的透性急剧增大, 而抗旱品种增加的幅度则较小。K. A. Бадапова (1957) 以蚕豆、南瓜、玉米等研究高温对不同年龄植物的影响, 发现在高温下不仅有电解质由叶中外渗出来, 而且会使叶细胞中的部份有机物质外渗出来。不同年龄植物抗高温的能力不同, 年龄愈大者抗热性愈强; 并且同一器官, 例如叶片, 其本身日龄愈长者抗热性也愈强。幼嫩叶则最易受害。

原生质透性一般具有单向性, 物质不易由细胞里外渗出来。电解质外渗量增多即表明植物细胞原生质的结构状况受到了某种程度的伤害。因而在干旱和高温下, 抗旱性较强的品种的电解质外渗量增加较少, 表明其原生质结构状况不易遭受破坏, 有利于其保持水分, 使各种生命活动不致遭到巨大的损害。

作者等(1963)发现, 抗旱性较强的小麦品种, 不但在干旱或高温下原生质透性变化幅度较小, 而且其叶片的保水能力也强, 二者之间有着密切的关系, 相关系数达 0.70 ($p < 0.01$)。说明植物的保水能力与原生质状况有着密切的关系。

此外, П. А. Гензель (1956) 等还发现, 植物细胞原生质的粘滞度与抗热性有关, 而弹性与忍受脱水的能力有关, 并提出作为鉴定植物抗旱性的指标之一。他指出, 凡是抗旱及忍耐高温能力强的植物, 或经过抗旱锻炼的植物, 其原生质粘滞度及弹性均较大。

2. 对植物体内水分状况的影响: 植物体内的水分状况, 经常是处于一种动态平衡状态中的。当土壤干旱或大气干旱时, 就会使平衡破坏, 导致水分亏缺。余叔文(1958)发现, 水稻旱种, 会使水稻“老来青”的水分亏缺比在缺水情况下增大 1—2%, 而旱种对陆稻“南通旱”则无甚影响或影响极小。作

者等(1963)也研究发现, 土壤水分减少时, 会使小麦的白日水分亏缺增大, 而且不浇水处理者要比浇水处理者大, 其中不耐旱品种西北 54 增大最多。Б. А. Рубин (1956) 指出, 在土壤干旱的过程中, 最初会出现白日水分亏缺, 但对植物并无不利影响; 只有当进一步干旱, 致使夜间根系吸收的水分也无法补偿白天丢失的水分, 于清晨出现“剩余水分亏缺”时, 才对植株有害。

在此情况下, 植株体内的总含水量下降, 相应的细胞液浓度增加, 因而吸取力也会增加。这早已为许多学者(Н. А. Максимов, Н. С. Петин, М. Ф. Любов 等)所证实。因此, М. Ф. Любов (1957) 提出根据农作物细胞液浓度的变化, 来判断需要灌溉的时期。В. С. Шардаков (1957) 也提出以吸取力作为判断给棉花灌溉的指标。这些指标已开始在大田生产中运用, 并已取得一定成效。

干旱引起植物体内水分平衡的失调, 一方面是由于土壤水分缺乏, 可用态水极少, 使植物吸收量减少。如 Л. А. Филиппов (1956) 的研究证明, 棉花植株的伤流, 在土壤湿度下降时, 会由正伤流变成负伤流。表明植物水分的主动吸收在干旱时甚至完全被抑制。其原因除了土壤水分缺乏, 还由于干旱下植物体内物质代谢及运转破坏, 使根系内物质代谢及能量代谢破坏, 从而使根系主动吸水的能力减弱, 甚至消失。另外, 干旱时植物气孔虽然可能关闭, 但角质蒸腾仍大量失水。J. Marke (1956) 发现, 在不施肥的情况下, 燕麦的初始蒸腾比施肥者低, 但随着萎蔫过程的进展, 其总失水量反而比施肥者多。说明其保水能力弱, 后期角质蒸腾大。

植物体在干旱条件下除了总含水量下降外, 体内不同类型水分之间的关系也会发生改变。如前所述, 干旱会使植物体内束缚水含

量增多,而自由水含量下降(Н. Г. Васильева, 1956、57; 余叔文, 1958等)。一般认为,束缚水增多会增加植物的抗旱性(Н. А. Максимова等)。但是,植物体中可被利用的、在生命活动中起积极作用的乃是自由水。自由水减少,必然也影响植物生命活动的进行。因此,Н. Г. Васильева及余叔文等认为,对于植物的抗旱性来说,并非束缚水含量愈多愈好,而是自由水与束缚水在干旱时能保持一定的比值为好。

3. 对植物体内新陈代谢的影响: 水分是植物体内新陈代谢过程中不可缺少的介质。研究证明,酶促作用的方向与原生质状况密切相关,当缺水时,酶促作用就趋向于水解。因而干旱缺水就会严重影响植物体内的新陈代谢,使之紊乱进而受到破坏。

关于水分与光合作用的关系,В. А. Бриллиант (1949)发现失水会使植物光合作用强度降低;并且,在相同的失水程度下,缓慢失水比迅速失水对光合作用的破坏作用要大些。又Н. С. Петинков (1938)等发现,即使是不太严重的干旱,也会使光合作用强度降低,影响干物质积累过程,最后使产量降低。这一事实已为大田生产所证实。但是,Клеба等发现,即令在质壁分离(严重脱水)时光合作用仍不停止,只不过以极低的水平进行。这似乎又表明,光合作用与植物体内的水分含量并无直接关系。В. А. Бриллиант认为,光合作用与原生质状况的关系,比与含水量的关系更要密切些。

И. А. Тарчевский及Н. С. Сиянова(1962)还发现,干旱会影响小麦光合作用的产物。在干旱情况下,植物体内形成较多的氨基酸(脯氨酸、缬氨酸等),并且纤维素合成强度较大。他们认为这是对于干旱的一种适应,因为植物体在干旱时会积累氮,对植物会引起中毒,而上述氨基酸则可消除这一危险。同时纤维素形成强度增加,可使细胞壁加

厚,形成抗旱性结构,提高细胞的持水能力,他们还发现,干旱条件下小麦叶片中蛋白质合成受阻碍,而淀粉形成仍照常进行。

此外,干旱会引起植物体内物质代谢的破坏。В. Н. Жолкевич (1957)指出,当干旱开始,春小麦植株生长已开始减慢,但尚未察觉出其已受抑制时,它的呼吸强度比受灌溉者稍低。但当发生了水分亏缺时,其呼吸作用就大大增强,比受灌溉者还高许多,并一直保持到死亡。说明这乃是由于正常的代谢过程受破坏而引起的异常现象。另外他也发现,在干旱情况下春小麦叶片中蛋白质合成受阻,叶片内非蛋白质氮比灌溉者多,而蛋白质氮却少。Т. Г. Брыдрев及Л. А. Тянкова (1962)亦指出,受干旱后小麦植株内蛋白质减少,可溶性氮化合物(天门冬氨酸、天门冬酰胺等)积累增多。以上均说明干旱破坏了蛋白质代谢。

干旱对碳水化合物的代谢也有强烈影响。Н. М. Сисакян发现,干旱会影响淀粉酶的活性,使之趋向于水解方向。П. А. Гончель (1956)甚至提出来用以鉴定植物的抗旱性;抗旱性强者的,在干旱时叶片中淀粉含量会高些。В. Н. Жолкевич还发现,春小麦在开花以前,受灌溉者蔗糖合成能力一直较高,开花后速度才下降,到灌浆初期(乳熟)时一般看不到蔗糖合成。可是受干旱者与此相反,前期合成能力较低,乳熟时反而急剧增加,但此时植株叶片已开始发生死亡;因而认为这是干旱使之死亡前的象征。叶片中蔗糖的水解速度,开花后受灌溉者大于受干旱者,表明灌溉有利于使叶片中的营养物质运往籽实中。

干旱还严重的影响植物体内的磷化合物代谢。Н. А. Гусев (1959)发现,干旱时小麦叶片中不仅含氮量下降,总磷含量也立即下降,而且以有机磷下降较多。尤其当高温与干旱同时出现时下降更多。但无机磷在此

时反而增多, 仅在低温干旱时才降低。核蛋白磷在一般的干旱情况下有所增加, 而在高温干旱时则下降。Е. И. Покровская (1960) 还指出, 旱风使小麦叶中有机磷化合物分解, 而无机磷积累。Н. С. Петин (1961, 62) 等亦发现, 在高温情况下, 不仅小麦叶片中蛋白质分解加强, 分解产物集中于根系; 同时叶片中无机磷及有机磷皆下降。这与 Н. А. Гусев 结果略有不同, 可能是由于单纯高温的影响所致。Н. С. Петин 还发现, 高温对小麦体内代谢的影响, 在不同时期是不一致的, 以在乳熟期时高温影响最小。

此外, А. А. Землянухин (1961) 发现, 干旱会使小麦叶片中的过氧化氢酶及过氧化物酶的活性降低。并且叶片中的抗坏血酸含量下降。这与许多学者在别的作物中观察结果一致。Д. П. Викторов 就曾发现干旱时向日葵中抗坏血酸(维生素丙)含量下降。马铃薯亦如此。表明这一在代谢中有重要意义的物质, 在干旱下遭受破坏。但是, 不同作物反应也不尽一致, 旱地棉花叶中的抗坏血酸含量反而要高一些。

Л. Д. Прусакова (1930, 1962) 还发现, 在干旱下小麦叶片中色氨酸合成受阻。而色氨酸是生长激素吲哚乙酸的前体(崔微等), 因而必然影响到植物体内生长激素的形成。

干旱影响植物体地上部的物质代谢, 也破坏根系内物质代谢。В. Н. Жолкевич 及 Т. Ф. Корецкая (1960) 发现, 干旱时南瓜根部磷代谢遭到破坏, 有机磷化合物中的蔗糖磷酸酯及三磷酸腺苷随干旱程度增加而减少。这表明根系内的能量积累与变化过程减弱, 因此导致根内蛋白质合成受阻, 氨化作用及转氨作用降低, 造成酰胺在根中积累。当这些化合物积累至一定量时, 则会造成根系中毒。Е. И. Покровская (1960) 也发现, 旱风会使小麦根系中磷代谢破坏, 并使根系

的主动吸收活动受抑制, 影响其对矿质元素的吸收。

4. 对植物体内物质运转的影响: 干旱对植物体各器官之间的物质运转与分配, 也带来不利的影响。В. Н. Жолкевич (1961) 发现, 干旱使春小麦体内同化产物运输速度减慢。受灌溉者经给其叶片施以 C^{14} 后, 经 3—4 小时即可在穗中出现 C^{14} , 而受干旱者此时在穗中则观察不到 C^{14} 。在开花后, 受干旱的小麦植株体内蔗糖水解速度很慢; 且其叶片中可溶性糖含量一直不下降, 反而上升, 至死亡时其含量比受灌溉者还高 3—4 倍, 表明干旱时体内营养物质向穗部运转受阻。

5. 干旱对植物体形态建成的影响: 许多研究结果及生产实践证明干旱对植物的形态建成有重大影响。在干旱条件下, 植物株形一般均较瘦小, 叶片小, 结实器官数量及体积亦小。Л. Д. Прусакова (1962) 研究证明, 在小麦叶细胞的生长期中, 如果水分条件适宜, 则叶片内色氨酸合成很顺利; 尤其在细胞伸长期发现有大量的色氨酸合成。如果水分不足, 则合成速度明显下降。如前所述, 色氨酸是吲哚乙酸的前体。这可以解释在干旱下植物株形瘦小的原因。当然, 除此之外, 水分不足时, 植物体内缺乏必要的膨压, 这也影响细胞的生长。

水分不足还会使繁殖器官的形成受到破坏。禾本科植物在生殖器官形成及分化期间, 对水分缺乏最为敏感, 干旱能严重影响其进程, 降低产量, 这一时期被称为“临界期”。Ф. Д. Сказкин (1957) 认为春性禾本科植物从拔节至抽穗是对土壤水分不足敏感的临界期, 但是以从花粉的造孢组织中四分体开始着生至开花受精这一时期, 对土壤缺水最为敏感, 此时土壤或大气干旱, 受害最重。余叔文(1963)证明水稻在孕穗期间土壤干旱受害最重。

在植物的水分临界期, 是由营养生长转

向較旺盛的生殖生长的时期,这时土壤缺水会使植物体内发生水分亏缺,其营养器官就可能由幼嫩的生殖器官中抽取水分,从而导致生殖器官缺水,影响生殖器官分化的正常进行,使分化提前結束,或者使性器官发育不良。在开花受精时期土壤缺水,則会影响开花及受精过程,造成不孕,引起缺粒。余叔文(1963)在水稻开花期干旱的情况下,給穗子套上玻璃管,穗子的含水量因此减少較少,空粒率也降低。Ф. Д. Сказкин 指出,在抽穗揚花期間,禾本科作物体内的水解过程占优势,使蛋白质及碳水化合物含量降低,这样必然导致原生质胶体的水合度降低,使植物的抗旱性减弱,因而也容易受旱害。因此,在临界期間無論土壤干旱或大气干旱,都会导致作物减产。

二、防御途径

干旱地区防御干旱,根本的办法是发展水利,此外,也可采取以下方法来防旱抗旱。

1. 采取适应干旱的耕作制,通过耕作、輪作等手段,改善土壤状况,提高土壤的保水能力:一般說来,干旱地区地多人少,耕作都較粗放,施肥較少,地力也較弱,因而土壤保水能力也弱。这类地区的耕作制,必須适应干旱的特点,通过耕作、輪作等措施,来改善土壤状况,提高土壤肥力及保水能力。如衡水一带部分地区,采取种留麦的办法,麦田夏季休閑,以恢复地力,蓄納夏季雨水,来保証小麦产量。另外,也有采取粮食作物与苜蓿等綠肥作物輪作的,也能改善土壤状况,提高作物产量。

同时,利用一些耕作方法,也可以提高土壤的蓄水保水能力。孙桐(1963)分析了衡水旱地不同时期的耕作保墒措施,认为夏季主要是蓄墒保墒,休閑地应深耕多鋤,以增强蓄水能力,并减少蒸发。在种有作物的地上,可在作物行間深中耕,除草保墒。秋季

作物收割以后,要早耕細耙,防止水分丢失。春季要尽早頂凌耙地,土壤化通以后,应进行軋耨等措施,减少水分丢失。张景略(1962)曾詳細分析了各种耕作保墒措施,指出只有当耕、耙、鎮压、耨、鋤等措施因地制宜的相互結合时,才能获得最大效果。郭輔民等(1962)报导,承德地区北部的农民采用扛耨的耕作法,可以减少土壤蒸发,保証苗全、苗齐、苗壮。

2. 通过栽培措施,提高植物利用自然降水及土壤水分的能力:

(一) 調整作物的播种期,以适应自然降水的变化。干旱地区每年都有一段时期是雨季。因而,可以調整作物的播种期,使作物最需要水分的时期,与雨期相吻合,以充分地利用自然降水。邓宗岱(1963)証明,通过調整谷子的播种期,使其临界期与雨期相适应,能够在原有地力的基础上,提高谷子的产量。

(二) 調整种植密度。干旱地区土壤水分不足,作物种植密度不宜过大。否則群体的总蒸騰量增多,会使个体的水分状况恶化,影响个体的生长发育。密度适当,則植株茎叶适量,群体总耗水量小;而且个体的根系发育較良好,也能增强植物的抗旱能力。

3. 提高作物的抗旱能力

(一) 培育抗旱性强的新品种:通过选种育种方法,可以培育出抗旱力强、丰产稳定的优良品种来。抗旱品种的选择及后代培育,要在干旱条件下进行,这样,成功的机会較多,后代的抗旱性能也可能較强。张树榛(1962)发现,当把同一杂种后代分别在水地和旱地上培育,几年以后同时在水浇地及旱地进行比較,培育于水地者,种于水地时高产品系多,而种于旱地时則高产品系少;在旱地上培育的后代,在水地种植平均增产率不如水地培育者;但在旱地种植則优于水

地培育者。Л. Д. Прусакова (1957) 的糖用甜菜研究証明, 将同一品种多年培育于不同水肥条件下时, 其后代不但产量不一致, 而且植株体内的物质代謝、水分状况也不同, 结构也会发生变化。在培育抗旱品种时, 应注意培育条件, 使杂种后代向抗旱力强方面发展。

(二) 种子鍛鍊: 此法是苏联 П. А. Генкель首先提出的。目前关于鍛鍊种子以提高植物抗旱性及产量的报导越来越多, 并已引起許多国家的重視。但是, 也还有一些学者, 持有不同的看法。

郑广华等(1957)研究表明, 小麦种子经过鍛鍊之后, 其呼吸强度提高, 可溶性糖及可溶性氮化合物含量比未經鍛鍊者增加, 淀粉酶及过氧化氢酶活力比未經鍛鍊者高2—3倍; 同时水溶性胶体含量也增多一倍, 表明鍛鍊使种子中的代謝加强, 亲水性有所提高。

余叔文(1958)亦发现, 小麦种子经过鍛鍊后可提高出苗势及出苗率。而且植株生长发育快, 植物体内束縛水含量及保水能力皆增加, 抗旱能力有所提高。П. А. Генкель(1946, 62)研究証明, 春小麦种子经过鍛鍊可使胚中原生质亲水性提高; 同时, 生长出的植株呼吸作用較旺盛, 光合作用也比未經鍛鍊者高0.2—1倍; 植株体内的蛋白质凝固点提高了1—2°C, 原生质粘滯度及弹性也有增加; 并且, 体内水分状况也較好, 含水量比未經鍛炼者高3—7%, 而水分亏缺却少7—8%。Н. А. Гусев (1959)指出, 小麦种子受过鍛鍊, 植株体内有机磷化合物和核蛋白的含量較高; 說明经过种子鍛鍊的植株的原生质具有較高的亲水性及粘滯度, 同时代謝作用也較强。

此外, 种子鍛鍊还会引起植物的形态结构发生某些改变, 如叶面积扩大, 細胞变小, 叶脉增多, 气孔密度增大, 导管直径加

大等。种子鍛鍊可使春小麦的胚根增多, 根系的总表面及活性吸收表面也較大。

余叔文(1958)在盆栽試驗中发现, 种子鍛鍊可使小麦南大2419增产5—27%; 尤其在开花期受干旱的处理增产最多, 比未經鍛鍊者多27%。В. X. Зубенко(1959)証明, 种子鍛鍊可使青貯玉米綠色部份的总收获量增加19%。П. Д. Углов (1963)的試驗証明, 春小麦在干旱条件下进行种子鍛鍊, 可以增加植株的总分蘖、有效分蘖及小穗数, 增产35%。П. А. Генкель用春小麦、向日葵、蕃茄等作种子鍛鍊試驗, 均得出肯定的結果。

种子鍛鍊为什么会有良好效果, 其原因尚在探索中。П. А. Генкель认为: 在干旱鍛鍊的过程中, 已萌动的种子减少水分含量, 提高了植物在幼齡时期对脫水的忍耐力, 因此能适应干旱。Л. А. Курсанов(1962)则认为: 只有在胚刚萌动时, 使組織受到干旱的影响, 才会有良好的作用。因为此时胚中大部份酶尚未形成, 在干旱的影响下, 使酶机构的形成有所变化, 因此才有可能使这种影响长期的保存于植物的代謝中。据П. А. Генкель等証明, 种子鍛鍊的效果甚至能在第二、三代中发现。同时还发现, 即令不遇干旱, 种子鍛鍊也无不良后果。

另外, D. K. Misra(1961)将小麦及玉米盆栽, 萌芽后使之萎焉三天, 然后浇水, 反复几次, 然后置于干旱条件下生长。在拔节期干旱时, 受过鍛鍊的植株的成活率要比未受鍛鍊者高。他还发现, 非抗旱品种鍛鍊的效果較差。

有些鍛鍊的結果不良, 可能是由于种子鍛鍊的方法不当所致。例如余叔文(1958)等发现, 种子处理时各次給予种子的水量及干燥程度不同, 結果也好坏不同。另外, 不同品种对干旱处理的反应也可能不一致, 所要求的处理方法也有差別。

(三) 利用微量元素提高植物的抗旱性: 崔征等(1958)发现, 用硫酸铜溶液处理棉籽, 能增加棉花幼苗的抗旱性, 使其保水能力及吸取力增大, 生长速度加快。М. Я. ШКОЛЬНИК (1959) 等证明, 在按Генкель法进行处理时, 加入硼、锰、锌、铜等, 能更好的提高小麦、大麦植株的原生质粘度, 改善原生质状况, 增加其保水能力; 在荞麦及向日葵上亦有同样作用。此外, 还发现用铝、钼、钴等处理大麦种子后, 能使其根系发育良好, 体内总含水量及束缚水含量均提高了, 增加了植物的抗旱性, 虽遇干旱仍能获得较好的产量。

用微量元素施入植物根部或根外喷施亦有良好作用。М. Я. ШКОЛЬНИК 发现, 根外喷硼能提高荞麦及向日葵的原生质粘度, 提高抗热性。М. М. ОКУНЦОВ (1952) 在春小麦播种前五天, 施硫酸铜于土壤中, 能提高小麦的保水能力, 增加蛋白质含量, 加强抗凋萎能力。Ф. Д. СКАЗКИН (1959) 于盆栽试验中亦发现, 在缺水条件下, 于不同时期施入适当剂量的氮、磷、钾、硼、铜、锰、锌等元素时, 对禾本科粮食作物的物质代谢、花粉生活力及产量等皆有良好影响。特别是在临界期缺水时, 微量元素有利于繁殖器官的形成。

(四) 增施肥料, 改善植物体内生理状况, 以提高其抗旱性: 施用大量有机质肥料, 可以改善土壤结构, 提高蓄水保水能力, 增强作物抗旱性, 已是普通常识, 不再赘述。

Е. И. РАТНЕР(1959)在向日葵、黍、苜蓿、马铃薯等播种时, 施入颗粒状磷肥, 结果提高了植株叶片的原生质粘性与弹性, 也提高了抗旱性。并且还促进幼根生长, 使向日葵根部的导管数比不施颗粒状磷肥的增加50%; 根系发达就能更好的利用地下水。因而, 向日葵、马铃薯等在干旱情况下, 比不

施颗粒状磷肥的增产20%以上。

Ф. Д. СКАЗКИН 亦发现, 施用适量的氮、磷、钾肥能增进植物的抗旱性。Н. А. Гусев (1959) 进行了多年的盆栽及田间试验证实, 施用氮、磷肥料可以改善小麦植株体内的水分状况及物质代谢过程; 同样受干旱, 未施肥者减产26.8%, 苗期追磷肥的则只减产14.9%, 抽穗前追施氮肥的也只减产19.7%; 但苗期追施氮肥及抽穗前追施磷肥者, 反而在干旱时死亡。Н. А. Гусев 证明, 在干旱条件下, 籽实产量与原生质胶体水合程度之间, 有密切的相关关系($\gamma=0.94$), 与体内有机磷含量和无机磷含量之比的相关更密切($\gamma=0.99$)。因而, 适期施用氮、磷肥时, 能提高产量。

4. 利用化学药剂保护植物, 以减轻干旱的危害程度: 许多研究证明, 使用某些化学药剂, 可以防止植物在干旱时过多的失水; 有些药剂则可以使遭受旱害后的植株迅速恢复正常状态; 都可以减轻干旱的危害。如 W. J. Roberts (1961) 盆栽试验证明, 向土壤中施入六癸醇及八癸醇的混合物, 可使玉米植株的需水量降低38%, 蒸腾量减少42% 在大田试验中, 当玉米植株高达40—50公分时, 向土壤中施入六癸醇, 可使玉米增产。经利用带放射性 C^{14} 的六癸醇测定证明, 它能随水进入叶中, 并形成单分子的半透膜, 因而减少水分丢失。

E. M. Stoddard 及 P. M. Miller (1962) 发现, 把草莓植株的根浸入8-羟基喹啉的硫酸盐溶液中, 然后移植于土壤中, 可使植株蒸腾量减少。用以处理菊花叶片, 可使气孔关闭, 减少水分丢失。

此外, Т. Г. Крыдрев 及 Л. А. Танкова (1962) 发现, 小麦植株在孕穗期受旱以后, 重新灌水, 并喷以吲哚乙酸, 2, 4-D、或吲哚乙酸+2, 3, 5-三碘苯甲酸, 能使植物体内生理活动早日恢复正常, 减轻受旱造成的损失。