

克魯日林著

灌溉作物生物学特性

財政經濟出版社

灌溉作物生物学特性

克魯日林著

許振中譯

財政經濟出版社

内 容 提 要

本書闡述了灌溉农作物的生物学和生理学特性；熟悉了这两种特性，可以应用灌溉和其它的农业技术方法来顺利地控制植物的生长和发育，以期获得高额的产量。

本書可供农学家和农业科学工作者参考。

А. С. Кружилин
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ОРОШАЕМЫХ КУЛЬТУР
Государственное издательство
сельскохозяйственной литературы
Москва 1954

根据苏联国立农业书籍出版社
1954 年莫斯科俄文版本译出

灌溉作物生物学特性

〔苏〕克魯日林 著
許振中 譯

*

財政經濟出版社出版

(北京西总布胡同 7 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 80 号

中华書局上海印刷厂印刷 新华書店总經售

*

850×1168 耗 1/32 · 11 1/2 印張 · 282,000 字

1958 年 1 月第 1 版

1958 年 1 月上海第 1 次印刷

印張 1—2, 100 定价: (10) 1.70 元

統一書号: 16095.515 57.12 類型

目 录

导 言	5
总 論	7
植物的阶段發育和产量的潛在可能性	7
在产品形成中叶和根的作用	8
土壤中水分狀況以及水在植物生活中的作用	16
干旱和高温在“临界”期中对植物的影响	20
各种不良条件对产品形成的影响	26
灌溉和矿質营养对产品品質的影响	33
需水量,計算植物需水量的方法和各种灌溉方法的生物学作用	37
灌溉农作物	46
冬小麦	46
春小麦	63
玉米	94
黍	106
稻	113
棉花	129
糖用甜菜	163
向日葵	182
油用亞麻	202
芝麻	204
烟草和黄花烟草	210
瓜类作物	224

黃瓜.....	235
番茄、茄子和辣椒.....	237
甘藍.....	247
塊根类作物和洋葱.....	256
馬鈴薯.....	262
苜蓿和其它的多年生牧草.....	278
草莓.....	294
葡萄.....	303
苹果.....	321
参考文献.....	355

导 言

在第十九次党代表大会的指示中，规定了大大扩大灌溉地的开垦及其高效率的利用。

苏共中央九月全会在“关于进一步发展苏联农业的措施”的决议中曾经指出，在我国，包括灌溉农业诸地区在内，必须增加农作物的生产及坚定不移地提高其单位面积产量。

应用灌溉使得有可能顺利地与干旱作斗争，并获得谷类作物、技术作物、油料作物、蔬菜作物、果树浆果作物及其它作物的高额产量。可是，在灌溉的条件下获得高额产量，通常还是有困难的，这是由于对灌溉作物生物学特性方面知识的贫乏，而缺乏这种知识，就不能求得农业技术问题正确的解决。

水是植物这一生物生活中的一个最重要的因素；原生质中发生的所有的生理和生物化学过程(新陈代谢)只有在水的参与下才能完成。当缺乏水分时，生理过程大大减缓；而当无水时(指可用水分)，生理过程即完全停止。活细胞的原生质含有80%以上的水分，仅由于此，原生质中才可能发生连续不断的新陈代谢——生命物质的主要指标。构成原生质的最主要的物质——蛋白质、脂肪、碳水化合物等——只在细胞得到水分一定最小限度饱和的情况下和在水分的参与下才能表现出自己的作用。当缺乏水分时，蛋白质和像生物胶体之类的其它物质即凝结起来，而与此同时，生命即行终止。

在本书中，植物的生物学和生理学特性是在灌溉的条件下基于阶段过程针对每一种作物来阐述的，这样就使得有可能更好地了解

植物各个器官生长的特性。这就是本书的第一项任务。

一般在不同的外界因素的影响下，特别是在灌溉的影响下，生理过程的强度在植物个体发育中发生显著的变化；为了更充分地了解这些生理过程，本书曾详尽地和着重地研究了叶子——植物最重要的器官——在植物生长的各个时期中的作用。这就是本书的第二项任务。

由于考虑到现代的科学试验和生态条件的知识以及考虑到灌溉农业诸地区中的生产，本书也阐述了这样一些经常实践的问题：为什么在外界条件显著变化的情况下突然出现植物在发育、生长和产量方面的偏差；为什么不同的灌溉制度和灌水方法对生理学过程及产品质量等发生显著的影响。这是本书的第三项任务。

所有的外界因素对植物的生活都有巨大的影响。可是，在灌溉的条件下，水分因素却是其中最为突出的一个，在灌水后头几天这一因素的作用即会极显著地表现出来。所以，本书很自然地给予了上述因素以头等的注意。

为了确定灌水日期，必须知道如下各点：第一，植物对最少去水特别敏感的时间，即植物的“临界”期以及生殖器官形成及传粉等同水分因素的相关性；第二，果实和子粒生长最良好的时期，以及水分缺乏可能对它们发生的不良影响；第三，植物为营养器官的生长对水分最高需要的时期及其对水分的总消耗量（需水量）。

本书中所研究的灌溉作物生物学和生理学方面的实验材料主要是在最大程度上反映着环境条件的自然、田间状况下获得的。

本书可供农学家和科学工作者参考之用。

总 論

植物的阶段發育和产量的潜在可能性

为了控制植物的生長和發育,为了获得它的高額产量,首先必須知道植物在各种具体条件下的生物学特性。

許多研究确定,为了实现植物产量的潜在可能性,需要在各种不同的温度下和不同的时期内通过各个不同的阶段过程。

例如,冬小麦的一些品种在通过春化阶段时,在一个相当長的时间內(約 40—50 天)需要低温(0° 、 $+2^{\circ}$)和良好的光照;而分布在伏尔加河流域的这些品种的特点,是具有較高的抗寒力。在冬季比較温暖的南部諸地帶(庫班、克里木)中划定栽培区的其它一些品种,是在温度較高($+3^{\circ}$ 、 $+5^{\circ}$)和一个比較短的时间(約 30 天)內通过春化的。二年生作物(甜菜、甘藍)以及若干多年生牧草等均有类似的要求。

春性作物(小麦、向日葵等)为了进行春化,需要較高的温度(10° 以上)和較少的天数。同时,其中一些最喜温的作物(棉花、番茄)需要更高的温度(20° 以上)和短日照。

木本植物(苹果)的情况,就有某些不同;这类植物通过各个阶段过程显然是很緩慢的,因为,虽然温度和日照長短每年显著地变换,但植物在若干年內不会进入开花期。

在天气、播种期、营养狀況以及其它一些影响植物通过發育阶段速度和特别是生長速度的条件發生显著变化的情况下,各种不同作物为通过各个阶段过程所产生的要求的实现就受到破坏。所有这些条件对那些在营养器官生長期中(植物生活的初期)通过各个阶段的

植物所产生的影响最大。并且，根据这些条件形成的不同情况，植物产量的潜在可能性及其通过“临界”期的敏锐性就能在不同程度上表现出来。

高额产量的潜在可能性是与下列各点联系着的：第一，是一些阶段过程（生物学上的潜在可能性），这些阶段过程决定着植物能不能过渡到生殖器官的形成及其形成的日期，这一点在营养期的具体条件下是很重要的；第二，是植物各种不同器官——叶、根、茎、穗、花序、种子、果实——增大的可能性（形态学上的潜在可能性），而这些器官是在阶段过程的基础上形成的。这些器官将来愈大及形成得愈多，可能的产量就愈高。最后，第三，各种不同作物的植株具有不相同的生理学上的潜在可能性（光合作用强度、吸收力大小及在不同器官中物质运输及转化的速度等），产品器官中累积的有机物质的多少及其品质的优劣即由这种潜在可能性来决定。

这些具体的潜在可能性被植物的营养、生长和发育的统一过程联系起来，而这种统一过程是在有机体内新陈代谢的基础上来实现的。

知道了阶段过程和生长过程在什么条件下通过得最好，知道了春化处理、灌溉、施肥及各种不同的农业技术方法对产量的各种不同潜在可能性出现程度影响如何，就可以有意识地控制产量，得到数量最多而品质又最好的产品。

在创造对植物生长和发育的各种最适宜的必要条件时，时时必须记住，在生殖器官（带有小穗的穗、花芽）的分化和形成的初期以及“临界”期中这类条件的特殊意义。

在产品形成中叶和根的作用

在产品及其品质形成过程中，主要的作用属于植物的两个器官——叶和根。

早在 1876 年季米里亞捷夫就曾寫道：“叶子無論在数量和質量上均供給植物主要的养料；可以說，植物生活的基本實質就表現在叶子的生活中，也可以說，植物就是叶子”^①。

不但如此，季米里亞捷夫還進一步地確定，叶子和它的綠色葉綠素是“土壤和日光中全部生命之間的媒介物”^②。

植物的葉面愈大，在適宜的條件下，光合作用過程（最大量的巨大產品器官——穗、蒴果、果實、塊莖等——形成的基礎）中累積有機物質以及使這些產品器官含有最大量的最重要化學產品（碳水化合物、脂肪、蛋白質等）的可能性就愈大。

在水分進入和運輸的過程中，特別是當水分消耗在蒸騰作用時，叶子起了主要的作用。

由於考慮到這些情況，在灌溉時必須創造一些極其優良的條件，最初是為了大量叶子——高額產量的基礎——的迅速形成和生長，以後才為了這些叶子在創造極大量的和極高品質的、有經濟利益的器官（子粒、蒴果、塊根、果實）時能最好地進行工作。

可是，只有當土壤中的水分和無機鹽類大量進入植物體內的情況下，產品器官（穗、蒴果、果實、塊莖、塊根等）的生長和一些最有價值的化學產品在這些器官中的累積所必需的大量的、質量高的有機物質，才有可能在葉中形成；這一點在根比較粗大而根細胞吸收力比較高的情況下可達到。此外，這類物質進入根中的過程是取決于叶子的高度光合作用強度以及取決于各種土壤條件的。

、葉和根決定着水分運輸的連續性，以及決定着由葉和根所合成的可塑性物質的運輸及對植物所有其它器官（莖、花、果實）的供應之連續性。當根死亡時（斷根、干旱、微微凍傷），水分和鹽從土壤中進入植物體內的過程立刻停止；而當叶子死亡時，這種進入過程一直繼

① 季米里亞捷夫：植物的生活，1936 年，第 151 頁。

② 同上，第 168 頁。

續到已經从叶子进到根內的、为能量消耗所必需的可塑性物質的貯量完全耗尽时为止。

当矿質营养鹽类处于土壤溶液的液相中的时候，植物吸收这些鹽类的过程及該鹽类有选择的进入的过程进行得最好；因此，在灌溉的情况下保持土壤于最适宜的湿润状态是有利的。从干燥的和鹽漬的土壤中进入的营养物質是很微少的；由于这一原因，植物生長通常受到严重的阻碍。

当土壤中水分很多时，水分进入植物中比较好，又較容易；从缺乏水分的半干旱土壤中，进入植物中的水分很少，并且不易为植物所吸收。此外，在土壤干旱的影响下已發生过萎蔫的植物，在很大程度上丧失了从土壤中有效吸收矿質营养物質的能力。¹¹

在这种情况下和当植物萎蔫时，蒸騰液流在鹽类进入根內的过程中的作用就会加强。¹²

水分的吸收也取决于根細胞吸收力的大小，各种不同植物的这种吸收力是不相同的。例如，小麦、黍之类的植物有着强烈分枝的根，它們的根帶有大量的根毛和高細胞吸收力，因而具有高的吸收能力。而稻和洋葱的根則長着很少的根毛，所以它們的吸收能力就低。因此，不同的作物对供水状况的反应是不相同的：第一类植物容易忍耐低的湿度，而第二类植物（特别是稻）就比較差些。

一年生植物生理上活躍的吸收区，經常随着根的生長向边缘移动，并在秋季与植物一起死亡。在多年生植物方面，特别是在木本植物方面，根据科列斯尼科夫(В. А. Колесников)的研究(1951年)，根的活躍区每年在很大程度上进行复壯，——其中一部分和叶子一样脫落(“落根”)，而另一部分生長出来。吸收根上長的新的鬚根愈多，植物的活躍力就愈强。

在实行灌溉时，重要的是，知道各种不同作物在植物生活各个时期內根系在土壤中分布的規律性，特别是知道根的絕大部分伸入土

中的深度(吸收深度)。这样就能够决定灌水量和灌水日期、这一类
型土壤的浸湿深度、行間土壤耕作和施肥的深度。已灌过水的小麦
植株的根的有效吸收部分,多半分布于耕作層和犁底層中,这样就
使植物能够更好地利用所施的肥料和水分。由节長出来的輔助根和
不定根的作用是特別重要的,这种根在許多作物中几乎在整个营养
期內都会出現,它能增强植物的生長和提高其产量。小麦的次生根
(莖生根)是高額产量的基础。这些次生根或节生根需要較大量的氮
素,并且是供給分蘖枝营养的,而胚根則需要磷素,并且是供应主莖
营养的。可是,这类物質的进入及其重新分配,在所有其余的根和莖
中也都是进行着的。加强植物氮素或鉀素营养会使根的吸收部分增
大,而磷素营养除了使吸收部分增大以外,还使整个根部物質增加。

所以,在遵守灌水期、灌水量、施肥及各种不同的农業技术方法
时,就可以影响根在不同土層中的扩展深度(控制根的生長),而通过
这些农業技术方法也可以影响生長、产量及产品品質。

因为,叶子在有机物質形成中起最重要的作用,并且在蒸騰作用
的过程中水的主要部分是通过叶子来进行的,所以了解每公頃土地
上該作物叶面面积的大小及其对水分的需要和消耗的程度是很重要
的。

根据我們的材料以及其它一些研究者的材料,在植物的营养面
积及分布均最适宜的情况下,某些作物的叶面面积平均达到如下的
大小(表1)。

由下表可以看出,各种作物具有不同大小的耗水量。

可是,水分的消耗不仅取决于叶面面积的大小,而且也取决于蒸
騰作用的强度以及营养期的長短。

棉花,特別是苜蓿,具有最高的蒸騰作用;这是与下列几点有关
的:这些作物的單位面积叶面上具有大量的气孔,气孔在白晝开放的
時間很長,植物具有較低的持水性及長的营养期。所以,苜蓿和棉花

表 1. 各种不同作物叶面的面积

作物	每一植株上叶子的面积(平方米)	每一公顷土地上植株的数量(株)	每一公顷播种地上叶子的面积(公顷)
小麦.....	0.02	5,000,000	10.0
糖用甜菜.....	0.5	100,000	5.0
棉花.....	0.61	80,000	4.9
苜蓿.....	0.78	200,000	15.6
稻.....	0.02	5,000,000	10.0
洋葱.....	0.09	200,000	1.8
苹果.....	90.0	200	1.8

都需要大量的水分。这些植物在营养期内需要多次灌水(8—10次),并且灌水量也要最高(每公顷达 6,000—8,000 立方米)。

某些植物(例如,稻)的叶面面积较小,而蒸腾作用强度较低(低于小麦);可是,因为对稻进行经常的灌水,并且在某些时期里要保持稻田内经常有水,所以每公顷稻所消耗的水分在 10,000—20,000 立方米以上。水主要是从被淹没的稻田的表面上蒸发掉。

当管理植物时必须保证叶片生长的加强,使叶片和茎生长相适应;当茎很大而叶面面积很小时,有机物质在光合作用过程中积累的数量就较少,而消耗于茎的呼吸作用上的数量就较多。

不仅要力求使叶子同化面增大,而且还要创造湿度、营养及光照的条件,以保证最高的光合作用强度,因而也保证有机物质在植物体内的最大量积累。但是,必须注意到,有机物质在植物体内的积累不仅决定于光合作用,而且也决定于这些物质今后在其它组织和正在生长的器官中的变化。在叶子中形成的碳水化合物和蛋白质,是用于生长过程和贮存的。

当具备最适宜的营养条件时,植物的强大叶子决定于物质每天的高额增长量。

空气和土壤中的二氧化碳是光合作用的最重要因素之一，这种气体是通过叶子进入植物体内的。庫尔薩諾夫 (А. Л. Курсанов) (1951 年) 等人的最新研究証明，二氧化碳也可以直接从土壤进到根内，以后再进到叶子里。因此，在微生物的作用下能释放出許多二氧化碳到空气和土壤中去的厩肥和腐殖質的高度作用，是可理解的。

各种有机物質在光合作用过程中的形成决定于一系列具体的因素——二氧化碳、光、湿度、矿質养料等。在光合作用最适宜的条件下，植物在 1 平方分米的叶面上平均一小时内約可吸收 20—30 毫克的二氧化碳，或是 1 平方米叶面吸收 2—3 克二氧化碳。但是，因为光合作用在白天一般要停止 3—5 小时，所以在每天光合作用活动的 8—10 小时内，在 1 平方米的叶面上仅能累积 20—30 克二氧化碳。因为植物中的干物質 90% 都是由碳和氧構成的，所以这些指标就增加很多了。灰分約占 5—7%，而且在叶内的灰分通常比在莖内多些。因此，在 1 公頃的播种地上如植物叶面面积为 2—3 公頃时，一天内所累积干物質的数值就达 400—600 公斤，这个数值相当于每一晝夜大約創造 2.5 吨的植物湿物質。

当湿度和养分發生显著变化时，光合作用和干物質累积的强度均將向某一方面發生極大的变化。

总产量的多少决定于以下各点：1. 該植物在一些具体条件下的营养期的長短；2. 叶子的生活及保持其最大面积的持續期；3. 光合作用的最适宜条件。例如，小麦叶子的叶面最大面积約可保持一个月(从分蘖开始到种子灌漿結束为止)；馬鈴薯的早熟品种也与此相似。馬鈴薯、糖用甜菜、玉米、棉花的一些晚熟品种的叶面最大面积可保持到两个月或更多。

根据我們的研究以及其它一些研究者的材料，在灌溉的条件下，各种不同农作物叶子的光合作用的强度是很高的，無論在若干小时的观察中，或是在总日数的計算上，均超过了不灌溉植物的光合作用

強度很多倍。

白天,不灌溉植物的氣孔在比較長的時間內都是關閉着的,光合作用的強度也顯著降低。由此可以理解,不同作物在灌溉和不灌溉的條件下的收穫物乾物質累積的強度和多寡將是不相同的(表2)。

表2. 不同作物在灌溉和不灌溉的條件下的光合作用和
收穫物累積的強度(在營養中期)

作物	早晨光合作用的強度(每平方米的克數)		10小時內乾物質的累積(每平方米的克數)		每公頃土地地上葉子面積(一公頃播種地)		每公頃土地地上10小時內乾物質的累積(噸)		植物的地上和地下部分濕物質的重量(噸/公頃)		子粒、纖維和塊根的產量(公担/公頃)	
	灌溉	不灌溉	灌溉	不灌溉	灌溉	不灌溉	灌溉	不灌溉	灌溉	不灌溉	灌溉	不灌溉
小麥(伏爾加河東岸)	1.05	0.33	10.5	3.3	10.0	4.0	1.05	0.13	42.5	22	31	4
棉花(塔什干)	5.32	0.14	53.2	1.4	4.9	1.2	2.60	0.74	120.0	30	56	3
糖用甜菜(基爾吉茲)	3.20	0.70	32.0	7.0	5.0	1.7	1.60	0.12	140.0	36	800	120
向日葵(伏爾加河東岸)	0.85	0.48	8.5	4.8	4.2	1.6	0.36	0.07	150.0	41	14	4
稻(庫班)	0.25	0.05	2.5	0.5	10.0	2.0	0.25	0.05	40.0	5	40	3

在所有作物的例子中,可以看出一定的相关性,即植物在灌溉條件下的濕物質重量及其產量是直接取決於葉面面積以及每晝夜和營養期中的光合作用強度的。

灌溉除加強了植物的生長,還延長各個生長期,從而也就延長整個營養期。在南方的條件下,對於大多數的作物來說這不僅不是有害的,而且還是很有利的,因為,這樣可以在一個比較長的時期內利用太陽能和熱,從而創造更高額的產量。

衰老過程延緩是營養期加長的原因。大家知道,衰老是與細胞分化在細胞增長未結束時就達到很大速度有關的:小細胞結構較為顯著而氣孔數目增多(旱性結構),細胞壁和保護組織依靠碳水化合物(纖維素等)而加厚,在細胞質中碳水化合物(衰老現象的產物)增多,而形成新細胞和組織所必需的蛋白質(復壯的基礎)減少。因此,當細胞生長及其分裂受限制時,莖和葉的大小也要減小了,這樣就加

速了植物所有的生長阶段，从而导致营养期的縮短。这类现象在干旱、供水和氮素营养不足时就可看得出来。当土壤極端干燥和营养停滞以致阻碍着所有器官生長时，所有阶段的通过也就停滞了。

相反的，在衰老延緩的情况下（在“复壯”的情况下）細胞增長和分化的过程通过得更慢，并且所有的細胞变得更巨大，壁薄，細胞中仅有少量的纖維質，而具有大量的蛋白質。这样就增加了莖和叶的生長期和延長所有生長期的过程，也就是說，延長了营养期。这种現象，在对植物进行充裕的和連續的供水以及增加氮素营养和降低温度时期即可看得出来。

水分、养分及其它一些外界因素对植物的影响，是通过根系以及通过叶和莖来实现的，前一类器官执行着吸收水分和無机鹽的功能，后一类器官中合成某种数量的碳水化合物和蛋白質。植物的全部器官是作为一个統一体而对这些条件变化發生反应的。当以少量的人工降雨进行經常的灌水和清涼灌水时，土壤被浸透得不深，未达到根系的活躍区（生長和吸收区），这时候，灌溉的影响主要通过叶子来表现。当采用給叶子施肥料溶液的办法来对植物进行补充根外营养时，这种影响就可加强。在这种情况下，所有幼嫩叶子延緩着衰老速度，而所有老叶子則加强衰老过程。

了解了植物个体發育的这些特性及其叶和根在灌溉时的生長之后，必須适当地制定灌溉方案和整个供水制度，以便每年得到植物最高額的产量。很显然，在降水丰富、涼爽而湿润的年份里，必須考虑到土壤中現有的水分貯量，而对此方案加以修正。

在为某地带中的每一作物制定最适宜的灌水計劃（灌水的次数、日期及量）的时候，必須知道并且永远記住下列各点：1. 灌水日期应当与植物最大需水量相适应，2. 灌水量永远决定于根系的深度（必須浸透这一層的土壤），3. 灌水次数必須保証植物在需要水分的全部最重要生活时期内部能得到水分。每一地带中的灌水次数、灌水

日期和灌水量每年应随着植物的状况和生长以及随着天气条件、土壤湿度、蒸发强度等而有所改变。必须永远供给植物以它所需要的水量，以便保持植物正常的生长和获得高额的生产量。

土壤中水分状况以及水在植物生活中的作用

水在植物体内呈各种不同的状态：它能进到有机物质的所有化合物的结构中（这是结构水）；有一种水，被生物胶体所束缚，并以渗透方式被生物胶体大力吸持住；最后，自由水存在细胞的液泡中或导管中，这种水不易保持，在內力或是外部影响的调节作用下能由一些细胞和器官中转移到其它一些细胞和器官中。

在植物体内的自由水或按季米里亚捷夫用语称为“消耗”水的含量最适宜的情况下，植物各种生理和生物化学过程、细胞分裂及植物生长进行得最好。当蒸腾作用增高和水从土壤中进入减少时，这一类型的水的含量降低就会使细胞中生理学过程的活跃性减小，从而削弱植物的生长。

植物的抗旱性、抗寒性及抗盐性决定于细胞中结合水的含量。生物胶体的持水力愈高，细胞中存在的水就愈多，当外界条件发生显著变化时，细胞中新陈代谢就进行得愈好。可是，这只是在不适宜的条件降临时才是植物所必需的。因为，细胞中的结合水要用很大的力量来保持，故在这些条件下原生质中的新陈代谢、细胞分裂和植物生长就进行得很缓慢了。为了植物正常的生长，植物的组织中必须具有很高的含水量，这在土壤湿度连续保持很高时即可达到。

水在土壤中呈各种不同的状态。目前已有很多研究确定，土粒借助于程度不等的胶体力和物理化学力保持着一部分的水分。例如，在水分为超过 50 个大气压的力量所保持时，水几乎就不能为许多种的植物所吸收了，因为，植物只具有比较低的渗透压——不超过 30 到 35 个大气压。这种水量称为吸湿储量或称固定储量。在利用有效水