

克 魯 日 · 林 著

# 灌溉作物生物学特性

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

---

农业出版社出版

北京老錢局一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第106号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海新华印刷厂印刷装订

统一书号 16144.238

---

1957年12月原财经京型

1958年1月初版

1963年7月上海第三次印刷

印数 4,101—4,600册

开本 850×1168毫米

三十二分之一

字数 232千字

印张 十一又十六分之九

定价 (10)一元七角

# 灌溉作物生物学特性

克魯日林著

許振中譯

农业出版社

## 內 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業技术方法来顺利地控制植物的生長和繁育，以期获得高额的产量。

本書可供农学家和农業科学工作者参考。

# 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 |
| 烟草和黃花烟草                     | 210 |
| 瓜类作物                        | 224 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 黃瓜.....          | 235 |
| 番茄、茄子和辣椒.....    | 237 |
| 甘藍.....          | 247 |
| 塊根類作物和洋蔥.....    | 256 |
| 馬鈴薯.....         | 262 |
| 苜蓿和其它的多年生牧草..... | 278 |
| 草莓.....          | 294 |
| 葡萄.....          | 303 |
| 蘋果.....          | 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潛在可能性

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潛在可能性,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( $0^{\circ}$ 、 $+2^{\circ}$ )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。在冬季比較溫暖的南部諸地帶(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( $10^{\circ}$ 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( $20^{\circ}$ 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写道：“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”<sup>①</sup>。

不但如此，季米里亞捷夫还进一步地确定，叶子和它的綠色叶綠素是“土壤和日光中全部生命之間的媒介物”<sup>②</sup>。

植物的叶面愈大，在适宜的条件下，光合作用过程（最大量的巨大产品器官——穗、蒴果、果实、塊莖等——形成的基础）中累积有机物質以及使这些产品器官含有最大量的最重要化学产品（碳水化合物、脂肪、蛋白質等）的可能性就愈大。

在水分进入和运输的过程中，特别是当水分消耗在蒸騰作用时，叶子起了主要的作用。

由于考虑到这些情况，在灌溉时必须創造一些極其优良的条件，最初是为了大量叶子——高额产量的基础——的迅速形成和生長，以后才为了这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、果实）时能最好地进行工作。

可是，只有当土壤中的水分和無机鹽类大量进入植物体内的情况下，产品器官（穗、蒴果、果实、塊莖、塊根等）的生長和一些最有价值的化学产品在这些器官中的累积所必需的大量的、質量高的有机物質，才有可能在叶中形成；这一点在根比較粗大而根細胞吸收力比較高的情况下可达到。此外，这类物質进入根中的过程是取决于叶子的高度光合作用强度以及取决于各种土壤条件的。

叶和根决定着水分运输的連續性，以及决定着由叶和根所合成的可塑性物質的运输及对植物所有其它器官（莖、花、果实）的供应之連續性。当根死亡时（断根、干旱、微微冻伤），水分和鹽从土壤中进入植物体内的过程立刻停止；而当叶子死亡时，这种进入过程一直繼

① 季米里亞捷夫：植物的生活，1936年，第151頁。

② 同上，第168頁。

藏到已经从叶子进到根内的、为能量消耗所必需的可塑性物质的贮量完全耗尽时为止。

当矿质营养盐类处于土壤溶液的液相中的时候，植物吸收这些盐类的过程及该盐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。从干燥的和盐渍的土壤中进入的营养物质是很微少的；由于这一原因，植物生长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，又较容易；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发生萎蔫的植物，在很大程度上丧失了从土壤中有效吸收矿质营养物质的能力。

在这种情况下和当植物萎蔫时，蒸腾液流在盐类进入根内的过程中的作用就会加强。

水分的吸收也取决于根细胞吸收力的大小，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，它们的根带有大量的根毛和高细胞吸收力，因而具有高的吸收能力。而稻和洋葱的根则长着很少的根毛，所以它们的吸收能力就低。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）就比较差些。

一年生植物生理上活跃的吸收区，经常随着根的生长向边缘移动，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），根的活跃区每年在很大程度上进行复壮，——其中一部分和叶子一样脱落（“落根”），而另一部分生长出来。吸收根上长的新的鬚根愈多，植物的活跃度就愈强。

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内根系在土壤中分布的规律性，特别是知道根的绝大部分伸入土

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、行间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,多半分布于耕作层和犁底层中,这样就使植物能够更好地利用所施的肥料和水分。由节长出来的辅助根和不定根的作用是特别重要的,这种根在许多作物中几乎在整个营养期内都会出现,它能增强植物的生长和提高其产量。小麦的次生根(莖生根)是高额产量的基础。这些次生根或节生根需要大量的氮素,并且是供给分蘖枝营养的,而胚根则需要磷素,并且是供应主茎营养的。可是,这类物质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。加强植物氮素或钾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,还使整个根部物质增加。

所以,在遵守灌水期、灌水量、施肥及各种不同的农业技术方法时,就可以影响根在不同土层中的扩展深度(控制根的生长),而通过这些农业技术方法也可以影响生长、产量及产品品质。

因为,叶子在有机物质形成中起最重要的作用,并且在蒸腾作用的过程中水的主要部分是通过叶子来进行的,所以了解每公顷土地上该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。

根据我们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,而且也取决于蒸腾作用的强度以及营养期的长短。

棉花,特别是苜蓿,具有最高的蒸腾作用;这是与下列几点有关的:这些作物的单位面积叶面上具有大量的气孔,气孔在白昼开放的时间很长,植物具有较低的持水性及长的营养期。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累积的数量就较少,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累积。但是,必须注意到,有机物质在植物体内的累积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內，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%，而且在叶內的灰分通常比在莖內多些。因此，在 1 公頃的播种地上如植物叶面面积为 2—3 公頃时，一天內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浆結束为止)；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乾物質的重量(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。这类現象在干旱、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滯以致阻碍着所有器官生長时，所有阶段的通过也就停滯了。

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現。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都能得到水分。每一地带中的灌水次数、灌水