

产量与水的关系



联合国粮食及农业组织 罗马



产量与水的关系

粮农组织土地及水利开发处水资源管理专家

J . 杜林博斯

粮农组织顾问、作物生态——土地利用规划专家

A . H . 卡萨姆

合 著

得到下列人士协作:

**c.l.m. bentvelsen, v. branscheid,
j.m.g.a. plusjé, m. smith, g.o. uittenbogaard
and h.k. van der wal**

联合国粮食及农业组织 1979 年 罗马

本刊物使用的名称和引用的资料，并不意味着联合国粮食及农业组织对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律地位，或对其边界或国界的划分，表示任何看法。

M-56

ISBN 92-5-500744-1

本刊物的版权属联合国粮农组织所有。未经版权所有者的书面许可，不得以任何方式全部或部分翻印。申请这种许可，需说明再版的目的与范围，请寄交联合国粮农组织出版处处长，意大利，罗马 Via dell Terme di Caracalla。

© 粮农组织 1979

致： C. E 豪斯顿

水在农业生产中的作用是复杂的。作物生长中相互影响的机制本身是不容易用数量表示出来的。本书力图以简单易用的形式介绍水和作物产量之间的关系。特别欢迎提出各种旨在改进书中介绍的方法及其在实地实际运用的意见和建议，以便再版时加以考虑，对本书进行修改和充实。意见和建议可寄：

Chief, Water Resources, Development and Management
Service
Land and Water Development Division
Food and Agriculture Organization of the United Nations
00100-Rome, Italy.

作物生产不可无水。有了水还必须尽好地加以利用才能使作物有效地生产，从而获得高产。这就需要很好地了解水——降雨和／或灌溉水——对各种生长条件下作物生长和产量的影响。

人们已经出版了很多有关水和作物生长关系的论著，力图通过生长模式了解作物对水的反应，并且已经取得了一些结果。然而，在实际运用中，需要有一种测定产量对供水量反应的方法，该方法必须简单易行，能够利用通常可以得到的气候、水、土壤和作物的资料，而且还应该比较准确，可以广泛使用，亦要便于通过适应性研究进行验证。本着这一想法，粮农组织土地及水利开发处进行了一次研究，旨在确定26种主要水浇作物的栽培产量和用水量之间的普遍关系。大量的有关研究资料是由在这一研究过程中联系过的科学家慷慨提供的（附件Ⅳ）或从阅读文献中得到的（附件Ⅲ）。在制定本书中介绍的方法时，荷兰瓦赫宁根国际土地开垦和改良研究所也提供了宝贵的支持，让我们利用了该所搜集和分析的资料并试验了各种水／作物产量的模式。本书对该所的研究结果作了进一步简化和发挥，力图以易用的形式加以介绍。

本书介绍的是一种通过聚合参数用数字表示产量对水反应的方法，聚合参数是估计在充足供水和有限供水两种情况下作物产量的“关键”。该方法在第一部分作了介绍而且考虑到了最高产量和受各种缺水影响的实际产量；在计算中，运用了与相对产量下降和相对蒸散不足额有关的产量反应函数。第二部分说明了水与有关的26种作物的产量和质量的关系。运用这种方法可以给用户提供：

- 在不同生长条件下选择水浇作物的指南；
- 在不同供水情况下对作物产量的估计；
- 作物产量的标准，在供水量有限时，根据这些标准在项目内部或项目之间确定对作物的配水优先；
- 为获得最佳作物产量和灌溉效率的田间管水指导。

本书提出了一些与作物生产有关的重要管水原则。但是，需要根据某一地点的特定条件，对该方法加以改进，使之更加准确，而且还要通过适应性研究加以核实。

必须指出：

作物产量的最高限度是由气候条件和作物的遗传潜力决定的。能否达到这一限度总是取决于供水的技术条件与作物产量对水的生物需要能够在多大程度上达到协调一致。只有当供水和配水系统的规划、设计和运转在数量上和时间上（其中包括缺水时期）能够满足作物最佳生长和高产对水的需要时，才能实现在作物生产中有效用水。

目 录

页 数

第一部分：产量和水

I	最高产量 (Y_m)	3
II	最大蒸散量 (ET_m)	1 8
	1 参考蒸散量 (ET_o)	2 0
	2 栽培系数 (k_c)	2 2
	3 最大蒸散量 (ET_m)	2 3
III	实际蒸散量 (ET_a)	3 0
	1 土壤含水充足	3 0
	2 土壤含水有限	3 1
IV	实际产量 (Y_a)	3 9
V	产量反应系数 (k_y)	4 1
VI	在灌溉项目的规划、设计和运转中的运用	4 5
	1 供水量充足	4 6
	2 供水量有限	5 3
	3 有关的额外运用	6 2
VII	适应性研究	6 5
	1 地址的选择	6 6
	2 灌溉处理	6 6
	3 实验设计	6 9
	4 资料的搜集	7 0
	5 结果的估算和介绍	7 4

第二部分：作物和水

	<u>页 数</u>
苜 蓿	77
香 蕉	81
菜 豆	86
结球甘蓝	89
柑 桔	92
棉 花	97
葡 萄	102
落花生	107
玉 米	111
橄 榄	115
洋 葱	119
豌 豆	122
辣 椒	125
菠 萝	129
马铃薯	132
水 稻	135
红 花	141
高 粱	144
大 豆	147
甜 菜	151
甘 蔗	155
向日葵	160
烟 草	163
蕃 茄	167
西 瓜	171
小 麦	174
附件 I 实际蒸散量 (ETa) 的计算	182
附件 II 符号含义	184
附件 III 咨询过的人和机构	187
附件 IV 挑选的参考文献	191

表 格 目 录

页 数

1	适应有效生长季节的气候条件、在充足供水、农业投入水平很高的灌溉条件下栽培的高产品种的丰产产量 (吨/公顷)	5
2	各种作物需要的气候、土壤和水分条件	6
3	最大有效短波入射辐射量 (R_{se} , 卡/cm ² /天) 和某一标准作物在阴天 (y_o) 和晴天 (y_c) 里的干物质总产量 (公斤/公顷/天)	10
4	温度校正系数 (T)	12
5	几类作物的生产率 (y_m , 公斤/公顷/小时) 和平均温度	15
6	作物生长在时间和叶面上的校正系数 (c_L)	16
7	几种高产品种在灌溉条件下的收获指数 (c_H) (以干重计算)	16
8	各种农业气候地区的参考蒸散量 (ET_o , 毫米/天)	19
9	饱和蒸气压 (e_a , 毫巴) 作为平均气温 (T , °C) 的函数	24
10	用等蒸发量 (毫米/天) 表示的地外辐射量 (R_a)	24
11	不同月份和纬度的日平均最大日照时间 (N , 小时)	25
12	温度对长波辐射量 (R_{nl}) 的影响 $f(T)$	25
13	蒸气压对长波辐射量 (R_{nl}) 的影响 $f(e_d)$	25
14	实际日照时数和最大日照时数的比例对长波辐射量 (R_{nl}) 的影响 $f(n/N)$	25
15	辐射对不同温度和纬度的 ET_o 影响的加权系数值 (W)	26
16	Penman 公式中的校正系数 (c)	26
17	各种地面覆盖、平均相对湿度和 24 小时风程的 A 级蒸发皿的蒸发皿系数 ($k_{皿}$)	28
18	栽培系数 (k_c)	29
19	根据土壤水分枯竭程度分类的作物类别	32
20	各类作物可耐的土壤水分枯竭程度 (P) 以及最大蒸散量 (ET_m)	32
21	在灌水间隔期内各种 ET_m (毫米/天)、 $D \cdot S_a$ (毫米) 和 P (程度) 产量的平均实际蒸散量 (ET_a)	34
22	当 $ET_a < ET_m ((1-P)S_a \cdot D)$, 毫米/根深) 时, 与 ASI 和土壤剩余有效含水量相应的月平均实际蒸散量 (ET_a , 毫米/天) 及最大蒸散量 (ET_m , 毫米/天)	38
23	对缺水敏感的生长期	40
24	产量反应系数 (k_y)	43
25	不同 ET_a/ET_m 值的相对总产量 (P_a/P_m) 和全生育期内的 k_y 系数	55

作物、气候、水和土壤之间的关系是复杂的，其中有很多生物、生理、物理和化学机制起作用。对于这些机制和水之间的关系，人们已经掌握了大量的研究资料。但是，为了在实际中运用，必须将这些知识归并为一些便于处理的主要参数，以便能够在田间对作物对水的反应进行有意义的分析。

可以将水对作物产量的影响进行分析用于灌区的规划、设计和管理。只有能够用数字一方面表示作物的需水量和缺水量，另一方面表示作物的最高产量和实际产量时，才能够确定作物产量和供水量之间的关系。耕作中缺水，进而引起植株内缺水，就会对作物的蒸散量和作物的产量产生影响。植株缺水可以通过实际蒸散率 (ET_a) 和最大蒸散率 (ET_m) 之间的比例用数据表示出来。当作物需水量通过有效供水量得到完全满足时， $ET_a = ET_m$ ；供水量不足时，则 $ET_a < ET_m$ 。对于大部分作物和气候而言， ET_a 和 ET_m 都可以用数字表示出来。

当作物的全部需水量没有得到满足时，植株缺水可能达到影响作物的生长和产量的程度。缺水对作物生长和产量影响的方式因作物的种类和生长期不同而呈现差异。对研究结果的分析表明，如果掌握了各种供水情况下与最高产量 (Y_m) 有关的实际产量 (Y_a) 的资料，就可以计算出相对产量的损失，通过用数字表示的相对蒸散量 (ET_a/ET_m)，计算出植株中缺水对产量的影响。当生产不受任何经济条件限制、环境没有任何障碍时，如果需水量完全得到满足，那么， $Y_a = Y_m$ 。当全部需水量没有通过有效供水量得到满足时，则 $Y_a < Y_m$ 。

为了用数字表示缺水产生的影响，必须得出产量相对减少和通过凭经验得到的产量反应系数 (K_y) 计算出的相对蒸散差额之间的关系，即：

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)$$

其中：	Y_a	=	实际收获产量	ET_a	=	实际蒸散量
	Y_m	=	最高收获产量	ET_m	=	最大蒸散量
	k_y	=	产量反应系数			

各种作物的 k_y 值是根据文献目录中提到的很多研究的结果计算出来的，这些研究包括各种生长条件。同时也大量利用了已知的产量对土壤盐渍度、地下水深度和作物管理做法的反应等资料。根据实验证据推断出了作物在整个生长期和各个生长期之间的关系。除了各种作物和作物的生长期以外，旨在根据气候、最大蒸散量的大小和土壤来区分作物对水的反应的尝试未能增加可以获得的准确性。

鉴于这种关系也受到了除水以外的其他因素，诸如作物品种、肥料、盐渍度、病虫害、农业技术等的影响，所以，我们在本书中介绍的这些关系只涉及一些非常适应生长环境、以最佳耕作和灌溉技术（包括充足供应除水以外的其他投入物）在大田栽培的高产品种。

本书中介绍的这些关系可以用于灌溉供水系统的规划、设计和管理，同时要考虑到各种含水状况对作物产量的影响。

计 算 方 法

- I 假设其他生长因素(如水、肥、病虫)没有任何限制,确定受气候支配的某种已经适应的品种的最高产量(Y_m)。
- II 当作物需水量通过有效供水全部得到满足时,计算出最大蒸散量(ET_m)。
- III 根据与作物的有效供水量有关的因素,确定作物的实际蒸散量(ET_a)。
- IV 通过下述方法计算与供水量、作物需水量和实际产量(Y_a)之间的相互作用有关的因素:
- V 选择一个产量反应系数(k_y),计算出与相对蒸散差额有联系的相对产量下降数,即: $(1 - Y_a/Y_m) = k_y(1 - ET_a/ET_m)$,从而得出实际产量(Y_a)。

I 最高产量 (Y_m)

某种作物的最高产量 (Y_m) 首先取决于它的遗传特性和对主要环境的适应程度。作物不同, 品种不同, 最佳生长和最佳产量所需要的生态条件 (气候、土壤和水) 亦不相同。仔细选择最适应一定环境的作物和品种是获得有效高产的关键。

某种作物的最高产量 (Y_m) 是一种非常适应一定环境的高产品种收获的产量, 其中包括在水、养分、病虫害对产量没有限制的条件下, 植株达到成熟的有效时间。这里指的最高产量是在实际耕作条件下, 作物和水的管理达到高水平时获得的产量 (表 1)。

决定最高产量的气候因素是温度、辐射和整个生长季节的长度, 此外还有作物生长需要的某些特殊温度和昼长。一般地说, 温度决定作物生长的速度, 因而影响作物形成产量所需要的全生育期的长度; 例如, 一个在日平均温度为 $25-30^{\circ}\text{C}$ 时需要 100 天达到成熟的玉米品种, 在 20°C 时可能要 150 天, 在 15°C 时可能要 250 天, 甚至更长的时间才能达到成熟。

某些作物需要特殊的温度或昼长才能开始某些生长和发育过程; 例如, 马铃薯一般要在夜间温度低于 15°C 时才开始结块; 某些高粱品种的花期对短白昼很敏感, 而冬小麦开花既要低温期又要长白昼。此外, 某些作物的产品质量会受温度的影响; 如, 菠萝果实的含糖量是由产品形成时的温度决定的。很多其他作物也需要适宜的气候条件才能结实、成熟和收获。

作物在生长期内得到的总辐射量会影响作物的生长和产量。对一定的辐射量和温度而言, 获得的总辐射量到底有多少能够转变成为生长和产量, 各种作物的反应不同。这种差别对于作物以多大的效率把水用于生产有很大的影响。所以, 在选择作物时, 除了考虑作物对温度和昼长的需要和反应以外, 还要考虑作物对辐射的需要和反应。譬如, 一个好的玉米品种可以把获得的总辐射量的 1% 或 2% 转变为生长, 而花生却可以把一半的总辐射量转变为生长, 虽然对一定的地点而言, 从对其他气候的要求来看, 这两种作物都能适应生产。

大部分作物都包括一些对一般气候和特殊气候的要求以及从播种到收获的全生育的长度各不相同的品种。这种差异可以使作物适应各种不同的气候条件和作物生产需要的有效时期。为了帮助选择作物, 我们在表 2 中列出了有关全生育期长度、温度、昼长以及其他的特殊要求等资料, 表中亦简要说明了每种作物对土壤和营养的要求。

除了气候条件以外, 有效生长季节也是由可以保证优质水供给时期的长短决定的。必须考虑有效供水量和作物的需水量。为此, 可以采用一个农作时间表, 在表中同时列入需水量和有效供水量, 如, 河水流量和水库泄流量的变化情况。某些作物达到最高产量所需要的全生育期必须通过供水量来加以控制; 例如, 如果在棉花的营养生长期减少供水量, 就可以使棉花提早开花和结桃, 同时使作物在需要的时间成熟。其他作物的最高产量所需要的生长也需要在某一特定的生长期通过供水量加以控制。譬如, 对柑桔减少供水量可以控制过度的营养生长, 同时可以加强花蕾的形成。第 II 章将介绍怎样计算作物获得最高产量 (Y_m) 的总需水量 (E_{Tm})。在第二部分

将介绍每一种作物在不同的生长期內调节发育和产量所需要的供水量。为了便于按照总需水量和最高产量选择作物，表2中列出了用水效率(EY)或单位水的收获产量(公斤/米³)，以及产量对缺水的敏感性。

在选择作物和生长季节长度时也要考虑一些其他因素，特别是社会经济因素，包括诸如农民根据市场需要的爱好、贮藏设备、可以动用的农业机械和劳力等。

可以为不同的气候条件计算出最高产量。现有方法可以用数字说明各个地区的生产潜力，从而可以确定最适应某一作物生产的地区。由于很多参数之间的相互作用很复杂，因而使这些方法的演算过程变得复杂。不过，只要有了关键资料，使用这些方法并不复杂。下面选择两种方法，对其计算技术加以阐述：

- (1) 由瓦赫宁根(Wageningen)国际土地开垦和改良研究所制定的方法的改编方法，该方法以 De Wit, Bierhuizen, Rijtema, Feddes 和 Kowalik 以前的研究为基础(参阅 Slabbers, 1978年)。
- (2) 由卡萨姆(Kassam)(1977年)为农业生态地区的项目制定的方法(参阅粮农组织关于世界土壤资源的第48号报告，农业生态地区项目I的报告：非洲，1978年)。

1 “瓦赫宁根”法(苜蓿、玉米、高粱、小麦)

Slabbers (1978年)对在各种气候条件下试验的大量资料进行了分类和检验以后，提出了一种简化的水—产量关系。人们发现这种线性模式恰当地确定了苜蓿、玉米、高粱和小麦的干物质产量。根据作物在各个生长期间的缺水情况，可以用数学关系把干物质产量转换为可销售的商品的产量。在此，我们把线性模式更进一步加以简化，其中假设干物质的最高产量与最大蒸散量一致，而且对干物质产量运用简化校正数，得出可销售的产量。通过 De Wit 理论，利用辐射和蒸散数据计算出某一标准作物在一定气候下可能的生产潜力。用于大田作物时，必须采用校正数，校正数利用的是由作物决定的常数和表示温度影响、生长效率(呼吸)的数据，对于收获部分，则用最终产量的数据。鉴于在模式分类中利用了实地试验数据，所以应该根据实际农作条件下可以获得的产量对以干重(y_m)计算的“试验”产量加以校正。但是，对某一地区来说，干重代表的是在作物和水的管理标准很高，水和营养没有限制、病虫害影响很小的情况下可以获得的参考产量。

表1 适应有效生长季节的气候条件, 在充分供水、农业投入水平很高的灌溉条件下栽培的高产品种的丰产产量(吨/公顷)

作物		气候区					
		热带 ¹		亚热带 ²		温带 ³	
		<20°C ⁴	>20°C	<20°C	>20°C	<20°C	>20°C
苜蓿	干草	15		25		10	
香蕉	果实	40-60		30-40			
菜豆: 鲜豆	豆荚粒	6-8		6-8		6-8	
干豆	豆粒	1.5-2.5		1.5-2.5		1.5-2.5	
结球甘蓝	叶球	40-60		40-60		40-60	
柑桔类:	果实						
柚	果实	35-50		40-60			
柠檬	果实	25-30		30-45			
柑	果实	20-35		25-40			
棉花	籽棉	3-4		3-4.5			
葡萄	果实	5-10		15-30		15-25	
花生	坚果	3-4		3.5-4.5		1.5-2	
玉米	籽粒	7-9	6-8	9-10	7-9	4-6	
橄榄	果实			7-10			
洋葱	鳞茎	35-45		35-45		35-45	
豌豆: 鲜豆	豆荚粒	2-3		2-3		2-3	
干豆	豆粒	0.6-0.8		0.6-0.8		0.6-0.8	
鲜辣椒	果实	15-20		15-25		15-20	
菠萝	果实	75-90		65-75			
马铃薯	块茎	15-20		25-35		30-40	
水稻	稻谷	6-8		5-7		4-6	
红花	籽粒			2-4			
高粱	籽粒	3-4	3.5-5	3-4	3.5-5	2-3	
大豆	籽粒	2.5-3.5		2.5-3.5			
甜菜	甜菜根			40-60		35-55	
甘蔗	甘蔗茎	110-150		100-140			
向日葵	籽粒	2.5-3.5		2.5-3.5		2-2.5	
烟草	烟叶	2-2.5		2-2.5		1.5-2	
番茄	果实	45-65		55-75		45-65	
西瓜	果实	25-35		25-35			
小麦	麦粒	4-6		4-6		4-6	

¹ 仅半干旱和干旱地区。

² 夏天和冬天降雨地区。

³ 海洋和大陆地区。

⁴ 平均温度。

表2 各种作物需要的气候、土壤和水分条件

作物	全生育期(天)	生长需要的最适宜温度℃	开花需要的昼长	特殊气候限制/要求	土壤要求
苜 蓿	100-365	24-26 (10-30)	中性	怕霜, 割草间隔与温度有关, 在温和气候下, 需HR低	深土, 中质结构, 排水好, pH = 6.5-7.5
香 蕉	300-365	25-30 (15-35)	中性	怕霜; 温度长期低于8℃造成严重损失, 要求高HR, 风<4米/秒	深土, 排水好, 无滞水, pH = 5-7
菜 豆	鲜: 60-90 干: 90-120	15-20 (10-27)	短日/中性	怕霜, 怕多雨和炎热天气	深土, 酥松, 排水通风好, 最佳 pH = 5.5-6.0
结球甘蓝	100-150+	15-20 (10-24)	长日	短期霜冻(-6℃至-10℃)无危害, 最佳HR = 60-90%	排水好的土壤, 最佳 pH = 6.0-6.5
柑桔类	240-365	23-30 (13-35)	中性	怕霜(休眠树稍好), 怕强风, 怕高湿度; 喜凉爽冬天或短旱季	深土, 通风好, 轻质到中质结构, 无滞水, pH = 5-8
棉 花	150-180	20-30 (16-35)	短日/中性	怕霜、强风或冷风; 花蕾发育需要温度: 27-32℃(18-38); 成熟要干燥季节	深土, 中质到重质结构, pH = 5.5-8.0, 最佳 pH = 7.0-8.0
葡 萄	180-270	20-25 (15-30)		休眠期抗霜冻(直至-18℃), 但生长期间怕霜冻; 喜/或要求长期温到炎热、干旱夏天和凉爽冬天	喜排水好的轻质土壤
花 生	90-140	22-28 (18-33)	中性	怕霜冻, 发芽温度>20℃	排水好、酥松、表层松软、中质结构土壤, pH = 5.5-7.0
玉 米	100-140+	24-30 (15-35)	短日/中性	怕霜冻; 发芽温度>10℃, 成熟时低温期会出现问题	排水、通气好、地下水位深的土壤, 无积水, 最佳 pH = 5.0-7.0
橄 榄	210-300	20-25 (15-35)		怕霜冻(休眠树略好); 要求冬天低温(低于10℃), 才能开始长花蕾	深土, 排水好, 无积水
洋 葱	100-140 (+30-35 在苗圃中)	15-20 (10-25)	长日/中性	耐霜冻; 开花初要求低温(<14-16℃), 怕极端温度和多雨	中质结构土壤, pH = 6.0-7.0
豌豆	鲜: 65-100 干: 85-120	15-18 (10-23)	中性	幼苗时较耐霜冻	排水和通气好的土壤, pH = 5.5-6.5
辣 椒	120-150	18-23 (15-27)	短日/中性	怕霜冻	轻质到中质结构土壤, pH = 5.5-7.0
菠 萝	365	22-26 (18-30)	短日	怕霜冻, 要求HR高, 温度影响质量	含石灰低的土壤土, pH = 4.5-6.5
马铃薯	100-150	15-20 (10-25)	长日/中性	怕霜冻; 夜间温度<15℃才能很好开始结块	排水、通气好、多孔土壤, pH = 5-6

对盐渍敏感性	需肥量 N : P : K 公斤/公顷/生长期	需水量 毫米/生长期	对供水的敏感性 (кУ)²	收获产量用水效率 Еу, 公斤/米³ (湿度百分比)	作物
中等敏感	0-40 : 55-65 : 75-100	800-1600	弱到中等 (0.7-1.1)	1.5-2.0 干草(10-15%)	苜 蓿
敏感	200-400 : 45-60 : 240-480	1200-2200	强 (1.2-1.35)	植株 2,5-4 根茎 3,5-6 果实(70%)	香 蕉
敏感	20-40 : 40-60 : 50-120	300-500	中强 (1.15)	青: 1.5-2.0 (80-90%) 干: 0.3-0.6 (10%)	菜 豆
中等敏感	100-150 : 50-65 : 100-130	380-500	中弱 (0.95)	12-20 叶球 (90-95%)	结球甘蓝
敏感	100-200 : 35-45 : 50-160	900-1200	弱到中等 (0.8-1.1)	2-5 果实 (85%), 酸橙(70%)	柑桔类
耐	100-180 : 20-60 : 50-80	700-1300	中弱 (0.85)	0.4-0.6 籽棉 (10%)	棉 花
中等敏感	100-160 : 40-60 : 160-230	500-1200	中弱 (0.85)	2-4 鲜 果 (80%)	葡 萄
中等敏感	10-20 : 15-40 : 25-40	500-700	(0.7)	0.6-0.8 带皮干花生粒	花 生
中等敏感	100-200 : 50-80 : 60-100	500-800	强 (1.25)	0.8-1.6 籽粒 (10-13%)	玉 米
中等敏感	200-250 : 55-70 : 160-210	600-800	弱	1,5-2,0 鲜 果 (30%)	橄 榄
敏感	60-100 : 25-45 : 45-80	350-550	中强 (1.1)	8-10 鳞茎 (85-90%)	洋 葱
敏感	20-40 : 40-60 : 80-160	350-500	中强 (1.15)	鲜 : 0.5-0.7 脱壳 (70-80%) 干: 0.15-0.2 (12%)	豌 豆
中等敏感	100-170 : 25-50 : 50-100	600-900 (1250)	中强 (1.1)	1.5-3.0 鲜 果 (90%)	辣 椒
	230-300 : 45-65 : 110-220	700-1000	弱	植株 : 5-10 根茎: 8-12 果实(85%)	菠 萝
中等敏感	80-120 : 50-80 : 125-160	500-700	中强 (1.1)	4-7 鲜块茎 (70-75%)	马铃薯

作物	全生育期(天)	生长需要的最适宜温度 ¹ ℃	开花需要的昼长	特殊气候限制/要求	土壤要求
水稻	90-150	22-30 (18-35)	短日/中性	怕霜冻; 低温引起稻穗不孕; 最好日温和夜温稍有差别	为防渗漏, 最好重质土壤, 特别能耐O ₂ 缺乏; pH = 5.5-6.0
红花	春: 120-160 秋: 200-230	早生长: 15-20 晚生长: 20-30 (10-35)		耐霜冻; 定植和早期生长需低温	排水好、较深的土壤, 最好中质结构; pH = 6-8
高粱	100-140+	24-30 (15-35)	短日/中性	怕霜冻; 发芽温度 > 10℃; 低温使穗不孕	轻质到中质/重质土壤, 要求较能耐季节性积水; pH = 6-8
大豆	100-130	20-25 (18-30)	短日/中性	怕霜冻; 有些品种开花需高于 24℃ 的温度	除了沙土以外的各种排水性能好的土壤; pH = 6-6.5
甜菜	160-200	18-22 (10-30)	长日	耐轻霜冻; 接近收获时, 需低于 10℃ 的平均日温才能使糖高产	疏松、排水好的中质到微重质土壤; pH = 6-7
甘蔗	270-365	22-30 (15-35)	短日/中性	怕霜冻; 成熟过程中需要干凉、日照天气 (10-20℃)	通气好, 地下水位在 1.5-2 米以下, 但耐地下水位季节性上升、耐缺O ₂ 的深层土壤; pH = 5-8.5; 最佳 pH = 6.5
向日葵	90-130	18-25 (15-30)	短日/中性	怕霜冻	较深土壤; pH = 6-7.5
烟草	90-120 (+40-60 在苗圃中)	20-30 (15-35)	短日/中性	怕霜冻	烟叶质取决于土壤结构 pH = 5-6.5
蕃茄	90-140 (+25-35 在苗圃中)	18-25 (15-28)	中性	怕霜冻, 怕高温, 怕强风, 最适宜夜间温度 10-20℃	排水好, 无积水的轻质壤土; pH = 5-7
西瓜	80-110	22-30 (18-35)	中性	怕霜冻	最好沙壤土; pH = 5.8-7.2
小麦	冬: 100-130 180-250	15-20 (10-25)	中性/长日	春小麦: 怕霜冻 冬小麦: 休眠期抗霜冻 (>-18℃), 以后怕霜冻; 生长初期需要低温期才能开花。两种品种成熟都需要干燥期	最好中质土壤, 要求较耐高地下水位; pH = 6-8

¹ 平均日温。

² 全生育期 Ky: 弱: Ky < 0.85

弱到中: Ky 0.85-1.0

中到高: Ky 1.0-1.15

高: Ky > 1.15

对盐渍敏感性	需肥量 N : P : K 公斤/公顷/生育期	需水量 毫米/生育期	对供水的敏感性 (Ky) ²	收获产量用水效率 W _y , 公斤/米 ³ (湿度百分比)	作物
中等敏感	100-150 : 20-40 : 80-120	350-700	强	0.7-1.1 稻 谷 (15-20%)	水 稻
中耐	60-110 : 15-30 : 25-40	600-1200	弱 (0.8)	0.2-0.5 种 籽 (8-10%)	红 花
中耐	100-180 : 20-45 : 35-80	450-650	中弱 (0.9)	0.6-1.0 籽 粒 (12-15%)	高 粱
中耐	10-20 : 15-30 : 25-60	450-700	中弱 (0.85)	0.4-0.7 豆 粒 (6-10%)	大 豆
耐	150 : 50-70 : 100-160	550-750	弱到中弱 (0.7-1.1)	甜 根: 6-9 (80-85%) 糖: 0.9-1.4 (0%)	甜 菜
中等敏感	100-200 : 20-90 : 125-160	1500-2500	强 (1.2)	蔗 干: 5-8 (80%) 糖: 0.6-1.0 (0%)	甘 蔗
中耐	50-100 : 20-45 : 60-125	600-1000	中弱 (0.95)	0.3-0.5 种 籽 (6-10%)	向日葵
敏感	40-80 : 30-90 : 50-110	400-600	中弱 (0.9)	0.4-0.6 干 叶 (5-10%)	烟 草
中等敏感	100-150 : 65-110 : 160-240	400-600	中强 (1.05)	10-12 鲜 果 (80-90%)	番 茄
中等敏感	80-100 : 25-60 : 35-80	400-600	中强 (1.1)	5-8 瓜 果 (90%)	西 瓜
中等敏感	100-150 : 35-45 : 25-50	450-650	中强 (春: 1.15 冬: 1.0)	0.8-1.0 麦 粒 (12-15%)	小 麦

1 公斤 P = 2.4 公斤 P₂O₅,

1 公斤 K = 1.2 公斤 K₂O