

[苏] A. Л. 扎波罗日钦科

肖永吉 郑洪良 译

董钻 校

农业出版社



水浇地玉米



水 浇 地 玉 米

[苏]A.П.扎波罗日钦科

肖永吉 郑洪良 译

董 钻 校

А. Л. ЗАПОРОЖЧЕНКО,
кандидат
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
КУКУРУЗА
НА ОРОШАЕМЫХ
ЗЕМЛЯХ
МОСКВА «КОЛОС» 1978

水 浇 地 玉 米

〔苏〕А. Л. 扎波罗日钦科
肖永吉 郑洪良 译
董 钻 校

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)
新华书店北京发行所发行 河北省保定印刷厂印刷

787×1092 1/32 开本 4.875 印张 108 千字
1982 年 2 月第 1 版 1982 年 2 月北京第 1 次印刷
印数 1—5,350 册

统一书号 16144·2418 定价 0.52 元

译 者 的 话

本书译自苏联“穗”出版社一九七八年版。其内容主要是概括苏联水浇地玉米的试验成果和介绍栽培技术经验，并论述了获得玉米高产的灌水制度。本书可供我国从事玉米的农业科技工作者参考。

原书共十一个部分，后两部分内容未进行翻译。

在翻译过程中，山东省黄县第一中学洪锡瑞同志给予不少帮助，谨此致谢。

一九八一年三月

目 录

水浇地栽培玉米区的土壤气候条件.....	1
生物学特性	6
总需水量和水分平衡	27
灌溉.....	42
保墒灌溉	43
生育期间灌水	47
灌水技术和组织	63
杂交种和品种	80
农业技术	84
轮作安排	84
土壤基本耕作	87
施肥	91
种植密度	113
播种方法	118
播种前的土壤耕作, 播种期和播种量	121
田间管理	123
防治病虫害	132
收获	135
玉米与豆类作物间作的青贮饲料	139
刈割栽培和填闲栽培	144
在灌溉条件下作青饲料轮牧的玉米	151

水浇地栽培玉米区的土壤气候条件

不同灌溉农业区的自然湿度决定于综合复杂的土壤气候条件。其中主要的是降水量及其在时间上的分布、积温和干旱频率、土壤透水性、持水量和蒸发量、地形和径流条件。

苏联欧洲部分的草原占面积两亿多公顷。它包括乌克兰和摩尔达维亚南部，中俄罗斯和沿伏尔加河一带的高地南部，伏尔加河左岸和乌拉尔附近，里海沿岸低地、北高加索、外高加索中部和东部。草原地区的特点是土壤肥沃，水分不足，光照和热量充足。在这一地带的北部，土壤通常是腐殖质中等的黑钙土，而到南方则被少腐殖质的南方黑钙土和栗钙土所代替。在北高加索普遍是前高加索黑钙土。在外高加索则是栗钙土和灰钙土。普通黑钙土层厚达 70—80 厘米，含腐殖质 6—10%。这些黑钙土含水量高，透水性好，水分、空气、养分状况良好。南方黑钙土腐殖质土层厚不超过 55—65 厘米，含腐殖质 4—5%。前高加索黑钙土与南方黑钙土一样，含腐殖质较少。按机械组成，它们属于中壤土和重壤土。同南方黑钙土接壤的栗钙土腐殖质土层厚 40—60 厘米，含腐殖质 3—4%。成土母质及下层的黑钙土是黄土，而下层的栗钙土是褐色高原粘土。

在哈萨克斯坦和中亚细亚水浇地普遍是灰钙土和草地及草地沼泽土。典型灰钙土含腐殖质 2%，全氮 0.2%。草地及草地沼泽土含有较多腐殖质(6%)和全氮 (0.4%)。这些土壤

分布在地下水位高的地段。

在西西伯利亚多数是粘土和壤土成分的中等腐殖质黑钙土；在南部普遍是黑色和浅色栗钙土，草地和盐碱土；在东部是轻壤土和砂壤土。

在水浇地栽培玉米的苏联欧洲部分地区的自然降水较低（通常 400—600 毫米）。全年平均降水量由北向南减少，而在北高加索则由西南向东北减少（至 200—400 毫米）。相应地干旱频率增加。乌克兰苏维埃社会主义共和国南方非黑钙土地区和森林草原带干旱频率年数达 10—20%，在黑钙土地区 30%，在乌克兰草原南部 40%，在东南部地区达 60% 以上（Миркин, 1960）。著名气候学家 И. Е. 布钦斯基指出，在 88 年（1871—1959 年）中，乌克兰社会主义共和国的土地上，几乎每年都有不同类型的干旱（春天、夏天和秋天）。春旱或然率达 31%，威胁着共和国疆土 50% 或更多的夏季干旱的或然率为 17—18%。一般大量降水在夏季。少量降水在秋冬和春天，致使土壤原含水量不高。

表现为日平均温高于 10℃ 积温的温度状况是土壤水分平衡状态的很重要的因素。

苏联欧洲部分水浇地区的积温，变动在乌克兰森林草原带、伏尔加河左岸、乌拉尔附近和东哈萨克斯坦的 2,300—2,700℃ 到阿塞拜疆和亚美尼亚东部的 4,500℃。在中亚细亚各共和国水浇地区，在干旱地带内（乌兹别克、吉尔吉斯、塔吉克、土库曼南部），生育期间有效积温达到 5,300℃。

根据 С. Л. 米尔金土壤改良区划，乌克兰森林草原、中央黑钙土带的西北部、乌拉尔—伏尔加、库班附近、阿尔泰—凯麦罗沃等区、北哈萨克北部属于标准湿润带，全年总降水量 300—700 毫米，>10℃ 积温 2,050—3,620℃。春天，在

这里 0—100 厘米土层内，几乎不出现缺乏水分的现象。干旱频率变动在 3—30%。

乌克兰和摩尔达维亚北部草原，中、东哈萨克斯坦北部，伏尔加河流域和前高加索的土壤改良地区属于周期性干旱带。此地降水量 250—500 毫米， $>10^{\circ}\text{C}$ 积温 2,270—3,500 $^{\circ}\text{C}$ 。土壤春天缺水达 70—80 毫米，而干旱频率是十年四遇。在这些地区需要灌水，与其说是因为大气降水不足，不如说是因为周期性出现的缺雨，如果缺雨同植物生长发育的关键时期相吻合更是如此。

乌克兰、摩尔达维亚和东南地区的南部，北高加索和哈萨克斯坦东部属于干旱地区。这儿降水 200—600 毫米， 10°C 以上的积温达 2,300—3,300 $^{\circ}\text{C}$ ，而干旱频率 20—60%。东南区的南部，北哈萨克东南方，格鲁吉亚东部，阿塞拜疆北部和西部的特点是，不仅降水量有限（150—500 毫米）和积温高（3,500—4,000 $^{\circ}\text{C}$ ），而且春天土壤含水量不足，干旱频率高（多于 40—60%）。这些地区需要灌溉的原因是在作物生长期自然降水极度不足，且分布不均。

严重干旱和干燥地区特点是降水非常少和有效积温高。里海北岸土壤改良地区降水 100—200 毫米， 10°C 以上积温 3,460 $^{\circ}\text{C}$ ，干旱频率高于 60%。

自然湿润干旱区（南和东哈萨克斯坦、中亚细亚诸共和国）具有极有限的降水量（70—400 毫米），积温高（4,000—5,300 $^{\circ}\text{C}$ ）和干旱频率高到 20—60% 以上的特点。

苏联不同地区水浇地玉米必须灌溉的情况如表 1 所示。

表 1 所列举的资料证实，上列土壤改良地区玉米田水分普遍不足，仅在乌克兰森林草原、乌拉尔—伏尔日斯克、中西伯利亚土壤改良地区水分保证率比较高（0.71—0.79）。这

表 1 苏联不同土壤改良区玉米的水分保证率 (毫米)

(米尔金, 1960 年)

土 壤 改 良 区	气象站所在地	通常 需水	生长期大 气降水	春季贮 存水分	水 分 保证率
乌克兰森林草原	科诺托普	590	306	160	0.79
乌拉尔—伏尔日斯克	叶拉布加	408	186	130	0.77
中西伯利亚	鄂木斯克	480	184	151	0.70
前高加索	勃拉戈达特诺耶	560	169	124	0.52
普里伏尔日斯克	萨尔托夫	673	198	125	0.48
北哈萨克斯坦	柴林拿格勒	646	173	75	0.38
黑海沿岸	赫尔松	681	177	94	0.40
伏尔加河中下游左岸	柯斯蒂切夫卡	467	103	110	0.46
中哈萨克斯坦	土尔盖	521	75	75	0.29
里海北岸	古里耶夫	770	85	50	0.17
南哈萨克斯坦	克孜尔—奥尔达	512	25	40	0.13
外高加索东南	萨比拉巴德	584	63	60	0.21
中亚细亚中部	科坎德	890	34	142	0.20

注: 计算使用勃列尼和克利德拉方法完成。该方法不但考虑气温, 而且还考虑生育期间的日照长度、降水量和作物的耗水量。

些称为新的灌溉地区, 它同旧地区比较有许多特点。其中主要的是降水量多, 温度稍低以及这些因素的年变化较小。这些特点造成对灌水的要求不稳定。

在乌克兰北方、伏尔加河、北哈萨克斯坦周期性干旱区, 水分保证率的指标低到 0.40—0.52。在北哈萨克斯坦和中哈萨克斯坦, 玉米自然水分保证率更低 (0.29—0.38)。在里海北岸低地、外高加索东南、南哈萨克斯坦和中亚细亚共和国水分保证率指标低到 0.13—0.20。这些资料证明, 在南方和东南方大部分土壤改良区自然降水满足玉米需水不足 40%, 致使播种玉米必需大量灌水。

这样, 在大部分灌溉地区周期性的出现干旱。在这种条

件下，植株生长和发育是在土壤水分保证率或高、或正常或低的经常变动的情况下度过的。结果，玉米产量较高的年份与低产年常常交替出现，特别在所谓有机器官形成的关键时期植株需水得不到满足时更是如此。

科学研究机关和先进实践的资料证明，在水浇条件下，玉米获得高的籽粒产量和生物产量与气象条件无关。

在不太干旱地区，通常玉米获得高产而灌水量并不大。在那样地区，生育期内灌水应被看作是植株生长发育干旱时期的湿润土壤的措施。在干旱、极干旱和特别干燥地区，灌溉才是与干旱做斗争的主要措施。在这些地区要获得高产应该补充土壤水分。增加灌溉定额和灌水次数，这是必然的。

生物学特性

对主要生活条件的要求 玉米是喜温作物。多数品种和杂交种的种子在播种深度的温度达到 $10-12^{\circ}\text{C}$ 时萌发,也有类型,温度 $5-6^{\circ}\text{C}$ 时,种子能够发芽。幼苗较耐短时间的低温和霜冻(到 3°C),春季霜冻时,植株地上部分受冻害,但如果保存了地下部分,地上部分将很快地长出并继续正常生长发育。玉米对温度的需要随着生长而增加。秋季霜冻(到 3°C)会引起植株死亡。

玉米对光照反应十分敏感。种植过密,互相遮荫,植株徒长且后来常常不能形成果穗。

计算玉米需水是很重要的,因为水分是植物细胞的组成部分之一。玉米在幼苗期茎、叶含水 90% 或更多些。植株的含水量随着生长期而改变,一般在收获时不超过 40—60%。由于从土壤中吸收大量水分,细胞含水量高。在从土壤中大量消耗水分的同时,应该适时地进行补充。在干旱和半干旱情况下,补充水分唯一的方法是灌溉。

在土壤蓄水充足的情况下,玉米能较好地抗高温和大气干旱。在全苏玉米科学研究所西涅耳尼科夫育种试验站,在最适宜湿度条件下,植株生长忍受了 40°C 气温,没有任何凋萎征状,正常地进行了发育并获得很好的产量。在苏联欧洲部分最干旱南部和东南地区、中亚细亚共和国和世界上许多热带国家利用玉米的这个优良特性,在水浇地上成功地进行

了栽培。

玉米很有价值的生物学特性是形成单位干物质产量耗水经济。正如H. A. 马克西莫夫及其他许多学者研究确定的那样，玉米的蒸腾系数较许多其他作物（小麦、大麦、向日葵、紫苜蓿、棉花）低一半到三分之二。关于这方面已由确定耗水效能同需水系数的统计资料所证实。业已确定，一吨玉米籽粒耗水 760 立方米，冬小麦是 1,360 立方米，冬大麦是 1,670 立方米。

决定玉米对灌水反应的重要特性是生育期内耗水的生物学节律。植株生长初期需水量不多。大约从幼苗期到形成 9—10 片叶时，耗水量显著地加大，在雄穗开始开花到籽粒乳熟期，耗水量达到最高峰。

M. Я. 特列古边科和 B. И. 聂波姆尼希于 1959—1960 年在全苏玉米科学研究所西涅耳尼科夫斯克育种试验站进行的盆栽试验资料表明，玉米从出苗以后到植株形成 15 片叶（37—38 天）耗水占全生育期的 7—8%；从形成 15 片叶到籽粒乳熟中期（大约 40 天）占 67—73%；从乳熟中期到籽粒完熟期（30—35 天）占 20—22%。因而，植株形成 15—16 片叶和籽粒乳熟期正是玉米耗水量最大的时期。此期较短，但消耗的水分却占整个生育期需水的一半以上。

由于植株老化与光合活动减弱，乳熟期之后，玉米消耗水分减少。但在这个时期，可塑性物质由根、茎、叶、苞叶和穗柄向籽粒急剧地运转。这时期水分不足会引起籽粒灌浆过早地停止，势必降低玉米的产量。

不同的玉米杂交种和品种需水也有所不同。全苏玉米科学研究所确定，在土壤水分充足的情况下，发育良好的中熟杂交种 ВІР42 植株，在整个生育期间耗水 100 升，而晚熟

杂交种 Днепровский 90 耗水在 150 升以上。这就决定了灌水量的差异。特别是在顿河河滩地的条件下, А. М. 柯津确定, 早熟和中熟杂交种的灌溉定额达 1,900 立方米/公顷, 而晚熟杂交种为 2,450 立方米/公顷。

玉米植株在生育期内和各个生育时期消耗的水量, 在很大程度上取决于土壤湿度。土壤水分不足时, 耗水量就减少; 而土壤水分提高时, 耗水量就增加。玉米产量的增减以此为转移。同时, 西涅耳尼科夫斯克育种实验站多年所进行的盆栽试验证明, 植株的蒸腾系数并不因水分的充沛程度而有明显地变化 (表 2)。这一指标在年份间变化不大。

表 2 不同土壤湿度对玉米植株耗水量的影响
(特列古边科、聂波姆尼希, 1964 年)

土 壤 湿 度 (最大持水量%)	单株生育期耗水 (公斤)	蒸腾系数	每平方厘米叶面积耗水 (克)
40	50.8	210	11.7
50	73.7	212	12.8
60	80.5	212	12.8
70	82.1	213	12.9
80	80.7	212	13.1
90	79.2	210	13.5

土壤肥力和施肥对水的有效利用有很大的影响。М. Я. 特列古边科和 Г. Л. 菲里波娃研究确定, 多施肥虽然单株耗水量明显地增加, 但是蒸腾系数低。所以, 在肥沃土壤上以及大量施肥的情况下, 必须预先考虑到要有更高的灌溉和灌水定额。

好的土壤水分状况同良好的营养状态相配合才能保证灌溉地上玉米高产, 这是因为形成高产的植株不仅需要大量的

水分，而且需要养分。特别是 1965—1966 年，在我们的试验中，玉米籽粒产量 92.4 公担/公顷，带走了氮 267 公斤，磷 138 公斤，钾 286 公斤。主要营养元素的带出量这样多表明，在灌溉条件下必需大量施肥。

注意植株对土壤的要求是很重要的。获得高产的重要条件是土壤有良好的透气性和持水性。玉米在重粘土、泥泞土、弱盐土和坡地沼泽土壤上，生长发育不好。

在水分充足的情况下，玉米消耗大量的水分，并能够抵抗高温和脱水，保持高额产量。为了创高产，同样需要大量的无机营养。根系发达、叶片繁茂是上述特性的先决条件。

根的生长动态 植物根是从土壤中吸收水分和养分的器官。此外，根内进行的复杂的生化过程同最初制造营养物质和分配到植株各器官有联系。根具有直接吸收二氧化碳的能力，是合成氨基酸、核蛋白甚至酶和维生素的地方。因而，植株地下部的活动往往依玉米的新陈代谢特点、生长发育速度和干物质积累速度为转移。因此，很明显，在研究灌水制度和灌溉条件下栽培作物的农业技术问题时，应考虑到根的特殊作用。了解根系发育特点对于说明灌溉方式、灌水量、施肥方法及时间，对于说明选择与机械化管理有关的最合理的营养面积以及正确拟订其它一系列农业技术措施都是必要的。

玉米是须根系，种子发芽的同时，根开始发育。开始时，根的发育最快，三叶期，根深入土壤达 30—50 厘米。初生根系在出苗后最初 3—4 周内，起主要作用，在抽雄穗前对供给玉米水分和营养物质起重要作用。随着次生根的发育，初生根的作用减少，但不完全丧失。当植株有 3—4 片叶时，次生根开始发育。以后，一般每出现二层叶子形成一层次生根。因

此，成株次生根形成的根层数量比叶少一半。除地下根外，还形成气生根。一部分气生根深入土壤对植株起支持作用，并具有普通根的机能。

研究确定，玉米根入土深度2—2.5米或更深些。当土壤深层潮湿时，生育初期根的生长力比地上部快。从第七片叶出现到12—13片叶形成，根系昼夜增长量最大。这时，深层根的生长和地上部的生长之间的比例多半是2:1。特别是当平均株高达到60—70厘米，形成10—11片叶时，根系深入土中1米。在玉米抽雄穗时如果不浇水，根入土深达2米，而在乳熟到蜡熟期达到2.5米或更深。如果浇水早，根向土壤深处深入延迟或停止。在一般情况下，根系集中在0—70厘米或0—100厘米土层内。

关于玉米根系在不同土壤水分保证率下的分布深度，根据我们1961年在南方黑钙土印古列茨水浇地上(地下水深达4米)所做的观察可以断定。在一般灌水条件下，将根系挖出，洗净并绘图。结果证明，在保墒灌溉环境下，植株形成13—14片叶时，根入土深100—120厘米或更深，而在生长的早期灌水时仅为60—70厘米。在旱田区，收获前，根系只分布在春季有效蓄水的0—80厘米土层内。在深层土壤缺水的情况下，根的生长受到抑制，分枝减少，次生根层出现迟缓。在保墒灌溉小区内，根系入土深到2米，而在生育期间灌水补充蓄水的情况下，根系分布在0—100厘米土层里(图1)。玉米的幼根布满浇水沟的垄台、垄帮和沟底，因而分布在表层。分析这些资料时，应该看到，我们未能挖出较深层的根。

玉米根水平方向分布，通常受灌溉的行间宽度限制。到第二次灌水时，根扎入5—10厘米，这里接近邻近行根的位置。

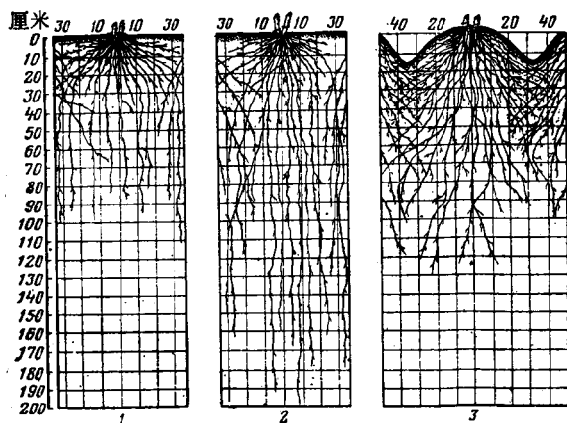


图1 在不同土壤水分保证率下玉米根系的发育

- 1.不灌水区 2.在保墒灌水的环境中 3.在不保墒而以生育期
间灌水使土壤湿度不低于最大持水量的80%的环境中

置。我们的研究结果证明，收获时根的入土深度及其在个别土层中的分布基本上取决于贮存的水分。

从上述资料看出，在水浇条件下，玉米具有强大分枝的须根系，适于从土壤中广泛利用水分和营养物质。

因而，玉米根系的形成和需水特性的改变取决于土壤水分保证率。早春土壤贮水不多，仅够植株短时期的需要。随着玉米的生长和发育以及空气的高温低湿的到来，平均每昼夜需水增加，在贮水不多时必须早浇水。贮水少抑制根向土壤深层深入。在这种情况下，植株变得更加需水。然而，这种植株的根系只是在表土里发育，不能及时满足所需要的大量水分。为了湿润浅根层土壤，需要经常少量浇水。在这种情况下，如不及时灌溉，会引起植株极度缺水，大大降低产量。如果播种玉米时土壤深处水分充足，根系伸入很深，植株对

土壤表层缺水则不大敏感。这样的植株受春季干旱之害较轻，并能更好地利用较晚期的土壤蓄水。这样第一期灌水的时间可以延缓且减少灌水量。地下水位高，年降水量又大，即使不进行生育期间灌水，玉米籽粒和青贮物的产量也不会显著降低。

德聂伯罗彼得罗夫斯克著名的玉米栽培能手 M. E. 奥节尔在地下水位高的田里（1.5 米），不浇水栽培玉米获得高额产量的事实证实了这一点。

茎的生长动态 玉米杂交种 ВІР156 株高 270—290 厘米，这个数不是固定的，它的变动取决于土壤湿度（表 3）。

表 3 杂交种 ВІР156 植株生长动态与灌水制度的关系（1965—1967 年平均）（厘米）

时 期	保 墒		保墒 + 生育期间灌水，土壤湿度保持不低于最大持水量 80%	
	高度	每昼夜增长	高 度	每昼夜增长
出苗—9—10片叶形成	74	2.2	75	2.2
9—10片叶—13—14片叶形成	115	3.1	115	3.1
13—14片叶—17—18片叶形成	153	3.8	173	4.8
17—18片叶—抽雄	176	1.8	241	5.7
抽雄—乳熟期	201	0.8	281	1.7
出苗—乳熟期	201	2.2	281	3.0

开始土壤湿度一致，使株高均匀增长，直到形成 13—14 片叶。此后，在小区内进行灌水，造成土壤湿度不同，植株生长各异。在土壤水分保证率比较低的情况下，平均每昼夜增加的高度不大。在土壤持水量不低于最大持水量 80% 时，从形成 17—18 片叶到抽雄穗期，植株高度不断增长，并达