

第一章 粮食作物

水 稻

通常认为籼稻发芽的最低温度为 12℃ 粳稻为 10℃ 最适温度为 25~30℃ (用蒸汽、温室催芽可稍高一些) 最高温度为 40℃ 切忌超过 40℃。稻种需要吸足自身重量的 25% (粳稻为 30%) 的水分才能开始萌动。当水温在 15℃ 时 需 5~6d 才能吸足水分, 20~25℃ 时, 籼稻只需 2d、粳稻需 3d。

出苗最适温度为 26~32℃ 最低温度 12℃ (粳稻)、14℃ (籼稻) 最高温度为 40~42℃。当日平均气温达 12℃ 以上 最低气温 > 5℃ 且预计播种后有 3~5 个晴到多云天气 即可播种。气温 > 20℃ 时 出苗、扎根正常 生长健壮。

离乳期抗逆能力最弱 要求环境温度 > 10℃ 控制浅水层 日照充足。

根生长的温度为 13℃ 最高温度 36℃。茎、叶生长的最低温度约为 10~12℃ 最高温度为 45~50℃ 最适温度为 17~31℃。

当日平均气温 < 17℃ 时 分蘖基本停止, 20℃ 是正常分蘖的下限, 30~32℃ 是分蘖最适温度; > 37℃ 时则分蘖明显受到抑制。移栽至分蘖发根期间的光照强度、长度 与有机质合成呈正相关关系。

幼穗分化时 粳稻要求日平均气温 18℃ 以上 籼稻要求 21℃ 以上 最适温度为 25~30℃。光照条件对幼穗分化有明显影响。可以幼穗分化后 7~10d 封行 作为这一时期适宜叶面积的经验指标。此时期是水稻需水的临界期 生态用水约为生理需水量的 3~5 倍。

抽穗开花期以晴朗微风天气 日平均气温 30~35℃ 空气相对湿度 70%~80% 为宜。生产实践中一般认为 抽穗开花的适宜温度下

限 粳稻为日平均气温 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$, 籼稻为日平均气温 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ 低于下限温度就会形成大量空粒, 超过 35°C 空壳率增加。最高气温 $> 40^{\circ}\text{C}$ 颖花易枯焦。籼稻最低气温 $< 17^{\circ}\text{C}$ 粳稻、糯稻最低气温 $< 15^{\circ}\text{C}$ 时 不实率显著增加。日最低气温 $< 10^{\circ}\text{C}$ 时 花药凋萎。水分不足造成小穗不孕和秕粒增加。5 级以上大风 不利开花授粉。抽穗前后 $15\sim 20\text{d}$ 内 晴天、光照强、日照时间长 结实率增高。否则 则反之。

灌浆成熟期的最适温度 粳稻为日平均气温 $20\sim 21^{\circ}\text{C}$, 籼稻为日平均气温为 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ 日平均气温 $> 32^{\circ}\text{C}$ 或 $< 15^{\circ}\text{C}$ 均对灌浆成熟不利。

日照条件好 气温日较差大对于水稻产量、米质都有很大的贡献。

蒸腾系数为 $400\sim 800$ 。

一、农业气象灾害指标

1. 烂秧

日平均气温 $< 12^{\circ}\text{C}$ 的低温连阴雨持续 $3\sim 4\text{d}$ 为轻烂秧天气 持续 $5\sim 6\text{d}$ 为中等烂秧天气 ; 持续 7d 以上为重烂秧天气。

2. 僵苗不发

造成水稻僵苗不发的原因很多。一般都把日平均气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 旬日照时数 $\geq 10\text{h}$ 作为顺利发生分蘖的指标。据此分析造成僵苗不发的原因。

3. 低温冷害

低温冷害指标 幼穗分化期 粳稻为 $15\sim 17^{\circ}\text{C}$ 籼稻 $17\sim 19^{\circ}\text{C}$ 。抽穗开花期 粳稻品种日平均气温 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 持续 3d 以上 籼稻品种为日平均气温 $< 20\sim 22^{\circ}\text{C}$ 持续 3d 以上。

4. 高温逼熟

据上海植物生理研究所人工气候室测定 在灌浆至成熟期 如果日平均气温 $> 30^{\circ}\text{C}$ 最高气温 $> 35^{\circ}\text{C}$ 的高温日累加达 10d 以上 且高温日的最小相对湿度 $\leq 60\%$ 即有可能对灌浆产生不利影响。如果高温干燥天气在成熟后期, 则影响更为严重。

5. 水害

水害程度与淹水深度、时间、水质、流速、作物抗涝特性、所在

的发育期及退洪时的气象条件等有着密切关系。据洪灾调查 冠水的危害率远大于未冠水者 水质混浊危害率大于清水 流速快者损失小于流速慢者；品种的抗逆性能更是千差万别。据浙江多年调查 糯稻 > 粳稻 > 籼稻。冠水危害率以幼穗伸长期、灌浆期最大 连续冠水 3d 后 产量锐减。近年来还发现 退洪时阴天、风速小、蒸发量不大可减轻损失。表 1.1 为净水冠水所造成的水稻损害。

表 1.1 净水冠水所造成的水稻损害(日本)

冠水时间 受害时期	减产率(%)				受害情况
	1~2d	3~4d	5~7d	>7d	
刚移栽后			5	20	虽出现异常伸长,但以后的生长发育恢复能力较好。这一时期因水温较低故损害较轻。
分蘖期	10	20	30	40	出现分蘖延迟、停止,枯死株大量增加,退水后仍停止生长,结果使穗数减少。
幼穗形成	20	30	60	70	幼穗枯死造成穗数减少,冠水超过 5d 以上就会出现颖花数减少,抽穗不齐,并发生畸形穗。
幼穗伸长	20~60	50~90	80~100	100	在出穗前 7~10d 受害最重,在此之前或之后受害较轻。结果会造成幼穗枯死、实穗数和颖花数减少。
出穗期	20	55	60	70	结实率降低。齐穗后减轻。
初熟期	—	20	50	60~90	出穗后 10~20d 受害较重,结实率下降。
成熟期	0	10	20	20	冠水时间长就会出现发芽穗,稻谷质量低劣。

杂文稻旱栽

近年来 浙江省的不少地方利用杂交稻抗逆性能强的特性 以常规的水田杂交稻秧苗 带土移栽在山(旱)地方采取相应的农枝措施后产量较高。它的农业气象条件：

旱栽的适宜温度 播种~成熟积温为 $2500\sim 2850^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 在此期间降水量为 $670\sim 980\text{mm}$ 之间。

土壤湿度要求 $0\sim 20\text{cm}$ 土层内，平均有效持水量 $\geq 16\text{mm}$ 当有效持水量 $\leq 12\text{mm}$ 时 占最大持水量的 55% 发生在孕穗期 将导致结实率严重下降。

旱栽杂交稻生育期将比水田处长 15d 左右 积温多 $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 左右。

小 麦

一、小麦品种特性

春化反应

冬性品种春化反应要求日平均气温 $0\sim 3^{\circ}\text{C}$ 的低温持续 30d 以上；

半冬性品种的春化反应要求日平均气温 $0\sim 7^{\circ}\text{C}$ 的低温持续 $5\sim 15\text{d}$ ；

春性品种通过日平均气温 $0\sim 12^{\circ}\text{C}$ 的低温持续 $5\sim 15\text{d}$ 。

光周期反应

敏感型 在日照时数 $< 12\text{h}$ 条件下 只能进行分蘖生长 不能转入拔节抽穗；只有在日照时数 $> 12\text{h}$ 并持续 30d 以上条件下 才能转入拔节抽穗。

中等型 在每天日照时数 8h 条件下 不能拔节 但在日照时数 12h 条件下 持续 24d 即能拔节抽穗。

迟钝型 在每天日照时数 8h 以上、 12h 条件下 均能满足光周期反应要求 持续 16d 以上 即能完成光周期反应 转入拔节抽穗。

日照生态的分类

短日型 以强春性品种为主 日照长度在 11.5h 以下均能正常拔节抽穗。

中短日型 以春性和半冬性品种为主 日照长度在 12.5h 左右即可正常拔节抽穗。

中日型 以半冬性品种为主 日照长度在 13.0h 左右即可正常拔节抽穗。

中长日型 以半冬性和冬性品种为主 日照长度在 13.5h 左右即可正常拔节抽穗。

长日型：以冬性和强冬性品种为主，日照长度需达 14.0~14.5h 方可正常拔节抽穗。

二、小麦的生长发育

1. 播种到出苗

小麦发芽的最低温度为 0°C 最适温度为 $15\sim 22^{\circ}\text{C}$ 最高温度为 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。土壤湿度为田间持水量的 $60\%\sim 65\%$ 最适宜。

(在生产上为防止年前拔节和生长过旺 以免冻害 往往要求播种时温度不超过 20°C 。)

冬小麦从播种至出苗约需 $> 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 左右。适宜于冬小麦出苗的气温是 $14\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。适宜出苗的水分条件是土壤湿度占干重% 砂壤土 16% 左右 壤土 18% 左右 粘土 23% 左右。对砂壤土来说 土壤湿度 $> 20\%$ 或 $< 10\%$ 都不利播种出苗。三叶期以前 最低气温突然降到 $-8\sim -10^{\circ}\text{C}$ 以下抗寒能力弱的、未经抗寒锻炼的幼苗易冻死。

2. 分蘖越冬期

冬小麦从出苗到分蘖所需 $> 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $150\sim 225^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。当日平均气温为 $12\sim 15^{\circ}\text{C}$ 土壤湿度在田间持水量的 $60\%\sim 80\%$ 有利于分蘖。气温 $< 3^{\circ}\text{C}$ 或 $> 18^{\circ}\text{C}$ 分蘖率显著降低。

日照条件好 是小麦幼苗进行光合作用 合成、积累有机质 建造分蘖器官和保障安全越冬的重要能源和物质条件。

3. 返青

当日平均气温稳定回升到 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 时 小麦开始返青和恢复生长。

日平均气温达 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 时 小麦进入光照阶段 是小穗分化时期,也是提高成穗率的关键时间。此时日平均气温 $>16^{\circ}\text{C}$ 不利于长大穗 并要求适宜温度持续时间长 同时要有充足的光照和适宜的土壤水分条件。

长江以南地区 由于气温高于指标 所以无明显的越冬和返青现象。

4. 拔节孕穗期

当日平均气温上升到 10°C 以后 开始拔节。拔节期的适宜温度为 $12\sim 16^{\circ}\text{C}$ 土壤湿度为田间持水量的 $70\%\sim 80\%$ 。

拔节后 $1\sim 5\text{d}$ 气温 $-5\sim -3^{\circ}\text{C}$ 持续 4h 以上,幼穗将冻死;拔节 $6\sim 10\text{d}$ 、 $11\sim 15\text{d}$ 和 15d 以后 受害温度指标分别是 $-3\sim -2^{\circ}\text{C}$ 、 $-2\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 0.0°C 。

拔节后期丰产群体的行间地表透光率为 $6\%\sim 8\%$ 。

小麦孕穗期是水分的临界期,最适的土壤湿度是 $0\sim 20\text{cm}$ 土层内 维持田间持水量的 80% 左右,此时此土层内的田间持水量 $<60\%$ 将严重影响产量。这时的日平均气温要求在 $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ 并要求有较好的光照条件。

5. 抽穗扬花期

这时要求晴朗微风(风速 $1\sim 4\text{m/s}$)的天气 日平均气温以 $16\sim 21^{\circ}\text{C}$ 为宜 日平均气温在 20°C 左右开花迅速; 10°C 左右开花明显减慢; $<10^{\circ}\text{C}$ 花丝生长细弱 不能正常开花授粉 当气温降至 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 时 花药受害; $>30^{\circ}\text{C}$ 并遇上土壤干旱,也会影响受精结实。

抽穗扬花期要求空气湿度为 $70\%\sim 80\%$ 土壤湿度占田间持水量的 $70\%\sim 80\%$, $>85\%$ 或 $<60\%$ 均有不利影响并要求有充足的光照。据研究表明 千斤小麦的丰产群体 要使株间的乱流交换系数保持 1.4 左右。

6. 灌浆成熟期

小麦灌浆成熟期要求的适宜温度为日平均气温 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 其中乳熟期为 $22\sim 23^{\circ}\text{C}$;上限温度为日平均气温 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$;下限温度为日平均气温 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 。在适宜温度范围内稍偏低一点 则能延长灌浆期 有利提高千粒重。当日平均气温达 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ 时 灌浆基本停止。气温日较差大,可提高粒重。

此时段适宜的土壤湿度为田间持水量的 $70\%\sim 80\%$ 麦田一般不能干。当田间持水量 $>85\%$ 或 $<60\%$ 都对小麦的灌浆成熟不利。

充足的光照条件对粒重的贡献大。

蒸腾系数为 $270\sim 600$ 。

三、小麦的农业气象灾害

1. 旱、烂、寒的气象指标:

旱、烂、寒因地、时、品种不一。据研究,一般认为 在小麦秋播期间 如果连续 30d 内的总雨量 $<40\text{mm}$ 即开始秋旱; $<20\text{mm}$, 秋旱将严重 如果连续阴雨 5d 以上 过程总雨量 $>50\text{mm}$ 最大日雨量 $\geq 20\text{mm}$,即开始秋烂;连续阴雨 7d 以上,过程总雨量 $>70\text{mm}$ 秋烂将严重 如果冬季最低气温 $<-10^{\circ}\text{C}$ 且持续 3d 以上,或初冬第一次强寒潮出现在 11 月中旬 即开始冬寒 如果冬季最低气温 $<-10^{\circ}\text{C}$ 持续 5d 以上 或前冬偏暖 后冬骤寒 则冬寒将严重。

2. 干热风指标:

表 1.2 高温低湿型干热风气象指标

地 区		华 北	河 套	河 西	新 疆
干 热 风 日	重	日最高气温 $\geq 35\text{C}$ 14 时相对湿度 $\leq 25\%$ 14 时风速 $\geq 3\text{m/s}$	$\geq 34\text{C}$ 同左 同左		日最高气温 $\geq 35\text{C}$ 日最大饱和差 $\geq 50\text{hPa}$ 14 时风速 $\geq 3\text{m/s}$
	轻	日最高气温 $\geq 32\text{C}$ 14 时相对湿度 $\leq 35\%$ 14 时风速 $\geq 2\text{m/s}$	$\geq 32\text{C}$ 同左 同左		日最高气温 $\geq 30\text{C}$ 日最大饱和差 $\geq 50\text{hPa}$ 14 时风速 $\geq 3\text{m/s}$
干 热 风 天 气 过 程	重	1. 连续 2d 以上重干热风日。 2. 一次干热风天气过程中出现 2d 不连续重干热风日。	同左	1. 最高气温正距平累积 8 ~ 20 C ; 2. 14 时相对湿度 $\leq 25\%$; 3. 定时观测有一次以上偏东风。	同华北地区
	轻	1. 干热风过程所包括的轻干热风外连续 2. 2d 以上轻干热风日。出现 1d 重干热风日。	同左	1. 最高气温连续 2d 以上 $\geq 30\text{C}$; 2. 最高气温正距平累积 8 ~ 20 C ; 3. 14 时相对湿度 $\leq 25\%$; 4. 定时观测有一次以上偏东风。	同华北地区
干 热 风 年 型	重	1. 危害期内有 2 次以上轻干热风过程或一重一轻或 4 次以上轻过程。 2. 重干热风日连续 ≥ 4 或轻 $\geq 7\text{d}$ 且干粒重下降 3~5g。	同左		同华北地区
	轻	1. 危害期内有 2 次以上轻干热风过程或重一次过程或轻干热风连续 4~6d 且干粒重下降 1~3g。	同左		同华北地区

大 麦

大麦为禾本科大麦属，草本植物。栽培种中又可分为多棱大麦、二棱大麦和中间型大麦等三个亚种。通常称有稃大麦为大麦，裸大麦因地区不同有米麦、元麦、青稞之称。

一、温度条件

大麦发芽的最低温度一般为 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 适宜温度是 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 最高温度是 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

大麦根系生长的临界温度为 2°C 当温度在 $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ 时生长最快 超过 30°C 时生长显著受到抑制。

根据浙江省栽培的早熟 3 号、沪麦 4 号和浙皮 1 号等早熟品种多年观测，播种至出苗的最适温度为 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$ 积温为 $90\sim 105^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 播种至开始分蘖积温达到 $200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上 在浙江的气候条件下，从始蘖到最高分蘖期总积温平均 $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 左右 但受当时气温条件影响较大 气温高则积温少 否则相反。

大麦分蘖的最适温度为 $13\sim 18^{\circ}\text{C}$ 当温度 $< 3^{\circ}\text{C}$ 或 $> 21^{\circ}\text{C}$ 都不利于分蘖的发生。

春化阶段 亦称感温阶段):

冬性大麦 : $0\sim 8^{\circ}\text{C}$ 历经 $20\sim 45\text{d}$;

春性大麦 : $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 历经 $5\sim 10\text{d}$ 。

(半冬性介于两者之间。)

在幼穗分化过程中，一般说来 气温在 10°C 以下时 光照阶段进行缓慢 幼穗的发育期延长 有利于小花数目增加 易形成大穗。但 由于大麦进入拔节期以后 特别是进入减数分裂期 抗寒能力明显降低，温度过低易引起冻害而使主茎幼穗死亡。

开花受精与环境温、湿度 最适温度 20°C 左右 最低温度为 10°C 左右，最高温度不能超过 32°C 。大气的相对湿度在 $60\%\sim 80\%$ 之间为宜。

麦粒形成和灌浆的适宜温度是 $16\sim 22^{\circ}\text{C}$ 最适气温在 18°C 左

右当日最高气温 $> 25^{\circ}\text{C}$ 以上时易使粒重降低。

二、日照条件

根据浙江省栽培资料分析,全生育期日照时数 $> 900\text{h}$ 有利于高产。

大麦是长日照作物,在连续的光照每天 $16\sim 18\text{h}$ 的日照条件下光照阶段进行最快 每天 $< 12\text{h}$ 光照阶段进行缓慢 每天日照时间 $< 8\text{h}$ 光照阶段就停止进行。一般在 $8\sim 12\text{h}$ 或 $> 12\text{h}$ 的日照条件下 只要经过 $15\sim 16\text{d}$ 少的只要 $8\sim 10\text{d}$ 就能成熟。

三、水分条件

大麦一生最适耗水量 $400\sim 500\text{mm}$ 。

四、主要农业气象灾害

在浙江的气候下,大麦的一生对农业气象条件最敏感的两个时段 即从播种到有效分蘖终止期和从抽穗到成熟时期。

主要灾害有:

湿害 平原水网地区从 11 月至 12 月上旬的 40d 内如降水量 $\geq 4.0\text{mm}$ 、雨日 $\geq 15\text{d}$ 有可能造成湿害。据观测 对产量影响最严重时段是灌浆期。

冻害 苗期能忍耐短期 -5°C 低温而不受冻害 拔节到孕穗期,当日最低气温 $< 0^{\circ}\text{C}$ 并持续 $2\sim 3\text{d}$ 以上时 幼穗、茎叶就会发生不同程度的冻害。

热害 灌浆成熟期 日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 同时 14 时相对湿度 $\leq 40\%$ 在高温首现日前 15d 内 雨日 $\leq 6\text{d}$ 时为干热害 日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 或连续两天以上 27°C 在高温首现日前 15d 内 雨日 $\geq 10\text{d}$ 为湿热害。

旱害 从 10 月中旬至下旬总降水 $\leq 50\text{mm}$ 时 浙江的非水网地区易出现旱害。当该时段总降水量 $\leq 30\text{mm}$ 时 即使在水网地区也会给出苗带来不利影响。

风害 主要是灌浆成熟期。如遇到 8 级以上的大风并伴随暴雨会造成不同程度的倒伏。

荞 麦

荞麦亦称甜荞麦 属蓼科,一年生草本植物 耐旱但不耐霜冻。生长期 100d 左右。

荞麦种子发芽适宜温度为 $16\sim 20^{\circ}\text{C}$ 低于 12°C 发芽不正常,高于 25°C 发芽生长受抑制。

荞麦在开花时忌多雨,影响结实率。荞麦在北方栽培时,8月份进入开花灌浆期,怕干热风危害,这时需进行必要的防御措施,以提高其籽粒重与结实率。

近年来引进了一些日本北海道的荞麦种。据李绍欣等试验 全生育期 $>0^{\circ}\text{C}$ 积温 $1400^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,8月开花灌浆期日照时数 $>180\text{h}$ 的气候生态环境下高产显著。

高 粱

高粱是一种喜温耐旱的作物 主要分布在温暖地区 赤道至高纬度均有栽培。凡全年 $>15^{\circ}\text{C}$ 的活动积温在 $1600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上, $>15^{\circ}\text{C}$ 的持续日数在 85d 以上的地区 均为高粱的适宜种植区。我国可分为五个气候特点不同的种植区:

北方冷冻春播早熟高粱区。 $>15^{\circ}\text{C}$ 积温 $1600\sim 2800^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,持续日数 $80\sim 105\text{d}$ 包括黑龙江省大部 吉林省东部山区 以及晋北、冀北和内蒙古海拔较高的冷凉地区。一年一熟 春播 冷害极重。

北方凉温春播中熟高粱区。 $>15^{\circ}\text{C}$ 积温 $1600\sim 2200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,持续日数 $105\sim 125\text{d}$ 包括黑龙江省哈尔滨以南地区 吉林省中部和西部平原 辽宁省北部平原和东部半山区 内蒙古的哲里木盟和昭乌达盟 以及晋北、陕北和南弱疆等地。一年一熟 春播 低温冷害较重。

北方温和春播晚熟高粱区。 $>15^{\circ}\text{C}$ 积温 $2800\sim 3800^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,持续日数 $125\sim 160\text{d}$ 。包括辽宁省大部地区 河北省中部和北部平

原以及晋中、关中、南疆等地。一年一熟 春播 冷害较轻。

黄淮平原暖温夏春播高粱区。 $>15^{\circ}\text{C}$ 积温 $3800\sim 4200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 持续日数 $160\sim 175\text{d}$ 包括山东、河南两省及冀南、苏北、皖北等地。一年两熟夏播高粱有冷害危险。

南方暖热湿润冬播高粱区。 $>15^{\circ}\text{C}$ 积温 $4200\sim 9300^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 持续 $175\sim 365\text{d}$ 包括长江流域以南的广大地区 均为零星种植。

高粱种子萌发的下限温度为 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 最适温度为 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 最高温度为 $44\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。在自然条件下 高粱播种至出苗的天数 随着温度的升高而缩短。在 $7\sim 24^{\circ}\text{C}$ 的范围内 高粱播种至出苗天数与 5cm 地温呈指数曲线关系。高粱出苗至拔节以 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 为适宜 拔节至抽穗以 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 为适宜。高粱出苗至抽穗的天数也随温度的升高而缩短。

高粱的光合作用以 $30\sim 36^{\circ}\text{C}$ 时为最高，随温度的下降而减少。在低温条件下 光合作用随低温的延长而减弱。高粱的大部分品种在抽穗后 $3\sim 5\text{d}$ 开始开花 在 $26\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的温度下对高粱开花最有利 开花集中 持续时间短。高粱开始灌浆的头 18d 日平均气温 $23\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时 灌浆速度快； $<20^{\circ}\text{C}$ 则速度显著减慢。

高粱既抗旱又抗涝 其蒸腾系数为 $204\sim 280$ 。高粱发芽需要一定的水分 高粱生育期需水量较少。高粱的耐涝性很强 尤其是茎表面形成硬皮时更耐涝。可以在洼地种植 只要地面积水不淹没穗部就不会无收。

高粱为短日照作物。温光对高粱生育起综合作用 随着温度的升高和光照时数的缩短，高粱播种至开花的日数相应减少。

玉 米

玉米气候适应性比较广泛 凡大于 10°C 积温在 $1900^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上 夏季平均气温在 18°C 以上的地区均可种植。

玉米为喜温作物 生育期间生物学最低温度为 10°C 。种子在 $6\sim 7^{\circ}\text{C}$ 开始发芽 但极缓慢 并易感菌霉烂， $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 发芽正常。发

芽时间与温度关系密切,10~12℃需 18~20d 出苗,15~18℃需 8~10d 出苗,>20℃时5~6d 即可出苗。玉米在 18℃以上幼苗生长较快,30~32℃时最快。抽穗开花期适宜温度为 25~28℃ 气温 < 18℃或 > 38℃不开花 当气温 > 30℃ 空气相对湿度 < 60% 开花甚少 气温 > 32℃ 花粉粒 即丧失生活力。在籽粒灌浆、成熟时期要求日平均温度保持在 有利于有机物质合成和向果穗籽粒运转。日平均气温超过 或 < 16℃均影响酶活动 不利于养分积累和运转 日平均气温 13℃左右玉米灌浆仍可很缓慢进行。成熟后期遇 -3 低温 易使含水量高的籽粒丧失发芽力。全生育期平均气温在 20 以下时 每降低 0.5℃ 玉米达到成熟时生育期要延长 10~20d。

玉米是水分利用率较高的作物,蒸腾系数约为 250~350 相对需水量低于麦棉等。玉米是高秆作物,全生育期又处在高温时期 需水较多。总耗水量早熟品种约为 300~400mm 中熟品种约 500~800mm。根系活动以田间持水量 60%~80% 为适宜。适宜生长的年降水量为 500~1000mm 但生育期内至少要有 250mm 且分布均匀。

玉米苗期较耐干旱 拔节、抽穗、开花期需水最多 后期偏少。抽穗拔节至灌浆约占全生育期需水量的 50% 抽穗前 10d 至开花后 20d 是对水分敏感的临界期,特别是吐丝期和散粉期更为敏感。此时期平均每昼夜耗水 6~8mm 土壤水分不足 严重影响产量。苗期和成熟后期,缺水对产量影响较小。

在干旱条件下 玉米适时灌水可加快发育速度 有利于向生殖器官运输 加快籽粒灌浆过程 可提早 5~6d 成熟。产量也随水分供应量增加而提高,水分利用率也随之提高。

玉米为短日性植物,一般早熟种不如晚熟种对日照长短反应敏感 日照时间过长能延长玉米的正常发育和成熟。玉米光饱和点为 7~8 万勒克斯(单株)光补偿点为 1500 万勒克斯(群体),自然光范围内,玉米群体达不到光饱和点。 CO_2 补偿点为 4~6ppm。玉

米为 C₄作物 在低光照度 低 CO₂ 浓度下仍可光合作用。光合作用最适温度是 30~40℃, 20℃ 以下光合作用急速下降。玉米籽粒干物质积累过程中 至少需要 3.0~3.7 万勒克斯 才能满足要求。同时 在相同太阳辐射条件下 光合速率随日长增加而增加 对产量影响较大 尤其在籽粒灌浆阶段对产量形成更为重要。作物下层增加反射光 可增加籽粒产量 切除玉米顶部遮荫的雄花可提高籽粒产量 4%~12%。

光质对玉米也有影响。在相同光照度下 红光的光合效率高 但在蓝光和白光下 玉米雌穗发育最快 在红光下迟缓。雄穗在绿光下生长发育减慢, 在红光下不减慢。光质影响玉米的光合作用形成。在红光下光合强度最大 植株生产效率高 合成碳水化合物多。在蓝紫光下光合强度较强, 但合成蛋白质多。

谷子、黍、糜

谷子、黍、糜喜高温(25~30℃)耐温凉的范围比玉米广 收获指数低于玉米 仅 0.40。

生育期较短, 早熟品种 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 1600~2000℃·d, 75~80d 可成熟。蒸腾系数一般 300 左右 抗旱能力较强 忌水渍 抽穗~灌浆期需湿润土壤。

甘 薯

甘薯又名山芋、番薯、地瓜等 属旋花科甘薯属 草本植物。

甘薯是喜温作物, 生物学最低温度为 18℃ 在整个生长期要求有较高的温度。夏季平均气温在 22℃ 以上 年平均气温在 10℃ 以上 全生育期积温要求在 3000℃·d 以上。

甘薯块根不定芽原基在 15~18℃ 以上才开始萌动 发芽的最适温度是 28~32℃ 超过 35℃ 萌芽受抑制, >38℃ 种薯容易腐烂。温度在 20~35℃ 范围内 温度愈高 萌芽越快 萌芽数越多。

薯苗发根的最低温度为 15°C 在 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的范围内 温度越高 发根越快。据文献资料 地温在 15°C 时 栽后 5d 发根 地温在 $27\sim 30^{\circ}\text{C}$ 只需 1d 即可发根。

甘薯茎叶生长的最适温度为 $21\sim 26^{\circ}\text{C}$ 超过 35°C 时 茎叶生长就会受到抑制 $<15^{\circ}\text{C}$ 气温停止生长。当日平均气温降至 10°C 、最低气温在 5°C 以下 茎叶开始受害 日平均气温 6°C 、最低气温在 2°C 以下时, 茎叶即受冻害而枯死。

块根形成和膨大期的最适土温是 $22\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。 $<18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时块根停止膨大, $>32^{\circ}\text{C}$ 也不利膨大。土温长期 $<9^{\circ}\text{C}$ 块根会受冷冻, $<-1.5^{\circ}\text{C}$ 则造成冻腐。块根膨大期在适温范围内 日较差大 有利于块根的膨大。

甘薯是喜光的短日照作物, 每天日照 $8\sim 10\text{h}$ 能促进开花 但不利于薯块的膨大 每天日照在 的情况下 有抑制茎叶生长 加速块根膨大作用。

甘薯根系发达, 有较强的抗旱能力。全生育期的水分动态是: 育苗阶段应保持土壤含水量为最大持水量的

发根还苗、分枝结薯阶段要求土壤最大持水量的 $60\%\sim 70\%$ 。 $<60\%$ 或 $>90\%$ 则十分不利。

甘薯生长后期的土壤持水量以 $60\sim 70$ 为宜。

甘薯的安全贮藏, 要求温度保持在 $11\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间 相对湿度 $85\%\sim 95\%$ 。在甘薯贮藏期间 薯块生理反应和气候环境的变化幅度大, 除入窖初期和开春出窖前的通气散温外, 还应做好保温工作。可分成三个时期:

1. 高温期 (又叫发汗期) 入窖后 $2\sim 3$ 星期 特别是在初入窖一星期 由于刚收获的薯块呼吸作用十分旺盛 且此期气温高 窖内温、湿度大 二氧化碳积聚较多 最易诱至甘薯腐烂。因此要待到 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 时 再行封窖培土。

2. 低温期 薯块呼吸作用渐趋低缓。此时气温、地温均达最低阶段 要加强保温工作。

3. 变温期 气温逐渐回升 薯块呼吸作用也随着增强 要注意通风散湿。

表 1.3 甘薯对不同温度的反应一览表

温度(°C)	甘薯		
60	6min 以上危险		高温 腐 败 温 度
55	7min 以上危险		
52	10min 以上危险		
50	30min 以上危险,消毒温度(10min)		
48	90min 以上危险,消毒温度(10min)		
40	保持 24h 左右,则将腐败		
35	危险温度界限	催芽 温度	发 育 温 度
28~32	育苗温度		
20	出苗温度(地温)		
18	休眠温度界限	贮藏 可能 温度	
13~16	贮藏适温		
10	贮藏温度界限(掘取界限)		
9~0	低温腐败温度		
-2~-5	冻结温度		
-7~-10	过冷却极限温度		

马铃薯

马铃薯原产于南美洲安第斯山的智利、秘鲁等地。

马铃薯喜温凉的气候环境。光合适温为 15~20°C 块茎形成期最适温度为 15~18°C, >21°C 生长不良, >26°C 不能栽培, <10°C 产量明显下降。

马铃薯需水量中等, 降水量以 750mm(均匀) 为最适, 最低为 500mm。全生育期蒸散量为 500~750mm, 蒸腾系数为 400~600。

木薯

木薯原产巴西亚马孙河流域南美洲热带。19 世纪从缅甸、越南传入中国。

木薯喜热、好水。最适温度为 25~29℃ 发芽温度 14~18℃。温度在 15~18℃即可播种。>40℃、<16℃ 生长受到抑制 平均温度需 > 20℃。最适降水量为 1400~1500mm 。但较耐旱 降水量 300~500mm 可生存。

木薯属短日照作物 对光反应敏感 荫蔽易倒伏。