

# 基于GIS的新疆伊吾县苹果种植适宜性气候区划

关清

哈密市气象局，新疆 哈密

收稿日期：2022年4月17日；录用日期：2022年5月17日；发布日期：2022年5月24日

---

## 摘要

利用Arcgis软件分析1981~2019年新疆哈密境内的6个国家站和76个区域自动站中资料序列较长的气象站点的气候资料，以年平均气温、夏季平均气温、生长季平均气温、最冷月平均气温、90%保证率极端最低气温作为区划指标，进行伊吾县苹果种植气候适宜性区划。结果表明：1) 伊吾县大苹果最适宜种植区主要分布在海拔1200~1500 m沿山一带，次适宜种植区主要分布在海拔900~1200 m之间的山前倾斜平原区域，不适宜种植区在伊吾县南部海拔1500 m以上的中高山及山谷区域和北部海拔900 m以下区域；2) 伊吾县中小苹果适宜区分布在县域中部海拔约1200~1800 m的区域，该区包括伊吾镇、吐葫芦乡及苇子峡乡偏南区域，次适宜区分布在海拔1000~1200 m的西北至东南走向的狭长地带，主要包括苇子峡乡中部及下马崖偏南平原区域；不适宜种植区分布在伊吾县西南部海拔1800 m以上的中高山地带以及北部海拔1000 m以下区域。

---

## 关键词

苹果，气候适宜性，伊吾县，区划指标

---

# GIS-Based Regional Climatic Suitability for Apple in Yiwu County of Xinjiang

Qing Guan

Hami Meteorological Bureau of Xinjiang, Hami Xinjiang

Received: Apr. 17<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 17<sup>th</sup>, 2022; published: May 24<sup>th</sup>, 2022

---

## Abstract

ArcGIS software was used to analyze climatological data of 6 nation meteorological stations and 76

**regional automatic stations with long data series from 1981 to 2019 in Hami City, Xinjiang. The annual average temperature, summer average temperature, average temperature of growing season, average temperature of coldest month and extreme minimum temperature with 90% guarantee rate were used as regionalization indexes to regionalization of apple planting climate suitability in Yiwu County. The results showed that: 1) The most suitable planting area of big apple in Yiwu County was mainly distributed along the mountain area with an altitude of 1200~1500 m, the second most suitable planting area was mainly distributed in the piedmont inclined plain at 900~1200 m above sea level, and the unsuitable planting area was in the middle mountain and valley area with an altitude of 1500m in the south of Yiwu County and below 900m in the north of Yiwu County. 2) The suitable area of small and medium apple in Yiwu County was distributed in the middle of the county with an altitude of 1200~1800 m, including Yiwu Town, Tuhulu township and the south area of Weizixia township, the sub-suitable area was distributed in the northwest to southeast narrow area with an altitude of 1000~1200 m, mainly including the middle of Weizixia township and Xiaomaya south plain area. The unsuitable planting areas are distributed in the middle and high mountains above 1800m in the southwest and below 1000m in the north of Yiwu County.**

## Keywords

**Apple, Climatic Suitability, Yiwu County, Zoning Indicators**

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

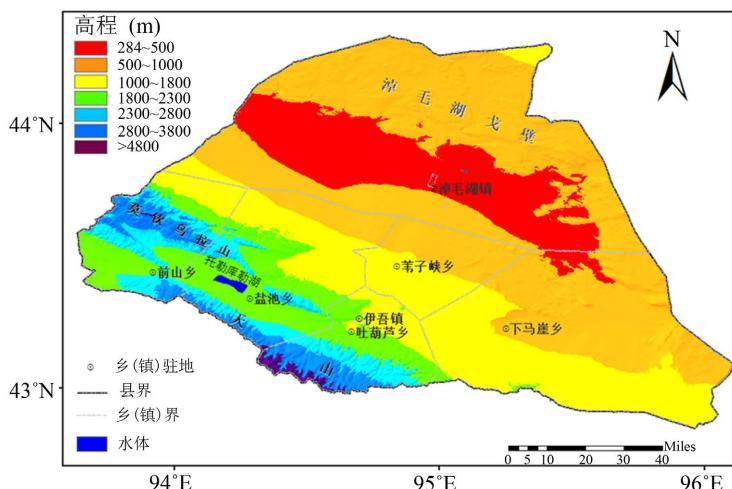
## 1. 引言

中国是世界上的苹果生产大国[1]，开展苹果气候区划可以为气候资源的高效利用、种植区域的合理布局提供一定的参考[2]，早在 20 世纪 80 年代，中国就开始进行了苹果种植气候区划的研究[3]，陆秋农[4]根据中国的气候条件以及苹果生长发育情况将中国划分为 7 个类型的栽培区，同时对适宜苹果优质高产的温度、日照、降水等气象条件进行了分析。随着 GIS 技术的发展以及区域自动站的加密，大幅提高了区划的精细化程度，学者们以省、市、县为研究区域开展了苹果精细化气候区划[5] [6] [7]。近年来关于气候变暖背景下苹果种植气候区划的研究受到了学者的广泛关注，张玥滢等[8]研究发现与 20 世纪 80 年代相比，90 年代、21 世纪 00 年代山东半岛和黄土高原南部由适宜区变为了次适宜区，辽蒙交界地区、黄土高原北部、云贵川交界地区以及陕甘交界处由原来的苹果种植次适宜区变为适宜区，苹果适宜种植区表现为北移西扩的变化特点；张山清等[7]对气候变化对新疆苹果种植气候适宜性的影响进行研究，发现 1997 年后新疆苹果适宜种植的区域明显减小，次适宜种植区明显扩大，不适宜种植区也有所减小。

伊吾县位于新疆东北部，天山北麓东段，西部与巴里坤县相邻，南部与伊州区隔山相望。伊吾县地势南高北低，县域海拔最高处为 4888 米的喀尔力克冰川，中部为洪冲积倾斜平原，最低处位于淖毛湖盆地海拔仅为二百多米。伊吾县气候干旱少雨，风沙大，南北、东西部气温差异大，多年平均降水量 23.4~104.4 毫米，降水分布很不均匀，总体上南部多于北部，山区多于平原，降水大部分集中在夏季，光照充足。伊吾县地形地貌复杂、气候类型多样，各地种植苹果的气候适宜性也有所不同，因此结合苹果的生态气候条件和种植气候区划指标，开展伊吾县苹果种植适宜性气候区划，可以对制定伊吾县苹果发展规划和扩大种植规模提供参考依据。

## 2. 资料与方法

选择哈密市境内的 6 个国家站和 76 个区域自动站中资料序列较长的气象站点, 利用 1981~2019 年日平均气温、最高气温、最低气温、日照时数等气象资料, 以及各站点地理坐标、海拔高度和哈密市地理信息数据、数字高程模型(DEM)数据, 利用 GIS 技术, 结合小网格推算方法、气候要素地理推算模型、反距离加权残差订正法, 在 ArcGIS 10.4 平台上将经过栅格化空间插值模拟的各指标气候要素图层, 按照区划指标进行分级并叠加处理, 获得综合考虑各指标气候要素的苹果种植气候适宜性区划。图 1 为伊吾县地形和气象站点分布图。



**Figure 1.** Distribution of topographic and meteorological stations in Yiwu County  
**图 1.** 伊吾县地形和气象站点分布

## 3. 苹果种植气候适宜性区划指标的确定

### 3.1. 苹果生态气候条件

苹果是喜低温干燥的温带果树, 喜光、适应性强, 在果树植株和环境的相互作用中, 环境条件起着主导作用, 对果树生长发育直接影响的因子有: 光照、热量、空气、水、土壤等。

#### 1) 光照条件

苹果是喜光树种, 光照是影响苹果生存的因子之一, 光照充足, 枝叶生长健壮, 树体的生理活动增强, 花芽分化率提高、坐果率高、着色好、果实品质优良。如果光照条件不好, 则落花落果率均比较高, 直接影响其产量。年日照时数为 2200~2800 h、日照百分率 50%~60% 时均可适宜苹果生长, 年日照时数不足 1500 h 或在苹果生长期月平均日照时数不足 150 h, 会使苹果开花坐果率下降, 影响果实色泽及含糖量。伊吾县年平均日照时数 2500~3326 h, 生长期(4~10 月)日照百分率为 65%~82%, 光照条件非常适合苹果的生长发育。

#### 2) 温度条件

苹果性喜温凉, 要求冬季无严寒、夏季无酷暑, 温度对果树的生长发育速度有着制约作用。徐德源[9]研究指出, 一般苹果适宜栽培的年平均气温为 8℃~14℃, 生长期(4~10 月)平均气温为 12℃~18℃; 当春季日平均气温达 3℃ 以上时, 地上部则开始活动, 8℃ 左右时开始生长, 9℃~12℃ 叶芽即开始萌动, 花粉发芽及花粉管生长的适宜温度为 10℃~25℃; 夏季适宜平均气温为 18℃~24℃, 超过 26℃ 则会抑制果实的生长, 使花芽分化不良; 冬季需 7.2℃ 以下低温 1200~1500 h, 才能顺利通过自然休眠, 冬季最冷月(1

月)平均气温需为 $-10^{\circ}\text{C}$ ~ $10^{\circ}\text{C}$ , 最冷月平均气温高于 $-12^{\circ}\text{C}$ 时大苹果可直立越冬,  $-16^{\circ}\text{C}$ ~ $-18^{\circ}\text{C}$ 即产生冻害, 需要埋土栽培, 大苹果一般可耐 $-30^{\circ}\text{C}$ ~ $32^{\circ}\text{C}$ 低温,  $-35^{\circ}\text{C}$ 以下即冻死, 小苹果在冬前生长情况良好时, 可耐 $-40^{\circ}\text{C}$ 以下的短暂低温。

### 3) 水分条件

水分在苹果生长发育中的地位十分重要, 一般年降水量在 $500\sim 800\text{ mm}$ 、土壤含水率为 $60\% \sim 80\%$ 时最适宜苹果的生长, 水分过多则会造成枝叶徒长花芽分化不良, 易产生裂果、烂果, 水分不足则会导致枝叶衰弱、落花落果、果实小、产量低、品质差。伊吾县大部地区年降水量不足 $200\text{ mm}$ , 降水较少, 需水主要依靠较稳定的山区降水和高山冰川积雪融水所汇集的河川径流和地下水的灌溉, 因此水分条件较有保障。

## 3.2. 苹果气候适宜性区划指标的确定

伊吾县光照条件较好, 均能满足苹果生长发育需求, 同时降水也对苹果生长影响较小, 温度条件能否满足苹果正常生长发育和产量形成的需求, 是决定伊吾县苹果能否种植的先决条件, 大苹果和中小苹果冬季耐低温程度有所区别, 中小苹果在冬前生长良好的情况下, 可耐 $-40^{\circ}\text{C}$ 以下短暂低温, 而大苹果在 $-35^{\circ}\text{C}$ 以下就会冻死, 无法直立越冬, 需要埋土栽培, 因此根据苹果生长发育所需条件, 并参考前人[7][9][10]有关苹果种植气候区划的部分成果, 对大苹果和中小苹果选取不同的区划指标(见表1、表2)。

**Table 1.** Planting regionalization index of big apple  
**表 1. 大苹果种植区划指标**

适宜性分区	适宜区	次适宜区	不适宜区
年平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	$8.0\sim 14.0$	$6.0\sim 7.9$ 或 $14.1\sim 16.0$	$<6.0$ 或 $>16.0$
夏季(6~8月)平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	$18.0\sim 24.0$	$15.0\sim 17.9$ 或 $24.1\sim 26.0$	$<15.0$ 或 $>26.0$
日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的日数(d)	$\leq 20$	$21\sim 30$	$>30$
最冷月(1月)平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	$>-12.0$	$-18.0\sim -12.0$	$<-18.0$

**Table 2.** Planting regionalization index of small and medium apple  
**表 2. 中小苹果种植区划指标**

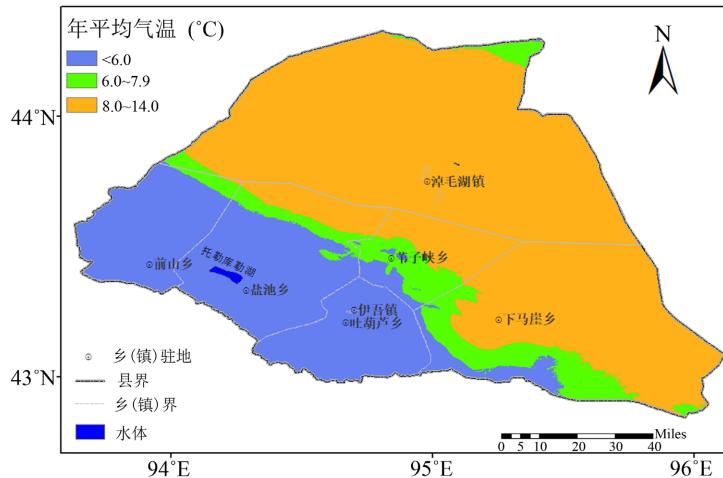
适宜性分区	适宜区	次适宜区	不适宜区
夏季(6~8月)平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	$18.0\sim 24.0$	$15.0\sim 17.9$ 或 $24.1\sim 26.0$	$<15.0$ 或 $>26.0$
生长季(4~10月)平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	$12.0\sim 18.0$	$10.0\sim 11.9$ 或 $18.1\sim 20.0$	$<10.0$ 或 $>20.0$
90%极端最低气温( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq -32.0$	$-40.0\sim -32.1$	$<-40.0$

## 4. 苹果区划各指标气候要素空间分布

### 4.1. 年平均气温

伊吾县年平均气温的空间分布总体呈现“平原高, 山区低”、从东北向西南依次递减的格局(图2)。海拔 $1100\text{ m}$ 以下的淖毛湖盆地、苇子峡乡北部以及下马崖乡大部平原区域热量资源丰富, 年平均气温在 $8^{\circ}\text{C}$ ~ $14^{\circ}\text{C}$ ; 海拔 $1100\sim 1500\text{ m}$ 的山前倾斜平原、中低山地带年平均气温在 $6.0^{\circ}\text{C}$ ~ $7.9^{\circ}\text{C}$ , 热量条件基本可以满足大苹果的生长发育, 主要包括的区域有苇子峡乡中部及下马崖乡南部山前倾斜平原区域; 海拔在 $1500\text{ m}$ 以上的山谷及中、高山带热量资源不足, 年平均气温在 $6.0^{\circ}\text{C}$ 以下, 不能保证大苹果的安全越冬,

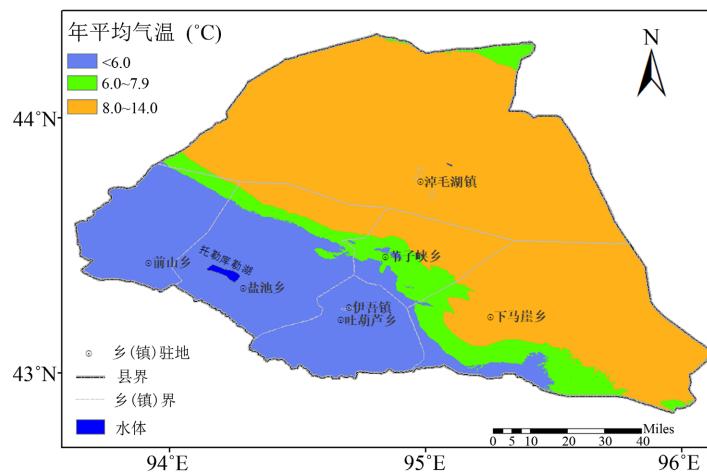
主要包括的乡镇有伊吾镇、盐池乡及前山乡。



**Figure 2.** Spatial distribution of annual mean temperature in Yiwu County  
**图 2.** 伊吾县年平均气温的空间分布

#### 4.2. 夏季平均气温

伊吾县夏季(6~8月)平均气温空间分布随海拔高度递增而减小，总体呈现“东北部高，西南部低”的特点(图3)。伊吾县北部海拔1000 m以下的淖毛湖盆地一带、苇子峡乡偏北区域及下马崖乡北部夏季平均气温在26.0℃以上，温度过高，会抑制果实的生长，使花芽分化不良；海拔1000~1200 m的苇子峡乡中部、下马崖偏南戈壁一带大部为24.1℃~26.0℃；海拔1200~1800 m的莫钦乌拉山两侧的山前倾斜平原、丘陵地带夏季平均气温为18.0℃~24.0℃，温度适宜，可以满足苹果夏季对气温的需求，主要包括伊吾镇及吐葫芦乡一带；盐池乡及前山乡西部山谷地带夏季平均气温为15.0℃~17.9℃，温度基本适宜；伊吾县南部海拔2100 m以上的中、高山带夏季平均气温小于15.0℃。

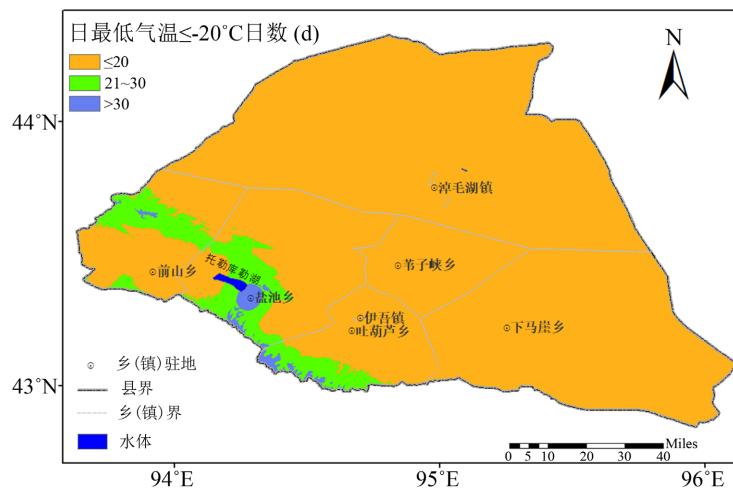


**Figure 3.** Spatial distribution of mean temperature in summer (June-August) in Yiwu County  
**图 3.** 夏季(6~8月)平均气温空间分布

#### 4.3. 日最低气温≤20°C的日数

伊吾县大部区域日最低气温≤20°C的日数均小于20天(图4)。其中，海拔2800~3800 m的中高山地

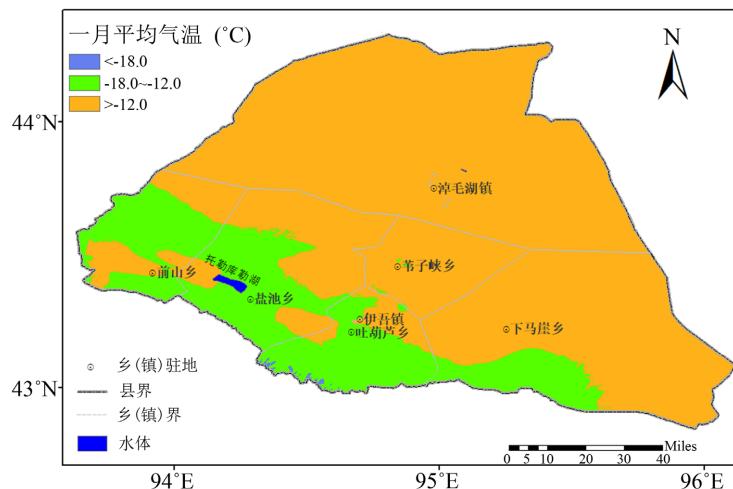
带日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的日数为21~30天；盐池乡及海拔3800 m以上的高山地带日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的日数均大于30天，苹果无法正常越冬。



**Figure 4.** Spatial distribution of days of lowest temperature below  $-20^{\circ}\text{C}$  in Yiwu County  
**图 4.** 伊吾县年日最低气温小于 $-20^{\circ}\text{C}$ 日数空间分布

#### 4.4. 最冷月平均气温

伊吾县最冷月(1月)平均气温的空间分布总体呈现北高南低的格局(图5)。海拔2300 m以下的淖毛湖盆地、苇子峡乡、下马崖乡以及前山乡山谷地带1月平均气温均大于 $-12.0^{\circ}\text{C}$ ，可以保证苹果安全越冬；伊吾县西南部大部区域1月平均气温均在 $-18.0^{\circ}\text{C} \sim -12.0^{\circ}\text{C}$ 。

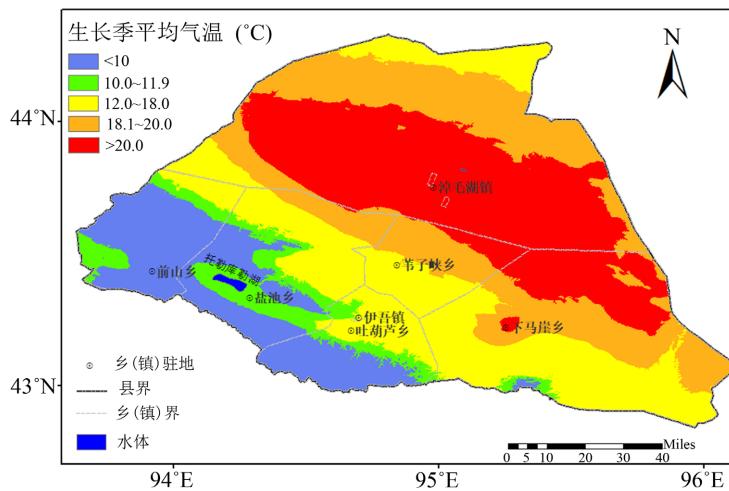


**Figure 5.** Spatial distribution of mean temperature in January in Yiwu County  
**图 5.** 伊吾县1月平均气温空间分布

#### 4.5. 生长期平均气温

伊吾县苹果生长季(4~10月)平均气温的空间分布总体呈现“平原高，山区低”、随海拔高度递增而减小的格局(图6)。海拔600 m以下的淖毛湖盆地以及下马崖乡主要农事活动区热量过于充足，生长季平均气温大于 $20.0^{\circ}\text{C}$ ；海拔600~1200 m的山前倾斜平原、低山地带年平均气温在 $18.1^{\circ}\text{C} \sim 20.0^{\circ}\text{C}$ ，热量条

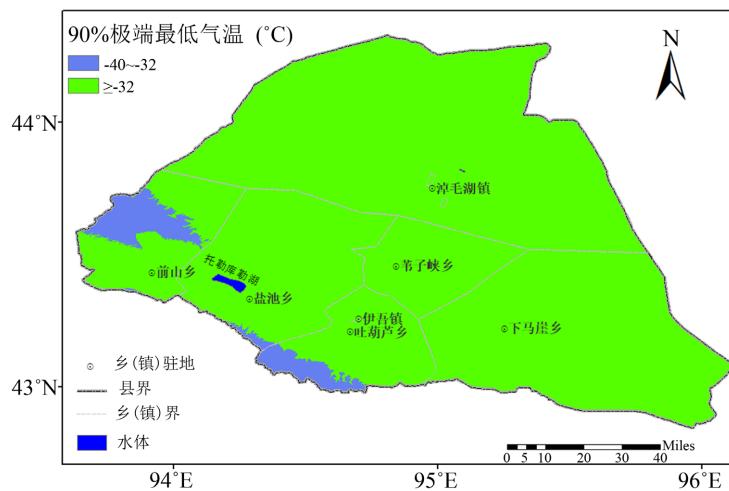
件基本适宜苹果的生长发育，主要包括的区域有苇子峡乡北部及下马崖乡中部山前倾斜平原区域；海拔在1200~1800 m的山谷及中、低山带生长季平均气温在12.0℃~18.0℃，热量条件非常适宜苹果生长，主要包括的乡镇有苇子峡乡南部、伊吾镇、吐葫芦乡及下马崖乡南部戈壁；海拔1800~2000 m的山谷及丘陵地带生长季平均气温为10.0℃~11.9℃，主要包括盐池乡、前山乡石磨沟村以及吐葫芦乡南部沿山地带；海拔2000 m以上的中高山带生长季热量条件不足，平均气温低于10.0℃，主要包括前山乡及伊吾县西南部中高山地区。



**Figure 6.** Spatial distribution of mean temperature from April to October in Yiwu County  
**图 6.** 伊吾县 4~10 月平均气温空间分布

#### 4.6. 90%保证率极端最低气温

中小苹果与大苹果相比冬季耐低温程度较强，小苹果在冬前生长良好的情况下，可耐-40℃以下短暂低温，伊吾县大部海拔2500 m以下的区域90%保证率极端最低气温均在-32℃以上，可以保证中小苹果安全越冬；海拔2300 m以上的高山地带90%保证率极端最低气温均在-40℃~32℃，中小苹果可以越冬，但存在一定风险(图7)。

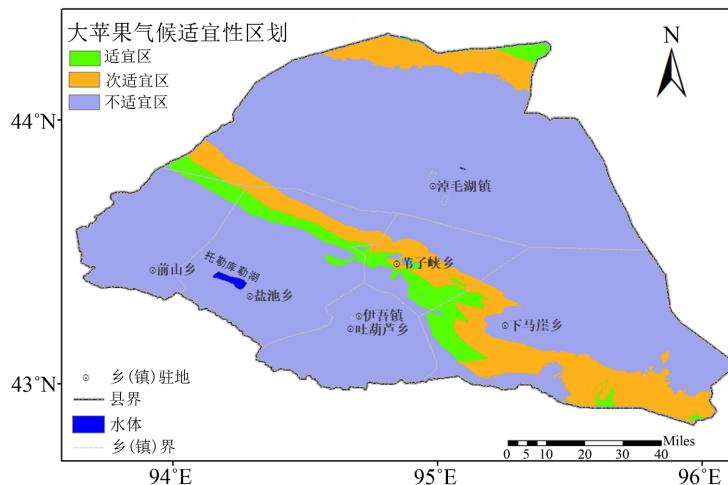


**Figure 7.** Spatial distribution of extreme minimum temperature with 90% guarantee rate in Yiwu County  
**图 7.** 伊吾县 90%保证率极端最低气温空间分布

## 5. 苹果种植气候区划评述

### 5.1. 大苹果种植气候区划评述

伊吾县大苹果最适宜种植区主要分布在莫钦乌拉山北坡沿山一带(图8)，该区海拔约1200~1500 m，面积较小，年平均气温在8.0℃~14.0℃，夏季平均气温18.0℃~24.0℃，日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的日数小于20天，最冷月平均气温 $> -12^{\circ}\text{C}$ 。大苹果可直立越冬且夏季不会受到高温的影响，但该区域人员稀少、耕地面积少，故伊吾县基本无大面积大苹果最适宜种植区。



**Figure 8.** Climate zoning map for big apple cultivation in Yiwu County

**图8. 伊吾县大苹果种植气候区划图**

伊吾县大苹果次适宜种植区主要分布在海拔900~1200 m之间的山前倾斜平原区域。本区域大部年平均气温在6.0℃~7.9℃，夏季平均气温24.1℃~26.0℃，日最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的日数 $< 20$ 天，最冷月平均气温 $> -12^{\circ}\text{C}$ 。该区包括苇子峡乡中心区域及下马崖偏南区域，该区域夏季气温略高，但冬季无冻害风险，因此为大苹果次适宜种植区。

伊吾县大苹果不适宜种植区主要分布在两个区域，一是莫钦乌拉山以北海拔900 m以下区域，包括淖毛湖盆地、苇子峡乡偏北区域和下马崖乡中部、北部，该区热量条件充足，但夏季平均气温在26℃以上，苹果易发生日灼，易遭受高温热害，对苹果果实生长、开花授粉及产量有一定影响，所以不适宜大苹果生长；二是南部海拔1500 m以上的中高山及山谷区域，热量严重匮乏，年平均气温不足6℃，热量条件难以满足大苹果正常生长发育的要求，且冬季有冻害产生的风险，大苹果难以安全越冬，需采取覆盖等冬季防冻措施。

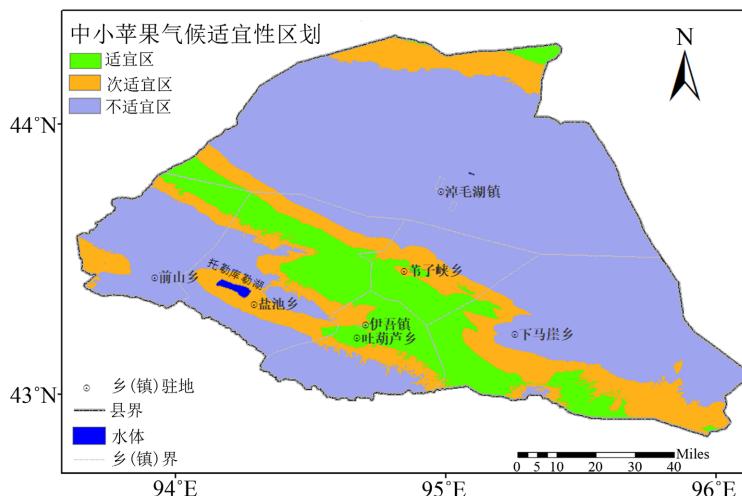
### 5.2. 中小苹果种植气候区划评述

伊吾县中小苹果适宜区分布在莫钦乌拉山北部山前倾斜平原区域至下马崖乡偏西偏南区域(图9)，该区域海拔约1200~1800 m，夏季月平均气温18℃~24℃，4~10月平均气温12℃~18℃，90%保证率极端最低气温 $\geq -32^{\circ}\text{C}$ 。该区包括伊吾镇、吐葫芦乡及苇子峡乡偏南区域，气候温凉，冬季中小苹果冻害风险低，因此是中小苹果适宜种植区，其中吐葫芦乡是伊吾县最大的中小苹果种植基地。

伊吾县中部海拔1000~1200 m的西北至东南走向的狭长地带，主要包括苇子峡乡中部及下马崖偏南平原区域，热量充足，但由于夏季平均气温略高，超出中小苹果夏季气温最适宜区间，在24.1℃~26.0℃，气温偏高对苹果优质高产具有一定不利影响，为中小苹果次适宜种植区。此外，伊吾县南部海拔1800~2000 m

区域，生长季平均气温为 $10.0^{\circ}\text{C}$ ~ $11.9^{\circ}\text{C}$ ，夏季平均气温在 $12.0^{\circ}\text{C}$ ~ $18.0^{\circ}\text{C}$ ，热量条件欠佳，因此，也为中小苹果次适宜区，主要包括：盐池乡及前山乡西部石磨沟村一带。

伊吾县中小苹果不适宜种植区主要分布在两个区域，一是莫钦乌拉山以北区域，包括淖毛湖盆地、苇子峡乡偏北区域和下马崖乡大部，该区热量条件充足，夏季平均气温在 $26^{\circ}\text{C}$ 以上，气温偏高，对苹果品质、产量有影响；二是伊吾县西南部海拔 $1800\text{ m}$ 以上的中高山地带，该区气候严寒，热量严重匮乏，生长季平均气温小于 $10.0^{\circ}\text{C}$ ，热量条件难以满足中小苹果正常生长发育的要求，因此是中小苹果不适宜种植区。



**Figure 9.** Climate zoning map for small and medium apple cultivation in Yiwu County  
**图 9.** 伊吾县中小苹果种植气候区划图

## 6. 结论与讨论

1) 伊吾县大苹果最适宜种植区主要分布在莫钦乌拉山北坡沿山一带，次适宜种植区主要分布在海拔 $900\text{~}1200\text{ m}$ 之间的山前倾斜平原区域，伊吾县南部海拔 $1500\text{ m}$ 以上的中高山及山谷区域，热量严重匮乏，北部海拔 $900\text{ m}$ 以下区域夏季气温过高，均不适宜大苹果种植。

2) 伊吾县中小苹果适宜区分布在县域中部莫钦乌拉山北部海拔约 $1200\text{~}1800\text{ m}$ 的山前倾斜平原区域至下马崖乡偏西偏南区域，该区包括伊吾镇、吐葫芦乡及苇子峡乡偏南区域，次适宜区分布在伊吾县中部海拔 $1000\text{~}1200\text{ m}$ 的西北至东南走向的狭长地带，主要包括苇子峡乡中部及下马崖偏南平原区域；伊吾县西南部海拔 $1800\text{ m}$ 以上的中高山地带以及北部海拔 $1000\text{ m}$ 以下区域均不适宜中小苹果种植。

苹果适宜种植区域的划分除了受以热量等气候因素的影响外，还与当地的市场状况、农业用地、土壤和灌溉条件等多种因素有关，因此，在实际应用中还需结合当地土壤类型、土地利用规划等综合情况。

## 参考文献

- [1] 翟衡, 赵政阳, 王志强, 等. 世界苹果产业发展趋势分析[J]. 果树学报, 2005, 22(1): 44-50.
- [2] 王静, 张磊, 张晓煜, 等. 中国苹果气候区划方法研究进展[J]. 农学学报, 2014, 4(10): 99-102+124.
- [3] 韩湘玲. 农业气候学[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1998: 139-169.
- [4] 陆秋农. 我国苹果的分布区划与生态因子[J]. 中国农业科学, 1980(1): 46-51.
- [5] 崔修来, 孙瑶, 徐亚琪, 等. 基于 GIS 的营口盖州苹果气候区划[J]. 农村实用技术, 2020(10): 171-172.
- [6] 王秀娟, 史秀成. 泾川县苹果适应性种植气象条件分析及适宜种植区划[J]. 南方农机, 2018, 49(8): 188.

- 
- [7] 张山清, 普宗朝, 李新建, 等. 气候变化对新疆苹果种植气候适宜性的影响[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(8): 255-264.
  - [8] 张玥滢, 刘布春, 邱美娟, 等. 气候变化背景下中国苹果适宜种植区北移西扩: 基于高分辨率格点气象数据的区划分析[J]. 中国农业气象, 2019, 40(11): 678-691.
  - [9] 徐德源. 新疆农业气候资源及区划[M]. 北京: 气象出版社, 1989: 1-62.
  - [10] 魏钦平, 张继祥, 毛志泉, 等. 苹果优质生产的最适气象因子和气候区划[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 713-716.