

# 黄淮冬麦区小麦 - 夏玉米产量及积温特性分析

李世平, 安晓东, 宋立红, 靖 华

山西农业大学小麦研究所, 山西 临汾

收稿日期: 2023年9月30日; 录用日期: 2023年10月26日; 发布日期: 2023年11月3日

## 摘 要

本研究以小麦品种济麦22、济麦70等, 夏玉米品种郑单958, 运单76等为试验材料, 结合当地的气候特性来探究黄淮冬麦区轮作系统中2茬作物的产量潜力、积温分布特性及适宜播期等。研究表明, 产量最高的小麦 - 夏玉米品种组合搭配为“金禾12339-华单136”, 其总产量可达20413.5 kg/hm<sup>2</sup>, 比最低品种组合搭配增产8.79%。无论是小麦品种还是玉米品种, 其产量除与生育期的积温有关外, 与积温的利用效率也有很大的关系。在周年积温的分配上, 夏玉米品种所需积温明显多于小麦品种, 占到周年积温的大约一半, 而另一半为小麦和农耗期所占有。通过高积温利用率品种的筛选利用和播期的合理调整, 可以实现冬小麦 - 夏玉米的周年高产高效。根据积温特性分析, 当地形成冬前壮苗的最佳播期为10月5日~15日, 极限播期范围为10月1日~20日。

## 关键词

冬小麦, 夏玉米, 产量, 积温

# Yield and Accumulated Temperature Characteristics of Wheat and Summer Maize in Huang-Huai Winter Wheat Area

Shiping Li, Xiaodong An, Lihong Song, Hua Jing

Wheat Research Institute, Shanxi Agricultural University, Linfen Shanxi

Received: Sep. 30<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 26<sup>th</sup>, 2023; published: Nov. 3<sup>rd</sup>, 2023

## Abstract

In this study, wheat varieties Jimai 22 and Jimai 70, summer maize varieties Zhengdan 958 and Yundan 76 were used as experimental materials to explore the yield potential, accumulated tem-

perature distribution characteristics and suitable sowing date of the two crops in the Huanghuai winter wheat rotation system combined with the local climate characteristics. The results showed that the highest yield of wheat-summer maize combination was "Jinhe 12339-Huadan 136", and its total output could reach 20413.5 kg/hm<sup>2</sup>, which was 8.79% higher than that of the lowest variety combination. The yield of both wheat and maize varieties is closely related to accumulated temperature and utilization efficiency of accumulated temperature during the growth period. In the distribution of annual accumulated temperature, the accumulated temperature required by summer maize varieties is significantly more than that of wheat varieties, accounting for about half of the annual accumulated temperature, and the other half is occupied by wheat and agricultural consumption period. In the distribution of annual accumulated temperature, the accumulated temperature required by summer maize varieties is significantly more than that of wheat varieties, accounting for about half of the annual accumulated temperature, and the other half is occupied by wheat and agricultural consumption period. The annual high yield and high efficiency of winter wheat and summer corn can be achieved through the selection and utilization of varieties with high accumulated temperature utilization and reasonable adjustment of sowing date. According to the analysis of accumulated temperature characteristics, the best sowing period of pre-winter strong seedlings was from October 5 to 15, and the limit sowing period was from October 1 to 20.

## Keywords

Winter Wheat, Summer Maize, Yield, Accumulated Temperature

Copyright © 2023 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

农作物的生长发育需要一定的热量条件, 这些热量表现为作物生命周期内日平均气温的累积, 这个累积温度就是积温[1]。农作物产量的高低与生育期所占有的积温资源及积温利用效率有关, 如何充分发挥周年积温的使用率和使用效率就成为人们普遍关心的问题[2] [3]。晋南冬麦区光热资源较为丰富, 冬小麦-夏玉米一年二作是当地的农作物传统种植方式。近年来随着晋南冬麦区水肥条件的改善和机械化作业的发展, 冬小麦-夏玉米复种面积有所上升[4]。但该种植方式存在冬小麦与夏玉米争光热资源的矛盾, 全年光热资源除两茬作物衔接的农耗期耗掉少部分光热资源外, 对二者来说其余光热资源都较为紧张[5]。如冬小麦生育期过长就会挤占夏玉米的光热资源, 相反, 夏玉米生育期太长, 也会挤占冬小麦的资源空间。如何协调冬小麦与夏玉米的光热资源的合理配置, 提高光热资源的利用效率, 使二者产量最大化, 成为当地农民很关心的问题[6]。为了解决这一矛盾, 当地农民曾经利用间作套种的方式来协调, 这样一段时间的积温为 2 茬作物同时共用, 但随着农业收割机械化程度的提高, 小麦的收获几乎都成了联合收割机收获, 对套种的玉米幼苗伤害太大, 再加上套种时玉米的播种机械化程度较低, 不利于现代化水平的提高, 所以过去传统的套种方式已被小麦收获后利用玉米大型播种机进行直播所代替。后期由于收获较晚, 且收获时玉米往往成熟度低, 不利于机械收获[7] [8]。为了明确小麦-夏玉米一年二作条件下 2 茬作物的产量潜力及积温资源分配利用情况, 本文通过小麦-夏玉米的合理品种的搭配组合筛选及 2 茬作物的光热资源的分配分析, 为该区冬小麦-夏玉米的周年粮食丰收及品种筛选(或选育)提供一定的理论依据。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 试验地概况及主要气象情况

#### 2.1.1. 试验地概况

试验于 2018~2019 年度和 2019~2020 年度 2 个一年二作生产周期在山西农业大学小麦研究所韩村试验基地进行, 每个生产周期包括上年度夏播玉米收获之后到下年度夏播玉米收获之前, 每一个生产周期包括小麦生育期、玉米生育期及上茬作物成熟后到下茬作物播种前的农耗期, 每个生产周期包括 2 个农耗期。试验地点海拔 499.0 m, 土壤质地为黏壤土, 地势平坦, 灌溉便利。试验地距离建筑物及树木较远, 试验受环境影响较小。

#### 2.1.2 主要气象情况

试验的 2 个生产周期内气候比较正常, 没有明显的自然灾害, 试验结果受特殊气候影响较小。2018~2019 年度,  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温 5549.2 $^{\circ}\text{C}$ ; 2019~2020 年度,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温 5518.1 $^{\circ}\text{C}$ 。本研究中的气象数据均由临汾市气象局提供。

### 2.2. 试验材料

该试验材料小麦品种选用丰产性、适应性均较好的品种(系)济麦 22、济麦 70、泰农 108 等 14 个品种, 夏玉米品种选用丰产性较好、生育期较为适宜的品种郑单 958、运单 76、华单 136 等 10 个品种(系)。

### 2.3. 试验方法

该试验周期为连续 2 个小麦 - 夏玉米生产周期, 每个试验材料均按小区播种。小麦品种(系)的小区播种面积为 13.3  $\text{m}^2$ , 设 3 次重复, 不完全随机区组排列, 田间播种采用小区播种机播种, 播种期以前茬玉米收获期而定, 一般年份为 10 月 10 日前后。小区为 6 行区, 行距为 21.6 cm, 小区长 10 m。田间管理与当地小麦大田管理相同。田间调查性状包括出苗期、基本苗、越冬性等, 收获期全区收获测产。夏玉米品种(系)的播种面积为 20.0  $\text{m}^2$ , 也为设 3 次重复, 不完全随机区组排列, 田间播种方式为玉米播种机开沟, 人工点播, 播种期以前茬小麦收获期而定, 一般年份为 6 月 18 日前后, 田间管理与当地大田管理一致。播种小区为 5 行区, 行距 0.6 m, 株距 0.247 m。田间调查性状包括出苗期、吐丝期、扬花期等, 收获期仅收获小区中间 3 行进行测产。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 二年小麦 - 夏玉米产量分析

2018~2020 年 2 个生产周期小麦和夏玉米产量情况及方差分析见表 1 和表 2。就小麦品种而言, 2018~2019 年度 14 个小麦品种(系)间产量变异范围为 6354.0~7269.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 2019~2020 年度其变异范围为 6579.0~7645.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。2 个年度间产量水平相对稳定的品种(系)有金禾 12339、俊达 119、GY14038 等, 年际间产量相对稳定性差的品种有泰农 108、邯 14-5337、科源 77 等。产量水平相对较高, 且年际间较为稳定的品种(系)有金禾 12339、山农 25771、邯 14-4610 等品种, 从产量角度这些品种(系)在一年二作条件下适合作为小麦搭配品种。就夏玉米品种而言, 2019 年度 10 个玉米品种(系)间产量变异范围为 11024.0~11759.4  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 2020 年度其变异范围为 11569.5~12346.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。年际间产量相对高而稳的品种(系)有鑫丰盛 9898、登顶 99、赛博 160 等; 产量相对较高但稳产性略差的品种(系)有华单 136、长单 99、益嘉丰 566 等, 这些品种(系)都适合作为一年二作的搭配夏玉米品种。

从 2 个生产周期作物总产量情况来看, 试验以 14 个小麦品种和 10 个玉米品种为试验对象, 可组成

140个“冬小麦品种+夏玉米品种”的组合,这140个品种组合在2018~2019年度组合总产量变异范围为:17223.3 kg/hm<sup>2</sup>~19028.4 kg/hm<sup>2</sup>,而2019~2020年度该变异范围为18148.5~20423.5 kg/hm<sup>2</sup>。2018~2019年度“小麦品种+夏玉米品种”的最高产组合为“金禾12339+华单136”,而2019~2020年度的最高产组合为“金禾12339+益嘉丰566”。

**Table 1.** Analysis of wheat yield and its difference under two cropping seasons

**表 1.** 小麦-夏玉米一年二作小麦产量(kg/hm<sup>2</sup>)及其差异分析

产量 位次	2018~2019 年度		2019~2020 年度	
	品种名称	产量	品种名称	产量
1	金禾 12339	7269.0a	金禾 12339	7645.5a
2	QF195	7257.0a	山农 25771	7585.5ab
3	邯 14-5337	7210.5ab	科源 77	7504.5abc
4	山农 25771	7164.0ab	泰农 108	7393.5bcd
5	邯 14-4610	7129.5bc	荷麦 0517-8	7356.0cd
6	俊达 119	7083.0bcd	俊达 119	7317.0cd
7	济麦 56	7026.0cd	邯 14-4610	7276.5de
8	济麦 22	7002.0d	济麦 56	7264.5de
9	GY 14038	6828.0e	GY 14038	7219.5def
10	泰农 108	6712.5ef	邯 14-5337	7194.0def
11	科源 77	6667.5f	QF195	7084.5ef
12	岱麦 4366	6643.5fg	济麦 22	7024.0f
13	荷麦 0517-8	6538.5g	济麦 70	6762.0g
14	济麦 70	6354.0h	岱麦 4366	6579.0g

**Table 2.** Analysis of summer maize yield and its difference under two cropping seasons

**表 2.** 小麦-夏玉米一年二作玉米产量及其排名位次

产量 位次	2019 年度		2020 年度	
	品种名称	产量	品种名称	产量
1	华单 136	11759.4a	益嘉丰 566	12768a
2	登顶 99	11674.5ab	长单 919	12415.5b
3	运单 76	11620.8ab	登顶 99	12388.5bc
4	鑫丰盛 9898	11607.9ab	登海 LN229	12346.5bc
5	长单 919	11481.5bc	鑫丰盛 9898	12312bc
6	赛博 160	11336.1cd	赛博 160	12234c
7	益嘉丰 566	11222.2de	华单 136	11917.5d
8	嘉玉 168	11123.3e	郑单 958	11916d
9	登海 LN229	11024ef	嘉玉 168	11899.5d
10	郑单 958	10869.3f	运单 76	11569.5e

### 3.2. 一年二作小麦 - 夏玉米的生育期分析

2018~2020年二个生产周期中不同小麦和夏玉米品种(系)的生育期(从播种到收获时的天数)见表3和表4, 2018~2019年度14个试验小麦品种生育期变异范围为232~238天, 早熟和晚熟品种成熟期相差6天, 而2019~2020年度这14个品种(系)生育期变异范围为232~235天, 早熟和晚熟品种成熟期相差3天。从不同品种(系)2年的年际间变化来看, 小麦品种金禾12339、邯14-4610、山农25771、QF195等品种(系)的早熟性均较好, 而GY14038、岱麦246等2年均略晚熟, 多数小麦品种的成熟期在年际间表现较为一致, 但也有个别品种表现较为特殊, 如科源77在2018~2019年度成熟期略晚, 而在2019~2020年度成熟期又相对较早, 说明不同年份的特殊气候对这类小麦品种的成熟期影响明显。再从玉米品种情况来看, 2019年度10个试验玉米品种(系)生育期变异范围为112~116天, 早熟和晚熟品种成熟期相差4天, 而2020年度参试品种生育期变异范围为113~116天, 早熟和晚熟品种成熟期相差3天。从品种年际间情况来看, 运单76、赛博160等品种(系)2年均较早熟, 而登顶99等品种(系)2年均较晚熟, 对多数品种来说, 其熟性年际间变化也很小, 但也有较例外品种, 如华单136在2019年度较晚熟而在2020年度又表现为早熟, 年际间相对成熟期差异明显。再从小麦和夏玉米生育期相加总和来看, 2种作物2018~2019年度的生育期相加总和的变异范围为344~354天; 而2018~2019年度其生育期相加总和的变异范围为345~351天。

再结合产量和生育期的情况来看, 试验产量最高的品种组合为小麦品种(金禾12339) + 夏玉米品种(华单136), 二者生育期天数之和为346天; 而产量最低的品种组合为小麦品种(济麦70) + 夏玉米品种(郑单958), 其天数之和为348.5天。而且是金禾12339比济麦70早熟1天, 华单136比郑单958早熟1.5天(二年平均值)。可见, 无论是小麦品种还是玉米品种, 并非越晚熟产量越高, 而与积温的利用效率有很大的关系。

**Table 3.** Growth period of different wheat varieties for harvest twice a year with wheat and summer maize

**表3.** 小麦 - 夏玉米一年二作不同小麦品种生育期(d)

品种名称	2018~2019年度		2019~2020年度		品种名称	2018~2019年度		2019~2020年度	
	生育期	位次	生育期	位次		生育期	位次	生育期	位次
济麦22	233	1	233	2	岱麦4366	236	4	235	4
济麦70	234	2	234	3	科源77	236	4	233	2
泰农108	234	2	234	3	山农25771	234	2	235	4
QF195	234	2	232	1	邯14-4610	235	3	234	3
济麦56	236	4	234	3	俊达119	234	2	235	4
邯14-5337	236	4	234	3	金禾12339	233	1	233	2
GY14038	237	5	235	4	荷麦0517-8	235	4	234	3

备注: 1) 表中生育期为播种时期到成熟时期的天数; 2) 排名位次为生育期由短到长。

**Table 4.** Growth period of different summer maize varieties under harvest twice a year with wheat and summer maize

**表4.** 小麦 - 夏玉米一年二作不同玉米品种生育期(d)

品种名称	2019年度		2020年度		品种名称	2019年度		2020年度	
	生育期	位次	生育期	位次		生育期	位次	生育期	位次
郑单958	114	3	115	3	登顶99	116	5	116	4
运单76	112	1	113	1	长单919	114	3	113	1

Continued

华单 136	113	2	113	1	赛博 160	113	2	113	1
嘉玉 168	114	3	115	3	登海 LN229	114	3	114	2
鑫丰盛 9898	115	4	115	3	益嘉丰 566	115	4	115	3

备注：1) 表中生育期为播种时期到成熟时期的天数；2) 排名位次为生育期由短到长。

### 3.3. 小麦 - 夏玉米的产量及其生育期相关性分析

2018~2020 年度的小麦和夏播玉米品种的产量与其生育期的相关性分析见表 5, 本试验材料的小麦品种与其生育期相关性在 2018~2019 年度为负相关, 2019~2020 年度也为负相关, 但 2 年度均未达显著水平。从品种的具体情况来看(表 1 和表 3), 试验中金禾 12339 的 2 年表现均为产量排名第 1, 而生育期 2018~2019 年度为最短, 另一年度生育期排名第 2。与该品种表现类似的品种还有山农 25771, 也均表现为产量水平较高, 而生育期较短。而品种(系)GY14038 和岱麦 4366 却表现为产量水平相对一般, 而其生育期又相对较长。试验中由于这些品种的存在, 导致了产量与生育期显著(或极显著)负相关。从本试验的玉米品种来看, 其产量与其生育期相关性均为正相关, 但均未达显著水平。这进一步说明小麦和(或)夏玉米的产量并非生育期越长越好, 还是与品种对积温的利用效率有关。

**Table 5.** Correlation between grain yield and growth period under harvest twice a year with wheat and summer maize  
**表 5.** 一年二作条件下小麦夏玉米产量与生育期相关性

作物	小麦		夏玉米	
	2018~2019 年度	2019~2020 年度	2019 年度	2020 年度
相关性	-0.2398	-0.1172	0.1988	0.3337

### 3.4. 小麦 - 夏玉米生产周期 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温消耗

从表 6 可看出, 由于小麦是越冬作物, 尽管生育期很长, 但其消耗的周年积温却相对较少, 越冬期间积温很少, 试验 2 个生产周期的小麦品种消耗的  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  的积温分别为 43.4% 和 44.8%, 而玉米品种的消耗积温分别为 52.5% 和 50.1%。2018~2019 年度农耗期的天数为 11 天, 这即包括前茬作物已成熟但由于各种原因不能及时收获的天数, 如收获后的耕地、整地、打垅等下茬作物播种前的农耗天数。这 11 天消耗掉周年积温的 4.1%, 对于粮食生产而言, 这种消耗为无益消耗, 所以生产中尽量减少农耗期的天数。2019~2020 年度的农耗期更长, 达 15 天, 这是因为 2020 年度当地小麦临近收获前连降 2 场大雨, 导致小麦收获期推迟了, 从而增加了农耗期的天数, 消耗掉周年积温的 5.1%。所以生产中应提高农业机械化使用效率, 最大限度缩短农耗期, 减少无为的积温消耗。

**Table 6.** Days and accumulated temperature consumption of wheat, summer maize and agricultural consumption period  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  under harvest twice a year with wheat and summer maize  
**表 6.** 一年二作条件下小麦、夏玉米及农耗期的天数及  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温消耗

年份	小麦品种			夏玉米品种			农耗期		
	天数 (天)	消耗积温 ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )	占年度积温 比例(%)	天数 (天)	消耗积温 ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )	占年度积温 比例(%)	天数 (天)	消耗积温 ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )	占年度积温 比例(%)
2018~2019 年度	238	2409.6	43.4	116	2915.1	52.5	11	224.5	4.1
2019~2020 年度	235	2459.1	44.8	116	2749.3	50.1	15	309.7	5.1

### 3.5. 小麦不同播期对应的冬前积温分析

根据当地气候情况分析, 2018 年度和 2019 年度小麦不同播期对应的  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  冬前积温见表 7 (积温计算时间从播种的第 2 日开始累计)。从当地一年二作小麦 - 夏玉米的生育期情况来看, 农耗期的天数多数年份为挤占了小麦生育期的天数。当地小麦正常年份为 6 月 12 日左右成熟, 6 月 15 日左右收获, 而夏玉米在 6 月 18 日前后播种, 一般在 10 月 12 日前后成熟, 10 月 15 日前后收获, 10 月 18 日前后播种下茬小麦。根据前人研究共识, 小麦冬前壮苗的适宜积温为  $500^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ , 极限积温限度范围为  $400^{\circ}\text{C}\sim 750^{\circ}\text{C}$ , 超出此温度范围就会形成冬前弱苗或冬前旺苗。根据表 7 可看出, 形成冬前壮苗的最佳播期为 10 月 5 日~12 日, 极限播期范围为 10 月 1 日~20 日。而当地小麦试验的播期为 10 月 18 日前后, 处在极限播期范围的边缘, 极易形成冬前弱苗。所以, 生产中应该尽量减少农耗期的天数, 小麦和夏播玉米能适当早熟, 从而提早小麦播种期, 使其冬前形成壮苗, 达到小麦 - 夏玉米一年二作双丰收的效果。

**Table 7.** Corresponding accumulated temperature of wheat before winter under different sowing date

**表 7.** 小麦播期(月/日)及其对应的冬前积温(度·日)

年份	9/25	10/01	10/05	10/10	10/15	10/20	10/25
2018 年度	771.1	670.2	588.1	512.4	441.2	371.5	295.9
2019 年度	812.5	702.3	602.1	531.5	453.1	388.8	324.6

## 4. 讨论

### 4.1. 冬小麦 - 夏玉米的产量潜力分析

本试验中周年 2 茬作物产量最高的达到  $20423.5\text{ kg}/\text{hm}^2$ , 其品种组合搭配为“小麦品种: 金禾 12339 + 夏玉米品种: 华单 136”, 从其生育期来看, 金禾 12339 的生育期 2 年度均为 233 天, 华单 136 生育期为 113 天, 二者加起来为 346 天, 而两茬作物合起来生育期最长为 352 天, 也就是说“金禾 12339 + 华单 136”的生育期天数比最长的品种组合生育期要短 6 天, 而试验地是按生育期最长的品种成熟后才能收获。我国黄淮冬麦区冬小麦和夏玉米一年二作往往是缩短了小麦的生育期, 一般品种而言多数年份一年二作的冬小麦播期都推迟到 10 月 20 日左右。如果本试验产量最高组合“金禾 12339 + 华单 136”能成熟时按时收获, 其节约的 6 天时间使小麦品种金禾 12339 能在 10 月 14 日前后播种, 其可以培育比 10 月 20 日播种的冬前苗更好的冬前壮苗, 可大幅度提高小麦产量, 同时由于冬小麦播期提前 6 天左右, 又可使第二年的收获期提前 1~2 天, 使后期玉米播期也可提前 1~2 天, 这样可以形成一种良性循环, 有利于周年冬小麦 - 夏玉米的总产量的提高[9]。可见, 通过品种的筛选来提高光热资源利用率, 通过播种期的合理调整来达到光热资源在小麦 - 夏玉米之间的合理分配, 从而实现小麦 - 夏玉米一年二作的周年粮食产量的进一步提高是可行的[10] [11] [12]。

### 4.2. 冬小麦 - 夏玉米的播期及积温资源利用效率分析

在同一作物同一年份中, 活动积温和生育期其实是一个数据的不同表达形式, 生育期越长, 活动积温自然越高, 反之越低[13]。本试验中 2 个生长周期无论是小麦品种还是夏玉米品种都存在一个事实, 即生育期最长的品种产量并不是最高, 这与前人研究结果不尽一致[14] [15]。且冬小麦生育期与产量出现了负相关现象, 尽管未达显著水平, 说明在当地生育期太长的品种不太适合, 这与当地小麦收获期往往是  $30^{\circ}\text{C}$  以上的高温天气胁迫造成减产有关, 常常形成干热风危害, 所以生育期太长的品种后期往往不能正常成熟, 而是高温逼熟, 导致品种的产量不能正常发挥。从当地的一年二作小麦 - 夏玉米的播期和收获期情况来看, 要想获得一年二作小麦 - 夏玉米的周年粮食丰收, 通过太晚播晚收是行不通的。

播期对夏玉米品种达到生理成熟所需的积温没有明显影响, 一个品种的积温需求是由其基因型决定的, 即品种的特性, 与播期早晚没有太大关系[13]。但同一品种在不同试验点所需的积温和生长期存在显著差异, 说明积温效率的发挥也与其它环境生态条件有互作关系[16]。要选择适合本生态区的生育期适宜品种, 提高积温的使用效率。晚播晚收可能对玉米产量有一定的影响, 但还不太明显, 对小麦就有明显影响, 晚播小麦由于冬前积温不足, 导致苗弱, 单株分蘖少, 冬前群体不足, 严重影响产量水平的正常发挥。所以除尽量减少农耗期的天数外, 选择熟期相对较早的小麦和夏玉米品种, 通过合理的品种搭配, 完全可获得小麦冬前适期播种形成冬前壮苗, 成熟时能适时早熟及时收获, 为夏玉米适当早播打下时间上的基础, 最后玉米收获期也能适时成熟, 这样形成一种“适时播种适时收获”的良性循环, 最后形成小麦-夏玉米的周年高产高效[17]。

### 4.3. 冬小麦-夏玉米的品种类型分析

目前, 随着农田机械化作业的发展, 田间人工播种和收获逐渐被大型机械作业而取代, 这不仅可以减少人力劳动强度, 而且有利于减少二茬作物衔接期的积温消耗。尤其是夏玉米, 以前是播种时人工套播, 收获时是人工收穗。目前发展为播种时为小麦收获后大型播种机播种, 收获时为大型收割机进行机收穗子, 并且有大型收割机直接收获玉米籽粒的发展趋势[4]。这就对冬小麦-夏玉米的品种类型提出了更高要求。首先, 太晚播晚收不利于机械化作业的利用, 因为玉米晚播导致生育期延迟, 加之收获日日均温度已经较低, 收获时玉米脱水慢, 导致收获时籽粒含水量太高, 机收籽粒时机械损伤严重, 不利于机械化水平的提高[1]。所以冬小麦-夏玉米的适期播种适期收获对品种产量水平的发挥和机械化水平的提高均有利。

对冬小麦品种而言, 应选择中早熟品种, 品种杨花后灌浆要快, 后期落黄要好, 后期耐高温, 籽粒光泽好。早熟小麦品种可为后期夏玉米早播种打下时间基础。但要注意小麦品种早熟和早衰的区别, 早熟的品种籽粒饱满, 而早衰的品种往往表现为植株青干, 籽粒饱满度差。本试验中的小麦品种金禾 12339 就是一个早熟品种, 当地 6 月 8 日成熟, 较多数品种早熟 2 天, 其成熟期落黄极佳, 灌浆快。对玉米品种而言, 本试验中表现较好的品种有华单 136、益嘉丰 566、登顶 99 等, 这些品种(系)共同的特点是成熟期相对中等, 抗病性好, 植株健壮干净, 穗子较大, 后期籽粒灌浆快, 灌浆结束后籽粒脱水快, 对光温资源利用率较高。

## 5. 结论

本试验中小麦-夏玉米一年二作全年粮食产量最高达到 20423.5 kg/hm<sup>2</sup>。无论是小麦品种还是玉米品种, 其产量与生育期长短不存在显著相关性, 所以小麦和夏玉米在一定生育期范围内提高作物对有效积温的利用效率是关键。小麦-夏玉米一年二作对小麦品种的要求为前期发育慢而稳健, 后期发育相对较快, 杨花后灌浆要快, 后期落黄好耐高温, 生育期中早熟, 籽粒饱满有光泽, 即要求品种早熟而非早衰; 对玉米品种的要求位成熟期相对中等, 抗病性好, 植株健壮干净, 穗子较大, 后期籽粒灌浆快, 灌浆结束后籽粒脱水快, 对光温资源利用率较高。根据冬小麦对越冬前有效积温的要求和近年来小麦播后积温情况, 晋南冬麦区形成冬前壮苗的最佳播期为 10 月 5 日~12 日, 极限播期范围为 10 月 1 日~20 日, 超出极限范围极易形成冬前旺苗或弱苗。

## 基金项目

中央引导地方科技发展资金项目(YDZX20201400001441), 山西省农业科学院有机旱作农业研发专(YCX2020410), 山西省小麦种业创新良种联合攻关项目(YZGG-02)。



## 参考文献

- [1] 任佰朝, 高飞, 魏玉君, 等. 冬小麦-夏玉米周年生产条件下夏玉米的适宜熟期与积温需求特性[J]. 作物学报, 2018, 44(1): 137-143.
- [2] 郑洪健, 董树亭, 王空军, 等. 生态因素对玉米籽粒发育影响及调控的研究[J]. 玉米科学, 2009, 9(1): 69-73.
- [3] Sun, H., Zhang, X., Chen, S., *et al.* (2007) Effects of Harvest and Sowing Time on the Performance of the Rotation of Winter Wheat-Summer Maize in the North China Plain. *Industrial Crops and Products*, **25**, 239-247. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.12.003>
- [4] 倪长安, 李心平, 刘师多, 等. 机收玉米破损的危害及预防[J]. 农机化研究, 2009, 31(8): 221-224.
- [5] 杨丽雯, 张永清, 张定一, 等. 山西省小麦生产现状、问题及对策分析[J]. 麦类作物学报, 2010, 36(6): 1154-1159.
- [6] 孟庆平, 张玉权, 常淑娟, 等. 玉米最佳收获期的主要相关性状研究初探[J]. 玉米科学, 2007, 15(增刊 1): 117-118.
- [7] 屈会娟, 李金才, 沈学善, 等. 种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 124-131.
- [8] 付雪丽, 张惠, 贾继增, 等. 冬小麦-夏玉米“双晚”种植模式的产量形成及资源利用效率研究[J]. 作物学报, 2009, 35(9): 1708-1714.
- [9] 徐成忠, 董兴玉, 杨洪宾, 等. 积温变迁对夏玉米冬小麦两熟制播期的影响[J]. 山东农业科学, 2009(2): 34-36.
- [10] 常铁牛, 李永山, 陶民刚, 等. 运城市小麦-玉米一年两熟集成栽培技术[J]. 现代农业科技, 2013(3): 40-43.
- [11] 李洁, 晋凡生, 张冬梅, 等. 播期对不同熟期玉米品种生育期及产量的影响[J]. 农学学报, 2016, 6(12): 1-7.
- [12] 徐田军, 吕天放, 赵久然, 等. 玉米籽粒灌浆特性对播期的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(8): 2513-2519.
- [13] 方华, 李青松, 郭玉伟, 等. 中国玉米品种生育期的研究[J]. 河北农业科学, 2019, 14(4): 1-5.
- [14] 马雅丽, 王志伟, 栾青, 等. 玉米产量与生态气候因子的关系[J]. 中国农业气象, 2009, 30(4): 365-368.
- [15] 董红芬, 李洪, 李爱军, 等. 玉米播期推迟与生长发育、有效积温关系研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(5): 97-101.
- [16] Cirilo, A.G. and Andrade, F.H. (1994) Sowing Date and Maize Productivity: II. Kernel Number Determination. *Crop Science*, **34**, 1044-1046. <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400040038x>
- [17] 闫小珍, 张随贤, 苗国柱, 等. 小麦发育期对冬季积温变化的相应分析[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(4): 37-39.