

曹金华, 张书芬, 朱家成, 等. 越冬期覆膜对甘蓝型冬油菜生长及产量的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(7): 1492-1500.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2023.07.006

## 越冬期覆膜对甘蓝型冬油菜生长及产量的影响

曹金华, 张书芬, 朱家成, 何俊平, 蔡东芳, 王建平, 文雁成, 赵磊, 王东国, 刘奕孜

(河南省农业科学院经济作物研究所/农业部黄淮海油料作物重点实验室/河南省油料作物遗传改良重点实验室, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 以 17 个甘蓝型冬油菜(*Brassica napus* L.) 品种(系)为试验材料, 研究覆膜越冬处理和自然越冬处理的油菜生理特征及产量变化规律。结果表明, 自然越冬处理的各品种(系)油菜全部发生不同程度的冻害, 品种(系)间冻害指数和越冬率差异显著, 苗期 SPAD 值与冻害指数呈显著负相关。覆膜越冬处理可使油菜越冬期生长温度保持在 7℃ 以上, 比自然越冬处理提高 5.1~11.6℃, 油菜生育期缩短 2~6 d。各品种(系)油菜越冬期覆膜增产效果显著, 平均产量达 3 647.71 kg/hm<sup>2</sup>, 增产幅度为 5.2%~112.1%, 主要是通过提高单株角果数, 尤其是分枝角果数实现增产。17 个油菜品种(系)中, V2 的抗寒性仅次于对照 V17, 产量也较高。此结果为黄淮区域甘蓝型冬油菜高产栽培和抗寒品种选育提供了理论依据。

**关键词:** 油菜; 覆膜; 生理特征; 经济性状; 产量

**中图分类号:** S565.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)07-1492-09

## Effects of film mulching on the growth and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) in overwintering period

CAO Jin-hua, ZHANG Shu-fen, ZHU Jia-cheng, HE Jun-ping, CAI Dong-fang, WANG Jian-ping, WEN Yan-cheng, ZHAO Lei, WANG Dong-guo, LIU Yi-zi

(Institute of Industrial Crops of Henan Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Oilseed Crops in Huang huaihai Plain of Ministry of Agriculture/Henan Provincial Key Laboratory for Oil Crops Improvement, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The physiological characteristics and yield changes of rapeseed under plastic film mulching and natural overwintering treatments were studied by using 17 winter rapeseed varieties (lines) as experimental materials. The results showed that all varieties (lines) of rapeseed under natural overwintering treatment experienced varying degrees of frost damage, and there were significant differences in frost damage index and overwintering rate between varieties (lines). The

SPAD value during the seedling stage was significantly negatively correlated with the frost damage index. Mulching plastic film during overwintering could maintain the growth temperature of rapeseed above 7℃, which was 5.1–11.6℃ higher than that of natural overwintering treatment, and the growth period of rapeseed was shortened by 2–6 days. The yield increase of various varieties (lines) of rapeseed under the treatment of plastic film mulching during the overwintering period was significant, with an average yield

收稿日期: 2022-11-16

基金项目: 河南省重点研发专项(221111110400); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-12); 河南省大豆油料产业技术体系(HARS-22-06); 河南省农业科学院基础性科研项目(2023JC07); 河南省农业科学院科技创新团队项目(2023TD17)

作者简介: 曹金华(1982-), 女, 汉, 河南扶沟人, 副研究员, 主要从事油菜栽培生理研究。(E-mail) jinhuacao@126.com

通讯作者: 朱家成, (E-mail) jczhu2010@163.com

of 3 647.71 kg/hm<sup>2</sup>, and the yield increase ranged from 5.2% to 112.1%. The main approach to increase yield was to increase the number of pods per plant, especially the number of branched pods. Among the 17 rapeseed varieties (lines), the cold resistance of V2 was second only to the control V17, and the yield was also higher. The results provide a theoretical basis for high-yield cultivation and cold resistant varieties breeding of winter rapeseed in Huanghuai region.

**Key words:** *Brassica napus* L.; film mulching; physiological characteristics; economic traits; yield

油菜是中国第一大油料作物,在中国分布最广、播种面积最大<sup>[1]</sup>,是国产植物油的第一大原料。中国植物油年均消费总量约 $3.5 \times 10^7$  t,国产油料供需缺口与日俱增<sup>[2]</sup>。近年,全国极端低温天气频发,相比长江流域,黄淮区域发生低温冻害更加频繁,对油菜生产影响很大,低温冻害是影响该区域冬油菜产量的主要因素之一<sup>[3-5]</sup>。因此,开展抗寒栽培技术研究和筛选抗寒油菜品种对冬油菜产业发展至关重要。

据报道,油菜越冬期间覆盖处理可以保温增墒,减轻冻害,提高越冬成活率,缩短生育期,提高产量。覆盖方式有土覆盖、农家肥覆盖、秸秆覆盖、地膜覆盖、土肥混合覆盖等,其中地膜覆盖的效果最好<sup>[3,5-8]</sup>。地膜覆盖处理可以保蓄土壤水分,提高水分利用效率,是一项旱作增产技术。同时,该技术还能提高土壤温度,最大限度减少氮肥施用,改善作物生长环境,提高作物产量<sup>[9-28]</sup>。覆膜栽培已被广泛应用于油菜<sup>[3,6,14,29-35]</sup>、小麦<sup>[8,30]</sup>、玉米<sup>[12,32]</sup>等农作物的栽培。孙万仓等<sup>[3]</sup>发现,油菜越冬期覆膜处理能够提高油菜越冬率、缩短生育期、改善植株经济性状,增产效果显著,比裸地栽培增产30%,油菜籽含油率提高1.1%。王静等<sup>[8]</sup>研究结果表明,多年覆膜处理能够改善冬小麦-油菜轮作地土壤水热环境和微生物活性,提高作物产量,使冬小麦产量比露地穴播增加30.44%,油菜产量增加21.36%,而且增产效应在降雨量少的年份较为明显。张俊鹏等<sup>[12]</sup>认为,覆膜处理能够抑制水分蒸发,保温增温效应明显,夏玉米的灌浆速率、产量和水分利用效率提高。覆膜处理能够保持作物生长环境的温度适宜,有利于提高光合速率,促进植株生长发育。

以往有关油菜覆膜处理的研究多集中于地膜覆盖于土壤表面<sup>[13-14]</sup>,搭建塑膜小拱棚对油菜生长生理特征参数及产量的影响鲜见报道。且前人研究油菜覆膜的增产效应多采用1个品种进行试验,本试验着重研究了膜覆处理对不同甘蓝型油菜品种(品系)生长发育进程及产量的影响,探讨不同油菜品种(系)在覆膜越冬处理下的生理特性、经济性状及产量间的差

异,旨在为黄淮区域油菜生产提供安全越冬参考,也为油菜抗冻高产品种选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为河南省农业科学院经济作物研究所选育的甘蓝型冬油菜新品系16个和国审品种秦优7号,共17个品种(系),分别用V1、V2、V3……V16和V17表示,其中以大面积推广应用品种秦优7号(V17)作为对照品种。

### 1.2 试验设计

试验于2018–2019年在河南省农业科学院试验基地进行,前茬为玉米,试验地土壤类型为壤土,肥力均匀。播种前五点取样测定0~20 cm耕层土壤肥力,土壤有机质含量为11.87 g/kg,全氮含量为0.79 g/kg,碱解氮含量为67.82 mg/kg,速效磷含量为34.95 mg/kg,速效钾含量为204.67 mg/kg,土壤pH值为8.07。设置覆膜越冬和自然越冬(CK)两个处理,采取裂区设计,行距0.33 m,小区面积6 m<sup>2</sup>,试验设计3次重复。在2018年12月15日–2019年3月14日搭建塑膜小拱棚,覆盖油菜植株和土壤,自然越冬处理作为对照不进行覆膜处理,分别在两个处理区油菜植株上方60 cm处挂置5个温湿度计监测大气温湿度变化。覆膜处理从冬前日平均气温连续5 d在5℃以下时开始,至冬后日平均气温连续5 d在5℃以上时结束,处理结束后揭开塑膜,去掉小拱棚。试验采取开沟条直播方式种植,油菜出苗后及时间苗,5~6叶期定苗,保持油菜密度为每1 hm<sup>2</sup>  $3.75 \times 10^5$ 株。各小区纯氮用量180 kg/hm<sup>2</sup>,以尿素为氮源,基肥:苗肥为7:3;纯磷用量75 kg/hm<sup>2</sup>,以过磷酸钙为磷源;纯钾用量120 kg/hm<sup>2</sup>,以氯化钾为钾源;硼砂用量为7.5 kg/hm<sup>2</sup>。磷、钾、硼肥均作基肥施用,其他田间管理同当地大田常规方法。

### 1.3 测定项目与方法

油菜越冬期田间小气候的温、湿度:覆膜后,每天14:00记录各处理油菜越冬期田间小气候的温、湿

度,计算连续 10 d 的温、湿度平均值。

冻害:每小区随机调查 50 株,在融雪或严重霜冻解除后 3~5 d 调查<sup>[5,15]</sup>,计算冻害植株百分率和冻害指数。

生理指标:油菜薹期和开花期,分别测定功能叶片 SPAD 值、叶面积指数。叶片 SPAD 值使用 SPAD-502 型便携式叶绿素测定仪,测定时每小区选取有代表性植株 5 株,测定每株的同一叶位功能叶片上中下 3 个部位的叶绿素含量,取平均值。叶面积指数(LAI)测定使用 SunScan 植物冠层分析仪,每小区选 3 个点分别测定数据,取平均值。

经济性状:油菜黄熟期,每小区选取有代表性的油菜植株 10 株,考察经济性状,主要调查油菜株高、一次有效分枝数、单株有效角果数、每角粒数、千粒质量等。按小区单收单打,晒干扬净后称质量计产。

#### 1.4 数据处理与分析

试验数据利用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS23.0 软件进行处理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 油菜各品种(系)的冻害发生情况

田间调查结果发现,覆膜越冬处理的油菜未发生冻害,无死苗现象,故表 1 只列出了油菜自然越冬处理的冻害发生情况。自然越冬条件下各品种(系)间的抗寒能力差异较大(表 1)。不同品种(系)间冻害指数和越冬存活率差异显著。V1 和 V2 的冻害指数较低,越冬存活率为 100%,比较耐受低温,抗寒性较强。V10 的冻害指数最高,越冬存活率最低,可见这个品系对低温较敏感,抗寒性差,易发生冻害。

### 2.2 覆膜越冬处理对油菜越冬期田间小气候温、湿度的影响

与自然越冬相比,越冬期覆膜处理对油菜田间小气候温、湿度影响较大(表 2)。覆膜越冬处理的油菜在越冬期田间小气候温度在各个时间段均能稳定保持在 7℃以上,比自然越冬处理提高 5.1~11.6℃,两种处理温度差值最小在 1 月上中旬,最大在 3 月上中旬。覆膜越冬处理的油菜田间小气候湿度均保持在 50%左右,温、湿度较为适宜,油菜生长健壮,无冻害发生。

### 2.3 覆膜处理对油菜 SPAD 值的影响

由表 3 可知,在薹期,同一品种覆膜越冬处理的油菜 SPAD 值低于自然越冬处理;而在开花期,同

一品种覆膜越冬处理油菜 SPAD 值高于自然越冬处理。同一品种,覆膜越冬处理的油菜 SPAD 值开花期高于薹期;而自然越冬处理的油菜 SPAD 值则是薹期高于开花期。相关性分析结果表明,自然越冬条件下,油菜苗期 SPAD 值与冻害指数呈显著负相关关系,苗期 SPAD 值越高,冻害指数越低,油菜抗寒性强。

表 1 自然越冬处理各品种(系)冻害发生情况

Table 1 Freezing injury of various varieties (lines) under natural overwintering conditions

品种 (系)	冻害百分率 (%)	冻害指数	越冬存活率 (%)
V1	100	55.0	100.0
V2	100	59.8	100.0
V3	100	76.5	94.0
V4	100	75.0	96.3
V5	100	74.5	97.8
V6	100	71.7	97.8
V7	100	75.6	95.2
V8	100	76.2	92.9
V9	100	75.6	97.8
V10	100	84.8	60.9
V11	100	77.1	91.5
V12	100	70.8	100.0
V13	100	78.7	85.3
V14	100	75.0	100.0
V15	100	75.4	98.4
V16	100	80.2	79.0
V17	100	75.0	100.0

V1~V16 分别为;16 个甘蓝型冬油菜新品系;V17:秦优 7 号。

### 2.4 覆膜越冬处理对叶面积指数的影响

不同处理的不同品种(系)油菜的叶面积指数存在一定差异(表 4),主要表现在薹期。覆膜越冬处理的不同油菜品种(系)薹期叶面积指数平均为 5.5,而自然越冬处理平均为 4.1,可以看出,覆膜越冬处理的油菜薹期群体生长状况较好,对光能的利用率较高,不需要经过冬后返青阶段,有利于促进分枝生长及幼蕾发育,为最终产量形成奠定基础。而到了开花期,两种处理的叶面积指数表现为自然越冬处理略高于覆膜越冬处理。从薹期到开花期,自然越冬处理的油菜叶面积指数呈增加的趋势,这可能是因为自然越冬处理的油菜遭受了不同

程度的冻害,叶面积指数大幅度降低,冬后需要经过一个返青阶段,长出新叶,植株形态逐渐建成,叶面积指数逐渐增大。

## 2.5 覆膜越冬处理对生育期的影响

由表 5 可知,与自然越冬相比,不同油菜品种覆

膜越冬处理的生育期均缩短,生育进程加快,蕾薹期提前12~19 d,成熟期提前2~6 d,生育期最多可提前 6 d(V10)。可以看出,油菜覆膜越冬处理的生长发育明显加快,提早成熟。

表 2 不同处理油菜生长期田间小气候的温、湿度差异

Table 2 Differences in temperature and humidity of field microclimate during the growth of rape under different treatments

时间段	温度(℃)			湿度(%)	
	覆膜越冬	自然越冬	温度差	覆膜越冬	自然越冬
2018 年 12 月 15 日-12 月 24 日	15.3	6.2	9.1	31	18
2018 年 12 月 25 日-2019 年 1 月 3 日	12.6	3.0	9.6	54	35
2019 年 1 月 4 日-1 月 13 日	9.1	3.4	5.7	48	25
2019 年 1 月 14 日-1 月 23 日	7.5	2.4	5.1	45	25
2019 年 1 月 24 日-2 月 2 日	10.2	3.3	6.9	43	24
2019 年 2 月 3 日-2 月 12 日	12.4	5.7	6.7	47	28
2019 年 2 月 13 日-2 月 22 日	17.5	9.9	7.6	49	35
2019 年 2 月 23 日-3 月 4 日	20.3	12.4	7.9	50	39
2019 年 3 月 5 日-3 月 14 日	24.0	12.4	11.6	55	44

表 3 不同处理的 SPAD 值

Table 3 The SPAD value of different treatments

品种(系)	苗期	覆膜越冬		自然越冬	
		蕾薹期	开花期	蕾薹期	开花期
V1	58.0±6.36abcd	51.7±2.76bcd	61.7±0.47abc	58.6±3.20ab	53.3±3.62abc
V2	53.2±6.18cde	51.5±3.80bcd	55.8±3.18cd	56.1±3.82abc	48.3±3.28abcdef
V3	51.3±3.96e	45.4±3.69d	59.9±0.75abcd	49.8±2.21c	51.2±5.21abcd
V4	53.7±5.27cde	52.6±6.58bcd	54.6±0.90d	55.1±1.29abc	44.8±4.55def
V5	54.4±2.61bcde	49.3±5.32cd	58.1±2.26bcd	52.0±5.15bc	50.3±2.69abcde
V6	58.5±5.63abcd	51.7±4.99bcd	60.1±6.15abcd	56.9±5.50abc	52.8±3.71abc
V7	57.0±4.69abcde	49.2±1.63cd	59.3±3.15abcd	57.6±3.10ab	52.2±1.91abcd
V8	52.7±5.08de	48.9±1.33cd	54.8±5.73d	53.6±1.72abc	46.7±5.42cdef
V9	59.9±5.37ab	50.6±6.30cd	61.4±4.74abc	56.3±3.85abc	54.4±1.66ab
V10	53.1±5.93cde	48.5±6.04cd	53.8±2.11d	57.2±7.19abc	43.4±4.63ef
V11	57.8±3.81abcd	55.8±2.90abc	60.3±1.82abcd	51.1±5.20bc	53.6±2.49abc
V12	62.8±4.39a	63.1±7.41a	57.7±3.23cd	56.7±3.76abc	53.5±3.48abc
V13	56.1±4.19bcde	48.6±5.54cd	56.6±4.80cd	52.6±5.52abc	49.2±6.13abcdef
V14	59.3±4.12abc	53.8±4.01bcd	57.9±3.79cd	53.2±2.64abc	51.6±5.71abcd
V15	57.8±4.40abcd	59.6±1.06ab	65.0±1.11a	59.9±2.47a	47.6±1.82bcdef
V16	53.9±2.75bcde	53.9±4.69bcd	61.4±3.15abc	58.3±3.25ab	42.4±1.93f
V17	53.9±2.73bcde	55.0±3.16abc	64.5±2.32ab	57.7±0.55ab	55.7±2.47a

V1~V17 见表 1 注。同一列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

表 4 不同处理的叶面积指数

Table 4 The leaf area index of different treatments

品种(系)	覆膜越冬		自然越冬	
	蕾薹期	开花期	蕾薹期	开花期
V1	6.3±0.45ab	3.0±0.17i	4.0±0.06efghi	6.9±0.15c
V2	5.6±0.55bcde	5.6±0.56de	4.3±0.31cdefg	7.7±0.29a
V3	5.1±0.36def	4.4±0.55fg	3.5±0.20ijkl	5.2±0.55ef
V4	5.2±0.40def	5.9±0.30cd	3.9±0.23fghi	7.5±0.40ab
V5	5.1±0.44def	4.9±0.50ef	3.1±0.23l	5.7±0.06de
V6	5.3±0.26de	3.4±0.44hi	3.3±0.21kl	7.0±0.51be
V7	5.7±0.47abcde	4.0±0.12gh	4.1±0.44defgh	5.6±0.51de
V8	5.4±0.40cde	5.0±0.47ef	4.7±0.12bc	4.0±0.38hi
V9	4.5±0.21f	6.5±0.36bc	4.4±0.50bcdef	4.1±0.38h
V10	5.1±0.35ef	4.8±0.30efg	3.3±0.10jkl	4.4±0.06gh
V11	5.9±0.52abcd	6.7±0.47bc	4.8±0.30b	4.5±0.32gh
V12	5.0±0.15ef	5.2±0.06def	3.8±0.41ghij	4.3±0.38gh
V13	6.4±0.64a	7.0±0.25ab	4.5±0.10bcd	3.4±0.15i
V14	5.7±0.50abcde	5.5±0.62de	4.4±0.03bcde	7.8±0.23a
V15	5.3±0.10de	4.5±0.56fg	3.6±0.25hijk	6.8±0.23c
V16	6.2±0.31ab	6.5±0.71bc	4.5±0.28bcd	4.9±0.30fg
V17	6.1±0.47abc	7.7±0.90a	5.6±0.40a	6.1±0.21d

V1~V17 见表 1 注。同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

表 5 不同处理的各品种(系)的生育期

Table 5 The growth period of different varieties (lines) under different treatments

品种(系)	出苗期 (月-日)	自然越冬			覆膜越冬		
		蕾薹期(月-日)	成熟期(月-日)	生育期(d)	蕾薹期(月-日)	成熟期(月-日)	生育期(d)
V1	09-30	03-04	05-24	236	02-16	05-21	233
V2	09-30	03-04	05-24	236	02-15	05-22	234
V3	10-01	03-06	05-29	240	02-18	05-26	237
V4	09-30	03-05	05-27	239	02-17	05-22	234
V5	10-01	03-05	05-27	238	02-18	05-22	233
V6	09-30	03-05	05-26	238	02-15	05-21	233
V7	09-30	03-05	05-28	240	02-17	05-23	235
V8	09-30	03-07	05-29	241	02-19	05-25	237
V9	09-30	03-07	05-29	241	02-19	05-25	237
V10	10-01	03-08	06-01	243	02-19	05-26	237
V11	09-30	03-02	05-30	242	02-18	05-24	236
V12	09-30	03-02	05-27	239	02-19	05-25	237
V13	09-30	03-02	05-29	241	02-19	05-26	238
V14	09-30	03-05	05-28	240	02-18	05-24	236
V15	09-30	03-05	05-28	240	02-19	05-24	236
V16	09-30	03-05	05-29	241	02-19	05-25	236
V17	09-30	03-05	05-25	237	02-16	05-21	233

V1~V17 见表 1 注。



2.6 覆膜越冬条件下,油菜成熟期植株性状的变异系数

覆膜越冬处理对油菜成熟期植株各性状影响程度各不相同。由表 6 可见,与自然越冬处理相比,覆膜越冬处理的各品种油菜成熟期的株高、分枝部位、一次有效分枝数、分枝角果数、单株角果数、千粒质量和单株产量均显著增高;而覆膜越冬处理的各品种油菜的主花序长度、主花序角果数、主花序结角密度、角果长度及每角粒数均显著降低。自然越冬处理的油菜变异系数达 10% 以上的性状由大到小为,分枝角果数>单株产量>单株角果数>一次有效分枝数,说明这几个性状受栽培环

境影响较大;而株高、主花序长度、角果长、每角粒数和千粒质量这五个性状的变异系数较小,遗传力较大。覆膜越冬处理的油菜变异系数较大的性状由大到小为,单株产量>主花序长度>主花序结角密度>一次有效分枝数=每角粒数>主花序角果数,变异系数为6.4%~10.8%,说明覆膜越冬处理的油菜植株这几个性状受栽培环境影响较大。覆膜越冬处理的油菜平均单株角果数达 404.0 个,比自然越冬处理增加 42.4%。与自然越冬处理相比,覆膜越冬处理的油菜增产的原因主要是单株角果数显著增多,尤其是分枝角果数增加显著。

表 6 覆膜处理条件下的油菜成熟期植株性状的变异性  
Table 6 Variability of plant traits in rapeseed under film mulching treatment at mature period

性状	变化幅度		平均值		标准差		性状	变异系数(%)	
	覆膜越冬	自然越冬	覆膜越冬	自然越冬	覆膜越冬	自然越冬		覆膜越冬	自然越冬
株高(cm)	141.4~166.4	127.8~158.7	149.3A	144.1B	6.7	1.7	株高	4.5	1.2
分枝部位(cm)	32.0~75.1	21.5~62.8	48.1A	47.1B	2.4	2.1	分枝部位	5.1	4.4
一次有效分枝数	7.3~11.5	7.3~9.9	8.7A	8.5A	0.7	0.9	一次有效分枝数	8.5	10.4
主花序长度(cm)	30.0~65.0	43.3~60.0	46.1B	52.7A	4.9	0.8	主花序长度	10.5	1.5
主花序角果数	17.0~90.0	45.3~84.4	48.9B	69.7A	3.1	3.6	主花序角果数	6.4	5.2
主花序结角密度	0.6~1.5	1.0~1.6	1.0B	1.3A	0.1	0.1	主花序结角密度	9.1	5.9
分枝角果数	184.4~636.5	146.9~296.0	382.5A	215.5B	3.1	30.7	分枝角果数	0.8	14.3
单株角果数	319.2~666.5	204.1~380.4	404.0A	283.7B	4.4	33.2	单株角果数	1.1	11.7
角果长度(cm)	3.8~6.7	5.1~7.7	5.2B	6.1A	0.2	0.1	角果长度	4.7	1.1
每角粒数	13.7~26.9	19.4~26.7	20.7B	23.2A	1.8	0.5	每角粒数	8.5	2.1
千粒质量(g)	3.07~4.02	2.88~3.52	3.47A	3.27B	0	0.1	千粒质量	1.4	2.0
单株产量(g)	19.2~37.8	16.7~27.7	25.9A	23.3B	2.8	3.2	单株产量	10.8	13.7

同一行数据后不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。

2.7 油菜覆膜越冬对产量的影响

各油菜品种覆膜越冬处理的增产效果显著,平均产量为3 647.71 kg/hm<sup>2</sup>,比自然越冬处理油菜的平均产量提高 38.2%(表 7)。同一处理下 V1~V16 产量均低于 V17,自然越冬处理和覆膜越冬处理的 V17 产量均为最高,其次为 V2 和 V4。自然越冬处理的油菜品种中,V10 的产量最低,但是覆膜越冬处理后产量提升显著,增产潜力最大,该品种易受冻害且越冬存活率低,抗寒性较差。可见,低温冻害极大程度上限制了该区域冬油菜的产量。

3 结论与讨论

3.1 覆膜越冬处理对冬油菜越冬期田间小气候温度的影响

覆膜处理能够改善作物的生长环境,对植株生长起到一定的促进作用。有研究结果表明,土壤温度每变化 1 ℃就会对作物生长产生明显的影响<sup>[16]</sup>。覆膜处理具有显著增温和保温作用<sup>[17-18]</sup>,但增温程度与季节等有一定关系,一般在气温偏冷的环境中,覆膜处理的作物增产更加明显<sup>[19]</sup>。本研究结果表

明,覆膜越冬处理可使油菜越冬期生长温度保持在 7℃以上,比自然越冬处理油菜生长温度提高 5.1~11.6℃,这与前人研究结果一致。北方冬油菜越冬期覆膜对土壤有增温作用,可以调节土壤温度,在外界气温较低时,提高地面温度对冬油菜生长起到较大的促进作用,有利于植株根系建成及功能发挥,能够提高冬油菜的越冬率,减轻冻害,为高产植株群体的建成提供有利条件。

表 7 不同越冬处理对产量的影响

Table 7 Effects of different wintering treatments on yield

品种 (系)	自然越冬产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	覆膜越冬产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增产 (%)
V1	2 666.63±0.14bcde	3 963.20±0.42abc	48.6
V2	3 046.15±0.23abc	4 446.22±0.20ab	46.0
V3	2 479.62±0.13def	3 556.18±0.17abc	43.4
V4	3 207.16±0.17ab	4 073.20±0.23abc	27.0
V5	2 658.13±0.20bcde	2 796.14±0.22c	5.2
V6	3 030.90±0.03abcd	3 945.20±0.04abc	30.2
V7	2 821.64±0.21bcde	3 498.17±0.23abc	24.0
V8	2 795.64±0.06bcde	3 977.20±0.08abc	42.3
V9	2 003.10±0.10fg	3 049.15±0.18bc	52.2
V10	1 722.09±0.29g	3 652.18±0.26abc	112.1
V11	2 890.14±0.17bcd	3 843.19±0.45abc	33.0
V12	2 303.12±0.20ef	2 773.14±0.04c	20.4
V13	2 525.63±0.24cdef	2 910.15±0.21c	15.2
V14	2 529.13±0.27cdef	4 042.20±0.29abc	59.8
V15	2 659.13±0.18bcde	3 962.20±0.28abc	49.0
V16	2 089.60±0.05fg	2 961.15±0.20c	41.7
V17	3 449.67±0.32a	4 562.23±0.17a	32.3

V1~V17 见表 1 注。同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 3.2 越冬期覆膜对油菜生育期的影响

覆膜越冬处理具有增温保墒作用,能显著缩短油菜生育期,使油菜提早成熟,有研究结果表明,油菜覆膜越冬栽培可缩短生育期 6~11 d<sup>[20]</sup>。强光超等<sup>[21]</sup>研究覆膜越冬处理对油菜生育期的影响,结果表明覆膜处理可使油菜成熟期提前 3~4 d,生育期缩短 4 d 左右。与自然越冬相比,冬油菜越冬期覆膜栽培的增温保墒效果显著,覆膜越冬处理使油菜生育期提早 3 d 左右,且经济性状也有不同程度的改善,晚播油菜覆膜越冬处理

能保证冬油菜的产量,与不覆膜越冬处理相比,油菜增产 35.3%<sup>[22]</sup>。本研究结果表明,覆膜越冬处理的不同品种(系)油菜的生育期均有不同程度缩短,与自然越冬处理相比,油菜越冬期覆膜能够提早生育期 2~6 d,这与前人研究结果一致。油菜覆膜越冬后,有利于提高耕层土壤温度和生长环境温度<sup>[23]</sup>,蓄积热量,缩小日温差,增加耕层土壤含水量<sup>[24]</sup>,改善油菜返青期耕层水温条件,大幅度提高微生物活性<sup>[25-26]</sup>,使植株生长健壮,抗逆性增强<sup>[27]</sup>。

### 3.3 越冬期覆膜对油菜产量及产量构成因素的影响

北方冬油菜越冬期覆膜处理能够有效减轻低温冻害,保证冬油菜安全越冬,有利于提高油菜产量。曾有报道,油菜越冬期覆膜栽培的增产效果较好,越冬期覆膜处理的油菜产量极显著高于对照<sup>[20-21,28]</sup>,在陕西省的不同地区,越冬期覆膜处理的油菜比露地栽培的油菜增产 45.0%~57.2%<sup>[29]</sup>。谷晓博等<sup>[6]</sup>的研究结果表明,越冬期覆膜处理的冬油菜产量比对照增加 45.5%~46.7%。本研究结果表明,不同油菜品种越冬期覆膜处理,可以使油菜越冬不受冻害,有利于充分发挥品种自身的增产潜力,油菜产量均有不同程度的提高,平均增产 40.14%。油菜覆膜越冬处理的增产效果与前人研究结果一致。覆膜的增产作用不仅表现在油菜上,而且在冬小麦<sup>[8,30]</sup>、水稻<sup>[31]</sup>、玉米<sup>[32]</sup>及大豆<sup>[33]</sup>等作物上也得到了验证。覆膜越冬处理能够显著增加油菜单株角果数<sup>[6,14]</sup>,本研究结论与此相同。大量研究结果表明,覆膜的增温效应主要表现在作物的生长早期<sup>[34]</sup>,而油菜有效角果数的决定时期主要是在现蕾以前,该时期生物量越大,角果数越多<sup>[35]</sup>。本研究中越冬期覆膜保温使冬油菜越冬期免遭低温为害,有利于油菜生物量增加,从而使覆膜越冬处理的单株角果数显著增加,尤其是分枝角果数增加显著。油菜越冬期覆膜栽培的增产效应之一是使土壤的温、湿度改变,土壤微生物活动增强,土壤的理化性质得到了改善,促进了植株根系发育。曾德才等<sup>[36]</sup>研究结果表明越冬期覆膜能够使油菜植株根系发达,生长健壮。

### 3.4 抗冻高产油菜品种选育

近年来,适合种植冬油菜的地区冬季土地撂荒严重,油菜种植面积呈下降趋势。2021年底,中央农村工作会议提出“扩种大豆和油料生产”,因此促进油菜生产,要通过多措并施扩大油菜种植面积、提高油菜产量。中国黄淮区域及其以北地区,有大量的冬闲田,因地制宜选择抗寒油菜品种对北方冬闲田扩种油菜尤为重要,只有抗冻性强的品种才能够适应该区域的自然环境和生态条件。本研究中 V2 比较耐受低温,抗寒性较强,农艺经济性状好,自然越冬和覆膜越冬处理的产量均较高,可以适应北方寒冷气候,可作为抗寒品种选育。覆膜越冬处理的 V10 产量较好,但自然越冬处理的产量较差,说明 V10 易受冻害,越冬存活率低,抗寒性差。另外,还有 V14 和 V15 均是高产但抗寒性差、不耐冻的油菜品系,不适宜在北方寒冷区域种植,低温冻害是影响发挥产量潜力的关键因素。本研究结果可为黄淮区域甘蓝型油菜生产及抗冻高产品种选育提供理论依据,实现甘蓝型油菜种植北移以充分利用北方冬闲田的目标,最大限度扩大油菜种植面积,对推动油菜产业新的绿色革命、保障国民“油瓶子”安全、助力乡村振兴具有重要现实意义。

### 参考文献:

- [1] 郭燕枝,杨雅伦,孙君茂.我国油菜产业发展的现状及对策[J].农业经济,2016(7):44-46.
- [2] 刘成,冯中朝,肖唐华,等.我国油菜产业发展现状、潜力及对策[J].中国油料作物学报,2019,41(4):485-489.
- [3] 孙万仓,牛俊义,滕文惠,等.覆盖处理对旱寒区冬油菜越冬率和产量的影响[J].中国油料作物学报,2006,28(3):315-318.
- [4] 张学昆,张春雷,廖星,等.2008年长江流域油菜低温冻害调查分析[J].中国油料作物学报,2008,30(1):122-126.
- [5] 曹金华,朱家成,张书芬,等.覆盖对土壤温度及甘蓝型油菜丰油10号抗寒性和产量的影响[J].中国油料作物学报,2014,36(2):213-218.
- [6] 谷晓博,李援农,银敏华,等.降解膜覆盖对油菜根系、产量和水分利用效率的影响[J].农业机械学报,2015,46(12):184-193.
- [7] 武军艳,孙万仓,杨杰,等.不同覆盖处理对甘肃中部地区甘蓝型冬油菜越冬率及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):96-99.
- [8] 王静,王弋博,呼丽萍,等.多年覆膜改善冬小麦/油菜轮作地土壤提高产量[J].农业工程学报,2018,34(6):121-128.
- [9] LIU X, HE B, YI X, et al. The soil water dynamics and hydraulic processes of crops with plastic film mulching in terraced dryland fields on the loess plateau[J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(9): 809.
- [10] 杜雄,边秀举,张维宏,等.华北农牧交错区饲用玉米覆膜和施氮的效应研究[J].中国农业科学,2007,40(6):1206-1213.
- [11] FENG Y Z, LIU Q, TAN C J, et al. Water and nutrient conservation effects of different tillage treatments in sloping fields[J]. Arid Soil Research and Rehabilitation, 2014, 28(1): 14-24.
- [12] 张俊鹏,孙景生,刘祖贵,等.不同水分条件和覆盖处理对夏玉米籽粒灌浆特性和产量的影响[J].中国生态农业学报,2010,18(3):501-506.
- [13] 王丹,田效琴,李卓,等.覆膜时期对油菜生长与产量的影响[J].中国农业科技导报,2020,22(2):149-157.
- [14] 宋明丹,詹舒婷,李飞,等.覆膜和施生物炭对青海高原春油菜生长、产量和土壤团聚体的影响[J].中国土壤与肥料,2021(6):88-94.
- [15] 刘后利.油菜的遗传育种学[M].上海:上海科学技术出版社,1987.
- [16] WALKER J M. One-degree increments in soil temperatures affect maize seedling behavior[J]. Soil Science Society of America Journal, 1969, 33(5): 729-736.
- [17] WU Y, HUANG F Y, JIA Z K, et al. Response of soil water, temperature, and maize (*Zeamay* L.) production to different plastic film mulching patterns in semi-arid areas of northwest China[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 166: 113-121.
- [18] 蒋锐,郭升,马德帝.旱地雨养农业覆膜体系及其土壤生态环境效应[J].中国生态农业学报,2018,26(3):317-328.
- [19] ZHANG M M, DONG B D, QIAO Y Z, et al. Effects of sub-soil plastic film mulch on soil water and salt content and water utilization by winter wheat under different soil salinities[J]. Field Crops Research, 2018, 22(5): 130-140.
- [20] 任军荣,杨建利,李殿荣.旱地油菜地膜覆盖栽培的水热效应研究[J].中国油料作物学报,2001,23(3):34-37.
- [21] 强光超,唐柱生,高明胜,等.优质油菜地膜覆盖栽培的增产效应[J].安徽农业科学,2001,29(4):465-466.
- [22] 张彦红,魏彦宏,刘国宏,等.不同播期覆膜栽培对冬油菜的生长发育及产量的影响[J].农业科技通讯,2018(7):193-195.
- [23] HAI L, LI X G, LIU X E, et al. Plastic mulch increases soil nitrogen mineralization in a semiarid environment[J]. Agronomy Journal, 2015, 107: 921-930.
- [24] LIU C A, JIN S L, ZHOU L M, et al. Effects of plastic film mulch and tillage on maize productivity and soil parameters[J]. European Journal of Agronomy, 2009, 31: 241-249.
- [25] 薛菁芳,高艳梅,汪景宽.长期施肥与地膜覆盖对土壤微生物量



- 碳氮的影响[J].中国土壤与肥料,2007(3):55-58.
- [26] 谢驾阳,王朝辉,李生秀.地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响[J].生态学报,2010,30(24):6781-6786.
- [27] 沈 熙,刘 军,曹 峻,等.油菜覆膜厢作高产高效栽培技术的研究与应用[J].湖北农业科学,2007,46(4):542-544.
- [28] NAGATA M, HIYOSHI K, OKADA Y, et al. Mulching cultivation system using polyethylene film for early-season culture rice; I. Measurement of paddy soil temperature in pot experiment[J]. Bull Fac Agric Miyazaki Univ,1997(41):57-61.
- [29] 王树森,邓根之.地膜覆盖增温机制研究[J].中国农业科学,1991,24(3):74-78.
- [30] 刘阿康,马瑞琦,王德梅,等.覆膜和补施氮肥对晚播冬小麦冬前植株生长及群体质量的影响[J].作物学报,2022,48(7):1771-1786.
- [31] 高真伟,王冬梅,展广军,等.水田覆膜对稻作生长的影响[J].水稻栽培,2001(2):11-13.
- [32] 刘胜尧,张立峰,李志宏,等.华北旱地覆膜春玉米田水温效应及增产限制因子[J].应用生态学报,2014,25(11):3197-3206.
- [33] 陈艳秋,宋书宏,王文斌,等.覆膜菜用大豆生长发育规律及产量构成的研究[J].大豆科学,2007,26(3):439-441.
- [34] WANG L, LI X, GUAN Z, et al. The effects of plastic-film mulch on the grain yield and root biomass of maize vary with cultivar in a cold semiarid environment [J]. Field Crops Research, 2018, 216(18):89-99.
- [35] 左青松,蒯 婕,杨士芬,等.不同氮肥和密度对直播油菜冠层结构及群体特征的影响[J].作物学报,2015,41(5):758-765.
- [36] 曾德才,赵天忠,曾凡成.地膜油菜生产效益、增产机理与高产栽培技术[J].湖北农业科学,2002(5):65-66.

(责任编辑:成纾寒)