

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

曹金华,朱家成*,张书芬,王建平,文雁成,赵磊,何俊平
(河南省农业科学院经济作物研究所,河南 郑州,450002)

摘要:为了解低温冻害对我国黄淮油菜产区油菜产量的影响,以甘蓝型油菜丰油 10 号为材料,于 2009 – 2012 年间进行 3 年覆盖处理田间试验,测定不同覆盖物及覆盖时期对各小区不同土层的温度、冻害程度、经济性状、产量和品质影响。结果表明,覆盖处理可有效调节土壤温度,降低冻害指数,显著提高油菜越冬存活率。覆盖稻草的两个处理冻害指数均显著低于对照,覆盖处理有显著的增产效果,增产幅度在 1.55% ~ 58.28%,且以冬前对油菜进行覆盖处理的增产效果较好。这主要是得益于单株有效结角数和千粒重的显著提高,各覆盖处理单株有效结角数比对照增加 4.48% ~ 20.39%,千粒重比对照增加 29.97% ~ 41.11%。因此认为,黄淮油菜产区稻草覆盖和培土壅根均能保温、防寒,有利于油菜增产,相关措施宜在冬前进行。

关键词:油菜;覆盖;土壤温度;抗寒性;产量
中图分类号:S565.401 **文献标识码:**A **文章编号:**1007 – 9084(2014)02 – 0213 – 06

Effect of covering on soil temperature and cold resistance and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) Fengyou 10
CAO Jin – hua, ZHU Jia – cheng*, ZHANG Shu – fen,
WANG Jian – ping, WEN Yan – cheng, ZHAO Lei, HE Jun – ping
(*Industrial Crops Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China*)

Abstract: To understand the effect of covering on soil temperature, rapeseed cold resistance and yield in Huang – Huai Area, *Brassica napus* L. cv Fengyou 10 was used in field experiments during 2009 and 2012. Two coverings as straw cover on surface and soil cover on root crown were designed before and after winter. Temperature at different soil layers, cold damage level, economic traits, yield and quality were investigated with no covering as control. Results showed that straw cover before winter significantly improved the soil temperature and reduced the freezing index, and consequently improved survival rate. Freezing index under both straw – covering treatments were significantly lower than control, and yields were significantly higher (with 1.55% to 58.28% increase) than control, especially with the covering applied before winter. The yield increase was due to significant increase of effective pods number and thousand – seed weight. Their increases were 4.48% to 20.39%, and 29.97% to 41.11% respectively. No significant change of seed quality was found. This study proved that covering both with straw and soil could benefit the rapeseed yield and cold resistance in Huang – Huai Area, especially before winter.

Key words: Rapeseed (*Brassica napus*); Covering; Soil temperature; Cold resistance; Yield

油菜是我国主要的越冬作物之一,低温冻害是制约其产量的重要因素。近几年全国性的极端低温冰冻天气频发,严重影响了冬油菜的安全越冬^[1]。

冻害是指气温降至冰点以下,植物因发生细胞

间和组织结冰而造成的伤害。Lyons 等^[2]指出,生物膜对低温结冰最敏感,低温造成细胞间结冰时,使蛋白质变性或改变膜中蛋白质和膜脂的排列,膜受到伤害,透性增大,溶质大量外流,而膜脂的相变使

收稿日期:2013-08-16
基金项目:国家 863 重点计划(2011AA10A104);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS – 13);国家科技支撑计划(2010BAD01B01);河南省科技创新杰出人才项目(134200510027)
作者简介:曹金华(1982 –),女,河南扶沟人,助理研究员,硕士,主要从事油菜栽培生理研究,E – mail: jinhuacao@126.com
* 通讯作者:朱家成(1973 –),男,副研究员,主要从事油菜遗传育种和栽培技术研究,E – mail: jczhu2010@163.com

得一部分与膜结合的酶游离而失去活性,引起代谢失调,从而对植株造成伤害。研究表明,当日平均气温降至 5℃ 以下时,油菜便停止生长;当降至 0℃ 时便会造成轻微冻害;当气温短时间在 -5 ~ -3℃ 时,其叶片便会出现受冻症状;更严重的冻害甚至可能导致油菜大面积绝收^[3]。而通过采用适当的农艺措施,如稻草覆盖、中耕培土等,既可以保持土壤水分、抑制无效蒸发(棵间蒸发)、蓄水保墒、提高土壤含水率及水分利用效率,又可以提高土壤温度^[4~6],从而可防止低温冻害对油菜生长的危害。在 2007 年末 2008 年初我国发生了严重冰雪灾害,张学昆等^[1]对长江流域油菜低温冻害进行调查分析发现,冬前采取了追施腊肥、清沟排渍、稻草覆盖、喷施多效唑等预防冻害措施的田块,冻害指数为 28.9,比未采取措施的冻害指数显著下降 19.7%,采取措施与油菜冻害指数之间为显著的相关关系,相关系数达 0.168。

与长江流域相比,我国黄淮油菜产区的低温冻害发生更为频繁,对越冬率和产量的影响更大,是该产区冬油菜生产的主要限制因素之一^[7]。黄淮区油菜科研工作者在抗寒性品种选育方面做了大量的研究工作,培育了一系列的抗寒性油菜品种,但在抗寒栽培措施方面研究较少,在气温偏低的年份,油菜冻害时有发生。本文研究了不同农艺措施对油菜田土壤温度的调节作用,及其对冻害的发生程度、产量、经济性状及品质的影响,以期为黄淮油菜产区油菜安全越冬提出相应的防冻技术措施和建议,为油菜生产抗冻栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

河南省农业科学院经济作物研究所选育的甘蓝型油菜品种丰油 10 号^[8],属甘蓝型半冬性胞质不育三系杂交种,在区域试验中表现出较强的抗寒性,在 2005 年和 2010 年分别通过国家黄淮地区和长江流域上游地区品种审定。

1.2 试验设计

试验于 2009、2010、2011 年在河南省农业科学院现代农业研究开发基地进行。土壤为黄沙壤土,耕层土壤基础养分为:有机质 8.47g/kg,全氮 0.41g/kg,碱解氮 42.1mg/kg,速效磷 16.6mg/kg,速效钾 84.5mg/kg。该区属暖温带亚湿润季风气候,年平均气温 14.4℃,7 月最热,平均 27℃;1 月最冷,平均 -0.2℃;年平均降雨量 632mm,无霜期 220d,全年日照时间约 2 400h。

试验设置冬前稻草覆盖(D1)、冬后稻草覆盖(D2)、冬前培土壅根(D3)、冬后培土壅根(D4)及裸地栽培(为对照,CK)5 个处理。稻草覆盖处理的稻草均覆盖于油菜行间,各覆盖处理的稻草用量均为 $1.25 \times 10^4 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。试验采用随机区组排列,3 次重复,小区面积 20m^2 ($3.3 \text{m} \times 6 \text{m}$)、行距为 0.33 m。耕作方式为翻耕,肥料均随土壤翻耕时作基肥一次性施入,各小区施用氮磷钾复合肥 ($15 - 15 - 15$) $750 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 及 $15 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 硼砂为底肥后播种,播种方式为条直播。2009、2010 年播种期分别为 9 月 20 日及 9 月 24 日,2011 播种期为 10 月 10 日。三叶期开始间苗、定苗,各小区留苗密度均为 45 万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。油菜薹期追施硫酸钾 $150 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、尿素 $150 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其它管理均同常规。冬前各处理时间为日均气温连续 5 天为 5℃ 以下(当年 12 月 14 日)时开始,冬后各处理的时间在返青前(翌年 2 月 5 日)进行。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 土壤温度测定 使用浙江托普仪器公司生产的 6310 型长杆土壤温度计,在处理后的每天 14:00 测定记录各处理小区 10cm 及 20cm 土层的温度,每连续 10d 的土壤温度平均值作为这一段时间的温度。

1.3.2 气候情况及植株冻害调查 在 3 年试验期间,试验地点气候趋于一致,主要表现出 12 月下旬到翌年 2 月上旬气温偏低,油菜受到冻害,但冻害强度中等,未对产量产生较大影响。2 月中下旬以后气温逐渐回升,墒情较好,阳光充足,促进了植株的生长,品种的产量潜力得到了正常表现。

冻害调查标准参照刘后利的方法^[9]。每小区随机抽样调查 50 株,在融雪或严重霜冻解除后 3 ~ 6d 调查。冻害植株百分率为表现有冻害的植株占调查植株总数的百分数。冻害指数为油菜植株按冻害程度,分为 0、1、2、3、4 等 5 级,分级标准为:0 级为植株正常,未表现冻害;1 级为仅个别大叶受害,受害叶局部或大部萎缩或出现灰白色冻害斑块;2 级为有半数叶片受害,受害叶局部或大部萎缩、焦枯,但心叶正常,叶柄或茎秆被大量冻裂;3 级为全部大叶受害,受害叶局部或大部萎缩、焦枯,心叶正常或轻微受害,植株尚能恢复生长;4 级为全部大叶和心叶均受害,全株表现焦枯,趋向死亡。分株调查后,按公式(1)计算冻害指数。

$$\text{冻害指数}(\%) = [(1 \times S_1 + 2 \times S_2 + 3 \times S_3 + 4 \times S_4) / (\text{调查总株数} \times 4)] \times 100 \quad (1)$$

式中: S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 分别表示 1 ~ 4 级的冻害

株数。

1.3.3 考种 油菜黄熟时,每小区随机取样 10 株,考察植株农艺性状和经济性状,记载油菜单株株高、一次有效分枝数、一次有效分枝部位、单株有效角果数、每角粒数、千粒重等性状。按小区单收、脱粒、晒干扬净后测定产量。

1.4 数据处理

数据采用 Excel2003 进行处理,采用 DPS 软件进行多年一点方差分析。

2 结果与分析

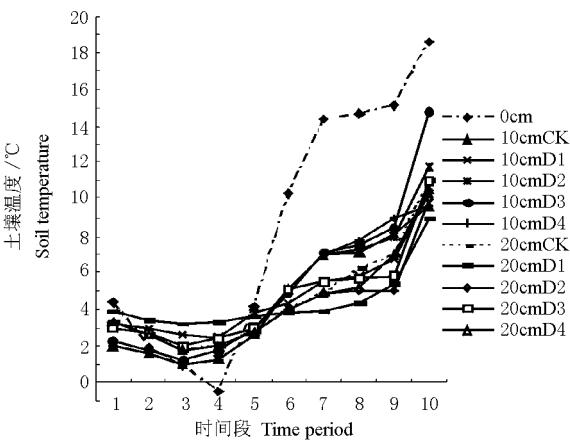
2.1 不同处理对土壤温度的影响

图 1 为试验中测得的油菜各处理小区不同土层深度的土壤温度。结果表明,随着生育期的推进,0cm 气温逐渐降低然后再升高,10cm 及 20cm 土层地温也随之相应变化。方差分析结果表明,不同土层以及不同处理间的土壤温度差异达到显著水平。在油菜越冬期间即气温较低时,冬前稻草覆盖可以显著提高土壤温度。从第 3 时间段测得的地温平均值来看,气温 -0.9℃,D1 冬前稻草覆盖处理 10cm 和 20cm 土层温度分别为 2.6℃和 3.2℃,均显著高于 CK 处理(裸地栽培);其它冬前处理不同程度地提高了地温,但与对照差异不显著。冬后,随着气温的升高,地温也逐渐升高,但在第 7、8、9 时间段,D1 (冬前稻草覆盖)处理 10cm 和 20cm 土层温度均显著低于对照和其它处理,说明在冬后,随着大气温度的升高,冬前稻草覆盖延缓了地温的提升速度。从表 1 还可以看出,覆盖和培土处理对 10cm 土层温度的调节作用大于 20cm 的,即土层越深,调温作用越小。可见,冬前稻草覆盖和培土壅根可增加地温,保持地温相对稳定,对越冬油菜起到一定的保温防冻作用,有利于油菜安全越冬。

2.2 不同处理对油菜冻害的影响

经田间冻害调查,各处理油菜均遭受到了不同

程度的冻害(表 1)。与对照比,冬前稻草覆盖(D1)及培土壅根(D3)处理的冻害指数均显著下降;冬前稻草覆盖(D1)处理的冻害指数为 40.0%,比对照低达 20.65 个百分点,也显著低于冬前培土壅根(D3)处理;越冬存活率及越冬后苗数以冬前稻草覆盖(D1)和培土壅根(D3)处理的较高,均显著高于对照,其越冬存活率分别比对照(CK)高 16.67、14.44个百分点。D1 冬前稻草覆盖与 D3 冬前培土壅根处理间的越冬苗数和越冬存活率差异不显著,但与其他各处理间的差异达到显著水平。冬后稻草覆盖(D2)及培土壅根(D4)处理冻害指数、越冬存活率和越冬后苗数与对照没有差异。



注:时间段 1 代表 2011.12.15 – 2011.12.24, 2 代表 2011.12.25 – 2012.1.3,3 代表 2012.1.4 – 1.13, 4 代表 2012.1.14 – 1.23,5 代表 2012.1.24 – 2.2,6 代表 2012.2.3 – 2.12,7 代表 2012.2.13 – 2.22, 8 代表 2012.2.23 – 3.3,9 代表 2012.3.4 – 3.13, 10 代表 2012.3.14 – 3.23。其中 1~6 为越冬期(苗期),7、8 为返青期(苗期),9、10 为薹期
Note:1 represents Dec 15 to Dec 24, 2011; 2 represents Dec 25, 2011 to Jan 3, 2012; 3 represents Jan 4 to Jan 13, 2012; 4 represents Jan 14 to Jan 23, 2012; 5 represents Jan 24 to Feb 2, 2012; 6 represents Feb 3 to Feb 12, 2012; 7 represents Feb 13 to Feb 22, 2012; 8 represents Feb 23 to March 3, 2012; 9 represents March 4 to March 13, 2012; 10 represents March 14 to March 23, 2012. Among them, 1 – 6 were in over-winter seedling stage; 7 – 8 were in recovering green seedling stage; 9 – 10 were in budding stage

图 1 不同处理条件下不同土层的温度
Fig.1 Soil temperature of different treatments at different depths

表 1 不同处理对油菜丰油 10 号冻害的影响
Table 1 Effect on freezing of rapeseed Fengyou 10 under different treatments

处理 Treatment	冻害百分率 Freezing rate/%	冻害指数 Freezing index/%	越冬前苗数 Seedlings before winter	越冬后苗数 Seedlings after winter	越冬存活率 Overwintering rate/%
D1	100	40.00 c	90	87 a	96.67 a
D2	100	60.65 a	90	72 b	80.00 b
D3	100	50.26 b	90	85 a	94.44 a
D4	100	60.65 a	90	72 b	80.00 b
CK	100	60.65 a	90	72 b	80.00 b

注:小写字母表示 P<0.05,下同 Note: Lower case letters denote differences at 0.05 level. Same as below

2.3 不同处理对油菜植株性状、经济性状及产量的影响

2.3.1 对植株性状的影响 从表 2 可以看出,各覆盖处理的植株高度、分枝部位和结角密度与对照相比存在显著差异,其它性状各覆盖处理与对照间差异不显著。覆盖处理的主花序长度比对照缩短了 5.9~9.8cm,株高与对照相比,增加 5.5~11.8cm。说明油菜覆盖栽培可以显著增加植株高度和主花序结角密度。对一次有效分枝数、主花序角果数和角果长度虽有一定的影响,但没有达到显著水平。

表 2 不同覆盖处理对油菜丰油 10 号农艺性状的影响
Table 2 Effect of different covering on agronomic traits of rapeseed Fengyou 10

指标 Index	D1	D2	D3	D4	CK
株高/cm Plant height	136.3a	134.0ab	136.3a	130.0ab	124.5c
比 CK 增/cm Compared to CK	11.8	9.5	11.8	5.5	—
分枝部位/cm Branch height	45.6ab	45.5ab	47.1ab	51.4a	42.7b
比 CK 增/cm Compared to CK	2.9	2.7	4.3	8.7	—
一次有效分枝数 First branch number	7.7a	8.1a	7.8a	7.7a	7.1a
比 CK 增 Compared to CK	0.6	1.0	0.7	0.7	—
主花序长度/cm Main inflorescence length	41.3a	43.1a	42.7a	39.2a	49.0a
比 CK 增/cm Compared to CK	-7.7	-5.9	-6.3	-9.8	—
主花序角果数 Main inflorescence siliques	49.3a	48.0a	50.3a	47.1a	46.0a
比 CK 增 Compared to CK	3.3	2.0	4.3	1.1	—
结角密度(果/cm) Pod density /(silique/cm)	1.2a	1.1a	1.2a	1.2a	0.9b
比 CK 增(果/cm) Compared to CK /(silique/cm)	0.3	0.2	0.3	0.3	—
角果长度/cm silique length	7.3a	6.6a	6.2a	6.7a	6.2a
比 CK 增/cm Compared to CK	1.2	0.4	0.1	0.5	—

2.3.2 对经济性状的影响 从表 3 可以看出,覆盖

处理间各经济性状存在一定差异。方差分析表明,覆盖处理间单株角果数、千粒重和单株产量均达到显著水平,各处理间每角粒数差异不显著。说明覆盖处理可在一定程度上提高油菜的单株角果数、千粒重等。冬前稻草覆盖(D1)的单株角果数显著多于对照,其它覆盖处理与对照间没有显著差异。各覆盖处理的千粒重均显著高于对照,以冬前稻草覆盖(D1)的最高,达 5.32g,比 CK 增加 1.55g,其次是冬前培土壅根(D3),比 CK 增加 1.48g。冬前稻草覆盖(D1)的产量构成因子合理,单株产量亦最高,为 33.88g,比对照增产 13.35g,达到显著水平。

2.3.3 对产量的影响 表 4 为三年的试验产量。结果表明,覆盖处理对油菜产量具有显著影响,不同年份各覆盖处理的产量与裸地栽培(CK)相比均有不同程度的增加,其中以冬前覆盖处理(D1、D3)的产量最高,冬后稻草覆盖(D2)的产量在 3 年中均为最低,增产幅度最小。

2009 年以冬前培土壅根(D3)处理的产量最高,达到 3 346.8kg·hm⁻²,比裸地栽培增产 54.8%,达到极显著水平;增产最低的为 D2 冬后稻草覆盖,比 CK 增产 13.6%,达到显著水平。2010 年由于自然气候的影响,播期较晚,油菜单株发育较差,产量整体不高,增产幅度在 1.6%~13.9%,都未达到显著水平。2011 年各处理产量差异达到显著水平,增产幅度为 24.9%~58.3%。以冬前稻草覆盖(D1)产量最高,达到 1 929.3kg·hm⁻²,极显著高于对照 CK,其次为 D3 冬前培土壅根处理,比对照增产 42.8%。冬后稻草覆盖(D2)和冬后培土壅根(D4)的增产效果未达到极显著水平。可见,稻草覆盖或培土壅根均有利于冬油菜产量的提高,但冬前处理更能够防寒防冻、保墒,有利于提高油菜的抗旱抗寒能力,达到高产效果。

方差分析结果表明,覆盖处理 3 年的平均产量增产效果显著。冬前稻草覆盖(D1)平均比对照增产 39.2%,达到显著水平,其它覆盖处理虽有一定的增产效果,但均未达到显著水平。

表 3 不同覆盖处理对油菜丰油 10 号经济性状的影响

Table 3 Effect of different covering on economic traits of rapeseed Fengyou 10								
处理 Treatment	单株角果数 Plant silique	比 CK 增 Compared to CK	每角粒数 Seeds number	比 CK 增 Compared to CK	千粒重 1000-seed weight/g	比 CK 增 Compared to CK/g	单株产量 Plant yield/g	比 CK 增 Compared to CK/g
D1	276.3a	46.8	23.1a	-0.7	5.32a	1.55	33.88a	13.35
D2	258.2ab	28.7	24.8a	1.1	4.67ab	0.90	29.90ab	9.37
D3	256.0ab	26.5	23.4a	-0.4	5.25ab	1.48	31.40ab	10.87
D4	239.9ab	10.3	21.8a	-1.9	4.90ab	1.13	25.66ab	5.13
CK	229.5b	-	23.7a	-	3.77c	-	20.53b	-

表 4 不同覆盖处理对油菜丰油 10 号产量的影响
Table 4 Effect of different covering on yield of rapeseed Fengyou 10

处理 Treatment	2009		2010		2011		三年综合 Three - year average	
	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	比 CK 增 Compared to CK/%	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	比 CK 增 Compared to CK/%	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	比 CK 增 Compared to CK/%	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	比 CK 增 Compared to CK/%
D1	3 146.1ABab	45.5	1 505.3a	13.9	1 929.3Aa	58.3	2 193.6a	39.2
D2	2 456.1BCc	13.6	1 341.8a	1.6	1 460.7ABab	19.8	1 752.9ab	11.7
D3	3 346.8Aa	54.8	1 411.4a	6.8	1 740.9ABab	42.8	2 166.4a	34.8
D4	2 742.0ABbc	26.8	1 351.4a	2.3	1 522.5ABab	24.9	1 872.0ab	18.0
CK	2 162.1Cd	—	1 321.2a	—	1 218.9Bb	—	1 567.4b	

注:大写字母表示 P<0.01 Note: Capital letters indicate P<0.01

2.4 不同处理对油菜品质的影响

2011 年对不同处理的各项品质进行了测定(表

5)。方差分析结果表明,不同覆盖处理对油菜各项品质指标的影响均未达到显著水平。

表 5 不同覆盖处理对油菜丰油 10 号品质的影响
Table 5 Effect of different covering on quality of rapeseed Fengyou 10

处理 Treatment	芥酸/% Erucic acid	硫甙/(μmol/g cake) Sulfuric glucoside	含油量/% Oil content	油酸/% Oleic acid	蛋白质/% Protein
D1	1.2a	26.6a	41.0a	65.0a	25.4a
D2	1.2a	29.3a	41.0a	63.8a	25.6a
D3	1.1a	28.6a	40.9a	65.0a	25.3a
D4	1.2a	24.0a	40.7a	64.5a	26.0a
CK	1.2a	28.5a	41.0a	63.3a	25.7a

3 讨论与结论

覆盖处理对土壤温度及丰油 10 号抗寒性有影响。当环境温度低于地温的情况下,覆盖具有一定的保温作用,即提升低温;当环境温度高于地温时,覆盖具有一定的降温作用,即降低高温。苏伟等人也得到一致的结果^[4~6,9,10]。

从对土壤保温效果看,气温低于地温时,稻草覆盖的保温效果较好;而气温高于地温时,培土壅根的保温效果较好。这可能是因为稻草秸秆具有良好的隔热、保水性能,导热能力降低有关^[11]。

稻草覆盖和培土壅根处理均可显著提高油菜产量,本试验中覆盖处理比裸地栽培(CK)增产1.55%~58.28%。分析表明,产量的提高得益于单株有效角果数和千粒重的显著提高,其中各处理单株有效角果数比对照增加 4.48%~20.39%,千粒重比对照增加 29.97%~41.11%。这与孙万仓等^[7]、武军艳等^[11]研究结果相一致。

油菜越冬期间覆盖处理不仅可以保持土壤水分,提高土壤温度,减轻冻害,提高产量;而且稻草覆盖栽培对土壤的理化性质及后茬作物均能起到积极作用。曹继华等^[12]研究结果表明,秸秆覆盖对土壤全量养分、速效养分以及有机质含量的提高均有明显的作用,对土壤容重的减小与土壤孔隙度的增加作用亦为明显。另外,在稻-油轮作模式下,覆盖处理对油菜的增产效果非常显著,而且后茬作物水稻

的产量亦是覆盖处理的最高。

本研究结果表明,油菜稻草覆盖和培土壅根均能保温、防寒,有利于增产,相关措施宜在冬前进行。然而,由于黄淮区域作物轮作种植模式差异,油菜田稻草覆盖栽培技术还未能实施推广。本区域一般是油菜-玉米、油菜-水稻或者小麦-玉米。油菜-玉米轮作区就没有大量的稻草用于覆盖冬油菜田,而且油菜-水稻轮作区虽有稻草可用于覆盖,但覆盖稻草需要大量人力,目前还没有较为轻简高效的覆盖技术,这是今后探讨的一个方向;另一方面,对于油菜田覆盖的稻草量、覆盖的最佳时期及产生的最大经济效益还有待于进一步研究。

参考文献:

[1] 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.

[2] Lyons J M, Raison J K, Steponkus P L. The plant membrane in response to low temperature : an overview[A]. Lyons J M, Raison J K, Steponkus P L. Low temperature stress in crop plants [C]. New York: Academic Press, 1979.

[3] 李 俊,张春雷,马 霓,等. 栽培措施对冬油菜抗冻性和产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(1):95-97.

[4] 苏 伟,鲁剑巍,周广生,等. 稻草还田对油菜生长、土壤温度及湿度的影响[J]. 植物营养与肥料学报,

2011,17(2):366–373.

[5] 赵小蓉,蒲波,李浩,等. 秸秆覆盖栽培对油菜土壤含水率和产量的影响[J]. 西南农业学报,2010,23(2):354–358.

[6] 朱钟麟,卿明福,郑家国,等. 免耕和秸秆覆盖对小麦、油菜水分利用效率的影响[J]. 西南农业学报,2005,18(5):565–568.

[7] 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.

[8] 朱家成,张书芬,王建平,等. 高产优质甘蓝型油菜杂交种丰油10号[J]. 中国种业,2011(11):56–58.

[9] 刘后利. 油菜的遗传育种学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1985.

[10] 杨安中,朱启升,张德文,等. 不同覆盖物覆盖对旱作水稻田间生态环境及产量的影响[J]. 安徽科技学院学报,2006,20(5):1–5.

[11] 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.

[12] 曹继华,刘樱,赵小蓉,等. 不同秸秆覆盖耕作方式对稻—油轮作土壤理化性状的影响[J]. 西南农业学报,2011,24(6):2101–2105.

(责任编辑:郭学兰)