

新疆春油菜冬播对产量和品质的影响

李强^{1,2} 贾东海² 顾元国² 王娟² 侯献飞² 李昂² 苏君红³ 陈跃华² 王志敏^{1*}

(1. 中国农业大学 农学院,北京 100093;

2. 新疆农业科学院 经济作物研究所,乌鲁木齐 830091;

3. 新疆塔城裕民县农业技术推广中心,新疆 塔城 834800)

摘要 为克服春油菜区早春播种出苗困难并解决生育后期干热风对产量的不利影响,在新疆农业科学院安宁渠试验场以春油菜品种‘新油17号’为材料,采用春油菜冬前播方法,分析了不同冬播期对春油菜越冬成苗与出苗率、生育期、农艺性状、光合性能、产量和品质等的影响。结果表明,冬前播种年后出苗的各处理(10月25日—11月14日)越冬成苗率在73.5%~91.5%,10月15日之前播种,越冬成苗率最低,在10月底—11月初播种(临冬封冻前播种)寄籽入土,冬前不出苗,则能安全越冬,越冬成苗率可达90%。在10月30日播种,参试品种的主要光合特性指标、主要农艺性状、产量和品质均优于翌年4月8日播种,且产量增加幅度达40%以上。由此可见,适时冬播是提高新疆春油菜产量和品质的有效途径。

关键词 春油菜; 播期; 冬播; 光合特性; 产量

中图分类号 S565.4

文章编号 1007-4333(2019)08-0027-14

文献标志码 A

Effect of sowing before winter on the yield and quality of spring rapeseed in Xinjiang

LI Qiang^{1,2}, JIA Donghai², GU Yuanguo², WANG Juan², HOU Xianfei², LI Ang²,

SU Junhong³, CHEN Yuehua², WANG Zhimin^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100093, China;

2. Institute of Industrial Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;

3. Xinjiang Tacheng Yumin County Agricultural Technology Extension Station, Tacheng 834800, China)

Abstract In order to solve the difficulty of seedling emergence in early spring and improve the adverse effect of dry and hot air on yield at the late growth period of spring rapeseed, an experiment of sowing spring rape in winter was carried out. Spring rape variety ‘Xinyou 17’ was used to study the characteristics of seedling rate, growth period, agronomic characters, photosynthetic performance, yield and quality of spring rape at different sowing dates of Anningqu Xinjiang. The results showed that the overwintering seedling rate was 73.5% – 91.5% in the pre-winter sowing and post-winter emergence treatments (Oct. 25 to Nov. 14). The lowest seedling rate occurred when the sowing was done before Oct 15. Sowing from late October to early November (sowing before freezing season in winter), with seed into the soil and no seedling before winter, the spring rape could safely overwinter and the overwinter seedling rate reached 90%. The sowing period from late October to early November was the best sowing date. The main photosynthetic characteristics, main agronomic characters, yield and quality of the tested variety sown on October 30 were superior to those sown on April 8 next year, and its yield increased by more than 40%. In conclusion, spring rape sowing in winter was effective way to improve yield and quality.

Keywords spring rape; sowing date; winter sowing; photosynthetic characteristics; yield

收稿日期: 2018-09-24

基金项目: 自治区科技支疆项目(2016E02009); 国家油菜产业技术体系建设专项(CARS-13)

第一作者: 李强, 博士研究生, E-mail: lq19820302@126.com

通讯作者: 王志敏, 教授, 主要从事作物抗逆生理方面的研究, E-mail: zhimin206@263.net

春油菜主要分布在我国西北部高海拔高纬度地区,面积约占全国油菜面积 10%^[1-2]。新疆作为全国主要春油菜产区,面积常年保持在 13 万 hm²,因受春季积雪消融、土壤化冻和气候条件变化的影响,春油菜春播时间很不稳定,常因早春土壤上部解冻较快、下部解冻较慢而造成田间土壤表层积水或含水量过高而无法按期播种,而播期推迟会导致春油菜生长发育后期处于高温期,灌浆受到影响使籽粒发育不良^[3-5];另外,春季多风,整地加剧土壤水分蒸发,不利于保墒,影响出苗。这些不利因素影响春油菜丰产性和稳产性。解决这些问题,需要探索新的栽培方法^[6]。为了克服春小麦春播的种种弊端,20 世纪 50 年代起新疆等地实行春小麦冬播栽培(俗称“包蛋麦”)^[4-7],且沿用至今。目前,尚未有春油菜冬播栽培方面的研究报道。本研究以当地春油菜品种为材料,开展 3 年不同的冬、春播期试验,比较分析不同冬播时期对春油菜生长发育、光合特性及产量、品质性状等的影响,探讨春油菜区春油菜冬播栽培的可行性及效果,旨在为春油菜高产栽培提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

油菜品种为‘新油 17 号’,由新疆农业科学院经济作物研究所选育,为春性中早熟甘蓝型杂交品种。

1.2 试验区概况

试验于 2014—2016 年在新疆农业科学院安宁渠试验场开展。试验地点地处 43°77′ N, 87°17′ E, 年平均气温 5~7 °C, 冬季平均气温 -11.9 °C, 极端最低气温 -30 °C, 最大冻土层 79 cm, 年降水量 150~200 mm, 蒸发量 1 600~2 200 mm, 属于干旱半干旱荒漠气候带农业区。试验地土壤为灰漠土, pH 8.5~10.0, 有机质含量 21.9 g/kg, 全氮含量 1.13 g/kg, 速效磷含量 70.7 mg/kg, 速效钾含量 347.4 mg/kg。

1.3 试验处理

试验采用随机区组设计,3 次重复。设 8 个播期: D1, 10 月 5 日; D2, 10 月 15 日; D3, 10 月 25 日; D4, 10 月 30 日; D5, 11 月 4 日; D6, 11 月 9 日; D7, 11 月 14 日; D8, 4 月 8 日(翌年)。设计密度为 37.5 万株/hm², 小区面积 24 m²。行距 30 cm、株距 9 cm, 开沟条播。播后按常规大田管理, 3 叶期间苗, 5 叶期定苗。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 生长发育进程调查

记载播种期、出苗期、现蕾期、初花期、盛花期、终花期和成熟期; 考察出苗率或越冬成苗率(冬前播期冬后越冬成苗数与冬前播种数之比)。

1.4.2 叶面积指数调查

分别于苗期、现蕾期、花期和角果期进行取样, 每次在每小区取样 10 株, 测定绿色叶片长宽(叶长为除去叶柄后的实际长度, 叶宽为叶片最宽处的宽度), 计算叶面积及叶面积指数^[8]。

1.4.3 叶绿素含量测定

于苗期、现蕾期、初花期、盛花期、终花期和成熟期, 每小区连续取 3 个植株取功能叶片(苗期、现蕾期和初花期为倒 4 叶, 盛花期、终花期和成熟期为第 1 片无柄叶), 采用丙酮-乙醇混合液浸提叶绿素, 分光光度法测叶绿素含量^[9]。

1.4.4 光合参数测定

分别在油菜苗期、现蕾期、盛花期和终花期, 采用美国 LICOR 公司生产的 Li-6400 便携式光合仪测定叶片净光合速率(P_n), 同时检测气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)、胞间二氧化碳浓度(C_i)和饱和蒸气压亏缺(V_{pd}), 水分利用效率(WUE)按照 P_n/T_r ^[10]进行计算。测定部位选取油菜顶部倒数第 4 片完全展开的中间叶片, 叶片被测部位均在叶片的基部最宽处, 并且避开中脉, 重复测定 3 次。

1.4.5 干物质积累量测定

分别在苗期、现蕾期、初花期、盛花期和成熟期在每小区取 5 株全株样品洗净、105 °C 杀青、80 °C 烘干后测定植株地上部和地下部干物质积累量。

1.4.6 主要农艺性状调查

在成熟期每小区随机选取 10 株考种, 测定株高、分枝部位及分枝数、全株角果数、果粒数、千粒重和单株产量。在收获期对试验小区(每小区实收面积 14 m²)进行收割脱粒测产。用近红外仪(FOSS NIR Systems)检测含油率、硫甙含量和蛋白质。

1.5 数据分析

数据处理采用 Excell 2007、SPASS 19.0 和 GraphPad Prism 5 软件进行分析, Microlite-U 盘型温度记录仪记录地面积温变化。

2 结果与分析

2.1 播种期对越冬成苗率的影响

不同播期, 春油菜越冬成苗率差异显著

(表1),其中D1、D2处理下,春油菜出苗后不能安全越冬,越冬成苗率仅为9%~12%,随着播期的推迟,春油菜在越冬之前无法出苗,均在翌年出

苗,成苗率在70%~90%,D4(10月30日)处理出苗率平均高达90.6%,而D8处理平均出苗率为94.20%。

表1 播期对春油菜冬播越冬成苗率的影响

Table 1 Effect of sowing date in winter on the seedling growth rate of spring rape

处理 Treatment	年度 Year	越冬成苗率或出苗率/% Wintering seedling or emergence rate	平均 Average
D1	2014—2015	12.76±0.49 e	12.06±0.70 e
	2015—2016	11.36±1.02 f	
D2	2014—2015	10.03±0.61 a	9.28±0.75 f
	2015—2016	8.53±1.70 a	
D3	2014—2015	80.50±1.04 bc	81.90±1.40 bc
	2015—2016	83.30±0.62 c	
D4	2014—2015	89.70±0.55 a	90.60±0.90 a
	2015—2016	91.50±0.65 b	
D5	2014—2015	82.50±1.48 b	84.00±1.50 b
	2015—2016	85.50±0.94 c	
D6	2014—2015	78.40±0.63 c	79.45±1.05 c
	2015—2016	80.50±0.46 d	
D7	2014—2015	73.50±1.36 d	75.00±1.50 d
	2015—2016	76.50±1.40 e	
D8	2014—2015	92.80±0.93 a	94.20±1.40 a
	2015—2016	95.60±0.57 a	

注:播期处理 D1, 10-05; D2, 10-15; D3, 10-25; D4, 10-30; D5, 11-04; D6, 11-09; D7, 11-14; D8, 04-08(翌年)。小写字母表示不同播期之间的差异达5%显著水平。下同。

Note: The sowing date D1, 5th October; D2, 15th October; D3, 25th October; D4, 30th October; D5, 4th November; D6, 9th November; D7, 14th November; D8, 8th April (the following year). Lowercase letters indicate significant difference among sowing dates at 0.05 level. The same below.

2.2 播种期对生育进程的影响

不同播期下春油菜出苗时间、生育进程差异较大(表2)。D1(10月5日)、D2(10月15日)处理在冬前出苗,D3、D4、D5、D6和D7处理皆于冬后(3月23—28日)出苗,但其出苗时间比春播处理(D8)提早22~27 d。随着播种期推迟,春油菜现蕾期、初花期、盛花期、终花期和成熟期推迟,生育期均相应缩短;播种-出苗与初花-盛花持续时间均呈现先增加后减少趋势;出苗-现蕾持续时间呈现先减少后增加

趋势;盛花-终花、终花-成熟阶段的持续时间均呈现逐渐减少趋势。其中以苗期和花期阶段在处理间变异幅度较大,如D1、D2的苗期阶段持续时间为183~201 d(包括越冬期),其余处理苗期持续时间为30~33 d,相差147~171 d。初花期和盛花期阶段D8处理分别为8和14 d,与其余处理间相差4~8 d。

不同播期生长发育过程中所处的温度环境不同,各生育时期所需积温差异较大,是引起生育期差

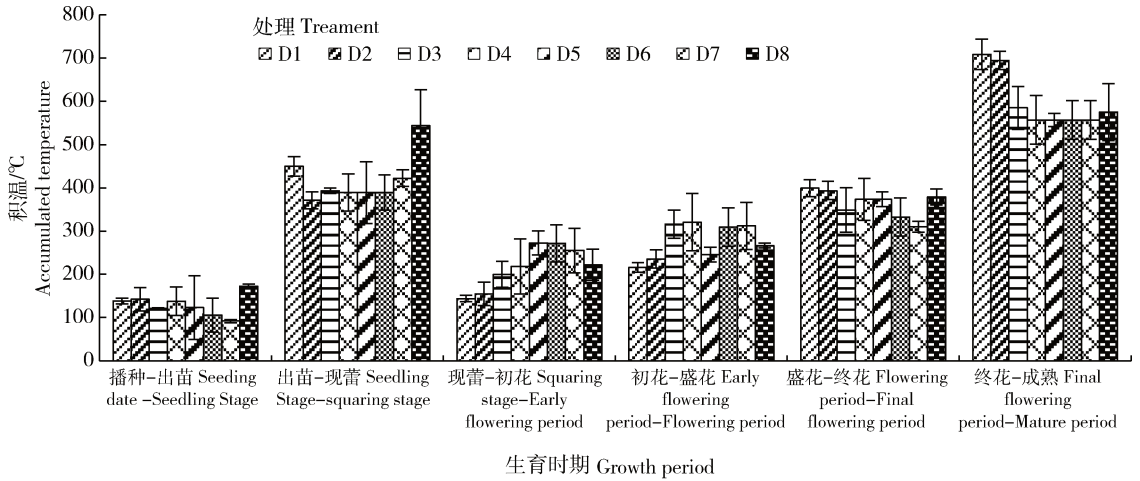
表2 播期对春油菜生育时期的影响

Table 2 Effect of different winter sowing date on spring rapeseed

处理 Treatment	播种期 Sowing	出苗期 Emergence	现蕾期 Bud stage	初花期 Start of flower	盛花期 Full of flower	终花期 End of flower	成熟期 Mature	播种期- 出苗期/d Sowing to emergence	出苗期- 现蕾期/d Emergence to bud stage	现蕾期- 初花期 Bud stage to start of flower	初花期- 盛花期/d Start of flower to full of flower	盛花期- 终花期/d Full of flower to end of flower	终花期- 成熟期/d End of flower to mature	全生育 天数/d Growth period
D1	10-05	10-17	04-17	04-25	05-07	05-27	06-24	12 e	183 b	8 c	12 b	20 a	28 a	261 a
D2	10-15	11-07	04-20	04-28	05-11	05-30	06-26	23 c	201 a	8 c	13 b	19 b	27 a	253 b
D3	10-25	03-23	04-25	05-06	05-22	06-06	06-28	148 a	33 c	11 b	16 a	15 c	22 b	245 c
D4	10-30	03-28	04-27	05-09	05-25	06-09	06-30	148 a	30 e	12 b	16 a	15 c	21 b	242 c
D5	11-04	03-28	04-28	05-13	05-25	06-09	06-30	143 a	31 de	15 a	12 b	15 c	21 b	237 d
D6	11-09	03-28	04-27	05-12	05-27	06-09	06-30	138 b	30 e	16 a	14 a	12 d	21 b	234 d
D7	11-14	03-28	04-29	05-13	05-28	06-09	06-30	133 b	32 cd	16 a	13 b	12 d	21 b	227 e
D8	04-08	04-20	05-20	05-30	06-09	06-23	07-14	12 e	30 e	10 b	8 c	14 c	21 b	97 f

异较大的主要原因之一。随着播期推迟,播种至现蕾期所需积温呈现先降低、后增加的趋势,现蕾至盛花期呈现先增加、后降低趋势,盛花至成熟期呈现缓慢降低趋势(图 1)。与春播(D8)相比,各冬播处理现蕾期明显提早,虽然播种-现蕾期经历时间较长,

但期间温度较低,所需积温明显低于春播处理。现蕾期-盛花期冬播各处理历时比春播处理较长,所需积温除 D1、D2 外其他处理均高于春播处理。终花-成熟期经历的时间以 D1、D2 最长,所需积温最高,其他各处理基本相近。



播期处理: D1, 10-05; D2, 10-15; D3, 10-25; D4, 10-30; D5, 11-04; D6, 11-09; D7, 11-14; D8, 04-08(翌年)。下同。

The sowing date, D1, 5th October; D2, 15th October; D3, 25th October; D4, 30th October; D5, 4th November; D6, 9th November; D7, 14th November; D8, 8th April (the following year). Lowercase letters indicate significant difference among sowing dates at 0.05 level. The same below.

图 1 各处理不同生育时期的积温动态变化

Fig. 1 Dynamic change of accumulated temperature in spring rapeseed under different winter sowing date

2.3 冬播对春油菜叶绿素含量及光合特性的影响

不同播期的叶面积指数与叶绿素含量随生育进程均呈现先增后降的变化(图 2 和图 3)。叶面积指

数的峰值 D1 和 D2 处理提前至初花期,其他处理均在盛花期。叶绿素含量在苗期各处理间没有明显差异,随着生育推进,叶绿素含量增长加快,在盛花期

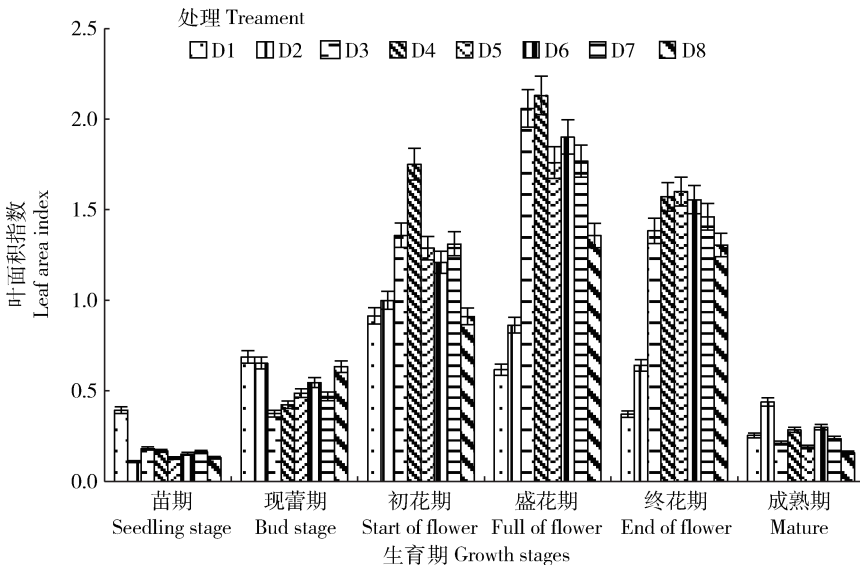


图 2 播期对春油菜叶面积指数的影响

Fig. 2 Effect of different winter sowing date on LAI of spring rapeseed

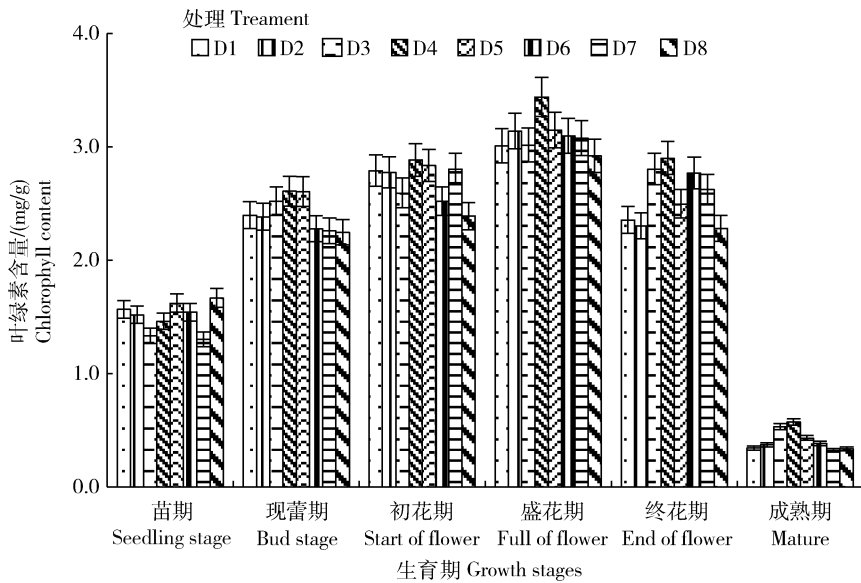


图3 播期对春油菜叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effect of different winter sowing date on the chlorophyll content of spring rapeseed

达到峰值,且处理间出现一定差异性,其中以 D4 处理叶绿素含量值最高,为 3.44 mg/g。D8 处理叶绿素含量值最低,为 2.91 mg/g。在终花期后叶绿素含量均迅速下降,此时各处理间差异不明显。

由图 4~图 9 可知,各处理叶片光合速率(P_n)值均随着生育时期推进呈先增加后降低的趋势。在峰值期(盛花期),播期间以 D4 处理最高,其比 D1 和 D8 分别高 12.9% 和 21.7%。不同处理间气孔导度(G_s)在盛花期差异不显著,其余时期呈现显著差异性,总体表现为 $D4 > D5 > D3 > D6 > D2 > D7 >$

$D1 > D8$ (图 5)。蒸腾速率(T_r)、胞间二氧化碳浓度(C_i)、饱和蒸汽压亏缺值(V_{pd})的变化与 P_n 变化趋势基本相同,播期间比较均以 D4 处理最高,如图 6 图 7 和图 8。 T_r 在峰值期 D4 处理分别比 D1 和 D8 高 11.1% 和 14.2%; C_i 在峰值期 D4 处理分别比 D1 和 D8 高 8.5% 和 9.6%; V_{pd} 在峰值期 D4 处理分别比 D1 和 D8 高 35.9% 和 39.4%。水分利用效率(WUE)在不同处理间也存在一定差异性,苗期以 D7 和 D8 处理值较高,至终花期则以 D4 处理值较高,处理间差异不显著。

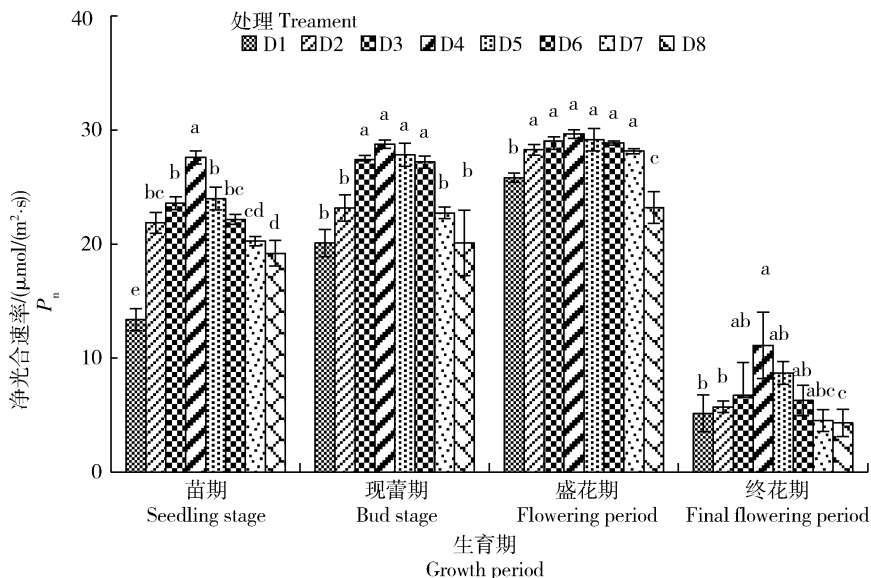


图4 播期对春油菜净光合速率的影响

Fig. 4 Effect of different winter sowing date on the net photosynthetic rate of spring rapeseed

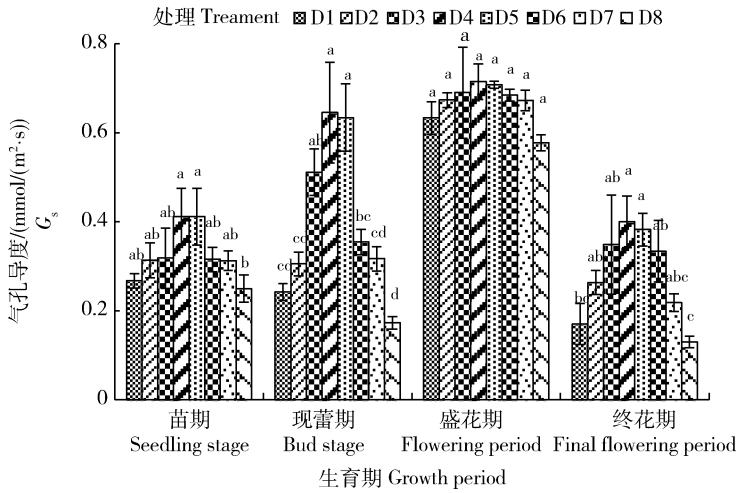


图 5 播期对春油菜叶片气孔导度的影响

Fig. 5 Effect of different winter sowing date on the stomatal conductance of spring rapeseed

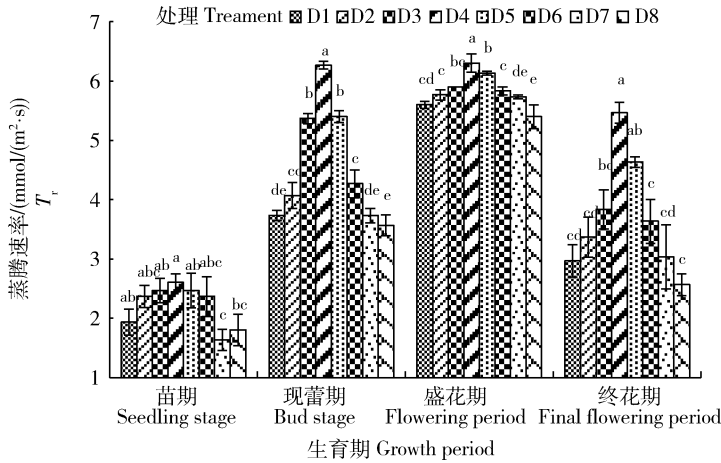


图 6 播期对春油菜蒸腾速率的影响

Fig. 6 Effect of different winter sowing date on the transpiration rate of spring rapeseed

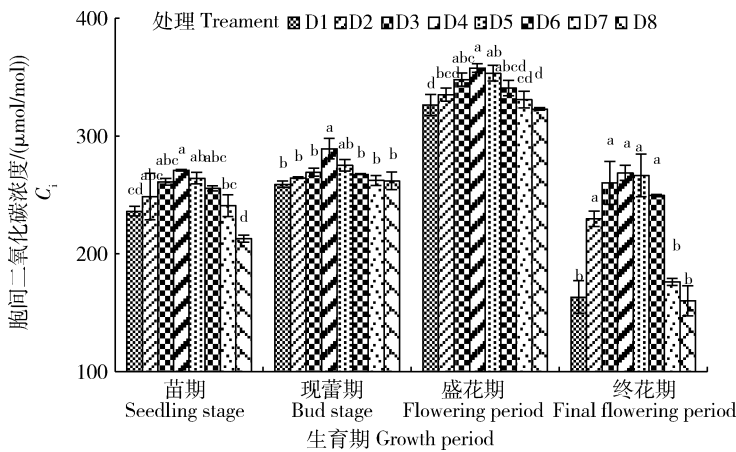


图 7 播期对春油菜胞间二氧化碳浓度的影响

Fig. 7 Effect of different winter sowing date on the intercellular CO_2 concentration of spring rapeseed

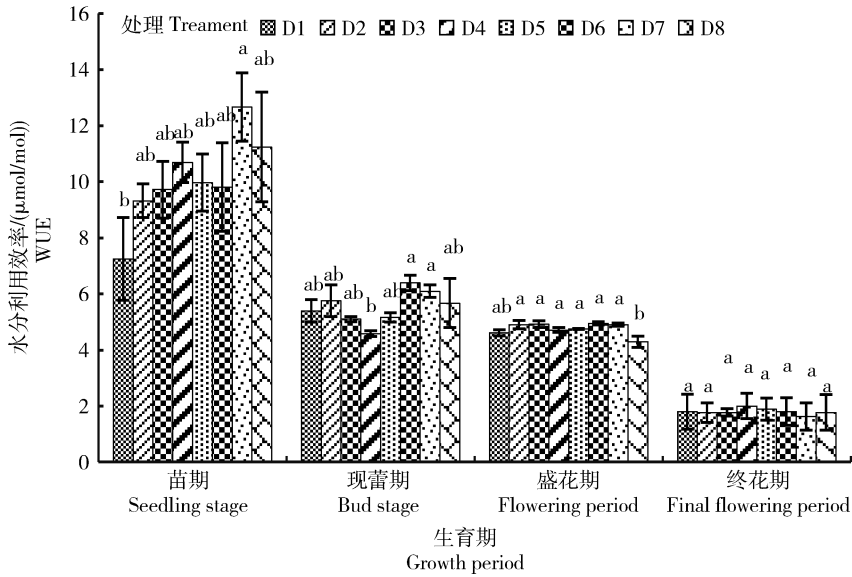


图8 播期对春油菜水分利用效率的影响

Fig. 8 Effect of different winter sowing date on the water use efficiency of spring rapeseed

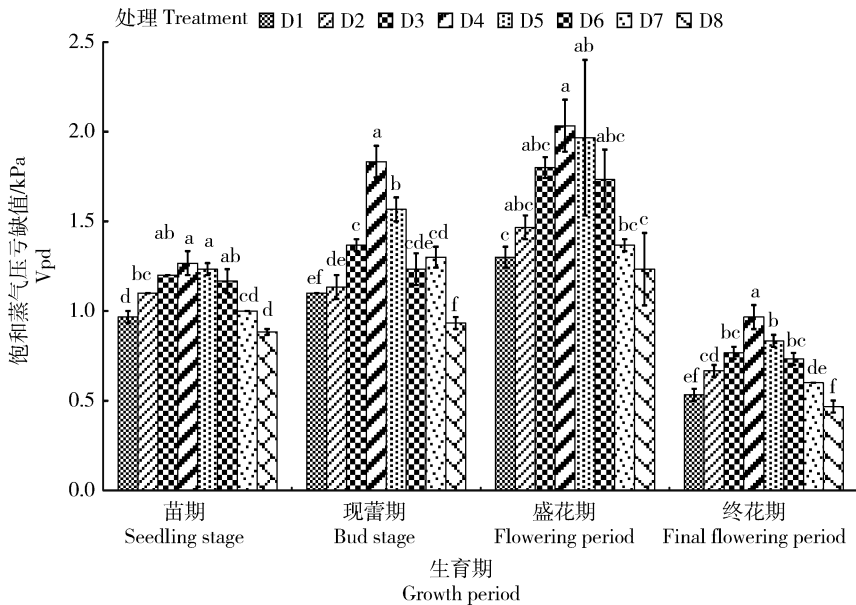


图9 播期对春油菜饱和和蒸汽压亏缺值的影响

Fig. 9 Effect of different winter sowing date on the vapor pressure deficit of spring rapeseed

2.4 冬播对春油菜干物质积累动态的影响

春油菜冬播和春播不同播期的干物质积累变化均呈前期慢后期快的增长动态,随着播期的推迟单株干物质积累呈现逐渐降低趋势(表3)。苗期至初花期以D1和D2处理干物质积累量较高,与其他处理间存在显著差异性。初花至成熟期干物质积累量以适期冬播干物质积累较快,而翌春播种较低。

如D4和D5处理的盛花期、成熟期干物质积累平均分别为11.58、42.27 g和10.63、28.53 g,而D8处理分别为7.44和21.02 g,明显小于D4和D5处理。这主要因为早春播种,气温升高较快,由于温度的影响,油菜花芽分化速度加快,导致整个生育进程加快,生育阶段缩短,干物质积累量随之降低^[11]。

表 3 播期对春油菜单株干物质积累动态的影响

Table 3 Effect of different winter sowing date on the dry matter accumulation of spring rapeseed g/plant

处理 Treatment	苗期 Seedling stage		现蕾期 Bud stage		初花期 Start of flower	
	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016
	D1	1.14±0.35 a	1.16±0.38 a	4.36±0.91 a	3.77±0.90 a	9.67±1.18 a
D2	0.96±0.28 ab	0.61±0.27 ab	3.34±0.84 ab	2.35±0.84 ab	7.02±1.12 ab	8.37±1.09 a
D3	0.89±0.24 ab	0.55±0.23 ab	3.12±0.80 ab	1.41±0.79 b	5.08±0.91 bc	3.77±0.88 c
D4	0.81±0.20 ab	0.48±0.19 ab	2.45±0.70 ab	1.37±0.62 b	5.87±0.96 bc	5.79±0.93 abc
D5	0.78±0.22 ab	0.40±0.16 ab	2.09±0.62 ab	1.32±0.59 b	3.79±0.82 c	4.11±0.81 bc
D6	0.65±0.20 ab	0.47±0.21 ab	1.57±0.56 b	1.31±0.57 b	3.69±0.93 c	5.38±0.91 abc
D7	0.58±0.16 ab	0.46±0.19 ab	1.79±0.55 b	1.23±0.51 b	3.39±0.83 c	3.17±0.80 c
D8	0.40±0.13 b	0.35±0.12 b	1.05±0.48 b	1.05±0.43 b	3.33±0.66 c	3.80±0.70 c

处理 Treatment	盛花期 Full of flower		成熟期 Mature	
	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016
	D1	16.06±1.97 a	12.46±1.86 ab	27.12±2.45 b
D2	17.60±1.84 a	15.92±1.71 a	29.09±2.37 b	38.51±2.07 b
D3	14.01±1.78 ab	12.34±1.58 ab	31.28±2.22 b	23.26±1.94 c
D4	13.08±1.70 abc	10.80±1.48 bc	38.43±2.11 a	46.11±1.74 a
D5	12.90±1.44 abc	8.35±1.28 bc	30.42±1.80 b	26.63±1.49 c
D6	9.94±1.39 bc	10.99±1.23 bc	28.29±1.63 b	34.17±1.47 b
D7	10.62±1.13 bc	10.73±1.12 bc	31.01±1.53 b	34.68±1.40 b
D8	7.91±1.02 c	6.98±0.67 c	19.78±1.04 c	22.26±1.20 c

2.5 冬播对春油菜农艺性状和产量的影响

冬、春不同播期对春油菜农艺性状影响见表 4，由表可知，不同处理间农艺性状差异显著，冬播各处理株高和分枝高度均低于春播处理。一次分枝、二次分枝、主序长度、角果长和角果粒数等均表现为冬播各处理高于春播处理，以 D4 处理各项性状指标值最高。

从不同播期对春油菜产量及产量性状的影响看(表 5)，处理间呈现显著差异性，单株各项产量性状指标均以 D4 处理最高，D8 处理最低，如单株有效角果数、千粒重和单株产量 D4 比 D8 分别增加 170

个、1.24 g 和 9.6 g。群体产量最低值出现在冬前 D1、D2 播期，由于冬前出苗后越冬死苗较多所致；产量最高为 D4 处理，为 3 296.9~3 512.1 kg/hm²，比翌年正常春播产量 2 331.1~2 395.4 kg/hm² 增产 41.4%~46.6%。

2.6 冬播对春油菜籽粒品质的影响

随着播期从冬到春变化，含油率呈先升高(D4 和 D5 最高)后降低趋势，硫甙含量呈下降趋势，蛋白质呈升高趋势(表 6)。方差分析结果表明，不同处理间存在显著差异。春播处理由于生育后期高温影响，造成角果不充分成熟，影响籽粒品质。

表4 播期对春油菜农艺性状的影响

Table 4 Effect of different winter sowing date on the agronomic characters of spring rapeseed

处理 Treatment	株高/cm Plant height		分枝高度/cm Branch position		一次分枝数 Primary branch number	
	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016
	D1	121.4±11.18 b	118.2±5.80 bcd	29.6±3.26 c	31.4±2.80 bc	4.9±0.41 ab
D2	117.7±11.20 b	119.1±4.19 bc	30.7±3.56 c	29.0±5.84 bcd	3.8±0.45 bc	4.4±0.22 bc
D3	112.8±10.21b c	119.2±2.44 bc	17.5±1.99 de	19.08±5.33cd	4.3±0.36 ab	4.9±0.62 ab
D4	119.2±10.63 b	124.4±3.18 ab	23.1±2.62 cde	25.5±3.96 cd	5.1±0.37 a	6.0±0.55 a
D5	119.1±10.43 b	121.6±3.40 bc	24.9±3.19 cd	23.3±7.15 cd	4.9±0.41 ab	5.5±0.56 ab
D6	109.0±9.52 c	112.0±2.64 cd	44.3±4.14 b	42.0±3.17 b	3.8±0.45 bc	4.1±0.31 bcd
D7	100.8±9.30 d	107.2±4.22 d	15.7±1.49 e	15.2±3.08 d	3.2±0.51 c	3.0±0.44 cd
D8	130.0±11.37 a	133.7±2.80 a	57.0±5.69 a	58.3±4.16 a	3.1±0.57 c	2.9±0.48 d

处理 Treatment	二次分枝数 Secondary branch number		主序长度/cm Available length of main inflorescence		角果长/cm Pod length	
	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016
	D1	6.4±0.82 bc	6.0±1.13 bc	38.5±4.47 ab	46.8±2.87 ab	6.20±0.38 a
D2	5.9±0.80 c	8.9±1.00 ab	35.5±4.27 ab	48.8±2.66 ab	5.82±0.30 ab	6.22±0.15 cd
D3	8.6±1.23 ab	10.7±1.40 a	35.9±4.40 ab	51.3±2.86 a	5.75±0.22 ab	6.34±0.11 bc
D4	10.6±1.34 a	12.1±1.55 a	45.3±4.55 a	53.4±2.00 a	6.15±0.15 a	6.75±0.05 a
D5	9.7±0.87 a	10.6±1.34 a	37.0±4.49 ab	51.5±3.62 a	6.02±0.12 ab	6.61±0.12 ab
D6	5.0±0.39 c	5.8±0.61 bc	31.0±3.41 bc	43.0±2.55 b	5.69±0.15 b	5.97±0.05 de
D7	4.0±0.44 c	4.7±0.63 c	28.4±3.12 c	41.5±1.52 b	5.02±0.21 c	5.65±0.17 ef
D8	4.5±0.58 c	4.3±0.91 c	27.0±3.51 bc	41.4±2.82 b	5.04±0.29 c	5.46±0.06 f

表5 冬春播期对春油菜产量及相关性状的影响

Table 5 Effect of different winter sowing date on yield and yield characters of spring rapeseed

处理 Treatment	主序角果数 Pods of Main inflorescence		全株有效角果数 Total available pods		角果粒数 Seeds per pod	
	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016
	D1	38.5±4.34 ab	37.4±3.95 ab	196.0±32.26 b	187.8±30.41 b	23.6±2.15 bc
D2	35.5±3.62 bc	39.2±2.97 ab	178.1±23.12 b	188.8±21.01 b	21.3±1.86 cd	23.5±1.54 abc
D3	35.9±4.14 bc	39.6±3.58 ab	185.5±22.32 b	194.0±27.64 b	22.5±1.96 cd	24.2±0.86 abc
D4	45.3±4.71 a	46.0±3.27 a	284.1±28.09 a	291.7±38.21 a	25.3±2.16 cd	27.5±0.78 a
D5	37.0±3.61 b	39.8±2.75 ab	189.5±23.68 b	196.8±39.02 b	27.2±2.22 ab	27.2±1.04 ab
D6	31.0±3.43 bcd	32.9±4.93 b	159.0±18.41 bc	164.1±20.83 b	20.4±1.68 de	22.9±1.74 bc
D7	28.4±2.15 cd	30.9±1.28 b	149.7±16.39 bc	152.8±14.01 b	20.0±1.36 de	22.5±1.88 c
D8	27.0±3.07 d	28.9±3.62 b	114.0±11.39 c	113.6±7.35 b	18.1±1.23 e	20.0±1.03 c

处理 Treatment	千粒重/g 1 000-seed weight		单株产量/g Yeild per plant		产量/(kg/hm ²) Yield	
	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016	2014—2015	2015—2016
	D1	3.64±0.66 ab	3.54±0.02 c	9.1±0.82 bc	8.6±1.09 bc	436.5±110.79 f
D2	3.25±0.31 cd	3.61±0.01 c	8.6±0.86 c	9.4±1.87 ab	354.8±95.87 f	278.6±14.86 e
D3	3.42±0.21 bc	3.94±0.02 b	9.0±0.78 bc	9.9±1.74 ab	3 006.5±752 b	3 226.4±119 ab
D4	3.96±0.03 a	4.11±0.02 a	13.1±1.62 b	14.3±2.41 a	3 296.9±828 a	3 512.1±229 a
D5	3.83±0.29 a	3.97±0.04 ab	11.0±0.91 a	11.9±3.14 ab	3 133.5±782 ab	3 345.4±172 ab
D6	2.97±0.75de	3.06±0.02 d	6.9±0.34 cd	7.8±1.18 bc	2 790.6±696 c	2 988.2±117 bc
D7	2.69±1.07 e	2.75±0.12 e	6.0±0.30 d	6.8±0.65 bc	2 596.9±647 d	2 762.0±23 c
D8	2.72±1.32 e	2.74±0.01 e	3.5±0.60 e	3.6±0.76 c	2 331.1±581 e	2 395.4±53 d

表 6 播期对春油菜冬播籽粒品质的影响

Table 6 Effect of different winter sowing date on the seed quality of spring rapeseed

处理 Treatment	年度 Year	含油率/(g/100 g) Oil content	硫甙含量/(μ mol/g) Glucosinolate content	蛋白质含量/(g/100 g) Protein
D1	2014—2015	41.27 \pm 10.06 c	15.91 \pm 3.78 d	16.04 \pm 3.74 a
	2015—2016	42.55 \pm 0.38 c	16.69 \pm 0.99 a	15.97 \pm 0.61 g
D2	2014—2015	42.80 \pm 10.20 b	14.67 \pm 3.56 d	16.26 \pm 3.18 a
	2015—2016	43.97 \pm 0.07 b	15.62 \pm 0.72 a	17.01 \pm 0.23 f
D3	2014—2015	43.64 \pm 10.16 b	12.27 \pm 3.71 c	17.83 \pm 2.32 b
	2015—2016	44.33 \pm 0.28 b	12.97 \pm 0.49 b	19.11 \pm 0.36 d
D4	2014—2015	46.03 \pm 10.51 a	8.37 \pm 3.93 b	19.66 \pm 1.34 cd
	2015—2016	46.71 \pm 0.61 a	9.48 \pm 1.24 c	20.27 \pm 0.70 c
D5	2014—2015	39.05 \pm 8.51 d	6.90 \pm 3.08 cd	17.20 \pm 0.56 d
	2015—2016	40.17 \pm 0.07 d	7.74 \pm 0.53 d	18.00 \pm 0.79 e
D6	2014—2015	38.04 \pm 8.02 d	8.99 \pm 4.17 a	22.63 \pm 0.74 c
	2015—2016	38.67 \pm 0.29 e	9.07 \pm 0.13 c	22.64 \pm 0.44 b
D7	2014—2015	36.61 \pm 7.40 e	7.17 \pm 3.91 a	22.64 \pm 0.25 d
	2015—2016	37.45 \pm 0.49 f	8.02 \pm 0.18 d	23.39 \pm 0.46 ab
D8	2014—2015	34.40 \pm 6.61 f	6.79 \pm 3.73 a	22.94 \pm 0.44 d
	2015—2016	36.25 \pm 0.42 g	7.54 \pm 0.86 d	23.79 \pm 0.01 a

3 讨论

3.1 适宜的播期是春油菜冬播的关键

适宜的播期是油菜获得高产的关键因素之一^[9-12]。新疆冬季酷寒,春季少雨、多风、干旱,水分蒸发快,春油菜改春播为冬播栽培的关键是解决好安全越冬问题,而冬播时期对安全越冬和春季安全萌发生长有重要影响。黄华轩等^[13]对青海省春麦冬播增产原因与保苗技术进行探讨,指出灌水技术、适宜的播期是提高春麦冬播保苗率的关键技术。本研究结果表明,春油菜冬播期偏早、冬前出苗的则越冬死苗率较高,如 D1(10月5日)和 D2(10月15日)处理冬前出苗,越冬成苗率分别仅为 11.1%和 7.5%;当播期推迟到 10月25日之后,冬前不能出苗,其越冬成苗率能达 70%以上,10月30日播种其出苗成苗率可达 90%左右,为本试验区最适播期处理。适宜的冬播期相比于常规春播期,明显地有利于春油菜春季提早生长,促进春油菜提早成熟,且使产量形成期处于后期较好气候条件,从而促使春油

菜植株经济性状变优,产量增加。

3.2 春油菜冬播的农艺性状、产量显著优于春播

研究发现^[14-15],在青海和甘肃等地春麦冬播表现出不同的增产效应,主要原因有:1)冬播春麦提前发育,生长发育比春播早 10 d 左右,且冬播春麦苗期生长发育时间延长,幼穗分化提早,分化时间延长,奠定了春麦冬播穗大粒多的基础;2)春麦冬播后,扎根早,根系发达,能够较好的吸收土壤水分,减轻春季干旱;3)冬播后经过低温胁迫诱导,可以有效地降低春季(倒春寒)冻害影响,春播麦苗受冻率高达 52.7%,而冬播仅为 5.2%。本研究发现,春油菜不同播期处理下单株各项产量性状指标均以 D4(10月3日播种)处理最高,D8处理(春播)最低,群体产量最低值出现在冬前 D1和 D2播期,主要是因为越冬后成苗率较低;产量最高为 D4处理,比翌年正常春播增产达 41.4%~46.6%。

3.3 春油菜冬播的有关生长发育特性

干物质积累是生物学产量形成的基础^[16-19]。本研究结果表明,各播期处理在蕾苔期后油菜地上部

干物质积累均呈现快速增加趋势,这与刘晓伟等^[18]研究结果基本一致。但春油菜冬播处理与春播处理干物质积累呈显著差异性,在初花至成熟期干物质积累量主要以冬前适期播种干物质积累较高,而春播较低,这与冬播油菜提早开花,后期处于较好的光温条件有关。Rathke等^[19-20]研究认为,油菜籽产量同其地上部干物质积累量密切相关。本试验最终产量结果与最终干物质积累量结果基本吻合。

叶面积指数是反映植物群体生长状况的一个重要指标,适宜的叶面积指数有利于最终产量的提高^[2,21-23]。叶绿素含量的高低对于作物的光合性能有很大的影响^[24],在植物生长季节内,油菜叶绿素含量随生长进程的更替而逐渐变化。本试验结果表明,适宜冬播期油菜在产品形成期其绿色叶面积指数与叶绿素含量均高于其他处理,这与最终产量结果相一致。各处理叶面积指数与叶绿素含量均呈现“抛物线”增长趋势,以D4处理各项指标均最高。叶绿素含量各处理均在盛花期达到峰值,以D8处理值最低,其与D4处理相比降低0.53 mg/g。

作物90%~95%的干物质直接来自于光合作用。目前,对于春油菜冬、春播期对光合生理的影响未有研究报道。本试验结果表明,偏早播和偏晚播的油菜光合参数均呈现降低趋势,处理间均呈现显著差异性。 P_n 、 G_s 、 T_r 、 C_i 和 V_{pd} 各参数指标在峰值期均以适期冬播D4处理值最高。叶片WUE指标随着生育期进程呈现逐渐降低趋势,生育前期以晚播处理值较高,而至生育后期以冬前适期播种叶片WUE值最高。

3.4 春油菜冬播的生长发育与积温的关系

积温对油菜产量及品质影响方面的研究报道很多^[22-25]。Baux研究表明,油菜在开花后积温达470℃时,籽粒千粒重增加1.0g,而当积温上升到800℃时,千粒重则随之停止增加,油菜终花后积温范围应为550~850℃,而含油量增长最快是在积温量达到900℃时^[25]。本研究发现春油菜冬播,在适宜的播期(如D4)下,种子冬后较早出苗,播种-出苗的积温较低,苗期经历时间较长,但现蕾期比春播处理显著提早,播种-现蕾期所需积温明显较低。冬播处理成熟期提前,但花后至成熟期的积温并不低于春播处理,均达到580℃以上。适宜的冬播期后期温度适宜,积温较高,产量和品质均较好。

4 结论

新疆春油菜产区,由于翌年春季降雪覆盖,导致

春油菜播期推迟,产量大幅下降,通过研究播期对春油菜冬播后成苗率、生育期、主要光合特性及主要农艺性状、产量的影响,结果表明,10月15日之前播种,越冬成苗率最低,在10月底—11月初播种(临冬封冻前播种),寄籽入土,冬前不出苗,则能安全越冬,越冬成苗率可达90%,在10月30日播种,参试品种的主要光合特性指标、主要农艺性状、产量和品质均优于翌年4月8日播种,且产量增加幅度达40%以上。因此,在新疆春油菜产区,进行春油菜适期冬播可以有效提高春油菜产量和品质。

参考文献 References

- [1] 任军荣,李殿荣.春油菜生产中的几个问题[J].种子世界,2007(9):56-57
Ren J R, Li D R. Several problems in spring rape production [J]. *Seed World*, 2007(9):56-57 (in Chinese)
- [2] 王强,魏慧.不同播期下油菜叶面积指数及干物质积累与产量的关系[J].作物研究,2016,30(1):4-7
Wang Q, Hui H. Relationship between leaf area index and dry matter accumulation and yield of oil rape under different sowing dates[J]. *Crop Research*, 2016, 30(1):4-7 (in Chinese)
- [3] 王晓玲.不同播期对油菜品种中双9号农艺性状和产量性状的影响[J].安徽农业科学,2007,35(30):9480-9481
Wang X L. Effects of different sowing dates on agronomic traits and yield traits of rape variety Zhong Shuang 9 [J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(30):9480-9481 (in Chinese)
- [4] 费维新,王淑芬,李强生,吴晓芸,陈凤祥,侯树敏,荣松柏,郝仲萍,高智谋,胡宝成.冬油菜适当迟播有效减轻油菜根肿病[J].中国油料作物学报,2016,38(4):502-507
Fei W X, Wang S F, Li Q S, Wu X T, Chen F X, Hou S M, Rong S B, Hao Z P, Gao Z M, Hu B C. Winter rapeseed properly late sowing effectively alleviated rape root knot disease[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2016, 38(4):502-507 (in Chinese)
- [5] 姜海杨,孙万仓,曾秀存,方彦,陈姣荣,史鹏辉,赵彩霞,何丽.播期对北方白菜型冬油菜生长发育及产量的影响[J].中国油料作物学报,2012,34(6):620-626
Jiang H Y, Sun W C, Zeng X C, Fang Y, Chen Y R, Shi P H, Zhao C X, He L. Effect of sowing date on growth and yield of winter rape in Northern China [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2012, 34(6):620-626 (in Chinese)

- [6] 官春云. 优质油菜生理生态和现代栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013
Guan C Y. *Physiology and Ecology and Modern Cultivation Techniques of High Quality Rape*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013 (in Chinese)
- [7] 彭运生, 刘恩. 关于提取叶绿素方法的比较研究[J]. 北京农业大学学报. 1992, 18(3): 247-250
Peng Y S, Liu E. A comparative study on the methods of extracting chlorophyll [J]. *Journal of Beijing Agricultural University*, 1992, 18(3): 247-250 (in Chinese)
- [8] 张耀文, 王竹云, 李殿荣, 张新, 陈文杰, 田建华. 甘蓝型油菜角果光合日变化特性的研究[J]. 西北农业学报. 2008, 17(5): 8-10
Zhang Y W, Wang Z Y, Li D R, Zhang X, Chen W J, Tian J H. Studies on diurnal variation characteristics of photosynthesis in pod of *Brassica napus*[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2008, 17(5): 8-10 (in Chinese)
- [9] 张朋飞, 孙万仓, 武军艳, 方彦, 张俊杰, 姜海杨, 陈姣荣, 李学才. 北方旱寒区冬油菜花芽分化过程观察[J]. 西北农业学报, 2011, 20(11): 60-65
Zhang P F, Sun W C, Wu J Y, Fang Y, Zhang J J, Jiang H Y, Chen J R, Li X C. Observation on the flower bud differentiation process of winter rape in Northern dry and cold region[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2011, 20(11): 60-65 (in Chinese)
- [10] 曹生奎, 冯起, 司建华, 常宗强, 卓玛措, 席海洋, 苏永红. 植物叶片水分利用效率研究综述[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3882-3892
Cao S K, Feng Q, Si J H, Chang Z Q, Zhuo M C, Xi H Y, Su Y H. Summary on the plant water use efficiency at leaf level[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(7): 3882-3892 (in Chinese)
- [11] 吴永成, 徐亚丽, 彭海浪, 李壮, 牛应泽. 播期及种植密度对直播油菜农艺性状和产量品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 534-536
Wu Y C, Xu Y L, Peng H L, Li Z, Niu Y Z. Effects of sowing date and planting density on agronomic traits, yield and quality of direct-seeded rapeseed [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 28(2): 534-536 (in Chinese)
- [12] 张晓龙, 何俊龙, 宋海星, 荣湘民, 官春云. 播期、密度和施肥量对直播油菜重要农艺性状与产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014(5): 70-73
Zhang X L, He J L, Song H X, Rong X G, Guan C Y. Effects of sowing date, density and fertilization amount on important agronomic traits and yield of direct-seeded rapeseed[J]. *Soils and Fertilizers Sciences in China*, 2014(5): 70-73 (in Chinese)
- [13] 黄华轩, 容珊, 唐联坤, 叶英春. 青海省春麦冬播增产原因与保苗技术的探讨[J]. 中国农业科学, 1962(10): 39-42
Huang H X, Rong S, Tang L K, Ye Y K. Reasons for yield increase and seedling preservation techniques of winter sowing of spring wheat in Qinghai Province[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1962(10): 39-42 (in Chinese)
- [14] 史华伟, 孙黛珍, 王曙光, 史雨刚, 杨进文, 闫雪, 王绘艳, 景瑞莲, 范华. 冬播春性小麦产量相关性状与抗旱性的关系研究[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(3): 12-22
Shi H W, Sun D Z, Wang S G, Shi Y G, Yang J W, Yan X, Wang H Y, Jing R L, Fan H. Study on the relationship between yield-related traits and drought resistance of winter-sown spring wheat[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22(3): 12-22 (in Chinese)
- [15] 李放. 春麦冬播的优越性和田间技术的初步研究[J]. 中国农业科学, 1961(1): 20-23
Li F. A preliminary study on the superiority of winter sowing of spring wheat and its field techniques[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1961(1): 20-23 (in Chinese)
- [16] 赵东霞, 牛俊义, 闫志利, 张东昱, 张艳明, 俞兴芳. 不同地表覆盖方式油菜花后干物质积累与分配规律研究[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 20(3): 31-34
Zhao D X, Niu J Y, Yan Z L, Zhang D Y, Zhang Y M, Yu X F. Study on dry matter accumulation and distribution after flowering in rapeseed under different surface mulching methods [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2012, 20(3): 31-34 (in Chinese)
- [17] 汤亮, 朱艳, 鞠昌华, 曹卫星. 油菜地上部干物质分配与产量形成模拟模型[J]. 应用生态学报, 2007, 18(3): 526-530
Tang L, Zhu Y, Yan C H, Cao W X. Modeling of dry matter distribution and yield formation in rapeseed shoots[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(3): 526-530 (in Chinese)
- [18] 刘晓伟, 鲁剑巍, 李小坤, 卜容燕, 刘波. 直播冬油菜干物质积累及氮磷钾养分的吸收利用[J]. 中国农业科学, 2011, 44(23): 4823-4832
Liu X W, Lu J W, Li X K, Bu R Y, Liu B. Dry matter accumulation and nitrogen, phosphorus and potassium uptake and utilization of winter rape[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(23): 4823-4832 (in Chinese)

- [19] Rathke G W, Christen O, Diepenbrock W. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L) grown in different crop rotations[J]. *Field Crop Research*, 2005, 94(2): 101-113
- [20] Rathke G W, Behrens T, Diepenbrock W. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L): A review[J]. *Agriculture Ecosyst Environ*, 2006, 117(2): 80-108
- [21] 沈姣姣, 王靖, 徐虹, 潘学标, 李建科, 高红燕. 播期对农牧交错带春油菜生长发育、产量形成和水分利用效率的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(8): 59-64
Shen J J, Wang J, Xu H, Pan X B, Li J K, Gao H Y. Effects of sowing date on growth and development, yield formation and water use efficiency of spring rapeseed in agro-pastoral ecotone [J]. *Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition*, 2013, 41(8): 59-64 (in Chinese)
- [22] 廖桂平, 官春云. 不同播期对不同基因型油菜产量特性的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 853-858
Liao G P, Guan C Y. Effects of different sowing dates on yield characteristics of different genotypes of rapeseed[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(6): 853-858 (in Chinese)
- [23] Hibberd J M, Covshoff S. The regulation of gene expression required for C4 photosynthesis[J]. *Annual Review of Plant Biology*, 2010, 61(1): 181-207
- [24] 程建峰, 沈允钢. 作物高光效之管见[J]. 作物学报, 2010, 36(8): 1235-1247
Cheng J F, Shen Y G. Humble opinion on high photosynthetic efficiency of crops[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2010, 36(8): 1235-1247 (in Chinese)
- [25] Baux A, Hebeisen T, Pellet D. Effects of minimal temperatures on low-linolenic rapeseed oil fatty-acid composition[J]. *European Journal of Agronomy*, 2008, 29(2-3): 102-107

责任编辑: 吕晓梅