

网络出版时间:2013-07-18 16:02

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130718.1602.017.html>

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

沈姣姣¹, 王靖², 徐虹¹, 潘学标², 李建科¹, 高红燕¹

(1 陕西省气象服务中心, 陕西 西安 710014; 2 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193)

[摘要] **【目的】**研究不同播期对农牧交错带春油菜生长发育和产量形成以及水分利用效率的影响, 为农牧交错带春油菜适期播种和高产栽培提供科学依据。**【方法】**采用随机区组设计, 分析了超早播(04-28)、早播(05-08)、中播(05-18)、晚播(05-28)和超晚播(06-08)5个播期下春油菜生育期、形态指标、产量形成和水分利用效率的差异。**【结果】**春油菜营养生长期、生殖生长期和全生育期均随播期的推迟而缩短, 播期每推迟10 d, 生育期缩短4~7 d, 生殖生长期在整个生育期中所占比例增加, 超早播最低, 为48.09%, 晚播和超晚播较高, 分别为54.70%和54.55%。5月中旬前播种, 春油菜营养生长前期气温偏低, 生育期内降水不足且多集中于后期, 地上部干物质积累较少。随播期的推迟, 春油菜株高、叶面积指数和地上部干物质生长迅速, 生育期结束时茎秆干质量占地上部干物质质量比例减少(晚播最小为29.5%), 角果干质量占地上部干物质质量比例增加(晚播最高为70.5%), 但超晚播处理茎秆干质量占地上部干物质质量比例增加(50.7%), 角果干质量占地上部干物质质量比例下降(41.8%)。春油菜单株角果数、产量和水分利用效率随播期的推迟而增加, 但超晚播春油菜的产量和水分利用效率比晚播春油菜出现了显著和极显著下降。**【结论】**建议农牧交错带春油菜适宜播种期安排在5月下旬。

[关键词] 播期; 生育期; 产量构成; 水分利用效率; 春油菜; 农牧交错带

[中图分类号] S565.404.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)08-0058-07

Effect of sowing time on growth, development, yield and water use efficiency of spring rape in agro-pastoral ecotone

SHEN Jiao-jiao¹, WANG Jing², XU Hong¹, PAN Xue-biao², LI Jian-ke¹, GAO Hong-yan¹

(1 Shaanxi Meteorological Service Center, Xi'an, Shaanxi 710014, China;

2 College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: **【Objective】** This study aimed to investigate the effects of sowing time on growth, development, yield formation and water use efficiency (*WUE*) of spring rape to achieve optimal sowing date and high yield of spring rape in agro-pastoral ecotone. **【Method】** Phenology, morphological index, yield formation and *WUE* of spring rape in five sowing-date treatments of 04-28, 05-08, 05-18, 05-28 and 06-08 were compared using randomized block design based on field experiments at Wuchuan County in Inner Mongolia. **【Result】** The results showed that duration of vegetative growth, reproductive growth and whole growth period of spring rape reduced with the postpone of sowing. Duration of the whole growth was shortened at a rate of 4—7 days averagely as the sowing date was postponed by 10 days, and ratio of the reproductive stage to whole growing period was increased to 48.09%, 54.70%, and 54.55% respectively under sowing-

* [收稿日期] 2012-10-15

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2012BAD09B02); 中国农业大学基本科研业务费项目(2012QJ164)

[作者简介] 沈姣姣(1986—), 女, 山西运城人, 助理工程师, 硕士, 主要从事应用气象服务研究。E-mail: 053431211@163.com

[通信作者] 王靖(1980—), 男, 内蒙古集宁县人, 副教授, 博士生导师, 主要从事气候变化影响与适应研究。

E-mail: wangj@cau.edu.cn

date treatments of 04-28, 05-28 and 06-08. If spring rape was planted before mid-May, lower air temperature in earlier vegetative growing period, insufficient precipitation during whole growing period and most of precipitation occurring in later growing period would result in inadequate aboveground dry matter accumulation. With the sowing date postponed, plant height, leaf area index (LAI) and aboveground dry matter of spring rape accumulated rapidly. At the end of growing period, ratio of dry stream to aboveground dry matter reduced to 29.5% (05-28), then increased by up to 50.7% (06-08), while ratio of dry pod to aboveground dry matter increased by up to 70.5% (05-28), then reduced to 41.8% (06-08). Number of pod per area, yield and WUE of spring rape increased as the sowing date postponed. Compared with treatment of 05-28, yield and WUE of treatment of 06-08 reduced at 0.05 and 0.01 significant level respectively.

【Conclusion】The appropriate sowing date of spring rape in agro-pastoral ecotone was late-May.

Key words: sowing date; phenology; yield formation; WUE; spring rape; agro-pastoral ecotone

我国油菜分为冬油菜和春油菜两大产区,以山东南部、河北南部、山西南部、陕西关中到甘肃东、南部为界,向南为冬油菜区,向北则为春油菜区,春油菜是我国北方高寒旱作区主要的油料作物之一^[1-2]。北方农牧交错带处于亚洲季风的尾闾,是东部农耕区与西部草原牧区相连接的半干旱生态过渡带,该区域降水主要集中于6—8月,年际间降水变率很大,是对气候变化响应最为敏感的区域之一,气候波动和变化对农牧交错带农牧业生产带来广泛影响^[3-4]。

分期播种试验可以分析不同气象条件对作物生长发育的影响,已被广泛用于作物适宜播种期的选择^[5-9]。关于不同播期对油菜生长发育的影响也有不少报道,如王国槐等^[10]研究表明,早播可以增加油菜冬前的生育时间,以分化出更多主茎叶数,也可多分枝奠定基础。廖桂平等^[11]研究也发现,冬前光温资源可以促进早播油菜冬发,以建立强大的营养体,为形成更多更大的分枝奠定基础,而晚播油菜由于气温下降,根系吸收能力较弱,无法形成较大的营养体,只能通过加大种植密度增加主茎数以获得高产。赵继献等^[12]研究表明,播期对甘蓝型杂交油菜群体干物质质量产生极显著影响,播期与施肥量的交互作用对群体干物质质量产生显著影响。但杨俊龙^[13]通过多因子栽培试验研究表明,不论是在土壤肥力较高还是较低的地区,播期对渭北旱原甘蓝型油菜产量的影响均不明显。朱艳等^[14]基于油菜播栽方案动态知识模型分析后认为,春油菜适宜播期主要由决策点的气候条件决定,越冬期结束后气温等于春油菜的生物学起点温度1℃的日期为春油菜的适宜播期。张惠玲等^[15]对甘肃省油菜生态气候适应性分析认为,冬油菜以气温16~18℃时为最佳播期,既可避免播种过早使苗期生长过旺,营养物质消耗过多,又可避免冬前抽苔而不能安全越冬;春油

菜以日平均气温稳定通过5℃日期为最佳播期,既可避免早、晚霜冻危害,又能使苗期处在适温范围内,花序和花芽分化充分,花朵数、角果数和有效分枝数增多,产量提高。

目前关于播期对油菜生长发育影响的研究多集中在冬油菜品种^[10-13],而有关不同播期对春油菜生长发育、产量形成和水分利用效率影响的系统研究却鲜有报道。本试验以农牧交错带地区春油菜为研究对象,探索播期改变对其生育期、形态指标、产量形成和水分利用效率的影响,为农牧交错带春油菜适期播种和高产栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2010年在农业部呼和浩特农牧交错带生态环境重点野外科学观测试验站(41°06'N, 111°28'E, 海拔1756m)进行。该试验站地处内蒙古武川县,属于旱半干旱大陆性气候,年平均气温2.7℃,0℃以上年积温平均为2578.5℃,多年平均降雨量为350mm,降水主要集中在7—8月份,占整个生长季的80%左右,年蒸发量约是降水量的5倍多,无霜期105d左右,年日照时数2955h,年总辐射6100MJ/m²,年平均风速3m/s,土壤以栗钙土为主。随着农业种植结构调整和市场需要,内蒙古武川县主要农作物种植结构,由1995年以前的“麦类作物为主”逐渐转变为“马铃薯、油料为主”^[16]。

1.2 研究方法

供试品种为当地春油菜主栽品种“大黄油菜”,采用分期播种方法,共设置超早播(04-28)、早播(05-08)、中播(05-18)、晚播(05-28)和超晚播(06-08)5个播期。试验采用随机区组设计,3个重复。小区面积24m²(4m×6m),南北行向,共15个小

区,总面积 360 m²,种植密度为 15 万株/hm²,采用穴播方式。播前一次施入氮 35 kg/hm²,磷 6 kg/hm²,钾 23 kg/hm²,其余时间不再做追肥处理。试验期间,为保证试验区内春油菜能正常出苗及安全完成整个生育期进程,分别于 06-01(13.1 mm)、06-28(38.2 mm)和 07-26(42.4 mm)进行人工补水。

采用平行观测的方法,记录春油菜出苗期、开花期、绿熟期和成熟期;自出苗后开始取样,每小区取样 5 株,超早播在 06-11,06-26,07-19,07-26,08-10 和 08-25 取样,早播在 06-11,06-26,07-27,08-10,08-27 和 09-05 取样,中播在 06-20,07-23,08-05,08-20 和 09-21 取样,晚播在 06-25,07-20,08-09,08-24 和 09-21 取样,超晚播在 07-18,07-30,08-15、08-30 和 09-24 取样。

取样时间尽量安排在清晨或傍晚,选取长势均匀的地块,将 1 m² 内油菜连根取出,拿回实验室测定株高、鲜质量。叶面积用便携式叶面积仪(LI-3000C)测定,将样品植株上所有叶片(除去发黄枯死叶片)逐一展开平铺到叶面积仪上测定总叶面积,换算成叶面积指数。然后分器官将根、茎秆、叶片、角果等各部分装袋,于干燥箱 105 ℃杀青 30 min 后,80 ℃烘干至恒质量,称干物质量。本研究中地上部干物质量包括茎秆、叶片和角果。成熟期在长势均匀的地段取 3 个重复,每个重复收获 1 m²,测定角果数、角果质量,折算成产量。

播前和收获时,土壤水分含量用土钻法分别在播种前一天和收获前一天清晨日出前测定,测定深度为 0~5,5~10,10~20,20~30,⋯,90~100 cm,取样后将土样拿回实验室称湿土质量,烘干后及时称干土质量。土壤水分贮存量是指一定深度或厚度的土壤中含水量的多少,以水层的深度(mm)计算,计算公式为:

$$V=R\times H\times W,$$

(1)

$$W=(M_w-M_d)/(M_d-M_b)。$$

(2)

式中: V 为土壤水分贮存量(mm), R 为土壤体积极质

量(g/cm³), H 为土层厚度(cm), W 为土壤质量含水量(%), M_w 为湿土质量, M_d 为干土质量, M_b 为铝盒质量。

作物田间耗水量按照农田水分平衡公式计算:

$$\Delta W=P+I+G-ET-R-D。$$

(3)

式中: ΔW 为土壤水分在某段时间内的变化值, P 为降水量(mm), I 为灌溉量(mm), G 为毛管上升水量(mm), ET 为作物田间耗水量(mm), R 为径流量(mm), D 为渗漏量(mm)。由于试验区土壤以旱坡地为主,土层浅薄,因此计算时可以忽略毛管上升水量 G 和渗漏量 D 。试验期间,仅在土壤湿度下降到接近凋萎点时进行补水,灌溉量 I 换算成同期降雨量。试验区为雨养旱作农业区,强降雨次数不多,且每次降水过程的降水量不大,基本上保留在试验区土壤中,故径流量 R 亦可忽略不计。因此本试验中农田水分平衡公式可简化为 $\Delta W=P-ET$,则

$$ET=P\pm\Delta W。$$

(4)

即作物某段时间内耗水量等于该时段内降水量与土壤含水量的变化值之和。

作物水分利用效率计算公式:

$$WUE=\frac{Y}{ET}。$$

(5)

式中: Y 为作物产量; ET 为作物整个生育期内耗水量。

生育期内气象数据来源于武川县气象局,主要观测项目包括降水量(mm)和气温(℃)。

1.3 数据处理

试验数据用 EXCEL 2003 和 DPS v7.05 进行处理和统计分析,并用 LSD 法进行差异显著性多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同播期春油菜生育期内气温和降水量的变化

2010 年 5 个播期下春油菜生育期内气温和降水量的变化见表 1。

表 1 2010 年春油菜生育期内的气温和降水量(含人工补水量)

Table 1 Air temperature and precipitation (include watering) during the growing period of spring rape in 2010

播期 Sowing date	播种—出苗 Sowing—Emergence		出苗—开花 Emergence—Flowering		开花—成熟 Flowering—Maturation	
	气温/℃ Air temperature	降水量/mm Precipitation	气温/℃ Air temperature	降水量/mm Precipitation	气温/℃ Air temperature	降水量/mm Precipitation
超早播 Super-early sowing	9.2	10.7	18.7	64.2	19.4	173.1
早播 Early sowing	12.1	13.0	19.9	67.8	18.8	164.2
中播 Middle sowing	15.4	20.6	20.7	56.5	18.1	184.6
晚播 Late sowing	17.0	20.7	22.0	48.9	17.6	200.6
超晚播 Super-late sowing	20.1	45.8	22.3	58.4	16.1	195.2

由表 1 可见,随播期推迟,春油菜播种至出苗期间气温升高,降水量(含人工补水量)明显增加;出苗至开花期间气温逐渐升高,超早播和早播处理降水量较多(64.2~67.8 mm),中播、晚播和超晚播处理降水量略偏少(48.9~58.4 mm);开花至成熟期间气温下降,而降水量有所增加。

2.2 不同播期对春油菜生育期的影响

由表 2 可知,春油菜生育期随播期推迟而缩短,播期每推迟 10 d,生育期缩短 4~7 d。随播期推迟,

春油菜播种至出苗期间气温升高,但土壤持续干旱,晚播和超晚播在 06-01(13.1 mm)和 06-28(38.2 mm)人工补水后才开始陆续出苗,各播期处理播种一出苗时间差异不显著(21~22 d)。05-18 后播种,随播期推迟,气温上升迅速,春油菜出苗至开花时间明显缩短,超晚播仅需 28 d。随播期推迟,春油菜营养生长期和生殖生长期均缩短,生殖生长期在全生育期中所占比例增加,超早播最低为 48.09%,晚播和超晚播较高,分别为 54.70%和 54.55%。

表 2 2010 年不同播期春油菜生育期和各生育期的间隔时间

Table 2 Growth period and intervals between growth stages of spring rape with different sowing dates in 2010

播期 Sowing date	出苗期 Emergence date	播种— 出苗 时间/d Days of sowing— emergence	开花期 Flowering date	出苗— 开花 时间/d Days of emergence— flowering	成熟期 Maturation date	开花— 成熟 时间/d Days of flowering— maturation	全生育期/d Days of growth period	营养生长期 (播种— 开花)/d Days of vegetative growth (sowing— flowering)	生殖生长期 (开花— 成熟)/d Days of reproductive growth (flowering— maturation)	生殖生长期占全 生育期 比例/% Ratio of reproductive stage in whole period
超早播 Super-early sowing	05-20	22	07-05	46	09-07	63	131	68	63	48.09
早播 Early sowing	05-29	21	07-12	44	09-11	62	127	65	62	48.82
中播 Middle sowing	06-08	21	07-19	41	09-19	61	123	62	61	49.59
晚播 Late sowing	06-19	22	07-20	31	09-22	64	117	53	64	54.70
超晚播 Super-late sowing	06-30	22	07-28	28	09-26	60	110	50	60	54.55

2.3 不同播期对春油菜生物性状的影响

2.3.1 株高和叶面积指数 从图 1(a)可以看出,不同播期春油菜株高表现出“缓慢增加-快速增加-稳定”的变化趋势,随播期推迟株高增加。超早播和早播春油菜株高在绿熟后 10~15 d 逐渐稳定,但由于生育期内仅出现约 246 mm 降水,且 65%左右的

降水集中在绿熟至成熟阶段,生育期结束时株高远低于其他播期处理。中播和晚播生育期内降水达到 260~270 mm,超晚播生育期内降水达 300 mm,绿熟至成熟阶段出现 50 mm 左右降水(约占整个生育期降水总量的 20%左右),生育期结束时中播和晚播株高均为 120 cm,超晚播株高达到 133 cm。

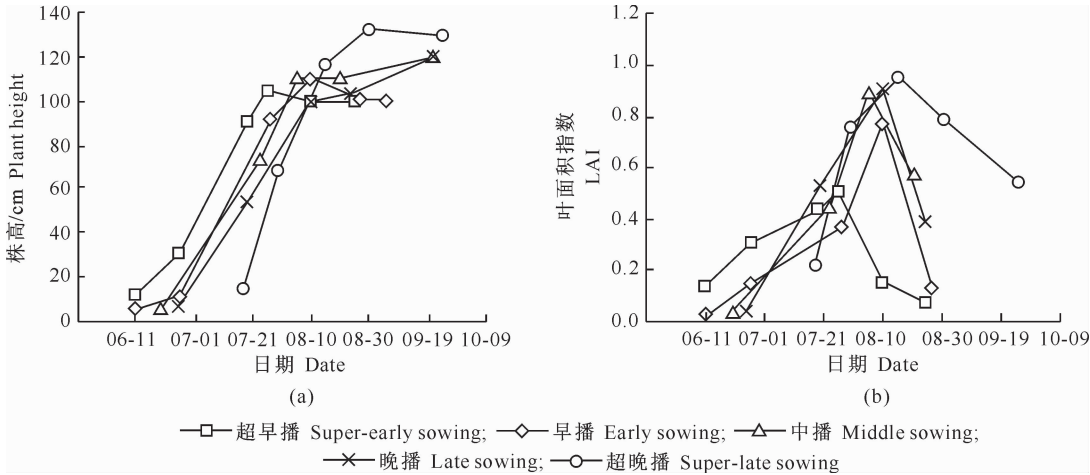


图 1 不同播期春油菜株高(a)和叶面积指数(b)的变化

Fig. 1 Plant height (a) and LAI (b) of spring rape with different sowing dates

由图 1(b)可以看出,春油菜最大叶面积指数随播期推迟而增加,超早播和超晚播最大叶面积指数分别为 0.51 和 0.96。出苗至绿熟阶段是叶片发育的重要时期,最大叶面积指数与该阶段内降水相关系数达到 0.69,与出苗至开花期间气温相关系数达到 0.92。播种过早,营养生长期内气温偏低(18~20℃),水分不足(75 mm 左右),叶片扩展定型的关键时期(绿熟期后 7~10 d)恰逢 7 月中下旬的高温时段(22~24℃),蒸腾加剧对叶片发育不利;5 月中旬后播种,营养生长期水热条件适宜,绿熟期处在 8 月中下旬(17~20℃),避开了高温时段,叶片长势好。

2.3.2 地上部干物质量 从图 2(a)可以看出,春油菜地上部干物质量在播期间差异显著,生育期结束时,超早播地上部干物质积累最少,为 21.8 g/株,晚播和超晚播则分别达到 38.3 和 39.9 g/株。出苗至开花阶段气温随播期推迟而升高,油菜地上部干物质积累速率加快,开花至绿熟阶段气温(19~21

℃)基本适宜春油菜生长需求,但降水量在播期间差异明显,超早播和早播仅出现 10.7 和 7.2 mm 降水,中播、晚播和超晚播同期降水量达到 47~146 mm,地上部干物质量与出苗至开花阶段日平均气温和开花至绿熟阶段降水量相关系数分别达到 0.95 和 0.92。05-18 之前播种的春油菜,绿熟至成熟期间降水集中(136~163 mm),根系早衰,气温偏高(18~19℃)对同化物积累不利。

由图 2(b)可以看出,播期变化对春油菜地上部同化物在器官间分配影响显著,随播期推迟,茎秆干质量占地上部干物质量比例减少(晚播最少为 29.5%),角果干质量占地上部干物质量比例随播期推迟增加(晚播最高为 70.5%),但若播期推迟到 06-08,春油菜生育后期气温迅速下降,根部和茎秆中积累的同化产物无法及时转移到角果中,角果干质量占地上部干物质量比例大幅下降(41.8%),茎秆干质量占地上部干物质量比例反而增加(50.7%)。

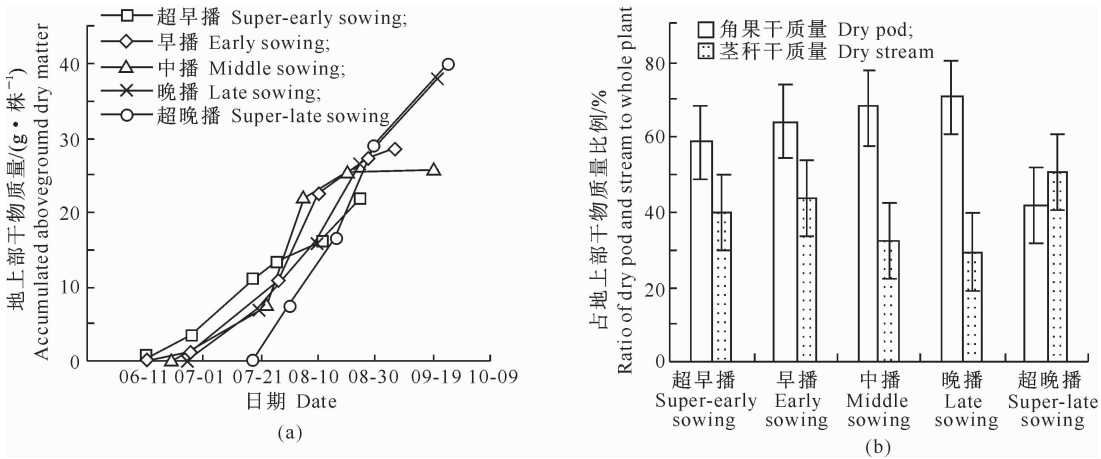


图 2 不同播期春油菜地上部干物质量(a)和生育期结束时角果、茎秆干质量占地上部干物质量的比例(b)

Fig. 2 Accumulated aboveground dry matter (a) and ratio of dry pod and stream to whole of spring rape at the end of growing period (b) with different sowing dates

2.4 不同播期对春油菜产量和水分利用效率的影响

由表 3 可以看出,春油菜单株角果数随播期推迟而增加,04-28—05-18 期间播种单株角果数差异不显著,但显著低于 05-28 后播种;05-28 后播种,晚播单株角果数比中播显著增加,但晚播和超晚播间无显著差异。研究发现,单株角果数与开花至绿熟阶段 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温和降水量的相关系数分别达到 0.84 和 0.95。

春油菜产量随播期推迟而增加,超早播最低为 1 353.9 kg/hm²,晚播最高为 2 502.5 kg/hm²,增产幅度达到 84.8%,但超晚播比晚播减产 23.8%,达显著水平,收获时仅 1 906.5 kg/hm²。在年型和品种一致的情况下,5 月下旬是农牧交错带地区春油菜播种的分水岭,05-28 之前播种,每推迟 1 d,增产效果平均约为 38.3 kg/(hm²·d);05-28 之后播种,每推迟 1 d,平均减产 59.6 kg/(hm²·d)。

表 3 不同播期春油菜的单株角果数、产量和水分利用效率

Table 3 Number of pod per plant,yield and WUE of spring rape with different sowing dates

播期 Sowing date	播前水分/mm Water before sowing	收获时 水分/mm Water when harvesting	降水量/mm Precipitation	耗水量/mm Water consumption	单株角果数 Number of pod per plant	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	水分利用效率/ (kg·hm ⁻² · mm ⁻¹) WUE
超早播 Super-early sowing	154.2	114.1	248.0	288.0	206.3 bB	1 353.9 cB	4.7 dC
早播 Early sowing	119.9	99.9	245.0	264.9	237.0 bB	2 033.6 bA	7.7 bcAB
中播 Middle sowing	187.8	211.6	261.7	237.8	292.7 bAB	2 061.7 bA	8.7 abAB
晚播 Late sowing	179.6	194.1	270.2	255.7	409.7 aA	2 502.5 aA	9.8 aA
超晚播 Super-late sowing	145.2	162.3	299.4	282.4	419.3 aA	1 906.5 bAB	6.8 cBC

注:同列数据后标不同大、小写字母者表示差异达到极显著($P<0.01$)或显著水平($P<0.05$)。
Notes:Different uppercase letters and lowercase letters in the same column mean significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively.

试验站 2010-04-28—05-08 降雨不足,加上早春时节土壤蒸发剧烈,早播时土壤水分含量仅 119.9 mm。随着温度升高,土壤消融,加上 05-08—05-18 出现 15.1 mm 降水,中播时土壤含水量达到 187.8 mm。播期变化对春油菜水分利用效率影响显著,超早播水分利用效率最低,为 4.7 kg/(hm²·mm),5 月份播种的油菜水分利用效率显著较高,晚播最高达到 9.8 kg/(hm²·mm),但是 6 月份播种的油菜水分利用效率再次降低,原因在于 2010-06 仅出现 3 个降雨日(其中 06-01(13.1 mm)和 06-28(38.2 mm)均为人工补水),虽然整个生育期内降水量达到 299.5 mm,但降水不均,土壤长期处于缺水状态,水分利用效率仅为 6.8 kg/(hm²·mm)。

3 讨 论

本研究中,4 月下旬至 5 月下旬期间播种的春油菜均能正常成熟,随播期推迟,春油菜生长速率加快,生育期缩短,生殖生长期相对延长,但出苗时间在播期间差异不显著,比王芳^[17]2009 年试验结果普遍延长 10 d 左右,原因在于 2010 年降水偏少,春油菜播种后土壤极度干旱,出苗时间明显延长。

本研究中,播期调整对春油菜干物质积累影响显著,5 月下旬播种的春油菜产量较高,早播处理营养生长前期气温偏低,生育期内降水不足且多集中在绿熟至成熟阶段,水热分配与生长不同步,地上部干物质积累较少,角果发育和种子成熟也受到影响。若播期推迟到 6 月份,角果数虽然增加,但角果灌浆后期遭遇低温,前期积累的光合产物无法及时转移到角果中,生育期结束时角果干质量所占比例大幅降低,水分利用效率也不高。说明单株角果数最多时产量不一定最高,在实际生产中,春油菜获得高产的途径不应单纯追求增加单株角果数,应在保证一定角果数的基础上,提高角果粒数和粒质量,使产量

达到最大。

从光热水资源 80%保证率分析,综合考虑农牧交错带春油菜生育特点、水分利用效率和产量因素,建议在品种和年型一致的情况下,将其适宜播种期安排在 5 月下旬,生育期内水热资源分布相对合理,气候资源利用效率高,可以实现高产高效。

本研究仅分析了有限年型下播种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,进一步研究时应与作物生长模型相结合,分析不同年型条件下不同品种春油菜的最佳播期。

4 结 论

本研究采用分期播种试验,对农牧交错带地区不同播期下春油菜生育期、形态指标、产量形成和水分利用效率进行了比较,结果发现,随播期的推迟,春油菜生长速率加快,生育期缩短,生殖生长相对延长,生长期水热分配逐渐合理,生物性状(株高和叶面积指数)长势好,地上部积累的干物质可以在低温到来前充分转移到角果中,水热资源得到充分利用,产量高;播期推迟到 6 月份,播种前土壤底墒差,春油菜出苗期易遭遇干旱威胁,适时人工补水方可安全出苗,生育后期气温下降,角果灌浆不完全,产量降低,水分利用效率不高。农业栽培中,在适当晚播的基础上,尽量将春油菜适宜播种期安排在 5 月下旬。

[参考文献]

[1] 孙万仓,武军艳,方彦,等.北方旱寒区北移冬油菜生长发育特性[J].作物学报,2010,36(12):2124-2134.
Sun W C, Wu J Y, Fang Y, et al. Growth and development characteristics of winter rapeseed northern-extended from the cold and arid regions in China [J]. Acta Agronomica Sinica, 2010,36(12):2124-2134. (in Chinese)

[2] 孙万仓,马卫国,雷建民,等.冬油菜在西北旱寒区的适应性和

- 北移的可行性研究 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2716-2726.
- Sun W C, Ma W G, Lei J M, et al. Study on adaptation and introduction possibility of winter rapeseed to dry and cold areas in Northwest China [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(12): 2716-2726. (in Chinese)
- [3] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 等. 北方农牧交错带的地理界定及其生态问题 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 739-747.
- Zhao H L, Zhao X Y, Zhang T H, et al. Boundary line on agro-pasture zigzag zone in North China and its problems on eco-environment [J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(5): 739-747. (in Chinese)
- [4] 李 广, 黄高宝. 北方农牧交错带气候变化及草地生产力的响应: 以甘肃省定西县为例 [J]. 中国草地, 2005, 27(1): 7-11.
- Li G, Huang G B. The climate change and grassland productivity response to it in the northern farming-pastoral area: Taking Dingxi County as an example [J]. Grassland of China, 2005, 27(1): 7-11. (in Chinese)
- [5] 沈姣姣, 王 靖, 陈 辰, 等. 播种期对农牧交错带莜麦生长发育和产量形成的影响 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(15): 52-56.
- Shen J J, Wang J, Chen C, et al. Effect of sowing date on the growth, development and yield formation of naked oats in agro-pastoral ecotone [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(15): 52-56. (in Chinese)
- [6] 沈姣姣, 王 靖, 潘学标, 等. 播种期对农牧交错带马铃薯生长发育和产量形成及水分利用效率的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2): 137-144.
- Shen J J, Wang J, Pan X B, et al. Effect of sowing date on the growth and yield formation and water use efficiency of potato in agro-pastoral ecotone [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2012, 30(2): 137-144. (in Chinese)
- [7] 杨 健, 张保军, 毛建昌, 等. 播期与密度对冬小麦西农 9871 籽粒产量的影响 [J]. 麦类作物学报, 2011, 31(3): 529-534.
- Yang J, Zhang B J, Mao J C, et al. Effects of sowing date and planting density on grain yield in winter wheat Xinong 9871 [J]. Journal of Triticeae Crops, 2011, 31(3): 529-534. (in Chinese)
- [8] 陈新光, 王 华, 邹永春, 等. 气候变化背景下广东早稻播期的适应性调整 [J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4748-4755.
- Chen X G, Wang H, Zou Y C, et al. Adaptation and determination of sowing date under climate change in early matured rice in Guangdong Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(17): 4748-4755. (in Chinese)
- [9] 李向岭, 赵 明, 李从锋, 等. 播期和密度对玉米干物质积累动态的影响及其模型的建立 [J]. 作物学报, 2010, 36(12): 2143-2153.
- Li X L, Zhao M, Li C F, et al. Effect of sowing-date and planting density on dry matter accumulation dynamic and establishment of its simulated model in maize [J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(12): 2143-2153. (in Chinese)
- [10] 王国槐, 官春云, 陈社元. 油菜生态特性研究: 油菜的播期与产量的生态和生物差异 [J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(2): 174-177.
- Wang G H, Guan C Y, Chen S Y. Studies on ecological characters of rape [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2001, 23(2): 174-177. (in Chinese)
- [11] 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. Effect of seeding date on yield characteristics of different rapeseed (*Brassica napus*) genotypes [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(6): 853-858. (in Chinese)
- [12] 赵继献, 朱文秀, 王 华. 不同栽培因素对油菜群体干物重等的影响 [J]. 山地农业生物学报, 1999, 18(5): 283-288.
- Zhao J X, Zhu W X, Wang H. Affection of different cultivating factors on hybrid rape [J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 1999, 18(5): 283-288. (in Chinese)
- [13] 杨俊龙. 渭北旱原甘蓝型油菜优化栽培技术研究 [J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(4): 47-51.
- Yang J L. The optimal cultivation technique of *Brassica napus* L. rape plant on weibei rainfed highland [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1996, 14(4): 47-51. (in Chinese)
- [14] 朱 艳, 曹卫星, 田永超, 等. 油菜播栽方案设计的动态知识模型 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 322-326.
- Zhu Y, Cao W X, Tian Y C, et al. A dynamic knowledge model for designing suitable scheme of rapeseed sowing and transplanting [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(2): 322-326. (in Chinese)
- [15] 张惠玲, 邓振铨, 尹宪志, 等. 甘肃省油菜生态气候适应性分析与适生种植区划 [J]. 中国农业气象, 2004, 25(4): 51-55.
- Zhang H L, Deng Z Y, Yin X Z, et al. Analysis of ecological climate adaptability and planting division of oilseed rape in Gansu Province [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2004, 25(4): 51-55. (in Chinese)
- [16] 杨泽龙, 李长生, 杨 晶, 等. 内蒙古武川县主要作物种植对气候变化的响应分析 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(3): 306-310.
- Yang Z L, Li C S, Yang J, et al. Response to climate changing effect on main crop production of Wuchuan County in Inner Mongolia [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(3): 306-310. (in Chinese)
- [17] 王 芳. 气象条件对我国农牧交错带地区主要农作物生长发育和产量的影响 [D]. 北京: 中国农业大学, 2010.
- Wang F. Impact of climate condition on the growth and development of the main crops of the agropastoral zone in China [D]. Beijing: China Agricultural University, 2010. (in Chinese)