

陇东地区紫花苜蓿播种技术试验研究

曹宏¹, 韩雍¹, 方刚²

(1. 陇东学院农林科技学院, 甘肃 庆阳 745000; 2. 西峰区草畜办, 甘肃 庆阳 745000)

摘要 在陇东半干旱地区, 对新引进的优良紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 品种进行了 2~3 年的播种时期、播种密度和播种方式的试验。结果表明, 1) 不同播期中, 秋播平均产量 $7\ 795\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 夏播 $7\ 010\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 分别比春播增产 17.7% ($P < 0.01$) 和 5.89% ($P < 0.05$); 参试品种中, 苜蓿王和三得利、金皇后、甘农 1 号分别比陇东苜蓿增产 15.95% ($P < 0.01$) 和 7.48%、7.13% 和 6.83% ($P < 0.05$)。2) 不同密度中, 以 $720\ \text{株}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $480\ \text{株}\cdot\text{m}^{-2}$ 产量较高, 平均产量分别为 $7\ 230.0\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $6\ 675.1\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 与 $960\ \text{株}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $240\ \text{株}\cdot\text{m}^{-2}$ 间有显著差异 ($P < 0.05$); 参试品种中, 苜蓿王和金皇后产量较高, 并与皇冠差异极显著 ($P < 0.01$)。3) 播种方式中, 膜侧沟播与普通沟播在出苗率、越冬率以及产草量上差异不显著 ($P > 0.05$), 但与机械条播差异较显著 ($P < 0.05$)。4) 总体来看, 不同播种技术及品种对苜蓿第 1~2 年的生长发育和产量影响较大, 当地应以秋季播种并采用普通沟播较好, 其种植密度以 $480\sim 720\ \text{株}\cdot\text{m}^{-2}$ 、播种量在 $15.0\sim 22.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 为宜。不同试验中, 苜蓿王增产效果极显著, 应大力推广。

关键词 紫花苜蓿 播种时期 播种密度 播种方式 产量 陇东地区

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 是多年生的优良豆科牧草, 其营养价值高, 生产潜力大, 用途广泛, 素有“牧草之王”和“饲料皇后”的美称。目前我国苜蓿种植面积为 130 万 hm^2 , 每年优质商品草的产量为 20 万 t 左右^[1-2]。同时, 随着我国西部地区生态建设的推进和畜牧养殖业的大力发展, 紫花苜蓿的种植面积和产业化功能将进一步不断扩大^[3]。甘肃是苜蓿种植大省, 目前全省苜蓿种植面积达 55.67 万 hm^2 , 约占全国种植面积的 1/3, 始终位居全国之首; 优质牧草种子基地 1.5 万 hm^2 , 草产品加工能力 113 万 t^[4], 其中, 在酒泉、张掖、金昌、白银、庆阳等地形成了苜蓿优势产业区^[5]。

陇东地区属于旱半干旱的黄土高原丘陵区, 历史上也是重要半农半牧地区, 自 2002 年以来, 当地政府大力推进以紫花苜蓿为主的草食畜产业, 到 2011 年, 仅庆阳市完成紫花苜蓿种植 1 572 hm^2 , 留存面积达到 6 120 hm^2 ^[6], 种植面积已占牧草总面积的 90% 以上, 成为甘肃省紫花苜蓿存留面积最大的地区。在陇东当地, 李琪和刘照辉^[7]、曹宏等^[8-9]进行了苜蓿品种的引种和区域试验, 胡守林等^[10]、陈先江等^[11]进行了不同生长年限苜蓿叶片光合性与产草量及群落动态的研究, 杨小利^[12]、晋小军和黄高宝^[13]、王位泰等^[14]、郭海英等^[15]对陇东苜蓿生长的水分利用率及经济效益进行了对比分析。这些研究, 对陇东地区的优质苜蓿品种的筛选和区域布局起到了至关重要的指导作用, 但对苜蓿种植技术的应用研究报道较少, 当地也出现了由于播期不当造成苜蓿大面积越冬死亡等惨痛教训^[16]。同时, 在陇东周边及同类地区, 张自和^[17]、张俊等^[18]进行了苜蓿不同播期的研究, 杜汉强等^[19]、李明芳和张尚宁^[20]、

李建伟等^[21]进行了苜蓿不同播种密度的研究,王显国等^[22]、康爱民^[23]进行了苜蓿穴播和膜侧沟播的研究,曹国顺等^[24]在夏河进行了金皇后、苜蓿王等新品种的引种试验。这些研究,虽对当地苜蓿种植有一定的指导作用,但由于陇东黄土高原独特的气候和地理位置,还缺乏针对性和科学性,特别是在当地将优质苜蓿品种与种植技术系统结合的研究未见报道。为此,在引种试验的同时进行了优质苜蓿品种播期、密度和播种方式的试验,旨在为当地优良品种的推广提供科学依据,以促进陇东地区苜蓿种植及产业化的稳步健康发展。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验区设在庆阳市西峰区陈户乡八年村和田畔村,属陇东中部半干旱塬区生态类型。地理位置为107° 38' E, 35° 44' N,海拔1421.9 m;年均气温8.7℃,年降水量527.1 mm,年日照时数2457.8 h,无霜期176 d。试验地为黑垆土,肥力中等,旱地耕作,播前施磷肥750 kg·hm⁻²,氮磷复合肥375 kg·hm⁻²。

1.2 试验设计与种植

1.2.1 播种时期

试验设夏播、秋播和春播3个处理,参试品种是金皇后、三得利、苜蓿王、甘农1号和陇东苜蓿。夏播2003年7月27日种植,秋播2003年8月23日种植,二者前茬为小麦(*Triticum aestivum* L.),春播2004年5月1日种植,前茬玉米(*Zea mays* L.)。每个品种为一小区,小区面积4 m×5 m,随即排列,3次重复。按240株·m⁻²计算小区理论播种量,再根据种子用价和田间出苗率,计算各品种的实际播种量,雨后趁墒手锄开沟条播。

1.2.2 种植密度

参考杜汉强的方法^[19],设4个处理,即M1=240株·m⁻²,M2=480株·m⁻²,M3=720株·m⁻²和M4=960株·m⁻²,参试品种为苜蓿王、皇冠和金皇后。每密度处理为一小区,小区面积4 m×5 m,行距30 cm,随即区组排列,3次重复。根据播前测试的种子用价和田间出苗率计算不同品种不同密度的实际播种量(表1)。2004年7月17日趁墒人工播种,前茬油菜(*Brassia campestris* L),播深1.5~3.0 cm。

表1 苜蓿密度试验参试品种的种子质量以及实际播种量

Table 1 The quality and seed quantity of *Medicago sativa* seeds in density test

品种 Varieties	千粒重 Thousand grain weight (g)	发芽率 Germination rate (%)	净度 Purity (%)	种子用价 True value of seeds (%)	播种量 Seed quantity (kg · hm ⁻²)			
					M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
苜蓿王 Alfaking	1.70 c	85.0 a	99.0 a	84.2	6.93	13.85	20.78	27.71
皇冠 Phabulous	2.10 a	92.0 a	96.0 a	88.3	8.16	16.32	24.48	32.63
金皇后 Goldenmpress	1.89 b	86.3 a	98.0 a	84.6	7.67	15.33	23.00	30.66
平均 Average	1.90	87.8	97.7	85.7	7.58	15.17	22.74	30.33

注: 1. M1=240株·m⁻², M2=480株·m⁻², M3=720株·m⁻²和M4=960株·m⁻²。

2.表中小写字母表示同列数值间差异达显著水平 ($P < 0.05$) 水平。

Note: 1. $M1=240 \text{ plants} \cdot \text{m}^{-2}$, $M2=480 \text{ plants} \cdot \text{m}^{-2}$, $M3=720 \text{ plants} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $M4=960 \text{ plants} \cdot \text{m}^{-2}$

2. Different lower case letters within the same column show significant differences at 0.05 level.

1.2.3 播种方式

对当地采用的3种主要播种方式:(A)普通沟播(沟距33 cm,沟内行距12 cm)、(B)膜侧沟播(沟行距同前)、(C)机械条播(行距30 cm),进行了简单对比试验。试验品种金皇后,其中,普通沟播试验面积6666.7 m^2 ,膜侧沟播5333.6 m^2 ,二者播种量均为每667 m^2 0.75 kg;机械条播试验面积6666.7 m^2 ,播种量为每667 m^2 1.0 kg,顺序排列,不设重复。前茬油菜,2004年6月16日同前趁墒播种。

1.3 测定指标和方法

1.3.1 出苗率

播期试验中,夏播和秋播分别于2003年的8月8日和9月30日调查,春播于2004年5月14日调查;调查时统计每小区中间2行的出苗数,计算占每行理论出苗数的百分率,求3小区平均值为出苗率。播种方式中,于2004年6月27日调查,每处理地块取5个样点,每样点取1 m^2 调查出苗数,计算占理论出苗数的百分率,求平均值为出苗率。

1.3.2 有效株高

在播期试验初花期测定第1茬株高。其中,夏播于2003年10月上旬测定;秋播2003年冬前苗太小,形不成有效产量,故于2004年6月下旬测定;春播于2004年8月下旬测定。测时每小区随机选10株,量植株自地面到顶端生长点高度,求其平均值为有效株高。

1.3.3 根系性状和越冬率

在每年越冬前进行。其中,播期试验中,夏播和秋播于2003年11月7日、春播于2004年10月26日测定;测定时选有代表性地段,每小区挖10株根系,根深100 cm,测定主根长度、根颈直径,取平均值;同时,在每小区选中间三行,查冬前和返青后的株数,求平均值为越冬率。播种方式中,在各处理中间3行均匀取3个样点标记,每样点1 m^2 ,分别于2004年11月3日、2005年10月30日、2006年11月6日和次年4月5日、3月26日、4月10日,测定越冬前和返青后的株数,计每样点越冬率,求平均值为各方式越冬率。

1.3.4 产草量

在每年第1茬苜蓿初花期测产。播期试验中,夏播于2003年10月11日、2004年6月12日、2005年5月30日测定;秋播于2004年6月27日、2005年6月17日、2006年5月28日测定;春播于2004年9月2日、2005年5月28日、2006年5月20日测定。密度试验中,2004年未测产,2005年5月30日和2006年6月11日分别测定当年第1茬产量。播种方式试验中,于2004年9月30日、2005年6月4日、2006年6月15日分别测产。测产时,播期和密度每小区取3个样点,播种方法取5个样点,每样点均取1 m^2 ,齐地刈割后称量,取平均值为鲜草产量,每处理混合后称鲜草500 g,晒干后分别称量,计算鲜干比(鲜质量/干质量)。根据鲜干比计算干草产量。

1.4 数据统计分析

试验数据在 Excel 中作基本处理, 获得各项目性状参数后, 用各重复平均值表示处理数据, 用 DPS (V7.55) 专业统计软件进行方差分析和 Duncan 比较。其中, 对播期、密度试验的产量进行了播期与品种、密度与品种双因素分析比较, 对播期试验第 1 年生物学性状指标和播种方法试验指标进行了单因素分析比较。

2 结果与分析

2.1 播种时期

不同播期对第 1 茬苜蓿生物性状的影响见表 2。出苗率, 秋播>夏播>春播, 但不同品种间, 秋播差异较显著 ($P<0.05$), 夏播和春播差异极显著 ($P<0.01$)。不同播期苜蓿第 1 年冬前主根长、根粗和越冬率, 都是春播>夏播>秋播, 这与它们在冬前生长时间的长短相符合; 但不同品种间, 夏、秋播的越冬率差异极显著 ($P<0.01$), 春播越冬率较显著 ($P<0.05$), 说明早播 (如春、夏播) 可以降低苜蓿品种越冬前的差异, 有利于越冬。不同播期不同品种间株高差异都达到极显著水平 ($P<0.01$), 秋播平均株高 62.2 cm, 春播 45.8 cm, 夏播 43.8 cm, 这与它们的产量结果基本相符。

不同播期对第 1 茬苜蓿产量的影响见表 3、4 和 5, 2003—2004 年度, 播期间 ($F=49.43>P=0.0001$)、品种间 ($F=7.066>P=0.0004$) 差异均极显著, 播期×品种间 ($F=2.105>P=0.067$) 差异较显著。2004—2005 年度, 播期间 ($F=10.985>P=0.0003$) 差异极显著, 品种间 ($F=1.573>P=0.2070$)、播期×品种间 ($F=1.363>P=0.2525$) 的差异较显著。2005—2006 年度, 播期间 ($F=1.645>P=0.2099$)、播期×品种间 ($F=0.725>P=0.668$) 的差异较显著, 但品种间 ($F=0.5500<P=0.7007$) 差异已不显著。3 年产量结果表明, 不同播期中, 秋播最高, 平均产量 $7795\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比春播增产 17.67%; 夏播

表 2 不同播期对播后第 1 茬苜蓿生物性状的影响
Table 2 Effects of different sowing dates on biological characteristics of Medicago sativa

播期 Sowing date	品种 Varieties	出苗率 Germination rate (%)	越冬率 Wintering rate (%)	主根长 Taproot length (cm)	主根粗 Taproot diameter (mm)	株高 Plant height (cm)
夏播 Summer sowing	金皇后 Goldenpress	85 a	75 b	19±3.7 c	2.9±0.6 b	43±7.1 ab
	苜蓿王 Alfaking	90 a	75 b	20±2.8 bc	3.0±1.1 ab	48±5.5 a
	三得利 Sanditi	80 ab	80 b	21±2.6 b	3.1±0.8 a	50±6.2 a
	甘农 1 号 Gannong No.1	90 a	90 a	21±3.0 a	2.1±0.4 c	42±4.5 bc
	陇东苜蓿 Longdong	80 ab	91 a	23±4.2 a	2.5±0.5 bc	36±4.3 c
平均 Average	85	82.2	20.8±10.3	2.7±1.3	43.8±21.6	
秋播 Autumn sowing	金皇后 Goldenpress	90 a	63 c	12±1.6 b	2.0±0.2 c	60±7.6 bc
	苜蓿王 Alfaking	90 a	70 b	13±1.5 b	2.2±0.7 b	63±8.9 b
	三得利 Sanditi	86 ab	67 bc	12±2.0 b	2.5±0.8 b	58±5.5 c
	甘农 1 号 Gannong No.1	85 ab	85 a	16±2.4 a	3.0±1.2 a	68±9.7 a
	陇东苜蓿 Longdong	80 b	70 b	20±2.7 a	2.9±0.9 a	62±10.4 b
平均 Average	86.2	71 b	14.6±12.1	2.5±1.4	62.2±28.7	
春播 Spring sowing	金皇后 Goldenpress	80 ab	80 b	39±8.6 a	3.8±1.1 a	52±8.8 a
	苜蓿王 Alfaking	75 b	80 b	36±7.5 b	3.2±0.6 b	46±6.9 b
	三得利 Sanditi	80 ab	90 a	31±8.2 b	3.1±0.8 b	51±7.6 a
	甘农 1 号 Gannong No.1	85 a	90 a	28±5.4 c	3.5±0.7 b	42±7.5 bc
	陇东苜蓿 Longdong	70 c	90 a	36±6.4 b	4.0±1.3 a	38±6.9 c
平均 Average	78	86	34±15.5	3.5±1.7	45.8±22.7	

注: 1. 秋播株高为第二年第一茬的测定值, 其余性状指标为当年测定值。

2. 表内数据为平均值±标准差。小写字母分别表示同列中数值间差异显著 (P<0.05)。

Note: 1. Height of plants based on the first harvest of the second year, other characteristic data based on the first year.

2. Data in table are average value ± standard deviation. Different lower case letters within the same column show significant differences at 0.05 level.

表 3 不同播期不同品种苜蓿第 1 茬干草产量 (kg·m⁻²)

Table 3 The first harvested hay yield of different varieties of Medicago sativa in different sowing dates (kg·m⁻²)

品种 Varieties	2003—2004			2004—2005			2005—2006		
	夏播 Summer sowing	秋播 Autumn sowing	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	秋播 Autumn sowing	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	秋播 Autumn sowing	春播 Spring sowing
金皇后	0.223 fgh	0.343 abc	0.287 cde	0.789 bcd	0.899 abc	0.633 bcd	1.073 ab	1.015 ab	0.970 ab
Goldenmpress	EF	ABC	BCDE	AB	AB	B	A	A	A
苜蓿王	0.217 gh	0.407 a	0.317 bcd	0.862 bcd	1.201 a	0.703 bcd	1.013 ab	1.068 ab	1.147 a
Alfaking	EF	A	BCD	AB	A	B	A	A	A
三得利	0.243 efg	0.370 ab	0.303 cde	0.957 ab	0.756 bcd	0.623 bcd	0.911 b	1.059 ab	1.083 ab
Sanditi	DEF	AB	BCDE	AB	AB	B	A	A	A
甘农 1 号	0.289 cde	0.403 a	0.305 cde	0.963 ab	0.763 bcd	0.603 cd	1.047 ab	1.059 ab	1.123 ab
Gannong No.1	BCDE	A	BCDE	AB	AB	B	A	A	A
陇东苜蓿	0.180 h	0.273 de	0.297 cde	0.750 bcd	0.873 bcd	0.553 d	0.989 ab	1.103 ab	1.073 ab
Longdong	F	CDE	BCDE	AB	AB	B	A	A	A

注：表中不同大小写字母分别表示同一生长年度中产量差异极显著 (P<0.01) 和显著 (P<0.05)。

Note: Different capital letters in the same year mean obvious significant differences at 0.01 level, and different lower case letters mean significant differences at 0.05 level.

表 4 不同播期各年度苜蓿第 1 茬平均干草产量

Table 4 The first harvested total hay yield of Medicago sativa in different sowing dates

播期 Sowing date	2003—2004 (kg · m ⁻²)	2004—2005 (kg · m ⁻²)	2005—2006 (kg · m ⁻²)	平均产量 Average yield (kg · m ⁻²)
夏播 Summer sowing	0.231 c	0.865 a	1.007 a	0.701 a
秋播 Autumn sowing	0.359 a	0.900 a	1.080 a	0.779 a
春播 Spring sowing	0.301 b	0.623 b	1.062 a	0.662 b

表 5 不同品种各年度苜蓿第 1 茬平均干草产量

Table 5 The first harvested hay yield of different Medicago sativa varieties in different growth years

品种 Varieties	2003—2004 (kg · m ⁻²)	2004—2005 (kg · m ⁻²)	2005—2006 (kg · m ⁻²)	平均产量 Average yield (kg · m ⁻²)
金皇后 Goldenmpress	0.284 b	0.774 ab	1.077 a	0.7117 ab
苜蓿王 Alfaking	0.313 ab	0.921 a	1.077 a	0.7703 a
三得利 Sanditi	0.306 ab	0.782 ab	1.054 a	0.7140 ab
甘农 1 号 Gannong No.1	0.332 a	0.777 ab	1.020 a	0.7097 b
陇东苜蓿(ck)Longdong	0.250 c	0.726 b	1.017 a	0.6643 b

注：表中不同小写字母表示同列间差异显著 (P<0.05)。

Note: Different lower case letters within the same column show significant differences at 0.05 level.

平均产量 $7\ 010\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比春播增产 5.89%; 但随着苜蓿生长年限的增加, 其产量差异越来越小。不同品种中, 苜蓿王平均产量 $7\ 703.3\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比陇东苜蓿增产 15.95%, 增产极显著 ($P<0.01$); 三得利、金皇后、甘农 1 号分别比陇东苜蓿增产 7.48%、7.13% 和 6.83%, 增产较显著 ($P<0.05$)。

2.2 种植密度

不同密度试验产量结果见表 6、7 和 8, 2005 年度, 密度间 ($F=43.303>P=0.000\ 1$)、品种间 ($F=14.057>P=0.001\ 5$) 以及密度 \times 品种间 ($F=16.178>P=0.001\ 1$) 差异极显著。2006 年度, 密度间 ($F=7.588>P=0.001\ 0$)、品种间 ($F=12.265>P=0.000\ 2$) 以及密度 \times 品种间 ($F=5.029>P=0.001\ 8$) 差异也极显著, 其中, 240、480、720 株 $\cdot\text{m}^{-2}$ 之间已无差异, 但与 960 株 $\cdot\text{m}^{-2}$ 的差异达显著水平 ($P<0.05$)。总体来看, 不同密度间, 720 株 $\cdot\text{m}^{-2}$ 产量最高, 平均产量为 $7\ 230.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 依次 480、960 株 $\cdot\text{m}^{-2}$, 240 株 $\cdot\text{m}^{-2}$ 产量最低, 密度间差异显著 ($P<0.05$), 但随着生长年限增加, 其差异变小, 因此, 苜蓿播种密度应在 240~720 株 $\cdot\text{m}^{-2}$ 较适宜。不同品种中, 苜蓿王、金皇后平均产量较高, 分别为 $6\ 765.0\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $6\ 890.0\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 二者之间无差异 ($P>0.05$), 但与皇冠差异极显著 ($P<0.01$)。

2.3 播种方式

对金皇后进行 3 年不同播种方法测定结果见表 9, 膜侧沟播和普通沟播在出苗率、越冬率以及产草量上差异不显著 ($P>0.05$), 但与机械条播相比有显著差异 ($P<0.05$), 特别是在第 1、2 年, 越冬率和产草量前两者均显著高于后者, 但第 3 年差异已不显著 ($P>0.05$)。其中, 膜侧沟播效果 $>$ 普通沟播 $>$ 行距机械条播, 其 3 年平均干草产量分别为 $5\ 712\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $5\ 426\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $5\ 114\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

表 6 不同密度不同苜蓿品种各年度第 1 茬平均干草产量

Table 6 The first harvested hay yield of different Medicago sativa varieties at different density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)

密度 Density (株 Plant $\cdot\text{m}^{-2}$)	2005			2006		
	苜蓿王 Alfaking	皇冠 Phabulous	金皇后 Goldenmpress	苜蓿王 Alfaking	皇冠 Phabulous	金皇后 Goldenmpress
240	0.50 g E	0.50 g E	0.53 fg E	0.68 bcd ABC	0.67 bcd ABC	0.66 bcd BC
480	0.59 ef DE	0.55 fg DE	0.85 a A	0.68 bcd ABC	0.66 bcd ABC	0.64 bcd BC
720	0.79 abc AB	0.76 bc ABC	0.71 cd BC	0.71 ab AB	0.62 d C	0.75 a A
960	0.83 ab A	0.57 fg DE	0.66 de CD	0.63 cd BC	0.54 e D	0.69 bc ABC

注: 表中不同大小写字母表示同一生长年度中产量极显著 ($P<0.01$) 和显著 ($P<0.05$)。

Note: Different same year capital letters in the same year mean obvious significant differences at 0.01 level, and different lower case letters mean significant differences at 0.05 level.

表 7 不同密度各年度苜蓿第 1 茬平均干草产量

Table 7 The first harvested hay yield at different density

密度 Density (株 Plant $\cdot\text{m}^{-2}$)	2005 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	2006 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	平均产量 Average yield ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)
240	0.510 c	0.670 a	0.590 c
480	0.663 b	0.672 a	0.668 ab
720	0.753 a	0.693 a	0.723 a
960	0.687 b	0.620 b	0.654 b

注: 表中不同大小写字母分别表示同列间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lower case letters within the same column show significant differences at 0.05 level.

表 8 不同品种各年度苜蓿第 1 茬平均干草产量

Table 8 The first harvested hay yield of different Medicago sativa Varieties

品种 Varieties	2005 (kg · m ⁻²)	2006 (kg · m ⁻²)	平均产量 Average yield (kg · m ⁻²)
苜蓿王 Alfaking	0.678 a A	0.675 a A	0.677 a A
皇冠 Phabulous	0.595 b B	0.625 b B	0.610 b B
金皇后 Goldenmpress	0.688 a A	0.690 a A	0.689 a A

注：表中不同小写字母分别表示同列间差异极显著 (P<0.05)。

Note: Different lower case letters within the same column show significant differences at 0.05 level.

表 9 不同播种方式各年份苜蓿干草产量和越冬率

Table 9. The hay yield and wintering rate of Medicago sativa under different sowing methods

播种方式 Sowing method	出苗率(%) Germination Rate	越冬率 Wintering Rate (%)				产草量 yield (kg · m ⁻²)			
		2004	2005	2006	平均	2004	2005	2006	平均
膜侧沟播 Plastic film beside furrow sowing	90 a	86 a	88 a	88 a	87a	0.49 a	0.60 a	0.63 a	0.57 a
普通沟播 Ordinary furrow sowing	85 ab	82 ab	85 a	85 a	84ab	0.46 a	0.55 ab	0.60 a	0.54 a
机械条播 Mechanical drilling	80 b	78 b	80 b	85 a	81b	0.42 b	0.53 b	0.57a	0.51 b

注：不同小写字母表示同列间差异显著 (P<0.05)。

Note: Different lower case letters within the same column mean significant differences at 0.05 level.

3 讨论与结论

陇东地区，秋播苜蓿翌年第 1 茬产量比同年夏播苜蓿当年第 1 茬产量高，这可能与秋播第 1 茬苜蓿实际生长天数，特别是根系生长天数多于夏播有关。3 个年度总体来看，苜蓿第 1 茬有效产量为秋播>夏播>春播，这说明不同播期对苜蓿当年及持续增产有显著地影响，这也与当地不同季节降雨和气温基本符合^[8-9,17]。秋播时，水温适宜杂草少，苜蓿出苗整齐，冬春季能利用深层水分，返青后长势旺盛，因而产量高^[12,14,18]，但秋播如果太迟，影响当年根系发育和越冬。夏播虽然雨热同期，苜蓿出苗快，但杂草病虫害多，幼苗生长慢；而春播因春季多风少雨，墒差出苗率低，植株低矮^[25-26]。因此，夏播、春播的当年及第 2 年的头茬产量不如秋播的高。

本研究结果表明，在陇东旱地适当增加密度，可以显著增加苜蓿当年和第 2 年的产量，而对第 3 年影响不大，可能与第 2 年以后苜蓿已产生了足够分蘖有关^[26]，这与李明芳和张尚宁^[20]、李建伟等^[21]的报道一致。同时，试验结果表明密度在 480~720 株·m⁻² 产量较高，这与杜汉强等^[19]的研究 240 株·m⁻² 产量较高不同，这可能与两地苜蓿生长期间气候及品种的差异有关，对此还需进一步试验探讨。

在陇东旱地，苜蓿膜侧沟播的效果>普通宽窄行>等行距条播，这也验证了膜侧沟播和普通沟播确实具有提高自然降水利用率、减轻作物越冬死亡率、增加土壤含水量、提高土壤温度等的量化效果^[23,27]。但膜侧沟播播种成本高，整地及播种技术不当，会造成放苗困难。机械条播虽然产草量低，但

作业效率高, 适合夏季轮作抢墒播种。

总体来看, 不同播种技术及不同品种对苜蓿第 1~2 年的生长发育和产量影响较大, 第 3 年后其作用已不显著。结合引种和区域试验研究^[8-9], 陇东中北部旱地, 苜蓿播种应尽量避免春季和盛夏, 一般应安排在 7 月下旬到 8 月上旬播种, 以保证幼苗安全越冬; 种植密度应在 $480\sim 720$ 株 \cdot m⁻²、实际播量在 $15.0\sim 22.5$ kg \cdot hm⁻² 比较适宜; 播种方式应首先选择普通沟播, 春季墒差时可选择膜侧沟播, 夏季轮作抢墒播种可选择机械条播。不同品种中, 苜蓿王增产效果极佳^[8-9,28], 应大力推广。

参考文献 (略)