

不同地表覆盖方式油菜花后干物质积累与分配规律研究

赵东霞¹,牛俊义^{1*},闫志利^{2*},张东昱³,张艳明¹,俞兴芳¹

(1.甘肃农业大学农学院,甘肃兰州730070;2.河北科技师范学院,河北秦皇岛066004;

3.甘肃省张掖市经济作物技术推广站,甘肃张掖735000)

摘要:为探索春油菜在西北沿山旱作区的最佳地表覆盖栽培方式,采用田间试验法,以常规露地平播为对照,研究了双垄面全膜覆盖沟播、全地面覆盖平播、膜侧沟播、半地面覆盖平播、麦秸覆盖平播等5种地表覆盖方式下春油菜的干物质积累及分配规律。结果表明,不同地表覆盖栽培方式对油菜植株各器官的干物质分配比率产生不同程度的影响,双垄面全膜覆盖沟播和全地面覆盖平播栽培方式与对照差异最大;各种地膜覆盖栽培方式均有利于油菜单株干物质积累,但不同覆膜方式效果不同。双垄面全膜覆盖沟播和全地面覆盖平播栽培方式油菜单株干物重、单位面积产量最高,秸秆覆盖未能显著提高油菜的单株产量及单位面积产量;油菜单位面积产量同油菜单株干物重呈现正相关关系,并获得最优线性回归方程;采用地膜覆盖栽培技术能有效地加快油菜植株茎秆、叶片同化物向果角的转移速度,提高油菜地上部干物质积累量和单位面积产量。其中,双垄面全膜覆盖沟播和全地面覆盖平播栽培方式比常规露地栽培增产达到30%以上,应在生产上大面积推广应用。

关键词:油菜;地表覆盖;干物质积累;分配;规律

中图分类号: S565.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0031-06

我国西部地区是全国油菜主要生产区域之一,该区域光、温等气候特点与春油菜生物学特性相适应,确保了油菜优良品质的形成和生产优势地位的确立^[1]。甘肃省河西走廊沿山冷凉地区是我国西北地区油菜生产的重要基地,但由于水资源短缺、降雨量少、气候干旱等因素,油菜产量一直低而不稳^[2]。充分挖掘该区域油菜的生产潜力,深入研究和大力推广抗旱节水栽培模式,对提高该区域油菜产量、满足市场供应、增加农民收入具有重要的现实意义。

油菜产量的形成是通过植株绿色部分合成光合产物、最终分配到籽粒的过程。光合产物以干物质的形式储存于各个器官之中,其积累与分配直接决定了经济产量。以往研究认为,在一定范围内,油菜籽粒产量随干物质的增加而提高^[3]。油菜叶片、茎枝中贮藏的光合物质所占比例,对籽粒产量的形成影响很大^[4]。为缓解水分、温度等制约因素对油菜干物质积累的影响,景军胜等^[5]就旱地油菜膜上穴播、膜侧沟播、膜内沟播等3种覆膜栽培方式油菜的增产机理和生长发育状况进行了研究,认为3种覆膜栽培方式较好地协调了田间蓄水和供水的关系,提高了油菜对土壤水分的利用率,增产效果明显,不

同区域可选择应用。孙永玲等^[6]研究结果表明,地膜覆盖可增(保)温保墒,改善油菜生长发育的外部条件,提高油菜秧苗素质和生长发育速度,优化油菜产量性状。与传统的地膜覆盖平作相比,双垄面全膜覆盖沟播技术更有利于提高农田降水利用率,提高油菜产量^[7-8]。王维等^[9]研究认为,秸秆覆盖也可有效地培肥地力,减少水土流失,具有蓄水节水、调节土壤温度、抑制农田杂草等功效。但有关不同地表覆盖方式下油菜干物质积累与分配规律的研究报道较少。

本研究采用田间试验法,以传统的常规露地平播为对照,研究了膜侧沟播、半地面覆盖平播、全地面覆盖平播、麦秸覆盖平播、双垄面全膜覆盖沟播等5种覆膜方式对春油菜干物质积累及分配规律的影响,旨在为完善西北沿山旱作区油菜地表覆盖栽培技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为“青杂3号”,是目前青海、新疆、甘肃、陕西等省份广泛种植的油菜品种,由青海省农林

收稿日期:2011-12-23

基金项目:中央财政支持农业技术推广项目

作者简介:赵东霞(1984—),女,甘肃会宁人,硕士研究生,研究方向为作物栽培与生态生理。E-mail: xinruo666@qq.com。

*通讯作者:牛俊义(1957—),男,甘肃会宁人,教授,博士生导师,研究方向为作物栽培与生态生理。E-mail: niujy@gsau.edu.cn。

闫志利(1963—),男,博士,副教授,主要从事作物栽培与生态生理研究。E-mail: zhili310@tom.com。

科学院春油菜研究开发中心选育,甘肃省张掖市民乐县农业局提供,属春性、“双低”、甘蓝型早熟品种。供试地膜为聚乙烯吹塑农用微膜,厚度 0.008 cm,由甘肃省天水市天宝塑业有限责任公司生产。

1.2 试验设计

试验于 2010 年 5~10 月在甘肃省张掖市民乐县农业局试验基地进行。该基地位于南丰乡永丰村,海拔高度 2 554 m,年平均降雨量 295.6 mm,年平均气温 5℃,无霜期为 152 d。试验期间降水量为 283.8 mm。

试验地前茬作物为油菜,播种前旋耕、耙耱各一次,镇压一次。土壤为栗钙土,土层深厚、土壤肥力中等,地势平坦,播种时土壤含水量为 34.87%。

试验设置 6 个处理:

膜侧沟播,也称膜侧种植(Film mulching on ridge and planting in film side, MC):人工起垄,垄高 6 cm,垄底宽 20 cm,垄间距 20 cm。选用 35 cm 宽的地膜覆盖垄面,在膜两侧沟内播种油菜,株距 15 cm。

半地面覆盖平播,简称半膜平作(Half plastic-film mulching and parallel sowing, BM):选用 80 cm 宽的地膜,每隔 40 cm 覆盖田面 60 cm(40 cm 不铺膜),在膜面上播种油菜,株距 15 cm,行距 20 cm。

全地面覆盖平播,简称全膜平作(Full plastic-film mulching and parallel sowing, QF):选用 120 cm 宽的地膜覆盖于整个地面,而后进行人工播种,株距 15 cm,行距 20 cm。

麦秸覆盖平播,简称麦草覆盖(Wheat straw mulching and parallel sowing, MF):采用普通露地的栽培方法,株距 15 cm,行距 20 cm。5 叶期定苗后,每 666.7 m² 用 5 cm 左右长的麦秸 550 kg 覆盖在行间。

双垄面全膜覆盖沟播,简称全膜垄作(Full plastic-film mulching on double ridge and planting in catchment furrows, QL):人工起垄,垄高 6 cm,垄底宽 20 cm,垄间距为 20 cm。选用 120 cm 宽的地膜覆盖于起垄后的地面上,地膜间相互相接在垄脊处。在垄沟内播种油菜,株距 15 cm。

常规露地平播,简称露地种植(Without mulching and flat planting, CK):采用传统常规露地油菜种植方法,行距 20 cm,株距 15 cm。

采用单因素随机区组排列,小区面积 21 m²(3 m × 7 m),3 次重复。5 月 9 日起垄、覆膜、播种,播深 2~3 cm,每穴播种子 3~4 粒。播前每 667 m² 施入碳酸氢铵、过磷酸钙各 50 kg 作基肥,施入磷酸二氢铵 5 kg、硼砂 2 kg 作种肥。6 月 21 日(油菜长到 4~5 片真叶时)结合人工间苗除草 1 次,定苗。8 月 11 日每 667 m² 采用 4.5% 高效氯氰菊酯乳油 20~40

mL 兑水 30 kg 喷雾 1 次,防治菜青虫、小菜蛾、芜菁叶蛾等虫害。9 月 8 日实收各小区菜籽产量晒干计产。油菜生长期,所有处理均未灌水和追肥。

1.3 测定项目及数据分析

在油菜初花期、盛花期、终花期和收获期,取各处理 15 株为样本,分别测定茎、叶、角果等不同器官鲜、干重。测定干重时,样品分别装袋,于 105℃ 条件下杀青 30 min,再经 70℃ 烘干至恒重后称重。

采取高小峰等^[10]的方法,计算茎叶干物质分配比率。计算公式为:

干物质分配比率 = 不同器官干重/植株单株总干重。

利用 EXCEL 2003 对所测数据进行分类整理及作图,利用 SPSS16.0 软件对进行显著性测验。

2 结果与分析

2.1 不同地表覆盖栽培方式油菜植株干物质的积累动态

由图 1 可见,各处理油菜植株干物质积累均表现为“S”型增长曲线,说明地表覆盖栽培技术未改变油菜植株干物质积累的总态势。初花期至盛花期各处理油菜干物质净增长量从高到低排序依次为 QL > QF > MC > BM > MF > CK,盛花期至终花期各处理油菜干物质净增长量从高到低排序依次为 QL > QF > BM > MF > MC > CK,终花期至收获期各处理油菜干物质积累速率明显下降,净增长量与初花期至盛花期相反,从高到低排序依次为 CK > MF > BM > MC > QF > QL。这是由于前期干物质积累量较大的处理,收获期前表现出早衰所致。可见,地表覆盖栽培方式促进了油菜干物质积累进程,不同地表覆盖栽培方式的促进效果不同。其中 QL 和 QF 对油菜干物质积累进程的促进效果最好。

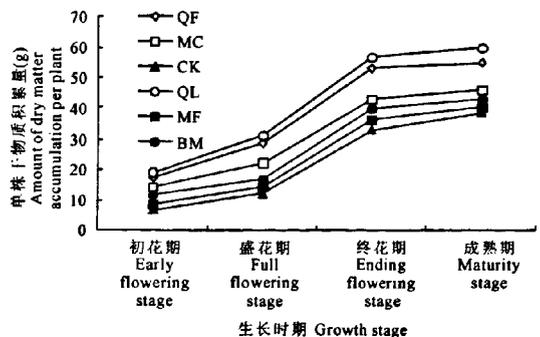


图 1 不同地表覆盖栽培方式油菜植株干物质的积累动态
Fig. 1 Dynamics of dry matter accumulation per plant of rape under different field mulching and planting patterns

2.2 不同地表覆盖栽培方式油菜器官的干物质分配比率

2.2.1 叶片干物质分配比率 由表 1 可见,各处理初花期叶片干物质分配比率均达到最大值,而后随生育期的推进逐渐降低,与茎秆干物质分配比率变化规律基本一致。初花期 MF 处理叶片干物质分配比率比 CK 显著提高 9.11%,MC、BM、QF、QL 处理分别比 CK 显著降低 16.29%、31.08%、23.40%、43.66% ($P < 0.01$);盛花期 MF、MC、BM、QF、QL 处理叶片干物质分配比率分别比 CK 显著降低 39.17%、66.49%、73.63%、73.80%、75.01% ($P < 0.01$);终花期 MF 处理叶片干物质分配比率与 CK

无显著差异,QF、MC、BM、QL 处理分别比 CK 显著降低 54.40%、73.60%、91.60%、93.60% ($P < 0.01$);成熟期 QF、MF、MC、BM、QL 处理叶片干物质分配比率分别比 CK 显著降低 62.55%、63.64%、76.73%、88.73%、98.55% ($P < 0.01$)。可见,地表覆盖栽培方式均加快了油菜叶片干物质向籽粒转移的速度,不同地表覆盖栽培方式促进的效果不同。QF 和 QL 最有利于加快油菜叶片干物质向籽粒的转移量,提高产量;其次为 MC 和 BM,MF 与 CK 相比显著提高了叶片干物质向籽粒的转移量,但均低于其它覆盖栽培方式。

表 1 不同地表覆盖栽培方式对油菜叶片干物质分配比率 (%) 的影响

Table 1 Effect of different field mulching and planting patterns on dry matter distribution ratio of rape leaves

处理 Treatment	初花期 Early flowering stage	盛花期 Full flowering stage	终花期 Ending flowering stage	成熟期 Maturity stage
QL	22.21 ± 0.54Ef	7.42 ± 0.27Dd	0.32 ± 0.30Cd	0.04 ± 0.05Cd
QF	23.89 ± 0.39Ee	7.78 ± 0.37Dd	2.28 ± 0.15Bb	1.03 ± 0.12Bb
MC	33.00 ± 0.97Cc	9.95 ± 0.42Cc	1.32 ± 0.47Ce	0.64 ± 0.30BCbc
BM	27.17 ± 0.79Dd	7.83 ± 0.96Dd	0.42 ± 0.38Cd	0.31 ± 0.36BCcd
MF	43.01 ± 1.06Aa	18.06 ± 0.24Bb	4.71 ± 0.55Aa	1.00 ± 0.25Bb
CK	39.42 ± 0.80Bb	29.69 ± 1.24Aa	5.00 ± 0.18Aa	2.75 ± 0.14Aa

注:不同大、小写字母代表 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$,下同。

Note: Different capital letters and small letters stand for $P < 0.01$ and $P < 0.05$. They are the same in the follows.

2.2.2 茎秆干物质分配比率 由表 2 可见,初花期各处理茎秆干物质分配比率均为最大值,而后随生育期的推进逐渐降低。说明油菜自开花后生长中心发生转移,茎秆内同化物开始向角果输送。初花期 BM、QL、QF、MC 处理茎秆干物质分配比率分别比 CK 显著提高 27.52%、18.19%、16.30%、9.70%,MF 处理与 CK 无显著差异 ($P < 0.01$);盛花期 BM、F 处理茎秆干物质分配比率分别比 CK 显著提高 20.27%、7.01%,MC 处理比 CK 显著降低 6.74%,QL、QF 处理与 CK 无显著差异 ($P < 0.01$);终花期 BM 处理茎秆干物质分配比率比 CK 显著提高

3.03% ($P < 0.05$),MF 处理与 CK 无显著差异,QF、MC、QL 处理分别比 CK 显著降低 10.15%、8.89%、7.99% ($P < 0.01$);成熟期 BM 处理茎秆干物质分配比率比 CK 显著提高 3.66% ($P < 0.01$),MF 处理比 CK 显著提高 2.65% ($P < 0.05$),QF、QL、MC 处理分别比 CK 显著降低 7.74%、5.38%、4.59% ($P < 0.01$)。说明地表覆盖栽培方式促进了油菜茎秆干物质向角果的转移速率,不同地表覆盖栽培方式促进的效果不同,其中 QF、MC、QL 处理在终花期之后显著降低了干物质向茎秆中的分配比率,从而有利于提高角果干物质的分配比率。

表 2 不同地表覆盖栽培方式对油菜茎秆干物质分配比率 (%) 的影响

Table 2 Effect of different field mulching and planting patterns on dry matter distribution ratio of rape stems

处理 Treatment	初花期 Early flowering stage	盛花期 Full flowering stage	终花期 Ending flowering stage	成熟期 Maturity stage
QL	64.33 ± 0.79Bb	50.77 ± 0.55Cc	40.06 ± 0.25Be	38.52 ± 0.14Cc
QF	63.30 ± 0.74Bb	50.09 ± 0.36Cc	39.12 ± 0.62Be	37.56 ± 0.53Cd
MC	59.71 ± 0.79Cc	46.94 ± 0.68Dd	39.67 ± 0.57Be	38.80 ± 0.54Cc
BM	69.41 ± 0.50Aa	60.53 ± 0.96Aa	44.86 ± 0.42Aa	42.20 ± 0.24Aa
MF	53.55 ± 0.48Dd	53.86 ± 1.03Bb	44.19 ± 0.48Aab	41.79 ± 0.71AaB
CK	54.43 ± 0.61Dd	50.33 ± 0.73Cc	43.54 ± 0.63Ab	40.71 ± 0.16Bb

2.2.3 角果干物质分配比率 由表 3 可见,初花至成熟各处理角果干物质分配比率均呈增长趋势,成熟期达到最大值。初花期 QL、QF、MC 处理角果干物质分配比率显著高于 CK, BM、MF 处理与 CK 无显著差异 ($P < 0.01$); 盛花期 QL、QF、MC、BM、MF 处理角果干物质分配比率分别比 CK 显著提高 121.33%、123.08%、126.57%、62.36%、46.21% ($P < 0.01$); 终花期 QL、QF、MC、BM 处理角果干物质分配比率分别比 CK 显著提高 15.86%、13.89%、14.67%、6.34%,

处理 MF 与 CK 无显著差异 ($P < 0.01$); 成熟期 QL、QF、MC 处理角果干物质分配比率分别比 CK 显著提高 8.69%、8.63%、7.11% ($P < 0.01$), BM、MF 处理分别比 CK 显著提高 1.70%、1.20% ($P < 0.05$)。可见,地表覆盖栽培方式加速了油菜干物质向角果的分配,不同地表覆盖栽培方式在油菜生长不同时期的效果不同,QL 和 QF 处理对油菜干物质向角果的分配比率促进效果最好,其次分别为 MC 和 BM, MF 相对其它 4 种覆盖方式来说促进效果最差。

表 3 不同地表覆盖栽培方式对油菜角果干物质分配比率 (%) 的影响

Table 3 Effect of different field mulching and planting patterns on dry matter distribution ratio of rape pods

处理 Treatment	初花期 Early flowering stage	盛花期 Full flowering stage	终花期 Ending flowering stage	成熟期 Maturity stage
QL	6.05 ± 0.32Aa	41.81 ± 0.32Aa	59.62 ± 0.55Aa	61.44 ± 0.19Aa
QF	4.92 ± 0.22Aa	42.14 ± 0.22Aa	58.61 ± 0.64Aa	61.41 ± 0.43Aa
MC	2.65 ± 1.21Bb	42.80 ± 0.93Aa	59.01 ± 0.18Aa	60.55 ± 0.36Ab
BM	0.60 ± 1.03BCc	30.67 ± 0.23Bb	54.72 ± 0.80Bb	57.49 ± 0.17Bc
MF	0.49 ± 0.85BCc	27.62 ± 0.64Cc	51.10 ± 0.29Cc	57.21 ± 0.59Bc
CK	0.00 ± 0.00Cc	18.89 ± 0.46Dd	51.46 ± 0.60Cc	56.53 ± 0.25Bd

2.2.4 干物质分配过程分析 由表 1、表 2 可见,初花期除 MF 处理外,各地表覆盖处理叶片干物质分配比率均显著低于 CK 处理,而茎秆干物质分配比率均显著高于 CK 处理 ($P < 0.01$)。由表 3 可见,除 MF、BM 处理外,其他各地表覆盖处理角果干物质分配比率均显著高于 CK 处理 ($P < 0.01$)。这说明叶片所积累的干物质首先传送到茎秆,再由茎秆传送到角果。盛花期至成熟期,除 MF、BM 处理外,各地表覆盖处理叶片、茎秆干物质分配率均显著低于 CK,说明地表覆盖明显地推进了叶片和茎秆所积累的干物质向角果传送的进程,不同地表覆盖栽培方式推进效果不同。

2.3 油菜不同地表覆盖栽培方式的产量效应

不同地表覆盖栽培方式油菜单株干物重、单株产量、小区产量以及由小区产量推算出的单位面积产量等如表 4 所示。由表 4 可见,QL、QF、MC、BM、

MF 处理单株干物重分别比 CK 显著提高 55.20%、42.87%、19.03%、11.62%、4.56% ($P < 0.01$); QL、QF、BM、MC 处理单株产量分别比 CK 显著提高 68.95%、66.34%、53.27%、42.16% ($P < 0.01$), MF 处理比 CK 显著提高 9.15% ($P < 0.05$); QL、QF、MC、BM 处理单位面积产量分别比 CK 显著提高 33.49%、33.35%、18.97%、18.60% ($P < 0.01$), MF 处理比 CK 显著降低 0.02% ($P < 0.05$),这是因为麦草覆盖降低了地表温度,使油菜保苗率降低,从而导致最终产量比对照低。对不同地表覆盖栽培方式油菜单株干物重与单位面积产量的相关性进行分析,获得最优线性回归方程为: $y = 50.438 + 2.163x$,表明油菜单位面积产量与单株干物重呈显著正相关 ($R = 0.921$)。QL、QF 处理单株产量均超过 5 g,是西北沿山旱作区油菜种植的最优栽培方式。

表 4 不同地表覆盖栽培方式油菜产量的比较

Table 4 The yield in different field mulching and planting patterns

处理 Treatment	单株干物重 Dry weight per plant (g)	单株产量 Output per plant (g)	小区产量 Plot output (kg/21m ²)	单产 Yield (kg/667m ²)	比对照增幅 Yield increasing rate (%)
QL	59.55 ± 0.22Aa	5.17 ± 0.11Aa	5.45 ± 0.21Aa	173.08 ± 0.01Aa	33.49
QF	54.82 ± 0.28Bb	5.09 ± 0.20Aa	5.44 ± 0.39Aa	172.90 ± 0.01Aa	33.35
MC	45.67 ± 0.31Cc	4.35 ± 0.12Bb	4.86 ± 0.15Bb	154.25 ± 0.01Bb	18.97
BM	42.83 ± 0.21Dd	4.69 ± 0.15Bc	4.84 ± 0.12Bb	153.78 ± 0.03Bb	18.60
MF	40.12 ± 0.09Ee	3.34 ± 0.18Cc	4.02 ± 0.66Cd	127.56 ± 0.02Cd	-0.02
CK	38.37 ± 0.18Ff	3.06 ± 0.11Cd	4.08 ± 0.93Cc	129.66 ± 0.03Cc	—

3 结论与讨论

干物质积累是生物学产量形成的基础。随着生育进程的推进,油菜生长中心发生转移,干物质在各器官中的分配比率也随之发生显著变化^[4]。本研究结果表明,地表覆盖虽未改变油菜植株干物质积累的总体态势,但促进了油菜干物质的积累进程。各种地表覆盖栽培方式均加快了油菜叶片、茎秆干物质向角果的转移速率,不同地表覆盖栽培方式促进效果不同。叶片所积累的干物质首先传送到茎秆,再由茎秆传送到角果。茎秆与叶片在初花期干物质分配比率达到最大值,而后随着生长中心的转移同化物逐渐减少。角果干物重分配比率在花后表现出增长趋势,成熟期到最大值。成熟期各地表覆盖处理干物重积累量与对照均表现出极显著差异,其中全膜垄作和全膜平作栽培方式与对照差异最大。这与汤亮等^[11]研究结果一致。

以往研究认为,地膜覆盖均可有效地提高油菜产量^[5,7]。本研究结果表明,各种地膜覆盖栽培方式均有利于油菜单株干物质积累,但不同覆膜方式影响的效果不同。全膜垄作和全膜平作栽培方式油菜单株干物重、单株产量最高;王维、肖继兵等^[9,12]研究认为,作物秸秆覆盖可减少土壤表面水分蒸发,提高降水利用率 and 水分利用率,增产效果明显。但本研究结果表明,麦草覆盖种植虽对油菜单株干物质积累量有一定的促进作用,但未能显著提高油菜的单株产量及单位面积产量。其原因是否与覆盖作物秸秆的量和时期有关,有待进一步研究。Rathke等^[13-14]研究认为,油菜籽产量同其地上部干物质积累量密切相关。本研究结果表明,油菜单位面积产量同油菜单株干物重呈现出显著正相关关系,这也和赵继献等^[15]研究结论一致。

本研究结果表明,在我国西北沿山旱作区,采用地膜覆盖栽培技术能有效地加快油菜植株茎秆、叶片同化物向角果的转移速度,提高油菜地上部干物质积累量和单位面积产量。其中,全膜垄作和全膜平作栽培方式比常规露地栽培增产达到30%以上,而且全膜双垄沟播技术能够大幅度的提高农田降水

利用率和水分利用效率,平均降水利用率达到70.1%^[8],全膜平作在降大雨时可能存在因为地势不平而造成水分流失的现象,这有待进一步研究证明,但在河西走廊沿山冷凉地区,地势平坦,因降水量大引起的水分流失现象较为少见,所以这两种栽培方式应在生产上大力推广应用,尤其是全膜垄作栽培方式。

参考文献:

- [1] 田正科.油菜在我国西部农业中的地位和前景[J].青海大学学报(自然科学版),2002,20(6):42-46.
- [2] 中国农业科学院油料作物研究所.中国油菜栽培学[M].北京:农业出版社,1990.
- [3] 孙娟娟.氮素对油菜物质积累及生理代谢影响的研究[D].武汉:华中农业大学,2006.
- [4] 祝红霞.汤天泽油菜器官与产量关系的研究进展[J].安徽农业通报,2007,13(16):111-113.
- [5] 景军胜,董振生,张修森.旱地油菜地膜覆盖栽培方式研究初报[J].干旱地区农业研究,2000,(18):19-24.
- [6] 孙水玲,郭高,董存泉,等.地膜覆盖对油菜生长发育的影响及其产量效应[J].安徽农业科学,2000,28(6):730-733.
- [7] 黄爱斌.半干旱地区农作物全膜覆盖双垄面集雨沟播实验示范研究[J].榆林学院学报,2009,19(2):12-13,16.
- [8] 刘广才,杨祁峰,李来祥,等.旱地玉米全膜双垄沟播技术土壤水分效应研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):18-28.
- [9] 王维,郑曙峰,陆曦结,等.农田秸秆覆盖技术研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(18):8343-8346.
- [10] 高小峰,王金鑫,张波,等.不同生长期干旱胁迫对刺槐幼树干物质分配的影响[J].生态学杂志,2010,29(6):1103-1108.
- [11] 汤亮,朱艳,鞠昌华,等.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.
- [12] 肖继兵,杨久廷,辛宗绪.辽西地区秸秆覆盖实验研究[J].节水灌溉,2008,(2):8-10,13.
- [13] 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 Res, 2005,94(2):101-113.
- [14] 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]. Agr Ecosyst Environ, 2006,117(2):80-108.
- [15] 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.

Study on principle of dry matter accumulation and distribution in rape under different field mulching and planting patterns

ZHAO Dong-xia¹, NIU Jun-yi¹, YAN Zhi-li², ZHANG Dong-li³,
ZHANG Yan-ming¹, YU Xing-fang¹

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004, China; 3. Zhangye Cash Crop Technique Popularization Station, Zhangye, Gansu 735000, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study mulching and planting techniques suitable to local climatic conditions in the spring rape field of dry mountainous areas of western China. The effects of five field mulching and planting patterns including full plastic-film mulching on double ridge and planting in catchment furrows (QL), full plastic-film mulching and parallel sowing (QF), film mulching on ridge and planting in film side (MC), half plastic-film mulching and parallel sowing (BM) and wheat straw mulching and parallel sowing (MF) on dry matter accumulation and distribution were compared with no mulching and flat planting (CK). The result indicated that the impact of different field mulching and planting patterns on dry matter distribution ratio of rape organs varied, and QL and QF were most significant in comparison with CK. All mulching modes were helpful for dry matter accumulation, but the effects of different mulching modes also varied. The growth rate of per plant dry weight and yield of rape under QL and QF were the highest, but not significantly under MF. Per plant dry weight and yield presented a positive correlation, and the optimum linear regression equations was built. Plastic - film mulching effectively promoted the transfer of photosynthate from stems and leaves to pods, and increased above ground dry matter accumulation and yield. Compared with CK, QL and QF increased the yield by over 30%, which should be widely popularized in production.

Keywords: rape; field mulching; dry matter accumulation; distribution; principle

(上接第 24 页)

- [13] 卢德勋. 现代反刍动物营养研究方法和技巧[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [14] ARC. Nutrient Requirements of Farm Livestock[M]. London: ARC, 1965: 193-257.
- [15] 周青平. 青海湟水谷地玉米最适收获期及秸秆的调制利用

[J]. 草业科学, 1997, 14(1): 53-56.

- [16] 冯仰廉, 张子仪. 低质粗饲料的营养价值及合理利用[J]. 中国畜牧杂志, 2001, 37(6): 3-5.
- [17] 孙海霞, 周道玮. 松嫩草地不同牧草体外干物质消化率的研究[J]. 中国草地学报, 2008, 30(2): 11-14.

Research on appropriate harvesting time of corn and utilization mode of straw forage

WANG Min-ling, ZHONG Rong-zhen, ZHOU Dao-wei*

(Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China)

Abstract: The changes in nutrients of corn at different growing periods, organs, and spatial locations were examined by determining crude protein, in vitro digestibility, and metabolic energy. The results showed that the maximum yield of corn (*Zea Mays* L.) was 67 531 kg/hm², which was observed in September 24. Therefore, this is a preferred time to harvest corn. The most total metabolic energy and total crude protein of whole-crop corn were 107 374 MJ/hm² and 704 kg/hm², and they were observed in September 4 and 9, respectively. The most total metabolic energy (107 374 MJ/hm²) of whole-crop corn was also observed from September 4 ~ 9. So this period should be the optimal time to harvest whole-crop corn as forage. Furthermore, the lower part of the plant had lower crude protein level, and the upper part of the plant had more nutrient content, so the lower and upper parts of plant should be used as fuel and forage feed, respectively.

Keywords: corn; yield; nutrition, harvesting time; straw forage