

摘薹对“油蔬两用”油菜经济性状与产量的影响

赵卫喆^{1,2} 杜春芳² 孙璇² 姚琳² 咸拴狮² 张高杨²

(¹山西农业大学农学院, 030801, 山西晋中; ²山西农业大学棉花研究所, 044000, 山西运城)

摘要 为探究“油蔬两用”油菜在摘薹后各经济性状及产量的变化规律和相关性, 采用灰色关联度分析法对 21 个油菜品系的 16 个经济性状进行比较分析。结果表明, 摘薹后油菜产量与经济性状之间的关联度表现为每角粒数>角果长>根长>角果层 PAR 截获率>有效分枝高度>千粒重>二次分枝角果数>角果宽>单株角果数>果皮厚>一次分枝角果数>一次有效分枝数>二次有效分枝数>茎粗>分枝层 PAR 截获率>株高。因此, 在“油蔬两用”油菜地方品种选育中, 应综合考虑各性状, 注重选择每角粒数较多、角果较长、根系较长且角果层 PAR 截获率较高的品种。

关键词 油菜; 摘薹; 经济性状; 关联度; 产量

油菜是我国第一大食用植物油源, 在农业结构与食用油供应中占有较大的比重^[1]。近年来, 随着产业结构调整不断深入, “油蔬两用”模式使得油菜多功能应用发展迅速, 但摘薹后菜籽产量仍然是种植户追求的主要目标^[2]。产量是复杂的数量性状, 除受环境因素影响外, 还与农艺性状及相互间的制约有着密切关系^[3]。已有许多研究人员采用不同的方法对油菜菜籽产量及农艺性状等进行了大量研究。黄威等^[4]运用 Delphi 排序法对湖北地区 7 个“油蔬两用”油菜品种的菜薹产量、菜籽产量、经济效益等指标进行了综合比较, 结果表明, 沔绿 2 号、油薹 929、沔绿 1 号和狮山菜薹综合排序较高, 适宜作为“油蔬两用”油菜品种推广; 王淑芬等^[5]对安徽黄山地区 13 个双低甘蓝型油菜品种的菜薹产量、菜籽产量、主要性状及经济效益进行比较分析表明, 皖油 28 和同油杂 2 号可作为高产型“油蔬两用”油菜品种推广应用, 蓉油 16 与华油杂 62 可作为“油蔬两用”配套品种。刘新红等^[6]在直播条件下通过摘薹考察油菜生育期、农艺性状及产量的变化, 结果显示, 不同材料经一次采主薹后, 生育期、农艺性状及产量的变化存在较大差异。

尽管关于农艺性状与油菜产量关系的研究报道较多, 但在“油蔬两用”油菜生产中, 摘薹后油菜的各主要经济性状对产量的影响研究还比较薄弱, 不利于生产中实现菜薹+菜籽双丰收^[7]。为深入研究晋南地区摘薹对直播油菜的农艺性状与产

量的影响, 选择 21 个油菜品系为材料, 通过灰色关联分析, 探讨摘薹后油菜各主要经济性状变化及对产量的影响, 为晋南地区“油蔬两用”油菜的选育及摘薹后增产、稳产研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

试验材料为 21 个甘蓝型油菜双低品系, 编号为 y1~y21。y1~y20 为山西农业大学棉花研究所自育品系, y21 为优质杂交油菜品系秦油 7 号(对照, CK)。试验于 2020-2021 年在山西省运城市盐湖区南花农场进行, 黄褐色壤土, 前茬为小麦。试验采用单因素随机区组设计, 3 次重复, 小区面积为 18.00m² (长 6.00m, 宽 3.00m)。2020 年 9 月 27 日播种, 2021 年 3 月 17 日, 在所有材料抽薹后统一摘薹, 摘薹后不追施无机肥, 田间管理按照常规大田管理方法。

1.2 测定项目与方法

冠层 PAR 截获率^[8]: $I_n = (PAR_n - PAR_{n-1}) / PAR_i$ 。

PAR_i 为冠层顶部高度的入射 PAR, n 分别表示冠层顶部、冠层 2/3 处、冠层底部的入射 PAR。

随机选取各品系 3 株, 测量子叶节至主根根尖之间的距离, 重复 3 次。

采用熵权法确定各指标权重, $W_i = d_i / \sum_j^n d_j$, 式中, W_i 为各指标权重, d_i 为各指标的熵值, j 表示第 j 项指标下第 i 个样本值占该指标的比重, n 表示每

作者简介: 赵卫喆, 研究方向为油菜遗传育种, E-mail: zwzweizhe@163.com

杜春芳为通信作者, 研究方向为油菜遗传育种, E-mail: chunfangdu@163.com

基金项目: 山西农业大学育种工程项目 (yzgc010)

收稿日期: 2022-02-24; 修回日期: 2022-03-22; 网络出版日期: 2022-11-30

个品系的 n 项经济性状指标。

参照灰色系统理论测定方法和灰色关联度分析等方法^[9-12]，将 21 个油菜品种 16 个主要农艺性状看作一个灰色系统进行灰色关联度分析。

1.3 数据处理

采用 Excel 软件整理数据，通过灰色关联度方法及熵权法对数据进行分析 and 处理。

2 结果与分析

2.1 摘薹对油菜籽产量的影响

摘薹与不摘薹菜籽平均产量组间差异显著，21 个油菜品系摘薹处理下小区菜籽平均产量为

4.32kg，较不摘薹处理（4.99kg）减产 13.43%（表 1）。摘薹对不同品系影响不同，y6、y7、y8、y12、y15、y16、y19 和 y20 在摘薹后菜籽产量有不同程度增加，但组间差异均不显著，其中 y15 菜籽增产率最高，为 24.81%，y6、y7、y8、y12、y16、y19 和 y20 分别增产 12.65%、9.07%、17.39%、22.11%、11.58%、17.04%、17.23%；剩余 13 个品系在摘薹处理后产量呈减产趋势，其中 y1、y2、y3、y4、y11、y14、y17 和 y18 与不摘薹产量组间差异显著，较不摘薹减产 29.15%~ 56.58%；y5、y9、y10、y13 和 y21（CK）在摘薹后菜籽产量同样呈下降趋势，但组间差异不显著，说明摘薹处理对这 5 个品系的菜

表 1 不同油菜品系摘薹与不摘薹小区菜籽产量比较
Table 1 Comparison of rapeseed yield of different lines with and without stalk picking

品系 Line	产量 Yield (kg)		组间差异 Differences between groups		组内差异 Differences within the group		摘薹菜籽产量变化 Influence rate of rapeseed yield with stalk picking (%)
	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	
y1	2.88±0.15	4.32±1.11	b	a	fg	cdef	-33.33
y2	2.74±0.73	6.31±0.87	b	a	g	a	-56.58
y3	3.02±0.60	5.15±0.61	b	a	efg	abcdef	-41.36
y4	3.62±0.72	6.00±0.56	b	a	cdefg	ab	-39.67
y5	4.79±0.67	5.13±1.39	a	a	abcd	abcdef	-6.63
y6	4.81±0.15	4.27±0.20	a	a	abcd	def	12.65
y7	5.29±0.37	4.85±0.32	a	a	ab	abcdef	9.07
y8	5.13±0.47	4.37±0.53	a	a	abc	cdef	17.39
y9	3.28±0.82	4.18±0.30	a	a	defg	ef	-21.53
y10	5.83±1.04	6.09±1.29	a	a	a	a	-4.27
y11	4.18±1.08	5.90±1.18	b	a	bcdefg	abc	-29.15
y12	4.75±0.79	3.89±0.49	a	a	abcd	f	22.11
y13	4.42±0.52	4.76±0.42	a	a	abcdef	abcdef	-7.14
y14	3.97±0.27	5.81±1.46	b	a	bcdefg	abcd	-31.67
y15	4.98±0.59	3.99±0.68	a	a	abc	ef	24.81
y16	5.01±0.86	4.49±0.77	a	a	abc	bcdef	11.58
y17	3.39±0.42	5.09±1.13	b	a	defg	abcdef	-33.40
y18	3.57±0.68	5.59±0.49	b	a	cdefg	abcde	-36.14
y19	4.74±0.55	4.05±1.18	a	a	abcd	ef	17.04
y20	5.85±0.52	4.99±0.44	a	a	a	abcdef	17.23
y21	4.47±0.85	5.57±2.02	a	a	abcde	abcde	-19.75
平均 Mean	4.32±1.07	4.99±1.08	b	a	—	—	-13.43

组间差异：不同小写字母表示组间差异显著（ $P < 0.05$ ）；组内差异：同列不同小写字母表示品系间差异显著（ $P < 0.05$ ），下同
Differences between groups: different lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$); differences within the group: different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$), the same below

籽产量无较大影响。

组内差异比较发现，不摘薹时，y2 和 y10 菜籽产量较高，分别为 6.31 和 6.09kg，二者差异不显著，与 y1、y6、y8、y9、y12、y15、y16、y19 差异显著；y12 产量最低，不摘薹小区菜籽产量为 3.89kg。摘薹后，y10 和 y20 产量达到较高值，分别为 5.83

和 5.85kg，差异不显著，与 y1、y2、y3、y4、y9、y11、y14、y17、y18 差异显著；y2 摘薹后产量最低，仅为 2.74kg。

2.2 摘薹对油菜经济效益的影响

菜薹和菜籽分别按照市场平均售价 5.00 元/kg 和 5.00 元/kg 计算产值，油蔬两用栽培模式下 21

个品系的经济效益均明显高于单收菜籽的经济效益，摘薹导致菜籽收益减少 13.44%，而多收一季菜薹使油菜的平均总收益提高 84.49%。由图 1 可知，21 个品系中有 9 个品系的增收达到 1 倍以上，分别为 y1、y3、y6、y7、y8、y12、y13、y15 和 y19，其中 y15 油蔬两用栽培方式的经济效益为 2.67 万元/hm²，较单收菜籽(1.11 万元/hm²)增收 140.54%，增收效益显著；增收最低的为 y18，增收率为

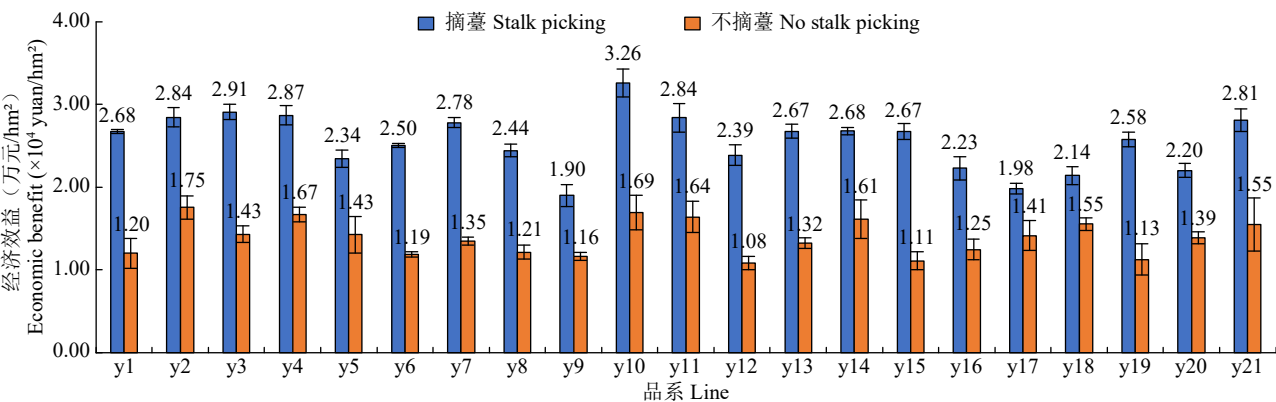


图 1 油蔬两用栽培与单收菜籽经济效益比较
Fig.1 Comparison of economic benefits between oil-vegetable cultivation and single oilseed harvesting

38.06%。在主要经济性状方面，株高随着摘薹处理呈降低趋势，但处理间差异不显著；单株角果数随摘薹而减少，摘薹与不摘薹之间差异显著，其中 y9 在摘薹

2.3 摘薹对油菜主要经济性状的影响

摘薹对植株的各经济性状均有影响（表 2）。

表 2 摘薹对油菜产量主要性状的影响
Table 2 Effects of stalk picking on main traits of rape yield

品系 Line	株高 Plant height (cm)		单株角果数 Number of siliques per plant		每角粒数 Number of seeds per pod		千粒重 1000-seed weight (g)	
	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking
	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking
y1	146.6±9.4cde	157.0±5.6cdef	130.8±72.6b	272.8±95.0abc	27.3±3.1a	26.5±2.6abcde	4.3±0.6bcd	4.3±0.6bcde
y2	156.8±14.0abcde	153.2±8.0cdefg	205.6±74.3ab	327.8±127.6abc	28.8±3.9a	24.4±1.9cde	4.8±0.5bc	4.2±0.3bcde
y3	160.8±6.0abc	178.0±10.4a	167.3±92.3b	355.2±61.5ab	30.2±2.8a	28.4±2.3abcd	3.3±0.1ef	3.8±0.7e
y4	153.6±8.9bcde	173.8±13.2ab	228.3±170.2ab	284.0±43.1abc	31.2±1.0a	26.6±0.2abcde	4.5±0.4bcd	4.8±0.5abcde
y5	147.4±15.1bcde	130.2±11.9h	254.4±160.4ab	426.8±107.5a	22.2±1.8b	17.0±2.3g	4.8±1.0bc	5.3±0.9a
y6	151.7±6.6bcde	153.2±7.1cdefg	240.0±131.0ab	326.4±93.5abc	21.0±1.4b	20.4±3.0fg	4.8±0.7bc	4.9±0.2abcd
y7	153.7±19.5bcde	149.8±12.5defg	198.4±130.7ab	296.8±88.2abc	28.1±1.8a	27.7±0.5abcde	3.1±0.6f	4.4±0.3abcde
y8	157.3±13.0abcde	166.3±7.7abc	244.6±228.4ab	268.3±61.1bc	28.6±2.2a	29.6±2.1ab	3.9±0.7cdef	5.0±0.3abc
y9	170.9±14.2a	161.8±10.8bcde	349.8±124.9a	286.0±96.0abc	29.2±1.2a	26.0±4.6abcde	5.0±0.5ab	5.1±0.2ab
y10	161.6±8.3ab	153.8±3.8cdefg	165.3±103.9b	244.0±71.8bc	30.2±1.1a	28.2±1.2abcd	4.1±0.1bcde	4.1±0.3bcde
y11	158.2±13.9abcd	163.2±6.3bcd	230.1±141.6ab	261.2±56.3bc	27.1±0.9a	26.7±0.6abcde	4.2±0.4bcde	4.4±0.2abcde
y12	144.3±9.3de	144.2±6.9fg	277.2±215.7ab	280.8±70.6abc	28.9±1.5a	28.7±1.0abc	4.8±0.6bc	4.1±0.4bcde
y13	155.0±9.5bcde	162.4±10.6bcde	187.3±138.5b	239.6±71.6bc	29.3±4.2a	23.5±1.7ef	4.7±0.1bcd	4.0±1.1cde
y14	161.2±14.9abc	157.2±8.5cdef	173.3±129.4b	231.4±54.4bc	27.3±1.7a	25.3±1.6bcde	3.7±0.5def	4.6±0.6abcde
y15	160.5±10.1abc	140.4±7.0gh	185.8±110.8b	258.4±85.2bc	29.5±2.0a	30.4±2.0a	5.8±0.5a	4.8±0.4abcd
y16	155.8±13.2bcde	148.2±9.6efg	250.5±84.3ab	277.2±64.1abc	29.0±2.0a	29.1±2.0ab	4.3±0.3bcd	4.2±0.1bcde
y17	143.1±16.3e	154.8±10.8cdef	169.0±179.9b	191.6±88.0c	28.4±2.1a	27.9±1.8abcd	4.2±0.6bcde	4.6±0.5abcde
y18	145.5±10.7de	163.4±8.6bcd	202.1±105.8ab	253.4±65.4bc	30.1±3.6a	26.6±3.5abcde	4.0±0.6bcde	3.9±0.4de
y19	153.3±10.8bcde	157.0±12.5cdef	242.8±119.7ab	315.0±165.9abc	27.6±2.8a	24.1±2.3def	4.4±1.1bcd	4.2±0.3bcde
y20	151.9±14.8bcde	153.4±10.9cdefg	270.8±131.0ab	337.6±103.9abc	30.6±2.0a	28.6±1.9abc	4.2±0.4bcde	3.9±0.0de
y21	158.3±9.7abcd	149.3±3.3defg	162.5±121.5b	185.5±49.0c	28.4±0.8a	28.4±1.3abcd	3.9±0.3cdef	3.9±0.1de
平均 Mean	154.6±13.5a	155.7±13.4a	216.0±140.0b	281.9±94.6a	28.2±3.1a	26.4±3.6b	4.3±0.8a	4.4±0.6a

后单株角果数增加 22.00%；每角粒数随摘薹而增加，摘薹与不摘薹处理每角粒数差异显著。千粒重在摘薹与不摘薹处理间差异不显著。

在形成经济产量的分枝特性方面，有效分枝高

度和一次有效分枝数随着摘薹处理而减少，处理间差异显著；二次有效分枝数则表现为摘薹处理比不摘薹处理增加，处理间差异显著，说明采薹能促进二次有效分枝增加（表 3）。

表 3 摘薹对油菜分枝性状的影响
Table 3 Effects of stalk picking on characteristics of rape branching

品系 Line	有效分枝高度 Height of effective branch (cm)		一次有效分枝数 1st effective branches per plant		一次分枝角果数 Siliques of 1st branch		二次有效分枝数 2nd effective branches per plant		二次分枝角果数 Siliques of 2nd branch	
	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking
y1	10.3±3.2bcd	55.8±7.0cdef	4.0±1.1abc	8.6±2.7cdef	85.1±38.8a	200.4±80.6cdef	6.4±4.4c	1.8±1.8ab	45.7±36.7b	10.8±13.2a
y2	6.6±3.3d	62.6±21.5abcd	3.4±0.8abc	9.0±2.5cdef	97.5±30.0a	261.0±115.5abc	8.6±2.6abc	1.2±2.7ab	108.1±63.6ab	9.0±20.1a
y3	21.2±4.2a	67.0±8.6a	2.8±1.2c	10.2±1.3abcd	95.5±49.9a	259.0±71.2abc	6.4±3.7c	2.8±3.7ab	71.8±47.9b	28.2±43.5a
y4	11.3±5.5abcd	65.0±17.4abc	4.0±1.6abc	8.4±1.8def	105.7±44.6a	197.2±40.2cdef	8.6±6.0abc	3.2±2.4ab	122.6±130.1ab	28.8±23.5a
y5	12.6±4.6abcd	25.2±7.8i	4.0±1.2abc	10.2±0.8abcd	126.0±59.4a	291.0±80.2a	8.6±4.5abc	5.8±4.4ab	128.4±109.0ab	66.0±53.2a
y6	12.2±5.5abcd	39.4±14.7h	3.8±1.1abc	8.4±2.2def	126.7±47.9a	240.8±104.6abcd	9.9±5.5abc	4.8±3.7ab	113.3±88.0ab	35.0±25.8a
y7	13.7±4.9abcd	56.6±15.4bcdef	3.9±1.4abc	9.2±2.3abcde	103.1±55.9a	240.6±80.5abcd	8.5±5.8abc	0.8±1.1ab	95.3±78.8b	4.4±6.2a
y8	15.9±3.8abcd	66.5±11.5ab	3.1±1.3bc	8.5±0.5def	108.4±79.8a	202.8±60.0bcdef	9.3±7.1abc	0.0±0.0b	136.2±154.4ab	0.0±0.0a
y9	14.8±5.2abcd	51.8±15.4efg	4.9±1.4ab	8.6±1.1cdef	143.9±44.8a	221.2±86.0abcde	13.8±5.0a	1.2±1.6ab	205.9±88.3a	4.2±7.3a
y10	16.7±2.1abcd	54.4±14.0def	3.0±1.2bc	8.8±1.9bcdef	78.0±37.4a	184.0±65.4cdef	6.9±4.4bc	0.4±0.5ab	87.3±71.7b	2.4±3.4a
y11	14.7±3.2abcd	60.6±5.9abcde	4.0±1.2abc	9.2±1.1abcde	109.7±48.5a	203.2±35.8bcdef	8.8±5.3abc	1.6±2.1ab	120.4±97.7ab	11.0±14.8a
y12	16.8±5.2abcd	43.0±7.3gh	5.2±2.3a	10.4±1.7abc	142.4±96.1a	211.0±59.1bcdef	12.4±9.3ab	2.8±3.1ab	134.8±130.0ab	12.8±14.7a
y13	17.1±8.3abc	65.6±10.4abc	3.6±1.3abc	8.0±1.2ef	94.6±49.2a	177.4±68.9def	8.6±7.0abc	1.8±2.5ab	92.7±90.8b	8.2±11.8a
y14	16.4±3.2abcd	65.6±13.6abc	3.0±1.2bc	8.0±2.2ef	92.6±56.7a	170.4±55.0def	6.1±4.5c	0.2±0.4ab	80.7±85.7b	0.6±1.3a
y15	20.4±3.3ab	56.4±11.3cdef	4.1±1.7abc	7.4±1.5ef	99.9±53.7a	178.2±48.8def	7.8±2.8bc	6.0±4.8a	85.9±61.8b	32.4±30.6a
y16	16.7±7.5abcd	42.6±12.4gh	3.4±0.8abc	11.0±1.9a	114.4±32.1a	226.8±50.0abcd	9.6±3.1abc	0.4±0.5ab	136.1±58.7ab	1.6±2.3a
y17	8.8±4.5cd	59.4±14.7abcde	3.3±1.4bc	8.6±1.1cdef	77.6±51.4a	143.8±76.5ef	6.7±5.7bc	0.4±0.5ab	91.4±133.1b	1.2±1.8a
y18	10.2±4.4bcd	59.6±10.9abcde	3.7±0.9abc	10.4±1.1abc	103.9±44.0a	204.2±62.4bcdef	9.1±4.5abc	1.0±1.2ab	98.2±64.8b	4.2±5.8a
y19	8.0±4.2cd	48.6±12.8fgh	3.7±0.8abc	10.6±3.4ab	116.4±45.4a	228.6±134.5abcd	10.3±5.1abc	4.4±4.0ab	126.4±84.9ab	23.2±28.5a
y20	15.1±3.4abcd	43.2±11.0gh	4.6±1.2abc	10.6±1.5ab	129.8±53.4a	275.8±104.0ab	11.0±4.4abc	0.2±0.4ab	141.0±87.8ab	0.8±1.8a
y21	15.6±5.5abcd	59.3±6.2abcde	3.2±0.9bc	7.3±0.8f	91.3±47.5a	138.8±44.8f	5.6±2.8c	0.0±0.0b	71.2±79.3b	0.0±0.0a
平均 Mean	14.1±5.9b	54.7±15.5a	3.7±1.4b	9.1±2.0a	106.8±53.5b	212.2±79.5a	8.7±5.3a	1.9±2.9b	109.2±94.0a	13.6±24.8b

在形成经济产量的植物学特性方面，茎粗和角果长随摘薹处理而增加，摘薹与不摘薹处理间差异显著，y11 角果长在摘薹后增长 17.95%；根长随摘

薹处理表现为下降趋势，摘薹与不摘薹处理间差异显著（表 4）。

分枝层 PAR 截获率在摘薹后降低，而角果层

表 4 摘薹对油菜植物学特性的影响
Table 4 Effects of stalk picking on plant botanical characteristics of rape

品系 Line	茎粗 Stem diameter (cm)		角果长 Pod length (mm)		根长 Root length (cm)		角果宽 Pod width (mm)		果皮厚 Pericarp thickness (mm)	
	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking
y1	1.4±0.2abc	1.4±0.3bcdefg	72.5±1.8defg	65.1±4.1bcde	11.2±2.6c	15.0±2.7ab	5.0±0.3fg	5.4±0.6cde	0.4±0.1cdefgh	0.4±0.1defgh
y2	1.5±0.2abc	1.9±0.3a	80.4±2.7ab	69.1±5.3abc	13.3±2.1abc	15.4±1.8ab	5.6±0.2bc	5.0±0.4fgh	0.4±0.1cdefg	0.4±0.1efgh
y3	1.7±0.4a	1.5±0.4bcde	74.1±5.7def	70.0±2.0a	14.2±2.4abc	13.4±5.0ab	5.0±0.4fg	5.9±0.5b	0.4±0.1efgh	0.3±0.1gh
y4	1.6±0.3abc	1.3±0.3cdefgh	76.8±4.2bcd	65.2±4.4bcde	15.3±2.8ab	14.4±3.4ab	5.3±0.2bcdefg	4.9±0.2ghi	0.5±0.1bc	0.5±0.1abcde
y5	1.4±0.2abc	1.6±0.4abcd	62.2±1.3h	50.7±3.9g	14.4±3.2abc	14.0±3.7ab	5.4±0.3bcde	5.1±0.4efgh	0.4±0.1cdefgh	0.4±0.1defgh
y6	1.7±0.3ab	1.7±0.3abc	59.5±6.0h	64.3±5.4de	16.8±3.9a	15.0±2.6ab	6.9±0.9a	6.8±0.4a	0.6±0.1a	0.5±0.1a

续表 4 Table 4 (continued)

品系 Line	茎粗		角果长		根长		角果宽		果皮厚	
	Stem diameter (cm)		Pod length (mm)		Root length (cm)		Pod width (mm)		Pericarp thickness (mm)	
	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking
y7	1.6±0.3abc	1.7±0.2ab	70.0±4.0fg	67.6±3.8abcde	14.1±2.4abc	16.8±3.0a	4.5±0.7h	5.0±0.3efgh	0.4±0.1gh	0.4±0.0abcdef
y8	1.5±0.4abc	1.4±0.3bcdefg	79.2±7.5abc	70.6±2.3a	15.6±3.5ab	15.2±3.0ab	5.0±0.2fg	5.3±0.6defg	0.4±0.1defgh	0.5±0.1abcd
y9	1.5±0.2abc	1.6±0.3abc	72.0±4.9efg	69.2±2.5abc	16.1±3.5ab	13.4±3.8ab	5.6±0.6b	5.7±0.4bc	0.4±0.1fgh	0.5±0.1ab
y10	1.4±0.3bc	1.4±0.3bcdef	75.7±4.2cde	69.2±2.4abc	16.4±3.2ab	17.2±1.3a	5.5±0.3bc	5.0±0.7fgh	0.5±0.1cdef	0.5±0.1abc
y11	1.5±0.2abc	1.4±0.3bcdef	81.5±2.9a	69.1±8.6abc	13.3±4.0abc	16.2±3.1a	5.3±0.2bcdef	4.8±0.4hi	0.5±0.0cdefg	0.4±0.1cdefg
y12	1.3±0.2c	1.5±0.3bcde	72.0±3.1efg	65.0±3.5bcde	13.8±1.8abc	11.8±2.0b	5.7±0.4b	5.1±0.3efgh	0.5±0.1cdefg	0.4±0.1fgh
y13	1.3±0.2c	1.1±0.3fghij	74.1±4.4def	63.6±4.0c	12.6±3.3bc	16.6±4.2a	4.9±0.3g	4.8±0.3hi	0.4±0.1fgh	0.4±0.1fgh
y14	1.4±0.4abc	1.6±0.3abcde	73.6±3.6defg	64.9±6.4cde	10.6±2.4c	14.4±2.4ab	5.1±0.4defg	5.0±0.2fgh	0.5±0.1bcde	0.5±0.1abcde
y15	1.3±0.2c	0.9±0.2j	75.9±2.7cde	70.2±4.5a	13.0±2.7abc	14.6±2.4ab	5.5±0.3bc	5.9±0.3b	0.6±0.1ab	0.4±0.1bcdefg
y16	1.4±0.2abc	1.0±0.1hij	76.5±3.2bcde	69.6±4.2ab	13.4±2.6abc	14.4±3.4ab	5.5±0.1bc	5.3±0.2def	0.4±0.0cdefg	0.5±0.1abcde
y17	1.5±0.3abc	1.1±0.5ghij	74.6±3.0de	68.7±3.9abcd	13.9±3.2abc	16.0±3.1a	5.2±0.5cdefg	5.2±0.4efgh	0.4±0.1h	0.3±0.0gh
y18	1.4±0.2abc	1.0±0.2ij	79.9±3.0abc	67.8±6.0abcde	16.3±3.5ab	15.8±3.7a	5.4±0.4bcdef	4.5±0.2i	0.5±0.1bcd	0.3±0.1hi
y19	1.5±0.2abc	1.3±0.4efghi	74.6±4.7de	70.8±3.0a	14.1±3.9abc	17.4±2.6a	5.0±0.4efg	4.9±0.3fgh	0.4±0.1gh	0.3±0.0i
y20	1.5±0.3abc	1.1±0.2fghij	80.7±6.0ab	66.7±4.0abcde	13.7±2.9abc	15.4±4.5ab	5.2±0.3bcdefg	4.9±0.4ghi	0.5±0.1bcd	0.5±0.1a
y21	1.6±0.3abc	1.3±0.2defghi	69.4±2.8g	56.1±4.9f	15.2±2.9ab	14.6±3.3ab	5.4±0.4bcd	5.6±0.4bcd	0.4±0.1cdefgh	0.4±0.1abcdef
平均 Mean	1.5±0.3a	1.4±0.4b	74.0±6.8a	66.3±6.5b	14.2±3.3b	15.1±3.2a	5.3±0.6a	5.2±0.6b	0.5±0.1a	0.4±0.1b

PAR 截获率在摘薹后增加,这可能是由于摘薹改变了植株的分枝结构,进而改变了冠层内的温度和CO₂等小环境,最终影响植株光的截获量(表 5)。

2.4 摘薹后油菜各经济性状对产量的关联度分析

为探究摘薹后各经济性状对产量的关联度情况,对 21 个品系的原始数据进行评价,建立经济性状的灰色模式识别数据集,进行灰色关联法数据规格化处理,将相对最优参考序列的关联度最大、同时相对最差参考序列的关联度最小的数据集定义为最佳评价单元,即相对关联度。根据油菜主要经济性状相对最优参考序列和最差参考序列的关联度数据计算相对关联度。结果(表 6)显示,油菜不摘薹时各农艺性状与产量的关联度表现为角果长>有效分枝高度>每角粒数>根长>果皮厚>角果层 PAR 截获率>分枝层 PAR 截获率>株高>一次有效分枝数>一次分枝角果数>茎粗>千粒重>单株角果数>角果宽>二次有效分枝数>二次分枝角果数,说明不摘薹时除主花序长与主花序角果外,制约油菜产量的主导因子是角果长度、植株的有效分枝高度和平均每角果粒数等。

摘薹后各经济性状与产量的关联度表现为每角粒数>角果长>根长>角果层 PAR 截获率>有效分枝高度>千粒重>二次分枝角果数>角果宽>单株角果数>果皮厚>一次分枝角果数>一次有效

表 5 摘薹对油菜光截获率的影响

Table 5 Effects of stalk picking on light interception rate of rape

品系 Line	角果层截获率 Interception rate of pod layer		分枝层截获率 Interception rate of branch layer	
	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking	摘薹 Stalk picking	不摘薹 No stalk picking
y1	96.6±0.1a	93.3±0.6b	29.7±3.0de	23.7±4.7g
y2	91.0±0.5hi	90.3±0.6e	49.4±3.9c	41.7±8.0ef
y3	92.0±0.1fg	90.3±0.6e	25.4±3.4e	59.7±0.6bc
y4	96.6±0.1a	91.3±0.6d	7.7±2.2f	22.0±10.4g
y5	92.8±0.6def	84.7±0.6g	34.1±1.6de	59.3±3.1bc
y6	93.8±0.2bc	82.7±0.6h	8.5±8.7f	28.3±2.9g
y7	90.7±0.8ij	92.0±0.0cd	63.5±3.2b	42.7±0.6ef
y8	93.1±0.2cde	91.0±0.0de	76.1±1.1a	60.7±2.3b
y9	83.1±0.6n	83.7±1.2g	13.9±6.5f	22.0±3.0g
y10	91.8±0.2gh	86.7±0.6f	52.4±1.0c	50.0±2.0cde
y11	90.0±0.1j	81.7±0.6i	62.2±1.8b	70.3±0.6a
y12	94.2±0.6b	81.0±0.0i	36.0±26.8d	29.0±2.0g
y13	84.1±0.4m	92.3±0.6c	25.3±0.5e	8.0±2.6h
y14	92.3±0.2efg	72.0±1.7l	52.0±0.9c	52.7±2.3bcd
y15	94.3±0.1b	74.0±1.0k	11.9±4.8f	38.7±5.1f
y16	93.2±0.1cd	86.3±0.6f	52.0±2.7c	62.7±0.6ab
y17	89.9±0.2j	86.0±0.0f	8.2±3.5f	26.7±0.6g
y18	90.0±0.2j	95.0±0.0a	55.8±0.5bc	58.7±1.2bc
y19	84.7±0.4m	80.7±0.6i	24.7±4.2e	42.0±2.0ef
y20	86.7±0.1l	82.7±0.6h	51.4±2.2c	56.7±2.1bc
y21	89.1±0.3k	79.3±0.6j	29.3±4.4de	44.3±2.1def
平均 Mean	91.0±3.7a	85.6±6.2b	36.6±21.0b	42.8±17.0a

分枝数>二次有效分枝数>茎粗>分枝层 PAR 截获率>株高,摘薹后每角粒数、角果长度、地下部分的根系长度和角果层 PAR 截获率等经济性状与油菜产量的关联度高,是影响油菜产量的关键因子。其中,每角粒数与产量的关联度明显高于其他性状,关联度排第 1 位;角果长、根长和角果层 PAR 截获率相对关联度均高于 0.800。

表 6 摘薹后各经济性状对产量的关联度及综合排序 Table 6 Correlation and comprehensive ranking of each economic traits of yield after stalk picking				
综合排序 Comprehensive ranking	不摘薹 No Stalk picking		摘薹 Stalk picking	
	经济性状 Economic trait	关联度 Relevancy	经济性状 Economic trait	关联度 Relevancy
1	角果长	0.745	每角粒数	0.876
2	有效分枝高度	0.713	角果长	0.860
3	每角粒数	0.647	根长	0.818
4	根长	0.595	角果层 PAR 截获率	0.800
5	果皮厚	0.588	有效分枝高度	0.767
6	角果层 PAR 截获率	0.579	千粒重	0.764
7	分枝层 PAR 截获率	0.555	二次分枝角果数	0.731
8	株高	0.533	角果宽	0.708
9	一次有效分枝数	0.500	单株角果数	0.695
10	一次分枝角果数	0.473	果皮厚	0.677
11	茎粗	0.463	一次分枝角果数	0.670
12	千粒重	0.440	一次有效分枝数	0.657
13	单株角果数	0.401	二次有效分枝数	0.642
14	角果宽	0.353	茎粗	0.632
15	二次有效分枝数	0.351	分枝层 PAR 截获率	0.600
16	二次分枝角果数	0.273	株高	0.404

3 讨论

“油蔬两用”是油菜全产业链开发的重要模式,本研究中 21 个品系油蔬两用品系的综合经济效益明显高于传统的栽培模式,与黎兰献等^[13]的研究结果一致。特别是 y15,虽然菜薹带来的经济效益较低,但摘薹后小区菜籽产量为 4.98kg,增产率为 24.81%,经济效益达 2.02 万元/hm²,收益比单收菜籽增加近 1 倍,是最适宜晋南地区油蔬两用栽培的模式。摘薹后具体表现为株高变矮,有效分枝高度降低,茎粗增加,一次有效分枝数减少,二次有效分枝数增加,总角果数减少,千粒重降低,角果长、宽、果皮厚和角粒数增加,根长变短,此结果与刘新红等^[6]和陈永海^[14]研究结果相近。

摘薹改变了油菜的经济性状,并对其产量有一定影响^[15]。对比主要经济性状,每角粒数、角果长和角果层 PAR 截获率在摘薹后增加,这可能是由

于摘薹改变了角果的着生状态,扩大了角果与光能的接触面积,有利于作物光合活性、干物质积累和籽粒数的提高,为增产提供了可能。根长在摘薹处理后变短,其对应摘薹的油菜产量也比不摘薹的减少,参考关联度排序结果,摘薹后根长变化对油菜产量的调节作用明显。通过观察关联度排名较后的经济性状,发现摘薹后果果皮的厚度、一次有效分枝数、一次分枝角果数、茎粗、分枝层 PAR 截获率和株高的相对关联度排名较不摘薹的降低。通过对比可知,一次有效分枝数、一次分枝角果数、分枝冠层 PAR 截获率和株高表现与排序结果一致,说明这些经济性状可能是制约摘薹后油菜产量的主要因素。有效分枝高度在摘薹后与油菜产量的相对关联度比不摘薹的增加,对油菜产量有一定的影响。对比油菜产量及其农艺性状发现,摘薹后油菜的有效分枝高度降低明显,但摘薹后二次有效分枝数和二次分枝角果数均比不摘薹明显增加,这可能是因为摘薹抑制了油菜的顶端优势,调节了养分流向,使二次有效分枝营养物质供应充足,进而提高了二次角果的形成,说明低的有效分枝高度为二次有效分枝与二次分枝角果数的增加提供了可能;总角果数与不摘薹的差距较大,且千粒重在摘薹后表现为降低趋势,这可能是因为摘薹后二次分枝角果数的增多使角果内养分分配不均或不足而导致籽粒大小差距过大或角果内半空心的现象,从而使千粒重下降,进一步说明总角果数和千粒重仍是摘薹后油菜产量的主要影响因子。因此,在晋南地区“油蔬两用”油菜选育过程中,一方面应首先考虑选择每角粒数较多且角果较长的材料,其次应选择摘薹后根系较长和角果层 PAR 截获率较高的材料,以满足摘薹后稳产;另一方面,在摘薹前施足底肥,摘薹后可以根据植株性状表现适时调控生产条件,如水肥等,增加总角果数和千粒重,避免植株体内养分缺失给油菜产量带来不利影响^[16]。

本文选用灰色关联度法和熵权法是根据油菜某性状与产量的关联系数及每一性状所占权重大小来确定性状的排名,这样可有目的地对摘薹后主要经济性状进行相应的栽培措施调控,并可为选育“油蔬两用”品种工作提供科学依据^[17]。但由于灰色关联度分析是对一个发展变化系统进行发展动态量化比较的一种分析方法,因此不同试验地点、时间、环境和品种都可能造成产量及主要性状的改

变。本研究以不同品系采用相同的处理进行油蔬两用分析,但影响作物产量的因素还有土壤、热量和降水等气候因素和品种遗传因素等^[18-20]。因此,今后还应结合油菜不同摘薹的高度与不同种植密度等因素的影响进行全面考量。

4 结论

摘薹处理能增加经济效益,但摘薹后油菜主要经济性性状表现为有效分枝高度降低,茎粗增加,一次分枝数减少,二次分枝数增加,总角果数减少,千粒重降低,角果长、宽、果皮厚增加,每角粒数增加,根长变短的趋势。摘薹后对油菜产量与农艺性状的关联程度大小为每角粒数>角果长>根长>角果层 PAR 截获率>有效分枝高度>千粒重>二次角果数>角果宽>单株角果数>果皮厚>一次角果数>一次有效分枝数>二次有效分枝数>茎粗>分枝层 PAR 截获率>株高。

参考文献

- [1] 余燕,贺原,邹翔宇,等. 双低甘蓝型油菜“油蔬两用”开发利用现状与展望. 中国油料作物学报, 2022, 44(5): 921-929.
- [2] 冷博峰,李先容,陈雪婷,等. 2008-2019 年中国油菜生产性状变化趋势. 中国油料作物学报, 2021, 43(2): 171-185.
- [3] 毛鑫,杨建利,周翔,等. 基于结构方程模型的油菜性状和产量关系研究. 中国油料作物学报, 2019, 41(1): 33-39.
- [4] 黄威,常海滨,李宁,等. 基于产量和经济效益的油蔬两用油菜品种比较分析. 湖北农业科学, 2020, 59(1): 28-31.
- [5] 王淑芬,吴晓芸,汤雷,等. 黄山市“油蔬两用”油菜品种筛选. 农学报, 2014, 4(4): 49-52.
- [6] 刘新红,邓力超,周兴,等. 直播条件下摘薹对不同油菜组合生产的影响. 湖南农业科学, 2021(10): 6-8, 15.
- [7] 李心昊,李俊,刘丽欣,等. 直播油菜产量、产量构成及品质性状的综合分析. 中国油料作物学报, 2021, 43(2): 251-259.
- [8] 张昊,林涛,汤秋香,等. 种植模式对机采棉冠层光能利用与产量形成的影响. 农业工程学报, 2021, 37(12): 54-63.
- [9] 邓聚龙. 灰色系统基本方法. 武汉: 华中工学院出版社, 1987: 23-26.
- [10] 杨国浪,张晓强,徐长虹,等. 灰色关联度分析在西藏河谷农区甘蓝型油菜育种中的应用. 种子, 2020, 39(2): 113-117.
- [11] 钟丽. 油菜产量与主要性状的灰色关联度分析. 南方农业学报, 2012, 43(4): 421-424.
- [12] 张建国,袁本威,刘冬梅,等. 油菜杂交种单株产量与相关因素灰色关联分析. 陕西农业科学(自然科学版), 2001(1): 9-11.
- [13] 黎兰献,程鹏飞,赵伟伟,等. 优质油菜中油 112 “油蔬两用”试验结果简报. 作物杂志, 2015(4): 166-168.
- [14] 陈永海. 薹油两用油菜不同时期摘薹对产量性状及经济效益的影响. 安徽农学通报, 2016, 22(15): 50-51.
- [15] 李海渤,郑立军,黄炳柱. 不同株高条件下摘薹长度对“一菜两用”油菜主要性状的影响. 江苏农业科学, 2010(4): 86-88.
- [16] 李心昊,李俊,万林,等. 丘陵地区免耕条播对油菜生长、根系和产量的影响. 作物杂志, 2021(6): 139-144.
- [17] 白桂萍,刘克钊,谭永强,等. 油菜高产群体各农艺性状对产量的影响. 作物杂志, 2015(6): 33-38.
- [18] Paye W S, Begna S, Ghimire R, et al. Winter canola yield and nitrogen use efficiency in a semiarid irrigated condition. Agronomy Journal, 2021, 113(2): 2053-2067.
- [19] 张宗急,毛玲莉,钟丽,等. 不同摘薹方式对菜用型油菜菜薹、籽粒产量及经济效益的影响. 西南农业学报, 2017, 30(4): 734-738.
- [20] 刘念,汤天泽,范其新,等. 不同播种、摘薹方式对菜油两用型油菜“国豪油 5 号”产量和经济效益的影响. 天津农业科学, 2019, 25(7): 79-82.

Effects of Stalk Picking on Economic Characteristics and Yield of Oilseed and Vegetable Rape

Zhao Weizhe^{1,2}, Du Chunfang², Sun Xuan², Yao Lin², Xian Shuanshi², Zhang Gaoyang²

(¹College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, Shanxi, China;

²Institute of Cotton Research, Shanxi Agricultural University, Yuncheng 044000, Shanxi, China)

Abstract In order to explore the change rule and correlation of economic characteristics and yield of rape for oilseed and vegetable after stalk picking, 16 economic characteristics of 21 rapeseed lines were compared and analyzed by grey correlation degree analysis. The results showed that the correlation degree between rapeseed yield and economic characteristics were seeds per pod > pod length > root length > PAR interception rate of pod layer > effective branch height > 1000-seed weight > 2nd effective branches per plant > pod width > pods per plant > pericarp thickness > siliques of 1st branch > 1st effective branches per plant > 2nd effective branches per plant > stem diameter > PAR interception rate of branch layer > plant height. Therefore, in the selection process of local rape varieties for oilseed and vegetable rape, it was necessary to comprehensively consider each characteristic, and the selection of varieties with more seeds per pod, longer pod, longer root and higher PAR interception rate of pod layer.

Key words Rape; Stalk picking; Economic characteristics; Correlation degree; Yield