

牛妍,赵志刚,余青兰. 芥菜型油菜与白菜型油菜种间杂交创建黄籽资源[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):92-95,189.

芥菜型油菜与白菜型油菜种间杂交创建黄籽资源

牛妍,赵志刚,余青兰

(青海大学农林科学院/青海省高原作物种质资源创新与利用重点实验室培育基地/国家油菜改良中心青海分中心/
青海省春油菜遗传改良重点实验室,青海西宁 810016)

摘要:通过芥菜型油菜和白菜型油菜(均非黄籽)种间杂交,创造出新的白菜型油菜黄籽资源,拓宽了白菜型油菜的遗传基础。芥白杂种 F_1 和 BC_1F_1 植株种子颜色均为褐色, BC_1F_2 和 BC_2F_1 群体开始出现黄籽植株,黄籽植株染色体 20~22 条,花粉可染率 59%~92%,平均花粉可染率 82%。 BC_1F_2 群体获得的 5 份黄籽材料对应的 5 个 BC_1F_3 株系中有 3 个株系的单株种子仍为黄籽,未发生分离。 BC_1F_3 和 BC_2F_2 群体共收获 83 份黄籽材料,其中上一代亲本为黄籽的材料有 44 份,约占 53%。说明通过芥白种间杂交获得的黄籽性状是可遗传的。

关键词:芥菜型油菜;白菜型油菜;种间杂交;黄籽资源

中图分类号: S634.303 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)11-0092-04

远缘杂交作为作物品种改良和新物种创造的重要手段,弥补了常规育种遗传资源不足的缺点。作物近缘种有利基因的挖掘与创新是目前作物品种改良的重要途径之一,已在小麦、水稻、油菜等多种作物品种的育种中获得了成效。前人已通过远缘杂交将小麦近缘属植物的优良性状导入小麦,选育出一系列具有抗病、高产、优质等特性的小麦新品种^[1-3]。通过远缘杂交将野生水稻的很多优良基因转移到栽培水稻中的研究已取得很大进展^[4-5]。芸薹属是十字花科具有重要经济价值的一个属,其中油料作物应用范围最广、经济价值最高。通过远缘杂交将优良性状基因导入油菜中,进而提高了油菜的产量、品质和抗逆性,也取得了很大成就^[6-7]。油菜是我国主要的油料作物,种植面积和总产量均居世界首位。近年来,在育种家努力提高作物产量、抗逆性的同时,油菜品质和种子含油量已成为重要的育种目标。种间杂交可以产生丰富的遗传变异,有利于优良性状的筛选,提高栽培作物的品质。在油菜遗传育种中,黄籽性状的选育已引起高度关注,主要是因为黄籽油菜具有含油量高、品质良好等优点。Stringam 等发现,芥菜型油菜和白菜型油菜在相同遗传背景下,黄籽油菜含油量一般均比非黄籽高^[8-9]。芸薹属各个物种的自然种质多为黑籽或褐籽,黄籽突变种质只存在于白菜型油菜、芥菜型油菜和埃塞俄比亚芥。甘蓝型油菜自然种质中不存在黄籽资源,通过种间杂交将芸薹属其他种中控制黄籽性状的基因转入甘蓝型油菜,已获得黄籽甘蓝型油菜^[10-14]。目前通过远缘杂交获得的黄籽油菜的黄籽基因均来自芸薹属现有的不同品种,但通过非黄籽亲本杂交创造黄籽油菜资源的研究国内还未见

报道。芥菜型油菜(*Brassica juncea* L., $2n=36$)属于十字花科芸薹属,是芥菜(*Brassica juncea*)的油用类型。芥菜型油菜起源于我国,而且我国新疆、青藏高原一带可能是芸薹属芥菜型油菜的起源地和原始分化地^[15],因此在这些地区分布着丰富的芥菜型油菜资源,而且具有生长势强、抗逆性强、抗病虫害等优良特性。本研究拟利用芥菜型油菜和白菜型油菜种间杂交,将芥菜型油菜的优良性状转移到白菜型油菜中,一方面提高白菜型油菜的抗逆性,另一方面选育具有优良性状的白菜型油菜新资源。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

本试验所用的芥菜型油菜品种为炉霍小油菜,早熟、籽粒黄褐色;白菜型油菜品种为青海门源小油菜,早熟、籽粒红褐色。2 种材料都是高自交后代、遗传稳定的材料,均由青海省农林科学院提供。于 2010 年 3 月种植于青海大学农科院试验田,常规栽培管理。

1.2 方法

1.2.1 杂交方法 以炉霍本地小油菜为母本、门源小油菜为父本,选择无明显病虫害、生长健壮的植株,严格隔离去雄进行杂交,获得 F_1 种子。以 F_1 植株为母本,用门源小油菜回交,采用重复多次授粉,得到 BC_1F_1 种子。将 BC_1F_1 种子播种后,采用回交、自交或姊妹交,直至获得遗传稳定的白菜型油菜新材料。

1.2.2 花粉的可染性 于晴好天气取当天新开的花 2 朵,取出长、短雄蕊各 1 枚,将花粉涂在玻片上,1% 醋酸洋红染色后,轻轻盖上盖玻片,每株在 10 倍镜下各取 3 个视野观察、计数。大而圆且能被染成红色的为可育花粉,小而瘪且不能着色的为不育花粉。以花粉可染率表示花粉活力及育性,每个群体内随机选单株检测。

1.2.3 细胞学观察 有丝分裂观察:田间取幼嫩花蕾,挑取子房,用 8-羟基喹啉处理 3 h,置于卡诺固定液(无水乙醇:冰醋酸=3:1)中固定 24 h 以上。挑取固定好的子房于 1 mol/L 盐酸中 60 ℃ 水浴 6 min,用卡宝品红染色压片,于显

收稿日期:2013-03-25

基金项目:国家“973”计划(编号:2011CB111508);国家科技支撑计划(编号:2011BAD35B04);青海省应用基础研究项目(编号:2011-Z-701)。

作者简介:牛妍(1988—),女,河南驻马店人,硕士研究生,从事油菜分子细胞遗传学研究。E-mail:niuyan88@126.com。

通信作者:赵志刚,博士,副研究员,从事油菜分子细胞遗传学研究。E-mail:13897474887@126.com。

显微镜下观察并记录体细胞染色体数量。

减数分裂观察:田间取幼嫩花蕾置于卡诺固定液中,固定直至花蕾褪为白色,4℃冰箱保存。挑取幼嫩花蕾的花药于1mol/L盐酸中60℃水浴3min,取出后放置于清水中,然后用卡宝品红染色压片,在显微镜下观察花粉母细胞(PMCs)的染色体行为。

2 结果与分析

2.1 BC₁F₂ 和 BC₂F₁ 群体黄籽材料

芥菜型油菜种子为黄褐色(图1-A),白菜型油菜的种子为红褐色(图1-B),种间杂种F₁和BC₁F₁种皮均为褐色。BC₁F₁群体可育植株自交,不育植株与青海门源小油菜继续回交共收获25份种子,均为褐色。BC₁F₂和BC₂F₁群体共收获95份种子,其中7份出现部分黄籽,如表1所示。芥白杂种BC₁F₂和BC₂F₁群体开始出现黄籽植株,黄籽植株染色体

在20~22条之间,花粉可染率在59%~92%之间,平均花粉可染率为82%。

芥白杂种后代植株间形态学上存在明显的差异,根据叶型、株高、花期等大致分为偏白菜型、中间型和偏芥菜型3种类型。7株黄籽植株中有3株偏白菜型,其余4株为中间型植株。3株偏白菜型植株染色体均为20条(图2-A),中期I无滞后染色体(图2-B),后期I呈10/10分离(图2-C),后期II子核染色体均为10条(图2-D),无滞后染色体和染色体桥,花粉可染率在83%~92%之间(图2-F),平均花粉可染率约为88%,表明偏白菜型黄籽植株已经基本达到2n=20的稳定状态,育性已经完全恢复。4株中间型黄籽植株花粉可染率在59%~89%之间,平均花粉可染率约为77%,13-3和19-8染色体均为22条(图2-E),未达到完全稳定状态,在以后的世代中会逐渐达到稳定状态。

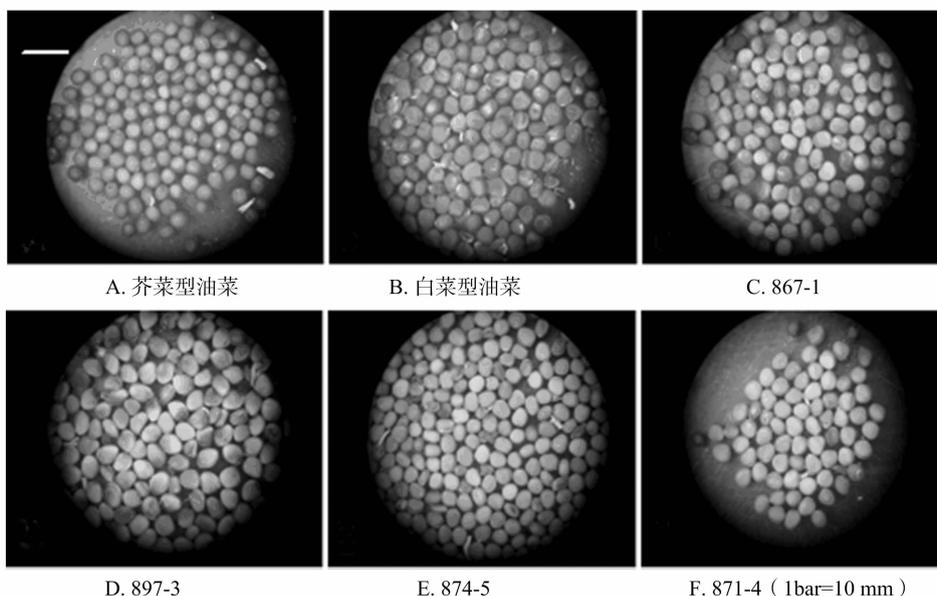


图1 芥白杂交亲本及其后代种皮颜色

表1 BC₁F₂ 和 BC₂F₁ 群体黄籽植株

编号	世代	植株类型	染色体数 (条)	花粉可染率 (%)	黄色程度
5-9	BC ₁ F ₂	偏白菜型	20	92	浅黄、深黄
5-10	BC ₁ F ₂	偏白菜型	20	83	浅黄、黄褐
8-3	BC ₁ F ₂	偏白菜型	20	88	浅黄、混合黄
17-1	BC ₁ F ₂	中间型	—	89	浅黄、深黄
17-4	BC ₁ F ₂	中间型	—	78	浅黄、麻黄、黄褐
13-3	BC ₁ F ₂	中间型	22	82	混合黄
19-8	BC ₂ F ₁	中间型	22	59	混合黄

BC₁F₂群体有6株黄籽植株,BC₂F₁群体仅1株黄籽植株。6株BC₁F₁黄籽植株花粉可染率在78%~92%,平均花粉可染率约为85%。BC₂F₁群体是由不育植株以白菜型油菜回交得到,导致BC₂F₁植株19-8花粉育性偏低,仅为59%。黄籽植株以BC₁F₂植株为主,育性已经基本恢复,基本达到稳定。

根据种皮颜色黄色程度的不同,本研究中将黄籽植株种

子分为浅黄、麻黄、深黄、黄褐、混合黄5种类型,其中混合黄为1粒种子的种皮颜色部分为黄色的籽粒类型(图1-D)。偏白菜型黄籽植株中,5-9、5-10和8-3均出现浅黄类型,而中间型黄籽植株仅17-4和17-1植株出现浅黄类型,其余2株均为混合黄。对黄籽材料进行筛选,芥白杂交BC₁F₂和BC₂F₁群体共获得5份浅黄类型种子和2份混合黄类型材料。

2.2 BC₁F₃ 和 BC₂F₂ 群体黄籽材料

BC₁F₃和BC₂F₂群体共收获358份种子,其中黄籽83份,黄色程度不等(图1-C至图1-F)。BC₁F₂群体获得的5份黄籽材料的浅黄类型对应的5个BC₁F₃株系中,有3个株系的单株种子仍为黄籽,未发生分离;其余2个株系出现褐色或混合黄等类型。3个未发生分离的株系对应的BC₁F₂植株分别为5-9、5-10和8-3植株,原因在于3株植株染色体已达到20条,已经达到完全稳定。混合黄类型的植株13-3和19-8对应的株系分离出纯黄籽单株。结果表明,芥白杂交后代获得的黄籽性状是可以遗传的,但还未达到完全稳定,

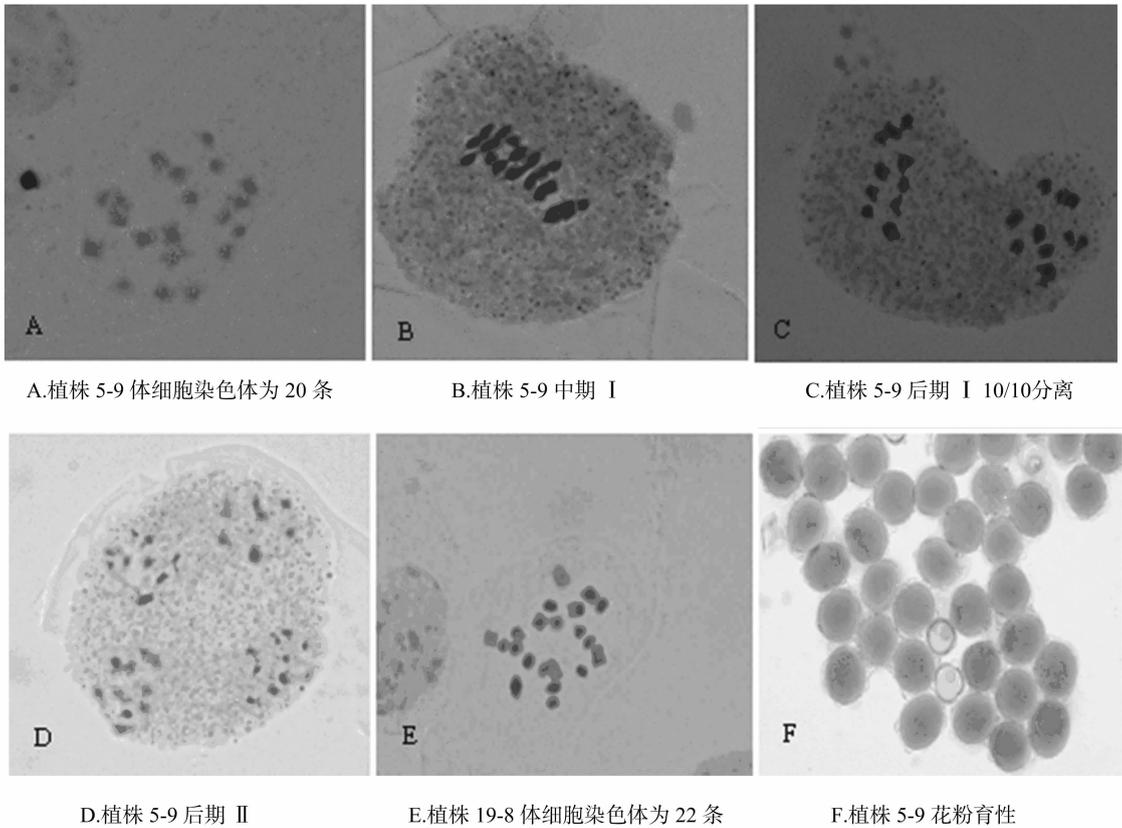


图2 黄籽植株细胞学和花粉可染率观察

需要进一步筛选鉴定。

根据黄籽植株上一代亲本种皮颜色将黄籽植株分为3类,即亲本为黄籽的黄籽植株、亲本为红褐色的黄籽植株和亲本为黄褐色的黄籽植株(表2)。BC₁F₃和BC₂F₂群体收获到的72株黄籽植株,其中亲本为黄籽的黄籽植株有44株,约占61%。BC₁F₃群体共收获黄籽植株57株,其中亲本为黄籽的

黄籽植株,占73.7%;亲本为非黄籽的黄籽有15株,占26.3%。BC₂F₂群体共收获黄籽15株,亲本为黄籽的黄籽植株仅有2株,占13.3%;亲本非黄籽的黄籽植株有13株,占群体的86.7%。说明BC₂F₂群体较BC₁F₃群体黄籽性状的遗传变异幅度大,而且随着世代的增加,黄籽单株的比例增加。

表2 BC₁F₃和BC₂F₂群体黄籽植株类型

亲本黄籽类型	BC ₁ F ₃ 群体		BC ₂ F ₂ 群体		子房观察		
	植株数 (株)	所占比例 (%)	植株数 (株)	所占比例 (%)	观察植株数量 (株)	植株数量 (株, 2n=20)	所占比例 (%)
黄籽	42	73.7	2	13.3	24	20	83.3
红褐色	4	7.0	1	6.7	3	3	100.0
黄褐色	11	19.3	12	80.0	11	10	90.9

BC₁F₃和BC₂F₂群体中亲本为黄籽的黄籽植株有44株,对其中的24株进行子房观察,染色体为20条的植株有20株,占观察群体的83.3%,仅有4株染色体大于20条;对亲本为红褐色的3株黄籽植株进行子房观察,染色体均为20条;对亲本为黄褐色的11株黄籽植株进行子房观察,其中10株为20条染色体。BC₁F₃和BC₂F₂群体中的黄籽植株共观察子房染色体数目38株,染色体数目为20条的植株有33株,占观察群体的86.8%。结果表明,芥白杂种后代出现的黄籽植株大部分已经达到2n=20的稳定状态,可以稳定遗传,仅部分植株会继续分离,在以后的世代中会逐渐达到稳定。

3 结论与讨论

本研究中亲本芥菜型油菜和白菜型油菜均不是黄籽,芥

白杂种F₁和BC₁F₁群体均不是黄籽植株,而BC₁F₂和BC₂F₁群体开始出现黄籽植株,这与张丽君等在油菜与播娘蒿远缘杂交F₃开始获得黄籽油菜种质的结果^[16]一致。芥白杂种后代F₁基因型为AAB,花粉母细胞(PMCs)终变期主要以10II+8I配对方式,在减数分裂过程中染色体配对除出现A与A基因组间的同源重组配对外,还可能出现A与B配对以及B与B之间的部分同源配对^[17]。白菜型油菜的A基因组和芥菜型油菜的A基因组在遗传进化的过程中出现了一定的差异,A与A基因组间的同源配对和A与B之间、B与B之间的部分同源配对,导致芥白杂种后代出现较大的遗传变异,使控制黄籽性状的隐性基因纯合,在BC₁F₁和BC₂群体中表现出来。

在关于白菜型油菜的种皮颜色遗传研究中,Rahlman等

认为白菜型油菜的种皮颜色受 2 对重叠基因控制,黄色种皮为隐性性状^[12]。Schwetka 等认为,白菜型油菜种皮色泽受多对基因控制^[18]。而 Xiao 等认为,白菜型油菜的黄籽性状是由 1 对隐性基因控制,且黄籽基因 *Brsc1* 定位在 A9 染色体上^[19]。在关于芥菜型油菜的种皮颜色遗传研究中,一般认为芥菜型油菜的黄籽性状受 2 对基因控制,黄籽基因型为隐性纯合型^[20-22],而刘亚军等已经将芥菜型油菜的种皮颜色基因定位到 A9 连锁群^[23-24]。笔者推测,芥菜型油菜和白菜型油菜的黄籽性状均由 1 对隐性基因控制,芥菜型油菜黄籽基因在 A9 染色体上,且 B 染色体对黄籽基因的表达有抑制作用,籽粒表现黄褐;白菜型油菜仅存在 1 个 A9 位点基因,籽粒表现红褐色。芥白种间杂种在回交或自交的过程中,B 染色体逐渐丢失,芥菜型油菜的 A9 染色体渗入到白菜型油菜,使得到的新型白菜型油菜 A9 位点完全纯合,且当 B 染色体完全丢失时,黄籽性状表现出来,这就可解释芥白杂种后代大部分黄籽植株为 20 条染色体的现象。

BC₁F₃ 群体共收获黄籽植株 57 株,其中亲本为黄籽的黄籽植株占 73.7%;BC₂F₂ 群体共收获黄籽 15 株,亲本为黄籽的黄籽植株仅有 2 株,占 13.3%,表明 BC₂F₂ 群体较 BC₁F₃ 群体黄籽性状的遗传变异幅度大。BC₁F₂ 群体获得的 5 份黄籽材料的浅黄类型对应的 5 个 BC₁F₃ 株系中,有 3 个株系的单株种子仍为黄籽,未发生分离,其对应的 BC₁F₂ 植株染色体均为 20 条。结果表明,芥白种间杂交获得的黄籽性状是可以遗传的,而染色体大于 20 条的黄籽植株由于杂种减数分裂过程中的不平衡而未达到稳定状态,在以后的世代中,随着 B 染色体的继续丢失,逐渐达到稳定状态。

本研究通过非黄籽芥菜型油菜和白菜型油菜种间杂交,首次创建出黄籽白菜型油菜资源。在我国,白菜型油菜是重要的油料作物,已经广泛用于甘蓝型油菜的品质改良。通过甘蓝型油菜与白菜型油菜杂交,已选育出一大批优良甘蓝型油菜品种^[25-26]。黄籽资源可以通过各种手段创建,其遗传来源呈多样性。甘蓝型油菜中没有天然的黄籽类型,白菜型油菜的黄籽资源可应用于甘蓝型油菜的黄籽育种之中,利用黄籽白菜型油菜通过种间杂交合成黄籽甘蓝型品系的研究已经取得极大成绩^[27-29],改良了甘蓝型油菜现有的品种。本研究通过芥白杂交创造的黄籽油菜资源,不仅可以丰富白菜型油菜的遗传多样性,还可用于甘蓝型油菜的品质改良。笔者通过非黄籽亲本白菜型油菜和芥菜型油菜种间杂交创造出新型白菜型油菜黄籽资源,而应用分子标记检测黄籽白菜型油菜基因组中外源染色体、片段的渗入率及基因组变异程度,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Li W L, Li Z S, Mu S. Chromosomal location of genes for erect flag leaves of common wheat variety xiao yan no. 6 [J]. Acta Genetica Sinica, 1992, 19(1): 71-75.
- [2] Reynolds M, Dreccer F, Trethowan R. Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces [J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58(2): 177-186.
- [3] 刘淑惠, 李璋, 阎正禄, 等. 利用普通小麦与大麦杂交培育小麦新品种 [J]. 西北农业学报, 1999, 8(3): 111-114.
- [4] Fu X L, Lu Y G, Liu X D, et al. Progress on transferring elite genes from Non-AA genome wild rice into *Oryza sativa* through interspecific hybridization [J]. Rice Science, 2007, 11(6): 79-87.
- [5] Amante-Bordeos A, Stith L A, Nelson R, et al. Transfer of bacterial blight and blast resistance from the tetraploid wild rice *Oryza minuta* to cultivated rice, *Oryza sativa* [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1992, 84(3/4): 345-354.
- [6] 刘忠松, 官春云, 陈社员, 等. 芥菜型油菜优良性状导入甘蓝型油菜研究 [J]. 农业科学与技术: 英文版, 2010, 11(6): 49-52.
- [7] Guan R, Jiang S H, Xin R Y. Studies on rapeseed germplasm enhancement by use of cruciferous weed *Descurainia sophia* [C] // Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, Wuhan: GCIRC, 2007: 261-265.
- [8] Stringam G R, Mcgregor D I, Pawlowski S H. Chemical and morphological characteristics associated with seed coat colour in rapeseed [C] // Proceedings of the 4th International Rapeseed Congress, Giessen: GCIRC, 1974: 99-108.
- [9] Abraham V, Bhatia C R. Development of strains with yellow seedcoat in Indian mustard (*Brassica juncea* Czern. and Coss.) [J]. Plant Breeding, 1986, 97: 86-88.
- [10] Meng J L, Shi S W, Gan L, et al. The production of yellow-seeded *Brassica napus* (AACC) through crossing interspecific hybrids of *B. campestris* (AA) and *B. carinata* (BBCC) with *B. napus* [J]. Euphytica, 1998, 103(3): 329-333.
- [11] Rashid A, Rakow G, Downey R K. Development of yellow seeded brassica napus through interspecific crosses [J]. Plant Breeding, 1994, 112(2): 127-134.
- [12] Rahman M H. Inheritance of petal colour and its independent segregation from seed color in *Brassica rapa* [J]. Plant Breeding, 2001, 120(3): 197-200.
- [13] Tang Z L, Li J N, Zhang X K, et al. Genetic variation of yellow-seeded rapeseed lines (*Brassica napus* L.) from different genetic sources [J]. Plant Breeding, 1997, 116(5): 471-474.
- [14] Qi C K. Fu S Z and Pu H M. A successful transfer of yellow-seeded trait from *Brassica carinata* to *B. napus* [C] // Proceedings of the 4th International Rapeseed Congress, Giessen: GCIRC, 1995: 1137-1140.
- [15] 王建林, 何燕, 梁运芳, 等. 中国芸薹属植物的起源、演化与散布 [J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 489-494.
- [16] 张丽君, 姜淑慧, 忻如颖, 等. 通过油菜与播娘蒿远缘杂交获得黄籽油菜种质 [J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(4): 434-439.
- [17] Choudhary B R, Joshi P, Rao S R. Cytogenetics of *Brassica juncea* × *B. rapa* hybrids and patterns of variation in the hybrid derivatives [J]. Plant Breeding, 2002, 121(4): 292-296.
- [18] Schwetka A. Inheritance of seed colour in turnip rape (*Brassica campestris* L.) [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1982, 62(2): 161-169.
- [19] Xiao L, Zhao Z, Du D, et al. Genetic characterization and fine mapping of a yellow-seeded gene in Dahuang (a *Brassica rapa* landrace) [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2012, 124(5): 903-909.
- [20] Choudhary B R, Solanki Z S. Inheritance of siliqua locule number and seed coat colour in *Brassica juncea* [J]. Plant Breeding, 2007, 126(1): 104-106.

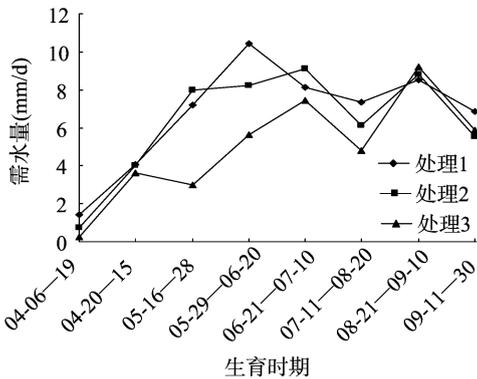


图1 滴灌骏枣需水规律

育期对水分的需求量差别很大。本研究表明,骏枣萌芽展叶期叶面积较小,蒸腾量少,气温较低,耗水量较小。开花坐果期是骏枣营养生长、生殖生长并进的时期,耗水量较大,末花期枣树耗水量出现了第1次峰值,各处理平均耗水强度达到8.09 mm/d,这与胡永翔、刘国宏等的研究结果^[11-12]一致。骏枣花期要求湿度较高,湿度过低会影响花粉粒萌发,不利于授粉受精,易造成大量落花落果。本研究表明,果实白熟期骏枣耗水量出现了第2次峰值,耗水强度达到了9.21 mm/d,这与杨慧慧等的研究结果^[7]一致。果实白熟期是果实膨大与成熟的转折期,骏枣体积增长缓慢,糖分、可溶性蛋白次生代谢物质积累速度加快,此阶段气温仍然很高,导致骏枣耗水量较大。进入果实成熟期后,随着辐射强度降低,骏枣叶片蒸腾作用减弱,水分需求量减少,耗水量相对较低。因此,滴灌条件下开花坐果期、果实白熟期是骏枣需水的关键时期,也是灌水效益集中体现的时期。根据传统的灌溉理论,果树灌水是依照某种作物达到单位面积最高产量为灌溉设计的基本标准^[13]。本试验表明,灌溉后保持土壤含水量占田间持水量65%时,骏枣水分生产率最高,这与胡安焱等的研究结果^[14]一致。本试验表明,滴灌骏枣适宜的灌溉制度为:灌溉定额为553~633 mm,灌水定额为30~60 mm,初花期30 mm,其余

均为50~60 mm。展叶期、果实白熟期、成熟期灌水周期为20 d/次,萌芽期、开花坐果期、果实膨大期为13 d/次,整个生育期灌水12次。

参考文献:

- [1] 朱 锐. 新疆枣树栽培适宜品种及关键技术的调查研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.
- [2] 吴普特,汪有科,辛小桂,等. 陕北山地红枣集雨微灌技术集成与示范[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(4):1-6,12.
- [3] 柴仲平,王雪梅,孙 霞,等. 滴灌条件下红枣生育期需肥特征研究[J]. 西南农业学报,2010,23(2):493-496.
- [4] 李发永,王 龙,严晓燕,等. 微咸水滴灌条件下氮素在红枣根区的分布特征研究[J]. 塔里木大学学报,2010,22(1):8-13.
- [5] 马俊华,张福德. 哈密大枣膜下滴灌育苗技术[J]. 西北园艺:果树,2010(1):14-15.
- [6] 蒋 岑,刘国宏,谢香文,等. 干旱区成龄红枣微灌技术研究[J]. 新疆农业科学,2009,46(2):332-337.
- [7] 杨慧慧,何新林,王振华,等. 滴灌灌水量对哈密大枣耗水及产量的影响[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2010,28(6):767-770.
- [8] 陈献勇,廖镜思. 水分胁迫对果梅光合色素和光合作用的影响[J]. 福建农业大学学报,2000,29(1):35-39.
- [9] 徐呈祥,马艳萍. 苹果对水分胁迫的反应特点及节水灌溉研究综述[J]. 南京农专学报,2000,16(2):15-22.
- [10] 刘国琴,樊卫国. 果树对水分胁迫的生理响应[J]. 西南农业学报,2000,13(1):101-106.
- [11] 胡永翔. 陕北黄土高原区坡地枣树灌溉制度及作物系数研究[D]. 杨凌:西北农业大学,2010.
- [12] 刘国宏,谢香文,蒋 岑. 干旱区不同水分指标下限对成龄红枣生长和产量的影响[J]. 新疆农业科学,2011,48(1):94-98.
- [13] 李佩成. 论发展节水型农业[J]. 干旱地区农业研究,1993(2):57-63.
- [14] 胡安焱,魏光辉,董新光,等. 干旱区幼龄枣树滴灌耗水规律研究[J]. 人民黄河,2011,33(6):95-96,99.
- [15] 刘国宏,谢香文,蒋 岑. 干旱区不同水分指标下限对成龄红枣生长和产量的影响[J]. 新疆农业科学,2011,48(1):94-98.
- [16] 李佩成. 论发展节水型农业[J]. 干旱地区农业研究,1993(2):57-63.
- [17] 胡安焱,魏光辉,董新光,等. 干旱区幼龄枣树滴灌耗水规律研究[J]. 人民黄河,2011,33(6):95-96,99.
- [18] 刘国宏,谢香文,蒋 岑. 干旱区不同水分指标下限对成龄红枣生长和产量的影响[J]. 新疆农业科学,2011,48(1):94-98.
- [19] 李佩成. 论发展节水型农业[J]. 干旱地区农业研究,1993(2):57-63.
- [20] 胡安焱,魏光辉,董新光,等. 干旱区幼龄枣树滴灌耗水规律研究[J]. 人民黄河,2011,33(6):95-96,99.
- [21] Thiagarajah M R, Stringam G R. A comparison of genetic segregation in traditional and microspore-derived populations of *Brassica juncea* L. Czern. and Coss[J]. Plant Breeding, 1993, 111(4):330-334.
- [22] Negi M S, Devic M, Delseny M, et al. Identification of AFLP fragments linked to seed coat colour in *Brassica juncea* and conversion to SCAR marker for rapid selection[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2000, 101(1/2):146-152.
- [23] 刘显军,袁谋志,官春云,等. 芥菜型油菜黄籽性状的遗传、基因定位和起源探讨[J]. 作物学报,2009,35(5):839-847.
- [24] Padmaja K L, Arumugam N, Gupta V, et al. Mapping and tagging of seed coat colour and the identification of microsatellite markers for marker-assisted manipulation of the trait in *Brassica juncea* [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2005, 111(1):8-14.
- [25] 刘后利. 油菜遗传育种学[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2000:173-187.
- [26] Qian W, Meng J, Li M, et al. Introgression of genomic components from Chinese *Brassica rapa* contributes to widening the genetic diversity in rapeseed (*B. napus* L.), with emphasis on the evolution of Chinese rapeseed[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2006, 113(1):49-54.
- [27] Chen B Y, Heneen W K. Inheritance of seed colour in *Brassica campestris* L. and breeding for yellow seed *B. napus* L. [J]. Euphytica, 1992, 59(2/3):157-163.
- [28] 张瑞茂,李 敏,陈大伦,等. 甘蓝型纯黄籽油菜新品系 YR5602 的选育[J]. 种子,2007,26(4):87-90.
- [29] Rahman M H. Yellow seed *Brassica napus* from interspecific crosses [C]//Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress, Copenhagen:GCIRC,2003:199-201.

(上接第95页)