

中间偃麦草与小麦杂交后代的细胞遗传学及性状特点的研究*

王洪刚¹ 孔令让¹ 李平路¹ 亓增军¹ 刘树兵¹ 孔凡晶¹ 朱 军²

(¹ 山东农业大学农学系, 山东泰安, 271018; ² 浙江农业大学农学系, 浙江杭州, 310029)

提 要 中间偃麦草作父本与小麦品种烟农 15 杂交, 杂交结实率为 71.72%, 杂种 F₁ 在套袋自交和开放授粉条件下的自交结实率分别为 32.05% 和 69.66%。以 7 个杂种世代为材料, 对其细胞遗传学及性状特点进行研究。结果表明, F₁ PMC MI 染色体的联会频率较高, 细胞内二价体数目平均为 13.73 个; F₂ 和 F₃ 两个自交世代的染色体数目显著多于双亲和 F₁ 的 42 条; 杂种 F₁ 在减数第二分裂后期染色体发生不对称分离, 形成了不完全减数配子。回交可较快地削减后代染色体数目, 回交次数太多会导致偃麦草染色体较快地丢失, 这不利于双亲染色体的重组。不同杂种世代均有不同频率的四价体出现, 因此在中间偃麦草与小麦杂交后代中可能存在较为普遍的染色体易位重组。杂种后代性状分离复杂, 变异类型丰富。

关键词 中间偃麦草; 小麦; 杂交; 性状; 细胞遗传学

Studies of Cytogenetic and Traits Characteristics on the Offsprings between *Elytrigia intermedium* and *Triticum*

Wang Honggang¹ Kong Lingrang¹ Li Pinglu¹ Qi Zengjun¹ Liu Shubing¹ Kong Fan-jing¹ Zhu Jun²

(¹ Dept. of Agronomy, Agri. Univ. of Shandong, Tai'an, 271018; ² Dept. of Agronomy, Agri. Univ. of Zhejiang, Hangzhou, 310029)

Abstract Hybridization was made between *E. intermedium* as the pollen parent and wheat variety Yannong 15, the frequency of seed setting was 71.72%. When hybrid F₁ was selfed in bag and open pollination, setting percentages were 32.05% and 69.66% respectively. Cytogenetic and trait characteristics of the progenies (F₁, F₂, F₃, BC₁, BC₂, BC₃, BC₂F₂) produced by hybridization, selfing and backcrossing between *E. intermedium* and *Triticum* Yannong 15 were studied. The results were as followed: F₁ showed high chromosome parring in PMC MI, mean of bivalents was 13.73. No. of chromosomes of F₂ and F₃ was much more than 42 of parents and F₁. Uncomplete reduced gametes may be produced by asymmetrical separation of chromosome in F₁ PMC A I. No. of offsprings chromosomes was reduced rapidly by backcrossing, and the chromosomes of *E. intermedium* were lost fast in the backcross generations. It suggested that many times of backcross was not helpful to the recombination between *E. intermedium* and *Triticum* chromosomes. Quadrivalents were observed in different generations, it indicated that

* 收稿日期: 1998-02-28

there may be recombinations produced by chromosomes translocation in different generations between *E. intermedium* and *Triticum*. The separation of traits was complex and segregative types was plentiful in the progenies of selfing and backcrossing.

Key words *E. intermedium*; *Triticum*; Hybridization; Trait; Cytogenetics

中间偃麦草(*Elytrigia intermedium*, $2n=42$)是国内、外小麦育种中应用较多和最为成功的野生亲本之一^[1, 2]。它属多年生禾本科植物,根系发达,再生力强,抗旱、抗寒、耐瘠,大穗多花。它还是多种病害的良好抗源,对条锈、叶锈、秆锈、白粉病免疫,对黄矮、根腐和叶枯病高抗,对赤霉病具有较强的耐性^[3]。利用它与小麦杂交不仅可以选育出优良的小麦品种,而且还可创制异附加系、异代换系、异易位系和八倍体小偃麦^[4, 5, 6]。国内外许多学者利用中间偃麦草与小麦进行了杂交研究,将其抗叶锈^[7]、条锈^[8]、条纹花叶病^[9, 10]、根腐病^[11]、黄矮病^[12]等多种抗性基因转移进小麦,并对小偃麦新品种和中间类型的选育途径、程序和方法进行了探讨^[13]。但多数研究表明,中间偃麦草与小麦杂交产生的杂种第一代多为自交不能结实或结实率很低。许耀奎等^[14]以10个小麦品种与其杂交,所有组合的 F_1 均表现不孕。顾铭洪等^[15]也在小麦与中间偃麦草的杂交研究中观察到其杂种 F_1 在开放授粉或套袋自交情况下均表现完全不育。孙善澄等^[16]研究发现小麦与中间偃麦草的杂种 F_1 的不育性极高。刘大钧等^[1],中国科学院西北生物土壤研究所小麦远缘杂交研究小组^[17]的研究也获得相似结果。我们在利用中间偃麦草与小麦的杂交研究中获得了自交结实性良好的 F_1 杂种,套袋和开放授粉的自交结实率分别达到32.05%和69.66%,并由此衍生出丰富的后代变异类型,这在麦类的远缘杂交中是少见的。本研究对该 F_1 杂种不同自交和回交世代的细胞遗传学及性状特点等问题进行了分析。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究利用的中间偃麦草引自中国科学院西北植物研究所,小麦品种烟农15由本校植物遗传工程实验室保存。

1.2 方法

1.2.1 不同杂种世代的获得 以烟农15为母本,中间偃麦草为父本,通过对烟农15错期播种和对中间偃麦草进行光温处理使二者花期相遇,杂交获得 F_1 。 F_1 套袋自交获得 F_2 , F_2 套袋自交获得 F_3 。

1.2.2 不同回交世代的获得 以烟农15为回交亲本与杂种 F_1 回交获得 BC_1 种子,将全部 BC_1 的植株按单株分别与烟农15进行第二次回交获得 BC_2 种子。对 BC_2 植株,每株选1~2穗再与烟农15进行第三次回交,获得 BC_3 种子,其余单穗套袋自交获得 BC_2F_2 。

1.2.3 根尖染色体观察 杂种 F_1 及自交世代随机取样,回交世代按各回交植株后代分别取样进行发根处理。取各世代种子根尖在0~4℃条件下低温预处理24小时,法氏固定液固定,铁钒-苏木精方法染色压片镜检并照相。取根尖后的种子播种后,用于分析染色体构型。

1.2.4 花粉母细胞减数分裂染色体构型分析 镜检选取适期花药,卡诺液固定,席夫试剂染色压片镜检并照相。取样方法同根尖取样。对花粉母细胞减数分裂第一中期(PMC MI)

的染色体按棒状二价体 1 个交叉, 环状二价体 2 个交叉, 三体链 2 个交叉, 三体环 3 个交叉, 四体链 3 个交叉, 四体环 4 个交叉, 六体链 5 个交叉, 六体环 6 个交叉方法统计计算每个细胞的交叉数。减数分裂其他时期的观察均以醋酸洋红染液直接压片镜检。

2 结果与分析

2.1 杂交结实率

以烟农 15 等 7 个普通小麦材料作母本分别与中间偃麦草杂交, 杂交结实率为 7.50%~71.72%。其中矮变 1 号与中间偃麦草的杂交结实率较低, 为 7.50%, 而烟农 15 与中间偃麦草的杂交结实率最高, 达到 71.72%, 显著高于其他组合, 这表明二者具有良好的杂交亲和性, 杂交结实率结果列于表 1。

表 1 中间偃麦草与小麦杂交结实率

Table 1 Seed setting frequencies of cross between *E. intermedium* and *T. aestivum*

母本 Maternal plants	授粉小花数 No. of pollinated florets	结实粒数 No. of seeds obtained	结实率(%) % of seed setting
烟农 15 Yannong 15	396	284	71.72
鲁麦 5 号 Lumai No. 5	283	65	22.97
济南 13 Jinan 13	225	43	19.03
山农辐 63 Shannongf1 63	172	31	17.82
烟 1604 Yan 1604	188	33	17.55
79401	169	21	12.43
矮变 1 号 Aibian No. 1	120	9	7.50

2.2 杂种的育性

将获得的 7 个组合的杂交种子催芽后播种, 并覆以塑料薄膜。除矮变 1 号与中间偃麦草杂种未获得成株外, 其余 6 个杂种均得到 F₁ 植株。在 6 个杂种中, 烟农 15 与中间偃麦草的 F₁ 植株表现了良好的育性, 鲁麦 5 号与中间偃麦草的 F₁ 植株开放授粉结实率为 0.34%, 其余 4 个杂种均表现自交不能结实。仅将烟农 15 与中间偃麦草杂种育性的统计结果列于表 2。

表 2 中间偃麦草与烟农 15 杂种的育性

Table 2 Fertility of hybrid between *E. intermedium* and Yannong 15

世代 Generations	调查株数 No. of plants observed	统计小花数 Florets scored	结实粒数 No. of seeds obtained	结实率(%) Frequencies of seed setting
F ₁ 套袋自交 Selfing F ₁ in bag	10	1242	398	32.05 (18.61~47.23)
F ₁ 开放授粉 Open pollination	18	1681	1171	69.66 (28.12~74.06)
F ₂ 自交 Selfing F ₂	60	9039	5983	66.19 (27.14~87.43)

表 2 结果表明, 烟农 15 与中间偃麦草杂种 F₁ 套袋自交和开放授粉的结实率分别达到 32.05% 和 69.66%, F₂ 的自交结实率也高达 66.19%, 并且 F₁ 和 F₂ 两个世代中均未

出现自交不能结实的单株, 这与前人的研究结果明显不同。此外在观察中发现, 杂种 F₁ 的花药发育基本正常, 开花时花药能够伸出颖壳, 并能开裂。

2.3 亲本和杂种 F₁ 的细胞学特点

根尖压片镜检结果表明, 亲本烟农 15(图片 I-1)和中间偃麦草(图版 I-3)根尖细胞染色体数目均为 2n=42。烟农 15 的染色体构型在观察的 PMC MI 中均为 2n=21 II(图版 I-2), 未观察到其他的构型, 但是中间偃麦草的染色体构型在观察的花粉母细胞中均有不同频率的

多价体(图版 I-4)。

杂种 F_1 根尖染色体数目为 $2n=42$ (图版 I-5)。 F_1 PMC MI 的平均染色体构型为 $11.43 I + 13.73 II + 0.43 III + 0.41 IV + 0.03 VI$, 不仅有较高频率的单价体(图版 I-6), 而且还出现一定频率的三价体、四价体和六价体(表 3)。特别是二价体平均达到 13.73 个, 这与刘大钧等^[1] 在 10 个杂种 F_1 PMC MI 观察的二价体为 5.0~7.29 个和顾铭洪等^[15] 在中国春与中间偃麦草 F_1 PMC MI 中观察的 5.11 个二价体的结果显著不同。在第一后期虽然观察到不同频率的落后染色体, 但未发现全部染色体被分到同一极的现象。在减数第二分裂则观察到由于染色体的不对称分离产生的无染色质和仅带有微核的子细胞(图版 I-7, 8)。在能进行染色体计数的 6 个小孢子中染色体数目为 24~35 条(图版 I-9, 10)。开花时的花粉经醋酸洋红染色发现染色体正常的可育花粉均能观察到两个精子和营养核(图版 I-11), 花粉败育率仅为 33.35%。

2.4 不同自交和回交世代的染色体构型特点

从表 3 资料可以看出, F_2 和 F_3 的平均染色体构型分别为: $5.38 I + 23.38 II + 0.25 III + 0.88 IV$ 和 $4.96 I + 22.55 II + 0.22 III + 0.69 IV$, 单价体明显减少, 二价体频率显著提高(图版 I-12, 13)两个世代的二价体数均超过了 21 个, 并且都仍有一定频率的三价体和四价体。特别值得注意的是 F_2 和 F_3 细胞的平均染色体数分别为 $2n=56.41$ 和 $2n=53.48$, 都超过了双亲及杂种 F_1 的染色体数目, 在观察的花粉母细胞内没有发现染色体数为 42 的构型, 这表明在 F_1 的减数分裂过程中染色体的分离不是按随机方式进行, 可能产生了减数较少或不减数的配子。此外, F_2 和 F_3 每个细胞的染色体交叉数分别为 42.56 和 41.04, 也显著高于 F_1 的 23.24。

与 F_2 和 F_3 相比, BC_1 、 BC_2 和 BC_3 三个回交世代细胞中的平均染色体数目明显减少, 分别为 46.10、43.64 和 43.15。三个回交世代的 PMC MI 的平均染色体构型分别为 $6.80 I + 18.40 II + 0.30 III + 0.40 IV$ 、 $4.94 I + 18.95 II + 0.20 IV$ 和 $0.63 I + 21.22 II + 0.02 IV$ 。在三个回交世代中随回交世代的增加单价体和多价体逐渐减少, 二价体数目逐渐稳定在 21 个(图版 I-14, 15, 16), 这说明随回交次数的增加后代中偃麦草的染色体数目不断削减, 染色体构型逐渐趋向简单。三个回交世代细胞内平均染色体交叉数分别为 34.02、32.68 和 36.82。此外, 对 BC_2F_2 的分析表明, 其染色体构型为 $0.24 I + 21.26 II + 0.01 III + 0.12 IV$, 单价体较少, 二价体稳定在 21 个左右, 构型已较为稳定。

2.5 不同杂种世代的根尖染色体数目

表 4 结果表明, F_1 根尖细胞的染色体数为 42, F_2 和 F_3 染色体数的分布范围分别为 40~65 和 41~61, 范围较宽; BC_1 、 BC_2 和 BC_3 三个回交世代的染色体数分布范围分别为 41~56, 40~51 和 40~49, 随回交次数的增加, 染色体分布范围依次变小。 F_1 、 F_2 、 F_3 、 BC_1 、 BC_2 和 BC_3 六个杂种世代根尖细胞的平均染色体数分别为 42、54.78、53.20、47.75、44.11 和 42.59, 这一结果与前面花粉母细胞染色体分析结果(表 3)是基本一致的。从表 4 结果还可以看出, F_2 不仅染色体数的分布范围较宽, 而且染色体峰值范围也较大, 为 50~63; F_3 的峰值出现在 50~56, 其范围已较 F_2 明显变小。 BC_1 和 BC_2 的峰值范围虽然都在 43~49, 但是 BC_1 染色体数目为 50~56 的类型出现频率为 32.14%, 而 BC_2 仅为 2.86%, 并且没有染色体数为 51 以上的类型, 二者染色体数为 42 的类型出现频率也有较大差异, BC_1 为 7.14% 而 BC_2 则为 14.29%(表 4); BC_3 的染色体峰值在 $2n=42$ 处, 染色体数目为 42 的类型出现频率已达到

表 3 烟农 15 与中间偃麦草不同杂交世代花粉母细胞减数第一分裂中期(PMC MI)染色体构型
Table 3 Chromosome configurations of PMC MI on different generations between Yannong 15 and *E. intermedium*

世代 Generations	观察植株数 Total plants observed	统计细胞数 No. of cells observed	染色体构型 Chromosome configuration										平均染色体数 No. of chromosomes in per cell	交叉结数 No. of chiasmata in per cell
			I Univalent	II R Rod bivalent	III Ring bivalent	IV Trivalent	V Quadrivalent	VI Hexavalent						
F ₁	5	38	11.43 (8~13)	6.69 (4~8)	7.04 (5~9)	0.43 (0~2)	0.41 (0~2)	0.03 (0~1)					42	23.24
F ₂	21	64	5.38 (2~10)	7.75 (5~9)	15.63 (13~17)	0.25 (0~2)	0.88 (0~2)					56.41	42.56	
F ₃	26	63	4.96 (0~6)	7.12 (4~9)	15.43 (13~18)	0.22 (0~2)	0.69 (0~2)					53.48	41.04	
BC ₁	19	52	6.80 (3~8)	5.00 (4~8)	13.40 (10~14)	0.30 (0~2)	0.40 (0~2)					46.10	34.02	
BC ₂	22	74	4.94 (2~6)	6.15 (3~7)	12.80 (11~15)	0 (0~2)	0.20 (0~2)					43.64	32.68	
BC ₃	23	80	0.63 (0~2)	5.16 (3~7)	16.06 (14~18)	0 (0~1)	0.02 (0~1)					43.15	36.82	
BC ₂ F ₂	28	86	0.24 (0~2)	6.14 (5~8)	15.12 (13~15)	0.01 (0~1)	0.12 (0~1)					43.27	37.01	

表 4 烟农 15 与中间偃麦草不同杂交世代的染色体数
Table 4 No. of chromosomes on different generations between Yannong 15 and *E. intermedium*

世代 Generations	观察的种子数 No. of seeds observed	染色体数目 No. of chromosomes																			平均染色体数 No. of chromosomes in per cell							
		<42	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57		58	59	60	61	62	63	65
F ₁	6				42 (100%)																				42			
F ₂	69	1	1	3	1	0	2	0	1	1	1	4	0	8	4	6	1	6	4	5	2	2	3	7	5	1		54.78 (1.45%)
F ₃	68	0	2	2	2	1	1	0	0	6	1	7	5	7	9	5	6	0	3	1	3	1	0	0	0		53.20 (66.18%)	
BC ₁	28	0	1	2	1	2	3	2	5	1	2	2	2	1	0	2	1	1										47.75 (32.14%)
BC ₃	35	2	2	6	6	8	3	4	1	2	1	0	1	0														44.11 (2.86%)
BC ₃	138	4	4	91	12	11	9	5	1	0	1																	42.59 (5.80%)

65.94%。此外,在除 F_1 以外的5个杂种世代中都观察到染色体数少于42的类型。

2.6 杂种后代的性状及分离特点

杂种 F_1 植株的形态介于双亲之间(图版 I-19, 20)。 F_2 和 F_3 自交世代群体中在株高、株型、穗型、穗长等方面出现广泛分离,但多数类型明显地倾向中间偃麦草或是双亲的中间型,很少出现倾小麦的类型。这可能与自交世代个体中含有较多的偃麦草染色体有关(表3,表4)。细胞学研究结果还表明,自交世代的染色体构型能较快地趋于稳定,在 F_4 代就可以选育出染色体构型为 $2n=28II$ 的八倍体类型和多重双体附加型个体(图版 I-17)。

在回交世代中(BC_1 、 BC_2 、 BC_3),分离类型明显地倾向小麦亲本。随着回交次数的增加,后代倾偃麦草型个体显著减少,后代个体的农艺性状不断改善,这可能与回交不断增加了小麦染色体而减少了偃麦草染色体有关。但较早回交子代(BC_1 、 BC_2)的育性较相应的自交子代(F_2 和 F_3)明显降低。这可能是回交虽然增加了子代中的小麦染色体,但会使已成对的偃麦草染色体成为单价状态,从而影响了染色体的分离,降低了育性。筛选附加系的研究结果表明,在直接的回交世代中鉴定的多为单体和多重单体附加株,而在回交子代的自交世代中则能鉴定出双体附加株(图版 I-18),而其中 BC_2 和 BC_3 的自交世代是筛选双体附加株的较好世代。此外,在不同回交子代中均发现带有四体环或四体链的染色体构型,这表明在双亲染色体之间有可能存在染色体的易位。

3 讨论

关于中间偃麦草染色体组构成的研究国内外已有许多报道,现在一般认为它含有两个具有部分同源关系的染色体基组和一个尚不能确定其归属的未知染色体基组,一般将其染色体组公式表示为 XE_1E_2 。^[13, 19]本研究对中间偃麦草花粉母细胞减数分裂染色体构型的观察发现,在花粉母细胞内出现较高频率的多价体,这说明在中间偃麦草中确实存在具有部分同源性,且能在减数分裂中发生联会的染色体组。本研究中小麦品种烟农15与中间偃麦草不仅具有较高的杂交结实率,而且杂种的育性也较好。杂种 F_1 PMC MI 二价体出现频率较高,平均为13.73个, F_1 的良好育性可能与染色体能发生较高频率的联会有关。Jauhar^[20]在小麦与长穗偃麦草的杂交中也发现染色体能发生高水平配对且自交结实率较好的 F_1 杂种,这表明在偃麦草中可能存在促进部分同源配对或抑制小麦Ph基因作用的遗传系统。偃麦草和小麦染色体之间也可能存在一定的部分同源性。另外,本研究利用的烟农15与中间偃麦草具有良好的亲和性,在与其他远缘材料的杂交中也发现类似现象^[21],表明烟农15可能具有特殊的遗传背景。这需进一步研究。

花粉母细胞染色体构型和根尖细胞染色体数目的观察结果均表明, F_2 和 F_3 每个细胞的染色体平均数显著多于双亲和 F_1 的42条(表3、表4)。这可能是由于中间偃麦草与小麦的杂种 F_1 在减数分裂产生配子时,染色体的分离并非是以随机方式进行的,而是产生了不减数或不完全减数的配子,这些配子的结合导致了 F_2 代染色体数目的增加。Potapova等^[22]在利用硬粒小麦与中间偃麦草杂交研究中,发现 F_1 杂种花粉母细胞减数分裂第一后期染色体可不分向两极,而是通过形成重组核方式产生不减数配子。本研究没有发现重组核途径产生不减数配子的现象,但在减数第二分裂后期发现了染色体的不对称分离现象,从而产生了染色体不完全减数的配子。通过对 BC_1 染色体数目的分析也未发现 $2n=63$ 的类型,小孢子染色体计数的结果也表明,可计数的小孢子染色体数目为 $n=24\sim 35$,这说明(烟农15/中间偃麦草)

F₁ 通过减数第二分裂后期产生了不完全减数配子, 导致了自交后代染色体数目的增加。在 F₂ 中由于单价体的明显减少, 而二价体数目平均已达 23.38 个, 因此 F₂ 减数分裂中染色体基本上是以随机方式分离, 结果使 F₃ 的染色体数目没有明显减少, F₃ 染色体数目的减少可能主要是由于 F₂ 减数分裂过程中单价体丢失造成的。这种非完全减数配子的产生和参加受精可能会加快杂种后代的稳定, 我们在 F₄ 就选出了细胞学稳定的八倍体中间类型。

回交可较快地减少杂种后代细胞中的染色体数。从表 3 可看出 F₂ 和 BC₁ 同为杂种第二代, 但 F₂ 的平均染色体数为 56.41, 而 BC₁ 则为 46.10, 经过三次回交, 花粉母细胞内染色体数目的平均值已由 BC₁ 的 46.10 减少到 BC₃ 的 43.15, 并且二价体数目已稳定在 21 个。从表 4 资料也可以看出, 随回交次数增加, 染色体峰值逐渐前移, 在 BC₃ 根尖细胞染色体数为 42 的类型已达 65.94%。在 BC₂ 和 BC₃ 的自交后代中直接筛选 2n=44 的双体附加系是有效的。由于连续回交不断增加了后代的小麦染色体, 同时也不断削减了偃麦草染色体, 因此回交次数太多会使偃麦草染色体较快地丢失, 这可能不利于双亲染色体之间的易位重组。在各杂种世代的染色体构型分析中均观察到多价染色体, 尤其是四价体是较为常见的。它除了部分同源染色体联会而成外, 还可能由染色体易位形成。这表明在中间偃麦草与小麦不同杂种世代有可能发生双亲染色体的重组, 因此在其杂种后代中重视对重组体的筛选, 可选育出综合双亲优良性状的新种质或新品系。

在不同自交和回交世代中, 性状的分离很复杂, 变异类型也十分丰富。在自交世代中抗病类型多, 出现频率高, 但综合农艺性状差, 熟期也较晚。在回交世代中, 矮秆、大穗多花等优良类型较多, 熟期也趋向小麦亲本。特别在回交子代的自交后代中容易选出综合性状较好, 具有突出特点的变异类型。

参 考 文 献

- 1 刘大钧, 杨世湖. 作物学报, 1983, 9(4): 225~232
- 2 张学勇, 董玉琛, 杨欣明等. 遗传学报, 1995, 22(3): 217~222
- 3 孙善澄. 华北农学报, 1987, 2(1): 7~12
- 4 薛秀庄. 小麦染色体工程与育种. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1993
- 5 何孟元, 徐宗尧, 邹明谦等. 中国科学(B辑), 1988, 11: 1161~1168
- 6 Zhang X, Z Li, S Chen. TAG. 1992, 83(6/7): 707~714
- 7 Friebe B, J Jiang, B S Gill et al. TAG, 1993, 86(2~3): 141~149
- 8 Cauderon Y, J M Rhind. Annales de l' Amelioration des Plantes, 1976, 26(4): 745~749
- 9 Lay C L, D G Wells, W S Gardner et al. Crop Sci, 1971, 11(3): 431~432
- 10 Wells D G, R S Kota, H S Sandhu et al. Crop Sci, 1982, 22(6): 1277~1278
- 11 Conner R L, E D P Whelan, M D MacDonald. Crop Sci, 1989, 20(4): 916~919
- 12 Sharma H, H Ohm, L Goulart et al. Genome, 1995, 38: 406~413
- 13 孙善澄. 作物学报, 1981, 7(1): 51~58
- 14 许耀奎, 母文玉. 遗传学集刊, 1965, 6: 1~11
- 15 顾铭洪, 梁学礼. 江苏农学院学报, 1985, 6(1): 29~34
- 16 孙善澄. 遗传学集刊, 1962, 1: 17~25
- 17 中国科学院西北生物土壤研究所小麦远缘杂交研究小组. 遗传学集刊, 1960, 1: 19~39
- 18 韩方普. 遗传, 1994, 16(5): 31~34
- 19 Friebe B, Y Mukai, H S Dhaliwal et al. TAG, 1991, 81(3): 381~389
- 20 Jauhar P P. TAG, 1995, 90: 865~871
- 21 王洪刚, 孔令让, 姜丽君. 作物品种资源, 1992, 4: 46~47
- 22 Potapova T A, A I Shchapava, Tsitologiya, 1989, 31(1): 108~110

图版说明

1. 烟农 15 根尖细胞染色体 $2n=42$; 2. 烟农 15 PMC MI 染色体构型: $2n=21 \text{ II}$; 3. 中间偃麦草根尖细胞染色体 $2n=42$; 4. 中间偃麦草 PMC MI 染色体; 5. 烟农 15/中间偃麦草 F_1 根尖细胞染色体 $2n=42$; 6. F_1 PMC MI 染色体构型: $2n=15 \text{ II} + 12 \text{ I}$; 7. 8. 带微核和无核的子细胞; 9. 小孢子, $n=25$; 10. 小孢子, $n=28$; 11. 三胞花粉; 12. F_2 植株 PMC MI 染色体构型: $2n=19 \text{ II} + 2 \text{ IV} + 11 \text{ I}$; 13. F_3 植株 PMC MI 染色体构型: $2n=23 \text{ II} + 1 \text{ IV}$; 14. BC_1 植株 PMC MI 染色体构型: $2n=18 \text{ II} + 1 \text{ III} + 8 \text{ I}$; 15. BC_2 植株 PMC MI 染色体构型: $2n=20 \text{ II} + 1 \text{ IV} + 2 \text{ I}$; 16. BC_3 植株 PMC MI 染色体构型: $2n=21 \text{ II} + 2 \text{ I}$; 17. 四重双体附加株 PMC MI 染色体构型: $2n=25 \text{ II}$; 18. 双体异附加株 PMC MI 染色体构型: $2n=22 \text{ II}$; 19. 烟农 15(左), 烟农 15/中间偃麦草 F_1 (中)和中间偃麦草(右)植株; 20. 亲本和杂种 F_1 穗: 中间偃麦草(左), F_1 (中), 烟农 15(右).

Explanation of Plate

1. Chromosomes of root tip cell on Yannong 15, $2n=42$; 2. Chromosome configuration of PMC MI on Yannong 15; $2n=21 \text{ II}$; 3. Chromosomes of root tip cell on *E. intermedium*, $2n=42$; 4. Chromosomes of PMC MI on *E. intermedium*; 5. Chromosomes of root tip cell on Yannong 15/*E. intermedium* F_1 , $2n=42$; 6. Chromosome Configuration of PMC MI in F_1 ; $2n=15 \text{ II} + 12 \text{ I}$; 7~8. A nucleate cell and cells with micronuclei; 9. Microspore; $n=25$; 10. Microspore; $n=28$; 11. 3-nucleated pollen; 12. Chromosome configuration of PMC MI in F_2 plant; $2n=19 \text{ II} + 2 \text{ IV} + 11 \text{ I}$; 13. Chromosome configuration of PMC MI in F_3 plant; $2n=23 \text{ II} + 1 \text{ IV}$; 14. Chromosome configuration of PMC MI in BC_1 plant; $2n=18 \text{ II} + 1 \text{ III} + 8 \text{ I}$; 15. Chromosome configuration of PMC MI in BC_2 plant; $2n=20 \text{ II} + 1 \text{ IV} + 2 \text{ I}$; 16. Chromosome configuration of PMC MI in BC_3 plant; $2n=21 \text{ II} + 2 \text{ I}$; 17. Chromosome configuration of PMC MI in tetrasomic addition plant; $2n=25 \text{ II}$; 18. Chromosome configuration of PMC MI in disomic addition plant; $2n=22 \text{ II}$; 19. Plants of Yannong 15(left), *E. intermedium*(right) and their hybrid F_1 (middle); 20. ears of *E. intermedium*(left), Yannong 15(right) and their hybrid F_1 (middle).

