

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی

موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

دستورالعمل فنی

مدیریت و تولید بذر هیبرید در سورگوم



نگارش:

علی آذری نصرآباد^۱، عظیم خزایی^۲، محمدرضا میرزائی^۱

^۱ استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

^۲ استادیار، بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

این اثر با شماره ۶۳۹۸۰ در تاریخ ۱۴۰۲/۵/۱۷ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ثبت شده است.

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ۱
- ۲- اجزای گل آذین ۳
- ۳- بذر ۶
- ۴- زیست شناسی گل ۸
- ۵- گرده افشانی ۱۰
- ۶- باروری و نمو بذر ۱۳
- ۷- مدیریت تولید بذر هیبرید سورگوم ۱۴
- ۸- دورگ گیری (هیبریداسیون) مصنوعی ۱۶
- ۹- نر عقیمی ژنتیکی ۱۸
- ۱۰- نر عقیمی سیتوپلاسمی-ژنتیکی ۱۸
- ۱۱- اصلاح رقم Kafir 60A ۲۲
- ۱۲- تعیین والدین هیبرید مستعد (A-line, B-line, R-line) ۲۲
- ۱۳- اصلاح (توسعه) والدین نر جدید ۲۵
- ۱۴- اصلاح لاین های نر عقیم جدید ۲۶
- ۱۵- تلاقی نر عقیم ها ۲۹
- ۱۶- ارزیابی هیبریدهای آزمایشی ۳۴
- ۱۷- تولید تجاری هیبریدها ۳۵
- ۱۸- تولید بذر لاین های نر عقیم (A) ۴۳
- ۱۹- مراحل تولید تجاری بذر هیبرید ۴۵
- ۲۰- طبقات بذری ۴۶
- ۲۱- استانداردهای مزرعه‌ای سورگوم ۴۷
- ۲۲- کنترل گرده افشانی ۴۷
- ۲۳- علف های هرز: ۴۸
- ۲۴- طراحی تولید تجاری بذر ۴۸
- ۲۵- به زراعی ۵۰

۵۱	۱-۲۵- مدیریت زراعی
۵۱	۲-۲۵- انتخاب مکان کاشت
۵۲	۳-۲۵- آماده سازی زمین
۵۴	۴-۲۵- مدیریت آب و خاک
۵۴	۲۶- آبیاری
۵۵	۲۷- مدیریت حاصلخیزی
۵۶	۲۸- کودهای عمده موردنیاز
۵۷	۲۹- عناصر معدنی
۵۸	۳۰- کاشت و تراکم بوته
۵۹	۳۱- آفات مهم سورگوم
۶۱	۳۲- برداشت و بوجاری
۶۲	منابع مورد استفاده

۱- مقدمه

سورگوم [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] از غلات اصلی برای کشاورزی دیم در مناطق نیمه گرمسیری است و به دلیل مقاومت فوق العاده آن در شرایط نامساعد محیطی، در قسمت‌های وسیعی از جهان کشت می‌شود (Thakur and Sharma, 2005). از نظر اهمیت در بین غلات در دنیا بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد (خزایی و همکاران، ۱۳۹۸) و در بعضی از کشورها از جمله سودان در مقام اول و در ایالات متحده آمریکا بعد از گندم و ذرت در مقام سوم قرار گرفته است. سطح زیر کشت سورگوم در جهان حدود ۴۸ میلیون هکتار است که ۹۰ درصد این سطح زیر کشت را ارقام دانه‌ای به خود اختصاص داده است. بنابراین سورگوم در دنیا در درجه اول به عنوان یک غله مطرح است. هندوستان با سطح زیر کشت حدود ۹ میلیون هکتار در مقام اول قرار دارد و ایالات متحده آمریکا با سطح زیر کشت حدود ۳ میلیون هکتار بیشترین محصول در جهان را تولید می‌کند. سطح زیر کشت سورگوم در ایران ۴۴ هزار هکتار است. میزان تولید این محصول در جهان ۶۳ میلیون تن بوده که بیشترین میزان تولید به ترتیب ۲۱، ۲۳ و ۱۹ میلیون تن محصول مربوط به قاره آفریقا، آمریکا و آسیا می‌باشد (F.A.O, 2021).

منشأ زراعت سورگوم در شمال شرقی آفریقا است، جایی که بیشترین تنوع سورگوم وجود دارد. به احتمال زیاد نواحی که در حال حاضر اتیوپی و بخشی از سودان را شامل می‌شود. محل‌های توسعه کشت سورگوم به غرب آفریقا را فراهم کرده است. قدیمی‌ترین تاریخ کاشت آن به درستی مشخص نیست، ولی شواهد امر نشان می‌دهد که از صدها سال پیش از میلاد مسیح در آفریقا و آسیا کشت می‌شده و یکی از محصولات مهم، آن مناطق بوده است. مناطق اصلی تولید سورگوم شامل آمریکای شمالی، مناطق میانی صحرای آفریقا، شمال شرقی چین، فلات مرکزی دیکان هند، آرژانتین، نیجریه، مصر و مکزیک می‌باشد. روسیه، فرانسه و اسپانیا تولید کننده- های سورگوم در اروپا می‌باشند. سورگوم در دنیا به دو صورت لاین‌های خالص و ارقام هیبرید کشت می‌گردد

هر دو نوع آن در ایران نیز تولید می‌شود. سورگوم با دارا بودن ویژگی‌هایی از جمله کارایی مصرف آب بالا، قدرت پنجه زنی زیاد، رشد بسیار سریع، عملکرد بالا و ارزش غذایی خوب از اهمیت زیادی برخوردار است (فومن و همکاران، ۱۳۸۲). این گیاه از نظر فیزیولوژیکی جزء گیاهان چهار کرنبه طبقه بندی می‌شود، بنابراین در مقایسه با بیشتر گیاهان علوفه‌ای، کارایی فتوسنتز بالایی دارد (Dogget, 1988).

تولید هیبرید در گیاه سورگوم اهمیت زیادی دارد، زیرا هیبریدها مزایای قابل توجهی نسبت به ارقام OP (open-pollinated) دارند. برتری‌های هیبرید سورگوم نسبت به ارقام OP عبارتند از: الف) برتری عملکرد: هیبریدهای سورگوم معمولاً عملکرد بالاتری نسبت به ارقام OP دارند. این به دلیل اثر هتروزیس است که در هیبریدها رخ می‌دهد. ب) پایداری عملکرد: هیبریدهای سورگوم معمولاً پایداری عملکرد بیشتری نسبت به ارقام OP دارند که به دلیل سازگاری بهتر آنها نسبت به تغییرات محیطی و شرایط نامساعد است. ج) کیفیت برتر: هیبریدهای سورگوم غالباً کیفیت بالاتری نسبت به ارقام OP دارند. به عنوان مثال هیبریدهای BMR معمولاً دارای میزان بالایی پروتئین، انرژی قابل هضم و مواد معدنی هستند که برای تغذیه انسانی و دامی سودمند است. د) مقاومت به آفات و بیماری‌ها: هیبریدهای سورگوم نسبت به ارقام OP معمولاً مقاومت بیشتری به بیماری‌ها و آفات نشان می‌دهند و گاهی هیبریدهایی خاص با هدف مقاومت به آفات و بیماری‌ها تولید می‌شوند. ه) سرعت رشد و نمو: هیبریدهای سورگوم غالباً سرعت رشد و نمو بهتری نسبت به ارقام OP دارند. این می‌تواند باعث کاهش زمان لازم برای رسیدن به مرحله برداشت و افزایش تعداد برداشت‌های ممکن در یک فصل شود.

بنابراین، تولید هیبرید در گیاه سورگوم به دلیل برتری‌هایی مانند عملکرد بالا، پایداری عملکرد، کیفیت برتر، مقاومت به بیماری‌ها و آفات، و سرعت رشد و نمو بالا نسبت به ارقام OP، اهمیت بالایی دارد. برای تولید ارقام هیبرید آشنایی با اصول تولید بذر هیبرید لازم و ضروری است. در ادامه بر چگونگی تولید بذر هیبرید سورگوم و اجرای نکات مهم و کاربردی مرتبط با آن تأکید شده است.

۲ - اجزای گل آذین

۱-۲ - سنبلچه

محور گل آذین^۱ شامل سنبلچه‌هایی است که در شرایط نرمال معمولاً به صورت جفتی اند. هر جفت شامل یک سنبلچه دوجنسی (هرمافرودیت) و یک سنبلچه پایه دار^۲ است که ممکن است بارور یا عقیم باشد. سنبلچه بدون پایه^۳ انتهایی با دو سنبلچه پایه‌دار همراه است.

۲-۲ - سنبلچه بدون پایه (Sessile)

سنبلچه بدون پایه معمولاً بارور است و ۱۰-۳ میلی‌متر طول دارد و ممکن است تخم مرغی یا بیضی شکل باشد. این سنبلچه دارای ۲ پوشینه (گلوب) است (شکل ۲). پوشینه پایین تر معمولاً پوشینه بالایی را در بر می‌گیرد و عموماً پهن و منطبق با شکل و فرم سنبلچه است. پوشینه بالایی معمولاً باریک و دارای یک محور مرکزی و شبیه قایق است. رنگ پوشینه‌های (گلوب‌های) رسیده از کرم تا تقریباً سیاه تغییر می‌کند. گلوب‌ها ۲ گلچه را احاطه می‌کنند. گلچه پایین تر عقیم و گلچه بالایی بارور و کامل است.

گلچه پایینی بوسیله لمای پایینی (عقیم) که برگچه‌ای پهن، غشایی و کرکدار قابل تشخیص است و لمای بالایی بارور را به صورت ناقص و جزئی در بر می‌گیرد. لمای بارور دارای شیار بوده و در بعضی موارد دارای ریشک است. ساختار کوچک و غشایی دیگر پالنه آ نامیده می‌شود که در برخی از ارقام وجود دارد و در برخی دیگر وجود ندارد.

در مجاورت لمای بارور بالایی دو گوشوارک وجود دارد که کوتاه، پهن و گوشتی‌اند و حاشیه‌هایی کرک‌دار دارند. سه پرچم چسبیده به قسمت پایه با میله پرچم شبیه پر و هر بساک چهار لوب دارد. تخمدان تک سلولی

¹ Raceme

² Pedicelled

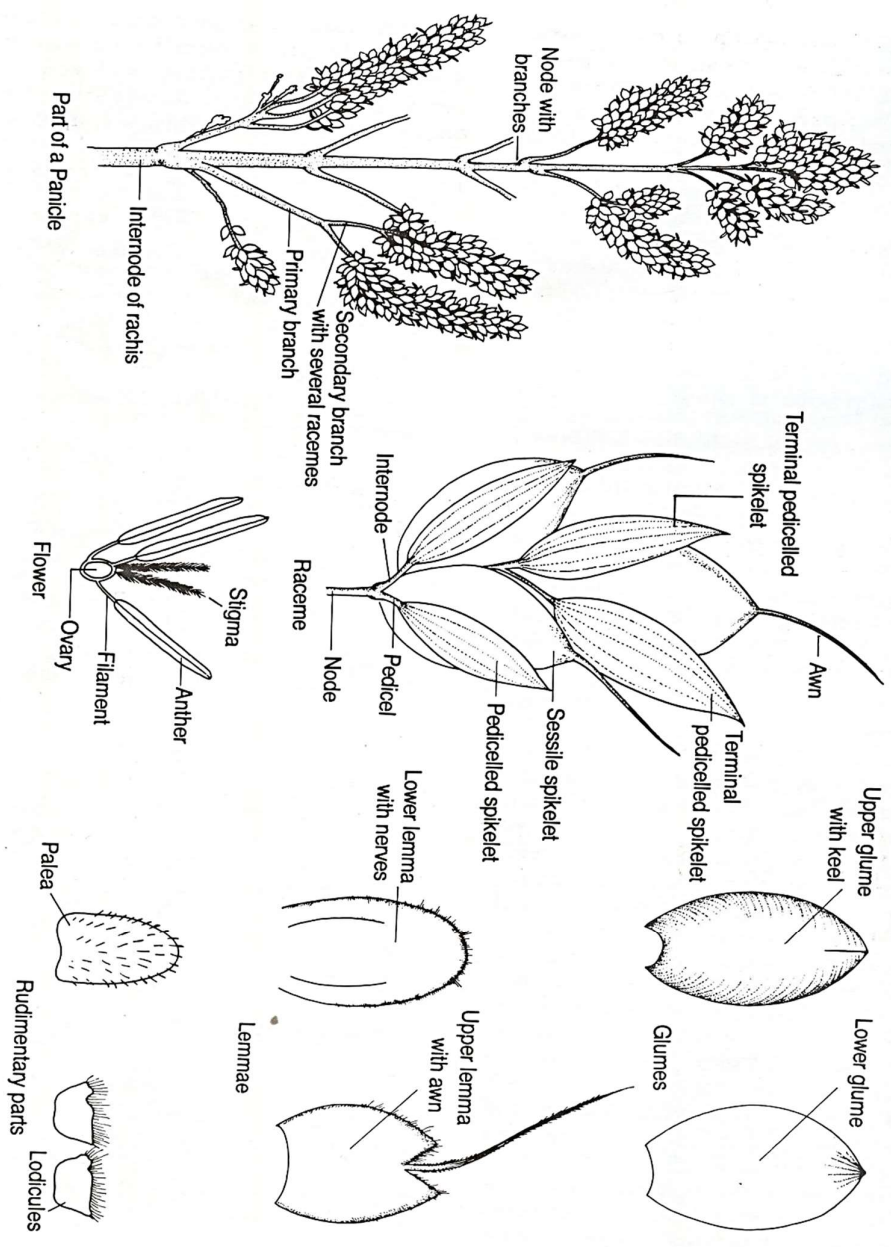
³ Sessile

است و دو اندام ماده با دو style بلند که هر کدام به کلاله^۱ ختم می‌شوند که ممکن است سفید، زرد روشن یا صورتی باشند. تعداد سنبلچه‌های بارور (sessile) در پانیکول در بین ارقام مختلف متفاوت است. بطور کلی یک پانیکول در سورگوم حاوی ۴۰۰۰-۱۵۰۰ سنبلچه بارور است.

۳-۲- سنبلچه پایه‌دار (Pedicelled)

سنبلچه‌های پایه‌دار با یک پایه کوتاه یا بلند ممکن است دائمی باشند و یا ریزش کنند. این سنبلچه‌ها معمولاً نسبت به سنبلچه‌های بدون پایه (Sessile) کوچکتر، نیزه‌ای و نقطه‌ای تر هستند. این سنبلچه‌ها معمولاً عقیم بوده و تنها شامل گلوم‌ها هستند. گلوم بالایی به مقدار زیادی بارور بوده و شامل سه پرچم است که گرده فعال تولید می‌کنند. سنبلچه‌های پایه‌دار بندرت ممکن است حاوی تخمدان ناقص باشند که می‌توانند بذره‌ای نسبتاً کوچکتری نسبت به بذره‌ای تولید شده بوسیله سنبلچه‌های بدون پایه (Sessile) تولید کنند.

¹ Stigma



شکل ۱- قسمت‌های مختلف گل آذین و سنبلچه‌های گیاه سورگوم

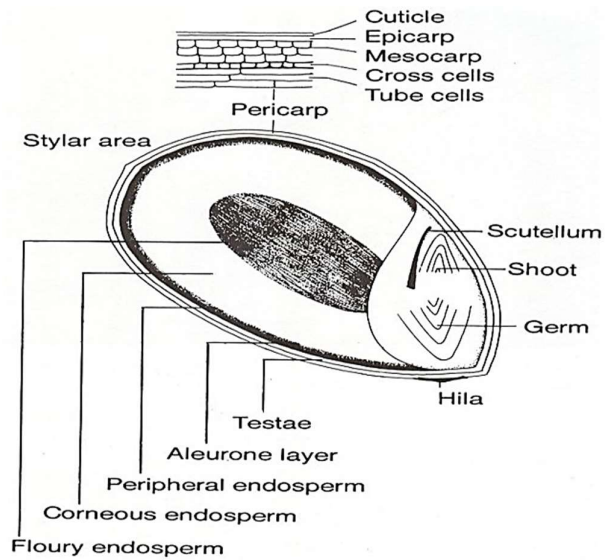


شکل ۲- سنبلچه‌های پایه‌دار (pedicelled) در سمت چپ
و بدون پایه (sessile) در سمت راست

۳- بذر

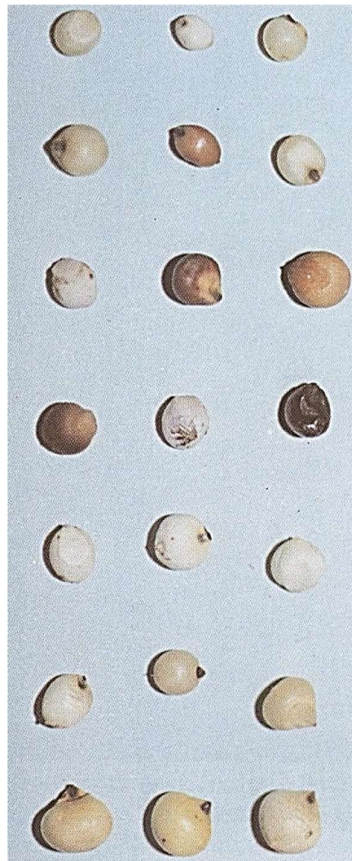
بذر سورگوم از نظر رنگ، شکل و اندازه و محتوای سه قسمت اصلی (پوشش خارجی یا پریکارپ، بافت

ذخیره‌ای یا آندوسپرم و جنین) متفاوت است (شکل ۳).



شکل ۳- برش طولی ساختمان بذر سورگوم

رنگ پریکارپ ممکن است سفید، کرم، زرد لیمویی، قرمز یا قهوه‌ای باشد (شکل ۴). شکل بذر ممکن است کره‌ای، تخم مرغی، بیضی، گلابی شکل، یا لاک‌پشتی با یک سطح صاف در یک طرف باشد. تنوع زیادی در اندازه بذر با وزن هزاردانه از ۰/۷۵ تا ۷/۵ گرم وجود دارد.



شکل ۴- تنوع در اندازه، شکل و رنگ بذر سورگوم

پریکارپ شامل اپی‌کارپ، مزوکارپ و اندوکارپ و همچنین سلول‌های صلیبی و لوله‌ای است. معمولاً پریکارپ نازک است ولی مزوکارپ در بذرهای خاص شامل چندین لایه است که باعث ضخیم شدن آن می‌شود. بذور ممکن است وقتی که پریکارپ ضخیم دارند رنگ کدر داشته باشند و یا ممکن است در حالت پریکارپ نازک دارای رنگ روشن و شفاف باشند. در بعضی از بذور یک لایه کاملاً رنگدانه‌ای درست در زیر پریکارپ بنام تستا وجود دارد. حضور و یا عدم وجود تستا، رنگ بذر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین رنگ پریکارپ

تحت تأثیر حضور رنگدانه قرار می‌گیرد. حمله حشرات، رطوبت بالا، هوای شرجی می‌تواند باعث حضور ترکیبات فنولی مخصوص در پریکارپ شود و به آندوسپرم نفوذ کند و منجر به ایجاد نقاط رنگی در روی بذر می‌شود. بذوری که روی گیاهان برنزه^۱ زایش می‌یابند معمولاً تحت تأثیر نقاط رنگی قرار نمی‌گیرند. جنین از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: محور جنین و اسکوتلوم

اندوسپرم شامل یک لایه از سلول‌های آلرون و یک آندوسپرم بیرونی شاخی است که آندوسپرم آردی یا نشاسته‌ای را احاطه می‌کند. دو قسمت دیگر بذر که مورد توجه‌اند ناحیه ستونی (stylar area) و Hilum است. مساحت stylar مطابق با نسبتی از بافت است که style در طی تکامل به آن چسبیده است.

رنگ دانه می‌تواند تحت تأثیر حضور این ناحیه قرار گیرد. Hilum در نقطه مقابل جنین است و معرف ناحیه‌ای است که مواد غذایی از طریق آن به دانه در حال تکامل می‌رسد. وقتی که بذر می‌رسد جذب عناصر غذایی متوقف می‌شود. منطقه هلالی^۲ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به رنگ سیاه در می‌آید که به‌عنوان شاخص رسیدگی استفاده می‌شود. خواب بذر در سورگوم‌های کاشته شده رایج و مرسوم نیست و به‌ندرت از چند هفته تجاوز می‌کند. ادامه شرایط مرطوب در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌تواند منجر به جوانه‌زنی قبل از برداشت و کاهش زنده‌ماندن بذر شود. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، بذر حاوی ۳۰٪ رطوبت است و در هفته بعد به تقریباً ۱۲-۱۰٪ کاهش می‌یابد. بذور برداشت شده با بیش از ۱۲٪ رطوبت باید قبل از انبارداری خشک شوند.

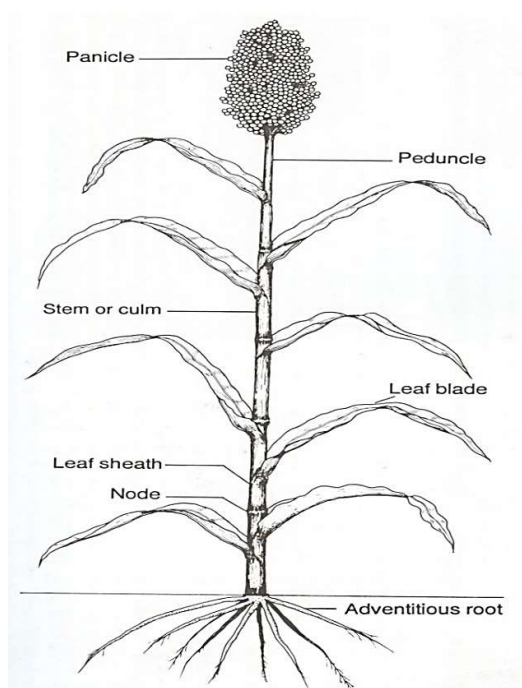
۴- زیست‌شناسی گل

در شکل ۵ قسمت‌های اصلی یک بوته سورگوم نمایش داده شده‌است. بوته سورگوم معمولاً یک ساقه ایستاده‌دارد که بوسیله یک سیستم ریشه‌ای ثانویه محافظت می‌شود. سورگوم توانایی پنجه‌زنی دارد، اما ظرفیت

¹ Tan-colored

² Hilar

پنجه زنی بستگی به رقم و شرایط محیطی بخصوص دما دارد. ضخامت ساقه ممکن است در قسمت پایه ۰/۵ تا ۵ سانتی متر و ارتفاع بوته ۰/۵ تا ۴ متر باشد و حاوی تعدادی گره و میانگره نیز می باشد. آرایش برگ ها به صورت متناوب بر روی ساقه و معمولاً در ۲ ردیف است و هر برگ از یک گره منشأ می گیرد و یک غلاف و پهنک دارد. غلاف برگ حاشیه هایی با همپوشانی دارد و گره و میانگره های بالایی را در بر می گیرد. پهنک (تیغه) برگ ممکن است ۱۳-۱/۵ سانتی متر عرض و ۱۳۵-۳۰ سانتی متر طول داشته باشد.



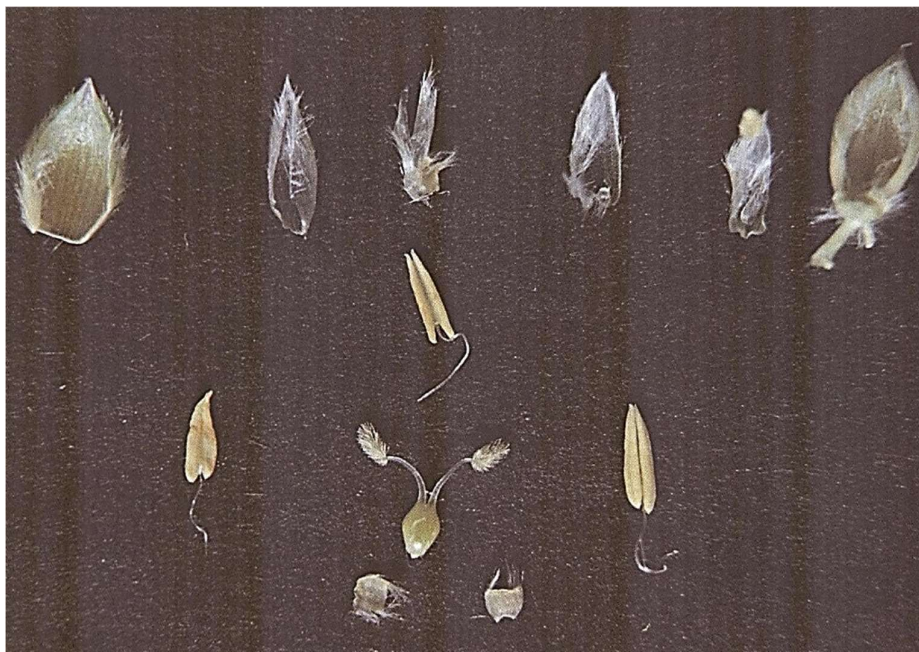
شکل ۵- قسمت های مختلف بوته سورگوم

تعداد برگ می تواند بین ۱۰-۷ عدد بسته به رقم و طول دوره رشد گیاه، متغیر باشد. بالاترین میانگره، حاوی گل آذین است و پدانکل نام دارد. سورگوم به عنوان یک گیاه روز کوتاه شناخته شده است. به طوری که شب های بلند (دوره تاریکی) برای ظهور گل آذین مورد نیاز است و هر رقم به یک دوره تاریکی مخصوص برای تبدیل جوانه رویشی به جوانه گل نیاز دارد. طول دوره رسیدگی در سورگوم بوسیله ۴ ژن اصلی کنترل می شود (Ma4 و Ma1, Ma2, Ma3) که ژن های رسیدگی نام دارند و دارای آلل های چندگانه در هر یک از ۴ مکان ژنی هستند.

ارتفاع گیاه نیز بوسیله ۴ گروه از ژن‌های اصلی بنام ژن‌های کوتولگی کنترل می‌شود (Dw1, Dw2, Dw3, Dw4) که اثر کوتولگی روی گیاه دارند و باعث کاهش طول میانگره‌ها می‌شوند. اثر متقابل بین ژن‌های کنترل کننده ارتفاع و رسیدگی با دما و فتوپریود باعث ایجاد تنوع معنی‌دار در مورفولوژی و عادت رشدی محصول می‌شود (Quinby, 1974).

۵- گرده افشانی

گل‌دهی در سورگوم معمولاً به محض ت‌طویل شدن کامل پدانکل شروع می‌شود. هرچند گل‌دهی در پانیکول‌هایی که به صورت ناقص و ضعیف خارج می‌شوند ممکن است زودتر شروع شود. معمولاً تعدادی از سنبلچه‌ها در قسمت بالای پانیکول در روز اول باز می‌شوند و گل‌دهی به مدت چند روز به سمت پایین پانیکول ادامه پیدا می‌کند. گل‌دهی سنبلچه‌هایی که در یک سطح افقی از پانیکول قرار دارند به طور همزمان اتفاق می‌افتد (شکل ۷).



شکل ۶- قسمت‌های مختلف یک سنبلچه (Sessile) در زیر میکروسکوپ

گل‌دهی یک پانیکول ممکن است در طی ۹-۴ روز بسته به رقم، اندازه پانیکول، دما و رطوبت طول بکشد. در اقلیم‌های سردتر گل‌دهی پانیکول ممکن است طولانی‌تر باشد. گلچه‌ها در سورگوم در واکنش به فشار ناشی از تورم گوشوارک‌ها باز می‌شوند و حرکت آن‌ها در مدت تقریباً ۱۰ دقیقه کامل می‌شود.



شکل ۷- شروع گرده‌افشانی گلچه‌های سورگوم از نوک پانیکول و گسترش آن به سمت پایین

زمان باز شدن گلچه‌ها در سورگوم بر اساس ناحیه و اقلیم متفاوت است. در شرایط گرمسیری این کار معمولاً بین ساعت ۸ تا ۲ صبح انجام می‌شود. همان‌طوری که گلوم‌ها باز می‌شوند کلاله و بساک درست قبل از باز شدن گلوم بیرون می‌آیند و معمولاً خیلی از مواقع بساک‌ها ابتدا بیرون می‌آیند. هرچند در بین ارقام از نظر این که کلاله و بساک با هم خارج شوند و یا یکی نسبت به دیگری زودتر یا دیرتر بیرون بیاید تفاوت وجود دارد.

همزمان با خروج پرچم‌ها از گلوم‌ها، پرچم‌ها به سمت بیرون می‌چرخند و میله پرچم به سرعت طویل می‌شود و در نتیجه بساک‌ها آویزان می‌شوند. مدت زمان از خروج بساک از گلوم تا تکمیل بسته شدن آن بین ۲-۱ ساعت طول می‌کشد و این زمان در ارقام مختلف متفاوت است. زمان شکفتگی به مقدار زیادی بستگی به اقلیم و شرایط

آب و هوایی دارد. در نواحی گرمسیری در روزهای روشن، شکفتن سنبلچه‌ها در حوالی طلوع آفتاب اتفاق می‌افتد. اگر در هنگام صبح، هوای مرطوب و سرد غالب باشد شکفتن می‌تواند تا ساعت ۱۰ صبح به تأخیر بیفتد. هنگامی که بساک‌ها خشک اند پاره می‌شوند و دانه‌ها آزاد می‌شود. معمولاً گرده افشانی سنبلچه‌های پایه‌دار (Pedicelled) چند روز بعد از سنبلچه‌های بدون پایه (Sessile) اتفاق می‌افتد.

سورگوم توسط باد گرده افشانی می‌شود. دانه‌ها تا زمانی که داخل بساک است و حتی بعد از باز شدن گلچه‌ها معمولاً به مدت ۳-۶ ساعت زنده است. هرچند در طی گرده افشانی در داخل مزرعه هنگامی که دانه‌ها گرده در پاکت‌های کاغذی جمع‌آوری می‌شود قدرت زنده ماندن آن به سرعت کاهش پیدا می‌کند و ممکن است کمتر از ۲۰ دقیقه زنده بماند.

دانه‌ها هنگامی که هوا گرم است و نسیم ملایمی می‌وزد به سرعت ریزش می‌یابد. دانه‌ها گرده می‌تواند چند ساعت بعد از شکفتن گلچه‌ها از پانیکول‌های در حال گل‌دهی جمع‌آوری شود. دانه‌ها معمولاً به مدت ۱۰-۴ روز در دسترس است زیرا تمام پانیکول‌ها در مزرعه به طور همزمان گل نمی‌دهند. تخمین زده می‌شود که هر بساک ممکن است حاوی تقریباً ۵۰۰۰ دانه‌ها باشد. دانه‌ها گرده جمع‌آوری شده در پاکت‌های کاغذی به صورت یک پودر زرد رنگ ظاهر می‌شود و ممکن است در هوای گرم و مرطوب به سرعت دسته یا خوشه تشکیل شوند. مقدار گرده‌ای که ریزش پیدا می‌کند بسته ژنوتیپ یک صفت خیلی متغیر است. ضربه زدن به پانیکول‌ها بلافاصله بعد از شکفتن گلچه‌ها می‌تواند یک ابر کوچک گرده تولید کند که با چشم غیر مسلح قابل رویت است. کلاله‌ها به مدت یک هفته یا بیشتر بعد از گل‌دهی پذیرای دانه‌ها هستند که این مدت زمان بستگی به شرایط آب و هوایی دارد. هرچند گرده‌پذیری کلاله‌ها در طی سه روز بعد از ظهور آن‌ها بیشتر است.

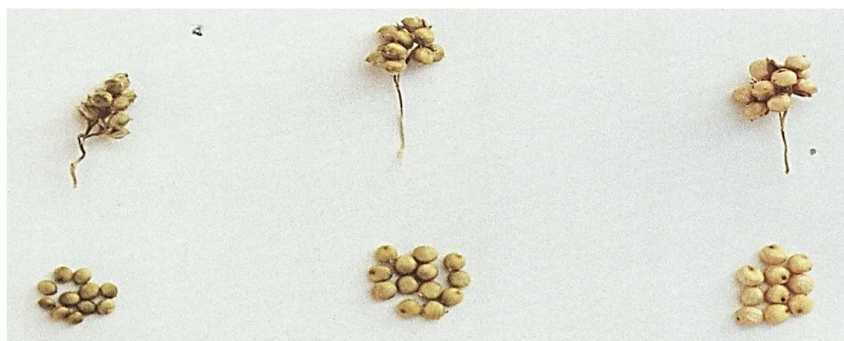
سورگوم غالباً به عنوان یک محصول خودگشن گروه‌بندی می‌شود و نسبتی از کلاله‌ها که از پرچم‌های همان گلچه و یا از پرچم‌های سایر گلچه‌های یک پانیکول گرده افشانی می‌شوند بین رقم‌های مختلف متغیر است. مقدار

دگر گرده افشانی معمولاً ۱۰-۲٪ است و معمولاً در یک چهارم انتهایی پانیکول بیشتر است و احتمالاً کلاله‌هایی که در این ناحیه خارج می‌شوند براساس ترتیب گل‌دهی، دسترسی نسبتاً کمتری به دانه گرده از همان پانیکول دارند.

۶- باروری و نمو بذر

دانه‌های گرده به محض این‌که با کلاله گرده‌پذیر تماس پیدا می‌کنند جوانه می‌زنند، لوله گرده از طریق برآمدگی کلاله به سمت پایین و به سمت تخمدان از میان style حرکت می‌کند. تنها یک لوله گره، موفق به رسیدن به میکروپیل می‌شود. هسته نر به دو قسمت تقسیم می‌شود که یکی از آن‌ها سلول تخم را بارور می‌کند و جنین ($2n$) را تشکیل می‌دهد و دیگری با هسته‌های دوقطبی ترکیب شده و آندوسپرم ($3n$) را تشکیل می‌دهد. توسعه و تکامل جنین و آندوسپرم همزمان با تجمع نشاسته به مدت ۳۰ روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی بذر ادامه پیدا می‌کند. تکامل بذر عموماً به سه مرحله تقسیم می‌شود که از نظر تنوری تفاوت زیادی بین این سه مرحله وجود ندارد: (۱) مرحله شیری (۲) مرحله خمیری نرم و (۳) مرحله خمیری سخت (شکل ۸).

بین ارقام مختلف از نظر تعداد روزهای مورد نیاز برای رسیدگی فیزیولوژیکی از روز باروری (تلقیح) وجود دارد. بذور در حال تکامل به صورت کرمی، سبز کم‌رنگ تا سبز پررنگ ظاهر می‌شوند و رنگ واقعی آن‌ها در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی مشخص می‌شود.



شکل ۸- مراحل رشد و نمو بذر سورگوم (از سمت چپ به راست):

مرحله شیری، مرحله خمیری نرم و مرحله خمیری سخت

۷- مدیریت تولید بذر هیبرید سورگوم

نتیجه تلاقی بین والدین غیر مشابه از نظر ژنتیکی (F1) هیبرید نامیده می‌شود و قدرت رشد هیبرید یا هتروزیس عبارت است از پدیده مرتبط با بیان صفات رشد، گل‌دهی و عملکرد در خارج از دامنه والدین. هتروزیس در بسیاری از محصولات زراعی دگرگشن و خودگشن مشاهده شده است. اگرچه استفاده تجاری از هتروزیس فقط هنگامی ممکن است که (۱) بزرگی و مقدار هتروزیس برای صفات اقتصادی در بین محیط‌های تولیدی، بالا یا مقدار ثابتی باشد تا جایگزینی واریته‌های هموزیگوت یا لاین خالص را توجیه کند. (۲) وقوع یک مکانیسم ثابت و قابل توارث (ژنتیکی یا سیتوپلاسمی) تولید بذر هیبرید را در سطح وسیع و مقیاس اقتصادی ممکن می‌کند. (۳) هنگامی که بذرگیری از سورگوم علوفه‌ای مقدور نباشد مجبوریم حتی در غیاب هتروزیس به دنبال واریته هیبرید برویم. پدیده هتروزیس در سورگوم قبل از سال ۱۹۲۷ توسط کانر و کارپر (Conner and Karper 1927) مشاهده شده بود اما بکارگیری تجاری آن تا سال ۱۹۵۴ که نرعیمی سیتوپلاسمی - ژنتیکی توسط هولند و استفن (Holland and Stephen 1954) کشف شد ممکن نشد.

هیبریدهای موفق نظیر RS610 به سرعت توسط کشاورزان در آمریکا کشت شدند. این هیبریدها بعداً با هیبریدهای برتر جایگزین شدند. ابتدا مشخص شد که استفاده از بذر هیبرید منجر به پسروری خویش‌آمیزی می‌شود، و تقریباً ۵۰٪ کاهش عملکرد دانه در نسل F1 مشاهده شد و همچنین تفرق در صفات مختلف گیاهی نظیر عقیمی، باوری و ارتفاع گیاه که منجر به غیر یکنواختی در محصول می‌شود ملاحظه شد. بنابر این بذر هیبرید مجدداً باید برای تولیدات بعدی تکثیر شود. اطلاعات و گزارش‌های منتشر شده بوسیله محققین سورگوم در سراسر دنیا برتری فراوان هیبریدهای سورگوم را از نظر عملکرد دانه نسبت به والد برتر بیان می‌کنند. افزایش مطلق عملکرد دانه در هیبرید نسبت به والد برتر بسته به ترکیبات والدین انفرادی و انشعابات ژنتیکی آن‌ها متغیر و متفاوت است.

هتروزیس نسبت به والد برتر همچنین در مورد طول پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، پنجه‌دهی، ارتفاع گیاه و سایر صفات رشدی مشاهده شد (Quinby, 1974). مطالعات متعددی بیان می‌کند که برتری هیبریدهای سورگوم نسبت به والدین‌شان به میزان زیادی به علت افزایش تعداد دانه در پانیکول است. این موضوع به‌طور واضح مرتبط با رشد برتر هیبریدها و فعالیت مریستمی آنها است. هیبریدها به رشد و نمو سریع‌تر نسبت به والدین‌شان و همچنین داشتن سیستم ریشه‌ای نسبتاً وسیع‌تر شناخته شده‌اند (Quinby, 1974). داجت (Dogget, 1969) داده‌های مربوط به عملکرد دانه را از ۳۹۱ آزمایش سورگوم که در ۴ ناحیه دنیا با هدف کمی کردن روابط بین عملکرد دانه هیبریدها در مقایسه با لاین‌های خالص با عملکرد بالا و سازگار با آن نواحی آنالیز کرد. عملکرد هیبرید نسبت به رقم خالص در شرایط رشدی و مدیریتی متفاوت، افزایش ثابتی داشت. هیبریدهای سورگوم می‌توانند بیش از ۲ برابر ارقام و واریته‌ها، عملکرد داشته باشند. این موضوع می‌تواند در تصمیم‌گیری برای پذیرش یک هیبرید و سرمایه‌گذاری برای تولید بذر به منظور کاشت موفق محصول در نظر گرفته شود. مزیت هیبریدهای سورگوم نسبت به واریته‌ها در کشورهای گرمسیری نظیر هند با آزادسازی هیبرید تجاری (CSH1) در سال ۱۹۸۲ توسط Rao مشخص شد.

این هیبرید در مکان‌های متعدد و سال‌های مختلف آزمایش شد و مشخص شد که ۵۰-۱۰۰٪ نسبت به ارقام کشاورزان محلی افزایش عملکرد داشت. هرچند کیفیت دانه در این هیبرید قابل قبول نبود و خیلی زود توسط دو هیبرید CSH5 و CSH9 که کیفیت دانه خوبی داشتند جایگزین شد. هیبریدهای تجاری سورگوم اخیراً در هند، استرالیا، چین، تایلند، آفریقای جنوبی، آمریکای مرکزی و لاتین و جنوب شرقی اروپا رشد کرده‌اند و اخیراً به سودان و مصر معرفی شده‌اند.

۸- دورگ گیری (هیبریداسیون) مصنوعی

تلاقی سنتی یا دورگ گیری وارسته‌های متفاوت سورگوم بوسیله اخته کردن دستی گلچه‌های دوجنسی نرمال و در ادامه با انتقال گرده از والد نر انتخابی به کلاله‌های گلچه‌های اخته شده انجام می‌شود. به منظور اخته کردن، یک پانیکول که گرده‌افشانی را شروع کرده انتخاب می‌شود و قسمتی از پانیکول که حاوی گلچه‌هایی است که گرده‌افشانی آن‌ها کامل شده بوسیله قیچی بریده می‌شوند. انشعابات اولیه در نیمه پایینی پانیکول نیز حذف می‌شوند. سپس بعضی از انشعابات اولیه، ثانویه و ثالثیه در قسمت باقیمانده میانی پانیکول نیز به منظور تسهیل در اخته کردن چیده می‌شوند (شکل ۹).



شکل ۹- هرس گل آذین سورگوم برای حفظ سنبلچه‌های آماده اخته کردن
و حذف پرچم‌ها از سنبلچه sessile

اخته کردن گلچه‌هایی که خارج از محور پانیکول‌اند آسان است. گلچه‌های پایه‌دار بر روی انشعابات انتخابی نیز باید حذف شوند. معمولاً گلچه‌هایی که می‌خواهند حذف شوند بین انگشت سبابه و شست قرار می‌گیرند.

سپس یک سوزن با نوک کند بین گلوم‌های پایینی قسمت میانی گلچه قراردادده می‌شود و به آرامی در سطح داخلی گلوم حرکت داده می‌شود به گونه‌ای که میله پرچم شکسته شود. سپس سوزن به آرامی به سمت بالا بیرون کشیده می‌شود در حالی که سه بساک جداشده به خارج از گلچه فشار داده می‌شوند. باید مراقب بود تا به تخمدان آسیبی وارد نشود یا بساک‌ها شکسته نشوند. برای اخته کردن یا برای فشار دادن و کندن بساک‌ها و خارج کردن آن‌ها از گلچه‌ها می‌توان از موچین نیز استفاده کرد.

پانیکول‌های اخته شده با پاکت‌های کاغذی روغنی پوشیده می‌شوند و تاریخ اخته کردن بر روی پاکت بوسیله جوهر ضد آب نوشته می‌شود. اخته کردن در بعداز ظهر به سهولت انجام می‌شود. پانیکول‌های اخته شده در صبح روز بعد از نظر بساک‌هایی که در خلال اخته کردن، بیرون مانده‌اند و باریزش کرده ممکن است باعث خودگشتی شوند مورد بازدید قرار می‌گیرند. پانیکول‌های اخته شده که حداقل آسیب و خسارت به تخمدان را دارند و احتمال خودگشتی در آن‌ها وجود ندارد باید انتخاب شوند و در طی سه روز با سایر گرده‌ها گرده‌افشانی می‌شوند. در طی صبح روز گرده‌افشانی، گرده تازه از یک والد نر انتخاب و جمع‌آوری می‌شود و به والد ماده منتقل می‌شود. پاکتی که پانیکول ماده اخته شده را می‌پوشاند حذف می‌شود و دانه گرده جمع‌آوری شده بر روی کلاله‌ها به آرامی پاشیده می‌شود. سپس بر روی پاکت کاغذی که پانیکول ماده را می‌پوشاند، منبع گرده و تاریخ گرده‌افشانی نوشته می‌شود. بدور تکامل یافته در نتیجه گرده‌افشانی بعد از یک هفته قابل مشاهده‌اند. موفقیت گرده‌افشانی دستی در پانیکول‌های اخته شده بسته به مهارت کارگر و تکنیسین متفاوت است و با تمرین مداوم بهبود پیدا می‌کند. سایر تکنیک‌های اخته کردن شامل استفاده از آب داغ، پاکت‌های پلی‌تن نیز شناخته شده‌اند ولی کمتر استفاده می‌شوند زیرا هم طاقت فرسا و سنگین هستند و هم درصد موفقیت هیبریدهای F1 ایجاد شده در این تکنیک‌ها نسبتاً کم است (Stephens & Quinby 1933; Shertz & Clark 1967; Crook & Cassady 1973; House 1985).

۹- نر عقیمی ژنتیکی

تکنیک‌های اخته کردن و گرده‌افشانی که قبلاً توضیح داده شده‌اند نمی‌توانند برای تولید بذر هیبرید در سطح تجاری مورد استفاده قرار گیرند. گیاهان نر عقیم که گرده فعال تولید نمی‌کنند برای تولید بذر هیبرید در مقیاس وسیع استفاده می‌شوند. دو نوع از نر عقیمی در سورگوم شناخته شده است: نر عقیمی ژنتیکی و نر عقیمی سیتوپلاسمی-ژنتیکی. نر عقیمی ژنتیکی عموماً بوسیله یک ژن مغلوب ایجاد می‌شود. گیاهان دارای دو آلل مغلوب (هموزیگوت) نر عقیمی را نشان می‌دهند، در حالی که گیاهان دارای دو آلل غالب یا یک آلل غالب و یک آلل مغلوب (هتروزیگوت) نر بارور هستند. مواد گیاهی نر عقیم بوسیله تلاقی گیاهان نر عقیم با گیاهان هتروزیگوت نر بارور بدست می‌آیند. نصف نتاج حاصل از این تلاقی نر عقیم و نصف دیگر نر بارور (هتروزیگوت) هستند. چندین ژن باعث نر عقیمی در سورگوم می‌شوند (Dogget 1988).

نر عقیمی که بوسیله ژن‌های ms3, ms7 و ژن‌های al ایجاد می‌شوند در اصلاح جمعیت‌های تلاقی-تصادفی و یا جمعیت‌های کمپوزیت می‌شوند. اگرچه استفاده از سیستم‌های نر عقیمی ژنتیکی برای تولید بذر هیبرید در مقیاس بزرگ غیر اقتصادی و مشکل هستند بدلیل اینکه گیاهان نر عقیم ژنتیکی تنها در بین جمعیت‌های در حال تفکیک در دسترس می‌باشند. اگر چنین گیاهان نر عقیم و گیاهان نر بارور هتروزیگوس بتوانند قبل از مرحله گل‌دهی تشخیص داده شوند (بوسیله یک ژن پیوسته یا بعضی اثرات پلیوتروپیک ژن نر عقیم) تولید بذر هیبرید در مقیاس انبوه تسهیل خواهد شد. در عوض، بذر هیبرید تجاری با بکارگیری پدیده نر عقیمی سیتوپلاسمی-ژنتیکی تولید می‌شود.

۱۰- نر عقیمی سیتوپلاسمی-ژنتیکی

نر عقیمی ایجاد شده بوسیله اثر متقابل عوامل القای عقیمی در سیتوپلاسم با عوامل ژنتیکی در هسته، نر عقیمی سیتوپلاسمی-ژنتیکی نامیده می‌شود. این سیستم در سورگوم بوسیله (Holland & Stephen, 1954) در نتاج

تلاقی بین دو رقم Milo و Kafir که کاملاً بارور بودند کشف شد. در نسل F2 تلاقی بین Milo (به‌عنوان والد ماده) و Kafir (به‌عنوان والد نر) حدود ۲۵٪ گیاهان نر عقیمی نشان دادند در حالی که تمام نتاج در تلاقی متقابل Milo (به‌عنوان والد نر) و Kafir (به‌عنوان والد ماده) بارور بودند. نر عقیمی تنها زمانی ظاهر شد که Milo به‌عنوان والد ماده استفاده شد که اهمیت سیتوپلاسم Milo را نشان می‌دهد (شکل ۱۱). بوته‌های والد مادری از نظر سیتوپلاسم، نر عقیم (S) و از نظر هسته نیز نر عقیم (msms) می‌باشند و اثر متقابل سیتوپلاسم و هسته عقیم منجر به نر عقیمی در بذور والد مادری می‌گردد (شکل ۱۰). بوته‌های والد مادری پاکوتاه و دارای ارتفاع بوته بین ۱ تا ۱/۵ متر می‌باشند.



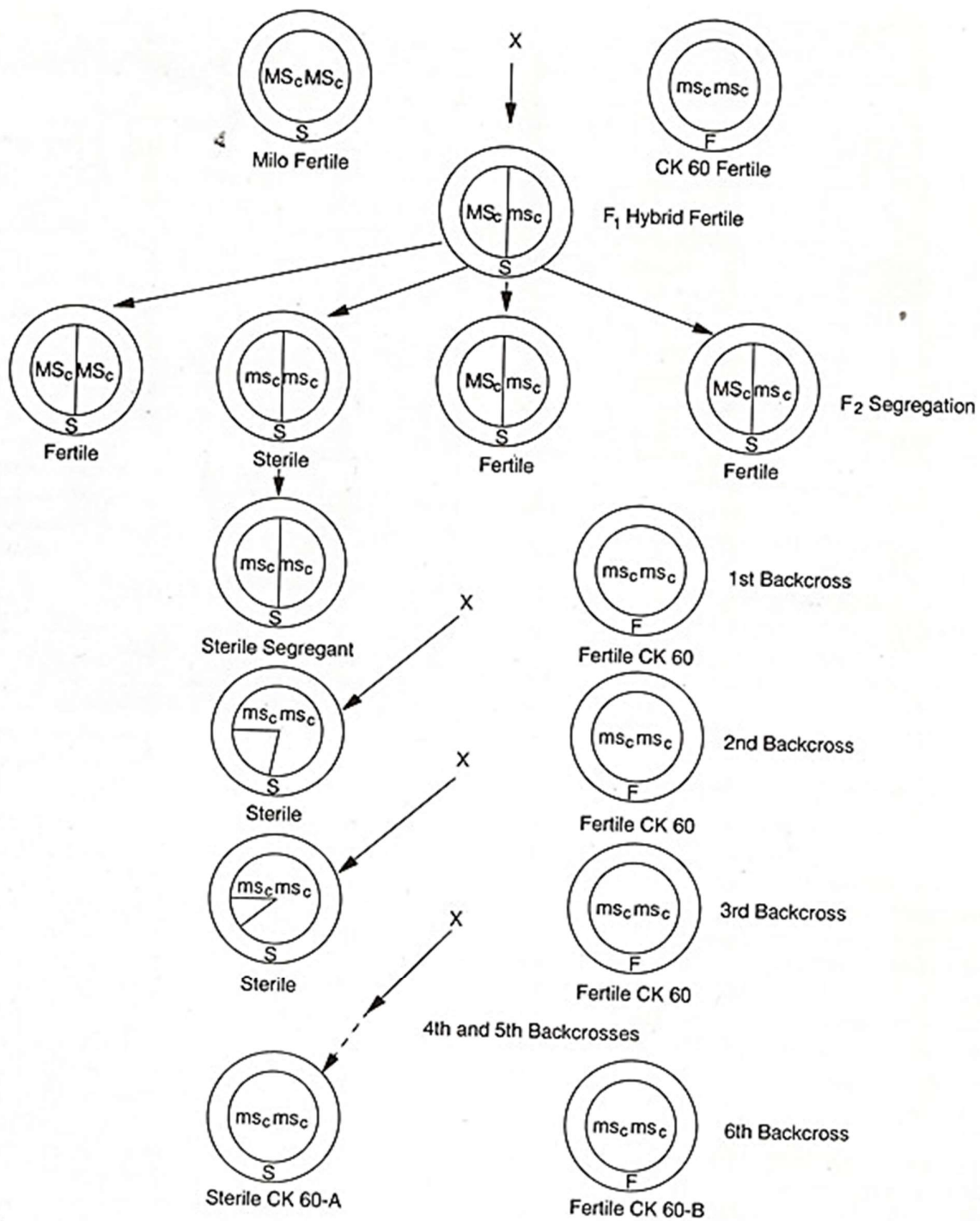
شکل ۱۰- بوته والد مادری (A-Line) نر عقیم (ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند)

بوته‌های والد نگهدارنده (Maintainer or B-Line) نر عقیمی سیتوپلاسمی- ژنتیکی در لاین‌های مادری را حفظ می‌کنند. این بوته‌ها به لحاظ ژنتیکی، مشابه والد مادری دارای هسته از نوع نر عقیم (msms) ولی بر خلاف والد مادری دارای سیتوپلاسم بارور (F) می‌باشند (شکل ۱۲). اثر متقابل سیتوپلاسم بارور و هسته عقیم به‌صورت

باروری در این لاین‌ها ظهور می‌کند. این لاین‌های نگهدارنده معمولاً پاکوتاه بوده و بین ۱ تا ۱/۵ متر ارتفاع دارند. این لاین برخلاف لاین مادری دارای پانیکول‌های بزرگتر و عملکرد دانه بیشتری است و قدرت ترکیب‌پذیری بیشتری نیز دارد. همچنین بساک و دانه‌گرده در این بوته‌ها برخلاف بوته‌های مادری، شاداب می‌باشند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- بوته والد نگهدارنده (B-Line)، نر بارور، بساک و دانه‌گرده شاداب (ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند)



شکل ۱۲- مراحل اصلاح و توسعه لاین‌های A و B در Kafir 60 combine

نتاج در حال تفرق نرعقیم از تلاقی Milo × Kafir هنگامی که با والد Kafir تلاقی داده شدند هیبریدهای نرعقیم تولید کردند و هنگامی که با والد Milo تلاقی یافتند هیبریدهای کاملاً بارور تولید کردند.

۱۱- اصلاح رقم Kafir 60A

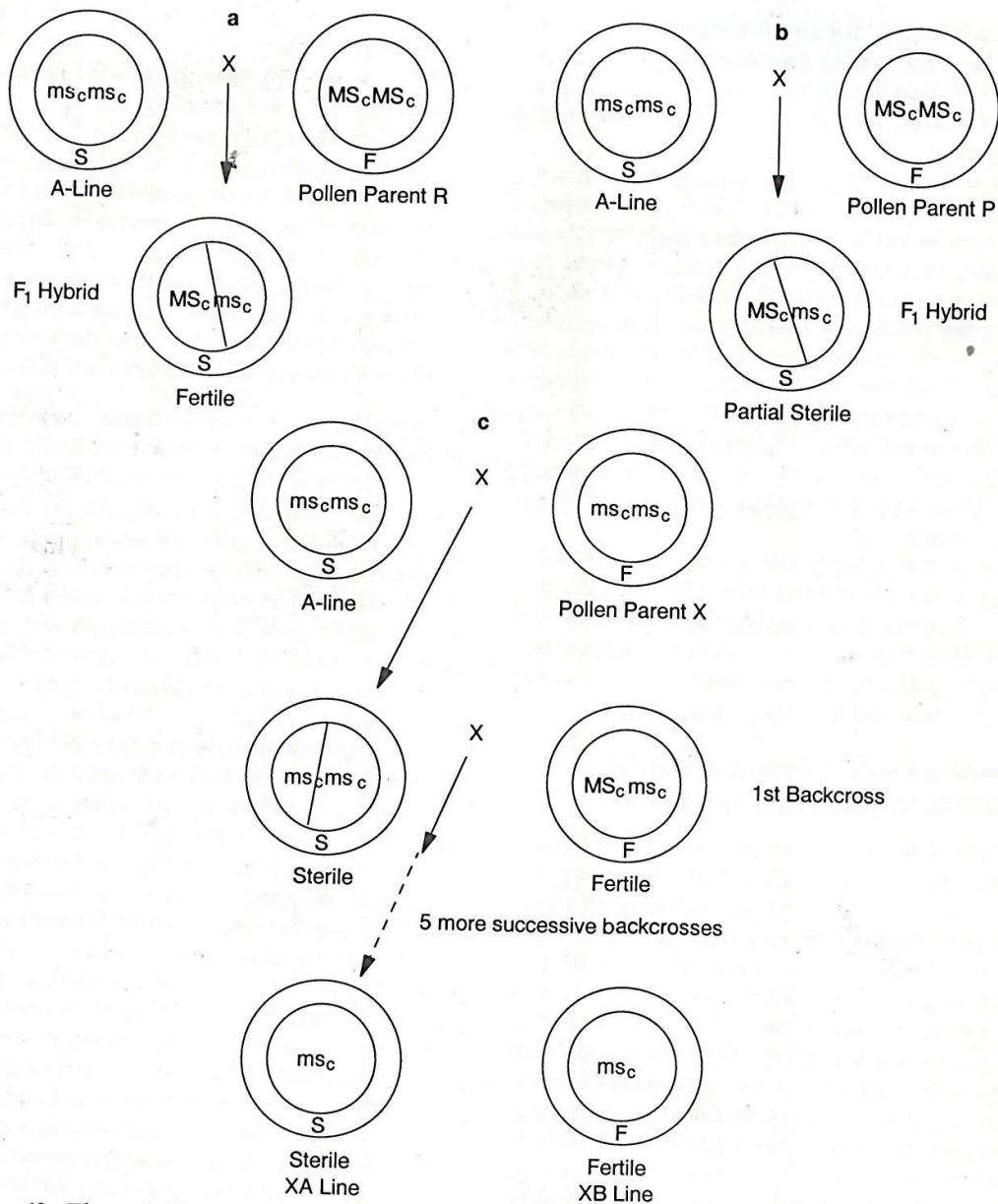
در یک برنامه تلاقی برگشتی، ۶ تلاقی برگشتی دوره‌ای گیاهان نرعقیم، Milo × combine Kafir با Combine Kafir به عنوان والد برگرداننده باعث معرفی تدریجی ژنوم کامل Combine Kafir به سیتوپلاسم رقم Milo شد (Combine Kafir نسخه پاکوتاه دیگری از CK60 و Kafir است). لاین Ck60 نرعقیم می‌تواند بوسیله گرده‌افشانی با Ck60B نر بارور، به صورت مداوم تکثیر شود و بذوری که به این ترتیب بر روی Ck60A بدست می‌آیند باعث تکثیر Ck60A می‌شوند. بنابر این لاین Ck60B بنام لاین نگهدارنده یا غیر برگرداننده برای Ck60 نام‌گذاری شده است. لاین نگهدارنده، خود بارور است و بنابراین به صورت نرمال می‌تواند تکثیر شود. همچنین مشاهده شده است که زمانی که ارقام خاصی از سورگوم با Ck60A تلاقی داده شده اند هیبریدهای F1 نر بارور تولید نموده که حاوی ژن‌های برگرداننده باروری بوده اند. این لاین‌ها، لاین‌های برگرداننده باروری (R-line) نام‌گذاری شده اند و برای تولید بذر هیبرید استفاده می‌شوند. این موضوع، زمینه تولید بذر هیبرید در مقیاس وسیع را فراهم کرده است. همان طوری که سیستم‌های عقیمی سیتوپلاسمی-ژنتیکی بعداً در سورگوم کشف شدند سیستم Milo-Kafir به عنوان سیستم A1 طبقه بندی شد. اگرچه سیستم‌های عقیمی سیتوپلاسمی-ژنتیکی دیگری غیر از Milo هنوز تاکنون در سطح تجاری استفاده نشده است (Schertz and Pring 1982).

۱۲- تعیین والدین هیبرید مستعد (A-line, B-line, R-line)

والدین مستعد نر و ماده برای تولید هیبرید بوسیله تلاقی اینبرد لاین‌های (لاین‌های خالص و هموزیگوت) موجود در کلکسیون والد گرده‌دار (که می‌تواند شامل ژرم پلاسم کلکسیون جهانی، ارقام، مواد اصلاحی در نسل‌های پیشرفته باشد) با یک لاین نرعقیم (A-line) و مشاهده هیبریدهای مربوط در کرت‌های یک آزمایش

مشاهده‌ای تشخیص داده می‌شوند. تعدادی بوته از هر تلاقی با پوشاندن تعداد کمی پانیکول با پاکت کاغذی قبل از گرده‌افشانی در معرض پاکت زنی قرار می‌گیرند و بعد از چند هفته، دانه بندی در زیر پاکت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. یک پانیکول بارور نرمال دوجنسی تقریباً نزدیک به ۱۰۰٪ دانه بندی خواهد داشت در حالی که در تلاقی با A-line ها با سه نوع هیبرید مواجه می‌شویم (شکل ۱۳):

- ۱- هیبریدهایی که بطور مطلق دانه بندی ندارند و در واقع نرعیقیم اند. والد گرده‌دار مربوطه می‌تواند به‌عنوان یک لاین نگهدارنده (B-line) یا غیر برگرداننده به‌عنوان یک منبع از A-line مستعد عمل کند.
- ۲- هیبریدهایی که دانه بندی کاملی در زیر پاکت دارند و در واقع نرباور هستند. والد گرده‌دهنده مربوطه به‌عنوان یک لاین والد برگرداننده یا R-line گروه بندی می‌شود و می‌تواند در تولید هیبرید، مفید باشد.
- ۳- هیبریدهایی که دانه بندی نسبی یا ناقص در زیر پاکت نشان می‌دهند. چنین هیبریدهایی و والد نر آن‌ها از ادامه مطالعات حذف می‌شوند زیرا تجربه نشان داده که استخراج R-line یا B-line از چنین والدینی مشکل است.



شکل ۱۳- سه نتیجه مختلف ممکن هنگام تلاقی یک لاین نر عقیم (A) با والدین گرده افشان R, P و X

هیبریدهای نوع ۲ که باروری آنها نرمال است، به صورت چشمی از نظر صفات زراعی شامل تعداد روز تا

رسیدگی، ارتفاع بوته، رنگ دانه و کیفیت دانه، اندازه پانیکول، قدرت رشد هیبرید (ویگور)، عملکرد دانه و

قابلیت خرمن کوبی در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد محلی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. هیبریدهای انتخابی برای آزمایش‌های پیشرفته بعدی انتخاب شده و والدین نر مربوط به آن‌ها در کلکسیون R-line وارد می‌شوند.

اگر والد گرده دهنده به‌طور کافی و مطلوب، اینبرد (هموزیگوت) نباشند، تک بوته‌ها از هیبریدهای مربوطه ممکن است در مورد نر عقیمی و باروری تفرق نشان دهند. تجربه در مورد هیبریدهای سورگوم همانند سایر محصولات نشان می‌دهد که منشأ والدین سهم و نقش زیادی در توسعه هتروزیس و عملکرد هیبرید دارد.

انتخاب والدین از منابع مختلف و متنوع در هنگام تولید هیبریدهای آزمایشی اهمیت دارد. در این حالت، استفاده از منابع متنوع ژرم پلاسم و تعیین والدین مناسب نر و ماده با صفات مکمل، مهم است.

عملکرد یک والد در تلاقی با والدین دیگر، قابلیت ترکیب پذیری نام دارد. متوسط عملکرد یک A-line یا R-line در تلاقی با چند لاین دیگر قابلیت ترکیب پذیری عمومی نام دارد و انحراف از عملکرد پیش بینی شده بر اساس قابلیت ترکیب پذیری عمومی، قابلیت ترکیب پذیری خصوصی نامیده می‌شود.

۱۳- اصلاح (توسعه) والدین نر جدید

R-line های برگرداننده باروری یا والدین نر عموماً به روشی که قبلاً توضیح داده شد، تعیین می‌شوند. هر چند اگر R-line های در دسترس قابلیت ترکیب پذیری مطلوبی نداشته باشند یا نیازمند اصلاح برای صفات زراعی خاص باشند، والدین برتر می‌توانند از طریق روش‌های سنتی اصلاح نباتات از قبیل دورگ‌گیری (هیبریداسیون) والدین انتخابی (با حداقل یک ژن برگرداننده با فراوانی بالا) با استفاده از اخته کردن و روش شجره‌ای یا انتخاب دوره‌ای در جمعیت‌های دارای تلاقی تصادفی پرورش یابند (Dogget, 1988).

جزئیات این روش‌های اصلاحی خارج از اهداف این مجموعه است و جزئیات بیشتر در "راهنمای اصلاح سورگوم (House, 1985)" آورده شده است.

در هر برنامه اصلاحی در مورد R-line گیاهان یا لاین‌های انتخابی باید با یک لاین نرعیق (تست کراس) شوند و قابلیت برگرداندگی باروری آن‌ها با مشاهده هیبریدهای مربوط به آن‌ها تأیید شوند. توصیه می‌شود که تست کراس بوته‌های انتخابی جدید در هر نسل در حال تفکیک انجام شود. با توجه به این که ژن‌های برگرداننده در طی فرآیند نوترکیبی و تفرق در برنامه‌های اصلاحی می‌توانند ازدست بروند این کار ضرورت دارد. گیاهان انتخابی باید برای ۴-۵ نسل متوالی برای دستیابی به هموزیگوسیتی خودگرده‌افشانی شوند و ظرفیت و قابلیت برگرداندگی باروری آن‌ها بوسیله انجام یک تست کراس اضافی مجدداً تأیید شود.

اصلاح R-line ها می‌تواند بوسیله تلاقی آن‌ها با یک A-line استاندارد و مشاهده قابلیت ترکیب پذیری آن‌ها در مقایسه با والدین آزمایش شود. در ایستگاه‌های تحقیقاتی، R-line ها به صورت نرمال تحت شرایط خودگرده‌افشانی (با استفاده از پاکت‌ها) نگهداری می‌شوند. اگر مقدار زیادی بذر R-line مورد نیاز است این لاین‌ها در شرایط ایزوله تکثیر می‌شوند که در بخش بعدی مورد بحث قرار گرفته است.

۱۴- اصلاح لاین‌های نرعیق جدید

لاین‌های خالص (هموزیگوت) که تا مرحله هیبریدهای کاملاً نرعیق پیش می‌روند، هنگامی که با یک A-line تلاقی می‌یابند می‌توانند برای اصلاح A-line و B-line های جدید استفاده شوند. B-line های نگهدارنده دارای ژن‌های مغلوب برگرداننده باروری هستند ولی سیتوپلاسم نرمال دارند. این لاین‌ها از نظر مقاومت به تنش‌ها و صفات زراعی و سایر صفات مطلوب در آزمایش‌های غربال‌گری مشاهده‌ای در مقایسه با شاهد‌های A-line و B-line مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. هر B-line جدید می‌تواند با یک A-line مشخص تلاقی داده شود. هیبرید نرعیق ایجاد شده برای ۶-۷ نسل با B-line جدید تلاقی برگشتی داده می‌شوند تا زمانی که یک لاین نرعیق با ظاهر مشابه و یکسان نسبت به B-line بدست آید سپس از B-line و A-line های مربوطه می‌توان برای تولید

هیبرید آزمایشی استفاده کرد. با استفاده از این فرآیند چندین لاین خالص یا هموزیگوت که در کلکسیون جهانی وجود دارند تبدیل به A-line نر عقیم شده‌اند.

تجربه نشان داده است که در خلال فرآیند تبدیل به لاین نر عقیم، نتاج مخصوصی از A-line نر عقیمی ناقص نشان می‌دهند و باید از برنامه تلاقی برگشتی حذف شوند. بطور کلی، لاین‌های A و B در ایستگاه‌های تحقیقاتی از طریق گرده‌افشانی دستی کنترل شده با استفاده از پاکت‌ها نگهداری می‌شوند. هنگامی که مقدار زیادی از این لاین‌های نر عقیم مورد نیاز باشد تکثیر آن‌ها در شرایط ایزوله نیز امکان پذیر است.

فرآیند دیگری که برای اصلاح لاین‌های A و B نر عقیم از B-line های موجود استفاده می‌شود، تلاقی آن‌ها در یک برنامه دورگ گیری با لاین‌های حاوی صفات مکمل مطلوب (B-line ها و منابع مقاوم) در تلاقی‌های یک طرفه، دوطرفه، سه طرفه و یا چند گانه با تکنیک‌های سنتی اخته کردن و گرده‌افشانی است.

هیبریدهای F1 تولید شده به نسل F2 برده می‌شوند و تک بوته‌هایی که دارای صفات مطلوب‌اند (ارتفاع بوته کوتاه، پانیکول طویل، مقاومت به بیماریها، آفات، رنگ دانه مطلوب) انتخاب می‌شوند. این بوته‌های انتخابی با استفاده از روش کاشت خوشه به ردیف به نسل F3 برده می‌شوند.

روش مشابه دیگر، کاشت بوته به ردیف بوته‌های در حال تفکیک در جمعیت‌های دارای تلاقی تصادفی یا برنامه‌های اصلاحی ترکیبی است. در تمام این برنامه‌های تلاقی، نتاج بوته به ردیف انتخابی به صورت ظاهری ارزیابی می‌شوند و آن‌هایی که حداقل تفرق برای صفات گیاهی اصلی از قبیل ارتفاع گیاه را نشان می‌دهند مشخص می‌شوند. گرده تک بوته‌ها از گیاهان انتخابی خانواده‌های F3 (S2 در کمپوزیت) برای تلاقی با تک بوته‌های نر عقیم از یک A-line مورد استفاده قرار می‌گیرند. هیبریدهای تولید شده (تست کراس‌ها) بوسیله کاشت هیبرید و نتاج گیاه نر مربوطه در کرت‌های مجاور هم مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

هیبریدها در معرض پاکت گذاری قرار می گیرند تا مشخص شود کدام نتاج های نر، واکنش مطلوب در مورد نگهدارندگی نشان می دهند. هیبریدهایی که نر عقیمی کامل نشان می دهند با گرده های نتاج والدین نر مربوطه و مجدداً با استفاده از تک بوته های انتخابی تلاقی داده می شوند. تلاقی در سطح تک بوته در نسل های اولیه تلاقی برگشتی ضروری است زیرا والد نر هنوز هتروزیگوت است و ممکن است برای ژن مغلوب عقیمی و همچنین صفات ناخواسته تفرق نشان دهد. همچنین A-line که در این مرحله تفرق نشان می دهد نیز باید به دقت مورد ارزیابی قرار گیرد زیرا ممکن است نر عقیمی های ناقص و در بعضی موارد باروری مشاهده شوند.

یک نر عقیم خوب باید در یک دامنه از شرایط محیطی شامل فصول گرم، پایدار باشد و باید حاوی بساک های ضعیف و ناقص (ابتدایی) به همراه کلاله های باگرده پذیری بالا و طولانی مدت باشد. توصیه می شود که تک بوته های نر عقیم (A) که ارتفاع بوته و صفات پانیکول مشابهی دارند انتخاب شوند و با تک بوته های B، تلاقی برگشتی داشته باشند و نتاج مربوطه به عنوان جفت های انتخابی برای چند نسل پیش بروند.

بهترین و یکنواخت ترین جفت A/B باید حداقل شش تلاقی برگشتی را قبل از انتخاب پشت سر بگذارند. در این مرحله، دانه گرده از چندین بوته از یک والد نر (B-line) می تواند جمع شود و برای گرده افشانی هریک از گیاهان A-line نر عقیم مربوطه استفاده شوند. چون انتظار می رود که B-line به هموزیگوسیتی برسد، این امر ممکن است. بهتر است که باید در مورد مرحله مناسب برای گرده افشانی بعد از مشاهده دقیق تک بوته ها در A-line و B-line های مربوطه قضاوت کند. A-line و B-line هایی که جدیداً اصلاح شده اند باید در یک دامنه از شرایط محیطی مخصوصاً در یک دامنه از دما آزمایش شوند و پایداری عملکرد آنها باید قبل از اینکه در تولید هیبرید استفاده شوند مورد آزمایش قرار گیرند. دانه بندی مطلوب در شرایط گرده افشانی آزاد، یک معیار انتخاب مهم برای لاین های نر عقیم است.

۱۵- تلاقی نر عقیم‌ها

اصلاح و نگهداری نر عقیم‌ها و تولید بذر هیبرید آزمایشی شامل گرده‌افشانی‌های دستی فراوان بین لاین‌های نر عقیم و نر بارور است. در نواحی گرمسیر این کار هم در فصل نرمال تکثیر و هم در خارج از فصل انجام می‌شود. در نواحی که فصل برای کاشت سورگوم مناسب نیست یک مکان جایگزین باید استفاده شود. هوای ابری، مرطوب و یا بارانی در خلال گل‌دهی اجازه گرده‌افشانی دستی در مقیاس وسیع را نمی‌دهد. بنابراین کاشت خارج از فصل برای گرده‌افشانی دستی نسبت به کاشت در فصل کشت نرمال، مناسب‌تر است.

شرایط خاک با تغذیه خوب، فاصله زیاد بین بوته‌ها حفاظت مناسب گیاهان برای دستیابی به تولید بذر خوب توصیه می‌شود. والدین برای تلاقی بعد از طراحی دقیق بلوک‌های تلاقی کاشته می‌شوند. از حرکت گرده در یک مسافت طولانی در مزرعه و در نتیجه تأخیر در گرده‌افشانی باید اجتناب شود. A-line های نر عقیم و B-line های مربوط به آن‌ها به صورت جفتی در کرت‌های مجاور کاشته می‌شوند. اگرچه برای تلاقی A-line ها با R-line ها کاشت A-line ها در یک بلوک در مجاورت بلوک R-line به سادگی انجام می‌شود. اندازه کرت‌ها برای A-line ها و B-line ها باید براساس میزان بذر مورد نیاز انتخاب شود. برای A-line کرت‌های به نسبت بزرگتری استفاده می‌شود زیرا در حالت تجربی عملکردهای آن‌ها نسبت به R-line های متناظرشان کمتر است. دانش قبلی از عادت گل‌دهی والدین نر و ماده در برنامه تلاقی، مفید است. تاریخ‌های کاشت متفاوت و یا تکرار تاریخ‌های کاشت، معمولاً مورد نیاز است. در خلال دوره گل‌دهی، پانیکول‌های تک بوته‌های نر عقیم به محض اینکه گلدهی در نوک پانیکول شروع می‌شود قابل تشخیص اند. وقتی نوک پانیکول گل می‌دهد بوسیله فیچی یا موجین با دقت حذف می‌شود و سپس پانیکول با یک پاکت روغنی پوشیده می‌شود و با یک گیره بسته می‌شود. تاریخ پاکت زنی با جوهر ضد آب بر روی پاکت ثبت می‌شود. با توجه به اینکه گل‌دهی پانیکول معمولاً در طی ۳-۵ روز کامل می‌شود، پانیکول‌های مستعد برای گرده‌افشانی بدون باز کردن پاکت به راحتی مشخص می‌شوند.

همچنین پانیکول‌های والدین دارای گرده یک روز قبل از شروع گل‌دهی یا به محض شروع گل‌دهی در نوک پانیکول، پاکت زده می‌شوند. در مناطقی که ساعات صبح خنک است و یا تشکیل شب‌م قابل توجه است، گرده‌افشانی به تأخیر می‌افتد و دانه گرده به پاکت می‌چسبد که باعث ایجاد مشکل در عملیات جمع‌آوری گرده می‌شود. اگر پانیکول‌ها با پاکت پوشیده نشوند، رطوبت آن‌ها سریع‌تر تبخیر می‌شود. بنابراین ریزش گرده می‌تواند در هنگام صبح، دیرتر اتفاق بیفتد و جمع‌آوری گرده را تسهیل می‌کند. تجربه نشان می‌دهد که در حالت تلاقی آزمایشی $A \times R$ هنگامی که نسیم نوزد، دانه گرده جمع‌آوری شده از پانیکول‌های بدون پاکت ممکن است حاوی درصد زیادی از گرده‌های سرگردان نباشد.

پانیکول‌های نگهدارنده (B-line) باید قبل از گرده‌افشانی پاکت زنی شوند در غیر این صورت خلوص لاین‌های نر عقیم به خطر خواهد افتاد. در نواحی گرمسیر گرده‌افشانی به صورت نرمال از ساعت ۷:۳۰ تا ۱۰ صبح انجام می‌شود. اگرچه در هوای خنک ممکن است تا ظهر یا دیرتر ادامه پیدا کند. ریزش گرده و کاهش قدرت زنده ماندن گرده در هوای گرم و دارای نسیم، سریع‌تر است. در خلال گرده‌افشانی دانه گرده از والد نر انتخابی جمع‌آوری می‌شود. پانیکول‌هایی که در روز دوم تا چهارم گل‌دهی هستند گرده نسبتاً بیشتری می‌دهند. به منظور تسهیل در ریزش گرده به داخل پاکتی که بوته را می‌پوشاند بوته، به آرامی بوسیله نگهداشتن با دست چپ در ناحیه برگ پرچم خم می‌شود و با دست راست به پانیکول، ضربه وارد می‌شود. گیره‌های کاغذی حذف می‌شوند و پاکت به دقت از پانیکول جدا می‌شود. سپس پاکت‌ها از نظر وجود گرده زرد روشن که شاخص خوبی برای تازه بودن و قدرت زنده ماندن دانه گرده است آزمایش می‌شوند و پس از آن به منظور اجتناب از کاهش گرده در هنگام انتقال، پاکت‌ها بطور محکم تا زده می‌شوند. جمع‌آوری بساک‌ها هنگامی که مربوط به روزهای قبل از گل‌دهی باشند رضایتبخش نیست. وجود گرده زرد روشن یک شاخص خوب برای تازگی گرده است. پنجه‌های در حال گل‌دهی نیز می‌توانند برای جمع‌آوری گرده استفاده شوند. اگر والد دارای گرده، قبلاً پاکت زده نشده

باشد یک پاکت کاغذی تازه می‌تواند برای پوشیدن پانیکول انتخابی استفاده شود و سپس گرده همان گونه که

قبلاً توضیح داده شد می‌تواند جمع‌آوری شود (شکل ۱۴، ۱۵ و ۱۶).



شکل ۱۴- قراردادن پاکت بر روی یک پانیکول گرده افشان

پاکت کاغذی حاوی دانه گرده با تعیین والدین آن مشخص می‌شود و فوراً به والد ماده‌ای که می‌خواهد

گرده‌افشانی شود منتقل می‌شود. پاکت کاغذی از روی پانیکول آماده گرده‌افشانی برداشته می‌شود و پاکت حاوی

گرده بر روی پانیکول نر عقیم جایگذاری می‌شود و حاشیه‌های پاکت بطور محکم در اطراف پانیکول بسته می‌شود.



شکل ۱۵- جمع‌آوری گرده در پاکت کاغذی با ضربه زدن

سپس پاکت در اطراف پدانکل با یک دست نگه داشته می‌شود و دانه گرده اطراف پانیکول بوسیله تکان شدید

انتهای بسته پاکت به بالا و پایین با دست دیگر پمپاژ می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۶- گرده تازه جمع آوری شده (به رنگ زرد روشن)

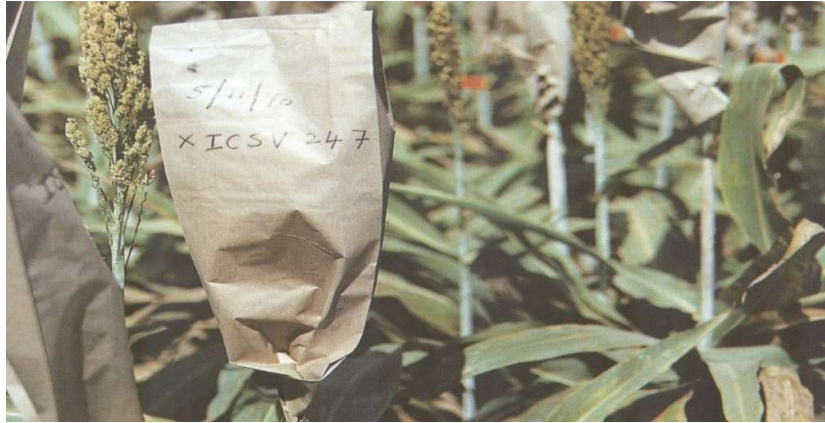


شکل ۱۷- پمپاژ گرده پس از قراردادن پاکت حاوی دانه گرده بر روی یک پانیکول نر عقیم

سپس پاکت کاغذی در قسمت پایین بطور محکم در اطراف پدانکل تازه می شود و دوباره گیره زده می شود،

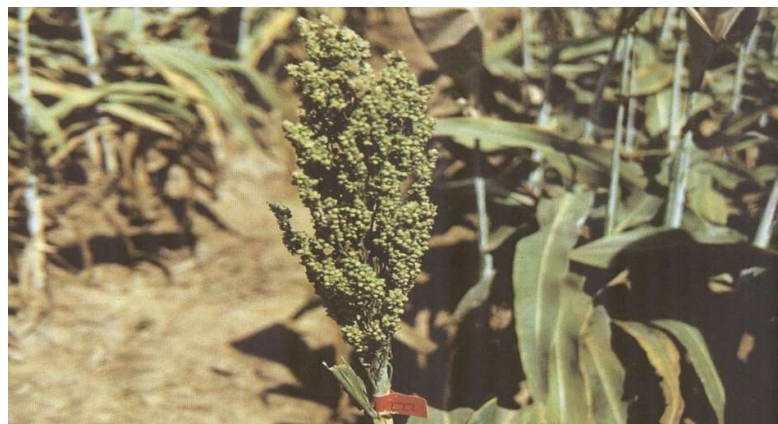
هرچند گیره زدن آن بعد از تکمیل گرده افشانی به منظور اطمینان از این که بادهای شدید و ناگهانی باعث از بین

رفتن پاکت نشود، بهتر است. روی پاکت، تاریخ گرده افشانی و والد نر نوشته می شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- یک پانیکول نر عقیم تلاقی یافته و پاکت زده شده

اگر گرده یک والد نر نادر و کمیاب باشد، گرده جمع آوری شده در یک پاکت می تواند برای گرده افشانی بیش از یک پانیکول نر عقیم استفاده شود. به این منظور پاکت کاغذی حاوی گرده با انتهای باز آن نزدیک پانیکول نر عقیم نگهداشته می شود و مقدار کمی از گرده در اثر ضربه به خارج از پاکت می ریزد که ابری از گرده ها در اطراف پانیکول ایجاد می کند. گرده باقی مانده می تواند بطور مشابه در بین تعداد بیشتری پانیکول های نر عقیم توزیع شود. پاکت کاغذی که قبلاً برای پوشاندن والد یا پانیکول نر عقیم استفاده شده بود می تواند جایگزین شود و به صورت مناسب علامت گذاری گردد. میزان موفقیت گرده افشانی دستی بوسیله باز کردن مجدد پاکت ها بعد از تقریباً ۱۰ روز کنترل می شود. توصیه می شود که پانیکول های نر عقیم تلاقی داده شده برای اطمینان از هویت (اصالت) آن ها در موقع قطع پاکت ها مجدداً برجسب بخورند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- بذر هیبرید بر روی یک پانیکول تلاقی یافته در مرحله خمیری نرم

گرده افشانی‌ها معمولاً بوسیله ۲-۳ نفر انجام می‌شود. یک نفر در جمع‌آوری و انتقال گرده کمک می‌کند، دیگری مشغول گردافشانی بر روی بوته نر عقیم است و نفر سوم به‌عنوان ناظر و سرپرست برنامه گرده افشانی را براساس پیشرفت روزانه گل‌دهی والدین در بلوک تلاقی هدایت می‌کند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- یک پانیکول نر عقیم آماده برای گرده افشانی که توسط یک تکنیسین مشخص شده و برای افشانی توسط بقیه گروه علامت‌گذاری شده است

انجام رکوردگیری از پیشرفت روزانه گرده افشانی و کنترل فراوان تلاقی با تعیین نوع تلاقی‌های انجام شده و تعداد گرده افشانی، مورد نیاز و ضروری است. بطور نرمال از هر پانیکول گرده افشانی شده ۵۰-۲۰ گرم بذر مورد انتظار است. تعداد پانیکول‌های مورد نیاز برای تلاقی می‌تواند بسته به مقدار بذر مورد نیاز و میزان موفقیت گرده افشانی در شرایط محلی تخمین زده شود.

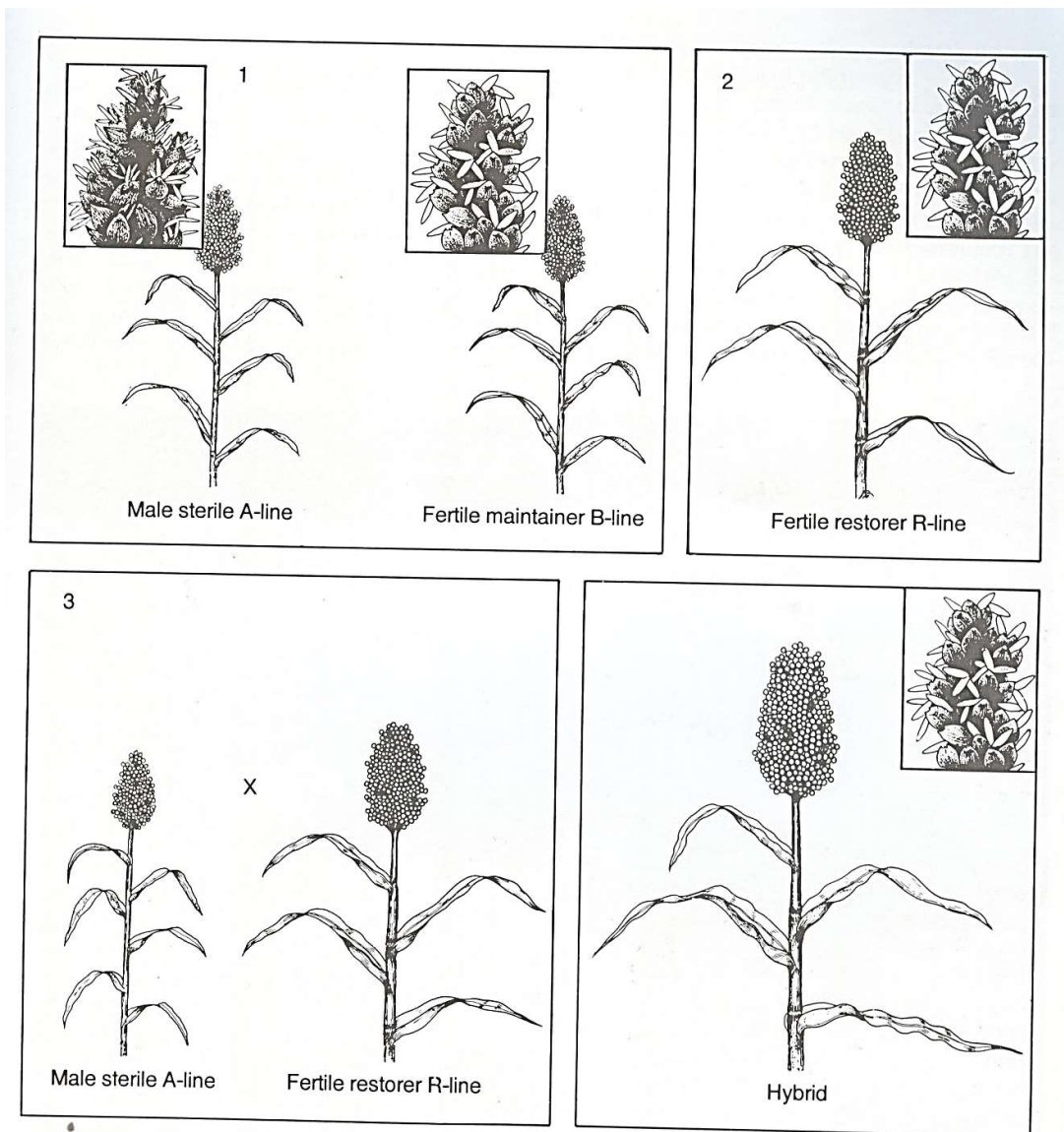
۱۶- ارزیابی هیبریدهای آزمایشی

هیبریدهای کاملاً بارور که از آزمایش‌های مشاهده‌ای (خزانه) اولیه به آزمایش‌های مقدماتی عملکرد ترویج پیدا کرده‌اند هیبریدهای آزمایشی نامیده می‌شوند. این هیبریدها در یک یا تعداد بیشتری آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی بسته به تعداد آن‌ها در کنار ارقام کشاورزان محلی و شاهد‌های اصلاح شده دیگر با استفاده از طرح‌های آماری مناسب نظیر بلوک‌های کامل تصادفی یا لاتیس ارزیابی می‌شوند. هیبریدها برای یک دامنه وسیع از صفات زراعی از قبیل واکنش به بیماری‌ها، آفات و تنش‌های غیرزنده از قبیل خشکی و سرما، کیفیت دانه و علوفه ارزیابی

می شوند. تأیید بازگرداندگی باروری مطلوب در هیبریدهای آزمایشی در چند مکان، ضروری و مهم است، زیرا تحت شرایط تکثیر بذر کشاورزان (شرایط نامطلوب) عدم وجود گرده کافی و باروری ناقص می تواند اثر منفی بر عملکرد بگذارد، مخصوصاً در شرایطی که دمای شبانه کمتر از ۱۸ درجه سانتی گراد است. هیبریدهای انتخابی به آزمایش های سازگاری پیشرفته در چند منطقه هدایت می شوند که در طی ۲-۳ سال در مناطق هدف برای تأیید برتری عملکرد آنها انجام می شوند. ۲-۳ هیبرید برتر از این آزمایش های برای تکثیر بذر و آزمایش های On-farm انتخاب می شوند. هیبریدهایی که ثابت می شود برای کشاورزان و تکثیر کنندگان بذر قابل پذیرش هستند، به منظور کشت بوسیله شرکت های قدرتمند بعد از آزمایش های دقیق، توصیه و آزادسازی می شوند.

۱۷- تولید تجاری هیبریدها

بذر والدین هیبریدها (R-line ها و A و B) و هیبریدها در مقادیر کم در ایستگاه های آزمایشی بوسیله گرده افشانی کنترل شده دستی با استفاده از پاکت های کاغذی تکثیر می شوند. وقتی مقادیر زیادی از بذر برای آزمایش های On-farm یا اهداف تجاری، مورد نیاز است هیبریدها و والدین آنها در کرت های بزرگ ایزوله شده از سایر ارقام سورگوم، تکثیر می شوند (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- سه مرحله ی اصلی در تولید بذر هیبرید سور گوم؛ ۱- تکثیر لاین نر عقیم بوسیله گرده افشانی با لاین نگهدارنده؛ ۲- تکثیر بذر لاین برگرداننده باروری از طریق سلفینگ (خود گشتی)؛ ۳- تولید بذر هیبرید بوسیله گرده افشانی لاین نر عقیم با لاین برگرداننده. بذور برداشت شده بر روی A-line بذر هیبرید است.

۱۷-۱- تکثیر بذر R-line و B-line

R-line، گلچه‌های خود گشن (دوجنسی) دارد و یک لاین خالص است. بنابراین می‌تواند به آسانی با روش

مشابه ارقام و وارته‌های خالص تکثیر شود (شکل ۲۲). مزارع تکثیر بذر R-line در ناحیه‌ای با فاصله ایزوله بیشتر

از ۲۰۰ متر نسبت به سایر ارقام سور گوم کشت می‌شود.



شکل ۲۲ - مزرعه تکثیر بذر لاین برگرداننده باروری (R-Line) (مشهد)

اگر علف هرز قیاق (*Sorghum halepense*) یا جانسون گراس یا هر سورگوم علوفه‌ای یا گراس دیگر در نزدیکی مزارع تکثیر بذر سورگوم باشد فاصله ایزولاسیون ۴۰۰ متری برای تکثیر R-line توصیه می‌شود. هر نوع بوته‌ای که در مزرعه متفاوت از تیپ واقعی R-line از نظر هر صفت اصلی (که توسط بهنژادگر مشخص شده) باشد باید ریشه کن شود یا قبل از گرده‌افشانی وجین گردد.

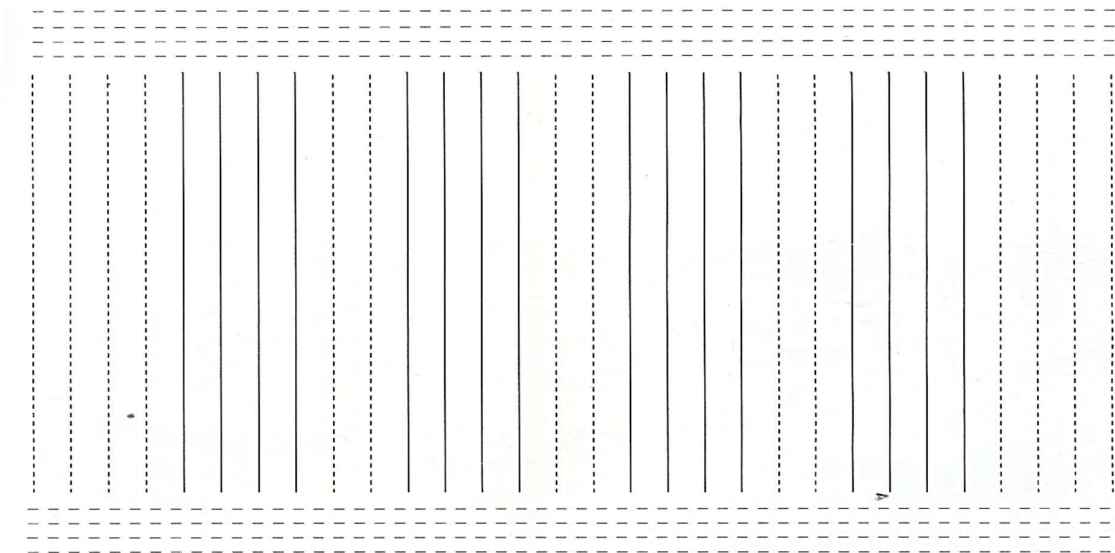
هرچند فرآیند وجین یا حذف بوته‌های خارج از تیپ بلافاصله بعد از مرحله گیاهچه شروع می‌شود اما مراحل خروج و ظهور پانیکول و مرحله تورم غلاف^۱ خیلی بحرانی هستند زیرا تشخیص بوته‌های خارج از تیپ در این مراحل آسان‌تر است. اگر به بوته‌های خارج از تیپ، اجازه گل‌دهی داده شود گرده آن‌ها با بوته‌های واقعی R-line تلاقی پیدا خواهند کرد و بذر در نسل بعدی آلوده خواهد شد. بوته‌های خارج از تیپ که در خلال تشخیص در دوره گل‌دهی باقی می‌مانند باید قبل از برداشت برای به حداقل رساندن آلودگی، حذف شوند. توصیه می‌شود

^۱ Booting

که بوته‌های با وضعیت مشکوک حذف شوند. خلوص بذر مادری خیلی مهم است زیرا کیفیت بذر هیبرید تولید شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لاین نگهدارنده یا B-line که خود بارور است می‌تواند در کرت ایزوله شبیه آنچه در مورد R-line توضیح داده شد تکثیر شود. هر چند B-line می‌تواند از کرت‌های تولید بذر A/B line که بعداً توضیح داده خواهد شد نیز تکثیر شود.

۱۷-۲- تولید بذر هیبرید (A × R)

بذر هیبرید سورگوم بوسیله پرورش A-line نر عقیم و R-line در کنار هم در یک مزرعه ایزوله تولید می‌شود و اجازه دگر کرده‌افشانی به آن‌ها داده می‌شود. فاصله ایزوله بیش از ۳۰۰ متر عموماً برای تولید بذر هیبرید توصیه می‌شود. اگرچه فاصله بیش از ۴۰۰ متر در صورت وجود علف هرز قیاق یا سورگوم‌های علفی در نزدیکی مزرعه توصیه می‌شود. تولید بذر بوسیله ایزوله زمانی (یعنی بوسیله تصحیح تاریخ کشت در مزرعه تولید بذر به گونه‌ای که همپوشانی در دوره گل‌دهی مزرعه تولید بذر و محصول مجاور وجود نداشته باشد) ممکن است در ایستگاه‌های آزمایشی تحت نظارت بهنژادگرها تجربه شود ولی در مزارع تولید تجاری بذر، ایزوله زمانی انجام نمی‌شود. فاصله بین ردیف‌های کاشت از ۹۰-۴۵ سانتی‌متر تغییر می‌کند. لاین نر عقیم (A) و برگرداننده (R) در نوارهای متناوب، معمولاً به نسبت R ۲: A ۴ یا R ۲: A ۶ یا R ۱: A ۶ بسته به تجربه محلی و یا موفقیت و قابلیت R-line در پخش گرده کشت می‌شوند. حاشیه‌های ۴ طرف مزرعه تولید بذر هیبرید با R-line (برگرداننده) به منظور اطمینان از منبع کافی گرده و همچنین محافظت مزرعه اصلی در برابر گرده‌های سرگردان کشت می‌شوند (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- طرح مزرعه برای تولید بذر هیبرید سورگوم. ۴ ردیف والد نر عقیم و ۲ ردیف لاین برگرداننده به صورت یک در میان در یک مزرعه ایزوله کشت می شود. باندهای R-line در چهار طرف مزرعه کشت می شوند. خطوط ممتد: A-line خط چین: R-line

اطلاعات قبلی در مورد عادت گل دهی دو والد در گیر در تولید بذر هیبرید مهم است زیرا تاریخهای کاشت والدین مربوطه باید به منظور گل دهی هم زمان والدین نر و ماده تصحیح شوند. انتخاب هیبریدهایی که والدین آنها گل دهی هم زمان دارند موقعی که هم زمان کشت می شوند ایده آل است زیرا تفاوت ۵ یا ۴ روزه گل دهی بین دو والد می تواند دانه بندی بر روی لاین نر عقیم را به صورت جدی تحت تاثیر قرار دهد.

اگر تفاوت والدین از نظر تعداد روز تا ۵۰٪ گل دهی بیش از سه روز باشد کاشت در تاریخهای مختلف توصیه می شود. برای مثال اگر مشخص شود که والد نر به ۶۵ روز تا ۵۰٪ گل دهی و والد ماده (A-line) به ۷۵ روز تا ۵۰٪ گل دهی نیاز دارد، باید والد نر ۱۰ روز بعد از والد ماده کاشت شود. در شرایط بارندگی این مورد ممکن است مشکل باشد. وقتی تفاوت در تعداد روزها تا ۵۰٪ گل دهی کم باشد (به عنوان مثال کمتر از ۵ روز) ممکن است کاشت ردیفهای والد نر در کرت های اصلی هم زمان با ردیفهای ماده مطلوب و مناسب باشد. در حالی که ردیفهای حاشیه ای باقیمانده ممکن است ۴-۵ روز دیرتر کشت شوند. عادت گل دهی دو والد ممکن است با

طول روزهای متفاوت و دماهای متفاوت در مکان‌ها یا فصل‌های مختلف اثر متقابل داشته باشند. بنابراین بعضی از داده‌های اولیه و مقدماتی در مورد عادت گل‌دهی والدین نر و ماده و توانایی تولید گرده از مکان‌های تولید بذر در خلال فصل مناسب قبل از تولید تجاری بذر هیبرید امری ضروری است. مراحل رشد نسبی والدین نر و ماده باید هنگامی که سن گیاه ۳-۴ هفته یا بیشتر است بسته به طول دوره رشد رویشی آنها آزمایش شود. بوته‌های ردیف‌های نر و ماده می‌توانند بطور تصادفی نمونه‌گیری شوند. به این منظور برگ‌های ساقه باید کنده شود و پریموریا و Appex به دقت مورد بازدید قرار گیرند. تفاوت در زمان تشکیل و اندازه پریمردیای پانیکول نشان دهنده تفاوت آنها در زمان ۵۰٪ گل‌دهی است (شکل ۲۴). گل‌دهی دیر در یک والد می‌تواند بوسیله کاربرد کودهای نیتروژنی نظیر اوره و سولفات آمونیوم تسریع شود. همچنین آبیاری انتخابی یک والد و آبیاری تاخیری والد دیگر به هم‌زمانی در تاریخ گل‌دهی والدین کمک خواهد کرد. دست‌ورزی و دستکاری دقیق کودهای نیتروژن و آبیاری می‌تواند به میزان زیادی هم‌زمانی گل‌دهی در والدین را که تا یک هفته باهم تفاوت دارند بهبود دهد (House, 1985).



شکل ۲۴- مقایسه توسعه گل‌آذین‌های یک نر عقیم (سمت چپ هر جفت) و لاین برگرداننده (سمت راست هر جفت) در مراحل مختلف رشد

روش‌های مدیریتی مناسب و یکنواخت در سراسر مزرعه به هم‌زمانی گل‌دهی و عملکرد خوب بذر کمک می‌کند. هدف اصلی باید هم‌زمانی مطلوب والدین نر و ماده باشد. حساسیت متفاوت والدین به حمله حشرات،

عوامل تغذیه‌ای و بیماری‌ها به میزان زیاد باعث عدم هم‌زمانی گل‌دهی می‌شود و بنابراین روش‌های به موقع حفظ نباتات نقش مهمی در تولید بذر ایفا می‌کند. عملیات مخلوط‌کشی در مزرعه تولید بذر هیبرید باید به محض شروع گل‌دهی گیاه انجام شود. علاوه بر بوته‌های خارج از تیپ، بوته‌های گرده ریز می‌توانند در A-line ایجاد مزاحمت کنند. گرده ریزها گیاهانی هستند که شبیه به بوته‌های نوع B بنظر می‌رسند و بساک‌های بارور دارند و ریزش گرده دارند (شکل ۲۵ و ۲۶).



شکل ۲۵- پانیکول نرعقیم A-line (سمت چپ هر جفت) و نر بارور B-line (سمت راست هر جفت)

این بوته‌ها تنها در مرحله گرده‌افشانی تشخیص داده می‌شوند و باید فوراً حذف شوند. بوته‌های گرده ریز از شکستن ناقص عقیمی در A-line در شرایط دمایی بالا تر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد نیز منشأ می‌گیرند.



شکل ۲۶- پانیکول نرعقیم نرمال (راست) در مقایسه با یک پانیکول گرده دهنده (چپ)

هرگونه تأخیر در تشخیص گرده ریزها و مخلوط کشی منجر به دگر گرده افشانی بوته‌های A و در نتیجه آلودگی هیبرید با بوته‌های تیپ مادری خواهد شد. بنابراین توصیه می‌شود که مخلوط کشی و حذف بوته‌های خارج از تیپ در ساعات اولیه صبح قبل از اینکه ریزش گرده اتفاق بیفتد انجام شود.

R-line ها هم باید به صورت دوره‌ای مخلوط کشی شوند. بذور هیبرید برداشت شده از والد نر عقیم (A-line)، علاقه اصلی تولید کنندگان است و بنابر این حداکثر دانه بندی روی بوته‌های لاین نر عقیم مهم‌ترین هدف است. برای دانه بندی، بهتر است که R-line نسبت به A-line بلندتر باشد، به گونه‌ای که گرده غالباً به سمت پایین پخش می‌شود و این موضوع باید در ذهن شکل بگیرد هنگامی که ترکیبات آزمایشی هیبرید ایجاد می‌شوند. پخش گرده روی A-line ها می‌تواند با حرکت بین ردیف‌های R-line و ضربه زدن آرام به پدانکل با یک چوب بهبود پیدا کند (شکل ۲۷). برای دمیدن گرده می‌توان از دستمال^۱ استفاده کرد. اگر جهت اصلی باد در خلال فصل تولید بذر مشخص باشد ردیف‌های مزرعه تولید بذر باید عمود بر جهت وزش باد کاشته شود. در ایستگاه‌های آزمایشی هنگامی که هم‌زمانی گل‌دهی ضعیف است جمع‌آوری و توده کردن گرده با دست (با استفاده از پاکت‌های کاغذی) ممکن است استفاده شود. توجه و احتیاط لازم در برابر آلودگی بذر باید در خلال برداشت مزارع تولید بذر هیبرید و بوجاری پانیکول‌های ردیف‌های A-line انجام شود. معمولاً ابتدا R-line برداشت و از مزرعه حذف می‌شود. سپس ردیف‌های A-line به دقت از نظر بوته‌های خارج از تیپ مورد بازرسی و مخلوط کشی قرار می‌گیرند و سپس برداشت می‌شوند.

¹ Back pack



شکل ۲۷- قابلیت دسترسی به گرده در مجاورت ردیف‌های نر عقیم می‌تواند بوسیله ضربه زدن به پدانکل‌های بوته‌های برگرداننده بوسیله چوب در خلال ساعات صبح بهبود پیدا کند

عملکرد بذر هیبرید (برروی A-line) به پتانسیل عملکرد A-line، درصد دانه‌بندی، شرایط محیطی بستگی دارد. در شرایط مطلوب عملکرد بذر هیبرید می‌تواند از یک تا دو تن در هکتار باشد. بذر R-line برداشت شده نمی‌توانند مجدداً به‌عنوان بذر برای تولید مجدد هیبرید ($A \times R$) مورد استفاده قرار گیرند.

۱۸- تولید بذر لاین‌های نر عقیم (A)

تولید بذر لاین‌های نر عقیم (A) در مقیاس وسیع بوسیله پرورش A-line و B-line مربوطه با همدیگر در یک مزرعه ایزوله انجام می‌شود. فاصله ایزولاسیون مورد نیاز برای مزارع تولید ($A \times B$) همان مقداری است که برای تولید هیبرید ($A \times R$) توصیه شده است یعنی بیشتر از ۳۰۰ متر. فرآیند تولید مشابه تولید هیبرید ($A \times B$) است به جز این که B-line جایگزین R-line می‌شود. نسبت ردیف‌ها به‌صورت ۲ B : ۴ A یا ۲ B : ۶ A یا ۱ B : ۶ A استفاده می‌شود (شکل ۳۰) و حاشیه‌های مزرعه بوسیله B-line کاشت می‌شود. لاین نر عقیم (A) و لاین نگهدارنده (B) تقریباً در یک زمان گل می‌دهند و بنابراین مشکل عدم هم‌زمانی گل‌دهی را ندارند (شکل ۲۸ و ۲۹). گرده‌های تولید شده بوسیله B-line ها بوته‌های نر عقیم (A) را بارور می‌کند و بنابراین بذور تولید شده مجدداً شبیه A-line خواهد شد. مراقبت‌ها و نکاتی که باید در خلال تولید $A \times B$ مورد توجه قرار گیرند

همان‌هایی هستند که در تولید بذر هیبرید ($A \times R$) توضیح داده شده‌اند. عملیات مخلوط‌کشی در مزارع تکثیر بذر A-line باید سخت‌تر و دقیق‌تر باشد زیرا بوته‌های A و B بعد از گل‌دهی، قابل تشخیص نیستند.



شکل ۲۸- مزرعه ایزوله تولید بذر A-line و B-line (ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند)



شکل ۲۹- بساک‌های پانیکول نر بارور (چپ) و نر عقیم (راست)

بوته‌های گرده‌ریز در ردیف‌های A-line باید مشخص شوند و هرروز صبح در طی گل‌دهی از مزرعه حذف

شوند. بیشترین دقت و توجه باید در برچسب‌زنی و برداشت ردیف‌های A-line و B-line انجام شود. ابتدا

ردیف‌های B-line و سپس ردیف‌های A-line برداشت می‌شوند. خلوص A-line خیلی مهم است و هرگونه خطا می‌تواند منجر به هدر رفت زمان و سرمایه در مخلوط کشتی مزارع تولید بذر هیبرید در نسل بعد شود. بدلیل اینکه A-line و B-line گل‌دهی هم‌زمان نشان می‌دهند، عملکرد بذر روی A-line در مزارع تولید بذر A/B نسبتاً بیشتر از مزارع تولید هیبرید ($A \times R$) است. بذر B-line برداشت شده از مزارع تولید A/B بسته به قوانین بذر در کشوری می‌تواند مجدداً برای نسل بعد استفاده شود.

۱۹- مراحل تولید تجاری بذر هیبرید

ارقام اصلاحی (وارته‌های لاین خالص، کمپوزیت‌ها و هیبریدها) در واقع تولیدات حاصل از تحقیق در ایستگاه‌های آزمایشی هستند. بسیاری از کشورها، فرآیندهای تکثیر، توزیع و نگهداری ارقام اصلاح شده را بهبود بخشیده‌اند. این فرآیندها شامل سه مسئولیت بزرگ است: اصلاح، تولید تجاری بذر و گواهی. معمولاً یک ایستگاه تحقیقاتی، یک رقم را بعد از در نظر گرفتن ارزش رقم جدید در مقایسه با ارقامی که قبلاً در یک ناحیه اگر واکولوژیکی خاص استفاده می‌شده‌اند برای کشاورزان آزاد می‌کند.

ایستگاه‌های تحقیقاتی مسئولیت تأمین و نگهداری بذر خالص ارقام و یا والدین هیبرید در مقادیر کم به عهده دارند. تولید و تکثیر و توزیع بذر بوسیله شرکت‌های صلاحیت‌دار بخش خصوصی یا عمومی شامل کشاورزان پیشرو و با تجربه انجام می‌شود.

تولید تجاری و توزیع بذر هیبرید به سطح بالایی از شایستگی و صلاحیت و هماهنگی و فعالیت‌های سازمان دهی شده نیاز دارد. گواهی بذر بوسیله یک شرکت مستقل که خلوص ژنتیکی و کیفیت بذر ارقام را در خلال تولید و توزیع یا فروش به کشاورز براساس استانداردهای مشخص پایش و کنترل می‌کند.

استانداردهای گواهی بذر براساس مرحله یا طبقه بذر تکثیر شده تغییر می‌کند. این طبقات شامل بذر پرورشی،

بذر مادری و بذر گواهی شده است (جدول ۱).

جدول ۱- تولید طبقات مختلف بذر سورگوم

بذر پرورسی	بذر مادری	بذر گواهی شده	
مسئول تولید	به نژادگران	موسسات دولتی، شرکت های خصوصی	پیمانکاران بذری، شرکت های خصوصی بذری، موسسات ترویجی
نقش	تکثیر برای تولید بذر مادری	تکثیر برای تولید بذر گواهی شده	تکثیر برای تولید تجاری بذر جهت کشاورزان
ژنوتیپ ها	واریته های خود گشن	واریته های خود گشن	واریته های خود گشن
	R-line	R-line	-
	B-line	B-line	-
	A-line (A × B)	A-line (A × B)	A × R-line
استانداردهای گواهی			
خارج از تیپ ها	< % ۰/۰۱	< % ۰/۰۵	< % ۰/۰۵
گرده ریزها	< % ۰/۰۵	< % ۰/۰۵	< % ۰/۰۱
خوشه های دارای بیماری	< % ۰/۰۵	< % ۰/۰۵	< % ۰/۰۱

۲۰- طبقات بذری

۱- **بذر به نژادگر:** بذری است که مستقیماً توسط سازمان یا موسسه مسئول اصلاح، ایجاد، کنترل و تولید

می شود. این بذر منبع اصلی برای تولید طبقات دیگر بذر است.

۲- **بذر پیش پایه:** تکثیر بذر به نژادگر که تحت کنترل موسسه اصلاح کننده گیاه تولید می شود (ایزوله

کوچک لاین ها)

۳- **بذر پایه:** تکثیر بذر پیش پایه می باشد (ایزوله بزرگ لاین های والدینی)

۴- **بذر گواهی شده:** از بذر پایه تولید می‌شود. این مرحله با حفظ خلوص ژنتیکی تحت کنترل نماینده

مؤسسه گواهی کننده بذر تولید می‌شود.

۲۱- استانداردهای مزرعهای سورگوم

۱- **تناوب زراعی:** حداقل سال‌هایی است که ارقام سورگوم و سودان گراس نباید در مزرعه کشت شده

باشد که برای تولید بذر پیش پایه و پایه ۲ سال و برای بذر گواهی شده ۱ سال است.

۲- **ایزولاسیون:** فاصله مزرعه سورگوم از هر منبع گرده ناخواسته که سبب عدم خلوص ژنتیکی بذر

می‌گردد و به شرح زیر است:

برای تولید بذر پیش پایه و پایه حداقل ۴۰۰ متر از ارقام و هیبریدهای دیگر سورگوم و حداقل ۵۰۰ متر فاصله

از جانسون گراس‌ها (قیاق) برای والد پدری سودان گراس

برای تولید بذر گواهی شده حداقل ۲۰۰ متر از سایر ارقام و هیبریدهای سورگوم و حداقل ۴۰۰ متر از جانسون

گراس‌ها (قیاق)

۲۲- کنترل گرده افشانی

در هنگام گرده افشانی حداکثر اختلاط مجاز بوته‌های خارج از تیپ به شرح زیر می‌باشد:

الف- در ارقام هیبرید:

- برای طبقه بذر پیش پایه ۱ بوته در ۴۰۰۰۰ بوته

- برای طبقه بذر پایه ۱ بوته در ۳۰۰۰۰ بوته

- برای طبقه بذر گواهی شده ۱ بوته در ۲۰۰۰۰ بوته

ب- در ارقام آزاد گرده افشان:

در طبقه بذر پیش پایه ۱ بوته در ۱۰۰۰۰ بوته

در طبقه بذر پایه ۱ بوته در ۵۰۰۰ بوته

در طبقه بذر گواهی شده ۱ بوته در ۲۰۰۰ بوته

۲۳- علف‌های هرز:

مزرعه تولید بذر سورگوم حداقل در مرحله گل‌دهی باید عاری از علف هرز غیر مجاز قیاق باشد

جدول ۲- استانداردهای بذری سورگوم

ردیف	عوامل	طبقات بذری		
		بذر پیش پایه	بذر پایه	بذر گواهی شده
۱	حداقل بذر خالص	۹۸ درصد	۹۸ درصد	۹۸ درصد
۲	حداکثر مواد خارجی	۲ درصد	۲ درصد	۲ درصد
۳	حداکثر بذر سایر ارقام	۰	۰	۰/۰۵ درصد
		۰	۰	۰/۰۸ درصد
۴	حداکثر بذر سایر محصولات	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۸
		۰	۰	۰
۵	حداکثر درصد بذر علفهای هرز غیر مجاز	۰	۰	۰
۶	حداقل درصد جوانه زنی	۸۰	۸۰	۸۰
۷	حداکثر درصد رطوبت	۱۲	۱۲	۱۲

۲۴- طراحی تولید تجاری بذر

تولید تجاری بذر باید با یک روش سازمان یافته انجام می‌شود. شرکت‌های تولید بذر هیبرید باید مناطق مناسب

برای تولید بذر را از طریق آزمایش‌های مقدماتی تشخیص دهند. مناطقی که از نظر بیماری‌های جدی و شدید

شبه سفیدک پودری، ارگوت، علف‌های هرز نظیر قیاق و Striga آلودگی و همه‌گیری دارند و همچنین نواحی

که از نظر بلایای طبیعی از قبیل سیل، خسارت شدید پرندگان یا تگرگ و طوفان در معرض خطر هستند باید

حذف شوند. باران‌های اضافی یا رطوبت بالا در خلال مراحل پرشدن دانه سورگوم می‌تواند باعث کپک دانه^۱، رنگ پریدگی و فرسایش و هوازگی و جوانه زنی روی خوشه قبل از برداشت شود که همه آن‌ها جوانه زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. صفاتی از قبیل تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی در والدین هیبرید، عملکرد در برابر هزینه، شرایط اقلیمی مخصوصاً در طی مراحل پرشدن دانه باید به‌هنگام انتخاب مناطق برای تولید بذر مورد توجه قرار گیرند. در صورتی که تولید خارج از فصل بذر مد نظر باشد دسترسی به امکانات و سیستم‌های آبیاری، مهم است. مقدار بذر مورد نیاز از هر طبقه بذر برای یک سال پیش رو براساس میزان تقاضا برای هیبرید تجاری باید بطور تقریبی تخمین زده شود (جدول ۳).

جدول ۳- برآورد زمین و بذر مورد نیاز برای طبقات مختلف بذر هیبرید سورگوم برای یک سال زراعی

بذر گواهی شده		بذر مادری		بذر پرورشی		
مساحت پروژه هیبرید تجاری (هکتار)	بذر مورد نیاز (تن)	مساحتی که باید کشت شود (هکتار)	بذر مورد نیاز برای تولید بذر گواهی شده (کیلوگرم)	مساحتی که باید کشت شود (هکتار)	بذر مورد نیاز برای تولید بذر مادری (کیلوگرم)	مساحتی که باید کشت شود (هکتار)
۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	A (۶۰۰۰) ×	۶	۶۰	۰/۱
			B (۴۰۰۰)	۴	۴۰	۰/۰۷
			R (۴۰۰۰)	۴	۴۰	۰/۰۷
۲۰۰۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	A (۱۲۰۰۰) ×	۱۲	۱۲۰	۰/۲
			B (۸۰۰۰)	۸	۸۰	۰/۱۴
			R (۸۰۰۰)	۸	۸۰	۰/۱۴

¹ Grain mold

نگهداری مقادیر قابل توجه بذر^۱ به عنوان اطمینان در برابر تلفات و ضایعات پیش بینی نشده، مطلوب و مناسب است. میزان پیشرفت برنامه‌های تولید بذر و وضعیت ذخایر بذری باید به صورت سالیانه در جلسات مشترک بین نمایندگان تولیدکنندگان بذر، شرکت‌های بذر مادری مؤسسات ملی بذر مورد بررسی قرار گیرد. فعالیت‌های متنوع زنجیره تکثیر بذور پرورشی، مادری و گواهی شده باید هماهنگ باشند. کنترل کیفیت چه به صورت اختیاری و چه اجباری نقش مهمی در تولید بذر هیبرید دارد. قوانین مناسب که حداقل استانداردها را برای گواهی بذر فراهم می‌کنند باید با دقت تصویب و اجرا شوند.

تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی کافی و مناسب باید برای آزمایش و گواهی بذر فراهم و تأمین گردد. هدف اصلی تولید بذر هیبرید این است که مقادیر کافی بذر با کیفیت مطلوب و دارای درصد جوانه زنی و قوه نامیه مورد تأیید و سایر استانداردهای مد نظر در دسترس کشاورزان قرار گیرد. در این زمینه، مخلوط کشتی به موقع بوسیله تولیدکنندگان بذر، مشاوران و شرکت‌های گواهی کننده بذر از اهمیت زیادی برخوردار است. آموزش مناسب تمام کارکنان فنی درگیر در فرآیندهای تولید و گواهی بذر، ضروری است. باید فهرستی از تمام صفات مورفولوژیکی قابل تشخیص از A، B و R لاین‌های درگیر در تولید بذر هیبرید در اختیار تولیدکنندگان قرار گرفته و از طریق اجرای دوره‌های جهت دار و روز مزرعه آموزش داده شوند. تجهیزات مربوط به فرآوری بذر، تسهیلات گواهی بذر باید در مناطق تکثیر بذر در دسترس باشند.

۲۵- به زراعی

سورگوم، سه مرحله رشد و نمو دارد: مرحله رویشی، مرحله زایشی و مرحله پرشدن دانه (Vandrelip, 1972). مرحله رویشی که به عنوان مرحله رشد ۱ (GS1) شناخته شده است دوره‌ای است که خروج گیاهچه، رشد ریشه و ریشه‌چه، نمو گیاهچه و استقرار گیاهچه و رشد برگ در آن اتفاق می‌افتد. مرحله زایشی به عنوان مرحله رشد ۲

¹ Carry-over

(GS2) با تمایز نقطه رشد یا مریستم انتهایی به مریستم گل مشخص می‌شود. مرحله سوم و نهایی رشد (GS3)

مرحله پرشدن دانه است و با نمو و رسیدن فیزیولوژیک دانه مشخص می‌شود.

۲۵-۱- مدیریت زراعی

مدیریت مناسب و اقتصادی تولید محصول به منظور افزایش عملکرد نیاز به شناخت کافی از رشد و نمو محصول، مدیریت خاک، آب و عملکرد، تراکم بوته، اثر محیط و روش‌های فرآوری محصول دارد. این موضوعات در بخش‌های بعدی مورد بحث قرار می‌گیرند.

۲۵-۲- انتخاب مکان کاشت

زمین انتخابی باید یکنواخت، تسطیح شده (اگر آبیاری شیاری استفاده می‌شود ضروری است) و برای اجتناب از اثر ماندابی بخوبی زهکشی شده باشد. خاک‌های رسی لومی عمیق یا شنی لومی با pH بین ۵/۵-۸/۵ که سطح pH مورد تحمل سورگوم است و با ظرفیت کافی نگهداری آب، شرایط بهینه برای رشد سورگوم را فراهم می‌کند (Dogget, 1988). سورگوم نسبت به مسمومیت آلومینیوم (AL^+) حساس است و در سطح pH کمتر از ۵/۵ عملکرد آن به شدت کاهش پیدا می‌کند. هنگامی که بارندگی محدود است، امکانات آبیاری کافی برای محافظت از گیاه مخصوصاً هنگامی که تولید بذر هیبرید به صورت خارج از فصل مدنظر است مورد نیاز است. برای اجتناب از آلودگی، زمین مورد نظر برای کشت سورگوم، نباید در طی فصل بعد زیر کشت سورگوم برود. به علاوه هنگامی که سورگوم پس از محصول سورگوم کاشت می‌شود آفات و بیماری‌ها افزایش می‌یابند. اگر استفاده از زمین‌های مذکور اجتناب ناپذیر باشد باید قبلاً به اندازه کافی آبیاری شوند بطوری که هرگونه سورگوم وحشی در خلال آماده‌سازی زمین از بین بروند. اگر زمین انتخاب شده قبلاً زیر کشت حبوبات رفته باشد ترجیح داده می‌شود به وسیله شخم گیاهان فوق به خاک بگردانده شود و برای اصلاح ماده آلی و ساختمان و حاصلخیزی

خاک به آن‌ها فرصت تجزیه داده شود. زمین باید عاری از هرگونه علف هرز به ویژه گونه‌هایی از سورگوم نظیر قیاق (*S. halepense*) باشد.

۲۵-۳- آماده سازی زمین

بستر بذر که محیط مساعدی برای جوانه زنی سریع، استقرار و رشد گیاهچه فراهم می‌کند باید به خوبی خاک ورزی شده باشد به طوری که سطح خاک نرم و عاری از کلوخه باشد. این مورد استقرار خوب گیاهچه را تضمین می‌کند. آماده سازی زمین در هنگام برداشت محصول قبلی در صورت وجود بقایای گیاهی شروع می‌شود. بعد از اولین شخم، کاه و کلش محصول قبل برای کنترل رشد مجدد با استفاده از حداقل خاک ورزی در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری به زیر خاک برده می‌شود. ریشه‌های در حال تجزیه محصول قبل، ساختمان و حاصل خیزی خاک را اصلاح می‌کند. اگر زمینی که برای چندین سال کشت نشده است انتخاب شود هرگونه بوته در آن باید حذف شود. زمین، برای حذف ریشه‌هایی که تأثیر منفی بر رشد سورگوم می‌گذارند و ممکن است برای آماده‌سازی زمین ایجاد مزاحمت کند باید شخم زده شود (Ripped and Rome Plow).

عمق شخم بسته به اندازه ریشه‌ها و شرایط مزرعه ممکن است بین ۱۵-۲۵ سانتی متر متغیر باشد. عملیات متنوعی از شخم بر اساس محل، نوع و تیپ خاک، الگوهای بارندگی، در دسترس بودن منابع، ادوات و تسهیلات برای کشاورز با استفاده از ادوات مختلف انجام می‌شود. بطور کلی از انجام عملیات خاک‌ورزی در شرایط خاک‌های مرطوب برای جلوگیری از ریسک متراکم شدن خاک باید اجتناب کرد. عملیات خاک‌ورزی هنگامی که رطوبت خاک تقریباً در حد ظرفیت زراعی است از خسارت به ساختمان خاک جلوگیری می‌کند و در برخی موارد ممکن است ساختمان خاک را اصلاح کند. هنگامی که خاک خیلی خشک است ممکن است ادوات خسارت ببینند. شخم اولین مرحله در آماده سازی بستر بذر است. در مراحل آماده سازی بستر خاک برگردانده نمی‌شود و بقایای گیاهی پوشانده می‌شوند. ادوات استفاده شده در این مرحله عبارتند از دیسک یا Moldboard بطور کلی

شخم بسته به شرایط خاک باید در عمق ۲۰-۱۵ سانتی متر انجام شود. بطور معمول در مزارع آیش محصولات دانه ریز و حاوی کاه و کلش ذرت استفاده می شود. هنگامی که خاک به اندازه کافی مرطوب است اما نه آنقدر که قطعات خاک به سطح گاو آهن بچسبد و شخم به راحتی انجام می شود از این ادوات استفاده می شود. در خاک های خشک و سخت دیسک بخوبی انجام می شود. کلوخه های خاک بزرگ تر بوسیله عملیات دیسک خرد می شوند. هرس یا کلوخ شکن ها و دیسک های مقعر، ادوات خاک ورزی عمومی هستند. در شرایط خاک ورزی مطلوب، بستر خوب بوسیله دیسک به تنهایی آماده می شود. شخم اضافه باعث کاهش اندازه کلوخه های باقیمانده پس از دیسک می شود و تا اندازه ای علف های هرز را کنترل می کند. اگر شکستن و خرد کردن کلوخه ها آسان امکانات آبیاری نباشد و فراهم باشد یک آبیاری سبک پیشنهاد می شود و عملیات آماده سازی بستر بذر تکرار می شود. زیرشکن ها برای شکستن لایه های سخت و فشرده استفاده می شوند، این ادوات میزان نفوذ آب را اصلاح می کند و به ریشه ها اجازه نفوذ عمقی به خاک را می دهد. این موضوع ذخایر بیشتری از آب و عناصر غذایی به همراه تهویه مناسب و افزایش فعالیت باکتریایی را برای محصول فراهم می کند. هنگامی که خاک در عمق ۲۰-۱۵ سانتی متری خرد (پودر) می شود ظرفیت نگهداری رطوبت خاک افزایش می یابد و جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه افزایش می یابد هر چند رشد علف هرز هم بطور همزمان ممکن است افزایش یابد. در روش کشاورزی سنتی، روش بدون شخم یا شخم حداقل استفاده می شود. سیستم بدون شخم سیستمی است که بذر در بستر بدون شخم و آماده سازی کاشت می شود. در این روش آماده سازی بستر بذر قبل از کاشت انجام نمی شود. در روش شخم حداقل (حداقل خاکورزی) فراوانی استفاده از ابزار و ادواتی نظیر گاو آهن و دیسک و ... حداقل می شود. در مناطقی که این ادوات در دسترس نیستند ادوات توسط گاو نر کشیده می شوند و عموماً برای آماده سازی بستر بذر استفاده می شوند.

۲۵-۴- مدیریت آب و خاک

سورگوم در هر دو شرایط دیم و آبی کشت می‌شود. در کشورهای توسعه یافته که اندازه مزارع بزرگ و وسیع است کشت مکانیزه انجام می‌شود. در حالتی که اندازه مزارع کوچک است کشت دستی یا با استفاده از حیوانات انجام می‌شود. در هر دو حالت، انتخاب دقیق مزرعه و آماده‌سازی مناسب بستر بذر برای دستیابی به عملکردهای دانه و علوفه قابل قبول، ضروری است.

۲۶- آبیاری

بعضی از مهمترین عواملی که نوع آبیاری را مشخص می‌کنند عبارتند از:

- (۱) اقلیم؛ (۲) دسترسی به آب و هزینه؛ (۳) توپوگرافی مزرعه (پستی و بلندی)؛ (۴) خصوصیات فیزیکی خاک؛
 - (۵) کیفیت آب شامل شوری؛ (۶) امکانات زهکشی
- هر روش آبیاری که استفاده شود، مقدار کافی آب در زمان مناسب برای تأمین نیاز تبخیر و تعرق گیاه که بسته به عوامل محیطی (دما و رطوبت) و ژنوتیپ حدود ۷۰۰-۳۰۰ میلی‌متر تخمین زده می‌شود باید در اختیار گیاه قرار گیرد (Dogget, 1988). بیشترین مقدار آب مورد نیاز سورگوم در خلال گل‌دهی است. آبیاری شیاری مرسوم‌ترین سیستم برای محصولات ردیفی از جمله سورگوم است. آب در فاروها بوسیله سیفون و لوله‌های شیردار تحویل داده می‌شود. اگر نفوذ آب پایین باشد فاروها باید با استفاده از خاکریزهای کوچک به نهرهای کوتاه تقسیم شود تا نفوذ آب بهبود پیدا کند. آبیاری شیاری در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای و بارانی نسبتاً ارزان‌تر است. آبیاری شیاری برای هر نوع مزرعه تکثیر بذری توصیه می‌شود. آبیاری بارانی در مکان‌هایی که آبیاری شیاری غیر عملی است مانند زمین‌های شیبدار، مناطق با خاک با قابلیت نفوذپذیری کم یا زیاد و مناطقی که هزینه آب زیاد است توصیه می‌شود. یک روش بهبود یافته استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای است که خاک

بدون ایجاد روان آب خیس می‌شود. این روش سودمندترین روش آبیاری از نظر کارایی مصرف آب است و محدودیت‌های اصلی این روش، هزینه‌های اولیه و نصب آن است.

۲۷- مدیریت حاصلخیزی

نوع و میزان عناصر غذایی مورد نیاز بوسیله گیاه سورگوم بستگی به عوامل زیادی دارد که مهمترین آن‌ها در زیر آمده است:

۱- **ژنوتیپ:** به‌طور کلی واکنش عملکرد دانه واریته‌های سنتی دیررس و پابلند در مقایسه با واریته‌های زودرس و پاکوتاه نسبت به کوددهی، کمتر است.

۲- **وضعیت اولیه حاصلخیزی خاک:** زمین‌هایی که قبلاً با محصولات لگومینوز کشت شده‌اند نسبت به زمین‌های آیش یا زمین‌هایی که زیر کشت غلات بوده‌اند به کود نیتروژنه نسبتاً کمتری نیاز دارند.

۳- **تیپ خاک:** خاک‌های شنی با بافت سبک که رس و ماده آلی کمی دارند و به فسفر بیشتری نیاز دارند در مقایسه با خاک‌هایی با بافت نرم که حاوی ماده آلی بیشتری هستند برای محافظت گیاه نسبتاً فقیرترند.

۴- **اسیدیته خاک:** سورگوم به سطوح pH خاک کمتر از ۵/۵ حساس است. خاک‌های اسیدی می‌توانند با مواد آهکی (سنگ آهک نرم، سنگ آهک دولومیتی، آهک مرده و اکسید کلسیم) که قادر به کاهش اسیدیته هستند تیمار شوند. این مواد منابعی از کلسیم، منیزیم و آلومینیوم قابل تبادل، آهن و منگنز را برای گیاه فراهم می‌کنند. هنگامی که لازم است آهک با خاک مخلوط شود، این عملیات باید در فواصل ۴-۵ سال تکرار شود. مطالعات متعددی در جنوب نیجریه اثرات سودمند آهک دهی را به خاک‌های اسیدی نشان داد البته گزارش شد که این عملیات هزینه‌بر است (Maduakor, 1991). خاک‌های شور و قلیایی می‌توانند هم با گچ و هم با آبشویی توسط آب با کیفیت تیمار شوند.

۵- **رطوبت:** رطوبت کافی در خاک برای واکنش به کود، مورد نیاز است.

۶- **تراکم بوته:** مقدار ماده معدنی مورد نیاز گیاه با افزایش تراکم بوته افزایش می‌یابد زیرا گیاهان بیشتری

برای عناصر غذایی در دسترس رقابت می‌کنند.

۲۸- کودهای عمده مورد نیاز

سورگوم به مواد غذایی به ویژه ازت نیاز بسیار زیادی دارد. نیاز سورگوم به عناصر پرمصرف ازت، فسفر و پتاسیم به هدف کاشت آن بستگی دارد. سورگوم برای تولید یک تن بیوماس (توده زنده) حدود ۳۰-۲۴ کیلوگرم ازت، ۱۵-۱۰ کیلوگرم فسفر و ۸-۱۰ کیلوگرم پتاسیم از خاک جذب می‌کند. این محصول برای تولید یک تن دانه به ۱۴-۱۸ کیلوگرم ازت، ۸-۶ کیلوگرم پتاس و ۳-۳/۵ کیلوگرم فسفر نیاز دارد. برای یک تن ماده خشک سورگوم علفه‌ای، تقریباً مقادیر ۲۸ کیلوگرم ازت، ۳/۵ کیلوگرم فسفر، ۲۰ کیلوگرم پتاس، ۲/۵ کیلوگرم گوگرد، ۳ کیلوگرم کلسیم، ۳ کیلوگرم منیزیم و ۳۰۰ گرم سولفات روی را از خاک خارج می‌شود. با توجه به پتانسیل تولید سورگوم در هر منطقه و نتیجه آزمون خاک، قبل از کاشت گیاه می‌توان کود مورد نیاز آن را تعیین و به خاک اضافه نمود. میزان کود شیمیایی سورگوم علفه‌ای بسته به حاصلخیزی خاک و تعداد چین برداری تغییر می‌کند. بالاترین میزان جذب ازت در مرحله رشد سریع سورگوم یعنی ۲۵ تا ۳۵ روز بعد از ظهور گیاهچه صورت می‌گیرد. ازت تا شروع گل‌دهی به طور فعال مصرف می‌شود. علاوه بر آن سورگوم از همان روزهای اول رشد، شروع به مصرف مقدار زیادی فسفر کرده و تا زمان ظهور خوشه در حدود ۵۰ درصد مجموع فسفر خاک را جذب می‌نماید. الگوی جذب پتاسیم در سورگوم در تمام دوره رشد نسبت به عناصر دیگر یکنواخت تر است. به منظور کسب عملکرد مطلوب پیشنهاد می‌شود قبل از کاشت و در فصل پاییز، کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۵۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین اضافه شود و همزمان با کاشت نیز کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردد. سپس در مرحله‌ای که ارتفاع بوته‌ها به ۴۰-۳۵ سانتی‌متر می‌رسد، مجدداً ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌عنوان سرک به زمین اضافه می‌شود. سایر عناصر ضروری شامل ریزمغذی‌های آهن، روی، بور بر

اساس آزمون خاک و گیاه به خاک اضافه می‌شوند. برای دستیابی به بهترین نتایج، ترکیبات کودی نظیر NPK (15:15:15) که شامل سه عنصر اصلی است یا فسفات آمونیوم (28:28:0) و دی آمونیوم فسفات (18:46:0) اگر مقدار کافی پتاسیم در خاک وجود داشته باشد باید قبل از کاشت با خاک مخلوط شوند. مقدار مورد نیاز کود برای تامین نیاز گیاهان براساس نسبت عناصر غذایی در فرمولاسیون کود و میزان عناصر در دسترس موجود در خاک است. کود سرک نیتروژن با هر کود نیتروژنه‌ای (مثل اوره، نترات آمونیوم کلسیم^۱ باید سه هفته بعد از کاشت انجام شود. نوار کود باید تقریباً ۵ سانتی‌متر با گیاه فاصله داشته باشد و در عمق ۵-۲ سانتی‌متر در فاروها ایجاد شود و به منظور اجتناب از هرگونه تلفات از طریق تبخیر پوشانده می‌شود. تماس مستقیم کود با گیاه باعث سوختگی بافت گیاه می‌شود. کود باید هنگامی استفاده شود که رطوبت خاک به اندازه کافی باشد تا عناصر غذایی در محلول خاک حل شوند و بوسیله گیاه جذب شوند. استفاده بیشتر از اوره (46:0:0) می‌تواند باعث مشکل اسیدی شدن خاک گردد. بنابر این استفاده از نترات آمونیوم کلسیم (26: 0: 0) به صورت سرک توصیه می‌شود تا باعث مشکل اسیدی شدن خاک نشود و همچنین کلسیم را برای گیاه تأمین کند. در طی تولید بذر، لازم است که هم والد نر و هم والد ماده گل‌دهی هم‌زمان داشته باشند تا دانه بندی و هم‌زمانی بدست آید. اگر مشاهده شود که یکی از والدین نسبت به دیگری تأخیر دارد استفاده از مقدار اضافی اوره، نترات آمونیوم کلسیم یا هر کود نیتروژنه‌ای می‌تواند در ردیف‌های والد با گل‌دهی کند تر باعث تسریع در گل‌دهی آن شود (House, 1985). باید توجه شود که مقدار اضافی نباید خیلی زیاد باشد زیرا ممکن است باعث تأخیر در گل‌دهی شود.

۲۹- عناصر معدنی

شانزده عنصر معدنی ضروری برای گیاه وجود دارد: کربن، هیدروژن، اکسیژن (که از هوا، خاک و آب تأمین می‌شوند)، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیوم، گوگرد، آهن، روی، منگنز، مس، بور، مولیبدن و کلر که

¹ CAN

بوسیله خاک یا از طریق کاربرد کودهای آلی و غیر آلی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند. بور، کلر، مس، آهن، منگنز، مولیبدن و روی عناصر ریز مغذی یا نادر نام دارند زیرا این عناصر در مقادیر کم مورد نیاز گیاه هستند. این عناصر ریز مغذی معمولاً در خاک به مقدار کافی وجود دارند. اگرچه یک کمبود از هر کدام از این عناصر ممکن است باعث غیر قابل دسترس شدن یا عدم تعادل سایر عناصر شوند. برای رشد بهینه گیاه، محصول به مقدار بهینه از این عناصر، مخصوصاً سه عنصر اولیه نیاز دارند که این عناصر در خاک‌های نواحی نیمه خشک که سورگوم به میزان زیاد کشت و کار می‌شود کمتر یافت می‌شوند و خاک این مناطق فاقد این عناصر است. در هنگام ارزیابی علائم ناشی از بیماری و آلودگی با حشرات و خسارت شیمیایی باید دقت شود زیرا این علائم می‌تواند با علائم کمبود عناصر غذایی اشتباه شوند. عناصر ریز مغذی بطور کلی بوسیله محلول‌پاشی برگی بکار برده می‌شوند.

۳۰- کاشت و تراکم بوته

تراکم بوته به‌عنوان تعداد گیاه (بوته) در واحد سطح تعریف می‌شود که فضای در دسترس برای هر گیاه را مشخص می‌کند. فضای بهینه گیاه (بوته) براساس رقم، الگوهای بارندگی، تیپ و نوع خاک و حاصلخیزی خاک تغییر می‌کند. میزان بذر مصرفی ارقام مختلف سورگوم با توجه به وزن هزار دانه، بنیه یا قدرت رویش (ویگور) و قوه نامیه متفاوت است. به‌طور کلی میزان بذر ارقام موجود با حداقل قوه نامیه ۸۵٪ با توجه به کلیه جوانب کشت و کار بین ۱۵-۱۲ کیلوگرم در هکتار است. اما با توجه به حجم این گیاه، بهتر است میزان تراکم کاشت بر اساس تعداد بوته در هکتار منظور شود. مناسب‌ترین تراکم کاشت ارقام موجود در شرایط آبی بین ۲۰۰-۱۲۰ هزار بوته در هکتار و در شرایط دیم، بسته به میزان بارندگی تراکم کاشت آن‌ها بین ۱۰۰-۷۰ هزار بوته در هکتار متغیر است. کشت آن به‌صورت ردیفی انجام می‌شود که فاصله ردیف‌ها از همدیگر ۷۵-۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد.



شکل ۳۰- مزرعه تولید بذر هیبرید اسپیدفید (شش ردیف A line و یک ردیف R line)

۳۱- آفات مهم سورگوم

گیاه سورگوم به تعدادی از آفات و بیماری‌ها که عملکرد و کیفیت را تحت تأثیر قرار می‌دهند حساس است. بذر برداشت شده ممکن است بوسیله چندین آفت انباری آلوده شود که قدرت زنده ماندن آن را به صورت منفی تحت تأثیر قرار می‌دهند. کنترل کافی و به موقع این آفات برای تولید موفق بذر هیبرید، ضروری است. از جمله آفاتی که بر روی محصول سورگوم فعالیت نموده و بر روی آن خسارت‌زا می‌باشند می‌توان به مگس میج (Midge)، کرم طوقه‌بر (اگروتیس) و در زمان رشد رویشی کرم برگ‌خوار (کاردینا) اشاره نمود. از دیگر آفات مهم می‌توان به شته‌ها و نمونه‌هایی از سن با نام Chinch bug با نام علمی *Leucoperus blissus* و Stink bug با نام علمی *Nezara viridula* و نیز پرنده‌گان به‌ویژه گنجشک اشاره نمود.

۳۱-۱- مگس میج (Midge)

مگس سورگوم (*Contarinia sorghicola*) پتانسیل این را دارد که یکی از مهم‌ترین آفات سورگوم در بسیاری از مناطق باشد. مگس بالغ ریز، ظریف و نارنجی‌رنگ است.



شکل ۳۱- مگس میج (Midge) و آثار خسارت آن روی پانیکول سورگوم

حشره ماده بالغ در زمان گرده افشانی درون گل‌های سورگوم تخم گذاری می‌کند. لاروها کرم‌های نارنجی رنگی هستند که از بذور رشد یافته تغذیه کرده و درون گل‌ها به شفیره تبدیل می‌شوند و نهایتاً از درون گلچه‌ها بیرون می‌خزند؛ که در این مرحله گلچه‌ها ظاهر آفت زده و پژمرده دارند (شکل ۳۱). چرخه کامل زندگی آن‌ها کمتر از ۱۴ روز می‌باشد.

۳۱-۲- پرنده‌گان

چندین نوع پرنده از جمله سارها و گنجشک‌ها می‌توانند در زمان خمیری سفت تا مرحله رسیدگی دانه به پانیکول‌ها حمله کرده و از دانه‌ها تغذیه کنند. پرنده‌گان کل دانه را مورد مصرف قرار می‌دهند و گاهی دانه‌ها را شکسته و نیمی از آن را روی پانیکول باقی می‌گذارند (شکل ۳۲). این خسارت به سادگی به واسطه آثار خوردگی و شکستگی دانه‌ها و رنگ سفید آندوسپرم بذور قابل تشخیص می‌باشد. همچنین آثار فضولات و اجزای پر آن‌ها بر روی پانیکول‌های مورد تهاجم به تشخیص کمک می‌کند. خطر حمله پرنده‌گان به مزارعی که با تأخیر کشت شده‌اند و مرحله رسیدن دانه‌ها در پاییز انجام می‌شود، بیشتر است. لذا کاشت به موقع می‌تواند کمک خوبی در گریز از خسارت بالا محسوب شود. هیچ روش منطقی برای مبارزه شیمیائی با حمله پرنده‌گان پیشنهاد نمی‌شود. برداشت به موقع در کاهش پتانسیل خسارت پرنده‌گان مؤثر خواهد بود.



شکل ۳۲- آثار خسارت پرندگان به پانیکول سورگوم

سورگوم پتانسیل بالایی در برابر تنشهای اقلیمی دارد. از این رو توسعه کاشت آن در مناطق قابل کاشت در کشور اجتناب ناپذیر است. عایرغم ظرفیت موجود، در زمینه مقاومت ارقام مختلف به آفات و بیماری های گیاهی در کشور گزارشات نادری وجود دارد. رقم بهشت در برابر بیماری های لکه برگ (خزاعی و همکاران ۱۳۹۸) و رقم فومن به برخی بیماری های شایع این محصول مقاوم گزارش شده است (خزائی و همکاران ۱۴۰۰).

۳۲ - برداشت و بوجاری

هنگامی که تشکیل لایه سیاه‌رنگ در دانه سورگوم کامل می‌شود، در واقع زمان رسیدگی فیزیولوژیکی بذر است. در این مرحله محتوای رطوبتی بذر تقریباً ۳۰٪ است. مرحله رسیدن بذر در زمان برداشت خیلی مهم است زیرا بر روی کیفیت فیزیکی بذر، فرآوری مورد نیاز، قابلیت انبارداری، قابلیت جوانه‌زنی و استقرار و قدرت رشد گیاهچه تأثیر می‌گذارد. بطور کلی برداشت زمانی انجام می‌شود که محتوای رطوبتی بذر کمتر از ۱۳٪ باشد. پانیکول‌های سورگوم باید در آفتاب و یا در هوای گرم که دمای آن از ۴۵ درجه سانتی‌گراد افزایش نیابد تا زمان کاهش محتوای رطوبت بذر به تقریباً ۱۱٪ خشک شوند. برداشت، بسته به امکانات و منابع در دسترس با دست یا با استفاده از کمباین انجام می‌شود. هنگام برداشت با کمباین، دستگاه باید بخوبی و بطور مناسب تمیز شود تا هرگونه آلودگی با بذرهای بیگانه حذف شود. جهت انجام بوجاری بذر از دستگاه‌های مکانیزه بوجاری موجود (شکل ۳۳) استفاده می‌شود، در این خصوص از الک‌های با سایز ۲ یا ۲/۲ توصیه می‌شود. پس از بوجاری و

ضد عفونی بذور با استفاده از قارچ کش های مایع از قبیل کاربوکسین تیرام، عملیات بسته بندی بذور در پاکت های ۲۵ کیلو گرمی استاندارد و سردوزی انجام می گردد (شکل ۳۴).



شکل ۳۳- عملیات بوجاری سورگوم



شکل ۳۴- پاکت های استاندارد سورگوم

منابع مورد استفاده

خزائی، ع.، فومن، ع.، رهجو، و.، و ف، گل زردی. ۱۳۹۸. زراعت و مشخصات ارقام معرفی شده

سورگوم. نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۲ صفحه.

خزاعی، ع.، فومن، ع.، گل زردی، ف.، شیری، م.ر.، رهجو، و. آذری نصرآباد، ع. و

همکاران. فومن، رقم زودرس و متحمل به خشکی سورگوم دانه ای، مناسب برای کشت در مناطق مختلف

کشور. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام. ۲: ۵۱-۵۸

فومن، ع.، قنادها، م.ر.، مقدم، ع. ۱۳۸۲. ارزیابی ترکیب پذیری لاین های سورگوم جهت تولید ارقام هیبرید.

انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ج ۱۹، ش ۲، ص ۱۵۴-۱۳۷.

رضائی، م. و حیدری، ش. ۱۳۹۷. کارایی ورمی کمپوست در کی ترل کنه تارتن دو لکه ای *Tetranychus*

urticae Koch (Acari: Tetranychidae). فصلنامه علمی پژوهشی زیست شناسی جانوری. ۱۱: ۹-۱۵.

نصرتی، ت.، جهانی، م. و میرزائی، م.ر. ۱۳۹۴. گزارش قارچ *Nigrospora oryzae* عامل بیماری

لکه برگی سورگوم از استان خراسان جنوبی. دومین همایش یافته های نوین در محیط زیست و اکوسیستم های

کشاورزی.

بصیری، غ. ۱۳۸۷. آفات گل آذین سورگوم. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور.

Adesiyun, A.A., and Ajayi, O. 1978. Control of the sorghum stem borer, *Busseola fusca* Fuller by partial burning of the stalks. *Tropical Pest Management* 26(2):113-117.

Blum, A. 1977. Basis of heterosis in the differentiating sorghum panicle. *Crop Science* 17:880-882.

Conner, A.B., and Karper, R.E. 1927. Hybrid vigor in sorghum. Texas Agricultural Experiment Station Bulletin no. 359. College Station, Texas, USA: Texas A&M University.

Crook, W.J., Casady, A.J., and Campbell, L.G. 1972. Scissor emasculation of sorghum. *Crop Science* (12): 709-710.

Dogget, H. 1969. Yields of hybrid sorghums. *Experimental Agriculture*, 5:1.

Dogget, H. 1988. Sorghum(2nd). Longman. Scientific Technical. England.

FAO. 2021. FAO data based [online]. Available at, <http://faostat.fao.org>.

- Frederiksen, R.A. (Ed.). 1986.** Compendium of sorghum diseases. St. Paul, Minnesota, USA: American Phytopathological Society.
- Grundon, N.J., Edwards, D.G., Takkar, P.N., Asher, C.J., and Clark, R.B. 1987.** Nutritional disorders of grain sorghum. ACIAR Monograph No. 2. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Harris, K.M., and Nwanze, K.F. 1992.** *Busseola fusca* (Fuller), the African maize stalk borer: a handbook of information. Information Bulletin no. 33. Patancheru, A.P. 502324, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics and Wallingford, UK: CAB International.
- House, L.R. 1985.** A guide to sorghum breeding. 2nd edn. Patancheru, A.P. 502324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 1990.** Page 108, *in*: West African Programs Annual Report 1989. B.P. 12404, Niamey, Niger: ICRISAT Sahelian Center.
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 1991.** Page 105 *in* West African Programs Annual Report 1990. B.P. 12404, Niamey, Niger: ICRISAT Sahelian Center.
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 1992.** A report on the West African Sorghum Hybrid Adaptation Trials (WASHAT)- 1991. Program Report. PMB 3491, Kano, Nigeria: ICRISAT- WASIP.
- Maduakor, H.O. 1991.** Efficient fertilizer use for increased crop production: the humid Nigeria experience. Pages 165-179 *in* Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa (Mokwunye, A.V., ed.). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Quinby, J.R. 1974.** Sorghum improvement and the genetics of growth. College Station, Texas, USA: Texas A&M University Press.
- Ramaiah, K.V., Parker, C., Vasudeva Rao, M.J., and Musselman, L.J. 1983.** *Striga* identification and control handbook. Information Bulletin no. 15. Patancheru, A. P. 502324, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Rao, N.G.P. 1982.** Transforming traditional sorghum in India. Pages 39-59 *in* Sorghum in the Eighties: proceedings of the International Symposium on sorghum, 2-7 Nov 1981, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

- Schertz, K.F., and Clark, L.E. 1967.** Controlling dehiscence with plastic bags for hand crosses in sorghum. *Crop Science* 7: 540.
- Schertz., K.F., and Pring, D.R. 1982.** Cytoplasmic sterility systems in sorghum. Pages 373-383 *in* sorghum in the Eighties: proceedings of the International Symposium on sorghum, 2-7 Nov 1981, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502 324, India: Internatinal Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Stephens, J.c., and Holland, R.F. 1954.** Cytoplasmic male sterility for hybrid sorghum seed production, *Agronomy Journal* 46: 20-23.
- Stephens, J.C., and Quinby, J.R. 1933.** Bulk emasculation of sorghum flowers. *Journal of the American Society of Agronomy* 25:233-234.
- Teetes, G.L., Seshu Reddy, K.V., Leuschner, K., and House, L.R. 1983.** Insect identification handbook of sorghum. Information Bulletin no. 12. Patancheru, A.P. 502 324, India: Internatinal Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Thakur, M. and A.D. Sharma, 2005.** Salt stress and phytohormone (ABA) Induced changes in germination, sugars and anzymes of carbohydrate metabolism in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. *J. Agri. Social Sci.* 1:89 – 93.
- Vanderlip, R.L. 1972.** How a sorghum plant develops. Cooperative Extension Service, Kansas State University. Contribution no. 1203. Manhattan, Kansas, USA: Kansas Agricultural Experiment Ststion.
- Williams, R.J., Frederiksen, R.A., and Girard, J.C. 1978.** Sorghum and pearl millet disease identification handbook. Information Bulletin no. 2. Patancheru, A.P. 502 324, India: Internatinal Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.