

## سیستم‌های اصلاحی گراس‌های دگرگشن چندساله

فرحزاکاظمی

### پیشگفتار

زمینهای مرتعی مرغوب تنها بخش ناچیزی از سطح کره زمین را تشکیل می‌دهند. جمعیت روزافزون کره زمین و افزایش سطح توقع و مصرف سرانه مواد غذایی افراد بشر از لحاظ کمی و کیفی زنگ خطر را به صدا درآورده است. ترس ناشی از فرضیه مالتوس که حاکی از سرنوشت محکوم به مرگ بسیاری از ابناء بشر در اثر قحطی و گرسنگی است هنوز از خاطره‌ها نرفته است. روند روبه رشد جمعیت به ویژه در کشورهای آسیایی این نگرانیها را دوچندان کرده است. یکی از راههای چاره، استفاده از علم اصلاح نباتات جهت افزایش تولید در واحد سطح است و این ضرورت، وقایعی چون انقلاب سبز در مکزیک و تحول نیشکر را در هندوستان و... را بوجود آورده است. گیاهان مرتعی و علوفه‌ای نیز از این قاعده مستثنی نبوده و توان بالقوه ژنتیکی بسیار زیادی دارند که می‌تواند در جهت افزایش تولید از لحاظ کمی و کیفی به کار گرفته شود. در زمینه گیاهان مرتعی برخلاف گیاهان زراعی، هنوز در بسیاری از کشورها از توانمندی دانش ژنتیک و اصلاح نباتات در جهت بکارگیری منابع ژنتیکی موجود به منظور بهبود اوضاع مراتع و جنگلها استفاده شایان توجهی بعمل نیامده است. اولین نمود این عدم توجه به علم اصلاح نباتات، کمبود منابع اطلاعاتی - چه به زبان فارسی و چه به زبانهای بیگانه - است که به سهم خود موجب کاهش انگیزه در به‌نژادگران و محققان می‌گردد. نوشته حاضر ترجمه مقاله *Breeding systems for cross-pollinated perennial grasses* می‌باشد که قدمی، هرچند کوچک در ارائه زمینه‌های بکارگیری منابع ژنتیکی در افزایش تولید گیاهان علوفه‌ای و مرتعی است.

## مقدمه

موضوعهای این مقاله شرح و یا به طور دقیقتر ارزیابی روشهای اصلاحی است که به طور گسترده‌ای در گراسهای مرتعی دگرگشن چندساله مورد استفاده واقع می‌شوند. مقاله‌ها و بخشهایی از کتابهایی که در مورد اصلاح گیاهان مرتعی یا گراسها نوشته شده‌اند (Asay و همکاران ۱۹۷۹؛ Poehlman ۱۹۸۷؛ Sleper ۱۹۸۷؛ Wilkins ۱۹۹۱) از نظر ژنتیک کمی فاقد تجزیه و تحلیل دقیق، مزایا و معایب نسبی روشهای مختلف اصلاح بوده‌اند. اطلاعات در مورد مقایسه روشهای مناسب اصلاح گیاهان خودگشن به اندازه کافی وجود دارد (Fehr، ۱۹۸۷؛ Empig و همکاران، ۱۹۷۲؛ Hallauer و Miranda ۱۹۸۱؛ Nyquist ۱۹۹۱)، اما این اطلاعات درباره گیاهان یکساله دانه‌ای است. علاوه بر نقد روشهای اصلاحی رایج، یک نظام اصلاحی جدید نیز که در حال ارزشیابی است شرح داده خواهد شد.

اهداف و دستاوردهای اصلاحی در مورد افزایش عملکرد، کیفیت علوفه، مقاومت در برابر بیماریها و سایر ویژگیها در سابق مورد بحث قرار گرفته‌اند (Asay و همکاران ۱۹۷۹؛ Poehlman ۱۹۸۷؛ Sleper ۱۹۸۷؛ Barker و ۱۹۸۹؛ Kalton؛ Burton ۱۹۸۹a؛ Meyer و Funk ۱۹۸۹؛ Vogel و همکاران ۱۹۸۹). تکنیکهای ویژه اصلاح برای انجام تلاقیهای کنترل شده توسط Burson ۱۹۸۰ و Hovin ۱۹۸۰ شرح داده شده است و بنابراین مورد بحث قرار نخواهند گرفت. اکثر ویژگیهای مهم گراسهای مرتعی به صورت کمی به ارث می‌رسند. روشهای اصلاح برای بهبود این ویژگیها، بر حسب کارایی و تأثیر شرح داده شده و مورد مقایسه قرار خواهند گرفت.

## ویژگیهای تولیدمثل و اصلاح

نوع سیستم اصلاحی که برای اصلاح گونه، مورد استفاده قرار می‌گیرد بیشتر از هر

عامل دیگر به روش تولید مثل آن گونه بستگی دارد (Allard ۱۹۶۰). اکثر گراس‌های مرتعی چندساله به طور جنسی و به طریقه دگرگشنی و یا آپومیکیسی تکثیر می‌شوند (Hanson و Carnahan ۱۹۵۶; Poehlman ۱۹۸۷). تعداد معدودی از گیاهان مرتعی شامل ویت‌گراس میله‌ای<sup>(۱)</sup> *Elymus trachycaulus* [Link] Gould ex. shinn. و بروم گراس کالیفرنایی<sup>(۲)</sup> *Bromus carinatus* Hook. & Arn. به طور جنسی و به طریقه خودگشنی تولیدمثل می‌نمایند (Hanson و Carnahan ۱۹۵۶). امروزه تأکید بر اصلاح گراس‌های خودگشن چندساله بسیار اندک است و سیستم‌های اصلاحی مورد استفاده همانهایی هستند که در مورد گیاهان دانه‌ریز و خودگشن چون گندم *Triticum aestivum* L. به کار می‌رود.

بسیاری از گراس‌هایی که به روش آپومیکیسی تکثیر می‌شوند از مناطق گرمسیری و یا نیمه‌گرمسیری منشاء می‌گیرند. یک مورد استثناء از مناطق معتدله کن‌توکی بلوگراس<sup>(۳)</sup> *Poa pratensis* L. است که به میزان زیادی آپومیکتیک است. روش‌های اصلاحی برای این گراس توسط Bashaw و Funk (۱۹۸۹) و Bashaw و Hanna (۱۹۸۷) در پیش بررسی شده‌اند. سیستم‌های اصلاحی برای اصلاح گونه‌های آپومیکت منحصراً به فرد بوده و به طور عام برای گونه‌هایی که به طریقه جنسی تولیدمثل می‌کنند مناسب نیستند.

اکثر گیاهان مرتعی چندساله و گراس‌های چمنی<sup>(۴)</sup> که در مناطق معتدله دنیا مورد استفاده واقع می‌شوند، گراس‌های چندساله دگرگشن هستند. این گیاهان شامل علف‌بره نی‌مانند<sup>(۵)</sup> *Smooth bromegrass Festuca arundinaceae* Schreb. *Bromus inermis* Leys. و *Thinopyrum spp.* و *Agropyron spp.*

1- Slender wheatgrass  
3- Kentucky bluegrass  
5- Tall fescue

2- California bromegrass  
4- Turfgrass

چچم دائمی، *Lolium perenne* L. و سایر گونه‌هایی می‌شوند که اهمیت روزافزون دارند. از قبیل سویچ گراسها<sup>(۱)</sup> *Panicum virgatum* L. ویژگیهای تولیدمثلی این گراسها در قبل توسط Poehlman (۱۹۸۷)، Hanson و Carnahan (۱۹۵۶)، Hill و Carnahan (۱۹۶۱)، شرح داده شده‌اند که به قرار زیر خلاصه می‌شوند:

۱- گراسهای دائمی دگرگشن بوده و به طور طبیعی به وسیله باد گرده‌افشانی می‌کنند و به مقدار زیادی خود ناسازگار هستند. این مسأله استفاده از سیستم‌های اصلاحی مورد استفاده در خودگشن‌ها را محدود می‌سازد. برای گونه‌هایی که تا اندازه‌ای خودگشن هستند خود تلقیحی موجب کاهش سریع بنیه و نیز قدرت تولیدمثل آنها می‌گردد. از این رو در این گونه‌ها تولید و نگهداری لاین‌های خویش‌آمیخته عملی نبوده است.

۲- قطعات گل در گراسها بسیار ریز است بنابراین اخته کردن دستی گل در آنها طاقت‌فرسا و دشوار است. روشهای اخته کردن گیاهان مرتعی در مقیاس بزرگ توسعه نیافته است. سیستم‌های نر عقیمی سیتوپلاسمی نیز به جز در مورد تعداد معدودی از گیاهان مرتعی یکساله دیپلوئید گسترش نیافته است.

۳- بسیاری از گراسها پلی‌پلوئید هستند که توارث ویژگیها را پیچیده می‌سازند. اکثر ویژگیها توسط چندین ژن کنترل می‌شوند. به جهت وراثت پیچیده و عدم توانایی گیاهان به خودگشنی فقط تعداد معدودی از ژنها معین شده و یا نقشه آنها تهیه شده است.

۴- گیاهان چندساله می‌توانند توسط ساقه‌های خزننده استولونها، ساقه‌های زیرزمینی (ریزوم‌ها)، پنجه‌ها و یا جوانه‌های روی ساقه به طور رویشی تکثیر گردند. تک گیاهان می‌توانند تکثیر شده و مورد ارزیابی‌های چندساله قرار گیرند.

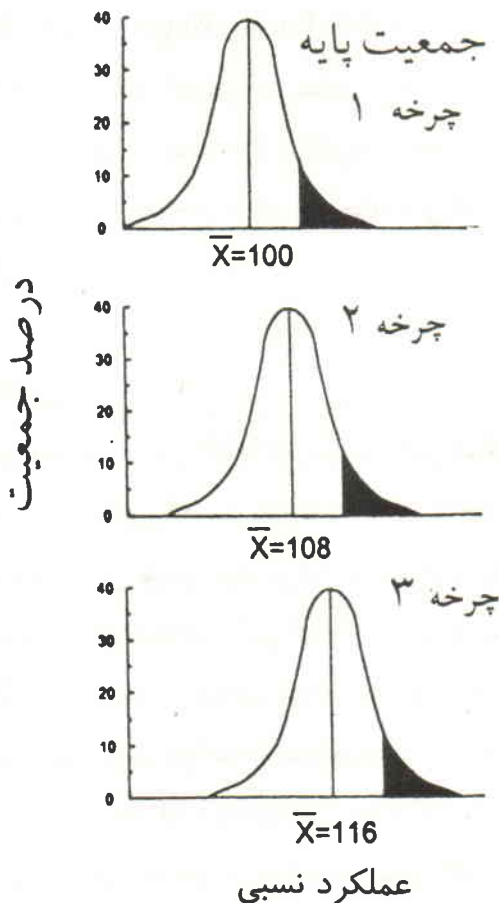
۵- تک‌گیاهان در جوامع گیاهی به میزان زیادی هتروزیزگوس هستند. مطالعات ژنتیک کمی تا این تاریخ نشان می‌دهند که تنوع ژنتیکی فزاینده و قابل توجهی در اکثر

ویژگیهای بسیاری از گراسها وجود دارد. (Vogel و همکاران ۱۹۸۹؛ Barker و ۱۹۸۹ و Kalton؛ Burton ۱۹۸۹a و Meyer و Funk ۱۹۸۹).

۶- گیاهان به حالت انبوه بذرافشانی می‌نمایند و به صورت گیاهان مرتعی یا گراسهای مرتعی و چمنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب تک‌گیاه در این شرایط مقدور نیست. بنابراین ارزیابی و انتخاب، اغلب در خزانه‌هایی که گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند انجام می‌گیرد.

### سیستم‌های اصلاحی

اکثر سیستم‌های اصلاحی در مورد گیاهان مرتعی دگرگشن همانهایی هستند که نیازی به اخته کردن با دست و یا تلاقی با دست ندارند و از ماهیت چندساله بودن گیاهان و توانایی آنها برای تکثیر رویشی بهره‌برداری می‌کنند و حداکثر استفاده را از تنوع ژنتیکی افزایشی می‌برند. سیستم‌های اصلاحی تأمین‌کننده این نیازها، سیستم‌های اصلاحی جامعه گیاهی هستند که از انتخاب دوره‌ای استفاده می‌کنند. ارقام تولیدشده توسط سیستم‌های انتخاب دوره‌ای، جوامع اصلاح‌شده‌ای هستند که به صورت وارسته‌های (سنتتیک) آزاد می‌شوند. اهداف سیستم‌های انتخاب دوره‌ای تغییردادن میانگین جوامعی است که تنوع ژنتیکی افزایشی دارند (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱ - نمایش اثر ثوریکی سه دوره انتخاب دوره‌ای محدود بر مبنای فنوتیپ بر عملکرد. ناحیه زیرمنحنی تمام گیاهان را در جمعیت نشان می‌دهد. ناحیه سایه‌دار گیاهان منتخب را نشان می‌دهد. در این مثال، در هر دوره ۵٪ از پر محصول‌ترین گیاهان انتخاب شده‌اند، وراثت‌پذیری ۴۰٪ و انحراف معیار فنوتیپی ۱۰ است. میانگین ( $\bar{X}$ ) جمعیت پایه (Co) در دوره ۱، ۱۰۰ است

سیستم‌های اصلاحی که درباره آنها بحث خواهد شد عبارتند از: انتخاب دوره‌ای محدود برمبنای فنوتیپ<sup>(۱)</sup> (RRPS)، آزمایش نتاج خواهر و برادرهای ناتنی<sup>(۲)</sup> (HSPT) که به شکل قراردادی و مرسوم انجام می‌گیرد، انتخاب میان خانواده‌ای و درون خانواده‌ای<sup>(۳)</sup> (B & WFS)، و انتخاب متناوب چند مرحله‌ای خانواده‌ای<sup>(۴)</sup> (RMFS). هر یک از این سیستم‌ها با یک جامعه گیاهی مبدأ آغاز می‌شوند. سیستم دیگری که آن را انتخاب اکوتیپ می‌نامیم، نیز می‌تواند به منظور جمع‌آوری، ارزیابی، انتخاب و تلاقی داخل توده‌ای ژرم پلاسم در جهت تولید جوامع گیاهی پایه در خزانه به کار گرفته شود.

درباره هر سیستم با استفاده از سوئیچ گراس به عنوان گیاه الگو بحث خواهد شد. در محیط ما توانایی برای زنده ماندن در طول زمستان و پایداری در درجه اول اهمیت قرار دارد. در نتیجه خزانه‌های انتخاب را در سال اول مستقر می‌کنیم. گیاهان را در سال دوم و یا سوم ارزیابی می‌کنیم و گیاهان انتخابی را در سال بعد از ارزیابی پلی‌کراس می‌نماییم. گیاهان باید حداقل طول ۲ زمستان را زنده بمانند تا پلی‌کراس شوند. هر دوره ۳ یا ۴ سال طول می‌کشد. این جدول زمانی در مورد تمام مثالهای بعدی نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت. روشهایی که این جدول زمانی را سرعت می‌بخشند در مورد گراسهای خاصی توسعه یافته است. Burton (۱۹۷۴، ۱۹۸۲) راههایی را برای کامل کردن یک چرخه در یک سال در مورد پنساکولا باهیاگراس<sup>(۵)</sup> (*Paspalum notatum* var. saure Parodi) با روش RRPS ابداع کرده‌اند. روشهایی که با دستورزی گیاهان برای کاهش دوره زمانی هر دوره به کار گرفته می‌شوند اغلب خاص سیستم‌های اصلاحی نیستند. بنابراین استفاده از جدول زمانی مشابه برای مقایسه کارایی سیستم‌های اصلاح مناسب است.

1- Recurrent restricted phenotypic selection

2- Half-sib progeny test

3- Between and within family selection

4- Recurrent multistep family selection

5- Pensacola bahiagrass

## الف) انتخاب اکوتیپ

در صورتی که در ناحیه‌ای، نیاز خاصی، به وسیله گراسهای موجود مرتفع نشود، کار اصلاحی در مورد یک گراس خاص برای رفع آن نیاز کشاورزی، چمنی یا حفاظتی، آغاز می‌گردد. اگر در قبل هیچ کار اصلاحی درباره گونه‌ای انجام نشده باشد، لازم است که برای یک ناحیه خاص ژرم‌پلاسم جمع‌آوری و ارزیابی گردد. اگر این فرایند با استفاده از سیستمی به نام انتخاب اکوتیپ به صورت مناسبی تنظیم گردد، می‌تواند به اصلاح و آزادسازی سریع ارقام عالی منجر گردد. این سیستم اصلاحی تنها در اثر تلاش یک فرد گسترش نیافته، بلکه بیشتر با گذشت زمان تکامل پیدا نموده است.

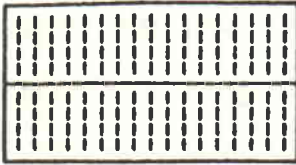
ماز اصلاح ارقام سوئیچ‌گراس، در ناحیه شمال مرکزی ایالات متحده به عنوان یک مثال استفاده خواهیم کرد. این ناحیه (شکل شماره ۲) پیش از مسکونی شدن، با گراسهای بلند چمنی پوشیده شده بود و سوئیچ‌گراس یکی از گونه‌های غالب آن به شمار می‌رفت. قسمت بیشتر چمنها شخم زده شده‌اند، اما قسمت باقیمانده چمن در سرتاسر منطقه باقی مانده است که می‌توان در آنها ژرم‌پلاسم را جمع‌آوری کرد. تنوع ژنتیکی موجود میان چمنهای اولیه عبارت از تنوع میان و درون اکوتیپ یا نژادی ارقام بومی بود. با گذشت زمان تنوع ژنتیکی در اثر عوامل تکامل، جهش، مهاجرت، انتخاب و رانش تصادفی<sup>(۱)</sup> یا شانس ایجاد شد (Falconer ۱۹۸۱). تنوع اکوتیپی یا ارقام بومی که میان گراسهای جمع‌آوری شده از مناطق خاص وجود دارد، در گونه‌های بومی و گونه‌های وارداتی نیز قابل توجه است (Hill, Carnahan, ۱۹۶۱ و Dewey ۱۹۷۸).





مرحله جمع آوری

گیاهان یا بذرها از محل مورد نظر در نواحی خاص جغرافیایی (محل های جمع آوری) جمع آوری شدند.



مرحله ارزشیابی

مواد جمع آوری شده در خزانه (های) ارزشیابی عمومی ارزشیابی شدند.



آزمون پیشرفته

بهترین نمونه ها یا ارقام بدون انجام کار اصلاحی اضافی در آزمایشهای تکراردار ناحیه خاص تکثیر و ارزشیابی شدند.



مزارع تولید بذر

آزادسازی

بهترین نمونه یا رقم به عنوان یک کولتیوار آزاد گردید.

شکل شماره ۲- انتخاب اکوتیپ یا رقم یا رقم بومی شده. مکانهای جمع آوری بذر به

وسیله (\*) مشخص شده اند.

انتخاب اکوتیپ با جمع آوری یک رشته از اکسشن<sup>(۱)</sup> ناحیه‌ای خاص شروع می‌گردد. برای گونه‌های بومی از قبیل سونیچ گراسها، ژرمپلاسم از منطقه مورد نظر جمع آوری می‌شود. برای گراسهای وارداتی، ژرمپلاسم از مناطقی از دنیا که بیشترین شباهت را به منطقه مورد نظر دارند، جمع آوری شده و انبار می‌گردد. نمونه‌های بومی و نمونه‌های وارداتی نیز می‌توانند به نحو مستقیم جمع شده و یا از مجموعه‌هایی که از قبل در بانکهای ژرمپلاسم ذخیره شده‌اند بدست آیند. نمونه‌ها به طور معمول به صورت بذر جمع آوری می‌شوند، اما در بعضی از شرایط، بوته‌ها نیز جمع آوری شده و به خزانه‌های ارزیابی انتقال داده می‌شوند. جمع آوری بذر به طور معمول از جمع آوری بوته‌ها مطلوبتر است، زیرا با جمع آوری تصادفی بذر از گیاهان دگرگشن از تنوع ژنتیکی یک محل آسانتر بهره‌برداری می‌گردد. اگر تولید بذر فقط به صورت پراکنده در مناطق بومی انجام گیرد ممکن است که جمع آوری بوته‌ها لازم باشد.

در مورد گراسهای دگرگشن، چون هدف بدست آوردن نمونه‌ای مناسب از ژنهای منطقه است، جمع آوری و مخلوط کردن بذر تعداد زیادی بوته از یک منطقه به جمع آوری و نگهداری بذر تک‌بوته‌ها ترجیح داده می‌شود. در یک منطقه جمع آوری بذر از تک‌بوته‌هایی که به میزان زیادی هتروزیگوس هستند، مقدار بذری را که می‌توان جمع آوری کرد، کاهش داده و به مقدار زیادی کار غیرضروری در فرآوری، تنظیم و تدوین فهرست، ارزیابی و نگهداری بذر منجر می‌گردد. کار اصولی برای جمع آوری بذرهای تک‌بوته‌ها، مطالعه تنوع ژنتیکی در محل برای صفات خاص است. با این وجود، ممکن است همان اطلاعات با استفاده از مقدار زیاد بذر مخلوط شده در آزمایشهایی که به طور مناسب طراحی گردیده‌اند حاصل شود. در مثال ما بذرهای از قسمتهای کشت نشده چمنزار جمع آوری شده و مخلوط می‌شوند.

ژرم پلاسم جمع‌آوری شده یا بدست آمده در آزمایشهای ارزیابی تکراردار، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. زمانی که بسیاری از برنامه‌های اصلاح گراسها در سالهای ۱۹۳۰ تا ۱۹۵۰ شروع شد، این خزانه‌های ارزیابی در پلاتهای تک ردیفی کشت می‌شدند. معمولترین کار، ابتدا ایجاد گیاهچه‌ها از بذرهای جمع‌آوری شده در گلخانه است. بعد این گیاهچه‌ها به قطعاتی در خزانه‌های ارزیابی که در آنها گیاهان با فاصله کاشته می‌شوند، انتقال داده می‌شوند. این روش ترجیح دارد، زیرا اغلب منابع بذری محدود هستند، بذرهای انتخاب شده کیفیت پایینی دارند و نمونه‌ها ممکن است به طور قابل توجهی در بنیه گیاهچه<sup>(۱)</sup> به دلیل اختلافات محیطی در مکانهایی که انتخاب صورت گرفته، تفاوت داشته باشند. قطعات ارزیابی که در آن گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند فرصتی به به‌نژادگر می‌دهد تا مقدار نسبی تنوع فنوتیپی را در نمونه‌ها مشاهده نموده و در آزمایشهای ارزیابی اولیه انتخاب درون توده‌ای بر آنها اعمال کند.

ارزیابی ژرم پلاسم را می‌توان در یک محل و یا چندین محل، با توجه به امکاناتی طرح اصلاحی انجام داد. برای یک ناحیه جغرافیایی بزرگ از قبیل ناحیه شمال مرکزی ایالات متحده، ارزیابی در چندین محل ترجیح داده می‌شود. در مثال سویچ‌گراس، ما از قطعات تک ردیفی شامل ۱۰ گیاه با ۴-۲ تکرار در هر محل استفاده می‌کنیم. چون پایداری برای گیاهان چندساله اساسی است و آزمایشهای ارزیابی در چندسال انجام می‌گیرد. نوع داده‌های جمع‌آوری شده با توجه به گونه و اهداف، متفاوت خواهد بود. در، صفاتی که ابتدا سویچ‌گراسها به آنها توجه می‌شود عملکرد علوفه و کیفیت گیاهان مستقر شده است. در نتیجه، در سال استقرار، اطلاعات اندکی را جمع‌آوری کرده و عملکرد علوفه و کیفیت را طی ۲ سال بعد از سال استقرار ارزیابی می‌نماییم.

داده‌های حاصل از آزمایشهای ارزیابی برای انتخاب بهترین اکوتیپها یا نمونه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بذر بهترین اکوتیپها می‌تواند به تنهایی و بدون هرگونه انتخاب

اضافی، برای آزمایشهای پیشرفته در کرتهاپی که به صورت انبوه بذرافشانی شده‌اند، در آزمایشهای تکراردار تکثیر گردد. این آزمایشها باید در منطقه‌ای که مستعد توسعه گیاه است انجام گیرد. بعضی از پرمحصولترین و گسترش‌یافته‌ترین ارقام شامل فستوکا آروندیناسه کن توکی ۳۱، بروم گراس لینکلن<sup>(۱)</sup>، سوئیچ گراس بلک ول<sup>(۲)</sup> به طور مستقیم از نمونه‌های منفرد تکثیر یافته‌اند (Hanson ۱۹۷۲). زمانی که نمونه‌ها بدون انتخاب اضافی برای آزاد شدن تکثیر می‌شوند، تنها تنوع ژنتیکی، میان نمونه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

وقتی که خزانه‌های ارزیابی که گیاهان منتقل شده به آنها با فاصله کشت شده‌اند مورد استفاده قرار می‌گیرند، گیاهان برتر (از نظر فنوتیپی) از بهتر بن نمونه‌ها یا نمونه‌های خوب انتخاب می‌شوند تا تنوع ژنتیکی درونی نمونه مورد استفاده قرار گیرد. گیاهان برتر حاصل از یک نمونه می‌توانند به یک خزانه پلی‌کراس ایزوله انتقال داده شوند تا بر مبنای نمونه منفرد، جامعه‌ای گیاهی تولید نمایند و یا گیاهان برتر حاصل از نمونه‌های متعدد می‌توانند با یکدیگر پلی‌کراس شوند تا جامعه‌ای جدید بوجود آید. جوامع گیاهی یا ارقام اصلاح شده حاصل از روش پلی‌کراس نیز قبل از اینکه به عنوان ارقام آزاد شوند به ارزیابی در یک آزمایش تکراردار نیاز دارند.

از سیستم اصلاحی اکوتیپ و روشهای تغییر یافته آن در برنامه‌های تحقیقاتی ایالتی و فدرال به منظور تولید ارقام اولیه گراسهای دگرگشن چندساله استفاده شده است که امروزه مورد استفاده ایالات متحده قرار می‌گیرند. سیستم اصلاحی اکوتیپ هنوز هم به طور گسترده‌ای توسط مراکز مواد گیاهی سازمان حفاظت خاک اداره کشاورزی آمریکا برای توسعه ارقام گراسهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که برای نیازهای حفاظتی خاص مورد نیاز می‌باشند.

سیستم اصلاحی اکوتیپ روش مطلوبی نیز برای تشکیل جوامع گیاهی با آمیزشهای تصادفی در سیستم‌های اصلاحی است که برای تولید نسلهای بعدی ارقام اصلاح شده به کار برده می‌شود. گیاهان برتر حاصل از نمونه‌های برتر می‌توانند به طور تصادفی در خزانه‌های پلی‌کراس آمیزش داده شوند تا بذر Syn 1 یک جامعه گیاهی را تولید نمایند. این جامعه گیاهی باید یک یا چند نسل اضافی از طریق آمیزشهای تصادفی ایجاد کند. جامعه مزبور باید برای استفاده در سیستم‌های اصلاحی که در قسمتهای بعدی شرح داده خواهد شد، مناسب باشد. اهمیت دو نسل آمیزش تصادفی یا بیشتر پیش از شروع کار اصلاح با یک جمعیت ترکیبی نمی‌تواند بیش از حد مورد تأکید قرار گیرد. همان‌طور که Falconer (۱۹۸۱) توضیح داده است جمعیت‌ها باید از نظر آمیزش تصادفی و لینکاز در تعادل باشند. به طوری که تفاوت‌های فنوتیپی میان گیاهان یک جمعیت به دلیل اثرات افزایشی ژنتیکی باشند و نه اثرات ناهمگنی. Falconer (۱۹۸۱) معادله‌های لازم را برای محاسبه عدم تعادل احتمالی ارائه کرده است.

#### ب) انتخاب دوره‌ای محدود بر مبنای فنوتیپ

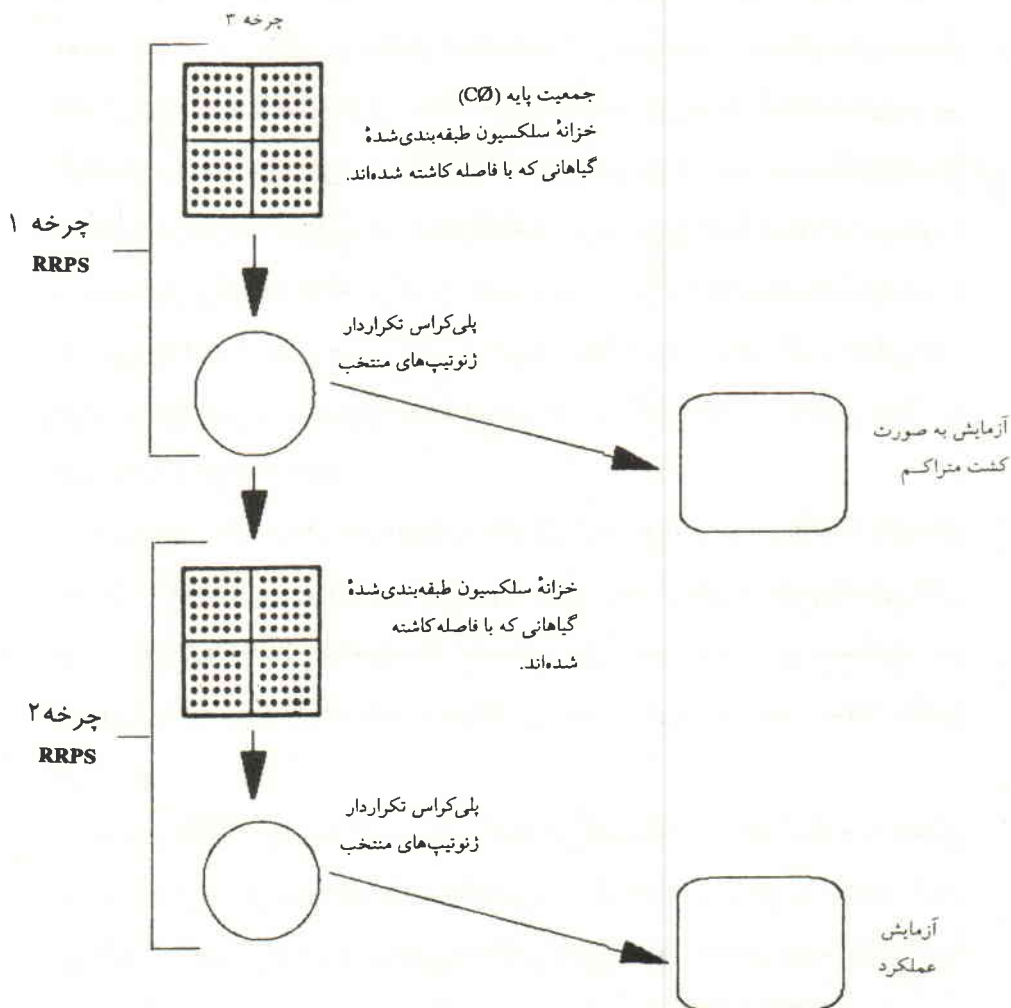
انتخاب توده‌ای، قدیمیترین روش اصلاح نباتات است. این روش قرن‌ها مورد استفاده بوده است. بسیاری از محصولات گیاهی امروز حاصل استفاده از این روش بوده است. این روش در اکثر متون اصلاح گیاهان به حد کافی شرح داده شده است. طی سی سال گذشته اصلاحات عمده‌ای در مورد انتخاب توده‌ای به عنوان یک سیستم به‌نژادی صورت گرفته است. چون این اصلاحات می‌تواند بازده اصلاحی را حداقل دوبرابر نماید، انتخاب توده‌ای قراردادی به طور عام تحت اغلب شرایط نباید مورد استفاده قرار گیرد. استثناء در موقعی است که به‌نژادگری بخواهد پایداری گراس خاصی را در محیطی تنش‌زای و منحصر به فرد با استفاده از منابع بسیار محدود اصلاح نماید.

کارآمدترین شکل انتخاب توده‌ای که برای گیاهان مرتعی چندساله کاربرد دارند

انتخاب دوره‌ای محدود بر مبنای فنوتیپ (RRPS) است که Burton (۱۹۷۴، ۱۹۸۲، ۱۹۹۲) آن را توسعه داد. روش RRPS بر بخشی از تحقیقات (Gardner) C. O. (۱۹۶۱) بنا شده است. این تحقیقات اثبات نموده‌اند که تقسیم‌بندی خزانه‌های انتخاب به واحدهای کوچکتر موجب پیشرفت دستاوردهای واقعی انتخاب می‌شود.

قدم نخستین RRPS ایجاد یک خزانه ارزیابی است که در آن گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند. گیاهچه‌هایی که در گلخانه رویانده شده‌اند (شکل شماره ۳) در سال اول به خزانه در محیط مزرعه منتقل می‌شوند. در مثال ذکر شده با RRPS و سیستم‌های اصلاحی دیگر ما از یک جامعه پایه اولیه گیاهی مشتمل بر هزار بوته و شدت انتخاب ۱۰٪ استفاده خواهیم نمود. به گیاهان اجازه داده می‌شود به خوبی مستقر شوند و اطلاعات مربوط به سال استقرار با توجه به صفت مورد نظر جمع‌آوری می‌شوند. در سال دوم، خزانه انتخاب که در آن گیاهان با فاصله از هم کاشته شده‌اند، به واحدهای انتخاب تقسیم می‌شود. Burton (۱۹۷۴) خزانه‌های انتخاب را به چهل واحد انتخاب مربعی شکل که هر کدام حاوی ۲۵ گیاه بودند تقسیم نمود. اندازه و شکل واحدهای انتخاب می‌تواند متغیر باشد. عامل عمده این است که خزانه انتخاب به واحدهای کوچکتر انتخاب تقسیم شود. این عمل وسیله‌ای جهت کاهش اثر تنوع محیطی بر تصمیمات برای انتخاب است. در مثال مذکور، خزانه انتخاب را به ۵۰ واحد مشتمل بر ۲۰ گیاه تقسیم‌بندی کرده و در هر واحد انتخاب گیاهان را برای ویژگی یا ترکیبی از ویژگیهای مطلوب ارزیابی می‌نمایم. تعداد ثابتی از گیاهان از هر واحد انتخاب، انتخاب می‌شوند. در مثال مذکور شدت انتخاب ۱۰٪ است. بنابراین ۲ گیاه برتر را از هر واحد انتخاب خواهیم کرد. روش دیگری که می‌تواند به کار رود تنظیم ارزش گیاه به وسیله انحراف میانگینهای واحد انتخاب آنها از میانگین کل است. انتخاب مبتنی بر ارزشهای تنظیم‌شده می‌تواند بر کل خزانه بدون توجه به واحد انتخاب اعمال شود (Shutz و Cockerham ۱۹۶۶).

انتخاب دوره‌ای توده‌ای طبقه‌بندی شده (RRPS)



شکل شماره ۳- انتخاب دوره‌ای توده‌ای طبقه‌بندی شده بر مبنای فنوتیپ

در سال سوّم دو گیاه برتر از هر واحد انتخاب و به یک خزانه پلی کراس ایزوله منتقل می شوند تا میان آنها تلاقی صورت گیرد. در صورتی که هر گیاه منتخب در طول زمستان زنده نماند، گیاه برتر دیگری از واحد انتخاب، انتخاب می شود. پلی کراس کردن گیاهان منتخب دستاورد ژنتیکی مورد انتظار از انتخاب را در مقایسه با انتخاب توده ای معمول فقط در موردی که گیاهان مادری انتخاب می شوند شدت می بخشد. گیاهان مادری و نیز گیاهان پدری در خزانه پلی کراس RRPS انتخاب می شوند. مقادیر مساوی بذر از هر گیاه یا هر ژنوتیپ در پلی کراس مخلوط شده و برای شروع دوره بعدی انتخاب مورد استفاده قرار می گیرند. خزانه پلی کراس جهت تولید بذر برای آزمایشهای عملکرد نیز به کار می رود و می تواند به عنوان منبع بذر مورد استفاده به نژادگر قرار گیرد. تلاقی میان افراد در خزانه پلی کراس ویژگی عمده هر سیستم اصلاحی بوده و در بخشی جداگانه مورد بحث واقع شده است.

دوره بعدی انتخاب در سال چهارم (سال اوّل از دوره دوّم) با استفاده از بذرهایی حاصل از خزانه پلی کراس پیشین شروع می شود و روند تا زمانی که نتایج ژنتیکی کافی برای آزادی ارقام اصلاح شده بدست آید، تکرار می گردد. آزمایشهای عملکرد را در مراتعی که به صورت انبوه و فشرده بذرافشانی شده اند در پی هر دوره انتخاب اجرا می نمایم.

مزایای RRPS عبارتند از: سیستمی اصلاحی است که کاربردی آسان و به حداقل فواصل زمانی در هر دوره نیاز دارد. تمام تنوع ژنتیکی افزایشی را مورد استفاده قرار می دهد و به جهت تعداد زیاد گیاهانی که تلاقی داخل توده ای داده می شوند اثرات سوء ناشی از خویش آمیزی<sup>(۱)</sup> به حداقل کاهش می یابد (جداول شماره ۱، ۲، ۳). معایب آن عبارتند از: تعیین میزان واقعی خویش آمیزی، زیرا یادداشتهای مربوط به پیشینه ژنوتیپ



افراد و نتایج آنها نگهداری نمی‌شوند و اطلاعات در مورد ارزش اصلاحی ژنوتیپ افراد قابل دسترس نیست. اگر چه میزان خویش‌آمیزی از لحاظ نظری پایین است، اما در عمل ممکن است بالاتر باشد، زیرا بعضی از خانواده‌ها ممکن است گیاهان بیشتری در خزانه پلی‌کراس داشته باشند. همین‌طور ممکن است تعداد دوره‌های زیادی لازم باشد تا اصلاحات کافی برای آزادی ارقام اصلاح‌شده انجام گیرد. در روش جدید RRPS برتون در سال ۱۹۸۲ مکانیسمی را برای نگهداری اندازه‌های فامیل فراهم می‌نماید که در اصل RRPS را به یک سیستم انتخاب میان خانواده‌ای و درون خانواده‌ای تغییر می‌دهد.

نمونه‌های ارقام تولیدشده توسط RRPS شامل باهیاگراس به نام Tifton شماره ۹ است که در سال ۱۹۸۷ بعد از ۹ دوره RRPS که در سال ۱۹۶۰ شروع شده بود، آزاد گردید (Burton ۱۹۸۹ b). در یک دوره ۳ ساله، ۹ Tifton ۴۷٪ بیشتر از جمعیت پایه علوفه تولید نمود. سوئیچ‌گراس Trailblazer در نتیجه یک دوره انتخاب که به منظور افزایش قدرت هضم‌پذیری ماده خشک انجام گرفت آزاد گردید. این دوره انتخاب موجب ۲۳ درصد افزایش بازده در واحد دامی در هکتار در گاوگوشتی گردید. این مطالعه در یک آزمایش چرای تکراردار صورت گرفت (Vogel و همکاران ۱۹۸۹).

جدول شماره ۱- مقایسه نیازهای زمانی در مورد طرحهای اصلاح دوره‌ای قابل استفاده در گیاهان دگرگشن چندساله

فعالیت	زمان (سال)			
	RRPS <sup>z</sup>	HSPT B & WFS	RMFS	
استقرار منبع / خزانه انتخاب	1	1	1 <sup>y</sup>	1 <sup>y</sup>
ارزیابی منبع / خزانه انتخاب	2	2	2 <sup>y</sup>	2 <sup>y</sup>
پلی‌کراس زنونبهای منتخب	3	3	3 <sup>y</sup>	3 <sup>y</sup>
آزمون نتاج تکراردار		4,5,6 <sup>x</sup>	4,5,6 <sup>xw</sup>	4,5,6 <sup>xw</sup>
تلاقی دوباره گیاهان منتخب		7	7	7,7 <sup>v</sup>
شروع دوره ۲	4	8	8	8

Z: علامت اختصاری در شکلها و متن توضیح داده شده است.

Y: این مراحل تنها برای شروع طرح، بازدهی مورد انتظار از انتخاب به RRPS لازم است.

X: یک سال استقرار که به دنبال آن دو سال ارزیابی می‌باشد.

W: خانواده‌ها در اولین سال ارزیابی، بر اساس پلات ارزیابی می‌شوند و در سال بعد با ارزیابی درون

خانواده‌ای از بهترین خانواده‌ها پی گرفته می‌شود.

V: دو خزانه پلی‌کراس جداگانه باید استقرار یابد.

جدول شماره ۲- بازده ژنتیکی مورد انتظار (G) در هر دوره و در هر سال طرح اصلاحی دوره‌ای قابل استفاده در گیاهان چندساله

طرح اصلاحی <sup>z</sup>	y, x (G)	بازده ژنتیکی مورد انتظار در هر دوره (G)	G <sup>-</sup> سالانه (% of $\sigma_A^2$ ) <sup>w</sup>
RRPS		$\Delta G = K\sigma_A^2 (\sigma_{PS})^{-1}$	33.3
HSPT		$\Delta G = 1/2\sigma_A^2 (\sigma_{PFM})^{-1}$	5
B & WFS		$\Delta G = K_1 1/4\sigma_A^2 (\sigma_{PFM})^{-1} + K_2 3/4\sigma_A^2 (\sigma_{PW})^{-1}$	25
RMFS			
B & WFS:		$\Delta G = K_1 1/4\sigma_A^2 (\sigma_{PFM})^{-1} + K_2 3/4\sigma_A^2 (\sigma_{PW})^{-1}$	25
HSPT:		$\Delta G = K 1/2\sigma_A^2 (\sigma_{PFM})^{-1}$	37.5
			12.5

z: علامت اختصاری در شکلها و متن توضیح داده شده است.

y:  $K =$  دینفرانسیل انتخاب استانداردشده،  $\sigma_A^2 =$  واریانس ژنتیکی افزایشی.

$\sigma_{PS}$  = انحراف معیار فنوتیپی میان گیاهان در خزانه انتخاب RRPS

$\sigma_{PFM}$  = انحراف معیار فنوتیپی میان خانواده‌های هاف - سبب بر پایه میانگین پلات.

$\sigma_{PW}$  = انحراف معیار فنوتیپی میان گیاهان در درون خانواده‌های هاف - سبب منتخب.

x: با فرض اینکه والدین انتخابی در شرایط ایزوله پلی کراس می‌شوند، عوامل کنترل والدینی برای هر طرح در داخل معادلات گنجانده می‌شوند.

w: با فرض اینکه  $\sigma_{PS} = \sigma_{PFM} = \sigma_{PW}$  تغییرات در اندازه نسبی این پارامترها دارای اثرات متقابل نسبی بر (G) خواهند بود.

جدول شماره ۳- میزان اینبریدینگ ( $F$ ) برای طرحهای اصلاحی دوره‌ای قابل استفاده در گیاهان دگرگشن چندساله

طرح اصلاحی <sup>z</sup>	فرضیات	F در دوره <sup>y</sup>	F <sub>n</sub> بعد از دوره <sup>x</sup>
RRPS	خزانه انتخاب با ۱۰۰۰ گیاه، ۱۰٪ یا (۱۰۰ گیاه) برای پلی‌کراس کردن انتخاب می‌شوند.	۰/۰۰۵	۰/۰۳
HSPT	خزانه منبع با ۱۰۰۰ گیاه، ۱۰۰ گیاه برای پلی‌کراس کردن و آزمون نتاج انتخاب می‌شوند، براساس آزمون نتاج، ۲۰ ژنوتیپ انتخاب می‌شوند.	۰/۰۲۵	۰/۱۴
B & WFS	آزمون نتاج هاف - سیب که در آن گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند دارای ۱۰۰ خانواده با ۱۰ گیاه در هر خانواده می‌باشد، ۵ گیاه برتر از ۲۰ خانواده برتر به عنوان نتاج برگزیده می‌شوند.	۰/۰۰۵	۰/۰۳
RMFS	آزمون نتاج هاف - سیب که در آن گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند، دارای ۱۰۰ خانواده با ۱۰ گیاه در هر خانواده می‌باشد، ۵ گیاه برتر از ۲۰ خانواده برتر به عنوان نتاج برگزیده می‌شوند.	۰/۰۰۵	۰/۰۳

z: علامت اختصاری در شکلها و متن توضیح داده شده است.

y:  $F = -1/(2N)$ ، که N برابر است با اندازه مؤثر جمعیت (Falconer ۱۹۸۱).

x:  $F_n = P_n(1 - 1/2 N)$  (Kempthorne ۱۹۵۷).

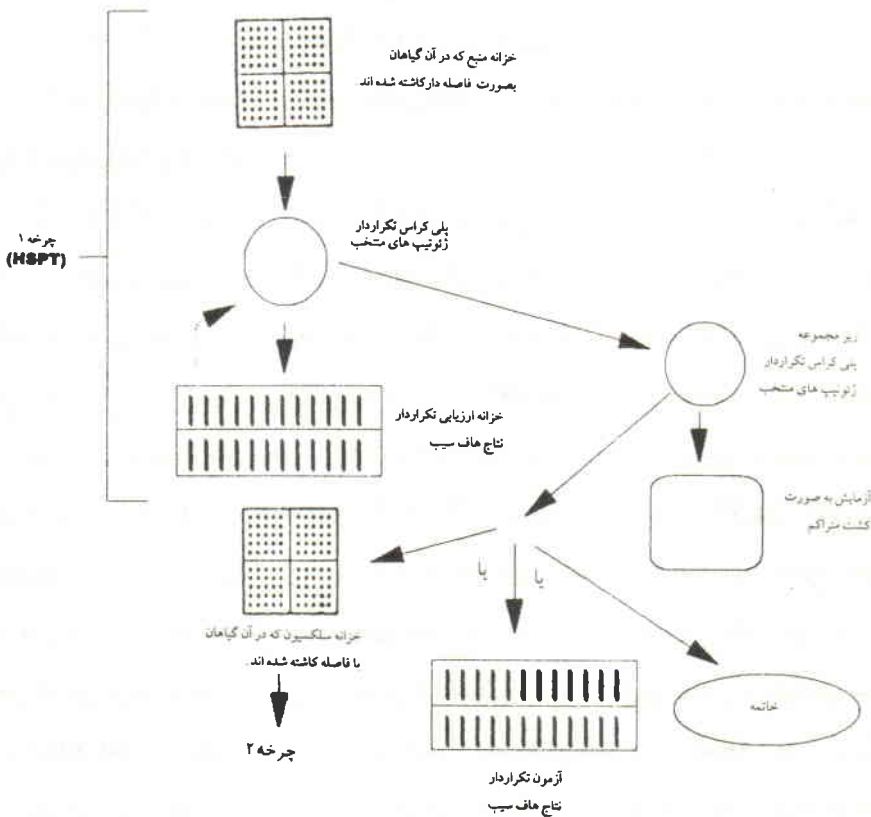
## ج) آزمون نتاج خواهر برادر ناتنی

آزمایشهای نتاج خواهر و برادر ناتنی احتمالاً روشی است که بیشترین استفاده را در گراسها داشته است. این سیستم برای توسعه ارقام اولیه مفید بوده است، اما برای اصلاح بعدی صفاتی از قبیل عملکرد مرتع موفقیتی در پی نداشته است. اعتقاد بر این است که عدم توفیق در صفاتی از قبیل عملکرد می‌تواند به یک یا هر دو دلیل ذیل نسبت داده شود:

- (۱) از لحاظ نظری، سیستم کمتر از نصف سایر سیستم‌ها کارایی دارد.
- (۲) به‌نژادگران با استفاده از جمعیت‌های پایه‌ای که از نظر پیوستگی ژنها در تعادل نبوده‌اند وقت خود را ضایع کرده‌اند.

HSPT، اگر درست اجرا شود با تشکیل خزانه منبعی شروع می‌شود که گیاهان مربوط به یک جامعه با آمیزش تصادفی و تعادل از نظر پیوستگی ژنها در آن با فاصله کاشته شده‌اند (شکل شماره ۴) طرز عمل در خزانه منبع که در آن گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند مشابه دوره یک (C1) در RRPS است. تقریباً ۱۰٪ از گیاهان برتر برای انتقال به یک خزانه ایزوله پلی‌کراس انتخاب می‌شوند. در خزانه پلی‌کراس بذر از تک‌گیاهان برداشت شده و برحسب ژنوتیپ مخلوط می‌شود. چون این مرحله از فرایند، مشابه دوره یک RRPS می‌باشد، با استفاده از الگوی مذکور، این قسمت از فرایند ۳ سال از الگوی مورد استفاده ما را به خود اختصاص خواهد داد. بعد نتاج حاصل از هر ژنوتیپ در یک یا چند خزانه ارزیابی نتاج خواهر برادر ناتنی تکراردار استقرار می‌یابند. این خزانه‌ها می‌توانند به صورت انبوه و تصادفی بذرافشانی شده و یا حاوی قطعاتی با ردیفهای منفرد و با گیاهان فاصله‌دار باشند. یک سال برای استقرار وقت لازم است و خانواده‌ها ۲ سال متوالی ارزیابی می‌شوند. بعد داده‌های حاصل از خواهر برادر ناتنی برای انتخاب یک زیرمجموعه از ژنوتیپهای برتر خزانه پلی‌کراس مبدأ مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل شماره ۴). سپس این زیرمجموعه ژنوتیپها (به‌طور معمول ۲۰ یا کمتر) به صورت تصادفی در یک پلی‌کراس به منظور تولید بذر جهت آزمایشهای تکراردار عملکرد در چند مکان تلاقی داده می‌شوند و نیز می‌توانند به عنوان یک مزرعه بذری بالقوه برای به‌نژادگر مورد استفاده قرار گیرند.

آزمون نتاج هاف سیب مرسوم (HSPT)



شکل شماره ۴- آزمون نتاج هاف سیب مرسوم (HSPT)

HSPT به‌طور معمول بعد از یک دوره منفرد متوقف می‌گردد. دلیل این امر آن است که به استثناء کلنهای تلاقی داده شده با تعداد کمی از والدین نر، تکرار فرایندها باعث ارزیابی مجدد همان کلنهایی می‌گردد که در دوره پیشین ارزیابی شده بودند. این امر به یک نمونه اصلاح شده در انتهای دوره منجر می‌شود و یا نمی‌شود. در این مورد تنها از واریانس ژنتیکی خانوادگی استفاده می‌شود که فقط از  $\frac{1}{4}$  کل واریانس افزایشی بهره می‌برد (جدول شماره ۲). بنابراین به‌طور طبیعی کارآیی لازم را ندارد. این سیستم غیرکارآمدترین سیستم اصلاحی است که یک به‌نژادگر برای اصلاح گراسهای مرتعی دگرگشن در برنامه اصلاح دوره‌ای به کار می‌برد.

به‌نژادگران گراسها در سابق از دسته‌های مختلف ژرمپلاسم برای ایجاد خزانه‌های منبع استفاده کرده‌اند که اغلب ارقام قدیمی، گیاهان وارداتی یا دیگر ذخایر ژرمپلاسم را شامل می‌شد. به‌نژادگران، گیاهان را در خزانه منبع ارزیابی کرده و برترین آنها را انتخاب نمودند تا در خزانه پلی‌کراس گنجانده شود. نتاج حاصل از پلی‌کراس در یک آزمایش نتاج خواهر برادر ناتنی تکراردار ارزیابی می‌شدند. چون گیاهان والد در خزانه پلی‌کراس از منابع ژرمپلاسم گوناگون جمع شده و با هم در تعادل (لینکاژ) نبودند، احتمال زیادی وجود دارد که اختلافها به جهت سطوح مختلف هتروزیس باشد. بنابراین اطلاعات حاصل از فرزندان ارزشهای اصلاحی والدین را منعکس نخواهد کرد. بحث بر سر این است که عدم توفیق برای اصلاح عملکرد علوفه با استفاده از آزمایشهای متداول نتاج خواهر برادر تنی از انتخاب والدین از خزانه‌های منبعی که در تعادل لینکاژ یا هاردی - وینبرگ نبوده‌اند، ناشی شده است. اثبات این مسأله دشوار است، زیرا نتایج منفی به‌طور معمول منتشر نمی‌شوند.

#### د) انتخاب میان خانواده‌ای و درون خانواده‌ای

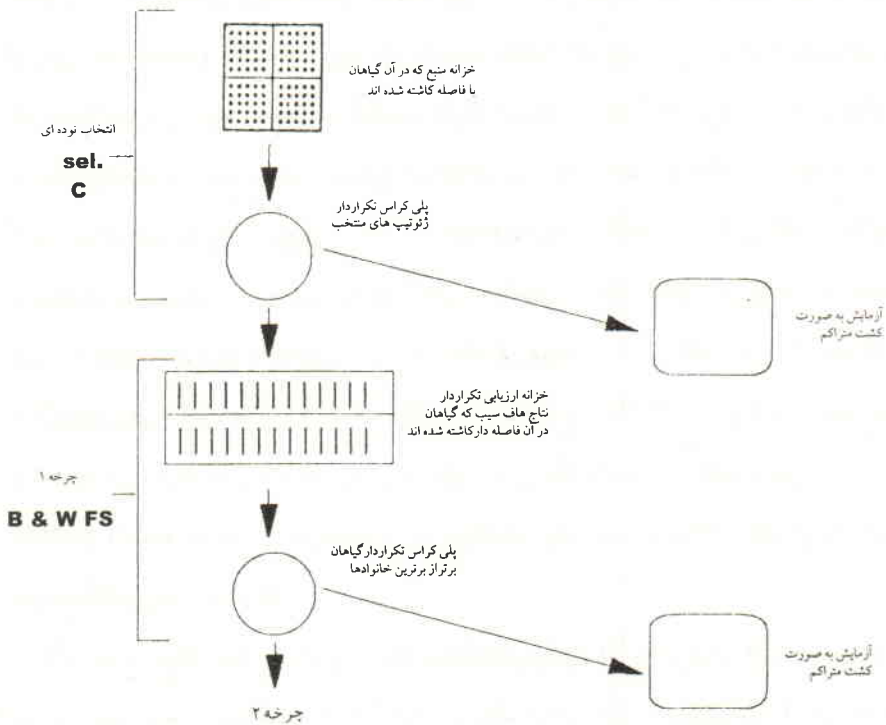
انتخاب میان خانواده‌ای و درون خانواده‌ای (B & WFS) یک سیستم اصلاحی است که هم از تنوع ژنتیکی افزایشی میان خانواده‌ای و هم درون خانواده‌ای استفاده

می‌کند. این سیستم اصلاح نیز با ایجاد یک خزانه منبع که در آن گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند شروع شده و برای مشخص نمودن فنوتیپهای برتری که نتاج آنها در آزمایشهای بعدی ارزیابی خواهند شد، به کار می‌رود (شکل شماره ۵). خزانه منبع باید شامل جمعیتی باشد که به‌طور تصادفی آمیزش کرده و در تعادل لینکاژ است. RRPS کارآمدترین سیستم برای مشخص کردن فنوتیپهای برتر از این نوع خزانه منبع است. با استفاده از الگوی سوئیچ‌گراس، ۳ سال اول این روش همانند دوره اول RRPS خواهد بود. یک هزار گیاه در خزانه ارزیابی مستقر شده و ۱۰۰ ژنوتیپ برای تلاقی داخل توده‌ای در خزانه پلی‌کراس انتخاب می‌گردند. مقادیر مساوی بذر از هر گیاه در دوره اول خزانه پلی‌کراس برداشت می‌شود و با ژنوتیپهای مادری مخلوط می‌شوند. بعد این مقادیر زیاد برای ایجاد یک خزانه ارزیابی تکراردار نتاج هاف - سیب که در آن گیاهان با فاصله کاشته شده‌اند به کار برده می‌شوند. اگر چه ما تنها یک محل را بررسی می‌کنیم، اما می‌توان خزانه‌های ارزیابی را در محل‌های متعدد نیز ایجاد نمود.

برای ثابت نگهداشتن تعداد گیاهان در خزانه‌های ارزیابی در طول دوره یک برنامه اصلاحی به نحوی که بتوانیم میان آنها مقایسه‌هایی انجام دهیم، خزانه‌های انتخاب نتاج B & WFS شامل ۲ تکرار از ۱۰۰ خانواده با ۵ گیاه در هر خانواده در هر تکرار خواهد بود. پلاتها شامل ردیفهای انفرادی هستند که تک گیاهان به صورت فاصله‌دار روی آن کاشته شده‌اند. اگر چه طرح بلوک کامل تصادفی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، اما استفاده از طرحهایی از قبیل طرحی که تکرار درون بلوک آشیانه<sup>(۱)</sup> می‌شود یا طرح تکراردار در بلوک<sup>(۲)</sup> برای کاهش تغییرات ماده آزمایشی توصیه می‌شود (Schutz و Cockerham ۱۹۶۶). خزانه‌های ارزیابی نتاج را به ۱۰ بلوک تقسیم کرده و به صورت تصادفی ۱۰ خانواده انتخابی به هر یک از این بلوکها منتسب می‌کنیم و بعد به‌طور



انتخاب دوره‌ای بین فامیلی و درون فامیلی  
هاف سیب (B & W FS)



شکل شماره ۵- انتخاب دوره‌ای میان خانواده‌ای و درون خانواده‌ای هاف سیب

(B & W FS)

مستقل خانواده‌ها را در هر بلوک به طور تصادفی قرار می‌دهیم، به طوری که هر بلوک یک آزمایش بلوک کامل تصادفی باشد.

در الگوی سوئیچ‌گراس، از سال اول ارزیابی نتاج برای ایجاد خزانه استفاده می‌شود. بعد در سال دوم خانواده‌ها بر پایه پلات ارزیابی می‌گردند، سال سوم برای مشخص کردن برترین گیاهان در درون برترین خانواده‌ها در نظر گرفته می‌شوند و در سال چهارم گیاهان انتخابی به خزانه‌های ایزوله منتقل شده و پلی‌کراس می‌شوند. این امکان وجود دارد که ارزیابی خانواده‌ها و تک‌گیاهان تنها در یک سال انجام شود. با این وجود، قسمت بیشتر کار اصلاحی در زمینه عملکرد و کیفیت علوفه است. اجرای انتخاب درون خانواده‌ای و میان خانواده‌ای در همان سال مستلزم آن خواهد بود که ما عمل برداشت را انجام داده و آزمایش‌های کیفیت را در مورد ۱۰۰۰ گیاه انجام دهیم. با انجام ارزیابی طی مراحل مختلف، میزان برداشت و کار آزمایشگاهی را تا حدود ۵۰٪ کاهش می‌دهیم. در سال اول ۲۰۰ پلات مربوط به فامیل و در سال دوم در مجموع ۲۰۰ تک‌بوته (۲۰ خانواده با ۱۰ گیاه در هر خانواده) را برداشت می‌کنیم. در مجموع ۴۰۰ پلات یا بوته برداشت شده و تجزیه می‌شوند. اگر چه این روش از نظر زمانی یکسال بیشتر طول می‌کشد، ولی امکانات و منابع حاصل از صرفه‌جویی می‌تواند در اجرای کارهای اصلاحی درباره سایر جوامع گیاهی صرف‌گردد.

اگر طرح بلوک کامل تصادفی مورد استفاده قرار گیرد ۵ گیاه برتر از ۲۰ فامیل برتر در خزانه انتخاب خواهند شد (۱۰۰ گیاه) و به یک محل ایزوله برای پلی‌کراس منتقل می‌شود. اگر یک طرح تکرار در بلوک استفاده شود ۲ خانواده برتر در هر بلوک منفرد انتخاب خواهند شد. برای شروع چرخه بعدی انتخاب ۵ گیاه برتر در درون هر یک از این خانواده‌ها برای پلی‌کراس کردن انتخاب خواهد شد. استفاده از طرح تکرار در بلوک، خزانه انتخاب خانواده‌های خواهر برادر ناتنی را به واحدهای کوچکتر انتخاب تقسیم می‌کند که تنوع محیطی را کاهش داده و کارایی انتخاب را افزایش خواهد داد. در صورت

امکان تعداد برابری از گیاهان از هر پلات خانواده انتخاب می‌شوند. چون در الگو می‌خواهیم ۵ گیاه از هر خانواده انتخاب نمایم ۳ گیاه را از یک تکرار و ۲ گیاه را از تکرار دیگر انتخاب خواهیم کرد. بذر حاصل از خزانه پلی‌کراس دوباره می‌تواند برای شروع دوره دیگری از انتخاب به کار برده شده و بذر برای آزمایش و ازدیاد تولید نماید.

این سیستم اصلاحی مزایای بیشتری نسبت به آزمون نتاج خانواده‌ای خواهر برادر ناتنی متداول دارد. با انتخاب گیاهان از درون خانواده‌ها، این احتمال وجود دارد که اندازه مناسب جمعیت حفظ گردد که اینبریدینگ را کاهش می‌دهد (جدول شماره ۳). چون نوترکیبی در هر خزانه پلی‌کراس رخ می‌دهد چرخه‌های دوره‌ای انتخاب به صورت مؤثری می‌تواند مورد استفاده قرار گرفته و نتایج موردانتظار از انتخاب به طور قابل ملاحظه‌ای بهتر هستند (جدول شماره ۲). اگر ارزیابی‌های درون‌خانواده‌ای و میان‌خانواده‌ای همگی در همان سال اول کامل شوند، با فرض اینکه واریانس فنوتیپی میان گیاهان و خانواده‌ها در خزانه‌های ارزیابی مشابه باشند، نتایج موردانتظار از انتخاب با RRPS قابل مقایسه هستند. اگر ارزیابی‌های خانواده‌ای و درون‌خانواده‌ای در سالهای جداگانه برای B & WFS تکمیل گردند، RRPS کارایی بیشتری خواهد داشت. با این وجود، اگر قابلیت توارث‌پذیری صفات مطلوب پائین باشد انحراف معیار فنوتیپی گیاهان در خزانه انتخاب RRPS می‌تواند بزرگتر از انحراف معیار فنوتیپی میان خانواده‌های خواهر برادر ناتنی بر اساس میانگین پلات بوده یا بزرگتر از انحراف معیار میان گیاهان در درون خانواده‌های انتخابی خواهر برادر ناتنی باشد که این امر باعث کارایی بیشتر B & WFS خواهد شد. چون گزارش‌های خانواده نگهداری می‌شود نسبت اینبریدینگ می‌تواند نشان داده شود.

Aastveit و Aastveit (۱۹۹۰) در یک مطالعه ژنتیکی درباره فستوکا چمنی<sup>(۱)</sup>

(فستوکا پاراتنسیس)<sup>(۱)</sup> گزارش کردند که تنوع افزایشی در مورد عملکرد در درون خانواده‌های خواهر برادر ناتنی سه برابر مقادیر نظری مورد انتظار بود در حالی که در میان خانواده‌ها به همان میزان مورد انتظار بود. آنها همچنین گزارش کردند که نتایج حاصل از انتخاب در جامعه گیاهی آنها برای انتخاب درون و میان خانواده‌ای خواهر برادر ناتنی بهتر از انتخاب میان کلنهای تکراردار یا خانواده‌ها بود. آنها همچنین شکل تغییر یافته‌ای را برای انتخاب درون و میان خانواده‌ای هاف - سیب پیشنهاد نمودند که در آن کلنهای والد و نتاج در یک خزانه کشت شوند. این امر اطلاعاتی مانند اطلاعات مربوط به انتخاب خانواده‌ای دوره‌ای چندمرحله‌ای (در ذیل) فراهم خواهد ساخت، اما کار مزرعه‌ای بیشتری را می‌طلبد.

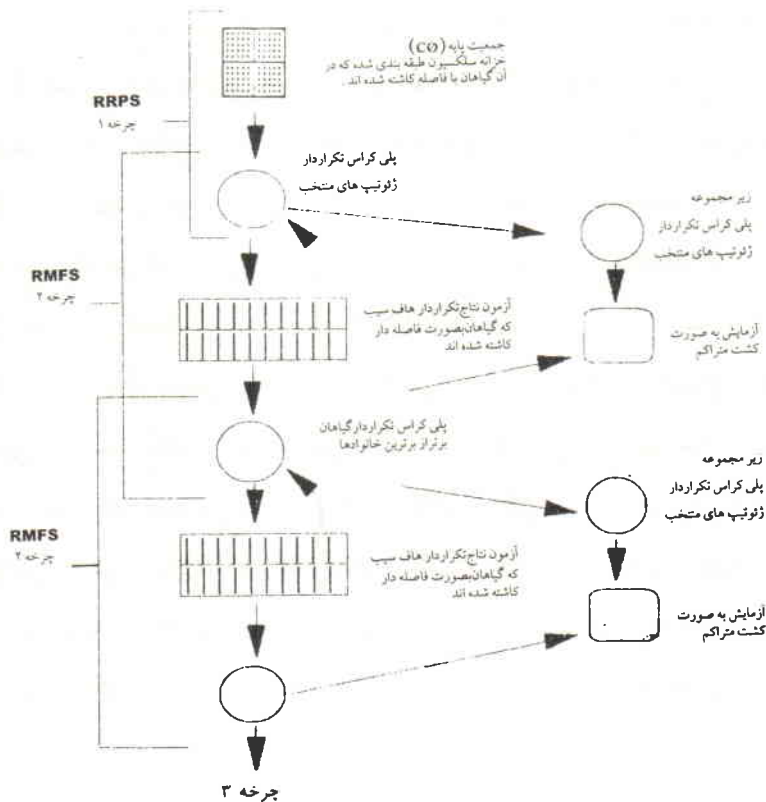
### انتخاب خانواده‌ای دوره‌ای چندمرحله‌ای

انتخاب خانواده‌ای دوره‌ای چندمرحله‌ای (RMFS) شکل تغییر یافته‌ای از انتخاب درون و میان خانواده‌ای است که اکنون آن را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم. این روش درست مانند B & WFS اجرا می‌گردد به جز در مورد خزانه پلی‌کراس که برای تولید بذر جهت آزمون نتاج هاف - سیب بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد و تا زمانی که ارزیابی تکمیل گردد نگهداری می‌شود (شکل شماره ۶). اطلاعات مربوط به خزانه ارزیابی درون و میان خانواده‌ای در موارد زیر مورداستفاده قرار می‌گیرد. ۱- انتخاب بهترین گیاهان از بهترین خانواده‌ها از خزانه نتاج به جهت پلی‌کراس کردن دقیقاً همانند سیستم B & WFS و ۲- انتخاب یک زیرمجموعه از ژنوتیپهای برتر حاصل از خزانه پلی‌کراس والد که با استفاده از میانگین‌های بدست آمده از نتاج تکراردار آنها صورت می‌گیرد. بعد از زیرمجموعه ژنوتیپهای برتر حاصل از خزانه پلی‌کراس والد به یک خزانه

پلی‌کراس جداگانه منتقل می‌شوند. بعد از شروع، هر دوره انتخاب دو جمعیت را برای آزمون ایجاد می‌نماید، یک جمعیت برگزیده و نخبه شامل ژنوتیپهایی که نتایجشان آزمایش شده و جمعیت دیگری که از نظر ژنتیکی پایه و سיעتری داشته که می‌تواند برای اخذ نتایج دوره پیشین انتخاب و ادامه فرآیند انتخاب دوره‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

RMFS علاوه بر داشتن تمام مزایای WFS & B، اجازه تشخیص ژنوتیپهای برگزیده و نخبه را نیز می‌دهد. این ژنوتیپها می‌توانند برای تولید ارقام مصنوعی یا احتمالاً جمعیت‌های کولتیوارهای هیبرید<sup>(۱)</sup> به کار گرفته شوند. این عمل با تلاقی میان ژنوتیپهایی که از جوامع مختلف گرفته شده‌اند صورت می‌گیرد. اگر دستاورد حاصل از انتخاب ژنوتیپهای برتر در خزانه پلی‌کراس والد بر دستاوردهای حاصل از ژنوتیپ‌هایی از خزانه پلی‌کراس که در دوره پیشین انتخاب مشخص شده بودند اضافه گردد، دستاورد بالقوه حاصل از انتخاب احتمالاً بهتر از RRPS خواهد بود (شکل شماره ۶ و جدول شماره ۲). در حال حاضر این سیستم اصلاحی را برای گراسهای سردسیری و گرمسیری ارزیابی می‌کنیم، اما تا این تاریخ هیچ‌گونه داده و اطلاعاتی برای مقایسه دستاوردهای نظری و عملی در دسترس نیست. داده‌های حاصل از این سیستم اصلاحی همچنین یک به‌نژادگر را قادر می‌سازد تا واریانس‌های ژنتیکی را با استفاده از تجزیه اجزاء واریانس و رگرسیون والد - نتاج برآورد نماید. این امر به‌نژادگر را قادر می‌سازد تا تنوع ژنتیکی افزایشی در یک جامعه گیاهی برای هر دوره انتخاب و میزان اینبریدینگ را نشان دهد.

### سلکسیون بین فامیلی و درون فامیلی هاف سیب دوره‌ای چندمرحله‌ای (RMFS)



شکل شماره ۶- انتخاب میان خانواده‌ای و درون خانواده‌ای خواهر برادر ناتنی چند مرحله‌ای (RMFS)

## دستاوردهای انتخاب

## الف) فاصله زمانی در هر دوره

فاصله زمانی در هر دوره یکی از عوامل اولیه و تعیین‌کننده کارایی یک سیستم اصلاحی است. زمان در هر دوره برای هر یک از سیستم‌هایی که بحث شده است در جدول ۱ خلاصه شده است. اگر خانواده‌ها و گیاهان درون خانواده‌ها در سالهای جداگانه ارزیابی گردند سیستم‌های انتخاب خانواده برای هر دوره، یک سال بیشتر زمان می‌برد. اگر ارزیابی درون و میان خانواده‌ای همگی در همان سال انجام شود، مدت زمان طی شده در هر دوره همانند RRPS خواهد بود. در سیستم RRPS (Burton ۱۹۷۴)، برای پנסاکولا با هیاگراس می‌تواند یک دوره را در یک سال تکمیل نماید. همچنین، اگر همان روشهای کار در مورد گیاهان اعمال گردند در باهیاگراس برای B & WFS و RMFS یک دوره در یک سال می‌تواند تکمیل گردد. مدت زمان هر دوره بیشتر از اینکه به سیستم اصلاحی بستگی داشته باشد به ویژگیهای منحصر به فرد گراس، توان به‌نژادگران در دستکاری صفات گیاه و منابع انسانی و مالی قابل دسترس به‌نژادگر وابسته است. ممکن است در پیشرفت خیلی سریع در یک برنامه اصلاحی معایبی وجود داشته باشد. در این اواخر در یکی از جوامع سوئیچ‌گراس که برای افزایش قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده خشک گیاهان خزانه انتخاب بکار می‌رفت، بیش از ۹۰٪ بوته‌ها در اولین سال استقرار در زمستان از میان رفتند. اگر کار به صورت یک دوره در یک سال انجام شده بود، ممکن بود دوره‌های متعددی از انتخاب را بدون اینکه مشکل زنده ماندن در زمستان، تشخیص داده شود ادامه دهیم.

## ب) دستاورد بالقوه در هر دوره

دستاورد بالقوه هر دوره در سیستم‌های اصلاحی انتخاب دوره‌ای به تنوع ژنتیکی در جامعه، وراثت‌پذیری صفت، شدت انتخاب، کارایی تلاقی یا پلی‌کراس کردن سیستم بستگی دارد. (Falconer ۱۹۸۱؛ Empig و همکاران ۱۹۷۲؛ Nyquist ۱۹۹۱)؛

دستاورد مورد انتظار هر دوره در هر سال (جدول شماره ۲) مقادیر مورد انتظار معادله‌های دستاورد که به وسیله مؤلفان پیشین گزارش شده بودند با سیستم اصلاحی که برای گراسهای دگرگشن چندساله شرح داده شد، بکار گرفته شدند. میزان دستاورد مورد انتظار به وسیله واریانس ژنتیکی افزایشی بیان می‌شود. در تمام سیستم‌های اصلاحی، چنین فرض شد که کلنهای انتخابی در خزانه‌های پلی‌کراس ایزوله با یکدیگر تلاقی داده خواهند شد. آزمون نتاج خواهر برادر ناتنی متداول که سالهای بسیاری از جمله سیستم‌های اصلاحی بود و به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گرفت تاکنون کمترین کارایی را داشته است. اگر ارزیابی خانواده‌ای و درون‌خانواده‌ای در همان سال انجام شود، انتخاب درون‌خانواده‌ای و میان‌خانواده‌ای و RMFS همان کارایی RRPS خواهند داشت.

### ج) همخونی بالقوه در هر دوره

همخونی می‌تواند عملکرد گراسهای دگرگشن را کاهش دهد. چون هدف روشهای انتخاب افزایش فراوانی آللهای مطلوب است، به‌طور قطع هر شکلی از انتخاب دوره‌ای به مقداری همخونی منجر خواهد شد. میزان همخونی باید در سطح پایین نگه داشته شود تا نتایج اصلاح به وسیله افسردگی همخونی (اثرات سوء حاصل از خویش‌آمیزی) حذف نشده و کاهش نیابند. مقادیر قابل انتظار همخونی برای سیستم‌های اصلاح که شرح داده شد (جدول شماره ۳) نشان می‌دهد که افسردگی همخونی (اثرات سوء حاصل از خویش‌آمیزی) تنها در صورتی به‌عنوان یک مشکل جلوه می‌کند که آزمون نتاج هاف - سیب متداول به‌عنوان یک سیستم اصلاحی انتخاب دوره‌ای مورد استفاده قرار گیرد.



## د) پلی‌کراس کردن

در هر یک از سیستم‌های اصلاحی که در پیش شرح داده شد، گیاهان انتخابی در خزانه‌های پلی‌کراس ایزوله با یکدیگر تلاقی داده می‌شوند. طبق نظر Fehr (۱۹۸۷) مفهوم پلی‌کراس به ظاهر به‌طور مستقل توسط Frandsen و Tysdal و همکارانش در نبراسکا<sup>(۱)</sup> ابداع شده بود. منظور از پلی‌کراس تلاقی تصادفی میان گیاهان انتخابی برای تولید فرزندان برای دوره بعدی انتخاب، تثبیت دستاوردهای حاصل از آخرین دوره انتخاب و آغاز فرآیند ازدیاد بذر برای ارزیابی و احتمالاً آزاد ساختن است. تعریف مفید و مختصر Allard (۱۹۶۰) از پلی‌کراس عبارتست از گرده‌افشانی آزاد گروهی از ژنوتیپها (به‌طور عام انتخابی) در محیطی عاری از سایر ژنوتیپهای رقیب، به صورتی که تلاقی تصادفی در میان خودشان انجام شود. این در واقع یک تاپ‌کراس است که در آن گیاهان منتخب با یکدیگر تلاقی داده می‌شوند. (Sleper, ۱۹۸۷).

دو جنبه بسیار مهم پلی‌کراس کردن گیاهان انتخابی، ایزوله بودن و آمیزش تصادفی است. ایزوله کردن به طوری که تنها گیاهان انتخابی با گیاهان انتخابی تلاقی داده شوند امری اساسی است. ایزوله کردن می‌تواند یا به صورت فیزیکی با انتقال گیاه انتخابی به مزرعه یا گلخانه ایزوله و یا با قراردادن گل آذین گیاهان در داخل کیسه‌های پارچه‌ای و تلاقی داخل توده‌ای گیاهان از دانه‌های گرده جمع‌آوری شده انجام گیرد.

با توجه به گونه مورد نظر می‌توان تغییراتی در این روش ایجاد نمود، به نحوی که کارآترین و اقتصادی‌ترین روش حاصل شود. در باهیاگراس، Burton (۱۹۷۴) ساقه‌های متصل به ریشه را درست پیش از گلدهی از گیاهان انتخابی جمع‌آوری کرده و آنها را در پارچ پلاستیکی پر از آب قرار می‌دهد. تمام ساقه‌های جمع‌آوری شده با پاکتهای کاغذی بزرگ پوشانده می‌شوند. پاکتهای کاغذی و گیاهان جهت پخش دانه‌های

گرفته در درون کیسه هر روز تکان داده می‌شوند. ساقه‌های قطع شده بذره‌های پلی‌کراس شده تولید می‌کنند. Asay (۱۹۹۲، مذاکره شخصی) خوشه‌های ویت‌گراس خوشه‌دار را در کیسه قرار می‌دهد، دانه‌های گرده تمام گیاهان انتخابی را جمع‌آوری و با هم مخلوط می‌کند و پلی‌کراس را با انجام باروری خوشه‌های داخل کیسه با دانه‌های گرده جمع‌آوری شده تکمیل می‌نماید. در سوئیچ‌گراسها، پاجوشهای گیاهان انتخابی را جدا نموده و آنها را به خزانه‌های پلی‌کراس ایزوله انتقال می‌دهیم. این روش را بدان جهت به کار می‌بریم که نمی‌توانیم بذر کافی مورد نیاز را برای آزمون نسلهای اولیه با استفاده از سایر روشها بدست آوریم. دلیل دیگر این امر مشکلات نگهداری کیسه‌ها در روی گیاهان در محیط بادخیز است.

طبق قانون هاردی - وینبرگ فراوانی آللی در یک جامعه می‌تواند بایک دوره آمیزش تصادفی در غیاب انتخاب، آمیزشهای غیرتصادفی، مهاجرتها و جهشهای افتراقی تثبیت گردد. (Allard ۱۹۶۰). یک دوره از آمیزشهای تصادفی گیاهان انتخابی در یک خزانه پلی‌کراس فراوانی ژنی را تثبیت کرده و از این رو نتایج ژنتیکی حاصل از انتخاب را تثبیت می‌نماید. دو مشکل اصلی، آمیزشهای غیرتصادفی و انتخاب هستند، زیرا به بعضی ژنوتیپها به طور عمدی یا غیر عمدی بیشتر از نتاج هم ارزشان (بذر) در نسل بعدی اجازه حضور می‌دهند. مشکل انتخاب غیر عمدی می‌تواند با استفاده از مقدار بذر یکسان از هر ژنوتیپ حل گردد.

آمیزش تصادفی زمانی رخ می‌دهد که هر فرد از جامعه شانس مساوی برای آمیزش با هر یک از افراد دیگر جمعیت داشته باشد. غیرتصادفی بودن آمیزش می‌تواند به جهت همزمان نبودن گلدهی، تولید دانه گرده نامساوی و اثرات مربوط به موقعیت بوته‌ها در خزانه باشد. دوره‌های گلدهی کلهایی که پلی‌کراس می‌شوند بایستی شناخته شده و گیاهانی با تاریخهای متفاوت گلدهی نباید در پلی‌کراس گنجانده شوند، مگر اینکه به‌نژادگر به عمد تلاش کند تا حوزه سازش یک رقم را وسعت بخشد. در مورد گیاهان

همجوار احتمال بیشتری برای تلاقی در شرایط گرده‌افشانی به وسیله باد از گیاهانی وجود دارد که در فواصل دورتر هستند (Fehr ۱۹۸۷). Knowles (۱۹۶۹) ثابت نمود که گرده‌افشانی غیرتصادفی می‌تواند در پلی‌کراسهای بروم‌گراس رخ دهد. چون تمام گیاهان نمی‌توانند همجوار باشند، این مشکل می‌تواند از طریق تقسیم گیاهان انتخابی به قطعات کلنی یا پاجوشها و مضاعف‌کردن ژنوتیپها در خزانه پلی‌کراس با استفاده از بلوک کامل تصادفی، مربع لاتین یا طرح کامل تصادفی حل گردد. جنبه بسیار مهم انجام پلی‌کراس قراردادن گیاهان انتخابی در موقعیتهای تصادفی در خزانه پلی‌کراس است. روشهایی ابداع شده‌اند که گیاهان را به‌طور سیستماتیک در یک پلی‌کراس قرار می‌دهند (Olesen و Olesen، ۱۹۷۳)، اما به نظر می‌رسد که این روشها لزوم قراردادن تصادفی گیاهان را در پلی‌کراس خدشه‌دار می‌سازند. تولید گرده نامساوی می‌تواند با قراردادن گل‌آذین‌ها در کیسه‌ها، جمع‌آوری و مخلوط نمودن مقادیر مساوی از دانه گرده از هر گیاه و انتقال دانه گرده با دست را به گل‌آذین در داخل کیسه، کاهش دهد. در اصل در تمام متون اصلاح گیاهان (Allard ۱۹۶۰، Fehr ۱۹۸۷) در بخشهای مربوط به وارته‌های سنتتیک معادله‌ای ارائه شده است که Sewell Wright آن را در سال ۱۹۲۲ ابداع کرده است. این معادله عملکرد یک رقم سنتتیک را برآورد می‌نماید.

$$F_2 = \bar{F}_1 - \bar{P}/n$$

$F_2$  عملکرد پیش‌میان‌ی شده رقم سنتتیک است.  $\bar{F}_1$  میانگین عملکرد تمام سینگل‌کراسهای ممکن میان  $n$  گیاه در سنتتیک و  $\bar{P}$  میانگین عملکرد والدین است (Fehr، ۱۹۸۷). با این وجود، معادله در عمل برای ایجاد سنتتیک‌ها به همین سادگی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. به دست‌آوردن داده‌های مربوط به  $F_1$  از نظر زمان و هزینه بسیار گران تمام می‌شود. امروزه به‌طور معمول به‌نژادگران از داده‌های مربوط به تک‌گیاهان و نیز نتاج پلی‌کراس شده آنها برای انتخاب گیاهانی استفاده می‌کنند که سنتتیک‌ها را خواهند ساخت.

## ج) ارقام هیبرید

استفاده تجاری از هیبریدهای اکثر گیاهان مرتعی چندساله به استثناء آنهایی که در سطح وسیعی قادر به تکثیر رویشی هستند، توسعه نیافته است. این امر به دلیل ناتوانی در اخته کردن مؤثر تعداد زیادی از گیاهان در مزارع تولید بذر است. این مسأله مانع از آن شده است که به نژادگران در مورد اثرات هتروزیس که در بسیاری از گراسها در خصوصیات نظیر عملکرد علوفه وجود دارند سرمایه گذاری نمایند. خلاصه ای از روشهای ممکن برای تهیه هیبریدهای گراسهای علوفه ای در سالهای اخیر توسط (Burton, 1986) و Vogel و همکارانش (1989) گزارش گردیده است. این روشها شامل هیبریدهای تصادفی نسل اول، هیبریدهای خودناسازگار، هیبریدهای با نر عقیمی سیتوپلاسمی، هیبریدهای آپومیکتیک و هیبریدهای حاصل از استفاده از گرده گشهای شیمیایی است. تا این تاریخ، هیبریدهای تصادفی نسل اول و هیبریدهای آپومیکتیک در مورد تعداد محدودی از گراسها تولید شده اند. هیبریدها در حال حاضر دیگر یک روش عملی تولید ارقام برای گراسهای دگرگرده افشان نیستند. پیشرفتهای علم و فن آوری می تواند به جایی برسد که ایجاد ارقام هیبرید از نظر اقتصادی، عملی باشد. با این حال، تولید هیبریدها به سیستم تولید هیبریدها و نیز به گیاهان مناسب حاصل از گروههای هتروتیک بستگی دارد. در نتیجه در برنامه های اصلاحی گراس USDA-ARS در دانشگاه نبراسکا، در حال اجرای اصلاح جوامع گیاهی در مورد هر یک از گراسهائی هستیم که برای اصلاح آنها تلاش می شود. کلنهای برتر حاصل از جوامع جداگانه توسط تعدادی از روشهائی که در پیش ارائه شد و یا با روشهای جدید دورگ گیری می تواند برای تولید هیبرید مورد استفاده قرار گیرد. همچنین افراد جوامع می توانند با یکدیگر تلاقی درون گروهی داده شوند که این امر به تشکیل جوامعی منجر می شود که واریانس ژنتیکی صفات مطلوب در آنها افزایش یافته است.

## تشکر و قدردانی

از آقای دکتر حسین میرزائی ندوشن که اصل مقاله را در اختیار قرار داده، و در طول ترجمه راهنمایی‌های ارزنده‌ای کرده‌اند بی‌نهایت سپاسگزارم و نیز از خانم عباسپور که زحمت حروفچینی این مقاله کشیده‌اند صمیمانه تشکر می‌نمایم.

## منابع

- Aastveit, A. H., and K. Aastveit. 1990. Theory and application of open-pollination and polycrossin forage grass breeding. *Theor. Appl. Genet.* 79: 618-624.
- Allard, R. W. 1960. *Principles of plant breeding*. Wiley, New York.
- Asay, K. H., Rod V. Frakes, and Robert C. Buckner. 1979. Breeding and cultivars. p. 111-139. In: Robert C. Buckner and Lowell P. Bush (eds.) *Tall Fescue*. Agronomy Monograph 20. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI.
- Barker, R. E., and R. R. Kalton. 1989. Cool-season forage grass breeding: progress, potentials, and benefits. p. 5-20. In: D. A. Sleper, K.H. Asay, and J. F. Pedersen (eds.), *Contributions from Breeding Forage and Turf Grasses*. Crop Science Special Publication Number 15. Crop Science Society of America, Madison, WI.
- Bashaw, E.C., and C. Reed Funk. 1987. Apomictic grasses. pp. 40-82. In: Walter R. Fehr. (ed.), *Principles of Cultivar Improvement*. Macmillan, New York.
- Burson, B. L. 1980. Warm-season grasses. p. 695-708. In: W. R. Fehrand H. H. Hadley (eds.), *Hybridization of Crop Plants*. Am. Soc. of Agron. Crop Sci. Soc. of Am., Madison, WI.
- Burton, Glonn W. 1974. Rocurrent restricted phenotypic selection

- increases forage yields of Pensacola bahiagrass. *Crop Sci.* 14: 831-835.
- Burton, Glenn W. 1982. Improved recurrent restricted phenotypic selection improves Bahia forage yields. *Crop Sci.* 22: 1058-1061.
- Burton, Glenn W. 1986. Developing better forages for the south. *J. Anim. Sci.* 63: 63-65.
- Burton, Glenn W., 1989a. Progress and benefits to humanity from breeding warm-season forage grasses. p. 21-29. In: D. A. Sleper, K. H. Asay, and J. F. Pedersen (eds.), *Contributions from Breeding Forage and Turf Grasses*. Crop Science Special pub. 15. Crop Society of America, Madison, WI.
- Burton, Glenn W., 1989b. Registration of Tifton 9 pensacola bahia grass. *Crop Sci.* 29:1326.
- Burton, Glenn W. 1992. Recurrent Restricted Phenotypic Selection. *Plant Breed. Rev.* 9: 101-113.
- Carnahan, HJ. L., and Helen D. Hill. 1961. Cytology and genetics of forage grasses. *Bot. Rev.* 27: 1-162.
- Dewey, Douglas R., 1978. Intermediate wheat grasses of Iran. *Crop Sci.* 18: 43-48.
- Empig, L. T., C. O. Gardner, and W. A. Compton. 1972. Theoretical gains for different population improvement procedures. *Nebraska Agr. Expt. Sta. Bul. Misc. Pub.* 26 (revised).
- Falconer, D. S. 1981. *Introduction to Quantitative Genetics* 2nd ed. Longman, New York.
- Fehr, Walter R. 1987. *Principles of Cultivar Development*. Vol. 1. Macmillan, New York.
- Gardner, C. O. 1961. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yields of corn. *Crop Sci.* 1: 241-245.

- Hallauer, Arnel R., and J. B. Miranda, Fo. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. Press. Ames, IA.
- Hanna, W. W., and E. C. Bashaw. 1987. Apoxmis: Its identification and use in plant breeding. *Crop Sci.* 27: 1136-1139.
- Hanson, A. A. 1972. Grass varieties in the United States. USDA Agri. Hand. 170. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- Hanson, A. A., and H. L. Carnahan. 1956. Breeding perennial forage grasses. USDA Tech. Bul. 1145. Washington, D. C.
- Hovin, A. W. 1980. Cool - season grasses. p. 285-298. In: W. R. Fehr and H. H. Hadley (eds.) Hybridization of Crop Plants. Am. Soc. of Agron. Crop Sci. Soc. of Am., Madison, WI.
- Knowles, R. P. 1969. Non - random pollination in polycrosses of smooth bromegrass. *Crop Sci.* 9: 58-61.
- Kempthorne, Oscar. 1957 An Introduction to Genetic Statistics. John Wiley, New York.
- Meyer, William A., and C. Reed Funk. 1989. Progress and benefits to humanity from breeding cool-season grasses for turf. p. 31-48. In: D. A. Sleper, K. H. Asay, and J. F. Pedersen (eds.), Contributions from Breeding Forage and Turfgrasses. Crop Science Special publ. 15. Crop Science Society of America, Madison, WI.
- Nguyen, H. T., and D. A. Sleper. 1983. Theory and application of half-sib matings in forage grass breeding. *Theor. Appl. Genet.* 64: 187-196.
- Nyquist, Wyman E. 1991. Estimation of heritability and prediction of selection response in plant populations. *Crit. Rev. Plant Sci.* 10: 235-322.

- Olesen, Knud, and Olesen. O. J. 1973. A polycross pattern formula. *Euphytica* 22: 500-502.
- Poehlman, J. M. 1987. *Breeding field crops* 3rd ed. AVI, Westport, Conn.
- Schutz, W. M. and C. C. Cockerham. 1966. The effect of field blocking on gain from selection. *Biometrics* 22: 843-846.
- Sleper, David A. 1987, Forage Grasses, P. 161-208. In: Walter R. Fehr. (ed.) *Principles of Cultivar Improvement*. Macmillan, New York.
- Vogel, K. P., H. J. Groz, and F. A. Haskins. 1989. Breeding grasses for the future. P. 105-122. in: D. A. Sleper, K. H. Asay, and J. F. Pedersen (ed.) *Contributions from Breeding Forage and Turf Grasses*. Crop Science Special Publ. 15. Crop Science Society of America, Madison, WI.
- Vogel, K. P., F. A. Haskins, H. J. Gorz, B. A. Anderson, and J. K. Ward. 1991. Registration of Trailblazer switchgrass. *Crop Sci.* 31: 1388.
- Wilkins, P. W. 1991. Breeding perennial ryegrass for agriculture *Euphytica* 52: 201-214.