



تعیین تیپ ایده آل آفتابگردان در منطقه گنبد با استفاده از مدل سازی رگرسیونی

براتعلی خزائی^۱، افشین سلطانی^{۲*}، ابوالفضل فرجی^۳ و امیر حجارپور^۴

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، ^۲ استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و

منابع طبیعی گرگان، ^۳ دانشیار و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان،

^۴ دانشجوی سابق دکتری گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: متخصصین اصلاح نباتات جهت انتخاب اهداف اصلاحی خود از میان صفات مختلف فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی نیازمند دسته بندی محدودیت ها و همچنین قابلیت های موجود در گیاهان هستند؛ این موضوع باعث به وجود آمدن مفهومی به نام تیپ ایده آل شده است. رسیدن به تیپ ایده آل گیاهان زراعی مستلزم استفاده از روش های آماری مناسب است. هدف این مطالعه معرفی روش استفاده از مدل سازی رگرسیونی جهت تعیین تیپ ایده آل گیاهان زراعی به صورت موردی بر روی گیاه آفتابگردان در جنوب شهرستان گنبد کاووس می باشد.

مواد و روش ها: با انجام آزمایشی با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۲ هیبرید آفتابگردان، داده های مورد نیاز جهت استفاده در مدل سازی رگرسیونی جمع آوری شدند. به منظور تعیین مهمترین صفات و نشان دادن سهم صفات مختلف در تشکیل و تعیین عملکرد دانه از روش گزینش متغیر و رگرسیون چندگانه استفاده شد. با استفاده از رگرسیون چندگانه، ارتباط بین عملکرد با کلیه صفات به صورت کمی تعیین شد. همچنین با توجه به همبستگی منفی و یا مثبت موجود بین متغیرهای مؤثر در عملکرد، برای تعیین تیپ ایده آل فرضیه های مختلفی مطرح و جوانب مختلف آن مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: پنج صفت حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر تعداد برگ، وزن هزار دانه، درصد پوکی و درصد روغن که در افزایش عملکرد بیشترین نقش را داشتند، با استفاده از رگرسیون چندگانه، شناسایی و مقدار مطلوب هر

* نویسنده مسئول: afsoltani@yahoo.com

یک از آنها مشخص شدند. این پنج متغیر، ۵۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. نتایج نشان داد چنانچه ارتباط و همبستگی موجود بین برخی صفات دستخوش تغییرات قرار گیرد، می‌توان از آن به نفع عملکرد بهره جست. با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو متغیر درصد روغن و حداکثر ماده خشک، برای تعیین تیپ ایده‌آل فرضیاتی مطرح شدند. اگر همبستگی موجود بین صفات درصد روغن و حداکثر تجمع ماده خشک قابل شکستن نباشد، عملکرد تیپ ایده‌آل نسبت به متوسط عملکرد هیبریدهای آفتابگردان ۸۱۲ (از ۲۰۸۰ به ۲۸۹۲) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. در صورتی که مقدار حداکثر ماده خشک افزایش و درصد روغن در حد متوسط بماند، عملکرد تیپ ایده‌آل ۸۷۳ (از ۲۰۸۰ به ۲۹۵۳) کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد و چنانچه همبستگی بین حداکثر ماده خشک و درصد روغن شکسته شود، مقدار افزایش عملکرد ۹۹۹ (از ۲۰۸۰ به ۳۰۷۹) کیلوگرم در هکتار خواهد بود.

نتیجه‌گیری: متوسط عملکرد در تیپ ایده‌آل آفتابگردان از ۲۰۸۰ کیلوگرم در هکتار به ۲۸۹۲ تا ۳۰۷۹ کیلوگرم در هکتار قابل افزایش است. نتایج روش مورد استفاده در این تحقیق به علت اینکه به اختلافات ژنتیکی بین ارقام توجه دارد، می‌تواند در کنار سایر روش‌ها راهگشای متخصصان اصلاح نباتات در جهت حرکت به سمت تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی باشد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح نباتات، تیپ ایده‌آل گیاهان، رگرسیون چندگانه، همبستگی صفات.

مقدمه

متخصصین اصلاح نباتات جهت انتخاب اهداف اصلاحی خود از میان صفات مختلف فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی نیازمند دسته‌بندی محدودیت‌ها و همچنین قابلیت‌های موجود در گیاهان هستند (۱)؛ این موضوع باعث به‌وجود آمدن مفهومی به نام تیپ ایده‌آل شده است. این مفهوم اولین بار توسط دونالد (۱۹۶۸) جهت فائق آمدن بر محدودیت‌های روش‌های مورد استفاده به وسیله اصلاح‌گران، مطرح شد (۲). دونالد بیان داشت که با استفاده از دانش موجود در زمینه فیزیولوژی گیاهان زراعی باید به توصیف گیاهانی با راندمان تولید بالا پردازیم و سپس در جهت اصلاح به سمت این گیاهان پیش برویم. بر اساس این دیدگاه متخصصین اصلاح نباتات به جای روش‌های قدیمی انتخاب برای عملکرد بالاتر باید به سمت دست‌یابی به تیپ ایده‌آل بروند. اخیراً مارتز و همکاران (۲۰۱۵) در تعریفی جامع، تیپ ایده‌آل را ترکیبی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی-یا پایه‌های ژنتیکی آنها- دانسته‌اند که قابلیت استفاده از حداکثر کارکردهای گیاهی در یک محیط بیوفیزیکی همراه با مدیریت زراعی مشخص را به وجود می‌آورد (۳).

روش‌های مختلفی برای تعیین صفات مطلوب و تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی وجود دارد. یک روش معمول عبارت از مقایسه عملکرد لاین‌های همسان (ایزولاین) و نزدیک به همسان گیاهان است (۴)، روش دیگر که اخیراً کاربرد بیشتری یافته است، استفاده از مدل‌سازی گیاهان زراعی است (۳). با این حال اگر چه مدل‌ها ابزاری قدرتمند جهت شناسایی مکانیزم‌هایی هستند که منجر به عملکرد نهایی می‌شوند و ترکیب شبیه‌سازی، همراه با آخرین رهیافت‌ها و روش‌های جدید اصلاح نباتات (۵) می‌تواند به نتایج موفقیت آمیزی دست یابد اما پارامترهای موجود در مدل‌ها می‌تواند صحت و درستی یک تیپ ایده‌آل را زیر سوال ببرد (۶)؛ بنابراین شاید در جایی که مدل‌های آزمون شده وجود دارد، راه‌حل ساده‌تر، استفاده از مدل‌ها باشد. مدل‌های گیاهی جهت پارامتریابی و ارزیابی نیازمند حجم زیادی داده می‌باشند که در طی سالیان مختلف جمع‌آوری شده و دارای کیفیت مطلوبی نیز باشند. آزمایشات مزرعه‌ای در کنار استفاده از مدل‌ها دست محقق را جهت انتخاب راه‌حل‌های متفاوت باز می‌گذارد (۷)؛ البته این آزمایشات مزرعه‌ای هنگامی مفید به فایده می‌باشند که از روش‌های آماری مناسب و یا داده‌کاوی^۱ جهت آنالیز پاسخ‌ها استفاده بشود. از روش‌های آماری می‌توان به تجزیه

ضرایب مسیر و یا استفاده از مدل‌های رگرسیونی چندگانه و گزینش متغیر اشاره کرد. در این روش‌ها ارتباط میان صفات مختلف با یکدیگر و با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه بررسی شده و سهم نسبی هر یک از صفات در تعیین عملکرد و شناسایی موانع و محدودیت‌های دستیابی به حداکثر عملکرد یک گیاه در محیطی معین ارزیابی می‌شود (۸).

از آنجا که دستیابی به عملکرد بالا و افزایش درصد روغن از اهداف اصلی در تولید آفتابگردان بوده است (۹)، در این تحقیق صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیکی هیبریدهای مختلف آفتابگردان مورد بررسی قرار گرفتند و به‌منظور تعیین مهمترین صفات در تشکیل و تعیین عملکرد دانه، با بهره‌گیری از رهیافت گزینش متغیر و رگرسیون چندگانه، معادله عملکرد تعریف گردید. در ادامه با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو متغیر درصد روغن و حداکثر ماده خشک، برای تعیین تیپ ایده‌آل فرضیاتی مطرح و با توجه به هر فرض، مقدار افزایش عملکرد برآورد گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱، در مزرعه‌ای واقع در جنوب گنبد کاووس با موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۶ دقیقه شمالی و ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۸ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک زمین آزمایش سیلتی لومی بود. این آزمایش، با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۲ هیبرید آفتابگردان اجرا شد (جدول ۱). طول هر کرت آزمایشی ۵ متر، عرض آن ۳ متر، فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها نیز ۳ متر در نظر گرفته شد. زمین محل اجرای طرح، پس از برداشت گندم در خردادماه همان سال با دو دیسک عمود بر هم آماده گردید. براساس نتایج آزمون خاک (عمق ۳۰ سانتی‌متری)، از کود گوگرد به نسبت ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و کود اوره به نسبت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیط در مراحل قبل از کاشت و در زمان ساقه رفتن استفاده شد. کاشت در ۲۹ خرداد و به‌صورت دستی انجام گردید. آبیاری در مراحل اولیه و رشد رویشی به‌صورت بارانی و در نوبت پایانی (پر شدن دانه) به‌صورت غرقابی انجام گرفت. دفع علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی صورت گرفت.

نمونه‌برداری از کرت‌ها، ۵ هفته پس از کاشت و با فاصله هر سه هفته یک بار صورت گرفت. در هر مرحله ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک بوته‌ها اندازه‌گیری شد. مراحل فنولوژیک روز تا ظهور

گیاهچه در سطح خاک، روز تا ستاره سو، روز تا ۷۰ درصد گلدهی، روز تا زرد شدن پشت طبق، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و روز تا رسیدگی برداشت بر اساس روش اشنایدر و میلر (۱۹۸۱) ثبت شدند (۱۰).

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های آفتابگردان مورد بررسی

Table 1. Names of studied sunflower genotypes

ردیف	نام ژنوتیپ	ردیف	نام ژنوتیپ
No.	Genotype Name	No.	Genotype Name
1	Hysun25	7	Tekay
2	Hysun33	8	Tarsan 1018
3	Hysun36	9	palmino
4	Sanbro	10	oslo
5	Sirena	11	Albird
6	Ilkay	12	Alybro

برای محاسبه عملکرد، از مساحت ۴ مترمربع با رعایت حاشیه استفاده شد. حداکثر تجمع ماده خشک، تعداد دانه، تعداد دانه پوک، وزن دانه و شاخص برداشت از دیگر صفات مورد اندازه‌گیری بودند. درصد پوکی از نسبت دانه‌های پوک و پر، درصد روغن با روش NMR (۱۱) و درصد پروتئین از روش کج‌جدال (۱۲) تعیین شدند.

به‌منظور تعیین مهمترین صفات و نشان دادن سهم صفات مختلف در تشکیل و تعیین عملکرد دانه از روش گزینش متغیر و رگرسیون چندگانه استفاده شد. در این روش نقش صفات مختلف در تعیین عملکرد با استفاده از رگرسیون بالاترین ضریب تبیین^۱ (به اختصار maxr نامیده می‌شود)، که از انواع روش‌های گزینش متغیر بوده و مشابه روش پیش‌رونده^۲ عمل می‌کند، بررسی شد. با استفاده از این روش ارتباط بین عملکرد با کلیه صفات به‌صورت کمی تعیین شد و از بین ۵۲ صفت مورد ارزیابی، بهترین مدل‌های یک متغیره تا ۲۷ متغیره مشخص شدند. مقادیر حداقل، حداکثر، متوسط و سطح معنی‌داری ۲۷ صفت برگزیده و مؤثر بر عملکرد در جدول ۲ آمده است. انجام کلیه مراحل فوق با استفاده از نرم‌افزار SAS و دستورات مربوط به رویه‌های نرم‌افزار (۱۳) انجام شد. در اصل در این روش کلیه صفات مؤثر بر عملکرد به عنوان متغیرهای مستقل، و عملکرد به عنوان متغیر وابسته در نظر

1. Forward Selection
2. Maximum R2 improvement

گرفته می‌شوند و در نهایت بهترین مدل‌های رگرسیونی یا معادله‌های تولید شامل ۱ تا p متغیر (در اینجا برابر با ۲۷) مشخص می‌شود. در هر مرحله انتخاب بهترین مدل رگرسیونی بر اساس بالاترین R^2 صورت می‌گیرد. همچنین مدل‌ها برای وجود چندهم‌راستایی با بررسی فاکتور تورم واریانس^۱ کنترل شدند (۱۴).

در ادامه بهترین مدل‌های رگرسیونی ۵ متغیره جهت بررسی بیشتر انتخاب گردید. دلیل این انتخاب این بود که با افزایش تعداد متغیر بیشتر از ۵، تغییرات R^2 معنی‌دار نبود. در ادامه به بررسی و تحلیل معادله مذکور پرداخته شد و با گرفتن همبستگی جزء بین اجزای معادله ارتباط و همبستگی منفی و مثبت اجزا با یکدیگر بررسی شد. با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو متغیر درصد روغن و حداکثر ماده خشک، برای تعیین تیپ ایده‌آل فرضیاتی مطرح و با توجه به هر فرض، مقدار افزایش عملکرد مورد بحث قرار گرفت. این فرضیات عبارت بودند از (۱) غیر قابل شکسته بودن همبستگی بین حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن، (۲) شکسته شدن همبستگی بین حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن و (۳) ثابت ماندن درصد روغن در حد متوسط با افزایش حداکثر تجمع ماده خشک.

در پایان مشخصات صفات به صورت مقادیر متوسط و بهترین حالت که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار گیرد وارد مدل تولید ۵ متغیره شدند. بهترین حالت برای صفات با اثر مثبت مانند وزن هزاردانه، مقدار حداکثر و برای صفات منفی مانند درصد پوکی، بهترین مقدار، مقدار حداقل است. با توجه به ضریب رگرسیونی هر صفت در معادله عملکرد در حالت قرارگیری مقدار متوسط و بهترین حالت و گرفتن تفاضل این دو، مقدار افزایش عملکرد ناشی از تأثیر بهینه آن صفت مشخص شده و سپس درصد افزایش عملکرد ناشی از آن صفت نسبت به کل افزایش عملکرد محاسبه گردید.

نتایج و بحث

تنوع در صفات مطالعه شده: مطابق با جدول ۲ در بین ژنوتیپ‌ها، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری برای ۲۳ صفت از ۲۷ صفت مورد مطالعه وجود داشت. وجود مقادیر حداقل و حداکثر برای صفات مختلف در شرایط محیطی و زراعی اعمال شده‌ی یکسان بر روی ارقام، نشانگر تنوع ژنتیکی است، به

1. Variance inflation factor

این معنی که به وسیله اصلاح می‌توان آن صفت را بهبود داد. این موضوع می‌تواند بستری فراهم نماید که بهترین رقم، با توجه به شرایط منطقه برای کشت تعیین گردد.

جدول ۲- مجموعه صفات مورد ارزیابی و مؤثر بر عملکرد

Table 2. List of investigated traits affecting the yield

صفت Traits	واحد Unit	متوسط Mean	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	pr>F
ظهور گیاهچه در سطح خاک (VE) Emergence	روز پس از کاشت Day after planting	5.79	6.75	5.00	0.002**
مرحله ستاره سو (R1) star-like appearance	روز پس از کاشت Day after planting	36.02	37.5	35.00	0.017*
۷۰ درصد گلدهی (R5.7) 70 % flowering	روز پس از کاشت Day after planting	58.44	60.50	54.00	<0.0001**
زرد شدن پشت طبق (R7) The back of the head turn a pale yellow	روز پس از کاشت Day after planting	71.52	72.75	68.75	<0.0001**
رسیدگی فیزیولوژیکی (PM) Physiological maturity	روز پس از کاشت Day after planting	86.12	69.50	81.00	<0.0001**
رسیدگی برداشت (HM) Harvest maturity	روز پس از کاشت Day after planting	92.25	107.75	85.50	<0.0001**
حداکثر ماده خشک (Wmax) Maximum dry matter	gr. M ²	657.51	772.075	553.60	0.005**
پایان دوره رشد (Te) Terminal of growth period	روز پس از کاشت Day after planting	80.73	90.69	73.38	0.001**
روز تا وقوع حداکثر سرعت رشد (Tm) Day to max of growth rate	روز پس از کاشت Day after planting	48.81	51.89	44.82	0.200 ^{n.s}
حداکثر تعداد برگ (Lnmax) Max of leaf no.	عدد No.	28.52	32.97	25.92	<0.0001**
حداکثر ارتفاع بوته (Phmax) Max of height	سانتی‌متر cm	136.22	150.32	123.80	0.008**
درجه روز رشد برای VE (TVE) GDD for VE	درجه روز رشد GDD	104.10	123.00	89.00	0.0026**

براتعلی خزائی و همکاران

ادامه جدول ۲-

صفات Traits	واحد Unit	متوسط Mean	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	pr>F
درجه روز رشد مرحله ظهور طبق (TR4) GDD for R4	درجه روز رشد GDD	1055.88	1104.50	994.00	<0.0001**
درجه روز رشد مرحله ۱۰ درصد (TR5.1) گلدهی GDD for R5.1	درجه روز رشد GDD	1120.04	1170.00	1043.50	<0.0001**
درجه روز رشد مرحله R7 (TR7) GDD for R7	درجه روز رشد GDD	1515.81	1542.50	1457.75	<0.0001**
درجه روز رشد مرحله (TPM)PM GDD for PM	درجه روز رشد GDD	1794.33	1981.00	1702.00	<0.0001**
درجه روز رشد مرحله (THM)HM GDD for HM	درجه روز رشد GDD	1902.08	2160.50	1783.50	<0.0001**
وزن خشک تک بوته (Pw) plant weight	گرم gr	60.87	70.75	52.60	0.020*
عملکرد دانه (y) Grain yield	کیلوگرم در هکتار kg.ha ⁻¹	2080	2637	1741	0.014*
وزن دانه در بوته (SWP) seed weight in plant	گرم gr	17.46	21.40	14.50	0.072 ^{n.s}
وزن هزار دانه (TSW) thousand seed weight	گرم gr	30.29	40.50	20.50	<0.0001**
شاخص برداشت (HI) Harvest index	-	28.58	32.36	25.77	0.067 ^{n.s}
قطر طبق (HD) head diameter	سانتی متر cm	10.31	11.32	8.52	0.001**
تعداد دانه در طبق (SH) seed in head	عدد No.	582.58	703.30	455.61	<0.0001**
تعداد دانه پوک در طبق (ISN) infertile seeds number in head	عدد No.	483.31	599.00	354.50	0.007 ^{n.s}
درصد پوکی (ISP) infertile seeds percentage	%	45.19	51.20	37.90	0.0241 ^{n.s}
درصد روغن (OP) Oil percentage	%	44.09	48.17	34.17	<0.0001**
درصد پروتئین (PP) protein percentage	%	15.98	19.55	14.60	<0.0001**

ستون آخر احتمال معنی داری آزمون F برای مقایسه ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

The last column is the probability of significant F-test to compare genotypes.

انتخاب مدل عملکرد: جدول ۳ بهترین مدل‌های رگرسیونی ۱ تا ۱۱ متغیره را نشان می‌دهد که برای هر کدام، صفات موجود در مدل رگرسیونی به همراه R^2 آن‌ها ذکر شده‌اند. با توجه به اینکه با افزایش تعداد متغیر در مدل تا ۵ متغیر، R^2 به سرعت افزایش یافت و بعد از آن با اضافه شدن متغیر، مقدار R^2 افزایش معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۱)، بنابراین برای مدل نهایی عملکرد، مدل ۵ متغیره انتخاب گردید. معادله نهایی عملکرد عبارت بود از:

$$Y = -2418 + 1.32W_{max} + 66.6LN_{max} + 32.1TSW - 13.3ISP + 30.8 OP$$

که در آن Y ، عملکرد بر حسب کیلوگرم دانه در هکتار، W_{max} ، حداکثر تجمع ماده خشک، LN_{MAX} ، حداکثر تعداد برگ، TSW ، وزن هزاردانه، ISP ، درصد پوکی و OP ، درصد روغن است. این ۵ متغیر، ۵۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند (جدول ۳) که در ادامه به بررسی تک تک این عوامل مؤثر بر عملکرد پرداخته می‌شود.

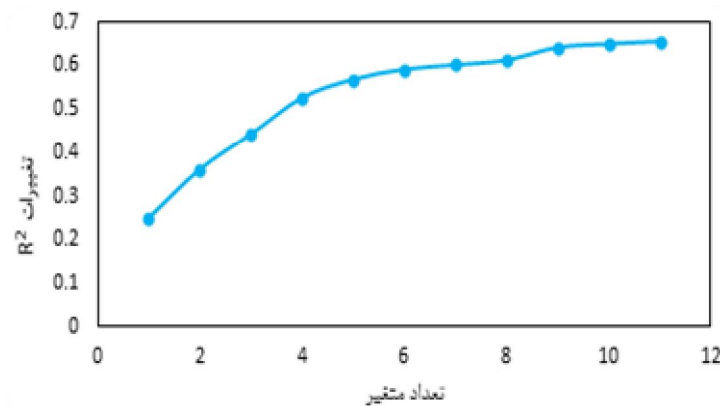
جدول ۳- مقادیر R^2 برای بهترین مدل‌های رگرسیونی یک تا ۱۱ متغیره

Table 3. The R^2 values for the regression models up to 11 variables.

مرحله Stage	R^2	صفت انتخاب شده Selected traits
1	0.251	W_{max}
2	0.362	$THM \cdot W_{max}$
3	0.443	$HI \cdot LN_{MAX} \cdot W_{max}$
4	0.527	$OP \cdot TSW \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$
5	0.569	$OP \cdot ISP \cdot TSW \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$
6	0.592	$OP \cdot TSW \cdot ISN \cdot PH_{max} \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$
7	0.602	$TR4 \cdot OP \cdot TSW \cdot ISN \cdot PH_{max} \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$
8	0.613	$TR4 \cdot PP \cdot OP \cdot TSW \cdot ISN \cdot PH_{max} \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$
9	0.642	$TR4 \cdot TVE \cdot VE \cdot PP \cdot OP \cdot TSW \cdot PH_{max} \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$
10	0.650	$HM \cdot TR4 \cdot TVE \cdot VE \cdot PP \cdot OP \cdot TSW \cdot PH_{max} \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$
11	0.656	$TR5.7 \cdot TR4 \cdot R1 \cdot TVE \cdot VE \cdot PP \cdot OP \cdot TSW \cdot PH_{max} \cdot LN_{max} \cdot W_{max}$

برای یافتن توضیحات هر مخفف به جدول ۱ مراجعه شود

Refer to Table 1 for abbreviation description.



شکل ۱- تغییرات R^2 با توجه به افزایش تعداد متغیرهای مؤثر بر عملکرد
Figure 1. R^2 changes due to the increased number of variables that affect yield

صفات مؤثر بر عملکرد و ارتباط بین آنها: در این قسمت ابتدا به بررسی صفات مؤثر بر عملکرد که در مدل ۵ متغیره وارد شده‌اند، پرداخته و سپس ارتباط بین خود این صفات با استفاده از تجزیه همبستگی مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

حداکثر تجمع ماده خشک (Wmax): حداکثر ماده خشک تجمع یافته در بین هیبریدهای مورد بررسی، ۷۷۲ و کمترین مقدار آن نیز ۵۵۴ گرم در مترمربع و به طور متوسط ۶۵۷/۵ گرم در مترمربع بود. افزایش ماده خشک می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود (۸، ۱۵ و ۱۶). شرایط محیطی مناسب در طی دوره‌های رشد رویشی و زایشی منجر به افزایش سطح برگ، کارایی فتوسنتز و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی به دانه می‌گردد و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (۱۷). ذخایر بافت‌های رویشی منبع مناسب کربوهیدرات در طول پر شدن دانه هستند (۱۸). کوتاه شدن دوره رشد گیاه، فرصت لازم برای ذخیره سازی و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه را از گیاه گرفته و موجب کاهش عملکرد خواهد شد (۱۶).

حداکثر تعداد برگ (LNMAX): هیبریدهای مورد بررسی به طور متوسط دارای ۲۹ برگ بودند. بیشترین و کمترین تعداد برگ در بین هیبریدها مربوط به هیبریدهای سیرنا و پالمینو به ترتیب با ۳۳ و ۲۶ برگ بود. در مرحله رویشی ساقه و برگ‌ها، برای دریافت مواد فتوسنتزی رقابت می‌کنند. سهمی از مواد فتوسنتزی که در این اندام‌ها توزیع می‌گردد، تعیین کننده رشد گیاه و توان تولید آن می‌باشد.

افزایش تعداد برگ در واحد سطح، موجب رشد شاخص سطح برگ می‌گردد. گیاهان برای افزایش عملکرد، سطوح فتوسنتزی خود را به سرعت گسترش می‌دهند و با اندام فتوسنتز کننده باعث تولید ماده خشک می‌گردند (۱۵).

وزن هزاردانه (TSW): هیبریدها به‌طور میانگین دارای وزن هزار دانه ۳۰ گرم بودند. بیشترین کمترین وزن هزاردانه در بین هیبریدها متعلق به آلبیرو و تارسان ۱۰۱۸، به‌ترتیب ۴۰/۵ و ۲۰/۵ گرم بود. میلر و همکاران (۱۹۸۴) وزن دانه در بوته را متأثر از سرعت و طول دوره پر شدن دانه می‌دانند (۱۹). وزن هزاردانه از اجزای مهم عملکرد بوده و انتخاب به‌منظور افزایش عملکرد از این طریق می‌تواند روش اصلاحی با ارزشی باشد (۱۹). وابستگی وزن هزار دانه به مقدار جذب آب و مواد غذایی و مقدار ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی در تحقیق دانشیان و همکاران (۱۳۸۵) بیان شده است. (۲۰)، با استفاده از روش رگرسیون گام به گام به این نتیجه رسیدند که وزن هزاردانه ۸۰ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌نماید.

درصد پوکی (ISP): حداکثر درصد پوکی مشاهده شده در بین هیبریدهای مورد بررسی، ۵۱/۲۰ درصد و کمترین مقدار آن نیز ۳۷/۹۰ درصد و به‌طور متوسط ۴۵/۱۹ درصد بود. با توجه به ضریب منفی درصد پوکی که در معادله وارد شده است، طبیعتاً با افزایش درصد دانه‌های پوک به کل دانه‌ها، عملکرد کاهش خواهد یافت.

درصد روغن (OP): میانگین درصد روغن هیبریدهای تحت آزمایش ۴۴/۱ درصد بود. بیشترین درصد روغن با ۴۸ و کمترین درصد روغن با ۳۴ درصد را به ترتیب هیبریدهای آلبیرو و آلبیرو داشتند. شرایط محیطی و رقم بر روی درصد روغن تأثیر دارند. در شرایط تنش خشکی سنتز روغن شدیداً افت می‌کند (۲۱). در تحقیق زینل زاده تبریزی و غفاری (۲۰۰۹)، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد روغن و عملکرد دانه گزارش شده است (۲۲). مقدار روغن و پروتئین در آفتابگردان به‌طور کمی توسط ژنوتیپ با غلبه اثرات افزایشی ژن کنترل می‌شوند (۲۳).

ضرایب همبستگی بین صفات مدل رگرسیونی عملکرد، در جدول ۴ آمده است. از میان پنج صفت موجود در معادله عملکرد، بین صفات حداکثر تجمع ماده خشک با وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. همچنین بین صفات حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن، همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود داشت (جدول ۴).

جدول ۴- همبستگی بین صفات انتخاب شده مؤثر بر عملکرد.

Table 4. The correlations between selected traits affecting the yield

صفات Traits	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter	حداکثر تعداد برگ Max of leaf no.	وزن هزار دانه Thousand seed weight	درصد پوکی Infertile seeds percentage	درصد روغن Oil percentage
حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter	1				
حداکثر تعداد برگ Max of leaf no.	0.1974	1			
وزن هزار دانه Thousand seed weight	0.47465**	-0.13138	1		
درصد پوکی Infertile seeds percentage	-0.25607	-0.11789	-0.09666	1	
درصد روغن Oil percentage	-0.33624*	-0.08026	-0.23596	0.12962	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

* and ** show the probability at 5 and 1 percent level, respectively.

همبستگی بین صفات در اصلاح نباتات، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا میزان و نوع رابطه بین دو یا چند صفت را اندازه‌گیری می‌کند. این همبستگی‌ها بسته به اینکه مثبت یا منفی باشند بر روی مسیر گزینش تأثیر می‌گذارند. همبستگی‌های مثبت بین صفات مفید، به لحاظ اینکه شدت گزینش را محدود نمی‌کند مناسب است (۲۲). عدم وجود همبستگی بین دو صفت بدین معنی است که می‌توان صفتی را بهبود بخشید بدون اینکه هیچ اثری بر دیگری داشته باشد (۲۴). در حالت همبستگی منفی، گزینش صفات در حول میانگین، امری اجباری است. همچنین گزینش چندگانه در مورد صفاتی که گزینش روی آنها به صورت همزمان صورت می‌گیرد غالباً شدت گزینش را پایین می‌آورد (۲۲).

همبستگی منفی و معنی‌دار بین حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن، بدین معنی است که با افزایش هر کدام از این دو صفت، دیگری کاهش می‌یابد، یعنی چنانچه هدف، افزایش حداکثر تجمع ماده خشک باشد و برای این منظور انتخاب صورت گیرد، درصد روغن کاهش خواهد یافت و بالعکس این امر می‌تواند در جمع کردن مقدار بالای هر دوی این متغیرها در یک ژنوتیپ مانعی باشد،

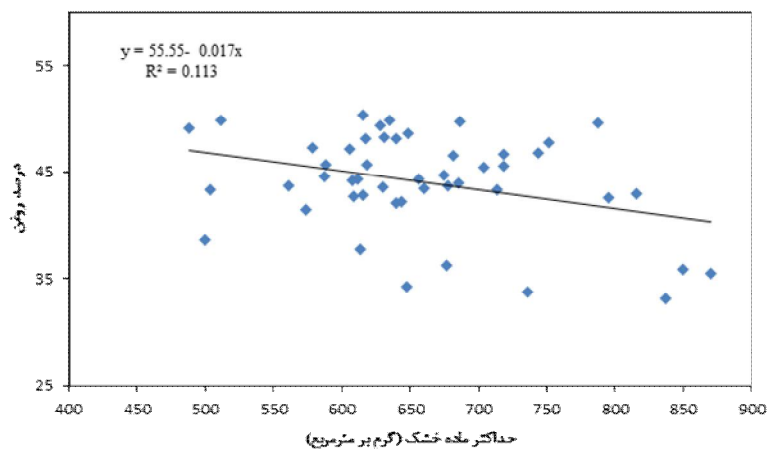
به ویژه اگر این رابطه منفی، از نوع ژنتیکی و به دلیل پیوستگی ژنتیکی باشد. همبستگی صفات می تواند ناشی از پیوستگی ژنی یا وجود یک اثر متقابل ژنتیکی با یک جزء محیطی باشد. در تحقیق حاضر، با توجه به وجود همبستگی منفی، بین صفات حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن، برای تعیین تیپ ایده آل، مطابق با بخش مواد و روش سه فرض در نظر گرفته شده و با توجه به این فرضیات و معادله نهایی تولید، میزان افزایش عملکرد محاسبه گردیده است.

به کارگیری مدل عملکرد و تعیین تیپ ایده آل: مشخصات صفات به صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار بگیرد در جدول (۵) تا (۷) آمده است. بهترین حالت برای صفات با اثر مثبت شامل حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر تعداد برگ و وزن هزاردانه، مقدار حداکثر بوده و برای صفت منفی درصد پوکی، بهترین مقدار، مقدار حداقل است. با توجه به مقادیر متوسط و حداکثر صفت حداکثر تجمع ماده خشک در ژنوتیپها (جدول ۲) و ضریب رگرسیونی این صفت در معادله عملکرد که $1/323$ است، مقادیر عملکرد در حالت های متوسط و بهینه این صفت محاسبه و مقدار افزایش عملکرد ناشی از آن، 152 کیلوگرم در هکتار و 19 درصد از کل افزایش عملکرد، برای صفت حداکثر تعداد برگ و با توجه به ضریب رگرسیونی آن در معادله تولید که $66/59$ است، مقدار افزایش عملکرد، 297 کیلوگرم در هکتار و معادل 37 درصد از کل افزایش عملکرد، و برای وزن هزار دانه با ضریب رگرسیونی $32/10$ ، با توجه به مقادیر محاسبه شده در حالت های متوسط و بهینه عملکرد، مقدار افزایش عملکرد، 328 کیلوگرم برآورد گردید که 40 درصد از کل افزایش عملکرد را شامل می گردد.

درصد پوکی در تولید، یک صفت منفی بوده و مقادیر اندک آن مطلوب می باشد، بنابراین مقدار بهینه آن، معادل مقدار حداقل صفت (جدول ۲) بود. این صفت در دو حالت بهترین و متوسط، در معادله تولید قرار داده شد. افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و متوسط این صفت، معادل 97 کیلوگرم بود که 12 درصد از کل افزایش عملکرد را موجب گردید.

برای صفت درصد روغن با توجه به سه فرضیه مطرح شده در بخش مواد و روش ها، مقدار آن در مدل قرار گرفت. با توجه به این مقادیر و معادله رگرسیونی عملکرد، مقدار عملکرد در حالت های متوسط صفات و بهترین مقادیر صفات و مقدار افزایش عملکرد و درصد افزایش عملکرد، محاسبه گردید.

۱- با فرض اینکه همبستگی بین حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن قابل شکستن نباشد: مقدار متوسط صفت درصد روغن ژنوتیپ‌ها، $44/09$ بود که در مدل رگرسیونی عملکرد جهت بدست آوردن متوسط عملکرد به همراه چهار صفت دیگر قرار گرفت. با توجه به وجود همبستگی منفی بین حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن و همچنین فرض اینکه این همبستگی قابل شکستن نباشد، مقدار حداکثر درصد روغن به عنوان بهترین حالت در معادله وارد نشد (جدول ۵). یک رابطه بین درصد روغن و حداکثر تجمع ماده خشک با استفاده از معادله $Y = 55.55 - 0.017 X$ برقرار شد (شکل ۲). با استفاده از این معادله درصد روغن در شرایط حداکثر ماده خشک، محاسبه و در معادله عملکرد قرار داده شد (برابر با $42/09$). با قرار گرفتن درصد روغن محاسبه شده در مدل رگرسیونی تولید، میزان عملکرد 61 کیلوگرم کاهش یافت که معادل 8 درصد از کل افزایش عملکرد بود (جدول ۵).



شکل ۲- ارتباط بین درصد روغن و حداکثر تجمع ماده خشک

Figure 2. The relationship between oil percentage and maximum dry matter

جدول ۵- مقدار عملکرد در حالت‌های متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت با فرض اینکه ارتباط منفی حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن قابل شکستن نباشد.

Table 5. Yield in state of the mean and the best amount of each trait, in addition to the amount and percentage of change in yield, assuming that the negative correlation between max. dry matter and oil content is not breakable.

صفات Traits	ضریب در مدل Coefficients	مشخصات صفات مستقل Independent traits				عملکرد Yield			
		متوسط Mean	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهترین Best	متوسط Mean	بهترین Best	تغییر Change	درصد تغییرات Change (%)
عرض از مبدأ Intercept	-2418.14	1	1	1	1	-2418	-2418	0	0
تجمع حداکثر ماده خشک (Wmax) Maximum dry matter	1.32364	657.51	553.6	772.075	772.075	870	1022	152	19
حداکثر تعداد برگ (Lnmax) Max of leaf no.	66.5946	28.52	25.925	32.975	32.975	1899	2196	297	37
وزن هزاردانه (Tsw) Thousand seed weight	32.10608	30.292	20.5	40.5	40.5	973	1300	328	40
درصد پوکی (Isp) Infertile seeds percentage	-13.3293	45.19	37.906	51.199	37.906	-602	-505	97	12
درصد روغن (OP) Oil percentage	30.8113	44.09	34.175	48.175	42.0991	1358	1297	-61	-8
عملکرد (Y) Yield		2080.3	1740.6	2636.9		2080	2892	812	100

با جمع بندی محاسبات فوق، در این فرض، عملکرد تیپ ایده‌آل، نسبت به عملکرد متوسط، به میزان ۸۱۲ کیلوگرم قابل افزایش (از عملکرد متوسط ۲۰۸۰ به ۲۸۹۲ کیلوگرم در هکتار) است (جدول ۵). شکل ۳- الف نیز، میزان افزایش و یا کاهش عملکرد ناشی از صفات را در قالب نمودار نشان می‌دهد.

۲- با فرض اینکه با افزایش حداکثر تجمع ماده خشک، درصد روغن در حد متوسط بماند: با توجه به فرض در این حالت، درصد روغن در تیپ ایده‌آل، برابر با مقدار آن در حالت متوسط و معادل ۴۴/۰۹ درصد خواهد بود. بنابراین مقدار عددی این صفت در عملکرد مناسب و متوسط برابر خواهد بود و این صفت سهمی در افزایش عملکرد مناسب نسبت به عملکرد متوسط، نخواهد داشت. در این حالت، درصد سهم صفات حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر تعداد برگ، وزن هزاردانه و درصد پوکی در افزایش عملکرد به ترتیب برابر با ۱۷، ۳۴، ۳۸ و ۱۱ درصد خواهد بود (جدول ۶). این فرض نشان می‌دهد که عملکرد در تیپ ایده‌آل نسبت به حالت متوسط، به میزان ۸۷۳ کیلوگرم در

براتعلی خزائی و همکاران

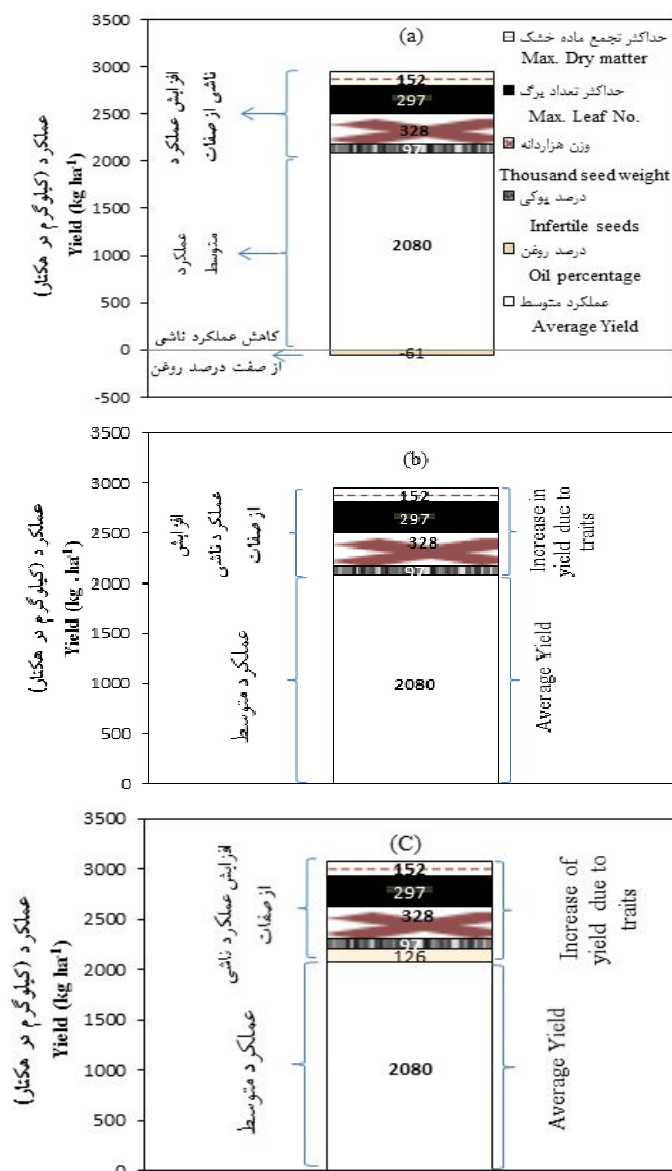
هکتار قابل افزایش خواهد بود (از عملکرد متوسط ۲۰۸۰ به ۲۹۵۳ کیلوگرم در هکتار). شکل ۳ میزان افزایش عملکرد ناشی از صفات در تیپ ایده‌آل را در این حالت نشان می‌دهد.

جدول ۶- مقدار عملکرد در حالت‌های متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت با فرض اینکه با افزایش حداکثر تجمع ماده خشک، درصد روغن در حد متوسط بماند.

Table 6. Yield in state of the mean and the best amount of each trait, in addition to the amount and percentage of change in yield, assuming that with increasing max. dry mater, oil content stay at moderate level.

صفات Traits	ضریب در مدل Coefficients	مشخصات صفات مستقل Independent traits				عملکرد Yield			
		متوسط Mean	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهترین Best	متوسط Mean	بهترین Best	تغییر Change	درصد تغییرات Change (%)
عرض از مبدأ Intercept	-2418.14	1	1	1	1	-2418	-2418	0	0
تجمع حداکثر ماده خشک (Wmax) Maximum dry matter	1.32364	657.51	553.6	772.075	772.075	870	1022	152	17
حداکثر تعداد برگ (Lnmax) Max of leaf no.	66.5946	28.52	25.925	32.975	32.975	1899	2196	297	34
وزن هزاردانه (Tsw) Thousand seed weight	32.10608	30.292	20.5	40.5	40.5	973	1300	328	38
درصد پوکی (Isp) Infertile seeds percentage	-13.3293	45.19	37.906	51.199	37.906	-602	-505	97	11
درصد روغن (OP) Oil percentage	30.8113	44.09	34.175	48.175	44.09	1358	1358	0	0
عملکرد (Y) Yield		2080.3	1740.6	2636.9		2080	2953	873	100

۳- با فرض اینکه همبستگی بین تجمع حداکثر ماده خشک و درصد روغن شکسته شود: چنانچه بتوان همبستگی منفی موجود بین دو صفت حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن را شکست، می‌توان میزان عملکرد را در حالت مناسب، تا ۹۹۹ کیلوگرم افزایش داد. متوسط درصد روغن ژنوتیپ‌ها، معادل ۴۴/۰۹ و حداکثر درصد روغن ۴۸/۱۷۵ است. با قرار گرفتن بالاترین درصد روغن در تیپ ایده‌آل مشاهده می‌گردد که در تیپ ایده‌آل عملکرد ۹۹۹ کیلوگرم در هکتار (از عملکرد متوسط ۲۰۸۰ به ۲۸۹۲ کیلوگرم در هکتار) یعنی ۱۲۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به فرض پیشین، افزایش خواهد یافت (جدول ۷). سهم هریک از صفات حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر تعداد برگ، وزن هزاردانه، درصد پوکی و درصد روغن در افزایش عملکرد به ترتیب، ۱۵، ۳۰، ۳۳، ۱۰ و ۱۳ درصد خواهد بود. شکل ۳ میزان افزایش عملکرد ناشی از صفات در تیپ ایده‌آل را در این حالت نشان می‌دهد.



شکل ۳- میزان افزایش عملکرد ناشی از صفات در تیپ ایده‌آل با فرض اینکه همبستگی بین حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن قابل شکستن نباشد (الف)، با افزایش حداکثر تجمع ماده خشک، درصد روغن در حد متوسط بماند (ب) و همبستگی بین حداکثر ماده خشک و درصد روغن شکسته شود (ج)

Figure 3. The amount of yield increasing due to the traits in the ideotype with assuming that the negative correlation between max. dry matter and oil content is not breakable (a), with increasing max. dry matter, oil content stay at moderate level (b) and correlation between max. dry matter and oil content is breakable (c).

اگرچه روش‌های مختلفی جهت رسیدن به تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی وجود دارد که اکثراً برای دستیابی به تیپ ایده‌آل سه غله اصلی شامل گندم، ذرت و برنج مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۶؛ ۲۵) اما به نظر می‌رسد روش استفاده شده در این تحقیق بسیار ساده و کاربردی باشد. به عنوان مثال در روش معمول برای ارزیابی صفات، مقایسه عملکرد لاین‌های همسان و نزدیک به همسان گیاهان صورت می‌گیرد (۴) و یا در روشی دیگر انتخاب در جهت بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفاتی صورت می‌گیرد که به صورت تجربی متخصص اصلاح نباتات آنها را درک کرده است (۷) که در هر صورت نیاز به چندین سال آزمایش و یا کار اصلاحی وجود دارد. استفاده از مدل‌های گیاهان زراعی نیز زمانی قابل قبول است که مدل آزمون شده‌ای برای منطقه وجود داشته باشد. روش‌های آماری مناسب و به طور خاص روش مورد استفاده در این تحقیق به علت اینکه به اختلافات ژنتیکی بین ارقام توجه دارد و در صورتی که با گستره‌ی مناسبی از ارقام اصلاح شده و وحشی در طی چند سال انجام شود می‌تواند راهگشای متخصصان اصلاح نباتات در جهت حرکت به سمت تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی باشد.

جدول ۷- مقدار عملکرد در حالت‌های متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت با فرض اینکه همبستگی بین حداکثر تجمع ماده خشک و درصد روغن شکسته شود.

Table 7. Yield in state of the mean and the best amount of each trait, in addition to the amount and percentage of change in yield, assuming that the correlation between maximum dry matter and oil content is breakable.

صفات Traits	ضریب در مدل Coefficients	مشخصات صفات مستقل Independent traits				عملکرد Yield			
		متوسط Mean	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهترین Best	متوسط Mean	بهترین Best	تغییر Change	درصد تغییرات Change (%)
عرض از مبدأ Intercept	-2418.14	1	1	1	1	-2418	-2418	0	0
تجمع حداکثر ماده خشک (Wmax) Maximum dry matter	1.32364	657.51	553.6	772.075	772.075	870	1022	152	15
حداکثر تعداد برگ (Lnmax) Max of leaf no.	66.5946	28.52	25.925	32.975	32.975	1899	2196	297	30
وزن هزاردانه (Tsw) Thousand seed weight	32.10608	30.292	20.5	40.5	40.5	973	1300	328	33
درصد پوکی (Isp) Infertile seeds percentage	-13.3293	45.19	37.906	51.199	37.906	-602	-505	97	10
درصد روغن (OP) Oil percentage	30.8113	44.09	34.175	48.175	48.175	1358	1484	126	13
عملکرد (Y) Yield		2080.3	1740.6	2636.9		2080	3079	999	100

نتیجه گیری کلی

هدف اصلی این مقاله معرفی روش استفاده از مدل سازی رگرسیونی در تعیین تیپ ایده آل گیاهان زراعی بوده است. اگرچه روش های مختلفی جهت رسیدن به تیپ ایده آل گیاهان زراعی وجود دارد اما به نظر می رسد روش استفاده شده بسیار ساده و کاربردی باشد. در این مطالعه با استفاده از مدل سازی رگرسیونی به تعیین تیپ ایده آل آفتابگردان پرداخته شد و پنج صفت حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر تعداد برگ، وزن هزار دانه، درصد پوکی و درصد روغن که در افزایش عملکرد بیشترین نقش را داشتند، شناسایی شدند. این پنج متغیر، ۵۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. همچنین، سهم نسبی هر صفت در تعیین و تشکیل عملکرد دانه آفتابگردان در منطقه گنبد مشخص شد. با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو متغیر درصد روغن و حداکثر ماده خشک، برای تعیین تیپ ایده آل فرضیاتی مطرح شد. نتایج نشان داد چنانچه ارتباط و همبستگی موجود بین برخی صفات دستخوش تغییرات قرار گیرد، می توان از آن به نفع عملکرد بهره جست. اگر همبستگی موجود بین صفات درصد روغن و حداکثر تجمع ماده خشک قابل شکستن نباشد، عملکرد تیپ ایده آل نسبت به متوسط عملکرد هیبریدهای آفتابگردان ۸۱۲ (از ۲۰۸۰ به ۲۸۹۲) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. در صورتی که مقدار حداکثر ماده خشک افزایش و درصد روغن در حد متوسط بماند، عملکرد تیپ ایده آل ۸۷۳ (از ۲۰۸۰ به ۲۹۵۳) کیلوگرم در هکتار افزایش می یابد و چنانچه همبستگی بین حداکثر ماده خشک و درصد روغن شکسته شود، مقدار افزایش عملکرد ۹۹۹ (از ۲۰۸۰ به ۳۰۷۹) کیلوگرم در هکتار خواهد بود. نتایج روش مورد استفاده در این تحقیق به علت اینکه به اختلافات ژنتیکی بین ارقام توجه دارد، می تواند راهگشای متخصصان اصلاح نباتات در جهت حرکت به سمت تیپ ایده آل گیاهان زراعی باشد. بدیهی است چنانچه هدف اصلی تعیین تیپ ایده آل آفتابگردان در منطقه گنبد باشد، مناسب تر است از ژنوتیپ های بیشتر و تعداد سال آزمایش بیشتری استفاده گردد.

منابع

1. Connor, D.J., Loomis, R.S., and Cassman, K.G. 2011. Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems. Cambridge University Press. 556 p.
2. Donald, C.M. 1968. The breeding of crop ideotype. Euphytica. 17: 385–403.

3. Martre, P., Quilot-Turion, B., Luquet, D., Memmah, M.-M. O.-S., Chenu, K., and Debaeke, P. 2015. Chapter 14 - Model-Assisted Phenotyping and Ideotype Design. Academic Press, San Diego. p: 349-373.
4. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. *Field Crop. Res.* 77: 17-30.
5. Yang, W., Duan, L., Chen, G., Xiong, L., and Liu, Q. 2013. Plant phenomics and high-throughput phenotyping: accelerating rice functional genomics using multidisciplinary technologies. *Curr. Opin. Plant Biol.* 16:180-7.
6. Rotter, R.P., Tao, F., Hohn, J.G., and Palosuo, T. 2015. Use of crop simulation modelling to aid ideotype design of future cereal cultivars. In press. *J Exp Bot.*
7. Andrivon, D., Giorgetti, C., Baranger, A., Calonnec, A., Cartolaro, P., Faivre, R., Guyader, S., Lauri, P. E., Lescourret, F., Parisi, L., Ney, B., Tivoli, B., and Sache, I. 2012. Defining and designing plant architectural ideotypes to control epidemics? *Eur. J. Plant Pathol.* 135: 611-617.
8. Soltani, A. Rezaei, A., Khajehpour, M. and Mirlohi, A. 2000. Communication and share of various morphological and physiological traits in determining of grain yield sorghum. *J. Agric. Sci. Nat. Resour.*, 7 (4): 85-94.
9. Gustavo, A., Pereyra, Irujo, Luis, A.N. Aguirrezabal. 2007. Sunflower yield and oil quality interactions and variability: Analysis through a simple simulation model. *Agri. Forest. Meteorol.* 143: 252–265.
10. Schneiter, A. and Miller, J. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci.*, 21:901-903.
11. Tiwari, P.N., Gambhir, P.N., and Rajan, T.S. 1974. Rapid and non-destructive determination of seed oil by pulsed NMR technique. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 51: 104-109.
12. Skjemstad, J.O., and Reev, R. 1976. The determination of nitrogen in soil by high temperature Kjeldhal digestion and auto analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 7: 229-239.
13. Soltani A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. JDM Press, Mashhad, Iran, 182 p. (In Persian).
14. Soltani, A., Rezaei, A., Khajehpour, M. and Mirlohi, A. 2000. Communication and share of various morphological and physiological traits in determining of grain yield sorghum. *J. Agric. Sci. Nat. Resour.* 7 (4): 85-94.
15. Koocheki, A., and Sarmadnia, Gh. 2010. Physiology of Crop Plant. JMD press. Second edition. 400 pp. (In Persian).
16. Shahsavari, M.R., Yasari, T., Zamanpoor, M. and Noori, H. 2008. Effect of sowing date on developmental stages, yield and components of four sunflower cultivars. *Agric. Res. Basu.* 8: 1, 231-241. (In Persian).

17. Damavandi, A., and latifi, N. 2001. Evaluation The Effects of Planting Date on Some Growth Indices and Grain Yield of Two Oil Sunflower Cultivars in Damghan Province. *Bio. J. IAU*. 4: 1-11. (In Persian).
18. Lopez Pereira, M., Bereny, A., Hall, A.J. and Trápani, N. 2008. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995. *Field Crop. Res.*, 105: 88–96.
19. Miller, B.C., E.S., Oplinger, R.R., and Weis, G. 1984. Effect of planting date and population of sunflower performance. *Agron. J.*, 76: 511-515.
20. Arshi, Y. 1994. *Sunflower Science and Technology*. Office of Iranian Cotton and Oil Seeds, 720p. (In Persian).
21. Zamani, A., Damavandi, A. and forozesh, P. 2003. Effect of sowing date on developmental stages, yield and components of two sunflower cultivars. *J. Agri. Rural Dev.*, 4(1): 53-65. (In Persian).
22. Alyari, H., Shekari, F., and Shekari, F. 2000. *Oilseed Crops Agronomy and Physiology*. Amidi Press, Tabriz, 182p.
23. Zinalzadeh tabrizi, H., and Ghafari, M. 2009. Regression and path analyses in seed yield and oil of single cross sunflower hybrids. *Res. crop sci.* 2(6): 41-54. (In Persian).
24. Faraji, A., Raisi, S., Hezarjeribi, E., and Mobasher, S. 2012. *Oil Crops*. Noruzi First edition. 542p. (In Persian).
25. Pahlavani, M.H., Saeidi, G., and Mirlohi, A.F. 2009. Correlated response to selection for yield and oil content of seed in safflower. *Electron. J. Crop Prod.* 1(3): 49-63. (In Persian).
26. Peng, S., Khush, G.S., Virk, P., Tang, Q., and Zou, Y. 2008. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential. *Field Crop. Res.* 108: 32–38.

