فصلنامه (علمی)

زیست شناسی تکوینی

سال شانزدهم، شماره ۲، بهار ۱۴۰۳ ص. ۳۷-۴۷

مقاله پژوهشی

بررسی همبستگی و روابط علی و معلولی عملکرد برگ و برخی صفات مهم زراعی در ژنوتیپ‌های ریحان تحت شرایط مختلف تنش خشکی

مهدی رحیمی[1*]، مجتبی مرتضوی[1]

[1] گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

[*] (نویسنده مسئول مکاتبات): me.rahimi@kgut.ac.ir; mehdi83ra@yahoo.com

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۲

چکیده

ریحان یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناعیان است که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌صورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور مطالعه روابط بین عملکرد برگ و صفات زراعی، تعداد ۲۲ ژنوتیپ ریحان براساس طرح اسپیلت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلدان و در شرایط مزرعه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی در سه سطح (نرمال، تنش متوسط و تنش شدید) و عامل فرعی شامل ژنوتیپ (در ۲۲ سطح) بود و صفات زراعی اندازه‌گیری شدند. همبستگی صفات در هر سه شرایط نشان داد که عملکرد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات وزن تر ساقه، تعداد برگ، طول و عرض برگ داشت. با در نظر گرفتن عملکرد برگ به عنوان متغیر وابسته و انجام تجزیه رگرسیونی گام به گام در شرایط نرمال (به ترتیب صفات وزن تر ساقه، تعداد برگ و عرض برگ در مرحله اول)، شرایط تنش خشکی متوسط (صفت وزن خشک ساقه در مرحله اول) و شرایط تنش خشکی شدید (صفت وزن تر ساقه در مرحله اول) وارد مدل گردیدند و مدل در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. تجزیه مسیر نشان داد که صفت وزن تر ساقه در شرایط نرمال، وزن خشک ساقه در شرایط تنش متوسط و وزن تر ساقه در شرایط تنش شدید بالاترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد برگ داشتند. بنابراین مهم‌ترین صفات به عنوان شاخص گزینش جهت بهبود عملکرد برگ به ترتیب شامل وزن تر ساقه، تعداد برگ، طول و عرض برگ بودند.

کلیدواژه‌ها: برگ، تجزیه رگرسیون، تجزیه علیت، همبستگی.

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum*) یکی از گیاهان دارویی و ادویه‌ای بسیار مهم است که در سطح جهان کشت و مصرف می‌شود. این گیاه دارای خواص ضد باکتری، آرام‌بخش، ضد افسردگی، ضد التهاب و بسیاری از خواص دیگر است. ریحان در بسیاری از کشورها، از جمله ایران، به عنوان یک گیاه دارویی،

آشپزی و صنعت عطرسازی استفاده می‌شود و همچنین از برگ آن به عنوان سبزی استفاده می‌شود [۱].

یکی از روش‌های توصیف و ارزیابی مواد ژنتیکی جهت بهره‌گیری بهینه و همچنین مطالعه روابط داخلی بین صفات با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره است و از آنها برای تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، تشخیص و طبقه‌بندی صفات و ژنوتیپ‌ها، تعیین اثرات صفات مستقل بر صفت وابسته، کاهش حجم داده‌ها و تعداد متغیرهای اصلی در قالب مولفه‌های جدید و تعریف شاخص‌های انتخاب استفاده می‌شود. درک و فهم روابط میان صفات در گزینش غیرمستقیم برای صفاتی که که وراثت‌پذیری کمی دارند و به آسانی اندازه‌گیری نمی‌شوند، در اصلاح گیاهان بسیار مهم است [۲, ۳].

عملکرد برگ صفت پیچیده‌ای است که تابعی از تغییرات صفات مختلف دیگر است و بنابراین شناسایی و درک روابط بین صفاتی که دارای میزان توارث‌پذیری کم و توارث پیچیده دارند با صفاتی که توارث ساده و بالاتری دارند عامل افزایش بازده ژنتیکی در اصلاح صفات پیچیده‌ای همچون عملکرد برگ در واحد سطح خواهد بود. زیرا انتخاب برای صفات همبسته موجب تغیر در صفت اصلی نیز می‌شود. به‌نژادگران به ندرت علاقمند به اصلاح یک صفت هستند و بنابراین نیاز به بررسی روابط بین صفات مختلف، به خصوص بین عملکرد برگ و صفات دیگر وجود دارد [۴, ۵]. در چنین شرایطی همبستگی‌ها ممکن است به خوبی ارتباط‌ها را روشن نکنند و بنابراین به‌نژادگران از استراتژی انتخاب مستقیم و غیرمستقیم برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند [۶]. یکی از روش‌های آماری که می‌تواند به به‌نژادگران گیاه کمک کند تا اثرات مستقیم و غیرمستقیم را توجیه نمایند و به‌طور گسترده‌ای به وسیله آنها در برنامه‌های اصلاحی گونه‌های مختلف گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش تجزیه مسیر است [۷, ۸]. بررسی همبستگی و روابط علی و معلولی عملکرد و برخی صفات مهم زراعی در ژنوتیپ های ریحان، می‌تواند به به کشف عوامل موثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات، افزایش عملکرد کشاورزی و بهبود شرایط اقتصادی کشورها کمک کند.

تاکنون پژوهش‌های متعددی در رابطه با بررسی صفات مهم زراعی ریحان انجام شده است. در این پژوهش‌ها، میزان همبستگی بین صفات مختلف مانند ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، میزان روغن ضروری و کیفیت آن، مقاومت به بیماری‌ها و آفات، عملکرد برگ و دیگر صفات مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه‌ای نشان داده شد که وزن برگ خشک با وزن برگ سبز، ارتفاع بوته، تعداد شاخه های فرعی و تعداد شاخه های اولیه همبستگی مثبت و معنی داری داشت. تجزیه ضریب مسیر نشان داد که وزن برگ سبز بیشترین اثر مستقیم را بر وزن خشك برگ دارد و به دنبال آن تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته و گسترش بوته قرار دارد. این اثرات مستقیم عمدتاً مسئول ارتباط مثبت این خصوصیات با وزن خشک برگ است. تعداد گل آذین، طول گل آذین و وزن هزار دانه اثر مستقیم منفی بر وزن خشك برگ داشتند [۹]. مطالعات Kumar و همکاران [۱۰] همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار عملکرد برگ را با ارتفاع بوته و تعدا شاخه نشان داد در حالی که همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری با صفات تعداد دانه و تعداد برگ نشان داد. در مطالعه‌ی دیگری همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع گیاه با طول گل آذین، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک برگ در توده‌های مختلف ریحان در سطح یک درصد مشاهده گردید [۱۱]. در مطالعه جمعیت F_2 ریحان عملکرد برگ تر با عملکرد برگ خشک، طول و عرض برگ، ارتفاع بوته و تعداد شاخه همبستگی مثبت نشان داد [۱۲]. همچنین در تحقیقات دیگری عملکرد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته نشان داد در حالی که با صفات طول و عرض برگ همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری نشان داد [۱۳].

هدف اصلی از این پژوهش، بررسی همبستگی و روابط علی و معلولی بین عملکرد برگ و برخی از صفات مهم زراعی و فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های مختلف ریحان است. این اطلاعات می‌تواند به بهبود ژنوتیپ‌های موجود و توسعه ژنوتیپ‌های جدیدی کمک کند که عملکرد بالاتر و بهتری داشته باشند. در نهایت، این پژوهش قصد دارد تا به افزایش بهره‌وری کشاورزی و کیفیت محصولات ریحان کمک کند.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۲۲ ژنوتیپ ریحان (جدول ۱) به صورت طرح اسپیلت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار

که فاکتور اصلی شامل تنش خشکی در سه سطح (نرمال، تنش متوسط و تنش شدید) و عامل فرعی شامل ژنوتیپ (در ۲۲ سطح)، در گلدان و در شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار گرفتند. اعمال تنش خشکی به این صورت بود که ابتدا یک گلدان با خاک وزن و سپس در یک تشت آب قرار گرفت تا آب از پایین به سطح خاک برسد و اشباع شود. سپس گلدان برداشته شد و پس از ۲۴ ساعت که اب اضافی خارج شد و به سطح ظرفیت مزرعه رسید، دوباره وزن شد و پس از آن نیز هر روز وزن گردید. با استفاده از نتایج، ظرفیت مزرعه‌ی ۸۵، ۶۰ و ۳۵ درصد رطوبت قابل‌استفاده محاسبه و تعداد روز تا رسیدن به این ظرفیت‌ها به عنوان دور آبیاری برای اعمال تنش خشکی جهت راحتی کار مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای نرمال، تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب براساس دور آبیاری ۳، ۶ و ۹ روز در ظرفیت مزرعه‌ی ۸۵، ۶۰ و ۳۵ درصد رطوبت قابل استفاده اعمال گردیدند.

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۰ در دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۰۲۰ متر از سطح دریای آزاد انجام شد. صفات مورد مطالعه در مرحله رویشی و همچنین پس از رشد کامل گیاه اندازه‌گیری شدند و صفات عبارت از: تعداد روز تا رسیدگی(روز)، طول برگ (سانتیمتر)، عرض برگ (سانتیمتر)، تعداد برگ، وزن برگ تر یا عملکرد برگ تک بوته (گرم)، وزن تر ساقه تک بوته (گرم)، وزن خشک ساقه تک بوته (گرم)، ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) و وزن صد دانه (گرم) بودند.

انجام تجزیه واریانس طرح اسپیلت پلات بر اساس ارزش صفات برای هر نمونه بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های ریحان آزمون شود. همچنین برای محاسبه همبستگی بین صفات مختلف نیز از روش پیرسون استفاده گردید. برای پیش بینی روابط عملکرد برگ با صفات و حذف متغییرهای کم اهمیت، و نیز برای شروع تجزیه علیت از تجزیه رگرسیون گام به گام استفاده شد. برای پی بردن به روابط علت و معلولی میان عملکرد برگ و صفات مورد مطالعه از روش آماری تجزیه علیت استفاده گردید. تجزیه واریانس داده‌ها و رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم‌افزار SPSS Ver 25 (۱۴) انجام شد. همبستگی فنوتیپی با پکیج corrplot و تجزیه مسیر هم با پکیج‌های lavaan و semPlot و با نرم افزار R انجام گردید.

نتایج و بحث

جدول آنالیز واریانس داده‌های بدست آمده برای صفات زراعی (جدول ۲) نشان داد که برای صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در تنش وجود دارد. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش برای صفات معنی‌دار بود که بدین معنی است که ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی تحت تنش خشکی نشان داده‌اند. در این مطالعه، ۲۲ ژنوتیپ ریحان از نظر صفات مختلف زراعی مهم در سه شرایط مختلف رطوبتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در ظرفیت زراعی ۶۰ درصد (شرایط خشکی متوسط)، کاهش صفات مورد مطالعه بین ۱۱/۹۰- تا ۲۶/۱۴- درصد متغیر بود. آمار توصیفی

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های ریحان مورد مطالعه

ردیف	کد	نام	ردیف	کد	نام
1	G1	Italian Genovese	12	G12	Flower pesto
2	G2	Particolored	13	G13	Midnight
3	G3	Red Rubin	14	G14	Dark opal
4	G4	Lemon	15	G15	Horapa
5	G5	Afghan Green	16	G16	Green Mobarakeh
6	G6	Lettuce	17	G17	Purple crab
7	G7	Purple	18	G18	Italian Violetto
8	G8	Turkish Arzuman (Yesil Feslegen)	19	G19	Holy Thai
9	G9	Cinnamon	20	G20	Black
10	G10	Persian Green	21	G21	Italian Green
11	G11	Napoletano	22	G22	Holy

صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که صفات عرض برگ، عملکرد برگ و ارتفاع بوته در شرایط خشکی شدید به میزان ۳۹/۰۳، ۳۸/۲۰ و ۳۶/۰۴ بیشترین درصد کاهش صفات را داشتند درحالی که در خشکی متوسط صفات تعداد برگ، عرض برگ و ارتفاع بوته بیشترین کاهش را نشان دادند (جدول ۳). نتایج آمار توصیفی نشان داد کمترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به صفت وزن صد دانه در هر سه شرایط مورد مطالعه و بیشترین آن مربوط به صفت تعداد برگ در هر سه شرایط تنش بود و بقیه صفات در این بین قرار داشتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس طرح اسپیلت پلات براساس طرح کاملا تصادفی صفات مورد مطالعه ریحان در شرایط مختلف تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات صفات								
		ارتفاع گیاه	تعداد روز تا رسیدگی	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	عملکرد برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن صد دانه
تنش	2	4080.46**	3299.64**	71.38**	23.91**	1136.7**	336.10**	219.67**	4.82**	1.49*
تکرار درون تنش	6	1.75	1.22	0.249	0.181	31.08	6.42	0.433	0.064	0.141
ژنوتیپ	21	1349.12**	1334.63**	9.71**	1.29**	715.62**	38.74**	27.48**	2.014**	0.199**
تنش×ژنوتیپ	42	17.84**	6.82**	0.268**	0.633**	24.48**	0.99**	0.654**	0.028**	0.276**
خطا	126	0.721	0.577	0.0021	0.0059	0.303	0.037	0.009	0.0005	0.0026
ضریب تغییرات		2.39	2.11	0.91	3.14	2.13	1.99	0.96	1.01	3.21

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%.

جدول ۳- آمار توصیفی برای صفات مورد مطالعه ریحان در شرایط مختلف تنش خشکی

شاخص‌ها	شرایط خشکی	صفات								
		ارتفاع گیاه	تعداد روز تا رسیدگی	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	عملکرد برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن صد دانه
دامنه	S1	43.67	44.67	4.23	2	31.33	7.86	6.86	1.57	0.96
	S2	39	40.33	3.37	1.47	29.33	6.53	5.77	1.4	0.88
	S3	40	36.33	2.8	1.6	24.67	5.48	4.89	1.3	0.91
میانگین	S1	43.59	43.26	6.02	3.07	30.55	11.79	11.71	2.57	1.75
	S2	35.17	35.86	5.24	2.39	22.56	9.81	9.97	2.26	1.54
	S3	27.88	29.12	3.96	1.87	24.59	7.28	8.06	2.03	1.46
ضریب تغییرات	S1	31.16	30.78	21.33	20.46	31.32	21.35	18.11	21.39	17.05
	S2	35.5	34.05	19.11	19.86	45.45	21.66	15.78	20.39	19.11
	S3	39.49	38.09	22.14	25.63	31.02	22.67	20.09	20.7	18.77
درصد تغییر نسبت به شرایط نرمال	S2	-19.33	-17.09	-12.9	-22.18	-26.14	-16.74	-14.89	-11.9	-12
	S3	-36.04	-32.68	-34.23	-39.03	-19.49	-38.2	-31.14	-20.99	-16.62

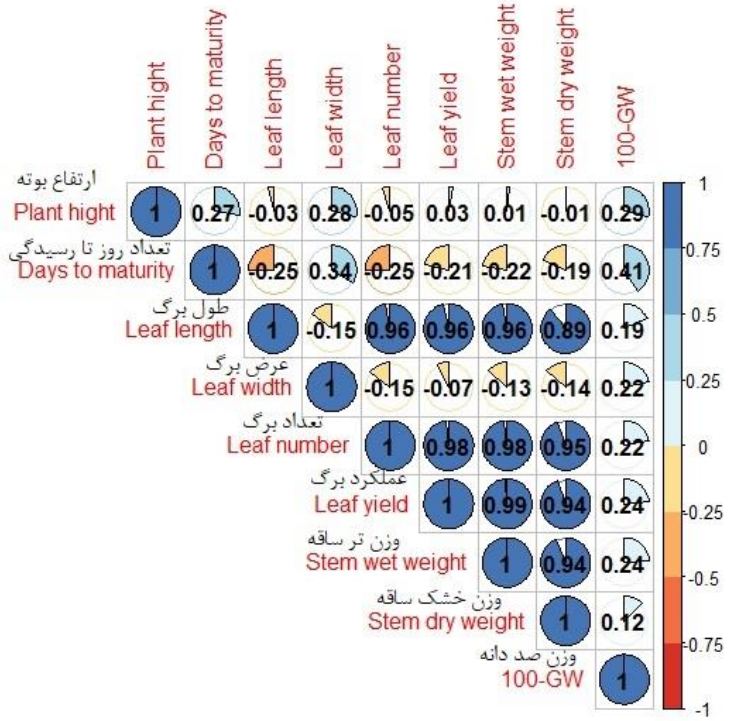
S1، S2 و S3 به ترتیب شرایط نرمال، تنش متوسط و تنش شدید هستند.

بنابراین دلیل تنوع زیاد این صفت می‌تواند شرایط محیطی و همچنین زمینه متفاوت ژنتیکی ژنوتیپ‌ها باشد. میزان تنوع موجود در صفت تعداد برگ و به دنبال آن طول و عرض برگ و همچنین وزن برگ زیاد بود و بنابراین این صفات می‌توانند مورد توجه به‌نژادگر قرار گیرند چرا که برگ این گیاه به عنوان سبزی استفاده شده و این صفات مورد توجه به‌نژادگر خواهد بود و می‌تواند در برنامه‌های اصلاح افزایش عملکرد ریحان مورد استفاده قرار گیرد. انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات منجبر به بهبود این صفات می‌شود. با توجه به میزان تنوع فنوتیپی در صفات مشاهده شده می توان از تنوع مشاهده شده برای اصلاح صفات در ژنوتیپ‌های ریحان استفاده کرد. در مطالعات دیگری [۴, ۱۰-۱۲, ۱۵-۱۷] نیز نشان داده شد که تنوع زیادی از لحاظ صفات مختلف در ریحان وجود دارد که می‌توان از آن برای اصلاح این گیاه استفاده نمود. ضریب همبستگی ساده بین صفت مورد بررسی در ژنوتیپ‌های ریحان برای شرایط نرمال، تنش متوسط و تنش شدید به ترتیب در شکل‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است. در شرایط نرمال بیشترین همبستگی ساده بین صفات به ترتیب مربوط به صفت عملکرد برگ تر با وزن تر ساقه (۰/۹۸۶) و تعداد برگ (۰/۹۸۳) و وزن تر ساقه با تعداد برگ (۰/۹۸۰) به دست آمد. کم ترین همبستگی هم به ترتیب وزن خشک ساقه با ارتفاع گیاه (۰/۰۰۹-)، وزن تر ساقه با ارتفاع گیاه (۰/۰۱۵)و ارتفاع گیاه با عملکرد برگ تر (۰/۰۲۹) و طول برگ (۰/۰۲۹-) مشاهده گردید (شکل ۱). همبستگی عملکرد برگ با همه صفات مثبت بود. بنابراین با افزایش این صفات می‌توان در افزایش عملکرد برگ گام موثری در برنامه های به‌نژادی این گیاه برداشت. شکل ۲ همبستگی صفات را در شرایط تنش متوسط نشان داده است. نتایج نشان داد که عملکرد برگ در این شرایط به ترتیب با صفات وزن خشک ساقه، طول برگ، تعداد برگ و وزن تر ساقه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را داشت و با صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار نشان داد. همچنین همبستگی این صفت با صفات تعداد روز تا رسیدگی و عرض برگ همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری بود. بین صفات دیگر هم همبستگی‌های مثبت و یا منفی‌ای مشاهده شد.

در شرایط تنش شدید (شکل ۳) بیشترین همبستگی بین طول برگ با وزن خشک ساقه (۰/۹۸۲)، وزن تر ساقه با وزن خشک ساقه (۰/۹۳) و طول برگ با وزن تر ساقه (۰/۹۷۱) مشاهده گردید. همچنین عملکرد برگ با صفات وزن تر ساقه، طول برگ، وزن خشک ساقه و تعداد برگ همبستگی بالا و مثبتی داشت و با صفت تعداد روز تا رسیدگی منفی و غیرمعنی‌داری بود. برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بین بعضی از صفات مانند ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها و عملکرد برگ، همبستگی مثبتی وجود دارد. به عبارت دیگر، افزایش این صفات باعث افزایش عملکرد می‌شود. در مقابل، میزان همبستگی بین بعضی دیگر از صفات مثل مقاومت به بیماری‌ها و آفات و عملکرد کلی گیاه، ممکن است منفی یا ضعیف باشد. مطالعات مختلفی نشان داد که عملکرد برگ با صفات همبستگی مثبت و معنی داری داشت و با نتایج این تحقیق در یک راستا بود. همچنین همبستگی صفات دیگر در مطالعاتی مثبت و در مطاعات دیگر منفی بود که برخی از آنها در راستای نتایج این تحقیق و برخی دیگر در تضاد با نتایج این تحقیق بود (۹-۱۳, ۱۸) که این می‌تواند به دلیل تفاوت در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، محیط و شرایط آزمایشی متفاوت باشد.

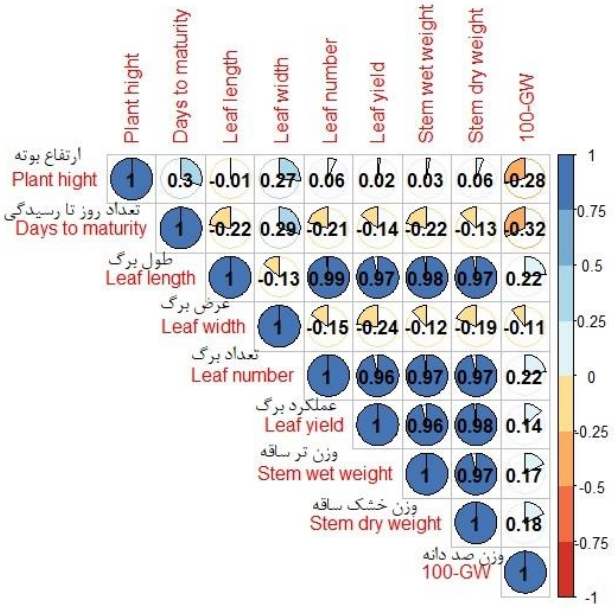
جهت پیش بینی روابط عملکرد برگ و سایر صفات مورد مطالعه و حذف متغیرهای کم اهمیت و انجام تجزیه علیت، تجزیه رگرسیون گام به گام انجام شد. عملکرد برگ به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات اندازه گیری شده به عنوان متغیر مستقل مورد تجزیه قرار گرفتند. در مرحله بعد صفات وارد شده در مرحله اول به عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند و مطالعات مختلفی از روش تجزیه رگرسیون گام به گام برای تجزیه مسیر استفاده نموده‌اند [۱۹, ۲۰]. نتایج رگرسیون گام به گام در شرایط نرمال (جدول ۴) نشان داد که صفات وزن تر ساقه، تعداد برگ و عرض برگ به ترتیب وارد مدل گردیدند و توانستند ۹۸/۴ درصد تغییرات عملکرد برگ را توجیه کنند. همچنین در مرحله بعد، صفات طول برگ و وزن خشک ساقه به ترتیب وارد مدل گردیدند و توانستند ۹۶/۶ درصد تغییرات صفت وزن تر ساقه را توجیه کنند.

علاوه بر آن، همین صفات نیز به عنوان صفات موثر بر تعداد برگ وارد مدل رگرسیونی شدند و توانستند ۹۶ درصد تغییرات صفت تعداد برگ را توجیه کنند. همچنین وقتی صفت عرض برگ به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد، هیچ صفتی وارد مدل رگرسیونی نشد (جدول ۴).



شکل ۱- نمودار همبستگی صفات مورد مطالعه در ریحان در شرایط نرمال

اعداد بیشتر از ۰/۴۲ و ۰/۵۴ به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%.



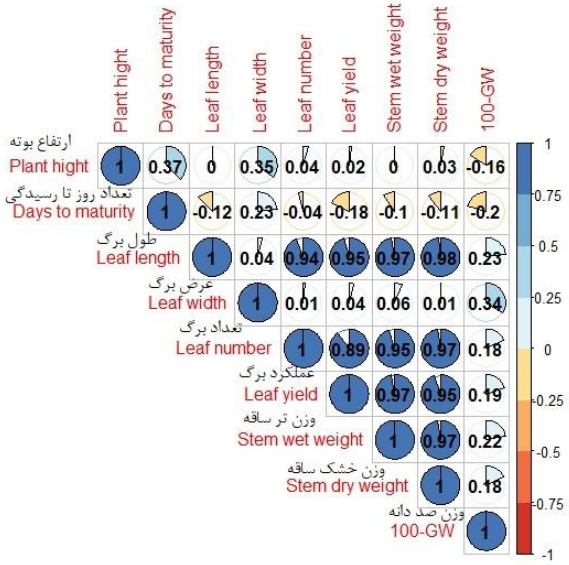
شکل ۲- نمودار همبستگی صفات مورد مطالعه در ریحان در شرایط تنش متوسط خشکی

اعداد بیشتر از ۰/۴۲ و ۰/۵۴ به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%.

رگرسیون گام به گام در شرایط تنش متوسط (جدول ۵) نشان داد که صفت وزن خشک ساقه وارد مدل گردید و توانست ۹۷ درصد تغییرات عملکرد برگ را توجیه نماید. همچنین در مرحله بعد، صفت طول برگ وارد مدل شده و توانست ۹۴/۹ درصد تغییرات صفت وزن خشک ساقه را توجیه کند. در نهایت صفات تعداد برگ و وزن تر ساقه نیز به عنوان صفات موثر بر طول برگ

وارد مدل رگرسیونی شدند و توانستند ۹۸/۳ درصد تغییرات صفت طول برگ را توجیه کنند (جدول ۵).

در شرایط تنش شدید تجزیه رگرسیونی گام به گام (جدول ۶) نشان داد که صفت وزن تر ساقه وارد مدل گردیده و توانسته ۹۳/۵ درصد تغییرات عملکرد برگ را توجیه نماید. در مرحله بعد، صفت وزن خشک ساقه وارد مدل شده و توانست ۹۴/۶ درصد تغییرات صفت وزن تر ساقه را توجیه کند. در نهایت صفات طول برگ و تعداد برگ به عنوان صفات موثر بر وزن خشک ساقه وارد مدل رگرسیونی شدند و توانستند ۹۸/۲ درصد تغییرات صفت وزن خشک ساقه را توجیه کنند (جدول ۶).



شکل ۳- نمودار همبستگی صفات مورد مطالعه در ریحان در شرایط تنش شدید خشکی
اعداد بیشتر از ۰/۴۲ و ۰/۵۴ به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%.

جدول ۴- تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط نرمال

صفت وابسته	ضرایب بتا				R اصلاح شده	خطای تخمین زده
	عرض از میدا	وزن تر ساقه	تعداد برگ	عرض برگ		
عملکرد برگ	-0.406*	0.665**	0.117**	0.272**	0.982	0.34
	عرض از میدا	طول برگ	وزن خشک ساقه	--		
وزن تر ساقه	1.73**	1.04**	1.46**		0.956	0.45
	عرض از میدا	طول برگ	وزن خشک ساقه			
تعداد برگ	-14.69**	4.34**	7.45**	-	0.962	1.86

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%.

جدول ۵- تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط تنش خشکی متوسط

صفت وابسته	ضرایب بتا			R اصلاح شده	خطای تخمین زده
	عرض از میدا	وزن خشک ساقه			
عملکرد برگ	-0.457*	4.54**		0.968	0.38
	عرض از میدا	طول برگ			
وزن خشک ساقه	-0.089*	0.448**		0.947	0.11
	عرض از میدا	تعداد برگ	وزن تر ساقه		
طول برگ	1.52*	0.062**	0.234*	0.981	0.14

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%.

جدول ۶- تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط تنش خشکی شدید

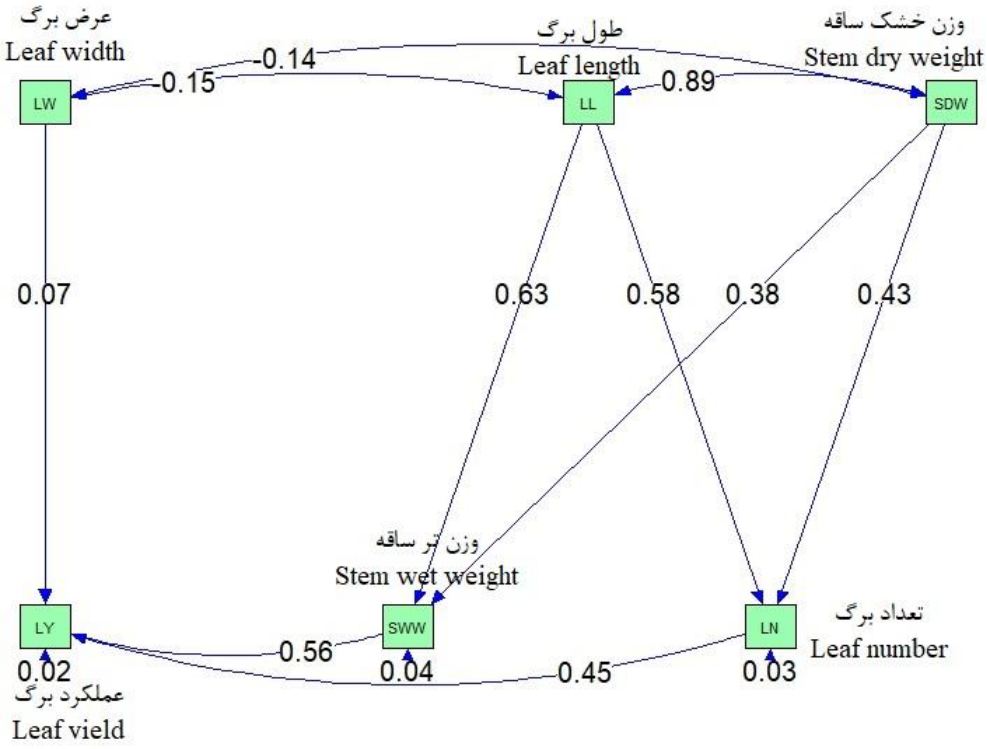
خطای تخمین زده	R اصلاح شده	ضرایب بتا			صفت وابسته
		-	وزن تر ساقه	عرض از میدا	
0.43	0.932	-	0.986^{**}	-0.667^{*}	عملکرد برگ
0.39	0.943	-	وزن خشک ساقه	عرض از مبدا	وزن تر ساقه
		-	3.75^{**}	0.455^{*}	
0.057	0.982	تعداد برگ	طول برگ	عرض از میدا	وزن خشک ساقه
		0.023^{**}	0.285^{**}	0.344^{**}	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%.

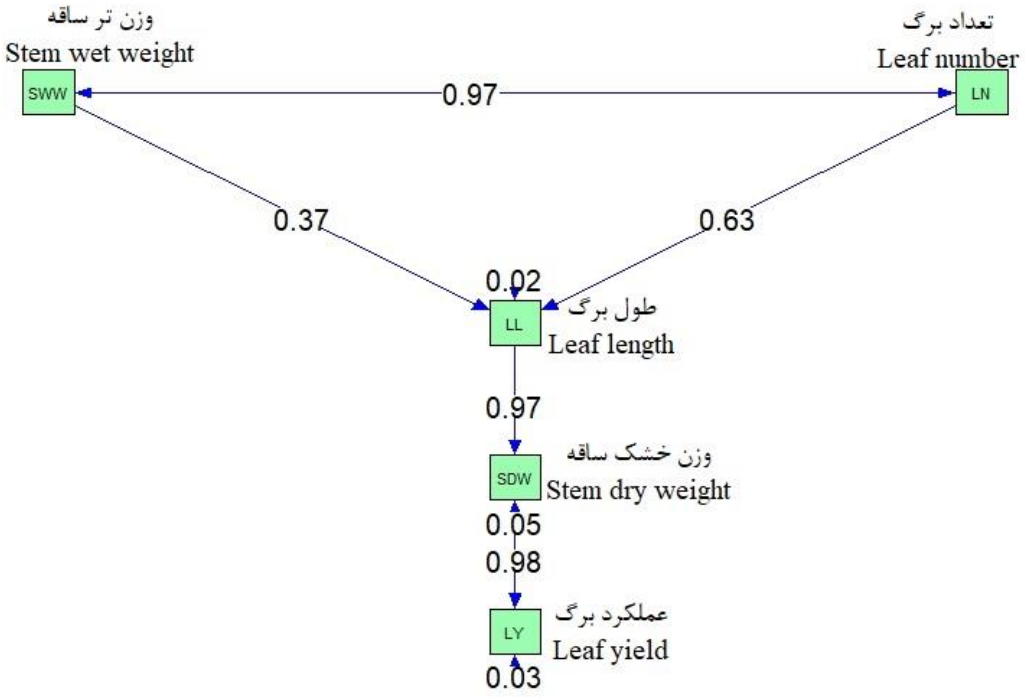
به منظور درک بهتر و تفسیر دقیق‌تر نتایج به دست آمده از همبستگی‌های ساده و رگرسیون گام به گام، متغیرهای وارد شده در مدل نهایی رگرسیون مورد تجزیه علیت مرحله‌ای در هر یک از شرایط تنشی مورد مطالعه قرار گرفتند. شکل ۴ میزان آثار مستقیم و غیرمستقم صفات مستقل بر عملکرد برگ را بر اساس همبستگی‌ها در شرایط نرمال نشان داد. طبق نتایج حاصل از تجزیه علیت صفت وزن تر ساقه بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد برگ داشت و اثرات غیر مستقیم آن از طریق صفات دیگر هم مثبت و هم منفی و ناچیز بود، بنابراین با گزینش مثبت برای این صفت می‌توان به اصلاح برای افزایش عملکرد برگ در برنامه های به نژادی گام موثری برداشت. همچنین در مرحله بعد صفت تعداد برگ بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد برگ داشت و میزان آثار غیرمستقیم این صفت از طریق صفات دیگر هم مثبت و هم منفی ولی ناچیز بود. بنابراین با گزینش برای افزایش این صفت در برنامه‌های به‌نژادی می‌توان در افزایش عملکرد برگ نیز گام موثری برداشت. کمترین اثر غیرمستقیم منفی مربوط به اثر وزن تر ساقه از طریق طول برگ-وزن خشک ساقه-عرض برگ بود.

میزان آثار مستقیم و غیرمستقم صفات مستقل بر عملکرد برگ در شرایط تنش متوسط در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه علیت در شرایط تنش متوسط نشان داد اثر مستقیم هر دو صفت تعداد برگ و وزن تر ساقه بر طول برگ مثبت و افزاینده طول برگ می‌باشند و اثرات غیر مستقیم آنها از طریق همدیگر نیز مثبت بود. همچنین طول برگ اثر مثبت و افزاینده‌ای بر وزن خشک ساقه دارد. در نهایت وزن خشک ساقه اثری مثبت و افزاینده بر عملکرد برگ داشت. با توجه به نتایج تجزیه علیت در این شرایط می‌توان گفت که با افزایش هر کدام از صفات تعداد برگ، وزن تر ساقه، طول برگ و وزن خشک ساقه می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی گام موثری برای افزایش عملکرد برگ ریحان در شرایط تنش متوسط برداشت.

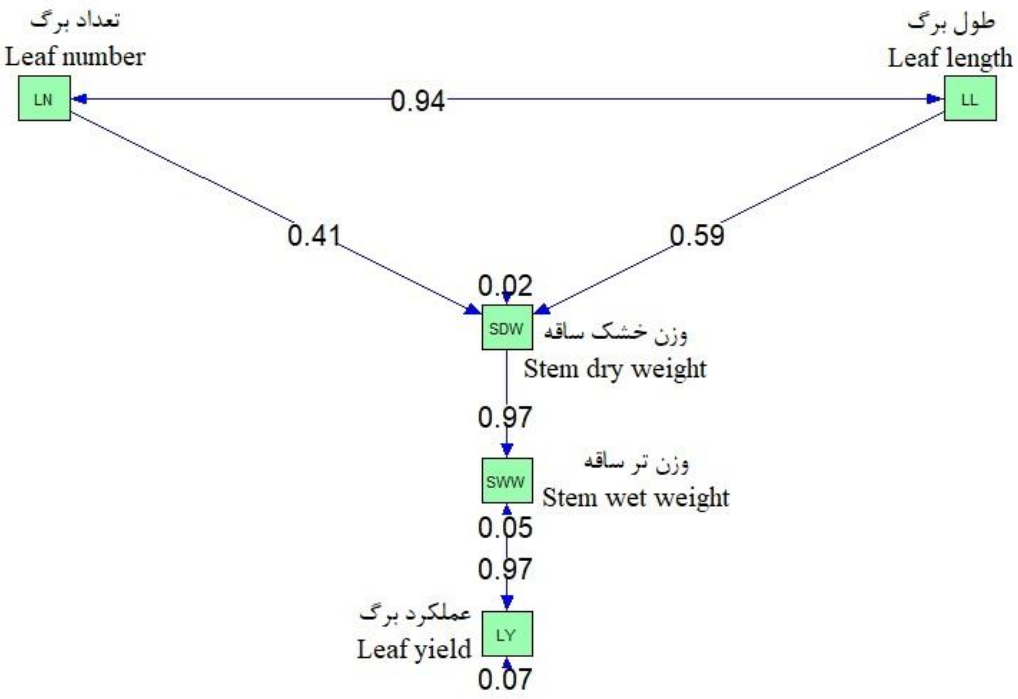
در شرایط تنش شدید میزان آثار مستقیم و غیرمستقم صفات مستقل بر عملکرد برگ از طریق تجزیه علیت در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثر مستقیم هر دو صفت تعداد برگ و طول برگ بر وزن خشک ساقه مثبت و افزاینده است و باعث افزایش وزن خشک بوته می‌باشند و اثرات غیر مستقیم آنها از طریق همدیگر نیز مثبت است. همچنین وزن خشک ساقه اثر مثبت و افزاینده‌ای بر وزن تر ساقه داشت و در نهایت وزن تر ساقه اثری مثبت و افزاینده بر عملکرد برگ داشت. با توجه به نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش شدید، افزایش هر کدام از صفات طول برگ، تعداد برگ، وزن خشک ساقه و وزن تر ساقه گام موثری در افزایش عملکرد برگ ریحان در برنامه‌های به‌نژادی در شرایط تنش شدید خواهد داشت. مطالعاتی در مورد بررسی اثر مستقیم و تجزیه مسیر صفات بر روی درصد اسانس در گیاه ریحان [۱۰, ۲۱] انجام شده است ولی در مورد اثر مستقیم صفات و تجزیه علیت در مورد عملکرد برگ تر مطالعه‌ای صورت نگرفته است ولی در گیاهان دیگری که به عنوان سبزی یا گیاهانی که برگ در آنها اهمیت دارد، انجام شده است [۶, ۷, ۲۰]. در مطالعه‌ای نشان داده شد که بیشترین اثر مستقیم بر روی وزن خشک برگ، وزن تر برگ است و اثرای مثبت داشت [۹].



شکل ۴- تجزیه علیت مرحله‌ای بین عملکرد برگ و صفات وابسته در ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط نرمال.



شکل ۵- تجزیه علیت مرحله‌ای بین عملکرد برگ و صفات وابسته در ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط تنش خشکی متوسط.



شکل ۶- تجزیه علیت مرحله‌ای بین عملکرد برگ و صفات وابسته در ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط تنش خشکی شدید.

نتیجه‌گیری

بررسی همبستگی و روابط علی و معلولی بین صفات مختلف زراعی می‌تواند به بهبود انتخاب ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های اصلاح نژادی کمک کند. در مورد ژنوتیپ‌های ریحان، می‌توانیم به صفاتی مانند عملکرد برگ، میزان اسانس، مقاومت به بیماری‌ها و آفات، و تحمل به شرایط محیطی مختلف اشاره کنیم. شناخت عوامل مؤثر در تغییر عملکرد برگ و صفات فنوتیپی کمک شایانی به اصلاح و توسعه گیاهان برای دستیابی به عملکرد مطلوب می‌نماید. عملکرد برگ و فرایند تشکیل آن به عوامل ژنتیکی، محیطی، زراعی و نیز اثر متقابل آن‌ها بستگی دارد. نتایج حاصل از همبستگی‌های ساده، رگرسیون گام به گام و تجزیه علّیت تا حدودی مؤید یکدیگر بودند به طوری که در تعیین ضرایب همبستگی ساده صفات وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، طول و تعداد برگ بیشترین همبستگی را با عملکرد دارا بودند. بنابراین جهت رسیدن به یک پاسخ مؤثر در طول نسل‌های قبل از رسیدن به خلوص و هم‌چنین جهت افزایش عملکرد برگ لازم است که گزینش برای صفاتی نظیر وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، طول و تعداد برگ انجام گیرد. در روش رگرسیون گام به گام صفاتی که وارد مدل گردیدند و بیشترین ضریب تبیین را به خود نسبت دادند با نتایج تجزیه همبستگی تطابق زیادی نشان دادند. با توجه به نتایج و مقایسه اثرات مستقیم می‌توان گزینش‌های غیرمستقیمی را از طریق افزایش وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، طول و تعداد برگ برای دستیابی به عملکرد بالای عملکرد برگ بهره جست. همچنین می توان با شناخت ویژگی‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه، الگوی رشد، جذب نور و میزان فتوسنتز را کنترل کرد و در نتیجهٔ آن مدلسازی خصوصیات گیاهی و پیش‌بینی عملکرد بالای اندام هوایی را بهتر انجام داد چرا که ارزش اقتصادی یک رقم به صفات مختلف آن بستگی دارد. البته وجود تفاوت در نتایج این تحقیق و هم‌چنین نتایج تعدادی از مطالعات دیگر را می‌توان به متفاوت بودن مواد گیاهی، نوع کاشت، تراکم مختلف و شرایط محیطی متفاوت در هر یک از صفات نیز نسبت داد چرا که اهمیت نسبی اجزای مختلف عملکرد برگ با محل، فصل، طول عمر گیاه زراعی و موقعیت زمین فرق می‌کند.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی شماره ۰۲/۲۱۸ با استفاده از اعتبارات پژوهشی- پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران انجام شده است.

References

[1] Hiltunen R, Holm Y. Basil: the genus *Ocimum*. London, UK: CRC Press; 1999. 151 p.

[2] Gottlieb DM, Schultz J, Bruun SW, Jacobsen S, Søndergaard I. Multivariate approaches in plant science. Phytochem. 2004;65(11):1531-48.

[3] Jobson JD. Applied multivariate data analysis: volume II: Categorical and Multivariate Methods: Springer Science & Business Media; 1992. 732 p.

[4] Egata DF, Geja W, Mengesha B. Agronomic and bio-chemical variability of Ethiopian sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions. Academic Research Journal of Agricultural Science and Research. 2017;5(7):489-508.

[5] Li L, Zhang Q, Huang D. A review of imaging techniques for plant phenotyping. Sensors. 2014;14(11):20078-111.

[6] Diniz RP, Oliveira EJ. Genetic parameters, path analysis and indirect selection of agronomic traits of cassava germplasm. An Acad Bras Cienc. 2019;91(3):e20180387.

[7] Khan MMH, Rafii MY, Ramlee SI, Jusoh M, Al Mamun M. Path-coefficient and correlation analysis in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) accessions over environments. Sci Rep. 2022;12(1):Article 245.

[8] Saed-Moucheshi A, Fasihfar E, Hasheminasab H, Rahmani A, Ahmadi A. A review on applied multivariate statistical techniques in agriculture and plant science. International Journal of Agronomy and Plant Production. 2013;4(1):127-41.

[9] Jambhale V, Awari V, Aher A, Shinde K, Pagire G. Assessment of genetic variability in *Ocimum spp.* Pharm Innov J. 2023;12(3):3016-20.

[10] Kumar RR, Reddy LPA, Patel RP. Genetic association for oil yield and its component traits in different *Ocimum* species. Electron J Plant Breed. 2012;3(2):794-9.

[11] Moghaddam M, Omidbeygi R, Salimi A, Naghavi M. An Assessment of genetic diversity among Iranian populations of basil (*Ocimum* spp.) using morphological traits. Iran J Hortic Sci. 2014;44(3):227-43.

[12] Singh Y, Gaurav S, Kumar P, Ojha A. Genetic variability and correlation coeff icient in F_2 segregating population of basil (*Ocimum basilicum* L.). Med Plants - Int J Phytomed Relat Ind. 2015;7(3):196-207.

[13] Patel RP, Singh R, Lal RK, Gupta P, Kesarwani A, Goyal N. Genetic variability of agronomic traits and chemo diversity in the genus *Ocimum*. Trends Phytochem Res. 2018;2(2):103-10.

[14] SPSS-Inc. IBM SPSS statistics 19 core system user's guide. USA: SPSS Inc., an IBM Company Headquarters2017.

[15] De Masi L, Siviero P, Esposito C, Castaldo D, Siano F, Laratta B. Assessment of agronomic, chemical and genetic variability in common basil (*Ocimum basilicum* L.). Eur Food Res Technol. 2006;223:273-81.

[16] Gossa AG, Asfaw BT. Diversity of Ethiopian sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) germplasm for quantitative morphological traits. Flora. 2023;304:Article 152313.

[17] Ibrahim M, Aboud K, Hussein R. Genetic variability and path coefficient analysis in sweet basil for oil yield and its components under organic agriculture conditions. J Am Sci. 2011;7(6):150-7.

[18] Yaldiz G, Camlica M. Agro- morphological and phenotypic variability of sweet basil genotypes for breeding purposes. Crop Sci. 2021;61(1):621-42.

[19] AbdoliNasab M, Rahimi M, Karatas A, Ercisli S. Sequential path analysis and relationships between fruit yield in watermelon. Pak J Agric Sci. 2020;57(6):1425-30.

[20] Sabaghnia N, Asadi-Gharneh HA, Janmohammadi M. Sequential path analysis of spinach yield using several quantitative and qualitative traits. Natura Montenegrina. 2013;12(1):205-16.

[21] Lal R, Gupta P, Chanotiya C, Mishra A, Kumar A. The nature and extent of heterosis, combining ability under the influence of character associations, and path analysis in Basil (*Ocimum basilicum* L.). Ind Crops Prod. 2023;195:Article 116421.

Investigating the correlation and cause and effect relationships of leaf yield and some important agronomic traits in basil genotypes under different drought stress conditions

Rahimi M.[1]*, Mortazavi M.[1]

[1] Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.

* (Corresponding author): me.rahimi@kgut.ac.ir; mehdi83ra@yahoo.com

Received: September 2023 Accepted: November 2023

Abstract

Basil is one of the important plants belonging to the mint family, which is used as a medicinal plant, spice, and also as a fresh vegetable. In order to study the relationship between leaf yield and agricultural traits, 22 basil genotypes were evaluated on the basis of split plot design based on randomized complete block design with three replications in pots under field conditions. The main plot included drought stress in three levels (normal, moderate and severe stress) and the subplot included genotype (in 22 levels) and agricultural traits were measured. The results of analysis of variance showed that there is a significant difference between the genotypes at the level of 1% for the studied traits, which indicates the existence of high genetic diversity among the genotypes. Correlation of traits in all three conditions showed that leaf yield had a positive and significant correlation with the traits of stem fresh weight, number of leaves, length and width of leaves. Considering the leaf yield as a dependent variable and performing a stepwise regression analysis in normal conditions (stem wet weight, number of leaves and leaf width in the first stage, respectively), moderate drought stress conditions (stem dry weight in the first stage)) and severe drought stress conditions (stem wet weight in the first stage) were entered into the model and the model was significant at the level of 1%. Path analysis showed that stem wet weight in normal conditions, stem dry weight in moderate stress condition and stem wet weight in severe stress condition had the highest direct and positive effect on leaf yield. Therefore, the most important traits as a selection index for improving leaf yield werestem fresh weight, leaf number, leaf length and width, respectively.

Keywords: Leaf, regression analysis, path analysis, correlation.