



## ارزیابی واکنش لاین‌های خالص آفتابگردان روغنی (*Helianthus annuus* L.) در شرایط کمبود فسفر

مریم رسول زاده اقدم<sup>1</sup>، رضا درویش‌زاده<sup>2،3</sup>، ابراهیم سپهر<sup>4</sup> و هادی علی‌پور<sup>5</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

2- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

3- استاد، پژوهشکده زیست فناوری، دانشگاه ارومیه

4- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

5- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، (نویسنده مسوول: ha.alipour@urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: 98/9/6 تاریخ پذیرش: 98/11/8

صفحه: 202 تا 214

### چکیده

فسفر یکی از عناصر پرمصرف غذایی در گیاهان است که دارای نقش‌های متعدد ساختاری در سلول و عملکرد کاتالیتیک آنزیم‌های دخیل در متابولیسم است. با توجه به فراهمی کم فسفر در خاک‌های آهکی و تفاوت ژنوتیپ‌های گیاهی در جذب فسفر خاک، شناسایی و مطالعه متفاوت ژنوتیپ‌های با کارایی زیاد جذب فسفر در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی ضروری است. بدین منظور، 76 لاین خالص آفتابگردان جمع‌آوری شده از نقاط مختلف جهان در دو شرایط بهینه و کمبود فسفر بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه طی سال زراعی 1396 مورد بررسی قرار گرفتند. در شرایط بهینه فسفر، به خاک با میزان فسفر پایین (7/24 mg/kg) به مقدار 0/4 g/kg سوپرفسفات تریپل اضافه شد. از نظر تمامی صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و درصد فسفر بین لاین‌ها در سطح احتمال 1 درصد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد. لاین‌های آفتابگردان روغنی در هر دو شرایط بهینه و کمبود فسفر در چهار خوشه گروه‌بندی شدند. ولی توزیع لاین‌ها در خوشه‌های مشابه با توجه به شرایط محیطی بهینه و کمبود فسفر متفاوت بود. در نهایت بر اساس بای پلات حاصل از شاخص تحمل چند متغیره MFVD، تجزیه به مولفه‌های اصلی و نتایج تجزیه کلاستر، لاین‌هایی از قبیل 6، 72، 71، 19، 35 به عنوان لاین‌های مطلوب شناسایی شدند. این لاین‌ها عملکرد و اجزای عملکرد بالایی داشته و کاهش کمتری در شرایط کمبود فسفر نشان دادند که می‌توانند در معرفی ارقام هیبرید جدید مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان روغنی، شاخص تحمل چند متغیر، کمبود فسفر، عملکرد دانه

### مقدمه

آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annuus* L. از خانواده Asteraceae به عنوان پنجمین گیاه تولید کننده روغن بعد از سویا، کلزا، پنبه و بادام زمینی و تولید کننده سوخت زیستی در جهان مطرح می‌باشد (20،11). بدون شک دانه‌های روغنی از راهبردی‌ترین محصولات کشاورزی هستند که تولید آن جزء نیازهای اصلی برای امنیت غذایی هر کشور محسوب می‌شود (7). در ایران علیرغم وجود اراضی وسیع قابل کشت برای تولید دانه‌های روغنی، هنوز هم بیش از 85 درصد از روغن مورد نیاز کشور از خارج وارد می‌شود. به علت رشد جمعیت و افزایش مصرف روغن، در سال‌های آینده این مقدار به مراتب افزایش خواهد یافت (2).

فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و به واسطه نقش ویژه در فرآیندهای رشد و تکامل ریشه، گلدهی، تشکیل دانه، افزایش مقاومت به تنش‌های زیستی، بعد از نیتروژن دومین عنصر کلیدی از نظر تغذیه گیاه به شمار می‌رود. قابلیت کم جذب فسفر به ویژه در خاک‌های آهکی یکی از محدودیت‌های اصلی رشد گیاه می‌باشد. شناسایی و اصلاح ژنوتیپ‌هایی با توانایی جذب فسفر بالا به عنوان یکی از اجزای مدیریت تولید پایدار مطرح است (8). راهکارهای اصلی گیاهان کارا در جذب فسفر شامل افزایش جذب فسفر از خاک و بهبود کارایی مصرف فسفر در سطح سلولی می‌باشد. کمبود فسفر موجب اختلال در رشد گیاه شده و جنبه‌های

مختلف متابولیسم آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مهمترین عوارض کمبود فسفر کاهش گسترش سلول، جلوگیری از رشد برگ‌ها و کوتاهی قد در گیاهان است (19). کمبود فسفر موجب کاهش هدایت هیدرولیک ریشه و در صورت دسترس نبودن آب کافی برای گسترش سلول‌ها، موجب کوچک ماندن برگ‌ها و جلوگیری از رشد اندام‌های هوایی می‌گردد. همچنین تثبیت دی اکسید کربن نیز به دلایل اختلال عمومی در متابولیسم انرژی، در صورت کمبود فسفر کاهش می‌یابد (6). البته تنش فسفر به دلیل نقش آن در تغییر و تبدیلات انرژی، هم‌زمان موجب کاهش مصرف قندها شده و بنابراین علیرغم افت فتوسنتز، انباشتگی فرآورده‌های فتوسنتزی از دیگر عوارض تنش فسفر در گیاهان است (6).

گیاهان برای افزایش سازگاری با شرایط تنش فسفر طیف گسترده‌ای از تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی را متحمل می‌شوند (12)، که از جمله آنها می‌توان به تغییرات گسترده در نمو ریشه و اندام هوایی، افزایش ترشح اسید فسفاتازها و همزیستی با قارچ میکورریزا، آنیون‌های آلی و همچنین افزایش بیان و فعالیت ناقلین فسفر اشاره کرد (15). با توجه به اهمیت آفتابگردان روغنی در تولید روغن گیاهی در کشور و کمبود فسفر در خاک‌های آهکی و کاربرد بیش از نیاز کودهای فسفره در این خاک‌ها، پژوهش حاضر به منظور شناسایی لاین‌های مطلوب و متحمل به کمبود فسفر برای استفاده در تولید ارقام هیبرید جدید در برنامه‌های به‌نژادی

انجام شد.

$$\%PCV = \frac{\sqrt{V_p}}{\bar{X}_{\infty}} \times 100$$

درصد ضریب تغییرات ژنتیکی:

$$\%GCV = \frac{\sqrt{V_G}}{\bar{X}_{\infty}} \times 100$$

درصد توارث پذیری عمومی:

$$\%h_b^r = \frac{V_G}{V_G + \frac{\sigma_e^2}{r}} \times 100$$

در روابط بالا  $V_p$  واریانس فنوتیپی،  $V_G$  واریانس ژنتیکی،  $\sigma_e^2$  واریانس اشتباه آزمایشی و  $r$  تعداد تکرار را نشان می‌دهد. تجزیه خوشه‌ای با استفاده از میانگین داده‌ها بعد از استاندارد کردن، براساس الگوریتم وارد در نرم افزار Minitab 17 و سپس برای تعیین تعداد گروه‌ها، تجزیه واریانس چند متغیره با استفاده نرم‌افزار SPSS 24 انجام شد. در این مطالعه برای تفکیک چهار گروه ارائه شده توسط فرناندز (۵) از شاخص تحمل چند متغیره MFVD (۴) استفاده شد. بدین صورت که ابتدا برای تفکیک ژنوتیپ‌های گروه‌های B و D مقدار عددی ضریب تحمل تنش (DC) براساس تقسیم مقدار عددی صفت در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال برای ژنوتیپ‌های

مختلف محاسبه شد ( $DC_{ij} = \frac{X_{ijws}}{X_{ijww}}$ ). سپس برای تفکیک

ژنوتیپ‌های گروه A و C مقدار عملکردی هر یک از صفات (YPr) براساس حاصل ضرب مقدار عددی صفت در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال برای ژنوتیپ‌های مختلف محاسبه شد ( $YPr_{ij} = X_{ijws} \times X_{ijww}$ ). سپس برای مقادیر محاسبه شده برای ضریب تحمل تنش و مقادیر عملکرد صفات به صورت جداگانه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شده و مؤلفه‌هایی که مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند به عنوان مؤلفه‌های اصلی انتخاب شدند. در نهایت برای تشکیل ناحیه‌های A، B، C و D نمودار بای‌پلات با

$$Y_{axis} = \sum_{i=1}^n YPr_{PCSi} \quad \text{و} \quad X_{axis} = \sum_{i=1}^n DC_{PCSi}$$

که در آنها  $\sum_{i=1}^n YPr_{PCSi}$  و  $\sum_{i=1}^n DC_{PCSi}$  به ترتیب مجموع مؤلفه‌های معنی‌دار برای مقادیر DC و YPr را نشان می‌دهند.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی واکنش لاین‌های خالص آفتابگردان روغنی در شرایط کمبود و بهینه فسفر قابل جذب، تعداد ۷۶ لاین خالص آفتابگردان روغنی از چندین مرکز تحقیقاتی جهان شامل مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ایران، وزارت کشاورزی آمریکا و چندین مرکز تحقیقاتی وابسته به دانشگاه‌ها در اروپا، جمع‌آوری شدند (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلدانی در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. بدین منظور بعد از انجام تجزیه خاک، خاک با میزان فسفر پایین (۷/۲۴ mg/kg) انتخاب شد (جدول ۲). تعداد ۴۵۶ گلدان ۱۵ کیلوگرمی به دو دسته ۲۲۸ تایی تقسیم شد. در هر دو دسته، گلدان‌ها با خاک و ماسه به نسبت دو به یک، همراه با کودهای سولفات پتاسیم به مقدار ۰/۹ g/kg، سکوسترین آهن به مقدار ۰/۱ g/kg، سولفات منگنز به مقدار ۰/۱۵ g/kg، سولفات روی به مقدار ۰/۰۶۶ g/kg، سولفات مس به مقدار ۰/۰۲ g/kg و اسیدبوریک به مقدار ۰/۰۱۴ g/kg، پر شدند. در دسته اول علاوه بر کودهای مذکور، کود فسفر نیز به صورت سوپرفسفات تریپل به مقدار ۰/۴ g/kg به هر گلدان اضافه شد.

آبیاری گلدان‌ها با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. از شروع مرحله گلدهی تا رسیدگی کامل، اندازه‌گیری و یادداشت برداری از صفات عملکرد دانه در بوته، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و قطر طبق انجام گرفت. اندازه‌گیری میزان فسفر گیاه به روش اولسن و سومرز (۱۴) انجام شد. پس از آزمون مفروضات تجزیه واریانس شامل آزمون همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس صفات با رویه مدل خطی عمومی در نرم افزار SAS 9.4 انجام گرفت. میانگین حسابی و درصد کاهش صفات در شرایط کمبود فسفر نسبت به شرایط بهینه فسفر (میانگین صفت در شرایط بهینه فسفر/ میانگین صفت در شرایط کمبود فسفر) محاسبه گردید. واریانس محیطی و ژنتیکی براساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد شدند. سپس ضریب تنوع فنوتیپی، ضریب تنوع ژنتیکی و توارث پذیری عمومی هر صفت از روابط زیر محاسبه شد: درصد ضریب تغییرات فنوتیپی:

جدول 1- لاین‌های آفتابگردان روغنی مورد مطالعه و منشا آنها

Table 1. Investigated Oilseed sunflower lines and their origin

نام مرکز تحقیقاتی	نام کشور	نام لاین	کد	نام مرکز تحقیقاتی	نام کشور	نام لاین	کد
USDA	امریکا	HA337B	39	ASGROW	فرانسه	H209A/LC1064	1
ASGROW	فرانسه	H100B	40	ENSAT	فرانسه	AS5306	2
-	مجارستان	B454/03	41	USDA	امریکا	RHA858	3
USDA	امریکا	HA304	42	ASGROW	فرانسه	H209A/83HR4	4
RUSTICA	فرانسه	RT931	43	ENSAT	فرانسه	AS3211	5
USDA	امریکا	HA335B	44	ENSAT	فرانسه	ENSAT-254	6
NOVARTIS	فرانسه	NS_B5	45	ASGROW	فرانسه	AS5304	7
NOVARTIS	فرانسه	NS-R5	46	ENSAT	فرانسه	(K100)1009329.2	8
USDA	امریکا	DM-2	47	ENSAT	فرانسه	ENSAT-270	9
ASGROW	فرانسه	H156A/RHA274	48	ASGROW	فرانسه	AS613	10
USDA	امریکا	SDB1	49	ASGROW	فرانسه	H100A/LC1064	11
USDA	امریکا	HAR-4	50	USDA	امریکا	RHA266	12
ASGROW	فرانسه	AS5305	51	ENSAT	فرانسه	PAC2	13
USDA	امریکا	RHA274	52	ASGROW	فرانسه	H157A/LC1064	14
ASGROW	فرانسه	H158A/H543R-B	53	BRN	فرانسه	DES20QR5	15
ASGROW	فرانسه	H100A/RHA274	54	ENSAT	فرانسه	(K100)1009337	16
ASGROW	فرانسه	H209A/H566R	55	ENSAT	فرانسه	AS3232	17
ENSAT	فرانسه	ASO-1-POP-A	56	ASGROW	فرانسه	ASB28	18
NOVARTIS	فرانسه	B-F1POPB	57	ASGROW	فرانسه	SSD-580	19
USDA	امریکا	D34	58	ENSAT	فرانسه	ENSAT699	20
ENSAT	فرانسه	CAY	59	ASGROW	فرانسه	SSD-581	21
NOVARTIS	فرانسه	R5*A5-NS-F1	60	SPII	ایران	Oct-59	22
SPII	ایران	36	61	INRAMONT	فرانسه	H603R	23
SPII	ایران	38	62	SPII	ایران	4	24
INRAMONT	فرانسه	SDB2	63	ENSAT	فرانسه	CHLORINA-703	25
-	-	H158A/LC1064	64	NOVARTIS	فرانسه	R5*A4-NSF1	26
ASGROW	فرانسه	H543R/H543R	65	SPII	ایران	28	27
-	فرانسه	H543R	66	SPII	ایران	30	28
ASGROW	فرانسه	15038	67	IFVC	صربستان	1-803	29
ENSAT	فرانسه	SF076	68	ENSAT	فرانسه	(K100)1-1009370	30
-	-	A*LC1064C8	69	Caussade semences	فرانسه	CSWW2X	31
ENSAT	فرانسه	SF085	70	ASGROW	فرانسه	H158A/H543R-A	32
-	-	SF092	71	ASGROW	فرانسه	H100A	33
SPII	ایران	HC91	72	ASGROW	فرانسه	H205A/83HR4	34
SPII	ایران	Oct-59	73	USDA	امریکا	PM1-3	35
SPII	ایران	H-100A-90RL8	74	RUSTICA	فرانسه	RT948	36
ENSAT	فرانسه	SF105	75	INRAMONT	فرانسه	QHP-1	37
-	-	SF-023	76	USDA	امریکا	SDR19	38

جدول 2- نتایج تجزیه‌ی خاک در ارزیابی لاین‌های آفتابگردان روغنی در شرایط بهینه و کمبود فسفر قابل جذب

Table 2. Results of soil analysis in evaluation of oilseed sunflower lines under optimal and phosphorus deficiency conditions

مورد	کربن آلی (%)	نوع بافت	رس (%)	(%) سیلت	شن (%)	(%) آهک	عصاره pH	هدایت عصاره (ds/m)
میزان	0/74	لومی-رسی	50	30	30	31/5	7/92	0/78
مورد	ماده آلی (mg/kg)	(mg/kg) روی	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	
میزان	1/28	0/11	11	10/3	1/3	7/24	102	

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده، حاکی از وجود اختلاف آماری معنی‌دار برای همه‌ی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ درصد، در هر دو شرایط بهینه و کمبود فسفر می‌باشد (جدول ۳). سلیمانی قزله و همکاران (۲۱) نیز در مطالعه‌ی خود بر روی آفتابگردان روغنی برای تمامی صفات مورد مطالعه به غیر از محتوای نسبی رطوبت برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده کردند. همچنین برای تعیین دقیق‌تر میزان تنوع موجود در درون صفات، ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی نیز محاسبه شد (جدول ۳). صفت عملکرد دانه بیشترین درصد تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی را در شرایط کمبود فسفر نشان داد. البته به غیر از عملکرد دانه، صفات وزن هزار دانه و درصد فسفر نیز در هر دو شرایط بهینه و کمبود فسفر ضریب تغییرات ژنتیکی بالایی را نشان دادند. بالا بودن ضریب تغییرات ژنوتیپی صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد فسفر حاکی از وجود تنوع بالا در این صفات است. مسلماً هر چه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد انتخاب مؤثرتر خواهد بود. از طرف دیگر صفات عملکرد دانه در شرایط بهینه و درصد فسفر در شرایط کمبود فسفر به ترتیب با ۳۰/۴۷ و ۴۹/۲۲ درصد کمترین توارث‌پذیری و صفات ارتفاع بوته در شرایط بهینه و کمبود فسفر به ترتیب با ۸۳/۴۷ و ۷۶/۳۲ درصد و صفت وزن هزار دانه در شرایط بهینه با ۷۷/۳۱ درصد بالاترین میزان توارث‌پذیری را نشان دادند (جدول ۳). کمتر بودن مقدار قابلیت توارث‌پذیری صفاتی مثل عملکرد دانه حاکی از این است که این صفات توسط تعداد زیادی ژن کوچک اثر کنترل می‌شوند و در نتیجه اثرات محیطی قسمت اعظم تغییرات فنوتیپی این صفات را توجیه می‌کنند. بنابراین انتخاب ژنوتیپ برتر فقط براساس عملکرد دانه نمی‌تواند چندان مؤثر باشد.

در شرایط کمبود فسفر میانگین همه صفات در مقایسه با شرایط بهینه فسفر کاهش نشان داد. بیشترین کاهش به

ترتیب با ۴۳/۵۶ و ۳۹/۹۵ درصد در صفات درصد فسفر و عملکرد دانه و کمترین میزان کاهش به ترتیب با ۴/۴۷ و ۶/۹۲ درصد در صفات قطر ساقه و وزن هزار دانه مشاهده شد (جدول ۴).

صفت ارتفاع بوته در شرایط بهینه فسفر بین ۶۴ تا ۱۸۴/۷ و در شرایط کمبود فسفر بین ۵۷/۳۳ تا ۱۶۹ سانتی‌متر متغیر بود، که در شرایط بهینه فسفر لاین‌های ۲۷، ۵۱، ۷۲ و ۷۱ دارای کمترین ارتفاع بوته بودند. همچنین در شرایط کمبود فسفر لاین‌های ۷۲، ۵۱، ۵۰، ۷ و ۷۱ دارای بیشترین ارتفاع بوته بودند. همچنین مشاهده شده که مصرف فسفر (در خاکی با میزان فسفر قابل استفاده پایین، پنج تا هفت میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به ویژه در صورتی که تأخیر در کشت رخ داده باشد مصرف فسفر توام با بذر در هنگام کاشت منجر به افزایش عملکرد دانه در گیاه گندم می‌شود (۱۷). مانسک و همکاران (۱۳) در مطالعات خود نتیجه گرفتند که مصرف ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار در گیاه گندم نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف فسفر) در یک خاک آهکی عملکرد دانه را بیش از یک تن در هکتار افزایش داد.

متوسط قطر ساقه در شرایط بهینه فسفر بین ۸/۹۶ تا ۳۵/۱۱ و در شرایط کمبود فسفر بین ۵/۹۷ تا ۲۷/۳ متغیر بود. همچنین میانگین قطر ساقه در شرایط بهینه برابر با ۱۷/۰۱ و در شرایط کمبود فسفر به ۱۵/۱۶ کاهش پیدا کرد. دلیل افزایش قطر ساقه را می‌توان به تجمع مواد زیست توده بالاتر گیاه نسبت داد. از طرف دیگر، افزایش میزان فسفر خاک باعث افزایش قطر طبق نیز شد. به طوری که متوسط قطر طبق در شرایط کمبود فسفر برابر با ۱۰/۲۷ و در شرایط بهینه فسفر برابر ۱۲/۰۸ سانتی‌متر مشاهده شد.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در لاین‌های آفتابگردان روغنی در شرایط نرمال و تنش فسفر

Table 3. Results of analysis of variance of traits studied in oilseed sunflower lines under optimal and phosphorus deficiency conditions

میانگین مربعات												منبع تغییر	درجه آزادی
%P		DY		TGW		TD		SD		PH			
Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal		
0/0010**	0/0029**	517/29**	381/63**	855/61**	1090/04**	20/32**	16/38**	70/28**	61/66**	1560/75**	1977/21**	75	لاین
0/0005	0/0011	167/28	265/36	286/61	247/35	7/47	7/15	23/06	21/26	369/54	326/91	152	خطا
47/72	39/00	71/01	67/85	32/86	28/63	26/62	22/15	31/67	27/10	18/28	15/29	-	ضرب تغییرات (%)
38/67	35/72	72/09	46/98	32/78	34/69	25/35	19/35	31/92	26/65	21/69	21/71	-	ضرب تغییرات فنوتیپی (%)
27/13	27/73	59/30	25/93	26/73	30/51	20/16	14/52	26/17	21/57	18/95	19/84	-	ضرب تغییرات ژنتیکی (%)
49/22	60/26	67/66	30/47	66/50	77/31	63/25	56/33	67/20	65/52	76/32	83/47	-	نوارث‌پذیری عمومی (%)

ns \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال 5 درصد و 1 درصد.  
 PH: ارتفاع بوته (سانتی متر); SD: قطر ساقه; TD: قطر طبق (سانتی متر); TGW: وزن هزار دانه (گرم); GY: عملکرد دانه (گرم بر بوته); %P: درصد فسفر.

جدول 4- آماره‌های توصیفی در لاین‌های آفتابگردان روغنی تحت شرایط بهینه و کمبود فسفر

Table 4. Descriptive statistics in oilseed sunflower lines under optimal and phosphorus deficiency conditions

Reduction (%)	%P		Reduction (%)	GY		Reduction (%)	TGW		Reduction (%)	TD		Reduction (%)	SD		Reduction (%)	PH		کد
	Stress	Normal		Stress	Normal		Stress	Normal		Stress	Normal		Stress	Normal		Stress	Normal	
40/98	0/08	0/14	17/19	9/63	11/63	47/08	48	90	20/28	8/5	10/67	22/27	8/86	11/41	-3/83	65/67	64	1
57/85	0/03	0/06	65/91	10/03	29/43	53/08	30	64	39/2	8/17	13/5	27/85	10/11	14/32	12/56	92	109	2
65/50	0/03	0/09	25/34	23/97	32/10	-8/20	80	75/33	31/1	10/33	14/67	63/72	6/37	18/25	12	92/67	107/7	3
39/55	0/04	0/07	57/19	8/23	19/23	40/58	34/67	66	18/16	7/5	12/33	48/4	5/97	12/03	-0/14	74/33	74/33	4
38/23	0/08	0/14	18/77	10/10	12/43	37/79	43/33	70/67	17/95	6/67	8/58	47/09	8/02	15/24	-4/93	84	84/67	5
3/74	0/10	0/11	63/89	14/47	40/07	-8/25	94/67	90/67	15/32	14	16/67	-20/2	24/45	20/65	6/22	140	151/7	6
24/39	0/04	0/06	4/38	37/80	39/53	-27/9	61/33	52	14/47	11/92	14/58	12/6	18/3	21/72	-1/98	145	146/3	7
37/01	0/05	0/08	55/03	2/23	4/97	-46/00	39/33	26/67	22/86	5/67	7/33	0/18	9/31	9/43	-6/14	88/67	83/67	8
80/15	0/02	0/10	47/58	24/17	46/10	14/42	70	84/67	44/1	7/17	12/83	31/01	16/45	23/32	16/58	131/7	158/7	9
27/63	0/04	0/05	42/67	10/17	17/73	29/11	37/33	52/67	28/65	9/67	13/5	41/86	10/22	17/64	2/36	126	131/7	10
57/29	0/07	0/16	13/03	21/37	24/57	-29/7	45/33	33/33	9/01	11/75	12/92	2/07	21/04	22/01	-20/9	118/3	97/67	11
67/16	0/02	0/07	67/91	4/60	14/33	-257	38/67	31/33	34/47	7/33	11/33	36/66	9/91	16/45	21/29	96	121/7	12
45/85	0/05	0/09	31/31	15/87	23/10	11/43	45/33	58/67	24/07	9/08	12/17	-18/6	13/52	12/26	-25/77	118/7	103	13
24/44	0/03	0/04	39/79	13/57	22/53	18/01	60	69/33	18/83	9/67	12/08	-4/47	17	16/85	13/25	101/7	119/7	14
22/36	0/04	0/06	3/24	19/90	20/57	-9/93	45/33	44	-11/9	11/67	11/58	-5/44	18/21	17/06	14/47	109	143/3	15
37/87	0/07	0/12	63/16	10/97	29/77	31/11	36/67	52/67	29/25	9/42	13/33	28/11	15/49	21/13	28/52	110/3	154/3	16
50/65	0/04	0/08	14/72	15/07	17/67	-62/4	40	26/67	20/59	8/5	11	44/09	8/34	15/57	23/37	102/7	134/7	17
61/48	0/05	0/14	8/82	22/07	24/20	5/94	57/33	64/67	4/53	11/33	12	-27/1	20/29	17/09	0/95	118	122/3	18
28/17	0/06	0/08	32/25	36/07	53/23	-4/24	51/33	49/33	1/13	13/92	14/08	-20	27/3	22/99	-2/34	131/3	128/7	19
46/26	0/05	0/09	43/79	9/80	17/43	42/05	47/33	82	16/79	11/33	13/75	16/26	12/39	14/88	7/19	88	95	20
54/42	0/05	0/11	26/42	41/77	56/77	1/05	43/20	38/67	-14/7	14/25	12/42	-42/6	16/88	16/7	13/27	81/67	102	21
43/09	0/07	0/15	13/66	14/53	16/83	0/03	54	56	3/01	9/5	9/83	24/26	12/39	16/86	-19/1	83	70/33	22
68/14	0/04	0/14	80/16	5/03	25/37	39/25	30	50	48/99	6/08	12/25	58/81	7/82	19/29	21/01	70	88	23
50/95	0/04	0/09	72/48	5/10	18/53	19/61	37/33	49/33	25/42	7/25	10/17	39/72	9/99	16/8	18/61	78/67	98	24
27/86	0/06	0/08	49/91	9/35	18/67	36/14	26/67	42/67	40/49	6/58	11	15/41	14/26	17/52	-10/8	93	87/67	25
42/25	0/05	0/08	69/75	7/53	24/90	56/45	20	44	8/18	9/08	11/33	20/61	12/24	17/32	6/95	99/67	108/7	26
55/98	0/04	0/10	65/95	24/37	71/57	25/63	80/67	108	31/82	14/17	21/17	38/58	20/99	35/11	28/36	130	185	27
62/06	0/03	0/09	52/03	16/50	34/40	17/55	58/67	70/67	18/78	10/42	13/5	19/51	13/11	16/81	6/69	110/7	119/7	28
47/52	0/05	0/09	18/49	12/93	15/87	-25/2	48/67	41/33	4/02	10/42	10/83	-27	17/45	13/86	5/57	101/7	108/3	29
53/73	0/04	0/08	30/33	14/70	21/10	-22/6	36/67	30/67	-21/1	11/08	10/5	-30/6	15/5	13/33	3/19	122/7	130/3	30
52/55	0/03	0/06	36/82	13/90	22	2/60	46/67	49/33	12/43	9	11/17	30/31	12/04	17/53	29/54	99	141/7	31
40/78	0/07	0/12	31/88	13/31	19/53	0/40	48/40	49/33	20/73	8	10/17	19/46	14/83	19/21	18/14	88/67	109	32
33/21	0/04	0/06	9/14	20/53	22/60	-1/19	43/33	45/33	-11/3	12/42	11/5	-13/8	18/71	16/63	4/19	104/3	109/7	33
63/30	0/04	0/10	64/49	13/77	38/77	10/1	61/33	72	28/47	10/5	15/08	-2/9	15/86	16/26	-8/66	125/7	115/3	34
9/59	0/05	0/05	46/39	9/17	17/10	2/02	55/33	55/33	25/19	8/92	11/92	-14/1	19/2	16/91	19/13	101	130/3	35
44/08	0/03	0/06	20/93	30/60	38/70	-49/8	46	48/80	-11/8	16	14/83	-15/3	20/91	18/59	13/09	121	142/3	36
49/35	0/06	0/12	22/44	12/10	15/60	-118	68/67	32	-64	15	9/33	-43/1	20/19	15/16	2/21	111	114/3	37
43/60	0/03	0/05	39/92	9/83	16/37	14/84	22/67	26/67	20/32	9/42	11/83	7	12/01	12/99	17/49	112/7	137/3	38

ادامه جدول ۴-۴

۳۳/۴۵	-۰.۷	-۰.۹	۱۵/۵۴	۴۶/۳۳	۵۵/۳۳	-۶۱/۱	۵۸/۶۷	۴۴/۶۷	-۳۳/۳	۱۲	۱۳/۴۲	-۱۹/۶	۳۳/۷۸	۳۱/۵۶	-۰/۶۸	۱۳۳	۱۳۴/۷	۳۹
۶۱/۳۳	-۰.۳	-۰.۸	۴۴/۸۱	۱۹/۵۰	۳۵/۳۳	۱۲/۶۵	۷۵/۳۳	۸۶/۶۷	۱۰/۴۴	۱۰/۸۳	۱۲/۵	-۰/۵۷	۲۲/۹۴	۲۴/۴۴	۱۲/۱	۱۱۴	۱۳۱/۷	۴۰
۳۹/۹۲	-۰.۳	-۰.۵	۵۱/۶۴	۱۱/۳۳	۲۷/۷۰	-۳/۰۱	۵۶/۶۷	۵۴/۶۷	۲۵/۴۵	۹/۴۲	۱۳/۶۷	۳۹/۳۹	۱۳/۹۵	۱۹/۶۷	۳۳/۶۴	۱۰۷/۷	۱۶۳/۷	۴۱
۳۸/۴۴	-۰.۸	-۰.۱۳	۳۳/۸۴	۱۶/۰۲	۲۴/۳۳	-۴۴	۹۸/۶۷	۶۹/۳۳	-۳۵/۹	۱۴/۵	۱۰/۶۷	-۱۹/۲	۲۶/۵۳	۲۴/۷۴	-۰/۷۲	۱۳۲/۳	۱۳۴/۳	۴۲
۵۵/۸۰	-۰.۴	-۰.۹	۲۴/۶۲	۳۰/۱۰	۳۹/۹۳	-۷۳/۷	۶۵/۳۳	۴۶	۱۱/۰۶	۱۲/۰۸	۱۳/۵۸	-۷/۴۲	۱۴/۹۴	۱۴/۲۴	۸/۴۲	۱۱۳/۷	۱۱۷	۴۳
۳۵/۴۱	-۰.۵	-۰.۸	۳۱/۴۲	۳۳/۴۷	۴۸/۸۰	-۳۹/۲	۶۴/۶۷	۴۸	-۶/۱۵	۱۵/۳۳	۱۴/۷۵	-۲۱/۶	۱۶/۹	۱۵/۶۴	۱۰/۳۳	۱۱۵	۱۲۵/۳	۴۴
۴۱/۶۸	-۰.۴	-۰.۷	۴۶/۶۹	۱۷/۷۰	۳۳/۲۰	۲۱/۹۵	۴۰	۵۱/۳۳	۱۴/۹۱	۱۱/۸۳	۱۴/۰۸	۱۴/۴۴	۱۰/۴۴	۱۲/۴۳	۲۵/۷۱	۱۰۱	۱۳۷/۷	۴۵
۳۷/۷۹	-۰.۴	-۰.۶	۲/۴۲	۲۶/۹۰	۲۷/۵۷	-۸/۸۵	۶۴/۶۷	۶۰	-۷/۹۶	۱۲/۳۳	۱۱/۶۷	۳/۳۳	۱۷/۳۷	۱۸/۳۳	۱۴/۵۳	۱۰۰	۱۱۹/۷	۴۶
۴۰/۰۳	-۰.۴	-۰.۶	۲۶/۳۷	۱۳/۱۰	۱۷/۷۷	-۴۰/۸	۵۹/۳۳	۷۰	-۷/۵۴	۱۰/۰۸	۱۰/۷۵	۴/۴	۱۰/۴	۱۴/۳۹	۷/۵۹	۷۵	۸۰/۶۷	۴۷
۳۱/۹۳	-۰.۵	-۰.۶	۸/۷۸	۱۵/۳۳	۱۶/۷۰	-۵/۶۵	۴۴/۶۷	۴۳/۳۳	۷/۵۸	۱۰/۱۷	۱۱/۵	۷/۱۳	۱۵/۱۳	۱۶/۷۳	۱۲/۹۱	۹۳/۳۳	۱۰۹	۴۸
۴۴/۵۱	-۰.۴	-۰.۷	۶۹/۶۲	۸/۷۰	۲۸/۶۳	-۱۲/۸	۵۵/۳۳	۵۴/۶۷	۳۳/۳۶	۷/۹۲	۱۱/۰۸	-۳۶	۱۶/۵	۱۶/۵۶	-۳۷/۷	۱۳۰	۱۰۳	۴۹
۶۵/۴۲	-۰.۷	-۰.۱۳	۳۲/۱۶	۲۱/۲۳	۳۱/۳۰	-۹۳/۷	۵۷/۳۳	۳۴	-۱۱/۷	۱۵/۶۷	۱۴/۶۷	-۴/۰۲	۲۱/۲	۲۲/۴	-۱۶	۱۴۷/۳	۱۳۱/۷	۵۰
۵۲/۴۱	-۰.۳	-۰.۵	۱۱/۳۰	۳۲/۲۰	۲۵/۰۰	۲۵/۸۹	۸۰	۱۰۵/۳	۳۲/۸۹	۱۳	۱۹/۵	-۳/۴۵	۲۱/۹۳	۲۲/۶۵	۱۳/۳۵	۱۵۷	۱۸۴/۷	۵۱
۵۴/۶۷	-۰.۳	-۰.۶	۵۰/۸۳	۸/۰۳	۱۶/۳۰	-۳۶/۷	۶۰	۴۸/۶۷	۶۳/۲	۹/۶۷	۱۰/۶۷	۱۹/۱۲	۱۱/۶۷	۱۴/۸	۲۲/۷۸	۸۳/۶۷	۱۰۷/۷	۵۲
۶۵/۸۵	-۰.۵	-۰.۱۵	۳۷/۹۴	۱۴/۸۳	۲۳/۹۰	۳۷/۶۶	۵۸	۱۰۳/۳	۲۹/۲۹	۸/۶۷	۱۳/۳۳	۴۹/۷	۱۵/۲	۳۳/۳۸	۱۹/۳۳	۹۵/۳۳	۱۱۸/۷	۵۳
۴۰/۲۸	-۰.۳	-۰.۶	۲۸/۱۹	۲۲/۱۷	۳۰/۸۷	-۱/۶۷	۴۴	۴۳/۳۳	۱۹/۲۹	۱۱/۱۷	۱۳/۷۵	۶/۳۳	۱۶/۹۵	۱۸/۷۸	۱۹/۱۱	۹۳	۱۱۶/۳	۵۴
۶/۵۴	-۰.۸	-۰.۹	۸۸/۷۰	۲/۴۳	۲۱/۵۳	۳۷/۱۴	۲۹/۳۳	۴۶/۶۷	۳۷/۴۶	۵/۶۷	۱۰	۳۹/۸	۹/۳۳	۱۵/۳۳	۶/۱۹	۸۵/۳۳	۹۲/۶۷	۵۵
۳۱/۷۱	-۰.۵	-۰.۸	۶۶/۶۲	۸/۱۳	۲۴/۳۷	۵/۴۵	۳۱/۳۳	۳۸/۶۷	۱۶/۵۵	۱۰/۴۲	۱۲/۶۷	۱۱/۳	۱۱/۷۵	۱۳/۸۹	-۱۰/۲	۹۸	۹۰/۳۳	۵۶
۶۸/۷۰	-۰.۲	-۰.۸	۶۱/۸۴	۱۲/۴۷	۳۲/۶۷	۲۱/۸۷	۵۱/۳۳	۶۷/۳۳	-۵۳/۵	۱۳/۷۵	۹/۷۵	-۲/۳۳	۱۸/۴۳	۱۸/۸۱	۴/۲۳	۱۱۵/۳	۱۲۶	۵۷
۳۰/۱۱	-۰.۷	-۰.۱۰	۶۲/۰۸	۸/۳۳	۲۲/۳۰	-۱/۱۷	۵۶/۶۷	۵۶/۳۳	۳۶/۸۸	۷/۲۵	۱۱/۵	۱۲/۳۳	۱۳/۳۷	۱۵/۳۶	۳۱/۷۰	۶۴	۸۱/۶۷	۵۸
۲۸/۳۳	-۰.۵	-۰.۷	۷۵/۵۳	۴/۲۰	۱۷/۱۷	۱۰/۰۱	۲۶	۲۷/۳۳	۳۳/۴۴	۶/۶۷	۹/۷۵	۸۶/۸۸	۹/۷۷	۱۱/۹۱	-۱۰/۴	۹۲/۳۳	۸۵/۶۷	۵۹
۳۳/۹۶	-۰.۷	-۰.۱۰	۲۸/۵۷	۱۰/۳۳	۱۴/۴۷	-۶۴/۶	۶۷/۵۸	۳۷/۳۳	۲۱/۵۲	۷/۶۷	۹/۸۳	۱۸/۳۷	۱۱/۶۵	۱۴/۱۸	۱۸/۳۶	۸۳/۳۳	۱۰۲/۷	۶۰
۳۲/۴۸	-۰.۴	-۰.۶	۶۷/۲۰	۹/۱۰	۲۷/۷۴	-۸/۱۲	۴۳/۳۳	۴۲/۰۷	۲۶/۰۸	۸/۶۷	۱۱/۸۳	-۱/۹	۱۳/۵۷	۱۳/۶۹	۲۳/۷۲	۱۰۲	۱۲۵	۶۱
۶۱/۱۵	-۰.۴	-۰.۱۱	۷۸/۲۷	۵/۶۰	۲۵/۷۷	-۲۱/۲	۷۴	۶۴	۳۷/۶۴	۷	۱۱/۱۷	-۳۹/۵	۱۶/۴۶	۱۳/۹۴	۲۹/۳۴	۹۱/۶۷	۱۳۴	۶۲
۲۸/۹۶	-۰.۶	-۰.۸	۲۰/۸۶	۱۱/۶۲	۱۴/۷۰	-۲۹/۴	۴۴	۳۴	-۱۸/۵	۱۰/۶۷	۹/۰۸	-۳۳	۱۱/۸	۸/۹۶	۱۱/۲۱	۱۰۴	۱۱۷	۶۳
۴۳/۱۰	-۰.۳	-۰.۶	۶۶/۵۴	۲۰/۳۳	۶۰/۴۷	۱۷/۸۴	۶۲	۷۵/۳۳	۱۲/۳۹	۱۱/۶۷	۱۴/۰۸	-۷/۱۲	۱۸/۸۹	۱۸/۹۸	۴/۴۲	۹۸/۶۷	۱۱۴	۶۴
۴۸/۴۴	-۰.۵	-۰.۱۱	۱۵/۶۸	۱۳/۲۷	۱۵/۳۳	-۱۶/۷	۵۰	۴۲/۶۷	۶/۳۱	۸/۶۷	۹/۱۷	-۴۶	۱۷/۴	۱۳/۶۱	۲۵/۷۶	۸۲	۱۱۰/۷	۶۵
۷۱/۴۹	-۰.۵	-۰.۱۵	۷۲/۲۸	۶/۵۳	۲۳/۵۷	-۱/۸۹	۴۵/۳۳	۵۰/۶۷	۲۲/۶۴	۶/۴۲	۸/۸۳	۲۵/۱۸	۸/۸۴	۱۱/۹۲	۲۶/۱۷	۷۵	۱۰۱/۷	۶۶
۶۹/۱۸	-۰.۳	-۰.۱۰	۲۴/۶۱	۲۵/۹۳	۳۴/۴۰	-۲۰/۷	۱۰۴/۷۰	۸۸	-۴/۴۱	۱۲/۳۳	۱۱/۸۳	-۶۳/۱	۲۱/۵۵	۱۵/۸۴	-۲/۹۵	۱۱۵/۷	۱۱۴	۶۷
۴۵/۶۸	-۰.۵	-۰.۸	۵۴/۴۲	۱۴/۴۲	۳۱/۶۷	۱۵/۴۴	۶۱/۳۳	۷۴	۱۴/۷۱	۱۱/۰۸	۱۳	۱۸/۲۹	۲۲/۱۸	۱۸/۲۲	۹/۲۴	۱۰۹/۷	۱۲۱	۶۸
۴۷/۶۱	-۰.۳	-۰.۶	۴۴/۹۱	۵/۳۳	۹/۵۰	۳۹/۶	۳۴/۶۷	۳۲	-۳۹/۵	۹/۶۷	۸/۳۳	-۰/۶۲	۱۳/۹۵	۱۳/۷۲	-۱۵/۱	۱۲۲	۱۲۷	۶۹
۶۰/۳۸	-۰.۴	-۰.۹	۵۰/۰۰	۱۰/۲۷	۲۰/۵۳	۲۸/۰۵	۳۴/۶۷	۵۳/۳۳	۳۱/۵۹	۸/۴۲	۱۲/۵۸	۲۶/۵۴	۱۱/۵۴	۱۶/۴۳	۱۱/۸۴	۹۳/۶۷	۱۱۳/۳	۷۰
-۹/۵۲	-۰.۴	-۰.۴	۲۱/۵۴	۳۴/۷۳	۴۴/۲۷	-۱۸/۱	۴۸	۴۶	۷/۶۱	۱۲/۳۳	۱۴/۲۵	۴/۶۳	۱۸/۶۶	۲۱/۱۱	۱۵/۰۴	۱۴۳/۷	۱۷۱/۷	۷۱
۱۶/۷۴	-۰.۳	-۰.۳	۳۵/۷۱	۱۶/۵۷	۲۵/۷۷	-۲۵/۶	۷۰	۵۶	-۳۷/۵	۱۵/۷۵	۱۲/۱۷	-۶۰/۸	۳۳/۰۶	۱۴/۶۷	۳/۱	۱۶۹	۱۷۵/۷	۷۲
۴۹/۶۶	-۰.۳	-۰.۶	۳۸/۹۹	۹/۶۳	۱۶/۰۰	-۴/۵۷	۴۵/۳۳	۴۴	۵/۳۹	۱۰/۶۷	۱۳	-۹/۵۳	۱۷/۱۱	۱۵/۵۵	۲/۹۷	۱۴/۰۷	۱۴۳	۷۳
۶۱/۸۵	-۰.۴	-۰.۱۰	۱۸/۶۴	۱۶/۷۳	۲/۵۷	-۴/۹۷	۵۶/۶۷	۶۲	-۶۵/۲	۱۰/۵	۷/۵۸	-۱۴/۷	۱۳/۸۷	۱۲/۵۵	۶/۴۸	۹۰/۳۳	۹۸/۳۳	۷۴
۳۷/۲۶	-۰.۷	-۰.۱۱	۲۷/۷۴	۷/۹۰	۱۰/۹۳	۶/۰۵	۳۴	۳۵/۳۳	۲۰/۴۸	۸/۱۷	۱۰/۱۷	-۲۰/۶	۱۳/۶۶	۱۱/۳	۲۱/۸۹	۸۱/۶۷	۱۰۴/۷	۷۵
۲۸/۷۲	-۰.۵	-۰.۹	۲۳/۸۶	۸/۸۷	۱۱/۸۰	۱۶/۳۳	۳۷/۳۳	۴۴	۱۶/۶۴	۸/۵	۹/۸۳	۱۹/۸۴	۸/۶۶	۱۰/۹۳	۲۷/۵۶	۵۷/۳۳	۷۹/۳۳	۷۶
۴۳/۵۶	-۰.۵	-۰.۹	۳۹/۹۵	۱۵/۵۹	۲۶/۳۷	۶/۹۲	۵۱/۵۲	۵۴/۹۴	۱۰/۲۹	۱۰/۲۷	۱۲/۰۸	۴/۴۷	۱۵/۱۶	۱۷/۰۱	۸/۵۶	۱۰۵/۲	۱۱۸/۲	میانه‌گین
-	۴۷/۷۲	۳۹/۰۰	-	۷۱/۰۱	۶۷/۸۵	-	۳۲/۸۶	۲۸/۶۳	-	۲۶/۶۲	۲۲/۱۵	-	۳۱/۶۷	۲۷/۱۰	-	۱۸/۲۸	۱۵/۲۹	CV <sup>۳</sup> %

PH: ارتفاع بوته (سانتی متر); SD: قطر ساقه؛ TD: قطر طبق (سانتی متر); TGW: وزن هزار دانه (گرم)؛ GY: عملکرد دانه (گرم بر بوته)؛ P: درصد فسفر.

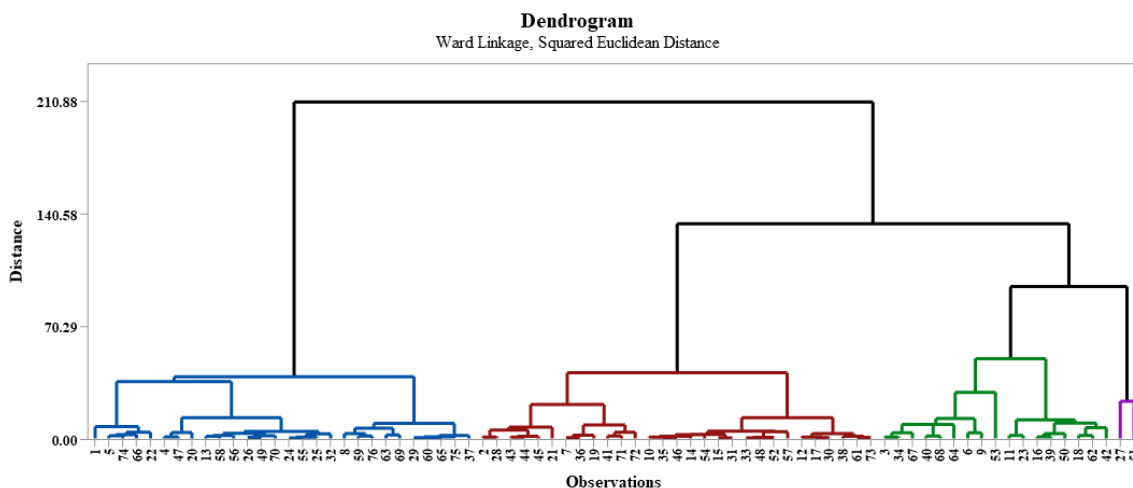
گرم در کیلوگرم، نتیجه گرفتند که مصرف فسفر منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و کاه نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف فسفر شده است.

با توجه به اینکه جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل رشد سیستم ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌باشد. بسیاری از محققان نقش اتیلن در تغییرات شکلی (مورفولوژیکی) سیستم ریشه‌ای را بیان کرده‌اند، که خود می‌تواند بر جذب عناصر غذایی توسط ریشه مؤثر باشد (۱). ساخت اتیلن تا حد زیادی تحت تأثیر قابلیت استفاده عناصر غذایی و به ویژه فراهمی فسفر می‌باشد (۱۸). افزایش میزان جذب فسفر در لاین‌های با شرایط بهینه فسفر مشاهده گردید. به طوریکه میانگین جذب فسفر در شرایط بهینه برابر با ۰/۰۹ و در شرایط کمبود فسفر برابر با ۰/۰۵ می‌باشد.

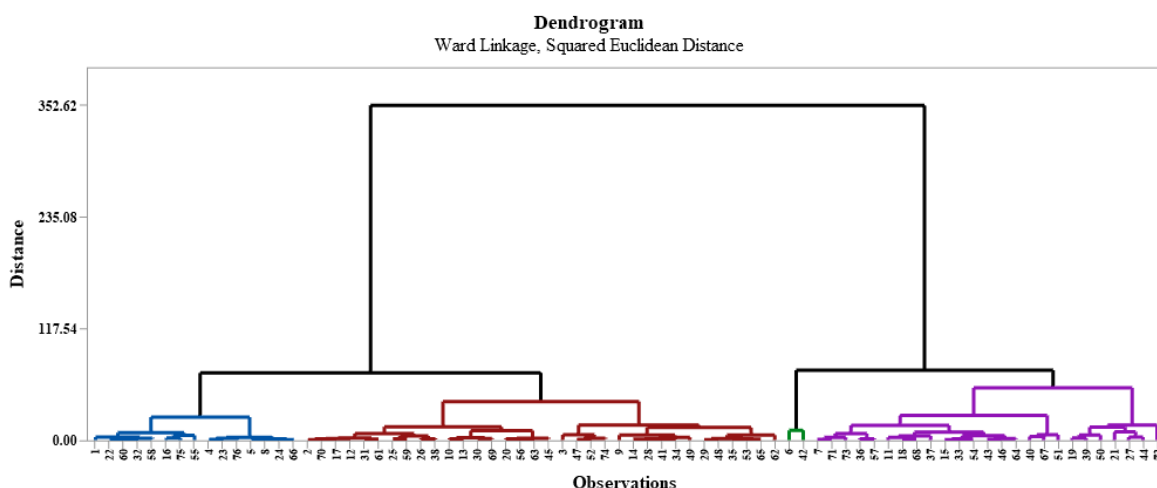
به منظور بررسی و تعیین تنوع بین لاین‌های آفتابگردان روغنی، تجزیه خوشه‌ای به روش وارد بر مبنای صفات مورد مطالعه انجام گرفت، لاین‌های آفتابگردان روغنی در هر دو شرایط کمبود فسفر و بهینه در ۴ خوشه گروه‌بندی شدند (شکل ۱ و ۲). مقدار عددی ضریب کوفتیک به ترتیب در شرایط بهینه و کمبود فسفر برابر ۰/۶۹۷۵ و ۰/۶۲۴۷ محاسبه شد که بیانگر تشابه نسبتاً بالای ماتریس تشابه اصلی و دندروگرام حاصله است. در شرایط بهینه ۲۸ لاین در خوشه اول، ۲۹ لاین در خوشه دوم، ۱۷ لاین خوشه سوم و ۲ لاین در خوشه چهارم گروه‌بندی شدند و در شرایط کمبود فسفر ۱۵ لاین در خوشه اول، ۳۴ خوشه در لاین دوم، ۲ لاین در خوشه سوم و ۲۵ لاین در خوشه چهارم قرار گرفتند. البته توزیع لاین‌ها در خوشه‌های مشابه با توجه به شرایط محیطی بهینه و کمبود فسفر متفاوت بود. خوشه چهارم و سوم هر کدام با ۲ لاین به ترتیب تحت شرایط بهینه و کمبود فسفر بیشترین فاصله را در مقایسه با سایر خوشه‌ها نشان دادند (جدول ۵).

بر اساس نتایج حاصل از تحقیقی بر روی گیاه جو (۱۶) مشاهده شد که تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و کاربرد سطوح مختلف فسفر بر جذب عناصر باعث افزایش قطر ساقه و وزن خشک گیاه می‌شود. کاظم علیلو و همکاران (۹) در مطالعه‌ی خود بر روی گیاه آفتابگردان نشان دادند که اثرهای اصلی آبیاری، کود فسفر و لجن فاضلاب بر شاخص کلروفیل برگ‌ها، شاخص سطح برگ، عملکرد زیستی، ارتفاع و قطر ساقه معنی‌دار است.

لاین‌های ۲۷، ۵۱، ۶، ۳۴ و ۳۶ به ترتیب دارای بیشترین و لاین‌های ۸، ۷۴، ۶۹، ۵ و ۶۶ دارای کمترین قطر طبق در شرایط بهینه فسفر بودند. همچنین در شرایط کمبود فسفر به ترتیب لاین‌های ۳۶، ۷۲، ۵۰، ۴۴ و ۳۷ بیشترین و لاین‌های ۸، ۵۵، ۲۳، ۶۶ و ۲۵ کمترین قطر طبق را نشان دادند، که می‌توان کاهش قطر طبق در شرایط کمبود فسفر را ناشی از کاهش جذب آب و مواد غذایی به دلیل کمبود فسفر دانست. به طور کلی کمبود فسفر باعث کاهش ۴۰/۸۵ درصدی کاهش عملکرد دانه در لاین‌های آفتابگردان روغنی شد، که در شرایط بهینه بیشترین عملکرد دانه متعلق به لاین‌های ۲۷، ۶۴، ۲۱، ۳۹ و ۱۹ و کمترین عملکرد دانه به ترتیب متعلق به لاین‌های ۸، ۶۹، ۷۵، ۱ و ۷۶ بود. همچنین در شرایط کمبود فسفر لاین‌های ۳۹، ۲۱، ۷، ۱۹ و ۷۱ به ترتیب دارای بیشترین و لاین‌های ۸، ۵۵، ۵۹، ۱۲ و ۲۳ دارای کمترین عملکرد دانه بودند. در یک مطالعه گلدانی، اثر برهمکنش بین فسفر و مولیبدن بر کلزا گزارش شده که کاربرد فسفر عملکردهای دانه و روغن را با کاربرد و عدم کاربرد مولیبدن افزایش می‌دهد. از طرف دیگر فسفر از طریق افزایش رشد شاخه‌ها و غلاف‌های گیاه منجر به افزایش عملکرد دانه شد (۱۰). بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات آلام و همکاران (۳) در بررسی پاسخ سه وارسته گندم به مصرف فسفر و نیز روش مصرف آن، در خاکی با میزان فسفر قابل استفاده ۳/۹ میلی



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای لاین‌های آفتابگردان روغنی بر اساس صفات مورد مطالعه در شرایط بهینه فسفر  
Figure 1. Cluster analysis of oilseed sunflower lines based on studied traits under optimum phosphorus condition



شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای لاین‌های آفتابگردان روغنی بر اساس صفات مورد مطالعه در شرایط کمبود فسفر  
Figure 2. Cluster analysis of oilseed sunflower lines based on studied traits under phosphorus deficiency condition

جدول ۵- فواصل محاسبه شده بین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای تحت شرایط بهینه (بالای قطر اصلی) و کمبود فسفر (پایین قطر اصلی)  
Table 5. Calculated distances between groups from cluster analysis under optimal (upper diagonal) and phosphorus deficiency (below diagonal) conditions

خوشه ۴	خوشه ۳	خوشه ۲	خوشه ۱	خوشه‌ها
۷/۷۶۱	۲/۸۱۱	۲/۲۴۶	-	خوشه ۱
۶/۱۴۴	۲/۲۱۵	-	۱/۸۴۵	خوشه ۲
۵/۱۵۷	-	۵/۸۹۸	۶/۳۱۵	خوشه ۳
-	۴/۴۵۶	۲/۷۲۳	۴/۰۹۷	خوشه ۴

نتایج مقایسه میانگین صفات برای خوشه‌ها نشان داد که در شرایط بهینه فسفر، لاین‌های خوشه اول و سوم از نظر صفت درصد فسفر و لاین‌های خوشه چهارم شامل دو لاین ۲۷ و ۵۱، از نظر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه میانگین بالاتری نسبت به سایر گروه‌ها دارند (جدول ۸). همچنین در شرایط کمبود فسفر لاین‌های خوشه سوم شامل دو لاین ۶ و ۴۲، از نظر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن هزار دانه و درصد فسفر و لاین‌های خوشه چهارم از نظر صفت عملکرد دانه میانگین بالاتری نسبت به سایر گروه‌ها نشان دادند (جدول ۹).

به منظور بررسی اختلاف بین خوشه‌ها از لحاظ هریک از صفات مورد مطالعه تجزیه واریانس چند متغیره کاملاً تصادفی نامتعادل با در نظر گرفتن خوشه‌ها به منزله تیمار و لاین‌های درون خوشه‌ها به منزله تکرار انجام گرفت. بر اساس تمامی آماره‌های تجزیه واریانس چند متغیره شامل اثر پیلائی، ویلکس لامبدا، اثر هتلینگ و بالاترین ریشه روی، در هر دو شرایط بهینه و کمبود فسفر بین خوشه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. از طرف دیگر براساس تجزیه واریانس تک متغیره نیز بین خوشه‌ها از نظر تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۶ و ۷).

جدول ۶- تجزیه واریانس گروه‌ها بر اساس صفات مورد بررسی تحت شرایط بهینه  
Table 6. Analysis of variance of groups based on studied traits under optimal phosphorus condition

خطا	واریانس بین گروهی	صفات
۷۲	۳	درجه آزادی
۲۹۵/۴۷	۹۳۸۵/۵۵**	PH
۱۰/۴۷	۲۶۲/۵**	SD
۲/۱۹	۸۳/۹۴**	TD
۲۳۴/۲۳	۳۴۶۲/۲۴**	TGW
۷۷/۴۳	۱۳۲۱/۸۸**	GY
۰/۰۰۱	۰/۰۱۱**	%P

PH: ارتفاع بوته (سانتی متر); SD: قطر ساقه; TD: قطر طبق (سانتی متر); TGW: وزن هزار دانه (گرم); GY: عملکرد دانه (گرم بر بوته); %P: درصد فسفر.

جدول 7- تجزیه واریانس گروه‌ها بر اساس صفات مورد بررسی تحت شرایط کمبود فسفر

Table 7. Analysis of variance of groups based on studied traits under phosphorus deficiency condition

خطا	واریانس بین گروهی	صفات
72	3	درجه آزادی
283/39	6204/87**	PH
7/92	395/71**	SD
1/98	121/84**	TD
188/38	2608/89**	TGW
75/43	2509/33**	GY
0/00017	0/004**	%P

PH: ارتفاع بوته (سانتی متر); SD: قطر ساقه; TD: قطر طبق (سانتی متر); TGW: وزن هزار دانه (گرم); GY: عملکرد دانه (گرم بر بوته); %P: درصد فسفر.

جدول 8- نتایج مقایسه میانگین گروه‌های تجزیه خوشه‌ای در 76 لاین آفتابگردان روغنی تحت شرایط بهینه فسفر (میانگین ± اشتباه معیار)

Table 8. Results of means compression of cluster analysis groups in 76 oilseed sunflower lines under optimum phosphorus condition (means±SE)

صفات	خوشه 1	خوشه 2	خوشه 3	خوشه 4	میانگین کل
تعداد لاین	28	29	17	2	76
PH	96/06 <sup>c</sup> ±3/25	130/93 <sup>b</sup> ±3/19	125/27 <sup>b</sup> ±4/17	184/83 <sup>a</sup> ±12/16	118/24
SD	105/14±0/61	16/78 <sup>c</sup> ±0/60	20/91 <sup>b</sup> ±0/76	28/88 <sup>a</sup> ±2/29	17/01
TD	10/31 <sup>c</sup> ±0/28	12/55 <sup>b</sup> ±0/28	13/20 <sup>b</sup> ±0/36	20/33 <sup>a</sup> ±1/05	12/08
TGW	49/79 <sup>b</sup> ±2/89	48/47 <sup>b</sup> ±2/84	63/39 <sup>b</sup> ±3/71	106/67 <sup>a</sup> ±10/82	54/94
GY	16/49 <sup>c</sup> ±1/66	25/41 <sup>bc</sup> ±1/63	30/72 <sup>b</sup> ±2/13	51/95 <sup>a</sup> ±6/22	24/01
%P	0/10 <sup>ab</sup> ±0/004	0/06 <sup>c</sup> ±0/004	0/11 <sup>a</sup> ±0/01	0/08 <sup>bc</sup> ±0/02	0/09

PH: ارتفاع بوته (سانتی متر); SD: قطر ساقه; TD: قطر طبق (سانتی متر); TGW: وزن هزار دانه (گرم); GY: عملکرد دانه (گرم بر بوته); %P: درصد فسفر.

جدول 9- نتایج مقایسه میانگین گروه‌های تجزیه خوشه‌ای در 76 لاین آفتابگردان روغنی تحت شرایط کمبود فسفر (میانگین ± اشتباه معیار)

Table 9. Results of means compression of cluster analysis groups in 76 oilseed sunflower lines under phosphorus deficiency condition (means±SE)

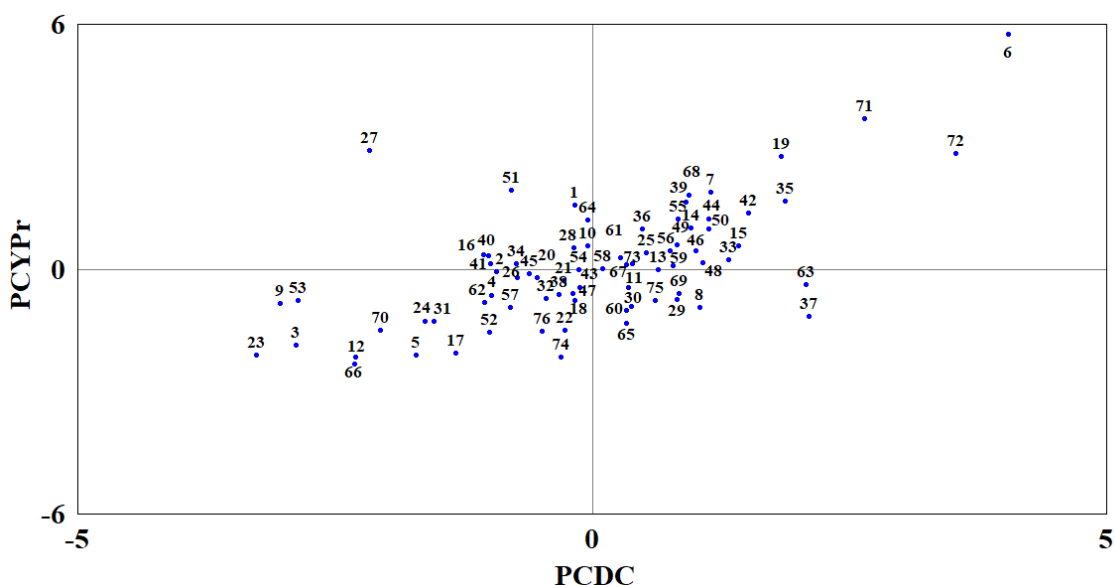
صفات	خوشه 1	خوشه 2	خوشه 3	خوشه 4	میانگین کل
تعداد لاین	15	34	2	35	76
PH	79/33 <sup>c</sup> ±4/35	102/86 <sup>b</sup> ±2/89	136/17 <sup>a</sup> ±11/90	121/29 <sup>ab</sup> ±3/37	105/16
SD	10/55 <sup>c</sup> ±0/73	13/22 <sup>c</sup> ±0/48	25/49 <sup>c</sup> ±1/99	19/75 <sup>b</sup> ±0/56	15/16
TD	7/48 <sup>c</sup> ±0/36	9/27 <sup>b</sup> ±0/24	14/25 <sup>a</sup> ±0/96	12/98 <sup>a</sup> ±0/28	10/27
TGW	42/20 <sup>b</sup> ±3/54	46/88 <sup>b</sup> ±2/35	96/67 <sup>a</sup> ±9/71	95/81 <sup>a</sup> ±2/75	51/52
GY	8/23 <sup>b</sup> ±2/24	12/29 <sup>b</sup> ±1/49	19/35 <sup>b</sup> ±6/14	32/12 <sup>a</sup> ±1/74	18/20
%P	0/06 <sup>b</sup> ±0/003	0/04 <sup>c</sup> ±0/002	0/11 <sup>a</sup> ±0/01	0/04 <sup>c</sup> ±0/003	0/05

PH: ارتفاع بوته (سانتی متر); SD: قطر ساقه; TD: قطر طبق (سانتی متر); TGW: وزن هزار دانه (گرم); GY: عملکرد دانه (گرم بر بوته); %P: درصد فسفر.

### شاخص تحمل چند متغیره MFVD

برای انتخاب لاین‌های با عملکرد بالا و متحمل به کمبود فسفر (لاین‌های گروه A در گروه بندی فرنا درز (5) از شاخص تحمل چند متغیره MFVD استفاده شد که برای محاسبه آن از پتانسیل جمیع صفات مورد مطالعه استفاده می‌شود. مقادیر بالای شاخص چندمتغیره MFVD ژنوتیپ‌های متحمل را شناسایی می‌کند. بنابراین بر اساس بای‌پلات حاصل لاین‌هایی از قبیل 6، 72، 71، 19، 35 به عنوان لاین‌های مطلوب که عملکرد و اجزای عملکرد بالایی داشته و کاهش

کمتری در شرایط کمبود فسفر داشته‌اند معرفی می‌شوند (شکل 3). البته هر چند لاین 27 نیز از نظر صفات مورد بررسی تحت شرایط بهینه فسفر مقادیر نسبتاً بالایی داشته است ولی تحت شرایط کمبود فسفر از نظر اکثر صفات مورد بررسی کاهش بالایی را نشان داد. بنابراین این ژنوتیپ صرفاً زمانی که احتمال تنش کمبود فسفر وجود ندارد می‌توان برای کشت توصیه شود.



شکل ۳- گروه‌بندی ۷۶ لاین آفتابگردان روغنی در داخل ۴ گروه بر اساس شاخص تحمل چند متغییره MFDV که از پتانسیل جمیع صفات مورد مطالعه در کنار عملکرد در شرایط بهینه (Yp) و کمبود (Ys) برای گروه‌بندی افراد استفاده می‌نماید

Figure 3. Grouping of 76 oilseed sunflower lines into 4 groups based on MFDV multivariate tolerance index which uses all potentials of studied traits along with yield under optimum (Yp) and phosphorus deficiency (Ys) conditions for grouping individuals

شاخص تحمل چند متغییره MFVD لاین‌های ۷۱، ۷۲، ۳۵ و ۱۹ به عنوان لاین‌های مطلوب و متحمل به کمبود فسفر شناسایی شدند.

### تشکر و قدردانی

از دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام این پژوهش و همچنین از انستیتو تحقیقات آگرونومی تولوز فرانسه به خاطر در اختیار قرار دادن بذور لاین‌های خالص آفتابگردان روغنی تشکر و قدردانی می‌شود.

نتایج حاصل از این آزمایش حاکی از آن است که کمبود فسفر باعث کاهش صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و درصد فسفر شده است، همچنین مشاهده گردید که بیشترین درصد کاهش عملکرد به ترتیب مربوط به صفات درصد فسفر و عملکرد دانه با میزان ۴۳/۵۶ و ۳۹/۹۵ و کمترین درصد کاهش عملکرد مربوط به صفات قطر ساقه و وزن هزاردانه به ترتیب با میزان ۴/۴۷ و ۶/۹۲ بوده است. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای لاین‌های ۵۱، ۲۷، ۶ و ۴۲ در خوشه‌های مشابه و مطلوب در هر دو شرایط بهینه و کمبود فسفر از نظر صفات مورد بررسی گروه‌بندی شدند. از طرفی دیگر بر اساس بای‌پلات از حاصل

### منابع

1. Afzal, A., M. Ashraf, S.A. Asad and M. Farooq. 2005. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on phosphorus uptake, yield and yield traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in rainfed area. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(2): 207-209.
2. Akbari, P., A. Ghalavand, A.M. Modarres Sanavay and M. Agha Alikhani. 2011. The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Technology*. 7(1): 173-184.
3. Alam, S.M., S.A. Shah and M. Akhter. 2003. Varietal differences in wheat yield and phosphorus use efficiency as influenced by method of phosphorus application. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*. 25(2): 175-181.
4. Chen, X., D. Min, T.A. Yasir and Y.G. Hu. 2012. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). *Field Crops Research*, 137: 195-201.
5. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress* (Ed., CG Kuo), pp: 257-270.
6. Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager and P. White. 2012. Function of Macronutrients. In: Marschner P (eds.), *Marschner's Mineral Nutrition*. Oxford, UK, Elsevier Ltd.

7. Hu, J., G. Seiler and C. Kole. 2010. Genetics, Genomics and Breeding of Sunflower. CRC Press, Clemson, USA.
8. Iranshahr, E. and E. Sepehr. 2012. Evaluation of Phosphorus Acquisition and Utilization Efficiency of Wheat Genotypes in Rock Phosphate. *Journal of Water and Soil*, 26(4): 968-978 (In Persian).
9. Kazemalilou, S., N. Najafi, A. Reyhanitabar and M. Ghaffari. 2018. Effects of integrated application of phosphorus fertilizer and sewage sludge on leaf chlorophyll index and some growth characteristics of sunflower under water deficit conditions. *Journal of Soil Management and Sustainable*, 7(4): 1-18 (In Persian).
10. Liu, H., C. Hu, X. Sun, O. Tan, Z. Nie, J. Su, J. Liu and H. Huang. 2009. Interactive effects of molybdenum and phosphorus fertilizers on grain yield and quality of *Brassica napus*. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7: 266-269.
11. López-Valdez, F., F. Fernández-Luqueño, S. Luna-Suárez and L. Dendooven. 2011. Greenhouse gas emissions and plant characteristics from soil cultivated with sunflower (*Helianthus annuus* L.) and amended with organic or inorganic fertilizers. *Science of the Total Environment*, 412-413: 257-264.
12. Lynch, J.P. 2011. Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops. *Plant Physiology*. 156: 1041-1049.
13. Manske, G.G.B., J.I. Ortiz-Monasterio, M. Van Ginkel, R.M. Gonzalez, R.A. Fischer, S. Rajaram, and P.L.G. Vlek. 2001. Importance of P uptake efficiency versus P utilization for wheat yield in acid and calcareous soils in Mexico. *European Journal of Agronomy*, 14(4): 261-274.
14. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-430. AL Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. Phosphorus. p. 403-430. In AL Page et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.*
15. Paniego, N., R. Heinz, P. Fernandez, P. Talia, V. Nishinakamasu and H. Esteban Hopp. 2007. Sunflower. pp. 153-177. In: C. Kole (ed.), *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Vol. 2, Oilseeds*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Germany.
16. Pourebrahimi, M., S.M.R. Ehteshami, K. Khavazi and M. Ramezani. 2014. Evaluate the effect of seed inoculation with pseudomonas fluorescens strain 103 and application of phosphorus on nutrients uptake, chlorophyll content and biological yield of two forage barley cultivars in Fuman. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 104: 152-159 (In Persian).
17. Sander, D.H. & B. Eghball. 1999. Planting date and phosphorus fertilizer placement effects on winter wheat. *Agronomy Journal*, 91(4): 707-712.
18. Shaharoon, B., M. Arshad and Z.A. Zahir. 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Letters in applied microbiology*, 42(2): 155-159.
19. Shahbazi, K. and H. Besharati. 2013. Overview of agricultural soils fertility status. *Journal Management System*, 1(1): 1-15.
20. Shoghi-Kalkhoran, S., A. Ghalavand, S.A.M. Modarres-Sanavy, A. Mokhtassi Bidgoli, and P. Akbari. 2013. Integrated fertilization systems enhance quality and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15: 1343-1352.
21. Soleimani Gezeljeh, A., R. Darvishzadeh, A. Ebrahimi and M.R. Bihamta. 2016. Study of genetic diversity of oily sunflower lines under normal and limited irrigation conditions. *Modares Journal of Biotechnology*, 7(1): 55-70 (In Persian).

## Evaluation of the Response of Oilseed Sunflower Pure Lines (*Helianthus annuus* L.) Under Phosphorus Deficiency Condition

Maryam Rasoulzadeh Aghdam<sup>1</sup>, Reza Darvishzadeh<sup>2, 3</sup>, Ebrahim Sepehr<sup>4</sup> and Hadi Alipour<sup>5</sup>

---

1- M.Sc. in Plant Breeding, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

2- Professor, Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

3- Professor, Institute of Biotechnology, Urmia University, Urmia, Iran

4- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

5- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding author: ha.alipour@urmia.ac.ir )

Received: November 27, 2019

Accepted: January 28, 2020

---

### Abstract

Phosphorus is one of the most nutrient elements in plants that has multiple structural roles in the cell and catalytic function of the enzymes involved in metabolism. Due to low phosphorus availability in calcareous soils and differences in plant genotypes in soil phosphorus uptake, identification and study of different genotypes with high phosphorus uptake efficiency is essential to reduce the use of chemical fertilizers. For this purpose, 76 pure sunflower lines collected from different parts of the world were investigated in two separated optimum and phosphorus deficiency conditions based on completely randomized design with three replications in Faculty of Agriculture research field, Urmia University during 2017 cropping season. In optimum condition, 0.4 g/kg triple superphosphate was added to the soil with deficient phosphorus content (7.24mg/kg) in each pot. Significant difference was observed at 1% probability level for all investigated traits including plant height, stem diameter, head diameter, thousand seed weight, grain yield and percentage of phosphorus. Oilseed sunflower lines were clustered into four clusters under both optimum and phosphorus deficiency conditions. The distribution of investigated lines in the same clusters was different under optimum and phosphorus deficiency conditions. Finally, based on the biplot of MFVD multivariate tolerance index, principal component analysis and the result of cluster analysis lines 6, 72, 71, 19, 35 were identified as desirable lines. These lines showed high grain yield and yield components and lower reduction under phosphorus deficiency condition which can be used for introduction of new hybrid varieties.

**Keywords:** Grain yield, Multivariate tolerance index, Oilseed sunflower, Phosphorus deficiency