نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۳۷۵-۳۶۶
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 3, Fall 2016, P. 366-375
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشد اندام هوایی و زیر زمینی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*)

مرتضی گلدانی[1*]- حسین زارع[2] - مریم کمالی[3]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۲/۰۹/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶

چکیده

به منظور بررسی اثر عناصر نیتروژن و فسفر بر خصوصیات رشدی گیاه دارویی سرخارگل، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو کود نیتروژن (۰، ۱ و ۲ گرم در کیلوگرم خاک) و فسفر (۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم خاک) بود. به این منظور کود نیتروژن به صورت سرک و به طور مساوی در دو نوبت (ابتدای نشاء کاری و یک ماه بعد از نشاء) و کود فسفر در هنگام نشاء بر اساس مقادیر گفته شده به خاک اضافه شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، سطح و وزن برگ، وزن ساقه، نسبت وزن برگ به ساقه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد و وزن گل، شاخص کلروفیل، مجموع طول ریشه، میانگین قطر ریشه، میانگین سطح ریشه، وزن خشک ریشه و نسبت ساقه به ریشه بوته بود. نتایج نشان داد برهمکنش دو تیمار کودی نیتروژن × فسفر در صفات وزن خشک برگ و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه معنی‌دار شد. حداکثر تعداد گل با ۴/۴ عدد در تیمار ۱ گرم نیتروژن حاصل شد و بیشترین میزان وزن خشک گل به میزان ۷/۹ گرم در هر بوته در تیمار ۲ گرم نیتروژن مشاهده شد. به‌طور کلی در صفات ارتفاع گیاه، تعداد گل و وزن خشک گل کاربرد ۱ گرم نیتروژن و در صفات سطح و وزن خشک برگ و وزن خشک ریشه کاربرد ۱/۵ گرم فسفر در هر کیلوگرم خاک مطلوب بود. در نهایت نتایج نشان داد که کاربرد ۲ گرم نیتروژن و ۱/۵ گرم فسفر در هر کیلوگرم خاک بهترین شرایط رشدی و عملکرد را در این گیاه ایجاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: شاخص کلروفیل،کود شیمیایی، وزن خشک

مقدمه

سرخارگل با نام علمی *Echinacea purpurea* (L.) گیاهی علفی، چند ساله از خانواده کاسنی، بومی شمال آمریکا و یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی در این منطقه می‌باشد. در حال حاضر در اکثر فارماکوپه‌های معتبر سرخارگل به عنوان گیاه دارویی پذیرفته شده و خواص آن مورد بررسی قرار گرفته است (۲۷). تمامی اندام این گیاه حاوی مواد ارزشمندی می‌باشد که باعث شده به عنوان یک گیاه دارویی در اغلب نقاط دنیا گسترش یافته و به‌صورت وسیع در اروپا و امریکا کشت و کار و مصرف می‌شود (۱). از مواد موثره این گیاه می‌توان اسید شیکوریک[4]، ترکیبات ایزوبوتیل، ترکیبات پلی‌ساکارید و اسانس را نام برد. مواد موثره سرخارگل دارای خواص دارویی ضد قارچی، ضد ویروسی، ضد باکتریای و آنتی اکسیدانی می‌باشد (۸ و ۲۱).

عناصر نیتروژن و فسفر از عناصر اصلی تشکیل دهنده پروتئین در گیاه بوده و برای رشد طبیعی گیاهان دارویی و بخصوص در اندام زایشی ضروری می‌باشد (۲۲). نتایج آزمایشات مختلف نشان داد که تامین میزان کافی کود نیتروژن و فسفر در گیاهانی که گل جز عملکرد اقتصادی آن‌ها می‌باشد، بسیار حائز اهمیت است و در تداوم گل‌دهی، میزان وزن تر و خشک گل و همچنین عملکرد اسانس اثرات مستقیم دارد. در شرایط کمبود فسفر اختصاص هیدرات‌های کربن به ریشه افزایش می‌یابد که این افزایش همزمان با تمایز ریشه‌های جانبی انجام می‌شود و باعث ظریف‌تر شدن سیستم ریشه‌ای می‌گردد (۱۳). کمبود فسفر یک تنش غیر زیستی مهم است

۱- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Emai: goldani@um.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی دکتری گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

4- Cichoric acid

که ۳۰-۴۰ درصد از تولید گیاهان زراعی را در جهان محدود می‌کند. تحت شرایط کمبود فسفر نمو تارهای کشنده نیز تحریک می شود به طوری‌که در برخی از گونه‌های گیاهی مانند گوجه فرنگی، هنگامی که گیاه با مقادیر بالای فسفر تامین شده باشد، تارهای کشنده تشکیل نمی‌شوند، اما تحت شرایط کمبود فسفر این تارها در گیاه به وفور یافت می‌شوند (۱۳). پاون و همکاران (۲۸) در تحقیقات خود نتیجه گرفتند که کود نیتروژن و فسفر به مقدار مساوی ۸۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سطح صفر این دو کود، تاثیر معنی‌داری بر رشد، نمو، عملکرد و مقدار ماده موثره گیاه ماریتیغال دارد. در کمبود فسفر برگ‌ها کوچک باقی می‌مانند و به طور غیر معمول رنگ برگ‌ها سبز تیره یا قرمز تیره (در سیب زمینی شیرین)، سبز آبی (در فلفل) و بنفش (در افرا، زغال اخته و نیشکر) می‌شود (۱۹). امیدبیگی (۲۷) نشان داد میزان کود نیتروژن و فسفر در عملکرد، تداوم گلدهی، میزان وزن تر و خشک گل عملکرد اسانس گیاه بابونه آلمانی مهم است. دروتو و همکاران (۱۲) بیان داشتند همراه با افزایش میزان کود فسفر و نیتروژن به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد سرخارگل افزایش یافت. افزایش کود نیتروژن تا میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد گل و اسانس در همیشه بهار را تا ۴۰ درصد افزایش داد (۴). از طرفی شالابی و همکاران (۲۹) گزارش کردند که کود نیتروژنه باعث افزایش رشد و وزن اندام هوایی سرخارگل شد ولی کود فسفر تاثیری در وزن خشک اندام هوایی نداشت. از آنجایی که این گیاه دارویی اخیرا وارد کشور شده و مطالعه چندانی در مورد کشت و کار آن صورت نگرفته است و از طرفی بررسی نیاز کودی جزء ابتدایی ترین مسائل کشت و کار می‌باشد، هدف از این تحقیق بررسی تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر عملکرد اندام هوایی و اندام زیر زمینی گیاه دارویی سرخارگل می باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و فسفر در شرایط کنترل شده بر رشد و عملکرد سرخارگل، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در طول دوره آزمایش درجه حرارت روز و شب گلخانه بین ۲۸ و۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۸۰ درصد تنظیم شد. فاکتورهای آزمایشی شامل کود نیتروژن در سطوح ۰، ۱ و ۲ گرم اوره در کیلوگرم و سطوح کود فسفر شامل ۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ گرم فسفات (P_2O_5) در هر کیلوگرم خاک بود. کود نیتروژن به‌صورت سرک و به طور مساوی در دو نوبت (ابتدای نشاء کاری و یک ماه بعد از نشاء) و کود فسفر در هنگام نشاء به خاک اضافه شد. برای شکستن خواب بذور سرخارگل ابتدا به مدت چهار روز در دمای چهار درجه سانتی گراد قرار گرفتند (۹) و بعد در سینی‌های کشت حاوی کوکوپیت کشت شدند. پس از سه هفته و در مرحله سه برگی، گیاهچه‌ها به تیوپ‌هایی با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع یک متر حاوی خاک، ماسه و خاک برگ به نسبت ۱:۱:۱ منتقل شدند. برای ثبات و پایداری تیوب‌ها و نیز جلوگیری از نفوذ نور به محیط ریشه‌ها، هر یک از تیوب‌ها در لوله‌هایی از جنس پلی اتیلن سیاه رنگ قرار گرفتند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- The physicochemical characteristics of the soil used in this experiment

pH	EC (ds/m)	C/N	C (%)	N (%)	K (mg/kg)	S (mg/kg)	P (mg/kg)
7.3	1.2	10	1.5	0.15	400	-	20

بعد از اتمام رشد رویشی و در مرحله گلدهی گیاه صفات موفولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، تعداد و وزن گل، سطح و وزن خشک برگ و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک بخش هوایی، نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین انجام شد. شاخص کلروفیل در ابتدای گلدهی توسط دستگاه کلروفیل متر[1] از آخرین برگ کاملاً توسعه یافته اندازه گیری شد.

ریشه‌های مربوط به هر کدام از تیمارهای آزمایش را از خاک خارج شده و در آزمایشگاه پس از شستشو با استفاده از اسکنر کامپیوتری و نرم افزار Delta T-scan مجموع طول ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. وزن خشک، حجم، قطر و سطح ریشه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. حجم ریشه‌ها توسط استوانه مدرج بر حسب سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. محاسبات آماری با نرم افزارهای Excel و SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی

اختلاف ارتفاع گیاه در سطوح مختلف کود نیتروژن ($p\leq۰/۰۵$) معنی‌دار بود (جدول ۲).

1- Spad

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه بوته سرخارگل در سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر

Table 2- Mean square of some traits in different levels of nitrogen and phosphorus in purpurea

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Means of Squares								
		ارتفاع گیاه Plant Height	تعداد شاخه جانبی Lateral Shoot Number	سطح برگ Leaf Area	وزن برگ Leaf Weight	وزن ساقه Stem Weight	نسبت وزن برگ به ساقه Leaf / Stem Ratio	وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry Weight	تعداد گل Flower Number	وزن گل Flower dry weight
نیتروژن N	2	373*	1.44ns	43670.3**	4.84**	8.53**	0.11*	40.14**	5.44**	5.96**
فسفر P	2	230.77ns	1ns	47003.7**	5.17**	12.77**	0.02ns	69.04**	0.77ns	6.67**
نیتروژن×فسفر N×P	4	66.61 ns	0.27ns	5959.2ns	4.92**	0.27ns	0.06ns	6.94ns	0.55ns	0.8ns
خطا Error	18	72.81	20.66	2133.3	0.28	0.82	0.35	2.25	0.74	0.51

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه بوته سرخارگل در سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر

Table 3- Mean square of some traits in different levels of nitrogen and phosphorus in Echinacea purpurea

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Means of Squares					
		نسبت وزن اندام هوایی به ریشه Shoot Weight/Root Weight	وزن خشک ریشه Root Dry Weight	میانگین سطح ریشه Mean of Root Area	میانگین قطر ریشه Mean of Root Diameter	مجموع کل طول ریشه Total Root Length	کلروفیل متر Spad
نیتروژن N	2	141**	1.35ns	295051*	1001ns	267603ns	41.02**
فسفر p	2	0.74**	98.8**	2304461**	0.031**	7014350**	19.94**
نیتروژن× فسفر N×P	4	0.22**	0.92ns	721929ns	0.004ns	320712ns	17.61ns
خطا Error	18	0.8	25.36	1490347	0.001	174693	105.54

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively

جدول ٤- اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر خصوصیات رشدی بوته سرخارگل

Table 4- Effect of nitrogen fertilizer on plant growth characteristics of *Echinacea purpurea*

نیتروژن N (g/kg soil)	ارتفاع Plant Height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of Lateral Shoot	سطح برگ Leaf Area (cm^2/plant)	وزن برگ Leaf weight (g/plant)	وزن ساقه Stem Weight (g/plant)	نسبیت وزن برگ به ساقه Leaf Weight/Shoot Weight	وزن اندام هوایی Shoot Dry Weight	تعداد گل Flower Number	وزن گل Flower Weight (g/plant)	عدد کلروفیل متر Spad	مجموع کل طول ریشه. Total Root Weight (mm/plant)	وزن خشک ریشه Root Dry Weight (g/plant)	میانگین قطر ریشه Mean of Root Diameter (cm)	میانگین سطح ریشه Mean of Root Area (cm^2)	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه Shoot Weight/Root Weight
0	69.44b	2.66a	486c	4.26b	5.86b	0.745ab	13.89b	2.88b	5.6c	53.2c	5309a	9.29a	0.623a	3560b	1.53c
1	82.11a	3.44a	565b	4.74b	7.81a	0.624b	17.94a	4.44a	6.81b	54.83b	5542a	9.86a	0.650a	3785ab	1.94a
2	77.77ab	3.22a	625a	5.7a	6.72b	0.846a	16.97a	3.66ab	7.97a	57.43a	5645a	10.02a	0.638a	3918a	1.75b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون(LSD($p\leq0.05$ اختلاف معنی‌داری ندارند

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α=0.05 by LSD test

جدول ٥- اثر سطوح مختلف کود فسفر بر خصوصیات رشدی بوته سرخارگل

Table 5- Effect of phosphorus fertilizer on plant growth characteristics of *Echinacea purpurea*

سطوح کود فسفر P (g/kg soil)	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of Lateral shoot	سطح برگ Leaf Area (cm^2/plant)	وزن برگ Leaf Weight (g/plant)	وزن ساقه Stem Weight (g/plant)	نسبت وزن برگ به ساقه weight/Shoot Weight	وزن اندام هوایی Shoot Dry Weight	تعداد گل Flower umberi	وزن گل Flower Weight (g/plant)	عدد کلروفیل متر Spad	مجموع کل طول ریشه Total Root Weight (mm/plant)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/plant)	میانگین قطر ریشه Mean of Root Diameter (cm)	میانگین سطح ریشه Mean of Root Area (cm^2)	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه Shoot Weight/Root Weight
0	74.33ab	2.77a	482c	4.37b	5.6c	0.787a	13.81c	3.44a	3.83b	53.74b	4774c	6.7c	0.569b	3399b	2.02a
0.75	82.22a	3.44a	570b	4.56b	6.81b	0.742a	15.72b	4a	4.241b	55.01ab	5240b	9b	0.675a	3530b	1.76b
1.5	72.77b	3.11a	625a	5.77a	7.98a	0.686a	19.27a	5.51a	5.51a	56.71a	6482a	13.3a	0.667a	4334a	1.45c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α=0.05 by LSD test

با افزایش میزان کود نیتروژن از تا ۱ گرم ارتفاع گیاه از ۶۹/۴۴ به ۸۱/۱۱ سانتی‌متر افزایش یافت (جدول ۳). ارتفاع گیاه تحت تاثیر کود فسفر و برهمکنش کود فسفر و نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۲). تعداد شاخه جانبی در هیچ یک از سطوح آزمایش معنی‌دار نشد. به نظر می‌رسد دلیل افزایش ارتفاع در تیمار ۱ گرم نیتروژن به دلیل کاربرد نیتروژن دانست که موجب افزایش فتوسنتز و رشد رویشی اندام‌ها می‌شود. نیتروژن با افزایش تقسیم سلول‌های مریستمی و همچنین افزایش تورژسانس سلول‌های مریستمی موجب افزایش رشد رویشی می‌شود و باعث افزایش اندازه و شاخه‌دهی در گیاهان می‌گردد. علیزاده سهرابی و همکاران (۳) گزارش کردند که کمبود نیتروژن مانع از ساخته شدن بافت‌های پارانشیم و اسکلرانشیم شده و در نتیجه گیاه خاصیت ارتجاعی خود را از دست داده و شکل گیاه تغییر می‌کند. همچنین در اثر کاهش خاصیت ارتجاعی گیاه، عمل تعرق کاهش یافته، طول رگبرگ‌ها و قطر برگ‌ها افزایش یافته و بر تعداد روزنه‌ها افزوده می‌شود و در نهایت گیاه کوتاه می‌ماند (۱۵). با توجه به وظایف مهم و متعددی که نیتروژن در فرآیندهای حیاتی گیاه انجام می‌دهد، کمبود آن بیشتر از سایر عناصر رشد گیاه را محدود می‌کند. در مطالعه‌ای که بای‌بوردی (۶) بر روی گلرنگ انجام داد بیشترین ارتفاع بوته را در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰۰ کیلو گرم فسفر در هکتار مشاهده کرد. در بررسی که علیزاده سهرابی و همکاران (۳)، بیشترین تعداد شاخه جانبی و حداکثر ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی مرزه در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که تفاوت معنی داری با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشته است. هواگ و همکاران (۱۶) نیز در بررسی بر روی گلرنگ مشاهده کردند که با افزایش کاربرد نیتروژن ارتفاع گیاهچه به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند.

وزن و سطح برگ در بوته

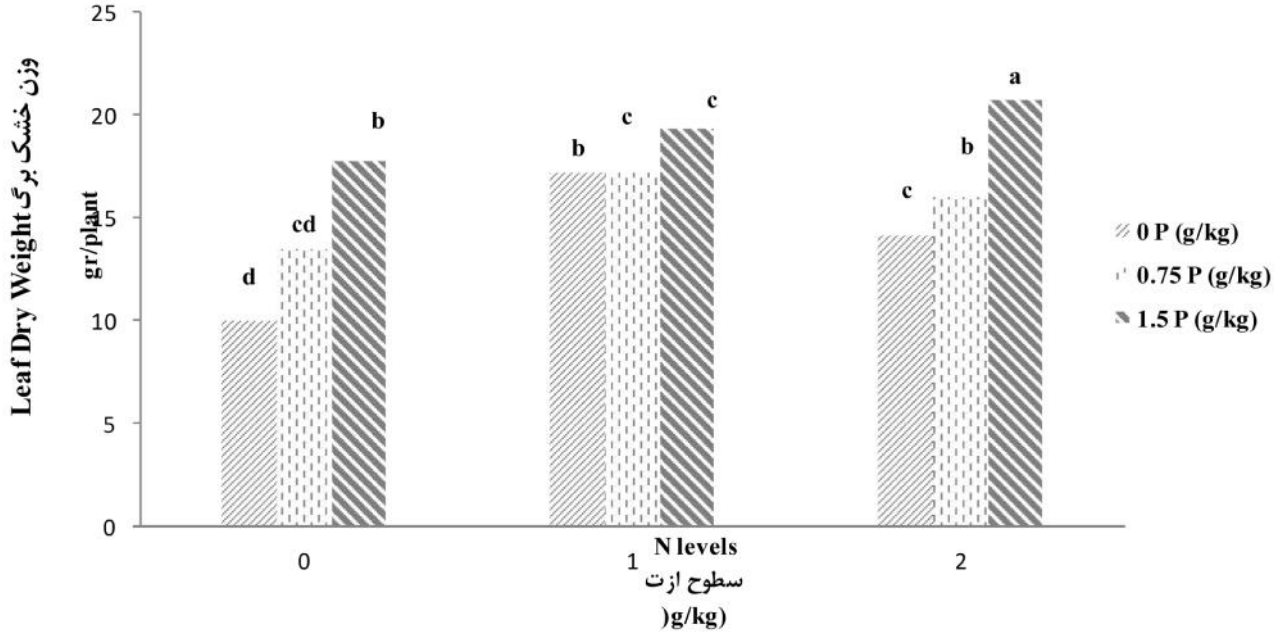
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده کودهای نیتروژن و فسفر بر سطح و وزن برگ سرخارگل دارای تاثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). بر همکنش دو تیمار کودی نیتروژن و فسفر نیز در صفت وزن برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. با افزایش سطوح کود نیتروژن وزن و سطح برگ افزایش یافت. با افزایش نیتروژن از ۰ به ۲ گرم در هر کیلوگرم خاک وزن برگ از ۴/۲ به ۵/۷ گرم افزایش یافت (جدول ۴). همچنین بیشترین سطح برگ در تیمار ۲ گرم و به میزان ۶۲۵ سانتی‌متر مربع بود.

از طرفی با افزایش سطوح فسفر وزن و سطح برگ نیز افزایش یافت، بطوری که در تیمار فاقد فسفر با ۴/۳۷ گرم کمترین وزن خشک و تیمار ۱/۵ گرم فسفر با ۵/۷۷ گرم بیشترین وزن خشک برگ را تولید کرد (جدول ۵). بیشترین سطح برگ در تیمار ۱/۵ گرم فسفر و به مقدار ۶۲۵ سانتی‌مترمربع در هر گیاه بدست آمد. کمترین مقدار سطح برگ نیز ۴۸۲ سانتی‌متر مربع در تیمار بدون کود فسفر مشاهده شد (جدول ۵). اثر متقابل دو کود نیتروژن و فسفر نشان داد که بیشترین وزن برگ در کاربرد همزمان ۲ گرم کود نیتروژن و ۱/۵ گرم کود فسفر بدست آمد. کمترین وزن و سطح برگ در تیمار بدون کود نیتروژن و کود فسفر حاصل شد (شکل ۱).

وس و همکاران (۳۱) اظهار داشتند که فراهمی نیتروژن در افزایش اندازه و تعداد برگ موثر است و فراهمی اندک نیتروژن بدین معنی است که گیاه نمی‌تواند به پتانسیل تولید برگ خود دست پیدا کند. مصرف کافی کودهای نیتروژنه در ابتدای دوره رشد گیاه سبب گسترش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید مواد پرورده می‌گردد (۱۷). کود نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب برای دریافت انرژی و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن موجب افزایش بازده فتوسنتزی می‌شود (۲۶).

وزن خشک ساقه در بوته و نسبت وزن برگ به ساقه

اثر ساده وزن خشک ساقه در سطوح مختلف کودهای نیتروژن و فسفر معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$). اثر ساده کود نیتروژن نیز در صفت نسبت وزن برگ به ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. این در حالی است که برهمکنش دو تیمار کودی نیتروژن و فسفر در این دو صفت معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین تیمارها حاکی از آن است که با افزایش سطوح کود نیتروژن از ۰ به ۱ گرم، وزن خشک ساقه افزایش یافت و با افزایش نیتروژن از ۱ به ۲ گرم وزن آن کم شد. تیمار ۱ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک با ۷/۸ گرم بیشترین مقدار وزن خشک ساقه در بوته را داشت که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). همچنین با افزایش میزان فسفر از ۰ به ۰/۷۵ گرم در کیلوگرم خاک، وزن خشک ساقه در بوته به میزان ۳۰ درصد افزایش یافت. بیشترین وزن ساقه در بوته (۷/۹۸ گرم) در تیمار ۱/۵ گرم فسفر به دست آمد. با افزایش سطوح کود نیتروژن از ۰ به ۱ گرم این نسبت کاهش یافت. بیشترین نسبت وزن برگ به وزن ساقه (۰/۸۴۶) در تیمار ۲ گرم نیتروژن مشاهده شد، به طوری که با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد با افزایش مصرف نیتروژن از ۰ به ۱ گرم سهم ساقه از مواد فتوسنتزی بیشتر از برگ بوده ولی با افزایش بیشتر نیتروژن، انتقال مواد از برگ به ساقه کمتر شده و گیاه از حالت نیمه خشبی به حالت علفی تغییر پیدا کرده است (۱۷).



شکل ۱- اثرات متقابل سطوح مختلف نیتروژن × فسفر بر وزن خشک برگ در بوته سرخارگل

Figure 1- Interaction effects of nitrogen ×phosphorus levels on the dry weight of *Echinacea purpurea* leaves

وزن خشک اندام هوایی

اختلاف وزن خشک اندام هوایی در سطوح مختلف کودهای نیتروژن و فسفر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس برهمکنش دو تیمار مورد بررسی نیز (سطوح کود نیتروژن و فسفر) معنی‌دار نشد (جدول ۲). با افزایش میزان نیتروژن از ۰ به ۱گرم وزن خشک اندام هوایی افزایش معنی‌داری داشت. تیمار ۱ گرم نیتروژن با ۱۷/۹۴ گرم بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشت. با افزایش سطوح فسفر عملکرد رویشی گیاه نیز تحت تاثیر قرار گرفت. بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی با ۱۹/۲۷ گرم در تیمار ۱/۵ گرم در کیلوگرم فسفر مشاهده شد و تیمار بدون فسفر با ۱۳/۸۱ گرم کمترین وزن خشک اندام هوایی را نشان داد (جدول ۵). افزایش وزن خشک اندام هوایی را می‌توان با افزایش کاربرد کود نیتروژن را به دلیل افزایش سطح سبز دانست. خواجه‌پور (۲۰) گزارش کرد که با اضافه کردن نیتروژن در خاک رشد اندام های هوایی و سطح برگ گیاه افزایش می‌یابد. زینلی و همکاران (۳۲) گزارش کردند که فسفر باعث افزایش کربوهیدرات ها، قندهای محلول و ترکیب‌های معدنی در اندام هوایی، گل و ریشه بابونه آلمانی شده است. در نتیجه ممکن است بالارفتن وزن خشک اندام هوایی، ریشه و گل در این تحقیق در نتیجه افزایش این ترکیب ها باشد. همچنین این نتایج با نتایج مردانی نژاد و همکاران (۲۴) بر گیاه اسطوخودوس، باقرزاده (۵) بر آویشن و کاظمی (۱۹) بر زیره سبز مطابقت دارد. به طوری که کاربرد نیتروژن منجر به افزایش رشد رویشی و افزایش تجمع ماده خشک در گیاهان می‌شود. کرمی و خوشخوی (۱۸) درمطالعه ای که بر روی جمعیت اهلی و وحشی بابونه آلمانی داشتند، بیشترین وزن اندام هوایی را در تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن و فسفر در هکتار مشاهده کردند. در بررسی که علیجانی و همکاران (۲) بر گیاه بابونه انجام دادند بیشترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب در کاربرد ۸۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن و فسفر در هکتار به دست آمد. نتایج اثر متقابل نشان داد بیشترین وزن خشک اندام هوایی در بالاترین سطوح نیتروژن و فسفر حاصل شد.

تعداد گل در بوته و وزن خشک گل

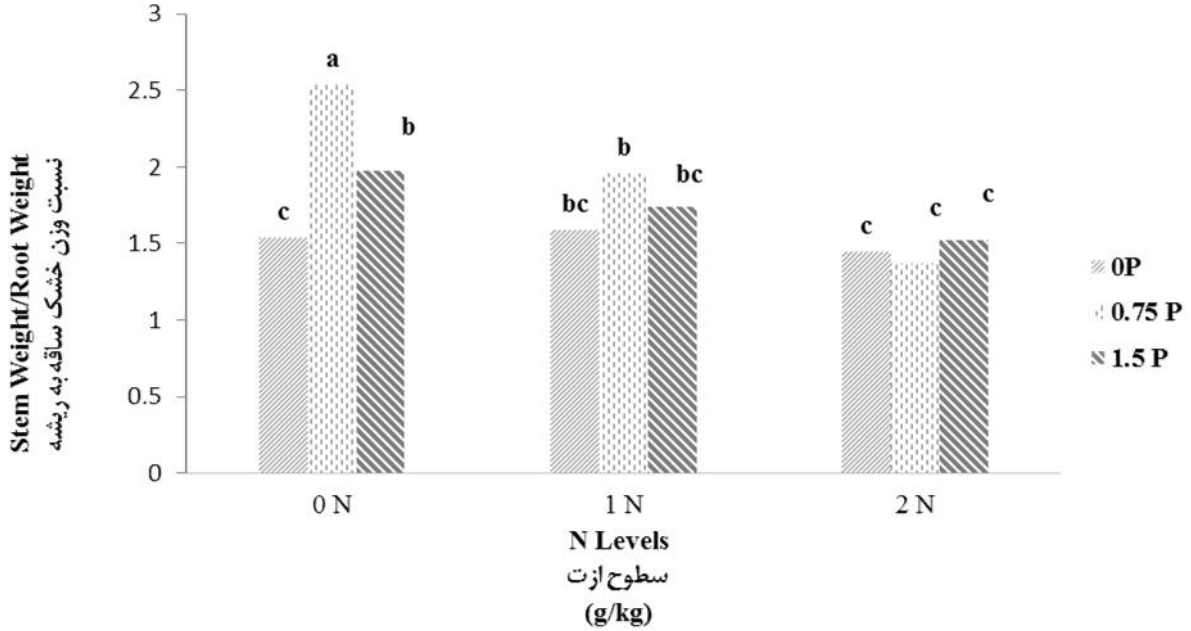
بر اساس نتایج حاصل از جدول ۲ اثر ساده تیمار کودی نیتروژن در صفت تعداد گل و وزن خشک گل در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود، اثر ساده فسفر بر وزن خشک گل نیز معنی‌دار شد ($p<۰/۰۱$). ولی برهمکنش دو تیمار کودی نیتروژن و فسفر در هیچ یک از دو صفت تعداد و وزن خشک گل معنی‌دار نشد (جدول ۲). با افزایش میزان نیتروژن از ۰ به ۱ گرم درهر کیلوگرم خاک تعداد گل افزایش معنی‌داری پیدا کرد. و بیشترین تعداد گل با ۴/۴۴ عدد در بوته در تیمار ۱گرم نیتروژن مشاهده شد (جدول ۴). با افزایش میزان کود نیتروژن از ۰ به ۲ گرم وزن خشک گل افزایش یافت. بیشترین وزن

گل ۷/۹ گرم در بوته در تیمار ۲ گرم و کمترین وزن گل (۵/۶ گرم در بوته) در تیمار بدون نیتروژن مشاهده شد (جدول ۴).

این امر می‌تواند به دلیل فراهم بودن مواد غذایی برای تک بوته‌ها و در نتیجه رقابت بین بوته‌ای پایین تر برای جذب مواد غذایی باشد که باعث افزایش عملکرد در واحد سطح می شود. در بررسی انواع کود نیتروژن بر روی همیشه بهار مشاهده شد که استفاده از انواع کود نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و بهبود گل دهی می شود و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار باعث بیشترین تولید تعداد گل (۱۱۹ گل در متر مربع) شد. همچنین بای بوردی (۶) نیز در بررسی که بر روی میزان نیتروژن بر روی گلرنگ انجام داد مشاهده کرد که با افزایش میزان نیتروژن بیشترین تعداد گل در تیمار کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلو گرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. بیچ و نورمن (۷) گزارش نمودند تعداد گل در گیاه گلرنگ از ۲۲۰ عدد در متر مربع در تیمار شاهد یا عدم کاربرد نیتروژن به ۲۶۰ عدد در متر مربع با مصرف ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار رسید. تاج الدین و همکاران (۳۰) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن مصرفی تعداد شاخه‌های گل‌دهنده گل محمدی در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۳۳ درصد افزایش یافت و بیشترین عملکرد گل با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. در مطالعه‌ای که زینلی و همکاران (۳۲) بر روی بابونه آلمانی انجام دادند مشاهده کردند که بیشترین ارتفاع ساقه و تعداد گل و تعداد ساقه گل دهنده در تیمار کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده شد. سطوح مختلف کود فسفر تاثیر معنی‌داری بر تعداد گل نداشت. فریبرزی (۱۳) در گیاه بابونه دریافت که اثر کود نیتروژن بر روی عملکرد گل این گیاه معنی‌دار بود. بیشترین وزن خشک گل با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن بدون کاربرد نیتروژن مشاهده شد. در بررسی دست برهان و همکاران (۱۰) دریافتند که در کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین وزن خشک گل و وزن خشک برگ را در بابونه آلمانی مشاهده کردند.

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عدد کلروفیل‌متر به طور معنی داری تحت تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن ($p\leq ۰/۰۱$) و فسفر ($p\leq ۰/۰۵$) قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش میزان نیتروژن عدد کلروفیل متر افزایش یافت. بیشترین عدد کلروفیل‌متر در تیمار ۲ گرم نیتروژن با ۵۷/۴۳ بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. سطوح کود فسفر نیز تاثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل داشت. بالاترین عدد در تیمار ۱/۵ گرم فسفر مشاهده شد و کمترین آن (۵۳/۷۴) در تیمار بدون فسفر به دست آمد (جدول ۵).



شکل ۲- اثرات متقابل سطوح مختلف نیتروژن × فسفر بر نسبت وزن ساقه به ریشه در سرخارگل

Figure 2- Interaction effects of nitrogen ×phosphorus levels on stem weight/root weight of *Echinacea purpurea*

در اثر کمبود نیتروژن گیاه زرد شد که باعث کاهش رشد گیاه و پیری زودرس برگ‌ها گردید، به همین دلیل کمترین اعداد کلروفیل متر در تیمار مصرف کمتر نیتروژن مشاهده شد که این یافته‌ها مطابق با نظر گیرینداس و پاپیر (۱۴) می‌باشد. مجیدیان و همکاران (۲۳) در بررسی که بر روی گیاه ذرت داشتند، بیشترین عدد کلروفیل‌متر را در تیمار کاربرد ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده کردند.

مجموع طول و قطر ریشه در بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف کود نیتروژن تاثیری معنی‌داری بر مجموع طول و قطر ریشه نداشت ولی کود فسفر بر طول ریشه اثر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) نشان داد (جدول ۲). برهمکنش دو تیمار کودی نیز در این دو صفت معنی دار نشد. با افزایش فسفر از تا ۰/۷۵ گرم میانگین طول ریشه تغییر معنی‌داری ایجاد نشد، ولی با افزایش سطح فسفر به ۱/۵ گرم میانگین طول ریشه به طور معنی‌داری افزایش یافت. کمترین مجموع طول ریشه ۳۳۹۹ میلی متر در تیمار بدون فسفر و بیشترین آن ۴۳۳۴ میلی‌متر در تیمار ۱/۵ گرم فسفر به دست آمد (جدول ۵). در بررسی که دیورکس و همکاران (۱۲) و میر نیا و همکاران (۲۵) بر روی گیاه ذرت انجام دادند بیشترین طول ریشه را در تیمار کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده کردند. میانگین قطر ریشه نیز مانند مجموع طول ریشه، از جمله صفاتی بودند که تحت تاثیر کود نیتروژن قرار نگرفت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش سطوح فسفر میانگین قطر ریشه افزایش می‌یابد. کمترین قطر ریشه ۰/۵۶۹ سانتی‌متر در تیمار بدون فسفر و بیشترین میانگین قطر ۰/۶۶۷ سانتی‌متر در تیمار ۱/۵ گرم مشاهده شد (جدول ۵).

میانگین سطح ریشه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کودهای نیتروژن ($p\leq ۰/۰۵$) و فسفر ($p\leq ۰/۰۱$) بر سطح ریشه معنی‌دار شد. با افزایش میزان نیتروژن میانگین سطح ریشه نیز افزایش پیدا کرد. تیمار ۲ گرم نیتروژن با ۳۹۱۸ سانتی‌متر مربع دارای بیشترین سطح ریشه بود و تیمار بدون نیتروزن با ۳۵۶۰ سانتی‌متر مربع دارای کمترین سطح ریشه بود (جدول ۴).

وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ساقه به ریشه

براساس نتایج جدول ۳ سطوح مختلف کود نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه نداشت. هر چند با افزایش میزان نیتروژن وزن خشک ریشه افزایش یافت، ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. اثرات ساده و متقابل تیمار های کودی نیتروژن و فسفر در نسبت وزن خشک ساقه به ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. تاثیر سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و برهمکنش دو تیمار مورد بررسی (سطوح کودی نیتروژن و فسفر) نیز اختلاف معنی‌داری نشان نداد. با افزایش میزان فسفر وزن خشک ریشه افزایش یافت. بیشترین وزن خشک ریشه ۱۳/۳۲ گرم در تیمار ۱/۵ گرم فسفر بدست آمد. کمترین وزن خشک ریشه (۶/۷۹) نیز در تیمار بدون فسفر مشاهده شد (جدول ۵). در بررسی که دیورکس و همکاران (۱۲) و میرنیا و همکاران (۲۵) بر روی گیاه ذرت انجام دادند بیشترین وزن خشک ریشه را در تیمار کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده کردند. با افزایش میزان نیتروژن نسبت وزن ساقه به ریشه بطور معنی‌داری افزایش یافت. کمترین میزان آن ۱/۵۳ در تیمار بدون نیتروژن و بیشترین آن ۱/۷۵ در بالاترین میزان مصرف نیتروژن بود. روند تغییرات نسبت وزن ساقه به ریشه در کود فسفر بر خلاف کود نیتروژن بود. بیشترین مقدار این نسبت ۲/۰۲ در تیمار بدون فسفر و کمترین آن ۱/۴۵ در تیمار ۱/۵ گرم فسفر مشاهده شد. اثر متقابل نیتروژن و فسفر نشان داد با افزایش میزان کود نیتروژن در هر سطح فسفر نسبت ساقه به ریشه کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار این نسبت در سطح ۲ گرم نیتروژن و ۰/۷۵ گرم فسفر در هر کیلوگرم خاک حاصل شد.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش میزان کود نیتروژن ارتفاع، تعداد گل و وزن خشک اندام هوایی گیاه به طور معنی‌داری افزایش یافت. از طرفی افزایش میزان کود فسفره تا میزان ۱/۵ گرم در کیلوگرم منجر به افزایش وزن ریشه در بوته شد. با توجه به نتایج اثر متقابل ارائه شده برای صفات وزن برگ، سطح برگ و وزن خشک ریشه، مناسب ترین ترکیب ۲ و ۱/۵ گرم نیتروژن و فسفر در هر کیلوگرم خاک به دست آمد.

منابع

1- Abbasi B.H., Saxena P.K., Murch S.J., and Liu C.Z. 2007. Echinacea biotechnology: challenges and opportunities. In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant, 43: 481–492.

2- Alijani M., Amini Dehaghi M., Modares Sanavi S.A.M., Mohammad Rezaye S. 2010.The effects of phosphorous and nitrogen rates on yield, yield components and essential oil percentage of *Matricaria recutita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26, 1.:128-138. (in Persian with English abstract).

3- Alizadeh Sahzabi1 A., Sharifi Ashorabadi E., Shiranirad A.H., bigdeli M., Abaszadeh B. 2007. The effects of different methods and levels of using nitrogen on some quality and quantity characteristics of Satureja hortensis L. 431 Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants,. 23(3):416-431. (in Persian with English abstract).

4- Ameri A.A., Nasiri Mahalati M.2009. Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential

oils, and radiation use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis* L.). (in Persian with English abstract). Pajouhesh-va-sazandegi, 21(4):133-144.

5- Bagherzadeh K. 1998. Effect of NPK on the phenolic thyme essential oil content and composition at the flowering stage. Master Thesis Plant Sciences, University of Isfahan.

6- Baybordy A. 2008. Effects of Nitrogen and phosphorus rates on cultural circumstance, grain yield and fat contents. Pajouhesh & Sazandegi, 80: 186 – 194

7- Beech D.F., and Norman M.j.T. 2002. The effect of time of planting on attributes of varieties of safflower. Australian Journal of Experimental Agriculture, 3: 140 -148.

8- Birt D.F., Widrlechner M.P., Hammer K.D.P., Hillwig M.L., Wei, J.Q., Kraus, G.A., Murphy P.A., McCoy J.A., Wurtele E.S., Neighbors J.D., Wiemer D.F., Maury, W.J., and Pric, J.P. 2009. Hypericum in infection: identification of anti-viral and anti-inflammatory constituents. Pharmaceutical Biology. 47(8): 774-782.

9- Chiu K.Y., Chuang S.J., and Sung J.M. 2006. Both anti-oxidation and lipid-carbohydrate conversion enhancements are involved in priming-improved emergence of *Echinacea purpurea* seeds that differ in size. Scientia Horticulturae, 108: 220–226.

10- Dastborhan S., Zehtab-Salmasi S., Nasrollahzadeh S., and Tavassoli.R A. 2011. Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(2):290-305. (in Persian with English abstract).

11- Drutu C.A., Gille E., and Axinte M. 2010. Influence of chemical fertilizers nitrogen and phosphorus on production and quality of *Echinacea purpurea* (L.) Moench. Institutul National de Cercetare, 78(2): 121-127.

12- Durieux R.P., Kamprath E.J., Jackson W.A., and Moll R.H. 1994. Root distribution of corn: the effect of nitrogen fertilization Agronomy Journal, 86(6): 958-962.

13- Fariborzi A. 1999. Effects of nitrogen fertilizer and harvest dates on yield and essential oil content of camomile flower (*Matricaria chamomile*). MS Thesis, University of Mashhad.

14- Gerendas J., and Pieper I. 2001. Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. 92(10): 716-717.

15- Haghparast Tanha M. 1371. Nutrition and Metabolism plants. Publications Islamic Azad University, Rasht.

16- Hoag B.K., Zubriski, J.C., and Geiszler G.N., 1968. Effect of fertilizer treatment and row spacing on yield, quality and physiological response of safflower. Agronomy Journal, 60: 198-200.

17- Kafi. M., Zand, B., Kamkar, H., Sharifi, H., and Goldani, M. 2000. Plant Physiology (translation), Volume II. Press Mashhad SID.

18- Karami L., and khoshkui M. 2006. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on yield and quantitative characteristics of cultivated and wild populations of German Chamomile (*Chamomolla recutita* L.). Iranain Journal Of Horticultural Science And Technology, 7(3):181-192. (In Persian with English abstract).

19- Kazemi F. 2002. Effects of water stress and nitrogen on the growth of mineral elements content in plant tissue and cumin oil. Master Thesis Plant Sciences, University of Tabriz. (in Persian with English abstract)

20- Khajehpour M.R. 2004. industrial plants. Publications University of Isfahan.

21- Kligler B. 2003. Echinacea. Am. Fam. Physician 67, 77–80.

22- Lopes A. S. 1996. Soils under Cerrado: A Success Story in Soil management In: IFA278 references (eds) IFA-PPI Regional Conference for Latin America and the Caribbean. International Fertilizer Industry Association, Paris. 10(2): 1-10.

23- Majidian M.L., Ghalavand A., Kamgar Haghighi A.A., and Karimian N. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. Iranian Journal of Crop Science, 10 (3) :303-330. (in Persian with English abstract).

24- Mardani nejad sh., Khaldbrin B., Sadat Y.A., morad shahi A., and Vazir pur M. 2001. Effect of ammonium nitrate on the shoots and essential oil in lavender. The National Herb Conference, 57-59. (in Persian with English abstract).

25- Mirnia S.G., Modarres S.M.A., Piri T. 2001. Effect of Different levels of Nitrogen and development of corn root.soil.water, 15(1):33-43.

26- Niakan M., Khavarynejad R.A., and Rezaee M.B. 2004. Effect of different rates of N/P/K fertilizer on leaf Fresh weight, dry weight, leaf area and oil content *in Mentha piperita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20 2: 131-148. (in Persian with English abstract).

27- Omidbaigi R. 2002. Study of Cultivation and Adaptability of Purple Coneflower (*Echinaceae purpurea*) in the North of Tehran. JWSS - Isfahan University of Technology. 6 (2) :231-241

28- Paun E., Mircea M., and Male S. 1986. Technology elements for some medicinal and aromatic plant spices,

Bulletin de Academie des Science agricols et forestieres. 15: 89-96.

29- Shalaby A.S., El-Gengaihi S.E., Agina E.A., El-Khayat A.S., and Hendawy S.F., 1997. Growth and yield of *Echinacea purpurea* L. as influenced by planting density and fertilization. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 5(1): 69-76

30- Tajuddin A., Yaseen M., Sharma S., Saproo M.L., and Husain A., 1995. Effects of fertilizer application on the flowering pattern of *Rosa damascena*. Journal of Medicinal Plants Research. 17: 173-176.

31- Vos J., and Vamderputten P.E.L. 1998. Effect of nitrogen supply on leaf growth, Leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in potato. Field Crops Res. 59: 63-72.

32- Zeinali H.M., Bagheri Kholanjani M.R. Golparvar M., Jafarpour A.H. 2008. Shirani Rad. Effect of different planting time and nitrogen fertilizer rates on flower yield and its components in German chamomile (*Matricaria recutita*). Iranian Journal of Crop Sciences, 10(3): 220-230