نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۳۷۴-۱۳۵۷

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1357-1374

تأثیر مدیریت بهینه نیتروژن و جهت‌های کاشت بر صفات اکومورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

فرزانه ریگی[۱]، مهدی دهمرده[۲*]، عیسی خمری[۳] و رضا باقری[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۳

ریگی، ف.، دهمرده، م.، خمری، ع. و باقری، ر. ۱۳۹۸. تأثیر مدیریت بهینه نیتروژن و جهت‌های کاشت بر صفات اکومورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۴): ۱۳۷۴-۱۳۵۷.

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر جهت کشت و تقسیط نیتروژن بر صفات اکومورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در پژوهشکده تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل جهت کشت در دو سطح (شمالی- جنوبی، شرقی- غربی) به‌عنوان عامل اصلی و تقسیط نیتروژن از منبع اوره چهار سطح (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم مرحله چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه رفتن؛ یک‌دوم قبل ازکاشت یک‌دوم مرحله چهاربرگی؛ یک‌دوم مرحله چهاربرگی یک‌دوم مرحله ساقه رفتن؛ یک‌سوم مرحله چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که جهت کشت و تقسیط نیتروژن بر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، تعداد غوزه در بوته، وزن تر کاسبرگ، وزن خشک کاسبرگ و شاخص برداشت معنی‌دار بود. امّا تعداد شاخه جانبی و قطر ساقه تنها تحت تأثیر جهت کشت قرار گرفتند. عملکرد بیولوژیک تنها تحت تأثیر تقسیط نیتروژن قرار گرفت. اثر متقابل جهت کشت و تقسیط نیتروژن برای صفت شاخص برداشت معنی‌دار (پنج درصد) و برای سایر صفات مورفولوژیک بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها مشخص گردید که به‌جز تعداد شاخه جانبی تمامی صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده در جهت کشت شمالی- جنوبی دارای بیش‌ترین مقدار بودند. در این مطالعه تقسیط نیتروژن به‌صورت مصرف در مرحله چهاربرگی، مرحله ساقه رفتن و گل‌دهی نسبت به سایر تیمارها بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌داری داشت. زمان‌بندی صحیح مصرف کود، مهم‌تر از کل مقدار کود به کار رفته می‌باشد، به‌طوری که تقسیط زمانی مصرف کود نیتروژن به سه مرحله، باعث افزایش ویژگی‌های عملکردی چای ترش شد که در نتیجه می‌تواند کاهش هزینه‌های کودی و آلودگی محیط زیست را در پی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی محیط زیست، دمای خاک، عملکرد کاسبرگ

مقدمه

رویکرد روزافزون استفاده از گیاهان دارویی و داروهای گیاهی در جهان، اهمیت تولید و فرآوری این گیاهان را روشن می‌کند (Ganjali et al., 2017). چای ترش یا چای مکی (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی، روز کوتاه، خودگشن، یک‌ساله و یا چندساله از خانواده ختمی، مخصوص آب‌وهوای گرم و بومی آفریقا می‌باشد که به سرما و یخبندان بسیار حساس است.(Margesi, et al., 2013). چای ترش یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین گیاهان دارویی است که دارای خواص صفراوی، گوارشی و شکمی، ضدعفونی‌کننده، مقوی و کاهنده فشار خون می‌باشد (Shruthi, et al., 2016).

هدف اصلی در مدیریت زراعی به حداکثر رساندن دریافت نور توسط سایه‌انداز گیاه زراعی است (Euroconsult, 1989). چرا که

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گیاهان دارویی، دانشیار گروه اگرواکولوژی، استادیار گروه زراعت و مربی پژوهشی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.74229

نور یکی از منابع طبیعی مهم می‌باشد که با افزایش کارایی آن می‌توان سطح تولید را افزایش داد (Awal et al., 2006). تراکم بوته و جهت ردیف کاشت از عوامل مهمی هستند که کشاورزان می‌توانند از آن‌ها در جهت حداکثر ساختن دریافت تشعشع توسط سایه‌انداز گیاه زراعی استفاده کنند (Koocheki & Soltani, 1998). وجود بادهای شدید و فراوان یکی از عوامل نامساعد برای انجام امور کشاورزی در هر منطقه جغرافیایی و به‌خصوص در مناطق خشک به شمار می‌آید که با افزایش مقدار تبخیر و تعرق در افزایش مصرف آب نقش بسزایی دارند (Hasani & Sinaki, 2011). جهت کاشت می‌تواند بر روی میزان محصول ارقام از طریق افزایش سطح برگ و جذب نور تأثیر داشته باشد (Mirzadeh et al., 2015). در بررسی که بر روی بوته لوبیا سبز انجام شد، گزارش شده است که بیش‌ترین وزن خشک بوته و تعداد دانه در بوته در جهت کشت شمالی – جنوبی و بالاترین شاخص برداشت و وزن صد دانه از جهت کشت شمال غربی– جنوب شرقی به‌دست آمد (Madanifard et al., 2015). از آن‌جاکه ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته مقدار مواد آلی خاک-های آن محدود بوده (Mirzashahi & Bazargan, 2015). بنابراین، نیتروژن اولین عنصری است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک احساس می‌شود (Behdani, 2011). اغلب گیاهان در این مناطق دچار کمبود نیتروژن می‌باشند که تأمین نیتروژن با استفاده از کودهای شیمیایی و آلی ضروری است (Melkotti & Homahi, 2004). مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است، مقدار آن در مراحل اولیه کم و سپس با رشد گیاه افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که در زمان گل‌دهی تا میوه‌دهی به حداکثر خود می‌رسد (Mokhele et al., 2012). نیتروژن جزء مهمی از مولکول کلروفیل است و هر چه مقدار عرضه این عنصر بیش‌تر شود مقدار پروتئین تولید شده بیش‌تر و در نتیجه برگ‌ها بزرگ‌تر شده و سطح کربن‌گیری افزایش می‌یابد. بنابراین ساخت مواد هیدروکربنه با افزایش نیتروژن بیش‌تر و مصرف آن برای ساخت پروتئین و تولید متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابد. هم‌چنین افزایش نیتروژن باعث افزایش سطح فعال برگ می‌شود (Qranjik & Galeshi, 2001). امروزه به‌کارگیری عملیات و روش‌های زراعی مناسب جهت تولید محصول به‌میزان لازم و با کیفیت مطلوب بسیار مورد توجه می باشد، در این راستا استفاده از شیوه های نوین مدیریت بهره‌برداری منابع راهی مناسب جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد (Beheshti & Seyyed Kaboli, 2017) به‌دلیل حلالیت فراوان کودهای نیتروژنه، زمان مصرف آن‌ها برای محصولات زراعی بسیار مهم می‌باشد و یکی از دلایل پایین بودن راندمان مصرف کودهای نیتروژنه، صحیح نبودن زمان مصرف آن‌ها است (Melkotti, 2006). هدف زمان‌بندی مصرف کود، به‌دست آوردن حداکثر واکنش گیاه زراعی به کود از طریق قابل دسترس ساختن عناصر غذایی در زمانی که بیش‌ترین نیاز به آن‌ها وجود دارد، می‌باشد (Arshadi et al., 2010). یک روش مدیریتی برای افزایش راندمان نیتروژن مصرفی، تقسیط نیتروژن در طی فصل رشد می‌باشد که نشان داده شده است، کاربرد تقسیطی نیتروژن در گیاه دارویی خشخاش (*Papaver bracteatum* Lindl.) در دو مرحله رشد رویشی و زایشی تعداد کپسول‌ها در تک‌بوته و حجم آن‌ها را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Losak & Richter, 2004). محققان در بررسی اثر مصرف تقسیطی کود نیتروژن با کاربرد کود در مراحل قبل از کشت، گل‌دهی و اوج گل‌دهی نتیجه گرفتند که کاربرد بیش‌تر نیتروژن در مرحله آخر منجر به افزایش عملکرد، شاخص برداشت و زیست‌توده پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) می‌شود (Yang et al., 2011). در مطالعه‌ای که بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) انجام شد، گزارش شده است که با مصرف تقسیطی نیتروژن و کاربرد نصف کود در زمان جوانه‌زنی، بیش‌ترین عملکرد دانه و کم‌ترین تلفات نیترات از مزرعه گندم حاصل می‌شود (Polychronaki et al., 2012). در آزمایشی که بر روی ماش (*Vigna radiate* L.) صورت گرفت گزارش شد، بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار مصرف ۲۵ ٪ نیتروژن به هنگام کاشت و ۷۵٪ قبل از گل‌دهی با ۱۱۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (Aghjeali et al., 2017). با انجام آزمایشی در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد روغن از کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با تقسیط سه‌مرحله‌ای ۲۵٪ قبل از کاشت، ۲۵٪ ساقه‌دهی و ۵۰٪ گل‌دهی به‌دست‌آمد (Foladwand & Badavi, 2015). در بررسی اثر مصرف کود نیتروژن بر عملکرد دانه و راندمان تبدیل برنج (*Oryza sativa* L.) رقم خزر اعلام شده است که مصرف نوبتی (تقسیط شده) کود نیتروژن به مقدار مناسب و مطابق با نیاز گیاه، باعث افزایش عملکرد و راندمان تبدیل دانه برنج می‌شود (Faraji et al., 2011). هم‌چنین تقسیط کود نیتروژن با تأثیر بر رشد بهتر گیاه ذرت (*Zea mays* L.) باعث شد، جمعیت علف‌های

هرز روند کاهشی را نشان دهند. بنابراین مدیریت کود می‌تواند در جهت کنترل پایدار علف‌های هرز گامی مؤثر تلقی گردد (Fakhari et al., 2014). کاربرد نیتروژن به‌روش تقسیط می‌تواند در کاهش آب‌شویی نیتروژن و به دنبال آن صرفه‌جویی در مصرف کودهای نیتروژن‌دار در کشور مؤثر باشد (Arshadi et al., 2010). با توجه به اینکه کشاورزی در منطقه سیستان با عوامل نامساعد محیطی هم‌چون کمبود آب و عناصر غذایی در خاک و وجود بادهای شدید ۱۲۰ روزه همراه است. این تحقیق با هدف بررسی جهات مختلف کشت برای تعیین مناسب‌ترین جهت کشت، استفاده بهینه از کودهای شیمیایی و تعیین بهترین زمان مصرف آن‌ها برای گیاه دارویی چای ترش در شرایط آب‌وهوایی سیستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در پژوهشکده تحقیقاتی دانشگاه زابل با موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا و اقلیمی از نوع خشک و بسیار گرم (بیابانی) با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم، در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به مرحله اجرا در آمد. بر اساس آمار ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، حداکثر مطلق دما ۴۹ و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی۳۹/۲۰، میانگین بارندگی سالانه ۵۳ میلی‌متر و میانگین تبخیر سالانه ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر است. قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه نمونه خاک تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنالیز خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (depth of 0-30 cm)

ماده آلی Organic matter (mg)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن N (mg)	فسفر P (mg)	پتاسیم K (ppm)	سدیم Na (ppm)	آهن Fe (mg)	کربن آلی Organic carbon (mg)	بافت Texture
0.052	7.2	2.7	0.0015	0.045	56.7	95.5	0.014	0.03	لوم- رسی Clay loam

تیمارهای آزمایش شامل جهت‌های کشت در دو سطح (شمالی- جنوبی و شرقی- غربی) به‌عنوان عامل اصلی و تقسیط کود نیتروژن در چهار سطح (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم مرحله چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن)، (یک‌دوم قبل ازکاشت، یک‌دوم مرحله چهاربرگی)، (یک‌دوم مرحله چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن)، (یک‌سوم مرحله چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) به‌عنوان عامل فرعی بودند. کود نیتروژن از منبع اوره و به‌مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. زمین قبل از انجام آزمایش در پاییز شخم عمیق خورده و سپس کود فسفر از منبع سوپر فسفات به‌مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به‌مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با دیسک اعمال شد و با استفاده از دستگاه لولر تسطیح و توسط فاروئر جوی پشته ایجاد شد. کشت در ۱۸ اسفند ماه با دست انجام شد. بذر گیاه برای جوانه‌زنی بهتر به‌مدت ۲۴ ساعت با آب خیسانده شد، بدین منظور سه الی چهار بذر در هر کپه در عمق یک سانتی‌متری به‌روش جوی پشته (داغ‌آب) در چهار ردیف ۲/۵ متری با فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و۵۰ سانتی‌متر بین دو ردیف انجام شد. آبیاری بر اساس نیاز گیاه به‌صورت جوی و پشته در ابتدای مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن هر پنج روز و بعد از شروع شاخه‌دهی جانبی هر هفت روز یک بار انجام شد. در مرحله چهار تا شش برگی برای رسیدن به تراکم مناسب (۱۶بوته در مترمربع) تنک انجام شد، مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی (وجین با استفاده از فوکا) در پنج مرحله صورت گرفت.

اندازه‌گیری پارامترهای اکولوژیکی

نور (تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)): برای اندازه‌گیری نور ورودی به کانوپی در زمان بسته شدن کانوپی، در روز آفتابی در ظهر خورشیدی به‌وسیله دستگاه تشعشع‌سنج مدل (Scan temp PRO 440 Model emploi) در ساعت ۱۲/۳۰ ظهر تا ۱۳/۳۰ انجام گرفت. بدین منظور در وسط دو ردیف میانی هر کرت، یک بار دستگاه را در وسط گل‌آذین (وسط کانوپی) قرار داده شد و بار دوم دستگاه را

پای بوته (پایین کانوپی) قرار گرفت و مقدار نور ورودی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. سپس طبق معادله ۱ مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی برای هر تیمار محاسبه شد (Bantilan et al., 1976).

$$PAR = \left[1 - \frac{PARb}{PARa}\right] \times 100$$ معادله (۱)

PAR_a: تشعشع فعال فتوسنتزی در وسط کانوپی و PAR_b: تشعشع فعال فتوسنتزی در پایین کانوپی

دمای خاک: برای اندازه‌گیری دمای خاک از دماسنج مدل (Thermometer Frying Deep Dial) استفاده شد. برای این کار در جوی بین دو ردیف میانی هر کرت، دماسنج را در عمق ۱۵سانتی‌متری خاک قرار داده شد و دمای خاک برای هر تیمار اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری دمای خاک در ظهر خورشیدی (ساعت ۱۲) زمانی که کانوپی کامل بسته شده و حداکثر جذب نور وجود داشت انجام گرفت(Hodiani Mehr et al., 2017).

رطوبت حجمی خاک: برای اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک در زمان بسته شدن کانوپی گیاه، در روز چهارم بعد از آبیاری از جوی دو ردیف میانی هر کرت به‌وسیله رینگ استوانه حجمی خاک (با حجم مشخص ۱۰۰سانتی‌متر مکعب) نمونه‌برداری انجام شد و نمونه‌ها بلافاصله برای اندازه‌گیری وزن مرطوب توسط ترازو دیجیتال توزین گردید. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و وزن خشک نمونه‌ها به‌وسیله ترازو دیجیتال توزین شد و طبق معادله ۲ رطوبت حجمی خاک برای هر تیمار محاسبه شد (Rejaei et al., 2018).

$$Qt = \frac{Vm}{Vt}$$ معادله (۲)

Q_t: درصد رطوبت حجمی خاک، V_m: حجم آب خاک (تفاوت وزن مرطوب و وزن خشک) و V_t: حجم کل نمونه خاک (۱۰۰ سانتی‌متر مکعب)

اندازه‌گیری ماده آلی، نیتروژن و کربن خاک (پس از برداشت: پس از برداشت گیاه از جوی بین دو ردیف میانی هر کرت نمونه برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک برای هر تیمار انجام شد و مقدار مقدار ماده آلی، نیتروژن و کربن خاک به‌روش والکی بلاک (Walkly & Black, 1934) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی گیاه: ویژگی‌هایی از قبیل ارتفاع ساقه، تعداد شاخه جانبی، قطر ساقه در پایان زمان گل‌دهی با حذف اثر حاشیه و انتخاب پنج بوته به‌طور تصادفی از دو ردیف وسط اندازه‌گیری شدند؛ و فاکتورهایی دیگر شامل عملکرد کاسبرگ (وزن خشک کاسبرگ)، وزن تر کاسبرگ‌ها، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در پایان فصل رشد (اواخر آبان ماه) هنگام رسیدگی کامل غوزه‌ها با حذف اثر حاشیه و انتخاب پنج بوته به‌طور تصادفی از دو ردیف وسط مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری ارتفاع ساقه به‌وسیله متر از ناحیه طوقه تا انتهایی‌ترین بخش ساقه انجام شد. اندازه‌گیری قطر ساقه توسط کولیس از ارتفاع پنج سانتی‌متری طوقه انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک کاسبرگ‌ها، بلافاصله پس از برداشت کاسبرگ‌ها جهت اندازه‌گیری وزن تر با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین گردید و سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک کاسبرگ‌ها در اتاق در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سایه (به‌مدت ۱۴روز) به‌طور طبیعی خشک گردیدند. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک بوته‌ها از قسمت طوقه کف‌بر شدند، اندام هوایی بوته شامل ساقه، برگ، غوزه، در آزمایشگاه با آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین گردید. شاخص برداشت گیاه از نست عملکرد اقتصادی به بیولوژیک محاسبه شد.

داده‌ها پس از میانگین‌گیری (برای پنج نمونه اندازه‌گیری شده) مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها آماری نتایج تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

نتایج و بحث

پارامترهای اکولوژیکی

نور (تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR))، دمای خاک و رطوبت حجمی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر جهت کشت بر سه پارامتر نور، دما و رطوبت حجمی خاک معنی‌دار نشد. امّا تقسیط کود نیتروژن برای دو پارامتر نور و رطوبت حجمی خاک بسیار معنی‌دار (یک درصد) و برای دما معنی‌دار (پنج درصد) شد؛ اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن برای نور و رطوبت حجمی خاک بسیار معنی‌دار (یک درصد) و بر دمای خاک معنی‌دار (پنج درصد) شد (جدول ۲). مقایسه

میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین نور ورودی به کانوپی (۳۷/۷۶ درصد) و بیش‌ترین دما در پایین کانوپی (۱۶/۳۱ درجه سانتی‌گراد) در جهت کشت شمالی- جنوبی به‌دست آمد. بیش‌ترین رطوبت حجمی خاک (۲۴/۳۱ درصد) در جهت کشت شرقی– غربی به‌دست آمد. در بررسی اثر تقسیط نیتروژن بیش‌ترین نور ورودی به کانوپی (۶۱/۳۱ درصد) از کاربرد تیمار (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن) و بیش‌ترین دما در پایین کانوپی (۱۶/۴۵ درجه سانتی‌گراد) و بیش‌ترین رطوبت (۲۸/۶۲ درصد) از کاربرد تیمار (یک‌دوم زمان چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین نور ورودی به کانوپی (۷۷/۳ درصد) در جهت کشت شمالی– جنوبی و از کاربرد تیمار (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم مرحله چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد و بیش‌ترین دما (۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد) در جهت کشت شمالی– جنوبی و از کاربرد تیمار (یک‌دوم مرحله چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد و بیش‌ترین رطوبت حجمی خاک (۳۱/۰۰ درصد) در جهت کشت شرقی– غربی از کاربرد تیمار (یک‌دوم مرحله چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد (جدول ۴). نور یکی از منابع طبیعی مهم می‌باشد که با افزایش کارایی آن می‌توان سطح تولید را افزایش داد و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل رقابت در اکوسیستم‌های زراعی شناخته شده است (Awal et al., 2006). رابطه بسیار نزدیکی بین شدت نور و واکنش به سطوح مختلف کود نیتروژن وجود دارد، نور مقدار نیتروژنی را که می‌تواند به‌طور مؤثر به مصرف گیاه برسد را تعیین می‌کند (Stansel et al., 1965). در مراحل اولیه رشد، جذب و دریافت نور تا حد زیادی به سرعت گسترش برگ‌ها بستگی دارد (Carretero et al., 2010). انجام فرآیند فتوسنتز و در نتیجه تولید ماده خشک گیاه وابسته به سطح برگ بوده و برای افزایش ماده خشک گیاه باید شاخص سطح برگ را افزایش داد، یکی از راه‌های افزایش شاخص سطح برگ، افزایش تراکم بوته و کشت گیاه در جهت‌های مختلف می‌باشد (Mirzadeh et al., 2015). نور خورشید و مقدار انعکاس آن تحت تأثیر جهت ردیف‌ها قرار می‌گیرند و احتمالاً در ردیف‌های شمالی– جنوبی نورگیری بهتر از ردیف‌های شرقی- غربی است (Sing et al., 1973). با توجه به نتایج اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن، مقدار نور ورودی به کانوپی در جهت شمالی– جنوبی بیش‌تر است که با افزایش شاخص سطح برگ سبب افزایش فتوسنتز و افزایش ماده خشک گیاهی گردیده است که این مسأله در نهایت باعث افزایش عملکرد کاسبرگ‌ها چای ترش در جهت شمالی– جنوبی گردیده است. در یک تحقیق با مطالعه تأثیر جهت کاشت بر عملکرد گندم بهاره در شوروی سابق بیان شد، عملکرد گندم بهاره در ردیف‌های کاشت شمالی- جنوبی (۳۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بیش‌تر از ردیف‌های شرقی- غربی است، فرض شده است که در ردیف‌های شمالی– جنوبی از نور و رطوبت به‌طور کامل‌تری استفاده می‌شود (Koocheki & Soltani, 1998).

ماده آلی، نیتروژن، کربن خاک (پس از برداشت گیاه)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، جهت کشت برای سه پارامتر ماده آلی، نیتروژن وکربن خاک معنی‌دار (پنج درصد) شد. امّا تقسیط کود نیتروژن برای سه پارامتر ماده آلی، نیتروژن و کربن خاک معنی‌دار نشد و اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن برای سه پارامتر ماده آلی، نیتروژن و کربن خاک بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد (جدول۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین مقدار ماده آلی (۰/۰۹۹ درصد)، نیتروژن (۰/۴۹ درصد) و کربن خاک (۰/۰۵۷ درصد) در جهت کشت شرقی- غربی به‌دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین مقدار ماده آلی (۰/۱۱ درصد)، نیتروژن (۰/۵۷ درصد) و کربن خاک (۰/۰۶۷ درصد) در جهت کشت شرقی- غربی و از کاربرد تیمار (یک‌دوم زمان چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد (جدول ۴). از آن‌جایی‌که بیش‌ترین نور جذب شده توسط کانوپی گیاه و بیش‌ترین دمای خاک در جهت کاشت شمالی– جنوبی به‌دست آمد و با توجه به اینکه جهت کاشت شمالی– جنوبی هم‌سو با بادهای غالب منطقه سیستان (بادهای ۱۲۰روزه) قرار دارد، بنابراین، دمای خاک در جهت کاشت شمالی– جنوبی افزایش پیدا می‌کند، افزایش دمای خاک، باعث افزایش فعالیت میکروبی میکروارگانیسم‌های موجود در اطراف ریشه خاک شده که منجر به افزایش تجزیه مواد آلی خاک می‌شود (Sarcheshmeh Pour & Hadifra Pour, 2011). در خلال تجزیه مواد آلی، عناصر غذایی به‌تدریج آزاد می‌شوند و قابلیت دسترسی عناصر موجود در خاک برای ریشه گیاه افزایش می‌یابد (Mirzashahi & Bazargan, 2015). فراهمی عناصر معدنی خاک برای ریشه گیاه، موجب تحریک رشد گیاه شده که با جذب

نور بیش‌تر در جهت کاشت شمالی- جنوبی باعث افزایش فتوسنتز شده و هم‌چنین مواد غذایی و رطوبت بیش‌تری از خاک توسط گیاه دریافت و استفاده می‌شود که منجر به افزایش عملکرد و افزایش مصرف عناصر غذایی، ماده آلی خاک و رطوبت در جهت کاشت شمالی- جنوبی می‌گردد.

ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تقسیط کود نیتروژن برای صفت ارتفاع بوته معنی‌دار شد، جهت کشت و اثر متقابل (جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن) برای صفت ارتفاع بوته بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۹۳/۸۷ سانتی‌متر) در جهت کشت شمالی- جنوبی به‌دست آمد و در بررسی اثر تقسیط نیتروژن بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۸۹/۲ سانتی‌متر) از کاربرد تیمار (یک‌دوم زمان چهاربرگی و یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) حاصل شد (جدول ۶). نتایج نشان داد که اثر متقابل جهت کشت شمالی- جنوبی و تقسیط نیتروژن به‌صورت یک‌دوم مرحله چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن بیش‌ترین افزایش ارتفاع ساقه (۲۰۲/۵ سانتی‌متر) را تولید کرد (جدول ۷). ارتفاع بوته یک صفت ژنتیکی است که تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد، مدیریت‌های زراعی از جمله کاربرد عناصر غذایی در خاک، تاریخ کاشت و تراکم از عوامل عمده تأثیرگذار بر آن می‌باشند، با کاربرد کودهای حاوی نیتروژن طول میان‌گره در گیاهان افزایش می‌یابند و در نتیجه ارتفاع بوته‌ها افزایش پیدا می‌کند (Li et al., 2014).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اکولوژیکی گیاه چای ترش و خصوصیات خاک

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for ecological characteristic of roselle and soil criteria

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	دمای خاک Soil temperature	نیتروژن خاک Soil nitrogen	ماده آلی خاک Soil organic matter	کربن خاک Soil carbon	نور Light	رطوبت حجمی خاک Soil volumetric moisture
تکرار Replication	2	0.01 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.00005 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	23.77 ^{ns}	2.64 ^{ns}
جهت کاشت Planting direction (D)	1	0.01 ^{ns}	0.006*	0.0002*	0.00009*	1.81 ^{ns}	3.04 ^{ns}
خطای اصلی Main error	2	0.01	0.0002	0.00001	0.000003	36.1	0.87
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N)	3	0.16*	0.003 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.00004 ^{ns}	1654.90**	60.91**
D × N	3	0.18*	0.04**	0.0016**	0.0005**	702.98**	23.51**
خطای فرعی Sub error	12	0.04	0.001	0.00004	0.00001	24.3	3.59
ضریب تغییرات C.V(%)	-	1.29	6.96	6.95	6.93	13.16	7.92

* و ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

* and ** and ns are significant at 5 and 1 percent probability levels and non significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اکولوژیکی گیاه چای ترش و خصوصیات خاک

Table 3- Mean comparisons of ecological characteristic of roselle and soil criteria

تیمار Tretmeant	رطوبت حجمی خاک Soil volumetric moisture (g)	دمای خاک Soil temperature (°C)	نیتروژن خاک Soil nitrogen (%)	ماده آلی خاک Soil organic matter (%)	کربن خاک Soil carbon (%)	نور Light (%)
جهت کاشت Planting direction						
شرقی- غربی East-West	24.31^{a*}	16.26^{a}	0.49^{a}	0.099^{a}	0.057^{a}	37.21^{a}
شمالی- جنوبی North-South	23.6^{a}	16.31^{a}	0.46^{b}	0.092^{b}	0.053^{b}	37.76^{a}
LSD(%5)	1.64	0.18	0.02	0.005	0.003	10.61
تقسیط نیتروژن Nitrogen split						
A	21.7^{b}	16.37^{a}	0.48^{ab}	0.097^{ab}	0.056^{ab}	61.3^{a}
B	23.32^{b}	16.07^{b}	0.45^{b}	0.090^{b}	0.052^{b}	29.79^{b}
C	28.62^{a}	16.45^{a}	0.47^{ab}	0.094^{ab}	0.054^{ab}	35.41^{b}
D	22.17^{b}	16.25^{ab}	0.5^{a}	0.1^{a}	0.059^{a}	23.45^{c}
LSD(%5)	2.38	0.26	0.04	0.008	0.004	6.2

* تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ می‌باشد.

* The difference in the letters in column shows a significant difference based on the Duncan test at 5% probability level.

A: (۱/۳ قبل ازکاشت، ۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن)، B: (۱/۲ قبل ازکاشت، ۱/۲ چهاربرگی)، C: (۱/۲ چهاربرگی، ۱/۲ ساقه رفتن)، D: (۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن، ۱/۳گل‌دهی)

A: 1/3 before planting, 1/3 four leaf, 1/3 stem longation, B: 1/2 before planting, 1/2 four leaf, C: 1/2 four leaf, 1/2 stem longation, D: 1/3 four leaf, 1/3 stem longation, 1/3 Flowering

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تقسیط نیتروژن×جهت کشت بر صفات اکولوژیکی گیاه چای ترش و خصوصیات خاک

Table 4- Mean comparisons mutual effect planting direction×nitrogen fertilizer split on ecological characteristic of roselle and soil criteria

جهت کاشت Planting direction	کود Fertilizer	دمای خاک Soil temperature (ċ)	نیتروژن خاک Soil nitrogen (٪)	ماده آلی خاک Soil organic matter (٪)	کربن خاک Soil carbon (٪)	نور Light (٪)	رطوبت حجمی خاک Soil volumetric moisture (٪)
شرقی- غربی East-West	A	16.25^{a*}	0.52^{ab}	0.1^{ab}	0.06^{ab}	45.3^{b}	19.4^{d}
	B	15.8^{b}	0.35^{d}	0.07^{d}	0.04^{d}	24.6^{e}	22.9^{bcd}
	C	16.4^{a}	0.57^{a}	0.11^{a}	0.067^{a}	27.27^{de}	31^{a}
	D	16.25^{a}	0.53^{ab}	0.1^{ab}	0.061^{ab}	21.89^{e}	21.1^{cd}
شمالی- جنوبی North-South	A	16.5^{a}	0.45^{c}	0.09^{c}	0.05^{c}	77.3^{a}	24^{bc}
	B	16.35^{a}	0.54^{ab}	0.1^{ab}	0.063^{ab}	34.99^{cd}	23.75^{bc}
	C	16.5^{a}	0.36^{d}	0.07^{d}	0.04^{d}	43.56^{bc}	26.25^{b}
	D	16.25^{a}	0.48^{bc}	0.09^{bc}	0.05^{bc}	25.01^{e}	23.25^{bc}
LSD (5%)		0.37	0.05	0.01	0.006	8.78	3.37

* تفاوت حروف در هرستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

* The difference in the letters in column shows a significant difference based on the Duncan test at 5% probability level.

A: (۱/۳ قبل از کاشت، ۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن)، B: (۱/۲ قبل ازکاشت، ۱/۲ چهاربرگی)، C: (۱/۲ چهاربرگی، ۱/۲ ساقه رفتن)، D: (۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن، ۱/۳ گل‌دهی)

A: 1/3 before planting, 1/3 four leaf, B: 1/2 before planting, 1/2 four leaf, C: 1/2 four leaf, 1/2 stem longation, D: 1/3 four leaf, 1/3 stem longation, 1/3 Flowering

همچنین در مرحله ساقه‌دهی گیاه دارای حداکثر قدرت جذب مواد غذایی برای انجام فتوسنتز، ذخیره مواد غذایی، انتقال و توزیع مواد غذایی ساخته شده به سایر قسمت‌های گیاه می‌باشد (Heidari Sharif Abadi, 2012). بنابرین ارتفاع بیش‌تر ساقه در تیمار (یک‌دوم مرحله چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) را می‌توان به استفاده از تقسیط بیش‌تر نیتروژن در مراحل رشد سریع رویشی نسبت داد. نیتروژن با افزایش شاخص سطح برگ و رشد رویشی موجب افزایش در تولید ماده خشک می‌شود و بنابراین، پتانسیل گیاه برای تولید بوته‌های بزرگ‌تر با ارتفاع بیش‌تر افزایش می‌یابد (Pouryosef et al., 2010).

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که جهت کشت برای قطر ساقه معنی‌دار (پنج درصد) شد و اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن برای قطر ساقه بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد. امّا تقسیط کود نیتروژن برای قطر ساقه معنی‌دار نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین قطر ساقه (۲۴/۱۶ میلی‌متر) در جهت کشت شمالی- جنوبی به‌دست آمد. تقسیط کود نیتروزن برای این صفت معنی‌دار نشد، امّا از لحاظ آماری بیش‌ترین قطر ساقه (۲۳/۹۸ میلی‌متر) مربوط به کاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) می‌باشد (جدول ۶). اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین قطر ساقه (۲۶/۰۷ میلی‌متر) در جهت کشت شمالی- جنوبی و از کاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی و یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن و یک‌سوم مرحله گل‌دهی) به‌دست آمد (جدول ۷). تقسیط کود نیتروژن در این سه مرحله تقریباً هم‌زمان با دوران رشد سریع رویشی (مرحله چهاربرگی، مرحله ساقه‌رفتن) و زایشی (گل‌دهی) گیاه می‌باشد و گیاه مواد غذایی کافی برای توسعه اندام‌های هوایی خود را در اختیار دارد. گیاهانی که از قطر ساقه بیش‌تری برخوردار هستند، قادر به تأمین تعداد واحد زایشی (غوزه) بیش‌تر بوده و ماده خشک بیش‌تری نیز به این واحدها تخصیص می‌دهند (MohammadpourVashuai et al., 2017). در جهت کشت شمالی- جنوبی بوته‌ها از عوامل محیطی مثل نور و عناصر غذایی، به‌صورت کامل و مناسب‌تری استفاده می‌کنند، بهبود شرایط تغذیه‌ای و افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌تواند در افزایش شاخص‌های رشدی از قبیل قطر ساقه مؤثر باشد (Melkotti, 2006).

تعداد شاخه جانبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تقسیط کود نیتروژن برای تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نشد. امّا جهت کشت از نظر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار و اثر متقابل جهات کشت و تقسیط کود نیتروژن معنی‌دار (پنج درصد) شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که اثر ساده تقسیط کود نیتروژن برای تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نشد، امّا از لحاظ آماری بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی (۴/۶ عدد) مربوط به کاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی و یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن و یک‌سوم مرحله گل‌دهی) می‌باشد. بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی (۵/۰۲ عدد) برای جهت کشت شرقی- غربی حاصل شد (جدول ۶). اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی (۶/۴ عدد) در جهت کشت شرقی- غربی و از کاربرد تیمار (یک‌دوم قبل ازکاشت، یک‌دوم زمان چهاربرگی) به‌دست آمد (جدول ۷). فواصل مناسب بین ردیف‌های کاشت و بین بوته‌های روی ردیف کاشت تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته می‌باشد (Gardner et al., 1985). به‌دلیل این‌که رقابت درون‌گونه‌ای در مرحله تشکیل شاخه فرعی کم می‌شود و با کاهش رقابت امکان رشد بیش‌تری برای بوته‌ها فراهم شده، بوته‌ها با افزایش تولید شاخه‌های فرعی در فضای بیش‌تری گسترش می‌یابند (Torabi Jefrodi et al., 2005). مصرف نیتروژن در ابتدا گل‌دهی منجر به تحریک گیاه در جهت افزایش تولید شاخه‌های فرعی و افزایش عملکرد در گیاه می‌شود (Seyyed Sharifi et al., 2014). نتایج حاصل با نتایج وزیری (Wazirie, 2017) مطابقت داشت وی گزارش کرد، بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی در جهت شرقی– غربی و از تیمار ۷۵ درصد لوبیا به‌علاوه ۲۵ درصد آفتابگردان در سیستم کشت مخلوط به‌دست آمد.

تعداد غوزه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، جهت کشت برای تعداد غوزه معنی‌دار (پنج درصد) شد. تقسیط کود نیتروژن و اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن برای تعداد غوزه بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین تعداد غوزه (۲۶/۱۲ عدد) در جهت کشت شمالی- جنوبی حاصل شد (جدول

۶). در بررسی اثر تقسیط نیتروژن بیش‌ترین تعداد غوزه (۲۶/۸ عدد) از کاربرد تیمار (یک‌دوم زمان چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد (جدول ۶). اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین تعداد غوزه (۳۴/۰ عدد) در جهت کشت شمالی- جنوبی و از کاربرد تیمار (یک‌دوم زمان چهاربرگی، یک‌دوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد (جدول ۷). هرچه تغذیه بهتر باشد سایه‌انداز گیاه افزایش می‌یابد که قادر است مخزن زایشی بزرگ‌تری را نیز تغذیه نماید و به‌میزان کافی ماده خشک به آن اختصاص دهد، در نتیجه تعداد غوزه در بوته افزایش می‌یابد (Mohammadpour Vashvaei et al., 2017). برای تولید در مرحله زایشی گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و زمینه سازی تولید اندام‌های مختلف زایشی از جمله میوه، دانه و گل دارد، وجود نیتروژن کافی باعث افزایش جذب قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل باعث افزایش تعداد گلچه‌های بارور و عملکرد مؤثر می‌باشد (Oyewole & Mera, 2010). نتایج حاصل با نتایج لوساک و ریچر و پنبه کار و همکاران (Panbhekar et al 2015 ;Losak & Richter, 2004) مطابقت داشت. مدنی فرد و همکاران (Madanifard et al., 2015) بیان کردند، بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته لوبیا از جهت کشت شمالی- جنوبی به‌دست آمد. در بررسی که روی گندم انجام گرفت، نتایج نشان داد که تقسیط کود نیتروژن باعث افزایش تولید تعداد سنبله بارور در گیاه گندم می‌شود (Barzin et al., 2017).

وزن تر کاسبرگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تقسیط نیتروژن و اثر متقابل جهت کشت و تقسیط کود نیتروژن برای وزن تر کاسبرگ بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد. امّا جهت کشت برای وزن تر کاسبرگ معنی‌دار نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن تر کاسبرگ (۳۹۵/۵۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) می‌باشد (جدول ۶). اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین وزن تر کاسبرگ (۴۷۵ کیلوگرم در هکتار) از کاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) حاصل شد (جدول ۷). اگرچه ویژگی‌های رشد سیستم ریشه ژنتیکی است ولی می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار گیرد (Russel, 1977). شاید بتوان افزایش وزن تر کاسبرگ‌ها را ناشی از افزایش محتوای آب نسبی میوه در اثر جذب آب بیش‌تر توسط ریشه‌ها نیز دانست. فراهمی عناصر غذایی موجب تحریک رشد گیاه و افزایش اجزای عملکرد (تعداد کاسه گل و وزن تر رویشی) و به تبع آن افزایش عملکرد کاسبرگ‌ها گردیده است (Mohammadpour Vushuai et al., 2017).

در بررسی اثرات زمان کوددهی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام هیبرید آفتاب‌گردان در منطقه ساوه نتایج نشان داد بیش‌ترین عملکرد مربوط به تیمارکوددهی در زمان ساقه‌دهی می‌باشد، احتمالاً علت افزایش عملکرد در زمان ساقه‌دهی را می‌توان به وجود مواد غذایی کافی جهت رشد اولیه دانست (Mosavi Jahromi & Moahdasi, 2010). گیاهانی که رشد رویشی خوبی را پشت سر گذاشته باشند، گل‌های بیش‌تری تولید می‌کنند و منجر به افزایش عملکرد می‌شوند (Behdani, 2011). نتایج آزمایشی نشان داده است که بیش‌ترین عملکرد دانه گیاه دارویی خردل با مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تقسیط یک‌سوم مرحله چهار تا شش‌برگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌دهی، یک‌سوم مرحله غنچه‌دهی به‌دست آمد (Shirani Rad et al., 2010).

عملکرد کاسبرگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که جهت کشت، تقسیط نیتروژن و اثر متقابل جهت کشت و تقسیط نیتروژن برای عملکرد کاسبرگ بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین عملکرد کاسبرگ (۶۴۶ کیلوگرم در هکتار) برای جهت کشت شمالی– جنوبی حاصل شد. در بررسی اثر تقسیط کود نیتروژن بیش‌ترین عملکرد کاسبرگ (۶۴۴ کیلوگرم در هکتار) برای تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) به‌دست آمد (جدول ۶). نتایج نشان داد که اثر متقابل جهت کشت شمالی-جنوبی و تقسیط نیتروژن به‌صورت یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی بیش‌ترین افزایش عملکرد کاسبرگ (۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد (جدول ۷). برای دستیابی حداکثر عملکرد ممکنه لازم است گیاه زراعی با حداکثر کارایی ممکن از عوامل تولید یعنی آب، عناصر غذایی، نور و دی‌اکسیدکربن استفاده نماید (Behdani, 2011). در شوروی سابق عملکرد گندم بهاره در ردیف‌های کاشت شمالی- جنوبی (۳۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بیش‌تر از ردیف‌های شرقی-

غربی گزارش شده است، فرض شده است که در ردیف‌های شمالی– جنوبی از نور و رطوبت به‌طور کامل‌تری استفاده می‌شود (Koocheki & Soltani, 1998). در گیاهان رشد نامحدود (ساقه گیاه به‌مرور طی چند مرحله به گل می‌رود) ریشه توانایی بیش‌تری برای جذب مواد غذایی در زمان گل‌دهی دارد (Khajepour, 2014). مصرف نیتروژن در ابتدای گل‌دهی منجر به تحریک گیاه در جهت افزایش تولید شاخه‌های فرعی در گیاه شده و از طریق افزایش سطح فتوسنتزی و تولید آسیمیلات‌ها سبب می‌شود تعداد بیش‌تری از گل‌ها به میوه تبدیل شوند (Zangani, 2001). در آزمایشی که در دره زرد چین انجام گرفت گزارش شد با کاربرد ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت تقسیط چند مرحله‌ای بیش‌ترین عملکرد وش پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به‌دست آمد (Pengcheng et al., 2017). در آزمایشی که روی گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) علوفه‌ای انجام گرفت نتایج نشان داد که تقسیط کود نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم باعث ایجاد یک روند افزایشی در میزان ماده خشک تجمعی به‌ازای افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی شده است (Beheshti & Seyyed Kaboli, 2017). برای عملکرد بالای کاسبرگ باید رشد رویشی یا زایشی در گیاه متعادل و کاسه‌های گل مراحل رشدی خود را به‌طور کامل طی کرده و بزرگ شوند، این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر) تعادل برقرار باشد (Mohammadpour Vushuai et al., 2017). باتوجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد، کاربرد به‌موقع نیتروژن در مراحل رشدی گیاه به جذب بیش‌تر فسفر توسط گیاه کمک می‌کند و سبب افزایش عملکرد می‌شود (Olivera et al., 2002). با توجه به اینکه در جهت شمالی– جنوبی نور فعال فتوسنتزی بیش‌تری جذب شده و رطوبت بیش‌تری توسط گیاه استفاده شده، با افزایش میزان جذب نور میزان فتوسنتز نیز افزایش یافته و از طرفی با تقسیط بهینه کود نیتروژن در مراحل رشد سریع رویشی (چهاربرگی و ساقه رفتن) و زایشی (گل‌دهی) باعث بهبود تغذیه گیاه شده که سبب افزایش صفات مورفولوژیکی نظیر وزن تر و خشک کاسبرگ می‌شود.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، جهت کشت برای عملکرد بیولوژیک معنی‌داری نشد امّا تقسیط نیتروژن برای عملکرد بیولوژیک معنی‌دار (پنج درصد) شد. اثر متقابل جهت کشت و تقسیط نیتروژن برای عملکرد بیولوژیک بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۹۶۴ کیلوگرم در هکتار) برای تقسیط نیتروژن از کاربرد تیمار (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد که با مقدار (۹۳۵۲ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیک که از کاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) به‌دست آمده تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارد (جدول ۶). اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۱۳۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) در جهت کشت شمالی– جنوبی از کاربرد تیمار (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن) به‌دست آمد (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود نیتروژن هم‌زمان با رشد رویشی گیاه (چهاربرگی و مرحله ساقه رفتن) بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک را در بر دارد که این زمان تقریباً معادل با دوران رشد سریع رویشی گیاه می‌باشد و گیاه مواد غذایی کافی برای توسعه اندام‌های هوایی خود را در اختیار دارد، به‌دلیل افزایش کارایی مصرف نیتروژن توسط گیاه باعث تولید شاخص سطح برگ بالاتری می‌شود که در نتیجه آن، از نور فعال فتوسنتزی بهره بیش‌تری می‌برد، از طرفی افزایش جذب مواد غذایی مانند نیتروژن با افزایش فرآیند فتوسنتز همراه است که منجر به افزایش رشد رویشی اندام هوایی گیاه (ساقه و برگ) می‌گردد. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر می‌باشد (Al-Harbi &Wahb-Allah, 2006). افزودن کودهای نیتروژنه به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به آب و عناصر معدنی و در نهایت رشد رویشی را فراهم آورده است (Oyewole & Mera, 2010).

شاخص برداشت گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، جهت کشت برای شاخص

برداشت معنی‌دار (پنج درصد) شد. تقسیط نیتروژن و اثر متقابل جهت کشت و تقسیط نیتروژن برای شاخص برداشت بسیار معنی‌دار (یک درصد) شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان دادکه بیش‌ترین شاخص برداشت (۶/۱۳ کیلوگرم در هکتار) برای جهت کشت شمالی– جنوبی حاصل شد. در بررسی اثر تقسیط نیتروژن بیش‌ترین شاخص برداشت (۶/۹۳ کیلوگرم در هکتار) ازکاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) به‌دست آمد (جدول ۶). اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین شاخص برداشت (۸/۱۵ کیلوگرم در هکتار) در جهت کشت شمالی– جنوبی و از کاربرد تیمار (یک‌سوم زمان چهاربرگی، یک‌سوم مرحله ساقه‌رفتن، یک‌سوم مرحله گل‌دهی) به‌دست آمد (جدول ۷). در بررسی اثر مصرف تقسیطی نیتروژن در پنبه با کاربرد نیتروژن در مراحل قبل از کشت، گل‌دهی و اوج گل‌دهی نتیجه گرفتند که کاربرد بیش‌تر نیتروژن در مرحله گل‌دهی منجر به افزایش عملکرد، شاخص برداشت و زیست‌توده پنبه می‌شود (Yang et al., 2011). در زمان رشد رویشی سریع، رشد اندام های هوایی از جمله شاخص سطح برگ در حداکثر مقدار خود قرار می گیرد، اضافه کردن کود در زمان گل‌دهی نیز باعث می‌شود، توزیع مواد غذایی به‌خوبی صورت گیرد و رقابت برای مواد غذایی کاهش یابد (Emam & Seghat Alslami, 2005.). به نظر می‌رسد استفاده بهینه کود نیتروژن در زمان‌های حساس (چهاربرگی)، اوج رشد رویشی (ساقه رفتن) و زایشی (گل‌دهی) گیاه و هم‌چنین با جذب نور بیش‌تر در جهت شمالی– جنوبی باعث افزایش فتوسنتز و تولید شیره پرورده بیش‌تر گردیده است که منجر به افزایش زیست‌توده گیاه و نهایتاً افزایش شاخص برداشت در جهت شمالی– جنوبی شده است.

ضریب همبستگی

اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های زراعی و به‌نژادی، برای افزایش عملکرد اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک‌طرفه صفات بدون در نظر گرفتن صفات دیگر، نتایج مطلوبی در بر نخواهد داشت (MohammadpourVushuai et al., 2017). نتایج حاصل از ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیکی و اکولوژیکی به‌ترتیب در جدول ۸ نشان داده شده است. بیش‌ترین همبستگی (۰/۹۶)، (۰/۹۱) به‌ترتیب بین تعداد غوزه (تعداد کاسه گل) با عملکرد کاسبرگ و بین قطر ساقه با عملکرد کاسبرگ وجود داشت که مثبت، و بسیار معنی‌دار بود، و بعد از آن بیش‌ترین همبستگی (۰/۸۵-) بین عملکرد بیولوژیک و ماده آلی خاک (پس از برداشت گیاه) وجود داشت که منفی، بسیار قوی و بسیار معنی‌دار بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر جهت کاشت و نیتروژن صفات مورفولوژیکی گیاه چای ترش

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for planting direction and nitrogen fertilizer effects morphological characteristic of roselle

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع ساقه Stem height	وزن تر کاسبرگ Fresh sepal weight	قطر ساقه Stem diameter	شاخه جانبی Lateral branches	تعداد غوزه Number of boll	عملکرد کاسبرگ خشک Dry sepal yield	عملکردبیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	25.72 ns	2107.78ns	0.21 ns	0.45ns	10.67ns	15128 ns	37874.7 ns	2.05*
جهت کاشت Planting direction (D)	1	1790.55**	937.50ns	31.78*	12.18 *	200.10*	173400**	15079690.7 ns	4.38 *
خطای اصلی Main error	2	17.95	2322.59	0.50	0.38	4.32	1256	891810.7	0.10
نیتروژن Nitrogen (N)	3	81.07*	32127.62**	3.39 ns	0.27 ns	151.75 **	71960**	6384661.3 *	4.88**
N×D	3	264.17**	45349.25**	21.34**	6.33**	129.16**	86232**	50912373.3 **	3.33*
خطای فرعی Sub error	12	21.52	1749.68	1.52	0.17	4.55	4810.66	1528544	0.79
ضریب تغییرات C.V(%)	–	2.50	12.40	5.36	9.7	9.18	12.36	12.36	15.60

* و ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

* and ** and ns are significant at 5 and 1 percent probability levels and non significant, respectively.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر جهت کاشت و کود نیتروژن صفات مورفولوژیکی گیاه چای ترش

Table 6- Mean comparisons for the effect of planting direction and nitrogen fertilizer on morphological characteristic of roselle

تیمار Tretmeant								
جهت کاشت Planting direction	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	وزن تر کاسبرگ Fresh sepal weight ($kg.ha^{-1}$)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	شاخه جانبی Lateral branch	تعداد غوزه Number of boll	عملکردکاسبرگ خشک Dry sepal yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index
شرقی- غربی East-West	176.6^{b*}	330.88 ^{a}	21.86^{b}	5.02^{a}	20.35^{b}	476^{b}	9208.7^{a}	5.28^{b}
شمالی- جنوبی North-South	193.87 ^{a}	343.38 ^{a}	24.16^{a}	3.60^{b}	26.12 ^{a}	646^{a}	10794^{a}	6.13^{a}
LSD٪5	7.44	84.65	1.25	1.09	3.65	62.25	1659	0.56
تقسیط نیتروژن Nitrogen split								
A	180.4^{b}	366.75 ^{a}	22.65^{ab}	4.35^{a}	25.6^{a}	608^{a}	10964^{a}	5.68^{b}
B	184.95^{ab}	230.25 ^{b}	22.24^{b}	4.15^{a}	15.8^{b}	400^{b}	8897.3^{b}	4.77^{b}
C	189.2^{a}	356.00 ^{a}	23.18^{ab}	4.15^{a}	26.8^{a}	592^{a}	10792^{a}	5.44^{b}
D	186.4^{ab}	395.50 ^{a}	23.98^{a}	4.6^{a}	24.75^{a}	644^{a}	9352^{ab}	6.93^{a}
LSD٪5	5.83	52.62	1.55	0.52	2.68	87.25	1555	1.12

* تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

* The difference the letters in column shows a significant difference based on the Duncan test at 5% probability level.

A: (۱/۳ قبل ازکاشت، ۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن)، B: (۱/۲ قبل ازکاشت، ۱/۲ چهاربرگی)،C: (۱/۲ چهاربرگی، ۱/۲ ساقه رفتن)، D: (۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن، ۱/۳گل‌دهی)

A: 1/3 before planting, 1/3 four leaf, B: 1/2 before planting, 1/2 four leaf, C: 1/2 four leaf, 1/2 stem longation, D: 1/3 four leaf, 1/3 stem longation, 1/3 Flowering

(جزء اول) تعداد کاسه گل نمودی از ظرفیت مخـزن گیـاه بـــرای ذخیره مواد پرورده و جزء دوم (قطر ساقه) نشـان‌دهنده ظرفیـــت منبع برای تولید مواد پرورده می‌باشد، گیاهانی که از قطر سـاقه بـیش‌تـری برخوردار هستند قادر به تأمین تعداد واحد زایشی بیش‌تر بـوده. گیاهی کـــه ارتفـــاع بوتـــه، تعـــداد برگ و قطـر سـاقه (اندام‌های رویشی) بـــیش‌تـــری دارد بالطبع گیرنده‌های نوری زیادتری خواهد داشت و طبیعتاً میزان فتوسنتز بـــالاتری خواهـــد داشت. اندام‌های رویشی در حقیقت نماینده تعداد واحدهای فیتومتریـــــــک و فتوسنتزکننده گیاه است، لذا به‌عنوان جـزء اولیـــه عملکـــرد مطـــرح گردیده است. تعداد کاسه گل بـیش‌تـرین سهم را در توجیه تغییـــرات عملکرد اقتصـادی کاسبرگ‌ها دارد و مهم‌تـرین جـزء تعیـین‌کننـده عملکـرد کاسبرگ‌ها در چای تـــرش هسـت، زیرا پتانسیل و توانایی چای ترش در تشکیل جوانه‌های گل و کاسه گل بسیار بالاست، امّا دست‌یابی به این پتانسیل به شرایط داخلی گیاه و خصوصاً شرایط محیطی بسـتگی دارد (Sarmadnia & Koocheki, 1991). در این مطالعه بـین عملکـرد بیولوژیک که نماینده رشد رویشی گیـاه است و ماده آلی خاک رابطـه دو جانبه معکوس و بسیار معنـی‌دار (۰/۸۵-) وجـود دارد، طبیعتـاً گیاه برای رسیدن به حداکثر رشد رویشی (بـــرای تولیـد مـــواد پـــرورده بیش‌تر) باید عناصر غذایی که در خاک وجود دارد مصرف نماید، تا به بهترین عملکرد دست یابد. بنابراین، برای افزایش عملکرد بیولوژیـک، ماده آلی بیش‌تری از خاک به مصرف گیاه می‌رسد و مقدار مـاده آلـی خاک پس از برداشت گیـاه کـاهش مـی‌یابـد (Nassiri Mahallati, 2015).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و جهت کاشت بر صفات مورفولوژیکی گیاه چای ترش

Table 7- Mean comparisons for interaction effect of nitrogen and planting direction on morphological characteristic of roselle

جهت کاشت Planting direction	کود Fertilizer	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	وزن تر کاسبرگ Fresh sepal weight (kg.ha^{-1})	قطر ساقه Stem diameter (mm)	شاخه جانبی Lateral branch	تعداد غوزه Number of boll	عملکرد کاسبرگ خشک Dry sepal yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index
شرقی- غربی East-West	A	179.8^{cd*}	340. 50^{bc}	21.46^{cd}	4.6^{b}	21.6^{c}	50^{4b}	8144^{c}	6.19^{b}
	B	179.1^{cd}	271.00^{cd}	23.73^{abc}	6.4^{a}	19.5^{c}	488^{b}	12179^{ab}	4.004^{c}
	C	175.9^{cd}	237.00^{de}	20.36^{d}	4.4^{b}	19.6^{c}	408^{bc}	7824 ^{c}	5.21^{bc}
	D	171.6^{d}	475.00^{a}	21.90^{bcd}	4.7^{b}	20.7^{c}	50^{4b}	8688^{c}	5.71^{bc}
شمالی– جنوبی North-South	A	181.0^{c}	393.00^{b}	23.84^{ab}	4.1^{b}	29.6^{b}	712^{a}	13784^{a}	5.17^{bc}
	B	190.8^{b}	189.50^{e}	20.74^{d}	1.9^{c}	12.1^{d}	312^{c}	5616^{d}	5.54^{bc}
	C	202.5^{a}	475.00^{a}	26.007^{a}	3.9^{b}	34.0^{a}	776^{a}	13760^{a}	5.67^{bc}
	D	201.2^{a}	316.00^{bc}	26.07^{a}	4.5^{b}	28.8^{b}	784^{a}	10016^{bc}	8.15^{a}
LSD%5		8.25	74.41	2.19	0.74	3.79	123.4	2199	1.58

* تفاوت حروف در هرستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

* The difference in the letters in column shows a significant difference based on the Duncan test at 5% probability level.

A: (۱/۳ قبل ازکاشت، ۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن)، B: (۱/۲ قبل ازکاشت، ۱/۲ چهاربرگی)،C: (۱/۲ چهاربرگی، ۱/۲ ساقه رفتن)، D: (۱/۳ چهاربرگی، ۱/۳ ساقه رفتن، ۱/۳گل‌دهی)

A: 1/3 before planting, 1/3 four leaf, B: 1/2 before planting, 1/2 four leaf, C: 1/2 four leaf, 1/2 stem longation, D: 1/3 four leaf, 1/3 stem longation, 1/3 Flowerin

جدول ۸- ضریب همبستگی بین صفات مورفولوژیکی و اکولوژیکی گیاه چای ترش و خصوصیات خاک

Table 8- Corelation between of morphological characteristic and ecological of roselle and soil criteria

	تعداد غوزه Number of boll	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد کاسبرگ خشک Dry sepal yield	عملکرد بیولویک Biological yield	ماده آلی خاک Soil organic matter	دمای خاک Soil temperature
تعداد غوزه Number of boll	1					
قطر ساقه Stem diameter	0.84*	1				
عملکرد کاسبرگ خشک Dry sepal yield	0.96**	0.91**	1			
عملکرد بیولویک Biological yield	0.81*	0.76*	0.77*	1		
ماده آلی خاک Soil organic matter	- 0.54^{ns}	-0.74*	- 0.55^{ns}	-0.85**	1	
دمای خاک Soil temperature	0.76*	0.47^{ns}	0.63^{ns}	0.80*	-0.49^{ns}	1

* و ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

* and ** and ns are significant at 5 and 1 percent probability levels and non significant, respectively.

نتیجه‌گیری

بـا توجه به نتایج حاصله از این تحقیق مشاهده شد کـــه جهـت کشت شمالی– جنوبی با بهره‌گیری بهتر از عوامل اکولـوژیکی موجب بهبـود رشـد و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ ها در گیـاه دارویی چای‌ترش شد، هم‌چنین بـا مدیریت کود نیتروژن به‌طـوری‌که فراهمی نیتروژن خاک انطباق بیش‌تری با مراحل حسـاس و اوج نیـاز چای ترش داشته باشد، می‌توان با مصرف تقسیطی با هـدف افـزایش کارایی کـود نیتـروژن، در راستای افـزایش رشد و عملکرد گیاه چـای ترش بهره برد. در میان تیمارهـای تقسیط کود نیتروژن، کاربرد تیمـار (یک‌سوم زمان چهاربرگی و یک‌سوم مرحله ساقه رفـتن و یـک‌سـوم مرحله گل‌دهی) که هم‌زمان با مراحل حساس رویشی و زایشـی گیـاه می‌باشـد پیشـنهاد مـی‌شـود. بنابراین مصـرف کودهـــای شـــیمیایی بـه‌صـورت تقسـیط ضـــمن کاهش مصـــرف و افـــزایش کـــارایی کودهـای شـیمیایی در راستای نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیسـت توصیه مـی‌گردد.

References

Aghjeali, A.A., Nakhzarymoghadam, A., Razmi Karizaki, A., and Gholamalli Pour Almodari, A., 2017. The effect Nitrogen Split and supplemental irrigation on grain yield, Protein, measure Proline Green Gram (*Vigna radiate* L.). Conference International Agriculture, Environment and Natural Resources, In the third Hazare, 1 May 2017, p. 91-96.

Al-Harbi, A.R., and Wahb-Allah, M.A., 2006. Effect of biofertilization under different nitrogen levels on growth, yield and quality of summer squash. Journal of the Saudi Society for Agricultural Sciences 5(1): 42-54.

Arshadi, M.J., Khazaee, H.R., Nassiri Mahallati, M., and Aghlee, S.O., 2010.The effects of some important agronomic traits in potato yield *(Solanum tuberosum* L.) and the ability to determine the time required potato crop to nitrogen fertilizer using chlorophyll meter. Journal of Agroecology (2)1: 119-128. (In Persian with English Summary)

Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T., 2006. Radiation interception and use by maize peanut intercrop canopy. Agricultural for Meteorology 139(1): 74–83.

Barzin, A., Gholizdeh, A.A, Biabani, A., and Naeemi, A., 2017. Effect of bio- fertilizer and nitrogen split on performance and yield components of wheat cultivar Karim in dryland conditions. Fourth Scientific Research Conference on the Development and Promotion of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran. 1st May 2017, p. 80-87.

Behdani, M.A., 2011. Principles of Cultivation, Publication of AYJ, Iran. (In Persian with English Summary)

Beheshti, A.R., and Seyyed Kaboli, E., 2017. The influence of distribution nitrogen fertilizer management on absorbed and radiation use efficiency in forage sorghum *(Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agroecology 9(3): 848-861. (In Persian with English Summary)

Bantilan, R.T., Palada, M., and Harwood, R.R., 1976. Integrated weed management, I. Key factors offecting weed/crop balance. Philippine Weed Science, Bulletin 1: 1-14.

Carretero, R., Serrago, R.A., Bancal, M.O., Perello, A.E., and Miralles, D.J., 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crops Research 116: 184-195.

Emam, Y., and Seghat Alslami, M.J., 2005. Yield of Agricultural Plants (Physiology and Processes). University of Shiraz Press, Iran. (In Persian)

Euroconsult, P., 1989. Agricultural compendium for rural development the tropics and subtrpics. Elsevier, Amsterdam. p. 82.

Fakhari, R., Tobeh, A., Khanzadeh, H., Gholipour, A.A., and Alebrahimi, M.T., 2014. Effect of Cover Crops and Nitrogen Fertilizer on Total Production of Forage Corn and Dry Weight of Weeds, Journal of Crop Ecophysiology 3(31): 285-300. (In Persian with English Summary)

Faraji, F., Esfahani, M., Kavoosi, M., Nahvi, M., and Rabiei, B., 2011. Effect of nitrogen fertilizer application on grain yield and milling recovery of rice (*Oryza sativa* cv. Khazar). Iranian Journal of Crop Sciences 13 (1): 61-77. (In Persian with English Summary)

Foladwand, M., and Badavi, A., 2015. Effect of planting density, nitrogen fertilizer amount and splitting and nitrogen efficiency on quality characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.*)* in competition with weeds. Iranian Journal of Field Crops Research 13(2): 358-368. (In Persian with English Summary)

Ganjali, H.M., Kamali Deljoo, A., Azizian Shermeh, O., and Lakizahi, M., 2017. Growth and yield characteristics of

roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) affected by different rates of nitrogen, phosphorus and potassium in Saravan, Iran. Agroecology Journal 13(1): 29-37. (In Persian with English Summary)

Gardner, F.P., Pearce R.B., and Mitchell, R.L., 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, p. 327.

Hasani, N.A., and Sinaki, J.M., 2011. Ability of different tree species in the reduction of mechanical stress of wind in the arid regions. Journal of Crop Science 4(6): 230-240. (In Persian with English Summary)

Heidari sharif abadi, H., 2012. Physiology of Crop yield (Interaction of genotype* Environment* Management). Astan Quds Razavi Publishing, Iran. (In Persian with English Summary)

Hodiani mehr, A., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Asgharipoor, M.R., 2017. Effects of tillage systems on changes of soil nutrients, yield and land equivalent ratio in roselle– green gram intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 15(2): 311-322. (In Persian with English Summary)

Khaje Pour, M.R., 2014. Principles of agriculture (Third Edition) Academic Jihad (Isfahan University of Sanati) Publications, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., and Soltani, A., 1998. Agricultural in Dry Lands Principles and Practic, Agricultural Education publication, Iran. (In Persian)

Li, S., Wang, Z., Miao, Y., and Li, S., 2014. Soil organic nitrogen and its contribution to crop production. Journal Integr Agricultural 13: 2061-2080.

Losak, T., and Richter, R., 2004. Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum L.*) nutrition. Plant Soil and Environment 50(11): 484-488.

Madanifard, A., Nakhzari Moghaddam, A., Biabani, A., and Razmi karizaki, A., 2015. Study on effect of planting orientation and direction on yield and yield components of bean green seeds. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 2(1): 31-37 (In Persian with English Summary)

Margesi, S., Kagashe, G., and Dhokia, D., 2013. Determination of iron contents in Hibsicus sabdariffa calyces and Kigelia Africana fruit. Journal Bioscience (SAJB) 1(4): 108-111.

Melkotti, M.J., 2006. Sustainable agriculture. Sina Publications, Iran. (In Persian)

Melkotti, M.J., and Homahi, M., 2004. Fertility of soils in arid and semi arid regions, Second edition, Tarbiat Modares University Press Tehran, Iran. (In Persian)

Mirzadeh, H., Nakhzari moghaddam, H., Biabani, A., Razmi karizaki, A., and Fallah, H.A., 2015. Effect Study of ecological indicators of ecosystem wheat crop. Journal of Biological Conservation of Herbs 3(7): 354-360. (In Persian with English Summary)

Mirzashahi, K., and Bazargan, K., 2015. Ministry of Agriculture Jihad, Agricultural Research and Training Organization, Technical Journal No. 535. (In Persian)

Mohammadpour Vashvaei, R., Ghanbari, A., and Fakheri, B.A., 2017. Effect of bio-fertilizers in combination with different rates of chemical fertilizers on the growth characters and sepals yield of roselle *(Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology 9(2): 276-295. (In Persian with English Summary)

Mokhele, B., Zhan, X., Yang, G., and Zhang, X., 2012. Review: Nitrogen assimilation in crop plants and its affecting factors. Canadian Journal of Plant Scienc 92: 399-405.

Mosavi Jahromi, A., and Moahdasi, M.S., 2010. Evaluation the Effect of Nitrogen Fertilization Time on Yield and Yield Components of Sunflower Hybrid Cultivars in Saveh Area. Quarterly Journal of Science of Plant Growth 7(5):1-5.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani, P., and Beheshti, A., 2015. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Publisher, Mashhad, Iran. (In Persian)

Olivera, M., Iribane C., and Liuck, C., 2002. Effect of phosphorus on nodulacion and N_2 fixation by bean *(Phaseolus vulgaris* L.*)* proceedings of the 15th International Meeting on Microbia Phosphate Solubilization. 16-19 July, Salamanca, Spain.

Oyewole, C.L., and Mera, M., 2010. Response of roselle *(Hibiscus sabdariffa* L.*)* to rates of nitrogen and farmyard fertilizer in the Sudan savanna ecological zone of Nigeria. African Journal of Agricultural Research 5(17): 2305-2309.

Panbhekar, N.A., Dastan, S., Yadi, R., and Shahidifar, A.A., 2015. Effect of nitrogen spliting and distance on row on yield and yield components of Broad bean (*Vicia faba* L.) Barcat cultivar. Journal of Agricultural Research 6(4): 223-229. (In Persian with English Summary)

Pengcheng, L., Helin, D., Aizhong, L., Jingran, L., Miao, L., Yabing, L., Shaodong, L., Xinhua, Z., and Shuchun, M., 2017. Effects of nitrogen rate and split application ratio on nitrogen use and soil nitrogen balance in cotton field. Elsevier, China 27(4): 769-777.

Polychronaki, E., Douma C., Giourga C., and Loumou A., 2012. Assessing nitrogen fertilization strategies in winter wheat and cotton crops in northern Greece, Pedosphere 22(5): 689-697.

Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M.R., Rahimi, A., and Tavakoli A., 2010. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of isabgol *(plantago ovata forsk)*. Electronic Journal of crop production 13: 543-593. (In Persian with English Summary)

Qranjik, A., and Galeshi, S., 2001. Effect of nitrogen spray on yield and yield component of wheat. Agriculture and Natural Resource Journal 8 (2): 87-98. (In Persian with English Summary)

Rejaei1, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Keshtegar, B., 2018. The effect of planting pattern and vermicompost on the changes in soil nutrients and use of environmental resources in intercropping of Corn *(Zea mays* L.*)*, Peanut *(Arachis hypogaea* L.) and Borage *(Borago officinalis* L.). Journal of Agroecology 10(2): 547-564. (In Persian with English Summary)

Russel, R., 1977. Plant Root Systems (The Function and Interaction with the Soil). Marcel Dekter. USA.

Sarcheshmeh Pour, M., and Hadi Frapour, M., 2011. The role of microorganisms in reducing the effects of drought stress and increasing water use efficiency by the plant. Eleventh General Irrigation Seminar and Evaporation Reduction, pp. 20-26.

Sarmadnia, G., and Koocheki, A., 1991. Physiology of Crop Plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Seyyed Sharifi, R., Ghyasi, A., Khommari, S., and Barmaki M., 2014. Evaluation effect of the amount and timing of nitrogen fertilization on yield and nitrogen use efficiency (*Glycine max* L.). The National Conference of Agricultural Engineering and Management of Natural Resources, Sustainable Environment, pp.45-53. (In Persian with English summary)

Shirani Rad, A.H., Bigdley, M., and Ramezani, M., 2010. Effect of quantities and nitrogen split on quantitative and qualitative traits of mustard medicinal plant in summer planting. Quarterly Scientific Research of Crop Ecophysiology 2(4): 271-283. (In Persian with English summary)

Shruthi, V., Ramachandra, C., Daykumar, N., Sharanagouda, H., Nagaraj, N., and Kurubar, A., 2016. A review Roselle *(Hibiscus sabdariffa* l.) as a source of natural colour. Plant Archives (Karnataka), India. 16(2): 515-522.

Stansel, J.W., Bollich, C.N., Thysell, J.R., and Hall, V.L., 1965. The influence of light intensity and nitrogen fertility on rice yield and componenents yield. Rice Jurnal 68(4): 34-35.

Sing, R.P., Dauley, H.S., H.P., and Prasead, M.V.R., 1973. Drylads of Western Rajasthan need a new technology. Indian Farming 22(10): 13-15.

Torabi Jefrodi, A., Hasanzade, A., and Fayaz, A., 2005. Effect of planting arrangement and plant population on yield, yield components and some morphological characteristics of red bean *(Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Journal of Agricultural Science 36(3): 639-646. (In Persian with English Summary)

Walkly, A., and Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37(1): 29-38.

Wazirie, A., 2017. Evaluation of of the effect planting directions (North-South and East-West).

Sunflower *(Helianthus annus* L.) In mixed cultivation with local beans *(Phaseolus vulgaris* L.) Department of Agroecology, MSc. Thesis, University of Zabul, Iran. (In Persian with English Summary)

Yang G., Tang H., Nie Y., and Zhang X., 2011. Responses of cotton growth, yield, and biomass to nitrogen split application ratio. European Journal of Agronomy 35(3): 164-170.

Zangani, A., 2001. Evaluation effect of different nitrogen levels on the growth and yield and quality of grain in two varieties for autumn sowing in Ahvaz. M.Sc. Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1357-1374

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۳۷۴-۱۳۵۷

The Effect of Optimum Nitrogen Management and Planting Directions on Ecomorphological Characteristics, Yield and Yield Components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

F. Rigi[1], M. Dahmardeh[2*], I. Khammari[3] and R. Bagheri[4]

Submitted: 19-07-2018
Accepted: 25-09-2018

Rigi, F., Dahmardeh, M., Khammari, I. and Bagheri R. 2020. The effect of optimum nitrogen management and planting directions on ecomorphological characteristics, yield and yield components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology. 11 (4):1357-1374.

Introduction
Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a medicinal plant and belongs to the family Malvaceae, short day plant, self-pollination, one year old or a few years old in the warm and indigenous climate of Africa. The main objective in crop management is to maximize light gain by crop canopy. Nitrogen is the first element that has a shortage in arid and semi-arid regions. Considering that agriculture in the Sistan region is associated with unfavorable environmental factors such as water shortages and nutrients in the soil, and severe 120-day winds. The aim of this research was to investigate the planting direction for determining the most suitable planting direction, optimal use of chemical fertilizers and determining their best application time for the medicinal plant of Roselle under Sistan climate conditions.

Materials and Methods
A split plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Research Institute of Zabol University during growing season of 2016-2017. Treatments experiment included two levels of planting directions two levels (North-South, East-West) As the main plot and the split of nitrogen fertilizer from the source of urea in four levels (1/3 per planting, 1/3 four leaf stage, 1/3 stem elongation; 1/2 post planting, 1/2 four leaf stage; 1/2 four leaf stage, 1/2 stem elongation; 1/3 four leaf stage, 1/3 stem elongation, 1/3 Flowering stage) as a subsidiary agent. Ecological parameters such as light, temperature and soil moisture at the end of flowering stage and organic matter, nitrogen and soil carbon were measured after plant harvest. The morphological characteristics were measured at the end of the growth season at the end of the complete inspection of the Sepals. Data were averaged for each sample (measured for 5 samples), with variance and mean computation. The mean test was performed using a 5% mean field test and a knowledge Duncan multiple test. Statistical data analysis was performed using SAS software version 9.1.

Results and Discussion
The results showed that the effect of planting directions and split of nitrogen fertilizer on traits stem height, stem diameter, number of lateral branch, number of boll, economical yield, sepals dry weight, harvest index was significant. Except for the number of lateral branches, all morphological traits measured for north-south planting directions were the highest. The highest economical yield was 644 $kg.ha^{-1}$ the biological yield of 9352 $kg.ha^{-1}$and the harvest index of 6.39 $kg.ha^{-1}$were obtained from treatment (1/3 four leaf stage, 1/3 stem elongation, 1/3 flowering stage) The results of correlation coefficients between morphological and ecological traits showed that the highest correlation (0.96) (0.91) was found between the number of flower bowls with economic performance and between stem diameter and economic performance, which was positive and very significant. Thereafter, there was the highest correlation (-0.85) between biological yield and soil organic matter (after plant harvest), which was negative and very significant.

1, 2, 3 and 4- MSc Student, Horticultural Science ,Medicinal Plants, Associate Professor, Department of Agroecology, Assistant Professor Department of Agronomy and Research Instructor, Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zabul, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.74229

Conclusion

The results showed that planting directions north-south enjoying the better of ecological agents increase the yield and sepals been in medicinal plant Roselle, Also with nitrogen fertilizer management in such a way that soil nitrogen availability is more adapted to the sensitive times of the need for Roselle, It can be used with a nitrogen split application in order to increase the yield of Roselle, Application of treatment (1/3 four leaf stage, 1/3 stem elongation, 1/3 Flowering stage), which is simultaneously with the plant's sensitive vegetative and reproductive stages is recommended. Therefore, the use of chemical fertilizers as a split, while lead to reducing consumption and increasing the efficiency of chemical fertilizers in order to achieve sustainable agriculture and environmental protection is recommended.

Keywords: Sepals yield, Soil matter organic, Soil nitrogen, Soil temperature.