Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 48, No 3, Autumn 2017 (565-574)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.203180.979

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶ (ص ۵۷۴-۵۶۵)

همبستگی بین میزان و نسبت عنصرهای کانی میوه با رنگ‌گیری پوست میوهٔ سیب رقم 'رد دلیشز'

مهشید دریانی‌زاده[۱]، محمود قاسم‌نژاد[۲*] و عاطفه صبوری[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق دکتری، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/٤/۲۸)

چکیده

رنگ‌گیری ناقص پوست میوهٔ سیب می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش بازارپسندی رقم‌های قرمز باشد. در این پژوهش، همبستگی بین میزان آنتوسیانین کل و شاخص رنگ پوست میوه با میزان و نسبت عنصرهای کانی در بیست باغ سیب رقم 'رد دلیشز' بررسی شد. برای این منظور، از هر باغ سه گروه بیست‌تایی میوه با سه رنگ قرمز تند، متوسط و ضعیف در مرحلهٔ بلوغ تجاری برداشت شدند. شاخص رنگ پوست میوه مانند زاویهٔ هیو (°h)، روشنی (L*)، خلوص رنگ یا کروما (C)، قرمز- سبز (a*) و زرد- آبی (b*)، آنتوسیانین کل پوست و میزان N، P، K، Ca و Mg و نسبت بین عنصرهای میوه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد، بین آنتوسیانین کل با شاخص L*، h° ، b* و C همبستگی منفی معنی‌داری، اما با a* همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. همچنین، همبستگی منفی معنی‌داری بین میزان N میوه با آنتوسیانین و a* مشاهده شد، اما با L* و h° همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. یک همبستگی منفی بین Ca میوه با L* و بین Mg با آنتوسیانین مشاهده شد. همچنین، همبستگی مثبت معنی‌داری بین نسبت N+K:Ca با شاخص‌های L*، h° و b* وجود داشت، اما نسبت Mg:Ca همبستگی منفی معنی‌داری با میزان آنتوسیانین، a* و همبستگی مثبت معنی‌داری با L* و h° و b* داشت. بین نسبت N:Ca همبستگی منفی معنی‌داری با میزان آنتوسیانین کل و a* و همبستگی مثبت معنی‌داری با شاخص L*، h° و b* مشاهده شد. درمجموع نتایج نشان داد، افزون بر عامل‌های آب و هوایی، تغذیهٔ بهینهٔ درختان به‌ویژه نیتروژن و کلسیم می‌تواند در رنگ‌گیری میوهٔ سیب قرمز بسیار مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، عنصرهای کانی، ضریب همبستگی.

The correlation between fruit mineral nutrient content and apple fruit cv. Red Delicious peel pigmentation

Mahshid Dorianizadeh[1], Mahmood Ghasemnezhad[2*] and Atefeh Sabouri[3]
1, 2, 3. Former Ph.D. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran
(Received: Apr. 3, 2016- Accepted: Jul. 18, 2016)

ABSTRACT

Incomplete apple fruit skin pigmentation could be one of the main causes of decreasing marketability in red cultivars. In this study, the correlation between total anthocyanin and fruit skin color parameters with mineral nutrient content and ratios in 20 commercial apple orchards growing cv. red delicious was investigated. At each orchard, fruits were harvested at commercial maturity stage and categorized into three groups with 20 fruits, according to dark red, medium and light red color. Fruit peel colors parameters such as hue (°h), lightness (L*), chroma (C), green-red (a*), blue-yellow (b*) and total anthocyanin, and nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium contents and mineral nutrient ratios were measured. Results showed that there were a negative correlation between anthocyanin with L*, h°, b* and C* and a positive correlation with a*. Furthermore, a negative significant correlation was found between fruit nitrogen content with anthocyanin and a* and a positive significant correlation with L* and h°. A negative correlation was observed between fruit calcium content with L* and magnesium content with anthocyanin. Furthermore, a positive significant correlation was found between N+K/Ca with L*, h° and b*, but a negative correlation between Mg/Ca with total anthocyanin and a* and a positive significant correlation with L*, h° and b* value. There was a negative significant correlation between N/Ca with anthocyanin and a* and a positive correlation was observed with L*, h° and b* value. Overall, results showed besides climate condition, optimum tree fertilization especially nitrogen and calcium can be important on apple fruit cv. Red Delicious pigmentation.

Keywords: Anthocyanin, correlation coefficient, mineral elements.

* Corresponding author E-mail: Ghasemnezhad@Guilan.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف میوهٔ سیب به دلیل داشتن ترکیب‌های پاداکسنده (آنتی‌اکسیدانی) از جمله ترکیب‌های فنلی بالا افزایش یافته است (Violet *et al*., 2010). مصرف این ترکیب‌ها خطر ابتلا به سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت و بیماری‌های دیگر را کاهش می‌دهد. آنتوسیانین‌ها رنگیزه‌های قرمزرنگ در پوست میوهٔ سیب‌اند، که نه‌تنها در جذابیت ظاهری میوه اثر می‌گذارند، بلکه در ارزش غذایی میوه نیز دخالت دارند (Cheng Zhong, 2015). این رنگیزه منبع عمدهٔ پاداکسنده در میوه‌های سیب قرمز به شمار می‌روند (Boyer & Liu, 2004). میزان آنتوسیانین‌ها در پوست میوهٔ سیب از مهم‌ترین عامل‌های تعیین‌کنندهٔ کیفیت بازارپسندی به شمار می‌آید که در کنار قابلیت انبارمانی و دیگر ویژگی‌های کیفی، در تولید و تجارت این میوه اهمیت دارد (Tijskens *et al*., 2011; Telias *et al*., 2011). افزون بر این، رنگ پوست میوهٔ سیب خریداران به‌طور عمده میوه‌های سیب قرمزتر باکیفیت مطلوب‌تر را می‌پسندند. به‌طورکلی، میوه‌های سیب با رنگ قرمز یکنواخت و تیره‌تر به‌طورمعمول ویژگی‌های کیفی مطلوب‌تر و ضایعات انباری کمتری دارند. تولیدکنندگان نیز می‌دانند که میوه‌های با ظاهر و کیفیت بهتر توان رقابتی بیشتری در بازار داشته، بنابراین در جستجوی عملیات باغداری مناسبی هستند تا بتوانند رنگ میوه و کیفیت محصول تولیدشده را افزایش دهند.

تحقیقات زیادی درزمینهٔ افزایش کیفیت و بهبود رنگ میوهٔ سیب انجام شده است، ولی ازآنجاکه مسئلهٔ کیفیت میوه به‌ویژه رنگ‌گیری میوه فرآیند پیچیده‌ای است، نیازمند تحقیقات بیشتر است (Ritenour & Khemira, 2007). عامل بسیار مهم در چگونگی رنگ‌گیری و تولید آنتوسیانین در میوهٔ سیب، قرار گرفتن میوه‌ها در معرض نور خورشید است. اگرچه نور برای تولید آنتوسیانین لازم است، اینکه به چه درجه‌ای نور رنگ سیب را تحریک می‌کند، به میزان زیادی به نوع رقم سیب و مرحلهٔ نمو میوهٔ سیب بستگی دارد. گزارش‌های پیشین نشان داد، نور خورشید به‌طور عمده با تحریک فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL)، به‌عنوان آنزیم کلیدی در ساخت (سنتز) آنتوسیانین‌ها، بر تولید آنتوسیانین‌ها تأثیر می‌گذارد (Hilbert *et al*., 2003). عامل مهم دیگر مدیریت بهینهٔ تغذیهٔ درختان است (Zheng, 2000; Yoshida *et al*., 2006). تأمین عنصرهای غذایی به میزان مناسب، سبب تولید میوه‌های با رنگ قرمز تیره می‌شود، چنین میوه‌هایی دورهٔ انبارمانی طولانی‌تری دارند و ضایعات پس از برداشت کمتری را نشان می‌دهند (Tahir *et al*., 2007). یکی از عنصرهای مهم در تغذیهٔ درختان سیب نیتروژن است و مدیریت آن برای دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت خوب میوه در تولید تجاری و به‌ویژه رنگ‌گیری سیب اهمیت دارد (Fallahi *et al*., 2001). تحقیقات پیشین نشان داد، کاهش در رنگ‌گیری میوه با افزایش نیتروژن، ممکن است به دلیل جلوگیری از ساخت و تجمع آنتوسیانین توسط نیتروژن و یا تأخیر در زوال سبزینه (کلروفیل)ها باشد (Wang & Cheng, 2011). پتاسیم نیز تجمع آنتوسیانین و رنگ قرمز سیب را افزایش می‌دهد. این عنصر ممکن است برخی اثرگذاری‌های منفی نیتروژن بالا بر رنگ‌گیری سیب را جبران کند. در درختان سیب دارای کمبود پتاسیم، تغذیه با کود پتاسیم می‌تواند تجمع آنتوسیانین را به همراه داشته باشد (Saure, 1990). همچنین، فسفر زیاد از القاء آنزیم PAL و فعالیت چالکون سینتاز جلوگیری کرده و از این راه سبب کاهش تولید آنتوسیانین در کشت‌های یاخته‌ای انگور شده است (Hilbert *et al*., 2003). عنصر کلسیم نیز در ساخت و تجمع آنتوسیانین‌ها بسیار مؤثر است. گزارش‌های پیشین نشان داد، کاربرد برگی کلسیم به‌ویژه در اواخر فصل رشد در توسعهٔ رنگ سیب رقم 'برابرن' مؤثر بوده است (Ozturk *et al*., 2014). گفته شده است که کلسیم می‌تواند میزان آنتوسیانین را از راه افزایش تنظیم ژن‌های ساختاری آنتوسیانین افزایش دهد (Xu *et al*., 2014).

بنابراین، درک همبستگی بین کیفیت میوهٔ سیب به‌ویژه چگونگی رنگ‌گیری آن و عنصرهای کانی پیش از برداشت، عملیات باغداری به‌ویژه مدیریت تغذیه را

آسان‌تر می‌کند (Fallahi *et al.*, 2001). اگرچه تجزیهٔ برگ ابزار تشخیصی مهم برای بهینه‌سازی کاربرد عنصرهای غذایی درختان میوه بوده و باکیفیت میوه در ارتباط است، ولی تجزیهٔ میوه می‌تواند در تعیین نابسامانی‌های انباری و کیفیت میوه سودمندتر باشد (Ashori *et al.*, 2014). هدف از این پژوهش، بررسی همبستگی میزان و تعادل عنصرهای غذایی در میوه با میزان رنگ‌گیری پوست میوهٔ سیب رقم رد دلیشز است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش بیست باغ تجاری سیب رقم 'رد دلیشز' پیوندشده روی پایهٔ بذری که از لحاظ سن درختان تا حدودی همسان بوده‌اند، از منطقهٔ کدیان در شمال استان فارس با شرایط آب و هوایی همسان از نظر نور و دما انتخاب شدند. از هر باغ سه گروه بیست‌تایی میوه در سه رنگ قرمز تند، متوسط و ضعیف برداشت شدند. میوه‌ها در مرحلهٔ بلوغ تجاری (بر پایهٔ آزمون نشاسته)، از چند درخت با شرایط رنگ‌گیری همسان برداشت شدند. برای این منظور، میوه‌ها به دو قسمت مساوی تقسیم شدند و در محلول ۴ درصد یدید پتاسیم و ۱ درصد ید غوطه‌ور شدند. برداشت میوه‌های سیب هنگامی آغاز می‌شود که ۶۵ تا ۷۰ درصد سطوح بریده‌شدهٔ گوشت میوه رنگ آبی تیره باشد.

ویژگی‌هایی مانند شاخص‌های رنگ پوست میوه شامل شاخص قرمز- سبز (a*)، شاخص زرد- آبی (b*)، زاویهٔ هیو (h°)، شاخص روشنایی (L*)، خلوص رنگ یا کروما (C)، میزان آنتوسیانین کل پوست و میزان عنصرهای غذایی میوه شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و نسبت عنصرها اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ پوست میوه، **از** شمار نه عدد میوه از هر باغ که در سه گروه رنگی با سه تکرار استفاده شد. برای اندازه‌گیری شاخص رنگ ظاهری میوه از دستگاه رنگ‌سنج مینولتا مدل CR-400 استفاده شد. قرائت‌ها از دو نقطهٔ مقابل هم روی هر میوه انجام شد و شاخص‌های رنگ L*، a* و b* اندازه‌گیری شدند. همچنین میزان C و زاویهٔ h° نیز توسط دستگاه رنگ‌سنج خوانده شد. زاویهٔ h° ۰ درجه، بیانگر رنگ قرمز- صورتی، زاویهٔ ۹۰ درجه، بیانگر رنگ زرد، زاویهٔ ۱۸۰ درجه، بیانگر رنگ خاکستری- سبز و زاویهٔ ۲۷۰ درجه، بیانگر رنگ آبی است. شاخص‌های اشباع کروما، شدت یا خلوص رنگ را نشان می‌دهند. میزان آنتوسیانین کل با استفاده از روش تفاوت میزان pH اندازه‌گیری شد (Wrolstad, 1976). در این روش میزان جذب با استفاده از طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) در طول‌موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر همراه با بافرهایی با pH ۴/۵ و ۱ اندازه‌گیری شد. آن‌گاه میزان آنتوسیانین برحسب میلی‌گرم سیانیدین-۳-گلوکوزید بر گرم وزن تر بیان شد.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان عنصرهای کانی از یک‌سوم میانی میوه‌ها برش‌های ۹ تا ۱۰ میلی‌متری برداشت شد. این برش‌ها پس از وزن کردن در آون با دمای ۷۵-۷۰ درجهٔ سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت پس از ۷۲ ساعت قرار داده شدند. نمونه‌های خشک‌شده آسیاب و از الک ۴۰ مش عبور داده شدند. برای تهیهٔ خاکستر خشک ۰/۵ گرم از هر نمونه به کورهٔ الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجهٔ سلسیوس منتقل و تا زمان حذف کامل مواد آلی گرما داده شدند. خاکستر هر نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل و پس از گرما دادن عصاره‌گیری و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. میزان کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری (عیارسنجی یا تیتراسیون عصارهٔ میوه با محلول ۰/۰۱ نرمال EDTA)، پتاسیم با دستگاه نورسنج شعله‌ای یا فلیم فتومتر (مدل GL361 Flame photometer) و فسفر با دستگاه طیف‌سنج نوری PG Instrument Itd T80+UV/VIS به روش کالری متری در طول‌موج ۴۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند. میزان نیتروژن کل در میوه‌های خشک‌شده در دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس با روش ماکروکجدال (Kejltac Auto System 1030Analyser) تعیین شد (Mowatand Amos, 2002). در پایان غلظت عنصرهای کانی به‌دست‌آمده برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک بیان شد.

تجزیهٔ همبستگی بین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون انجام شد و رابطهٔ هریک از

عنصرها و نسبت عنصرهای کانی با شاخص‌های رنگ پوست (L,C,h,a,b) و میزان آنتوسیانین پوست بی‌درنگ پس از برداشت تجزیه‌وتحلیل شد. مقایسهٔ میانگین بین سه گروه موجود با استفاده از آزمون تجزیهٔ واریانس یک‌سویه از لحاظ همهٔ صفات ارزیابی‌شده انجام شد. همهٔ تجزیه‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-19 انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسهٔ میانگین صفات

برای تعیین وجود اختلاف معنی‌دار بین سه گروه میوه‌های سیب با رنگ قرمز تند، قرمز متوسط و قرمز ضعیف از آزمون تجزیهٔ واریانس یک‌سویه (ANOVA) یا آزمون F استفاده شد. با توجه به بررسی اختلاف‌های گروه‌ها با استفاده از آزمون F، بین گروه‌های مورد بررسی (جدول۱) تفاوت معنی‌داری در صفاتی مانند زاویهٔ هیو (h°)، روشنایی (L*)، خلوص رنگ (C)، قرمز- سبز (a*) ، زرد-آبی (b*)، آنتوسیانین کل، فسفر، کلسیم، نسبت Mg:Ca و نسبت N:Ca مشاهده شد. نتایج مقایسهٔ میانگین آنتوسیانین کل پوست، میزان کلسیم و شاخص a به ترتیب در گروه‌های سیب رنگ قرمز تند، قرمز متوسط و قرمز ضعیف کاهش پیدا کرد. از نظر میزان فسفر، نسبت‌های N+K:Ca، k+Mg:Ca، K:Ca، Mg:Ca، N:Ca، شاخص‌های L*، C، h°، b * گروه‌های سیب رنگ قرمز ضعیف و قرمز تند به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین را دارند. میزان نیتروژن و منیزیم به ترتیب در گروه‌های سیب رنگ قرمز متوسط و قرمز تند بیشترین و کمترین میانگین را نشان دادند. در عوض پتاسیم در گروه سیب رنگ قرمز متوسط بیشترین میزان و در سیب با رنگ قرمز ضعیف کمترین میزان را نشان داد. بنابراین، می‌توان گفت میوه‌های سیب با رنگ قرمز تند با میزان آنتوسیانین و میزان کلسیم بالاتر و میزان نیتروژن و منیزیم کمتر بالاترین کیفیت را بین سه گروه دارند و از سویی گروه سیب رنگ قرمز ضعیف با داشتن کمترین میزان آنتوسیانین کل و میزان کلسیم و نیز بیشترین نسبت N:Ca، N+K:Ca، k+Mg:Ca، Mg:Ca با پایین‌ترین کیفیت را بین سه گروه دارند (جدول۱).

افزون بر عامل‌های آب و هوایی، میزان و نسبت عنصرهای غذایی در میوه می‌تواند روی میزان فلاونوئیدها از جمله آنتوسیانین‌ها تأثیرگذار باشد. نتایج تحقیقات پیشین درزمینهٔ ارتباط بین عنصرهای غذایی میوه و میزان فلاونوئیدها در میوهٔ سیب رقم 'ال استار' نشان داد، غلظت فلاونوئیدها از جمله آنتوسیانین‌ها در پوست میوهٔ سیب در هنگامی‌که تغذیهٔ درختان، به‌ویژه میزان کود نیتروژنه در شرایط مناسبی باشد، افزایش می‌یابد (Awad & De Jager. 2002). آنان مهم‌ترین عامل در میزان آنتوسیانین و فلاونوئید کل میوهٔ سیب را به میزان نیتروژن میوه نسبت دادند، درحالی‌که کلسیم در مواردی، نه همیشه ارتباط مثبت با میزان آنتوسیانین کل داشته است. همچنین نتایج تحقیقات پیشین نشان داد، کاهش در رنگ‌گیری میوه با افزایش نیتروژن، ممکن است به دلیل جلوگیری از ساخت و تجمع آنتوسیانین توسط نیتروژن و یا تأخیر در زوال سبزینه‌ها باشد (Wang & Cheng, 2011). همین‌طور، کلسیم می‌تواند میزان آنتوسیانین را از راه افزایش تنظیم ژن‌های ساختاری آنتوسیانین افزایش دهد (Xu *et al*., 2014).

همبستگی بین آنتوسیانین کل و شاخص‌های رنگ پوست میوهٔ سیب

نتایج نشان داد، همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان آنتوسیانین کل پوست میوهٔ سیب رقم 'رد دلیشز' با شاخص‌های L*، h° و b* در سطح احتمال ۱ درصد و با شاخص خلوص رنگ C در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت. همچنین بین میزان آنتوسیانین کل با شاخص a* همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول۲).

مهم‌ترین آنتوسیانین شناخته‌شده در پوست میوهٔ سیب سیانیدین ۳ گالاکتوزاید است که رنگ قرمز پوست میوهٔ سیب را موجب می‌شود (Telias, 2011). نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات پیشین که نشان دادند، بین میزان آنتوسیانین کل و شاخص‌های رنگ از جمله C،h° و b* در نژادگان (ژنوتیپ)های آلبالو همبستگی منفی وجود دارد، همخوانی دارد (Kasim *et al*., 2011). اگرچه گزارش‌های هست که نشان

می‌دهد بین میزان آنتوسیانین کل و a* همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Goncalves *et al*., 2007)، اما در موافقت با یافته‌های این پژوهش، مشخص شد که میزان a* شاخص قابل‌اعتمادی برای برآورد میزان آنتوسیانین در میوۀ انار استفاده می‌شود و با پیشرفت رشد و رسیدن میوه و تجمع آنتوسیانین، میزان a* زیاد می‌شود (Borochov-Neori *et al*., 2011). همین‌طور کاهش زاویۀ هیو (h°) در طی فصل رشد می‌تواند نشان‌دهندۀ تجمع آنتوسیانین باشد (Fawole & Opara, 2013). شاخص روشنی (L*) در میوۀ انار با پیشرفت رشد و رسیدن میوه و تجمع آنتوسیانین کاهش می‌یابد، بنابراین کاهش L* و h° نشان‌دهندۀ تجمع آنتوسیانین است (Fawole & Opara, 2013). بنابراین نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش موافق با یافته‌های پیشین است.

همبستگی بین میزان و نسبت عنصرهای کانی با میزان آنتوسیانین کل

نتایج نشان داد، همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان نیتروژن میوه با میزان آنتوسیانین کل پوست میوه در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. یعنی با افزایش میزان نیتروژن میوه‌ها تجمع رنگیزه‌های آنتوسیانین در پوست میوۀ رقم 'رد دلیشز' در زمان برداشت کاهش پیدا می‌کند (جدول۳).

در تحقیقات پیشین نیز تأثیر زمان کوددهی نیتروژن بر میزان رنگ‌گیری و آنتوسیانین پوست سیب بررسی و مشخص شد که تأثیر منفی نیتروژن روی رنگ‌گیری سیب رقم ال استار، می‌تواند با کاربرد میزان متفاوت نیتروژن در دورۀ پس از برداشت به‌جای کاربرد نیتروژن در فصل بهار، کاهش داده شود (De Angelis *et al*., 2011). همچنین نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات پیشین درزمینۀ تأثیر نیتروژن بر کاهش آنتوسیانین کل میوۀ انگور همخوانی دارد (Delgado *et al*., 2006). به‌طورکلی، کاربرد نیتروژن چه به‌صورت خاکی یا محلول‌پاشی برگی باعث کاهش تولید آنتوسیانین و توسعۀ رنگ قرمز در میوۀ سیب می‌شود، اگرچه کاربرد نیتروژن بیشتر در رقم‌هایی مانند 'گرانی اسمیت' که تشکیل رنگ قرمز صفت نامطلوبی است، از تشکیل آنتوسیانین جلوگیری می‌کند، اما در رقم‌های قرمز مانند 'رد دلیشز' نامطلوب است. یکی از روش‌های تأثیر منفی نیتروژن بر ساخت آنتوسیانین و کاهش رنگ‌گیری میوۀ سیب، می‌تواند به‌واسطۀ افزایش شاخ و برگ و بنابراین کاهش نفوذ نور به درون تاج درختان باشد (Ruiz *et al*.,1986; Sanchez *et al*., 1995). همین‌طور، به دلیل جلوگیری از ساخت و تجمع آنتوسیانین توسط نیتروژن و یا تأخیر در زوال سبزینه‌ها باشد (Wang & Cheng, 2011).

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد، بین میزان منیزیم میوه با آنتوسیانین کل پوست میوۀ سیب رقم 'رد دلیشز' همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد (جدول۳). در موافقت با نتایج این پژوهش، درزمینۀ میوۀ سیب رقم ال استار نشان داده شد که یک ارتباط منفی و معنی‌داری در بیشتر موارد بین میزان منیزیم با میزان آنتوسیانین و فلاونوئید کل در مرحلۀ رسیدن (بلوغ) میوه وجود دارد (Awad & De Jager, 2002). اما گزارشی هم وجود دارد که نشان می‌دهد، بین میزان آنتوسیانین کل و میزان منیزیم در میوۀ هلو همبستگی مثبت وجود دارد (Li *et al*., 2010). به نظر می‌رسد افزایش میزان منیزیم به‌واسطۀ رابطۀ ناهمسازی (آنتاگونیسمی) که با میزان کلسیم دارد، بازدارندۀ جذب بیشتر کلسیم می‌شود، در نتیجه نسبت Ca/Mg میوه کاهش و به دنبال آن میزان آنتوسیانین نیز کاهش می‌یابد.

نتایج این پژوهش همچنین نشان داد، بین میزان پتاسیم، فسفر و کلسیم میوه با میزان آنتوسیانین کل پوست میوه همبستگی معنی‌داری وجود ندارد (جدول۳). برخلاف نتایج این پژوهش، در مورد میوۀ سیب 'رقم ال استار' نتایج بررسی‌ها نشان داد، در مواردی (نه در سال‌های متوالی) یک ارتباط مثبت و معنی‌داری بین میزان کلسیم و فسفر و همین‌طور ارتباط منفی بین میزان پتاسیم با آنتوسیانین کل وجود دارد (Awad & De Jager, 2002). همین‌طور در سیب رقم 'برابرن' مشخص شد که بین میزان کلسیم و فسفر با میزان آنتوسیانین کل همبستگی مثبت وجود دارد (Bizjak *et al* ., 2013). همچنین بیان شد

که کاربرد کود پتاسیم به همراه نیتروژن می‌تواند میزان آنتوسیانین کل و پلی‌فنل‌های میوه را افزایش دهد (Delgado *et al*., 2006). پتاسیم ممکن است برخی اثرگذاری‌های منفی کاربرد نیتروژن بالا بر رنگ‌گیری میوهٔ سیب را جبران کند. پتاسیم بالا ممکن است خود به‌تنهایی میزان رنگ را افزایش ندهد، بلکه تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن کم را افزایش داده و تأثیر منفی نیتروژن بالا را خنثی کند (Saure, 1990).

نتایج این پژوهش همچنین وجود همبستگی منفی و معنی‌داری بین نسبت Mg:Ca با میزان آنتوسیانین کل در سطح احتمال ۵ درصد را نشان داد. درواقع پایین بودن Mg:Ca به معنای بالاتر بودن میزان کلسیم میوه است که با میزان تجمع آنتوسیانین پوست میوه همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان دادند (جدول۳). درواقع نسبت منیزیم به کلسیم تأثیر بیشتری بر میزان تجمع آنتوسیانین در پوست میوهٔ 'رد دلیشز' در مقایسه با میزان کلسیم و یا منیزیم به‌تنهایی داشته باشد (جدول ۳). این نتیجه‌گیری برخلاف نظر محققان پیشین که بیان کردند کاربرد کلرید منیزیم و سولفات منیزیم با تأمین میزان منیزیم کافی موجب افزایش میزان آنتوسیانین کل میوه می‌شود، است (Farag *et al*., 2012). به نظر می‌رسد که اثرگذاری مثبت کلسیم بر میزان آنتوسیانین بیشتر از منیزیم بوده باشد، چنانچه بیان شده است، کاربرد برگی کلسیم در اواخر فصل رشد در توسعهٔ رنگ سیب رقم برابرن سودمند بوده است (Ozturk *et al*., 2014).

جدول ۱. نتایج آزمون F برای مقایسهٔ صفات ارزیابی‌شده در سه گروه باغ‌های سیب با رنگ پوست قرمز تند (گروه ۱)، قرمز متوسط (گروه ۲) و قرمز ضعیف (گروه ۳)

Table 1. The results of F test for comparing evaluated characteristics in three groups orchards with dark red (Group1), medium (Group 2) and light red (Group3)

	Mean			MS			CV		Group3	F
	Group1	Group2	Group3	Group1&2	Group2&3	Group3&1	Group1	Group2		
L*	32.1	46.29	49.94	17.82	3.63	14.19	4.43	3.99	5.28	83.71**
C	34.4	35.75	36.82	2.41	1.06	1.34	2	2.97	2.76	4.28*
h°	41.57	66.46	78.65	37.97	12.18	24.89	4.29	7.02	12.98	90.64**
a*	24.94	13.49	6.03	18.9	7.45	11.45	2.05	3.81	4.34	144.68**
b*	23.37	32.29	36.78	13.41	4.49	8.9	4.63	3.49	2.46	74.94**
Anthocyanin	36.37	17.58	9.1	27.17	8.47	18.69	13.85	5.76	3.78	48.41**
N	373.9	453.1	934.5	60.6	0.56	61.17	74.63	92	101.7	3.04nw
P	138.4	132	151.3	22.69	19.1	3.59	22.52	26.52	38.81	3.28*
K	656.9	691.6	644.7	12.21	46.93	34.72	158.4	140	150.6	0.52ns
Ca	109.7	108.3	90.43	18.64	17.83	0.81	30.49	19.51	15.36	4.30*
Mg	50.88	55.13	54.04	3.15	1.08	4.24	11.52	14.44	7.07	0.74ns
N+K:Ca	10	10.84	12.8	2.18	1.34	0.84	2.74	3.08	2.82	2.90ns
K+Mg:Ca	6.83	7.22	7.93	1.09	0.7	0.39	1.96	2.46	2.22	1.24ns
K:Ca	0.48	0.52	0.61	0.97	0.61	0.35	1.86	2.38	2.18	1.04ns
Mg:Ca	0.48	0.52	0.61	0.12	0.09	0.03	0.12	0.15	0.11	4.89*
N:Ca	3.65	4.13	4.86	1.21	0.72	0.48	1.14	1.16	1.12	5.68**

جدول ۲. همبستگی بین میزان آنتوسیانین کل میوهٔ سیب با شاخص‌های رنگ ولیو (L)، هیو (h)، خلوص رنگ (C)، قرمز-سبز (a) و زرد-آبی (b)

Table 2. The correlation between total anthocyanin with L, Hue and Chroma, red-green (a) and yellow –blue (b) in apple fruit

	L	C	h	a	b	Anthocyanin
L	1					
C	0.524**	1				
h	0.871**	0.466**	1			
a	-0.846	-0.388	-0.928	1		
b	0.827**	0.672**	0.794**	-0.848	1	
Anthocyanin	-0.71	-0.317	-0.766	0.789*	-0.725	1

جدول ۳. همبستگی بین میزان آنتوسیانین کل با میزان و نسبت عنصرهای کانی در سیب رقم 'رد دلیشز' در سه گروه میوهٔ سیب رنگی قرمز تند، قرمز متوسط و قرمز ضعیف

Table 3. The correlation between total anthocyanin with mineral nutrient element concentration and ratio in apple fruits cultivars red delicious at three colour groups, drak red, medium and light red

	Anthocyanin (mg/g FW)	N (mg/100 g DW)	P (mg/100 g DW)	K (mg/100 g DW)	Ca (mg/100 g DW)	Mg (mg/100 g DW)	N+K:Ca	K+Mg:Ca	K:Ca	Mg:Ca	N:Ca
Anthocyanin	1										
N	-0.327	1									
P	-0.123	0.247	1								
K	-0.084	0.206	-0.083	1							
Ca	0.105	0.099	-0.061	0.111	1						
Ma	-0.276	0.347**	-0.27	0.312*	0.25	1					
N+K:Ca	-0.176	0.299*	0.077	0.517**	-0.718	0.026	1				
K+Mg:Ca	-0.098	0.038	-0.047	0.647**	-0.649	0.038	0.941**	1			
K:Ca	-0.082	0.031	-0.041	0.661**	-0.632	0.003	0.935**	0.999**	1		
Mg:Ca	-0.302	0.143	-0.015	0.152	-0.638	0.560**	0.639**	0.605**	0.563**	1	
N:Ca	-0.283	0.672**	0.257*	0.094	-0.633	0.058	0.785**	0.532**	0.516**	0.563**	1

نتایج این پژوهش وجود همبستگی منفی معنی‌داری بین نسبت N:Ca با میزان آنتوسیانین در پوست میوهٔ سیب رقم 'رد دلیشز' را در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد. یعنی بالا بودن میزان نیتروژن میوه و کاهش میزان کلسیم میوه باعث افزایش نسبت N:Ca می‌شود که با کاهش تجمع آنتوسیانین پوست میوهٔ سیب همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (جدول۳). بنابراین، نتایج این پژوهش با یافته‌های (Awad & De Jager, 2002) در رابطه با همبستگی منفی بین نسبت N:Ca با غلظت سیانیدین-۳-گلوکوزید (آنتوسیانین) در سیب رقم "الستار" همخوانی دارد. در گزارش‌های پیشین همچنین عنوان شده است که رنگ‌گیری میوهٔ سیب در صورت افزایش کاربرد نیتروژن کاهش می‌یابد (Fallahi *et al*., 2001). این کاهش در رنگ‌گیری با افزایش نیتروژن، ممکن است به دلیل جلوگیری از ساخت و تجمع آنتوسیانین توسط نیتروژن باشد، همچنین بر تأخیر در زوال سبزینهٔ نیز نقش دارد (Wang & Cheng, 2011). همین‌طور نیتروژن عنصری است که در ساخت سبزینه مشارکت دارد، بنابراین بالا بودن میزان نیتروژن بازدارندهٔ شکسته شدن سبزینه و ظهور رنگیزهٔ آنتوسیانین می‌شود (Evans,1989). در گزارش نتایج بررسی دیگری بیان شد که اگر درصد نیتروژن موجود در برگ‌های سیب از ۳ درصد تجاوز کند، به ازای هر ۰/۲ درصد افزایش میزان نیتروژن، ۵ درصد از رنگ‌گیری میوهٔ سیب کاسته می‌شود (Jihoni, 2013).

همبستگی بین میزان و نسبت عنصرهای کانی با شاخص‌های رنگ پوست میوه

نتایج نشان داد، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان نیتروژن میوه با شاخص هیو و a در سطح احتمال ۱ درصد و همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص L در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد (جدول۴). این نتایج موافق با یافته‌های پیشین در رابطه وجود همبستگی مثبت بین میزان نیتروژن با شاخص‌های رنگ هیو و a در انگور رقم 'مرلوت' است (Delgado *et al*., 2006). همچنین بین میزان کلسیم میوه با شاخص L همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴). این بدان معنی است که هرچقدر میزان کلسیم میوه بیشتر باشد، شاخص L نیز کمتر خواهد بود.

نتایج تجزیهٔ داده‌ها وجود همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت N+K:Ca با شاخص h، L و b در سطح احتمال ۵ درصد را نشان داد. این بدان معنی است که هرچقدر میزان N+K بیشتر و میزان Ca کمتر باشد، شاخص h، L و b نیز بیشتر خواهد بود. این نتایج با یافته‌های تحقیقات پیشین درزمینهٔ تأثیر N بر افزایش میزان شاخص‌های b و h و همچنین تأثیر افزایش میزان K به همراه N بر افزایش شاخص‌های h و b در انگور رقم 'مرلوت' همخوان است (Delgado *et al*., 2006).

جدول ۴. همبستگی بین شاخص‌های رنگ روشنایی (L)، خلوص رنگ (C)، هیو (h)، قرمز-سبز (a) و زرد-آبی (b) با میزان و نسبت عنصرهای کانی در میوهٔ سیب رقم رد دلیشز با سه گروه رنگی قرمز تند، قرمز متوسط و قرمز ضعیف

Table 4. The correlation between colour parameters, lightness (L), chroma (C), hue (h), red-green (a), yellow-blue (b) with mineral nutrient elements content and ratio in apple fruit cultivar Red Delicious with three colour groups, dark red, medium and light red

	L	C	h	a	b	N	P	K	Ca	Mg	N+K:Ca	K+Mg:Ca	K:Ca	Mg:Ca	N:Ca
L	1														
C	0.52**	1													
h	0.87**	0.466**	1												
a	-0.84	-0.389	-0.93	1											
b	0.83**	0.672**	0.79**	-0.848	1										
N	0.298*	-0.043	-0.4**	-0.349	0.221	1									
P	0.222	-0.031	0.271	0.24	0.121	0.247	1								
K	0.026	-0.038	0.013	-0.006	0.051	0.206	-0.083	1							
Ca	-0.278	-0.135	-0.251	0.247	-0.21	0.099	-0.061	0.11	1						
Mg	0.143	0.141	0.167	-0.137	0.21	0.4**	0.27	0.31*	0.25	1					
N+K:Ca	0.292*	0.88	0.312*	-0.292	0.262*	0.3*	0.077	0.52**	0.72	0.03	1				
K+Mg:Ca	0.204	0.11	0.188	-0.177	0.206	0.038	-0.048	0.65**	-0.65	0.04	0.9**	1			
K:Ca	0.19	0.098	0.173	-0.162	0.191	0.031	-0.041	0.66**	-0.63	0.00	0.94**	0.99**	1		
Mg:Ca	0.327*	0.248	0.34**	-0.322	0.36**	0.143	-0.15	0.15	-0.64	0.56**	0.64**	0.61**	0.56**	1	
N:Ca	0.37**	0.041	0.45**	-0.424	0.3**	0.67**	0.257*	0.09	-0.63	0.06	0.76**	0.5**	0.52**	0.63**	1

بین نسبت Mg:Ca با شاخص h و b در سطح احتمال ۱ درصد و با شاخص L در سطح احتمال ۵ همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد، اما با شاخص a همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد. این بدان معنی است که هرچقدر میزان Mg بیشتر و میزان Ca کمتر باشد، شاخص h، a،L و b نیز بیشتر خواهد بود. در نتایج تحقیقات پیشین همبستگی مثبت معنی‌داری بین میزان منیزیم با شاخص a و نیز همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان منیزیم با شاخص ولیو در گل ژربرا مشاهده شد (Akbari *et al*., 2013). همچنین همبستگی مثبت معنی‌داری بین نسبت N:Ca با شاخص h و b در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد و تجزیهٔ همبستگی ارتباط منفی معنی‌داری بین متغیر a و نسبت N:Ca در سطح احتمال۱درصد و نیز ارتباط مثبت معنی‌داری بین نسبت N:Ca با شاخص L در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. این بدان معنی است که هرچقدر میزان N بیشتر و میزان Ca کمتر باشد شاخص‌های h، L و b بیشتر و میزان متغیر a کمتر خواهد بود. این نتایج با یافته‌های پیشین در رابطه با تأثیر Ca بر افزایش شاخص a و کاهش h مغایرت دارد (Bizjak *et al*., 2013). نتایج تحقیقات پیشین نیز همبستگی منفی معنی‌داری بین میزان Ca با شاخص a در گل ژربرا را نشان داد (Akbari *et al*., 2013).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، میوه‌های سیب رقم 'رد دلیشز' با رنگ قرمز تند، بیشترین میزان آنتوسیانین کل، شاخص a، Ca و کمترین میزان N، P، Mg، نسبت N+K:Ca، K+Mg:Ca، K:Ca، Mg:Ca،N:Ca، شاخص‌های h، L، C و b را نشان دادند. برعکس، میوه‌هایی با رنگ قرمز کم‌رنگ کمترین میزان آنتوسیانین کل، Ca، a و بیشترین میزان p، نسبت‌های N+K:Ca، K+Mg:Ca،K:Ca، Mg:Ca، N:Ca، شاخص‌های h، L، C و b را دارند. در نتیجه می‌توان گفت، میوه‌های با رنگ قرمز ضعیف باکیفیت پایین، به‌احتمال تغذیهٔ نامناسب و نامتعادلی داشته‌اند و چنین میوه‌هایی بازارپسندی و کیفیت انبارمانی پایین‌تری نیز خواهند داشت. بنابراین، می‌توان گفت اگرچه عامل‌های آب و هوایی از جمله نور و دما در رنگ‌گیری و کیفیت میوهٔ سیب بسیار مؤثر است، اما تغذیهٔ بهینهٔ درختان سیب به دلیل تأثیری که بر میزان و نسبت عنصرهای کانی میوه در زمان بلوغ دارد، عامل بسیار مهم مؤثری در چگونگی رنگ‌گیری و ویژگی‌های کیفی میوهٔ سیب رقم 'رد دلیشز' خواهد بود. بنابراین، با تغذیهٔ متعادل درختان میوهٔ سیب به‌ویژه از لحاظ کلسیم و نیتروژن باعث تعادل بهتر عنصرهای غذایی در میوهٔ سیب می‌شود و از این راه باعث بهبود رنگ‌گیری و بهبود کیفیت میوه خواهد شد.

REFERENCES

1. Akbari, R., Hatamzadeh, A., Sariri, R. & Bakhshi, D. (2013). Relationship of flower color parameters and metal ions of petal tissue in fully opened flowers of Gerbera. *Journal of Plant Studies*, 2(1), 89-96.
2. Ashori, M., Ghasemnezhad, M., Sabouri, A. & Ebrahimi, R. (2014). Correlation between content and ratio of Fruits' mineral elements at harvest and postharvest life of kiwifruit Cv. Hayward in orchards of eastern part of Guilan Province. *Journal f Crop Production and Processing*, 13, 87-100. (in Farsi)
3. Awad, M. A. & De Jager, A. (2002). Relationships between fruit nutrients and concentrations of flavonoids and chlorogenic acid in 'Elstar' apple skin. *Scientia Horticulturae*, 9, 265-276.
4. Bizjak, J., Weber, N., Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A. & Stampar, F. (2013). Influence of phostrade Ca on color development and anthocyanin content of 'Braeburn' apple (*Malus domestica* Borkh.). *HortScience*, 48(2), 193-199.
5. Borochov-Neori, H., Judeinstein, S., Harari, M., Bar-Ya'akov, I., Patil, B. S., Lurie, S. & Holland, D. (2011). Climate effects on anthocyanin accumulation and composition in the Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit Arils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59, 5325-5334.
6. Boyer, J. & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutria*, 3, 1-15.
7. Cheng zhong, L. (2015). Relationship between major mineral nutrient elements contents and flower colors of Herbaceous Peony (*Paeonia Lactiflora* Pall.). *Journal of Food Science and Technology*, 7(5), 374-382.
8. De Angelis, V., Sanchez, E. & Tognetti, J. (2011). Timing of nitrogen fertilization influences color and anthocyanin content of Apple (*Malus domestica* Borkh. cv 'Royal Gala') fruits. *Fruit Science*, 11, 364-375.
9. Delgado. R., Gonzalez, M. & Martin, P. (2006). Interaction effects of nitrogen and potassium fertilization on anthocyanin composition and chromatic features of Tempranillo grapes. *Vine and Wine Science*, 40(3), 141-150.
10. Fallahi, E., Colt, W. M., Baird, C. R., Fallahi, B. & Chun, I. J. (2001). Influence of nitrogen and bagging on fruit quality and mineral concentrations of 'BC-2 Fuji' apple. *HortTechnology*, 11, 462-466.
11. Farag Kasim, M., Neven, M. & Nagy, N. (2012). Effect of pre- and post-harvest Calcium and Magnesium compounds and their combination treatments on "Anna" Apple fruit quality and shelf life. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 4(2), 155-168.
12. Fawole, O. A. & Opara, U. L. (2013). Developmental changes in maturity indices of Pomegranate Fruit: a Descriptive Review. *Scientia Horticulture*, 159, 152-161.
13. Gonçalves, B., Silva, A.P., Mauntinho-Pereira, J., Bacelor, E., Rosa, E. & Meyers, S. (2007). Effect of ripeness and postharvest storage on the colour and anthocyanins in Cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 103(3), 976-984.
14. Hilbert, G., Soyer, J. P., Molot, C., Giraudon, J., Milin, S. & Gaudillere, J. P. (2003). Effects of nitrogen supply on must quality and anthocyanin accumulation in berries of cv. Merlot. *Vitis*, 42(2), 69-76.
15. Jihoni. (2013). *Principle of apple orchard nutrition based on nutrient requirement.* Bulletin 5. (in Farsi)
16. Kasim, R., Sulusoglu, M. & Ufuk Kasi, M. (2011). Relationship between total anthocyanin level and colour of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *African Journal of Plant Science*, 5(5), 323-328.
17. Mowat, A. D. & Amos, N. (2002). Dry matter distributions of Zespri green kiwifruit. *New Zealand Kiwifruit Journal*, 149, 6-10.
18. Ozturk, B., Ozkan, Y. & Yildiz, K. (2014). Methyl jasmonate treatments influence bioactive compounds and red peel color development of Braeburn apple. *Journal of Agriculture and Forest*, 38, 688-699.
19. Ritenour, M. & Khemira, H. (2007). *Red color development of apple*: A Literature Review. Postharvest information network. 1-10.
20. Saure, M. C. (1990). External control of anthocyanin formation in apple. *Scientia Horticulturae*, 42, 181-218.
21. Telias, A. (2011). *Apple skin patterning is associated with differential expression of MYB10*. BMC Plant Biology.
22. Tijskens, L. M. M., Unuk, T., Tojnko, S., Hribar, J. & Simci, M. (2011). Color development in the apple orchard. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 19(1), 113-121.
23. Tahir, I. I., Johansson, E. & Olsson, M. E. (2007). Improvement of quality and storability of apple cv. Aroma by adjustment of some pre-harvest conditions. *Scientia Horticulturae*, 112, 164-171.
24. Violeta, N., Trandafir, I. & Ionica, M. E. (2010). Compositional characteristics of fruits of several apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3), 228-233.
25. Wang, H. & Cheng, L. (2011). Differential effects of nitrogen supply on skin pigmentation and flesh starch breakdown of 'Gala' Apple. *HortScience*, 46(8), 1116-1120.

26. Wrolstad, R. E. (1976). *Color and pigment analysis in fruit products. Station* Bulletin 621. Agriculture experiment station. Oregon State University. Corvallis, OR, USA
27. Xu, W., Peng, H., Yang,T., Whitaker, B., Huang, L., Sun, J. & Chen, P. (2014). Effect of calcium on strawberry fruit flavonoid pathway gene expression and anthocyanin accumulation. *Plant physiology and Biochemistry*, 82, 98-289.
28. Yoshida, K., Kitahara, S., Ito, D. & Kondo, T. (2006). Ferric ions involved in the flower color development of the Himalayan blue poppy. *Meconopsis grandis*. *Phytochemistry*, 67(10), 992-998.
29. Zheng, G. Z. (2000). *Effects of blackish purple colored seed coat on grain quality and yield associated characters in rice (Oryza sativa L.)*. M.Sc. thesis, Seoul University, Korea.