19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

تأثیر ترکیب کود مرغی و نیتروژن و زمان‌بندی تقسیط نیتروژن بر شیمی خاک و بهبود کیفیت غده در سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) رقم آگریا

بهزاد خدابنده‌لو[۱]، شاهرخ جهانبین[۲]، رحیم مطلبی‌فرد[۳]، حجت‌اله لطیف‌منش[۲*]، حمید اله‌دادی[۱]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.
۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران *
h.latifmanesh@yu.ac.ir
۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش سیب‌زمینی رقم آگریا نسبت به سطوح مختلف نیتروژن از منابع کود مرغی و اوره، آزمایشی در شهر بهار، استان همدان اجرا شد. طرح آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی گردید. فاکتور اصلی شامل پنج سطح کوددهی (۲۰۰ کیلوگرم N از اوره، N۱۶۰ + ۴ تن کود مرغی، N۱۲۰ + ۸ تن، N۸۰ + ۱۲ تن و N۴۰ + ۱۶ تن کود مرغی در هکتار) و فاکتور فرعی شامل سه روش تقسیط نیتروژن (یک‌جا در سبز شدن، دو مرحله‌ای سبز شدن و خاک‌دهی، سه مرحله‌ای سبز شدن، خاک‌دهی و قبل از گلدهی) بود. نتایج نشان داد کاربرد تلفیقی اوره و کود مرغی نسبت به اوره منفرد، اثر مطلوب‌تری بر خصوصیات شیمیایی خاک و کیفیت غده سیب‌زمینی داشت. کود مرغی با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و آزادسازی ترکیبات آلی، موجب افزایش فسفر قابل جذب و تعدیل pH خاک به‌ویژه در تیمار ۴۰ کیلوگرم نیتروژن + ۱۶ تن کود مرغی شد. نحوه تقسیط نیتروژن نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت غده داشت؛ به‌طوری که تقسیط سه‌مرحله‌ای بیشترین ماده خشک و تقسیط دومرحله‌ای بیشترین نشاسته را تولید کرد. درنتیجه مدیریت همزمان کودهای آلی و شیمیایی همراه با تقسیط بهینه نیتروژن، هم شرایط خاک (pH و فسفر قابل جذب) را بهبود بخشید و هم صفات کیفی غده سیب‌زمینی را ارتقا داد.

واژگان کلیدی: تقسیط نیتروژن، سیب‌زمینی، فسفر قابل جذب خاک، کود مرغی، نشاسته غده

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در جهان است که از نظر عملکرد و کیفیت پروتئین در واحد سطح و واحد زمان، دارای اهمیت ویژه‌ای است (موسی‌پور گرجی و همکاران، ۱۴۰۴). این گیاه در مراحل مختلف رشد خود به تغذیه متعادلی از عناصر غذایی نیاز دارد تا علاوه بر تأمین عملکرد کمی، کیفیت مطلوبی نیز داشته باشد. در این راستا، مدیریت بهینه مصرف کودها نقش کلیدی در بهبود ویژگی‌های خاک و کیفیت غده‌های سیب‌زمینی ایفا می‌کند. نیتروژن به عنوان یکی از عناصر پرمصرف، تأثیر زیادی بر رشد رویشی و تولید ماده خشک دارد.

با این حال، مصرف بیش از حد آن می‌تواند رشد رویشی نامتعادل گیاه را افزایش داده و حساسیت گیاه به بیماری‌های ریشه‌ای و اختلالات فیزیولوژیکی را بالا ببرد (Fageria *et al*., 2010). از سوی دیگر، کود مرغی به عنوان یک منبع آلی غنی از فسفر و پتاسیم، علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، آزادسازی ترکیبات آلی و تعدیل pH خاک می‌شود. این تغییرات منجر به افزایش فسفر قابل جذب و بهبود کیفیت غده‌های سیب‌زمینی می‌گردد (Agegnehu *et al*., 2017). تقسیط نیتروژن نیز به عنوان یک استراتژی مدیریتی، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کارایی مصرف کود داشته باشد (Periza-fontes *et al*., 2021). برخی مطالعات نشان داده‌اند که تقسیط نیتروژن در مراحل مختلف رشد، می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و کیفیت غده‌های سیب‌زمینی شود (جلالی و همکاران، ۱۳۹۴).

در مجموع، ترکیب مناسب تغذیه تلفیقی و تقسیط بهینه نیتروژن، نه‌تنها موجب بهبود شرایط خاک می‌شود، بلکه به ارتقای ویژگی‌های کیفی گیاهان نیز منجر می‌گردد. از همین‌رو این پژوهش به بررسی تاثیر کاربرد همزمان نیتروژن شیمیایی و کود مرغی به همراه تقسیط نیتروژن بر خصوصیات خاک و کیفیت غده سیب‌زمینی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی واکنش سیب‌زمینی رقم آگریا نسبت به سطوح مختلف نیتروژن از منابع کود مرغی و کود شیمیایی اوره، آزمایشی در شهر بهار از استان همدان اجرا گردید. طرح آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این مطالعه، فاکتور اصلی شامل پنج سطح کوددهی بود که عبارت بودند از: ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره، ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن + ۴ تن کود مرغی در هکتار، ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن + ۸ تن کود مرغی در هکتار، ۸۰ کیلوگرم نیتروژن + ۱۲ تن کود مرغی در هکتار و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن + ۱۶ تن کود مرغی در هکتار. فاکتور فرعی شامل سه روش تقسیط نیتروژن بود که به ترتیب شامل: ۱) مصرف یکجای کود در زمان سبز شدن (۲۵ تا ۳۰ روز پس از کاشت)، ۲) مصرف نصف کود در مرحله سبز شدن و نصف دیگر در زمان خاک‌دهی پای بوته (۴۵ تا ۶۰ روز پس از کاشت)، و ۳) مصرف یک‌سوم کود در زمان سبز شدن، یک‌سوم در زمان خاک‌دهی پای بوته و یک‌سوم پیش از گلدهی (۷۵ تا ۸۰ روز پس از کاشت). هر واحد آزمایشی شامل چهار پشته به ابعاد ۵ × ۳ متر بود و با احتساب سه تکرار، در مجموع ۴۵ کرت فرعی مورد بررسی قرار گرفت. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

قبل از کاشت آزمون خاک انجام گرفت و بر اساس نتایج آن، مقادیر توصیه‌شده کود فسفاته و پتاسه همراه با کود مرغی به خاک اضافه و با خاک مخلوط شد. عملیات خاک‌ورزی شامل دو شخم عمود برهم و خردکردن کلوخه‌ها بود. غده‌های بذری رقم آگریا پیش از کاشت با قارچ‌کش ضدعفونی شدند و بلافاصله پس از کاشت آبیاری صورت گرفت. آبیاری در طول فصل رشد به روش بارانی و به صورت منظم با فواصل هفت‌روزه انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی و مبارزه با آفات با سم دانیتل انجام شد. عملیات خاک‌دهی پای بوته در مراحل ساقه‌دهی نیز انجام گردید. برداشت در ۲۵ شهریور، زمانی که اندام‌های هوایی کاملاً زرد و پوست غده‌ها سفت شده بود، به‌صورت دستی انجام گرفت.

میزان فسفر قابل جذب خاک (به روش Olsen, 1954)، و اسیدیته خاک (با دستگاه pH متر پس از تهیه عصاره گل اشباع) اندازه‌گیری شد. برای تعیین ماده خشک، حدود ۲ کیلوگرم غده از ردیف‌های میانی هر کرت برداشت شد، پس از برش در آون ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک و درصد ماده خشک از نسبت وزن خشک به وزن تر محاسبه شد (دارابی، ۱۳۸۶). میزان نشاسته نیز از نمونه خشک آسیاب‌شده با هیدرولیز اسیدی و اسپکتروفتومتری تعیین گردید (مستوفی و نجفی، ۱۳۸۴). در پایان تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

اسیدیته خاک

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کاربرد توأم کود مرغی و اوره بر اسیدیته خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، در حالی که اثر تقسیط نیتروژن و اثر متقابل دو عامل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، کمترین pH در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۸/۱۷) و بیشترین مقدار در تیمار ۴۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با ۱۶ تن کود مرغی (۸/۴۳) مشاهده شد (جدول ۲). این یافته‌ها نشان می‌دهد که مصرف بالای کود شیمیایی نیتروژنه به افزایش اسیدیته خاک منجر می‌شود، در حالی که کاربرد مقادیر بالاتر کود مرغی می‌تواند تا حدودی خاصیت بافری خاک را فعال کرده و کاهش pH را سبب گردد.

کاهش pH خاک در اثر مصرف کودهای نیتروژنی موضوعی شناخته‌شده است و عمدتاً به تولید یون‌های هیدروژن در فرآیند نیتریفیکاسیون بازمی‌گردد (Guo *et al*., 2010). از سوی دیگر، افزودن مواد آلی نظیر کود مرغی علاوه بر تأمین عناصر غذایی، با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و آزادسازی بی‌کربنات‌ها می‌تواند pH خاک را به سمت قلیایی‌تر شدن سوق دهد (Agegnehu *et al*., 2017). بنابراین، تغییرات مشاهده‌شده در این مطالعه را می‌توان ناشی از اثرات متقابل فرآیندهای شیمیایی نیتروژن معدنی و ترکیبات آلی کود مرغی دانست.

جدول ۱- تجزیه واریانس ترکیب کودی و تقسیط نیتروزن بر شیمی خاک و کیفیت غده سیب‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	pH خاک	فسفر خاک	نشاسته غده	ماده خشک غده
بلوک	۲	۰/۰۰۳	۹/۰۱	۲۰/۰۳	۴۷۰۸۸
ترکیب کودی (A)	۴	۰/۰۸**	۱۹۵۵۳**	۱/۲۷^{ns}	۷۳۲۹۶۲**
خطای اصلی	۸	۰/۰۰۱	۳۷/۰۸	۱/۵۱	۴۶۶۸۳
تقسیط نیتروژن (B)	۲	۰/۰۰۰۰۶^{ns}	۱۹/۰۶^{ns}	۱۴/۹۸**	۷۶۱۹۱۱۴**
A × B	۸	۰/۰۰۱^{ns}	۷/۳۳^{ns}	۱/۶۷^{ns}	۳۶۶۰۵^{ns}
خطای فرعی	۲۰	۰/۰۰۰۴	۱۴/۲۸	۰/۶۸	۴۷۰۷۴
ضریب تغییرات (٪)	-	۰/۲۶	۲/۱۳	۷/۱۷	۹/۲۱

ب ns ، * و **: عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های pH خاک، فسفر خاک و ماده خشک غده سیب‌زمینی در سطوح ترکیبی کود مرغی و کود شیمیایی نیتروژن

منابع تغییرات	pH خاک	فسفر خاک (mg kg^{-1})	ماده خشک غده (kg ha^{-1})
۲۰۰ کیلوگرم N از اوره	۸/۱۷^{e}	۱۲۱/۳۴^{e}	۲۳۵۲^{b}
N۱۶۰ + ۴ تن کود مرغی	۸/۲۶^{d}	۱۳۹/۳۷^{d}	۲۱۵۲^{b}
N۱۲۰ + ۸ تن کود مرغی	۸/۳۰^{c}	۱۸۳/۳۵^{c}	۲۲۷۹^{b}
N۸۰ + ۱۲ تن کود مرغی	۸/۳۶^{b}	۲۰۶/۶۷^{b}	۲۸۶۷^{a}
N۴۰ + ۱۶ تن کود مرغی	۸/۴۳^{a}	۲۳۴/۰۶^{a}	۲۲۱۹^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارد.

فسفر قابل جذب خاک

نتایج نشان داد که کاربرد ترکیب‌های کودی بر فسفر قابل جذب خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، در حالی‌که اثر تقسیط نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها معنادار نشد (جدول ۱). بیشترین فسفر قابل جذب در تیمار ۴۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با ۱۶ تن کود مرغی و کمترین مقدار در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به‌دست آمد (جدول ۲).

کاهش pH خاک در اثر مصرف کودهای نیتروژنی موضوعی شناخته‌شده است و عمدتاً به تولید یون‌های هیدروژن در فرآیند نیتریفیکاسیون بازمی‌گردد (Goulding, 2016). از سوی دیگر، افزودن مواد آلی نظیر کود مرغی علاوه بر تأمین عناصر غذایی، با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و آزادسازی بی‌کربنات‌ها می‌تواند pH خاک را به سمت قلیایی‌تر شدن سوق دهد (Rayne and Aula, 2020). ترکیبات آلی از طریق آزادسازی اسیدهای آلی و CO_2 حاصل از تجزیه، با کلسیم موجود در خاک‌های آهکی پیوند یافته و از تثبیت فسفر جلوگیری می‌کنند (Garg and Bahl, 2008). در مقابل، در تیمار اوره بخشی از فسفر تمایل به تثبیت دارد و قابلیت دسترسی آن کمتر از تیمارهای آلی است. با این حال، نسبت به مقدار اولیه فسفر خاک، افزایش مشخصی در تیمار اوره نیز مشاهده شد.

محتوای نشاسته غده

نتایج نشان داد که تقسیط کود نیتروژنه در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد نشاسته غده سیب‌زمینی معنی‌دار بود، در حالی که اثر ترکیب کودی و اثر متقابل عوامل آزمایشی معنی‌دار نشد (جدول ۱). طبق مقایسه میانگین‌ها، بیشترین درصد نشاسته (۱۴/۳ درصد) در تیمار تقسیط دو مرحله‌ای و پس از آن تقسیط سه مرحله‌ای (۱۳/۶ درصد) به‌دست آمد، در حالی که کمترین مقدار (۱۲/۳۳ درصد) مربوط به مصرف یکجای کود نیتروژن بود (جدول ۳).

با توجه به نتایج این پژوهش، مصرف یکجای نیتروژن خالص موجب کاهش pH خاک و در نتیجه افزایش پتانسیل تثبیت فسفر گردید که می‌تواند دسترسی این عنصر حیاتی را برای گیاه محدود سازد و نهایتاً بر سنتز کربوهیدرات‌ها و تشکیل نشاسته در غده اثر منفی داشته باشد. در مقابل، تیمارهایی که نیتروژن به صورت مرحله‌ای و همراه با کود مرغی دریافت کردند، با تعدیل شرایط شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود قابلیت جذب فسفر، محیط مناسب‌تری برای متابولیسم گیاه فراهم نمودند و در نتیجه درصد بیشتری نشاسته در غده‌ها مشاهده شد. این یافته‌ها با نتایج مطالعه Akkamis and Caliskan (2023) همسو است، که نشان داد سطوح نیتروژن مصرفی می‌تواند بر درصد نشاسته سیب‌زمینی تأثیر داشته باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های محتوای نشاسته و ماده خشک غده سیب‌زمینی تحت سطوح تقسیط کود شیمیایی نیتروژن

منابع تغییرات	محتوای نشاسته غده (%)	ماده خشک غده (kg ha^{-1})
کوددهی در یک مرحله	۱۲/۳۳^{b}	۱۶۰۵^{c}
کوددهی در دو مرحله	۱۴/۳^{a}	۲۵۰۳^{b}
کوددهی در سه مرحله	۱۳/۶^{a}	۳۰۱۳^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارد.

ماده خشک غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هم ترکیب کودی و هم تقسیط کود نیتروژنه در سطح احتمال ۱ درصد بر ماده خشک غده سیب‌زمینی تأثیر معنی‌دار داشت، در حالی که اثر متقابل این عوامل معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین مقدار ماده خشک غده (۲۸۶۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۸۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با ۱۲ تن کود مرغی و کمترین آن

(۲۱۵۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه ۴ تن کود مرغی بود (جدول ۲). در میان تیمارهای تقسیط نیتروژنه، بیشترین ماده خشک مربوط به تقسیط سه مرحله‌ای و کمترین آن مربوط به مصرف یکجای نیتروژن بود (جدول ۳).

کود مرغی با داشتن پتاسیم و میزان قابل توجه فسفر، موجب بهبود متابولیسم کربوهیدرات و افزایش ذخیره نشاسته در غده شد، که این اثر در تحقیقات پیشین نیز مشاهده شده است (Ekelof, 2007). تقسیط نیتروژن نیز نقش کلیدی در افزایش ماده خشک دارد، زیرا مصرف بیش از حد نیتروژن در اوایل رشد رویشی می‌تواند بلوغ را به تأخیر انداخته و توزیع ماده خشک را به سمت غده کاهش دهد. سایر مطالعات نیز نشان داده‌اند که مدیریت مناسب مصرف نیتروژن به روش تقسیط کودی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی، از جمله درصد ماده خشک غده، دارد (جلالی و همکاران، ۱۳۹۴).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مدیریت ترکیبی کود مرغی و نیتروژن همراه با تقسیط مناسب نیتروژن، هم بر ویژگی‌های خاک و هم بر صفات کیفی سیب‌زمینی رقم آگریا تأثیر قابل توجهی دارد. مصرف کود مرغی علاوه بر تأمین نیتروژن، موجب بهبود خصوصیات شیمیایی خاک و افزایش دسترسی فسفر برای گیاه شد که مستقیماً بر افزایش ماده خشک و درصد نشاسته غده تأثیرگذار بود. در عین حال، تقسیط نیتروژن به ویژه در سه مرحله، باعث بهینه‌سازی توزیع ماده خشک و سنتز نشاسته گردید. این نتایج نشان می‌دهد که هم‌افزایی بین منابع کودی و مدیریت زمان‌بندی مصرف نیتروژن، می‌تواند به طور همزمان جنبه‌های شیمی خاک و عملکرد کیفی غده سیب‌زمینی را افزایش دهد.

فهرست منابع

۱. دارایی، ع. (۱۳۸۶). اثر تراکم بوته و تاریخ کاشت بر عملکرد کل و اجزاء عملکرد چند رقم سیب‌زمینی در بهبهان. محله نهال و بذر، ۲۳ (۲)، ۲۳۳–۲۴۴.

۲. موسی‌پور گرجی، ا.، سعیدی، ع.، سماعی، م.، حسن‌پناه، د.، و حاجی‌برات، ز. (۱۴۰۴). تأثیر خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی. فصلنامه علمی زیست‌فناوری گیاهان زراعی, ۱۴(۳), ۵۳–۵۸.

۳. مستوفی، ی. و نجفی، ف. (۱۳۸۴). روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۵ صفحه.

۴. جلالی، ا. و صالحی، ف. (۱۳۹۴). تأثیر کاربرد نیتروژن و تقسیط آن بر عملکرد، درصد ماده خشک غده و شاخص برداشت سیب‌زمینی رقم مارفونا. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۵ (۱۵)، ۸۳–۹۲.

5. Agegnehu, G., Srivastava, A. K., & Bird, M. I. (2017). The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. Applied Soil Ecology, 119, 156–170.
6. Akkamis, M., & Caliskan, S. (2023). Responses of yield, quality and water use efficiency of potato grown under different drip irrigation and nitrogen levels. Scientific Reports, 13(1), 9911.
7. Ekelöf, J. (2007). Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization (Vol. 2007, No. 2). SLU, Horticulture.
8. Fageria, N. K., Slaton, N. A., & Baligar, V. C. (2003). Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. Journal of Plant Nutrition, 26(9), 1673–1704.
9. Garg, S., & Bahl, G. S. (2008). Phosphorus availability to maize as influenced by organic manures and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. Bioresource Technology, 99(13), 5773–5777.
10. Goulding, K. W. T. (2016). Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. Soil Use and Management, 32(3), 390–399.
11. Guo, J. H., Liu, X. J., Zhang, Y., Shen, J. L., Han, W. X., Zhang, W. F., ... & Zhang, F. S. (2010). Significant acidification in major Chinese croplands. Science, 327(5968), 1008–1010.
12. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular, 939, 1–19.

13. Preza-Fontes, G., Pittelkow, C. M., Greer, K. D., Bhattarai, R., & Christianson, L. E. (2021). Split-nitrogen application with cover cropping reduces subsurface nitrate losses while maintaining corn yields. Journal of Environmental Quality, 50, 1408–1418.
14. Rayne, N., & Aula, L. (2020). Livestock manure and the impacts on soil health: A review. Soil Systems, 4(4), 64.

The Effect of Poultry Manure–Nitrogen Combination and Nitrogen Splitting Regimes on Soil Chemistry and Tuber Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Agria

Behzad Khodabandehlou[1], Shahrokh Jahanbin[2], Rahim Motalebifard[3], Hojatollah Latifmanesh[2]*, Hamid Alahdadi[1]

1-M.Sc. Graduate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran (*Corresponding author: h.latifmanesh@yu.ac.ir)
3- Assistant Professor of Soil and Water Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of East Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran.

Abstract
To evaluate the response of potato (cv. Agria) to different nitrogen levels from poultry manure and urea, a field experiment was conducted in Bahar, Hamadan province, Iran. The study was arranged as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications. The main factor included five fertilizer treatments (200 kg N from urea, 160N + 4 t ha^{-1} poultry manure, 120N + 8 t ha^{-1}, 80N + 12 t ha^{-1}, and 40N + 16 t ha^{-1} poultry manure), while the sub-factor involved three nitrogen splitting methods (single application at emergence, two splits at emergence and hilling, and three splits at emergence, hilling, and pre-flowering). Results indicated that integrated application of urea and poultry manure had more favorable effects on soil chemical properties and tuber quality compared with sole urea. Poultry manure, through increasing cation exchange capacity and releasing organic compounds, significantly enhanced available phosphorus and moderated soil pH, particularly under the 40N + 16 t ha^{-1} poultry manure treatment. Nitrogen splitting also played a decisive role in tuber quality, where three-split application produced the highest tuber dry matter, while two-split application maximized starch content. Overall, integrated management of organic and chemical fertilizers, along with optimized nitrogen splitting, not only improved soil conditions (pH and available phosphorus) but also enhanced tuber quality traits in potato.
Keywords: Nitrogen splitting, Potato, Soil available phosphorus, Poultry manure, Tuber starch