بسم الله الرحمن الرحيم

١٤٤٤٠

دانشگاه ارومیه

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

عنوان:

تعیین مقدار ازت برگ چغندرقند با استفاده از روش پردازش تصویر و مدل سازی به وسیله شبکه‌های عصبی

پژوهشگر:

پرویز احمدی مقدم

اساتید راهنما:

دکتر محمد علی حداد درفشی

دکتر ماهرخ غنی شایسته

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی (Ph.D)

در رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

مرداد ۱۳۸۹

۱۳۸۹/۹/ ۸

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است

۱۴۶۴۴۰

پایان نامه آقای پرویز احمدی مقدم به تاریخ ۸۹/۵/۲ به شماره -۲ک مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی ونمره ۱۹/۳۱ قرار گرفت.

۱-استاد راهنمای اول و رئیس هیئت داوران :

۲-استاد راهنمای دوم:

۳-استاد مشاور :

٤-داور خارجی :

محمودی

٥-داور داخلی :

٦- نماینده تحصیلات تکمیلی :

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تقدیم به همسر مهربانم

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس خدایی را سزاست که تیر حتمی قضایش را هیچ سپری نمی‌شکند و لطف و محبت و هدایتش را هیچ مانعی باز نمی‌دارد. جهل و نادانی من و عصیان و گستاخی من، تو را باز نداشت از اینکه راهنمایی‌ام کنی به سوی صراط قربتت و موفقم گردانی به آنچه رضا و خشنودی توست.

پس

هرگاه که تو را خواندم، پاسخم گفتی؛

هرچه از تو خواستم، عنایتم فرمودی؛

و هر زمان که شکرت را بر جا آوردم، بر نعمتهایم افزودی؛

...خدایا!

.....خدایا!

چکیده

تخمین دقیق وضعیت نیتروژن گیاه برای مدیریت موثر کود نیتروژن در طول دوره رشد گیاه در مزرعه، ضروری می‌باشد. به کاربردن تکنولوژی کوددهی متغیر نیتروژن در مزرعه یکی از محورهای اصلی مدیریت دقیق تولید محصول می‌باشد که راندمان کوددهی را افزایش داده و باعث کاهش آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردد. استفاده از این تکنولوژی، نیازمند تعیین دقیق و لحظه‌ای وضعیت نیتروژن گیاه در مزرعه می‌باشد. در این تحقیق برای اولین بار، از روش پردازش تصاویر رنگی برای تعیین وضعیت نیتروژن برگ‌های چغندرقند استفاده شده است. آزمایشات در اتاق فیتوترون انجام شد و شش سطح مختلف کوددهی (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار) در پنج تکرار در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی بر روی رقم جلگه ۷۱۱۲ چغندرقند که در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۲ سانتیمتر کشت شده بود، در نظر گرفته شد. مقدار کلروفیل برگ های چغندرقند در طول دوره رشد توسط دستگاه کلروفیل‌سنج مدل SPAD 502 اندازه‌گیری گردید. هدف اصلی در این تحقیق، ارزیابی و ارائه یک مدل جدید و کم هزینه برای تخمین نیتروژن گیاه با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال رنگی می باشد. دو فضای رنگی و یک فضای سطح خاکستری برای تخمین مقدار کلروفیل برگ بر اساس مولفه های اصلی تصویررنگی (قرمز، سبز و آبی) گرفته شده توسط دوربین دیجیتالی معمولی به کار گرفته شد. همچنین یک مدل شبکه عصبی برای تخمین مقدار نیتروژن برگ های چغندرقند ارائه گردید. مدل شبکهٔ عصبی بر اساس ویژگی‌های رنگی استخراج شده از تصویر عمل می‌کند.

اگر چه مدل سطح خاکستری رابطه خوبی با مقدار کلروفیل برگ نشان داد (R^2=۰/۷۹) و نیز زمان کمتری برای پردازش تصویر نیاز داشت (تقریبا نصف زمان پردازش تصویر در فضای رنگی) اما مدل $2R-B$ در فضای رنگی بیشترین همبستگی را برای تخمین مقدار کلروفیل برگ نشان داد (R^2=۰/۹۱). نتایج این تحقیق نشان داد همبستگی بالایی بین مقادیر تخمین زده شدهٔ نیتروژن برگ بوسیله مدل شبکه عصبی و مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده بوسیله کلروفیل‌سنج وجود دارد (R^2=۰/۹٤). بررسی نتایج نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی در مقایسه با مدل‌های رگرسیون خطی عملکرد بهتری دارد.

لغات کلیدی: اندازه‌گیری از راه دور، پردازش تصویر، چغندرقند، شبکه عصبی، کشاورزی دقیق، کلروفیل سنج، کوددهی متغیر، نیتروژن.

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
۱ فصل اول	مقدمه	۱
۱-۱	چغندر قند	۲
۱-۲	کوددهی متغیر غیر فعال	۳
۱-۳	کوددهی متغیر فعال	٤
۱-٤	اهداف تحقیق	٥
۲ فصل دوم	تئوری و پیشینه تحقیق	٦
۲-۱	روش‌های اندازه گیری مقدار ازت برگ	٦
۲-۱-۱	آنالیز نمونه خاک	٦
۲-۱-۲	اندازه گیری کلروفیل گیاه	۸
۲-۱-۲-۱	ساختمان برگ	۹
۲-۱-۲-۲	روش‌های مخرب اندازه گیری کلروفیل برگ	۱۰
۲-۱-۲-۳	روش‌های غیر مخرب اندازه گیری کلروفیل برگ	۱۱
۲-۱-۳	سیستم های اندازه گیری از راه دور	۱۳
۲-۱-۳-۱	اندازه‌گیری از راه دور	۱۳
۲-۱-۳-۲	سیستم اندازه گیری از راه دور نوری	۱٥
۲-۱-۳-۳	سیستم اندازه گیری از راه دور مایکروویو (رادار)	۱٦
۲-۲	بینایی ماشین و پردازش تصویر	۱۸

۲-۲-۱	پردازش رنگی تصویر دیجیتال	۲۰
۲-۲-۱-۱	مدل RGB	۲۲
۲-۲-۱-۲	مدل CMY	۲۳
۲-۲-۱-۳	مدل YIQ	۲۳
۲-۲-۱-٤	مدل YC_rC_b	۲٤
۲-۲-۱-٥	مدل HIS	۲٤
۲-۳	شبکه های عصبی مصنوعی	۲٥
۲-۳-۱	مدل ریاضی نرون های عصبی	۲٦
۲-۳-۲	تابع محرک (تابع انتقال)	۲۷
۲-۳-۳	شبکه پرسپترون	۲۹
۲-۳-۳-۱	قانون یادگیری پس انتشار خطا در شبکه پرسپترون	۲۹
۲-۳-٤	معماری شبکه های عصبی	۳۱
۲-۳-٤-۱	معیار توقف	۳۱
۲-۳-٤-۲	تقسیم داده ها	۳۱
۲-۳-٤-۳	انتخاب شبکه و نوع آلگوریتم	۳۲
۲-۳-٤-٤	تعیین نرونهای لایه پنهان	۳۲
۲-۳-٤-٥	تعیین وزن ها و بایاس ها	۳۲
۲-۳-٤-٦	توابع فعالیت	۳۲
۲-٤	چغندر قند	۳۲
۲-٤-۱	عناصر غذایی مورد نیاز چغندرقند	۳٤
۲-٤-۲	کمبود ازت و علائم آن	۳٥
۲-٥	مروری بر تحقیقات گذشته	۳٦
۲-٥-۱	کاربرد سیستم اندازه گیری از راه دور در تخمین ازت برگ	۳۸
۲-٥-۲	کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در کشاورزی	٤٤
۳	**فصل سوم مواد و روش‌ها**	**٤۷**
۳-۱	محیط کشت و تهیه خاک	٤۷

۳-۲	کاشت محصول	۵۰
۳-۲-۱	تعیین مقدار آب مورد نیاز	۵۳
۳-۳	آزمایش تنش آبی	۵٤
۳-٤	تهیه عکس و اندازه گیری کلروفیل برگ	۵۵
۳-٤-۱	تصاویر برگهای مختلف	۵۸
۳-٤-۲	اندازه گیری کلروفیل برگ	۵۹
۳-۵	پردازش تصویر و استخراج ویژگی های چغندر قند به منظور تخمین ازت برگ	٦۱
۳-۵-۱	پردازش مقدماتی تصویر	٦۲
۳-۵-۱-۱	جداسازی زمینه از برگ	٦۳
۳-۵-۱-۲	حذف نویزهای تصویر	٦۷
۳-۵-۲	پردازش نهایی تصویر و استخراج ویژگی در فضای رنگی	٦۹
۳-۵-۲-۱	شاخص سبزی	۷۰
۳-۵-۲-۲	شاخص زردی	۷۰
۳-۵-۲-۳	شاخص های رنگی	۷۱
۳-۵-۳	پردازش نهایی تصویر در فضای سطح خاکستری	۷۲
۳-٦	اندازه گیری عملکرد اندام هوایی گیاه	۷۳
۳-۷	مدل شبکه عصبی	۷۳
۳-۷-۱	نرمال سازی داده ها برای ورود به شبکه	۷٦
۳-۸	ارزیابی عملکرد مدل های ارائه شده	۷۷
٤	**فصل چهارم نتایج و بحث**	**۷۹**
٤-۱	تخمین مقدار ازت برگ با استفاده از مدل رگرسیون خطی	۷۹
٤-۱-۱	فضای رنگی RGB	۸۰
٤-۱-۱-۱	بررسی عملکرد مدل های استخراج شده و مقایسه با نتایج پاگولا و همکاران (۲۰۰۹)	۹۱
٤-۱-۱-۲	امکان استفاده از مدل حاصل در شرایط مزرعه	۹۳
٤-۱-۲	تخمین مقدار ازت برگ در فضایHSI	۹٤

٤-١-٣	تخمین مقدار ازت برگ در فضای سطح خاکستری	٩٤
٤-٢	تخمین مقدار ازت برگ چغندرقند با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی	٩٥
٤-٢-١	انتخاب ورودیهای شبکه عصبی پرسپترون چند لایه	٩٦
٤-٢-١-١	انتخاب آلگوریتم آموزشی برای بهینه سازی پرسپترون چند لایه	٩٧
٤-٢-١-٢	انتخاب تابع انتقال مناسب برای شبکه عصبی	٩٨
٤-٢-١-٣	بهینه سازی اپک های شبکه و تعداد نرون های مناسب در لایه مخفی	٩٩
٤-٣	تخمین مقدار ازت کل بوته چغندرقند با استفاده از شبکه عصبی	١٠٥
٤-٣-١	جداسازی بوته های ضعیف چغندرقند از بوته های با ازت کافی	١١٠
٤-٤	بررسی اثر تنش آبی بر مقدار کلروفیل برگ و شاخص های رنگی تصویر	١١٣
٤-٥	مقدار جذب ازت و عملکرد محصول در طول فصل رشد	١١٨
٥	**فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات**	**١٢٠**
	منابع	١٢٣

فهرست شکل‌ها

شماره	عنوان شکل	صفحه
۱-۱	اجزای مختلف کودپاش با دبی متغیر	۳
۱-۲	سیکل ازت بین خاک و اتمسفر	۷
۲-۲	ساختمان داخلی یک برگ سبز سالم	۹
۲-۳	خصوصیات طیفی یک برگ سبز سالم	۱۰
۲-٤	مدل ساده نور دریافت شده بوسیلهٔ برگ	۱۱
۲-٥	روش اندازه گیری کلروفیل توسط کلروفیل سنج	۱۲
۲-٦	نمایی از طیف الکترومغناطیس	۱٤
۲-۷	دوربین چند طیفی مجهز به سه کانال دریافت کننده	۱٦
۲-۸	یک نمونه سیستم بینایی ماشین	۱۸
۲-۹	پاسخ لگاریتمی چشم به روشنایی	۱۹
۲-۱۰	فضای رنگ RGB	۲۲
۲-۱۱	چگونگی تشکیل تصویر رنگی در فضای RGB	۲۳
۲-۱۲	فضای رنگ HSI	۲٥
۲-۱۳	ساختار کلی شبکه عصبی مصنوعی	۲٦
۲-۱٤	تابع انتقال خطی	۲۸

۲-۱۵	تابع انتقال سیگموئیدی در نرون‌های عصبی	۲۸
۲-۱٦	تابع انتقال تانژانت هیپربولیک در نرون‌های عصبی	۲۹
۲-۱۷	توزیع میزان تولید چغندرقند در سال زراعی ۸٦ در کل کشور	۳٦
۲-۱۸	شکل شماتیک کود پاش با دبی متغیر همراه با سیستم عکس برداری	٤۱
۲-۱۹	انعکاس سطح برگ و زمینه تصویر	٤۱
۲-۲۰	رابطهٔ بین مقدار کلروفیل و الف) رنگ سبز ب) مادون قرمز پایین	٤۲
۲-۲۱	یک مثال ساده از تصویر برگ گرفته شده توسط پاگولا	٤۳
۳-۱	نمایی از اتاق فیتوترون و چغندر کشت شده	٤۸
۳-۲	بذر منوژرم چغندرقند رقم جلگه ۷۱۱۲	۵۰
۳-۳	گلدان‌های پلاستیکی همراه با کاغذ صافی	۵۱
۳-٤	ترازوی دیجیتالی برای وزن کردن کود اوره	۵۱
۳-۵	وزن گلدان پس از آبیاری	۵٤
۳-٦	مراحل تخمین مقدار ازت چغندرقند	۵۵
۳-۷	تیمارهای مختلف ۳ روز پس از کوددهی مرحله دوم	۵٦
۳-۸	تیمارهای مختلف ۳ روز پس از مرحله سوم کوددهی	۵۷
۳-۹	تیمارهای مختلف ۱۵ روز پس از مرحله سوم کوددهی	۵۷
۳-۱۰	نورپردازی اتاق فیتوترون	۵۸
۳-۱۱	برگ های بریده شده با مقدار ازت متفاوت	۵۹
۳-۱۲	کلروفیل سنج (SPAD 502)	٦۰
۳-۱۳	روش اندازه‌گیری کلروفیل برگ با دستگاه کلروفیل سنج	٦۱

۳-۱٤	زمینه های مختلف برای تصویر برداری	٦۲
۳-۱۵	هیستوگرامی از یک تصویر خاکستری با اشیاء سفید بر روی پس زمینه تیره (گونزالز و وودز ۲۰۰۸)	٦۳
۳-۱٦	هیستوگرام مربوط به دو گروه شیء روشن بر روی پس زمینه تیره.	٦٤
۳-۱۷	تصویر واقعی یک برگ چغندرقند با کلروفیل متوسط	٦٤
۳-۱۸	شدت های مولفه قرمز، سبز و آبی مربوط به تصویر ۳-۱۷	٦۵
۳-۱۹	نمودار هیستوگرام مولفه های قرمز و سبز تصویر برگ سبز	٦۵
۳-۲۰	فیلترهای پایین گذر الف) ایده آل، ب) باترورث، ج) گوسی (گونزالز و وودز ۲۰۰۸)	٦۸
۳-۲۱	پردازش مقدماتی تصویر برگ الف) عکس اصلی ب) مولفه رنگ سبز ج) حذف زمینه تصویر د) حذف نویزهای تصویر	٦۹
۳-۲۲	تصویر اصلی یک برگ، ب) تصویر سطح خاکستری برگ، ج) هیستوگرام برگ، د) شدت سطح خاکستری در ۱٦۰ پیکسل	۷۲
۳-۲۳	شماتیک شبکه عصبی پرسپترون با دو لایه میانی	۷٤
٤-۱	همبستگی بین کلروفیل اندازه‌گیری شده و مولفهٔ رنگ قرمز در تصویر برگ	۸۱
٤-۲	همبستگی بین کلروفیل اندازه‌گیری شده و مولفهٔ رنگ سبز در تصویر برگ.	۸۱
٤-۳	همبستگی بین کلروفیل اندازه‌گیری شده و مولفهٔ رنگ آبی در تصویر برگ	۸۲
٤-٤	مدل رنگی RGB	۸٤
٤-۵	تغییرات مقادیر رنگ‌های اصلی در طول مشخصی از یک برگ با کلروفیل کم	۸۵
٤-٦	تغییرات مقادیر رنگ‌های اصلی در طول مشخصی از یک برگ با درصد کلروفیل متوسط	۸۵
٤-۷	تغییرات مقادیر رنگ‌های اصلی در طول مشخصی از یک برگ با درصد کلروفیل بالا	۸٦
٤-۸	رابطه بین شاخص زردی و مقدار کلروفیل برگ	۸۸
٤-۹	رابطه بین شاخص R-B و مقدار کلروفیل برگ	۹۰

٤-١٠	رابطه بین شاخص 2R-B و مقدار کلروفیل برگ	٩٠
٤-١١	رابطه بین شاخص 2R+G-B و مقدار کلروفیل برگ	٩١
٤-١٢	مثالی از تصویر برگ گرفته شده توسط پاگولا و همکاران (٢٠٠٨)	٩٢
٤-١٣	همبستگی مقدار کلروفیل اندازه‌گیری شده و مولفهٔ شدت (Intensity) در فضای رنگی HSI در تصویر برگ	٩٤
٤-١٤	همبستگی بین کلروفیل اندازه‌گیری شده و سطح خاکستری تصویر	٩٥
٤-١٥	مقایسه نتایج مرحله تست مدل شبکه پرسپترون چند لایه برای داده های اندازه گیری شده و پیش بینی شده با چهار نرون در لایه مخفی	١٠٣
٤-١٦	مقایسه نتایج مرحله تست مدل شبکه پرسپترون چند لایه برای داده های اندازه گیری شده و پیش بینی شده با هفت نرون در لایه مخفی	١٠٣
٤-١٧	همبستگی بین مقدار ازت اندازه گیری شده و تخمین زده شده در برگ چغندر قند بوسیله شبکه با هفت نرون در لایه مخفی و تعداد تکرار ٦٥٠	١٠٤
٤-١٨	تصویر اصلی یک بوته همراه با زمینه، گلدان و خاک	١٠٥
٤-١٩	مقادیر مربوط به زمینه تصویر برابر صفر قرار داده شده است	١٠٦
٤-٢٠	خاک از تصویر استخراج و شدت پیکسلهای آن برابر صفر قرار داده شد	١٠٧
٤-٢١	تصویر نهایی پس از حذف زمینه، خاک و گلدان	١٠٨
٤-٢٢	همستگی خطی بین داده های تخمین زده شده توسط مدل 2R-B و داده های واقعی اندازه گیری شده کلروفیل	١٠٩
٤-٢٣	نتایج آنالیز شکل ٤-١٦ برگهای دارای ازت کم را تشخیص داده است	١١١
٤-٢٤	حذف نویز با استفاده از دیسکی به قطر ٣ پیکسل	١١٢
٤-٢٥	حذف نویز با استفاده از دیسکی به قطر ٢ پیکسل	١١٢
٤-٢٦	نمودار مولفه های اصل رنگ در تیمار بدون تنش آبی	١١٤

٤-٢٧	نمودار مولفه های اصل رنگ در تیمار ۵۰٪ تنش آبی	١١٤
٤-٢٨	نمودار مولفه های اصل رنگ در تیمار ۲۵٪ تنش آبی	١١٥
٤-٢٩	مقایسه رشد تیمار الف) بدون تنش آبی و ب) تیمار با ۵۰٪ تنش آبی	١١٦
٤-٣٠	مقدار کلروفیل تیمارهای مختلف در طول فصل رشد	١١٨

فهرست جدول‌ها

شماره	عنوان جدول	صفحه
۳-۱	تنظیمات مربوط به دما، رطوبت و نور برای رشد چغندرقند در اردیبهشت و خرداد	٤٨
۳-۲	نتایج آنالیز چهار نمونه خاک از نظر مقدار کربن آلی	٤٩
۳-۳	خصوصیات خاک مورد استفاده	٥٠
۳-٤	کود مورد نیاز هر گلدان	٥٢
۳-٥	مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری تیمارهای مربوط به تنش آبی	٥٥
۳-٦	شاخص‌های رنگی برای آنالیز تصویر	٧١
٤-١	معادلات به دست آمده برای شاخص‌های رنگی به همراه ضریب تبیین	٨٩
٤-٢	مقایسه عملکرد مدل های رگرسیون خطی	٩٣
٤-٣	نمونه داده های آموزشی واقعی و نرمال شده جهت آموزش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه	٩٧
٤-٤	تعیین بهترین آلگوریتم آموزشی با استفاده از داده‌های آموزشی	١٠٠
٤-٥	تعیین بهترین تابع انتقال با استفاده از داده‌های آموزشی	١٠١
٤-٦	بهینه‌سازی تعداد نرون‌های مدل پرسپترون چند لایه ساختار اول با ۳۰۰ اپک	١٠١
٤-٧	بهینه‌سازی تعداد نرون‌های مدل پرسپترون چند لایه ساختار اول با ۳٥۰ اپک	١٠١
٤-٨	بهینه‌سازی تعداد نرون‌های مدل پرسپترون چند لایه ساختار اول با ٤۰۰ اپک	١٠١
٤-٩	بهینه‌سازی تعداد نرون‌های مدل پرسپترون چند لایه ساختار اول با ٤٥۰ اپک	١٠٢

٤-١٠	بهینه‌سازی تعداد نرون‌های مدل پرسپترون چند لایه ساختار اول با ٥٠٠ اپک	١٠٢
٤-١١	مشخصات کلی شبکه بهینه پرسپترون چند لایه به منظور تخمین مقدار ازت برگ	١٠٩
٤-١٢	بررسی عملکرد مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیون خطی در تخمین مقدار ازت برگ	١٠٩
٤-١٣	نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مربوط به تنش آبی	١١٣
٤-١٤	محاسبه میانگین مولفه‌های اصلی رنگ در تصویر مربوط به تنش آبی ٣٠ روز پس از جوانه زنی	١١٣
٤-١٥	محاسبه میانگین مولفه‌های اصلی تصویر و شاخص سطح برگ در ٤٠ روز پس از جوانه زنی	١١٦
٤-١٦	محاسبه میانگین مولفه‌های اصلی تصویر و شاخص سطح برگ در ٥٠ روز پس از جوانه زنی	١١٧
٤-١٧	مقدار کلروفیل تیمارهای مختلف در طول فصل رشد	١١٧
٤-١٨	نتایج تجزیه آماری عملکرد محصول در تیمارهای مختلف کوددهی متغیر نیتروژن	١١٧

۱ مقدمه

در سال‌های اخیر افزایش نگرانی درباره مصرف کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی و آلوده‌گی‌های زیست محیطی، محققین کشاورزی را بر آن داشته تا درباره بهبود مدیریت مصرف کود، راه‌کارهایی را پیشنهاد کنند. یکی از مشکلاتی که امروزه در جوامع بشری بیشتر مشاهده می‌شود، افزایش انواع سرطان، بیماری‌های مزمن، اختلالات کبدی و بیماری‌های تنفسی بوده که از مهمترین دلایل آن ورود سموم دفع آفات نباتی و دیگر آلودگی‌های شیمیایی از خاک و آب‌های آلوده به مواد غذایی می‌باشد.

امروزه در بیشتر کشورها، کوددهی مزارع کشاورزی بدون توجه به تغییرات حاصلخیزی خاک صورت گرفته و برای تمامی قسمت‌های مزرعه بصورت یکنواخت انجام می‌شود. این مسئله باعث افزایش مصرف کود و آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردد. در کشورهای پیشرفته، توسعه کشاورزی دقیق[1] و استفاده از تکنولوژی دبی متغیر[2] (VRT) به سرعت در حال پیشرفت می‌باشد. استفاده کمتر از مواد شیمیایی و تبدیل حوزهٔ مدیریتی به ابعاد بسیار کوچک در سطح مزرعه از اصول اساسی کشاورزی دقیق می‌باشد.

از جمله عناصر غذایی مهم برای رشد گیاه، ازت می‌باشد. با توجه به کمبود ازت در بیشتر خاک‌های کشاورزی، مصرف کود ازت در بخش کشاورزی بیش از سایر کودهای شیمیایی می‌باشد. از طرفی مصرف بیش از اندازه آن اثرات منفی در کیفیت آب و اکوسیستم موجودات زنده دارد. آبشویی ازت به آب‌های زیرزمینی، مشکلات اساسی را برای موجودات زنده بوجود می‌آورد. به عنوان مثال مصرف این آب‌ها موجب کمبود اکسیژن در بافت بدن موجودات زنده می‌گردد. بنابراین فقط با کوددهی دقیق ازت در سطح مزرعه می‌توان به محصول فراوان با کمترین هزینه و نیز کمترین اثرات مخرب زیست محیطی دست یافت.

مصرف مناسب و دقیق ازت در اراضی کشاورزی در سودبخشی، پایداری و اقتصادی بودن کشاورزی اهمیت زیادی دارد. علاوه بر این، ازت گیاه، عامل مناسبی برای تخمین انرژی رشد گیاه می‌باشد تا توسط آن بتوان پتانسیل عملکرد محصول را برآورد کرد. اندازه‌گیری دقیق ازت خاک کلیدی برای اطمینان از سودبخشی تولید محصول می‌باشد. تخمین ازت در اوایل رشد گیاه به تعیین میزان ازت اضافی مورد نیاز آن در بقیهٔ دورهٔ رشد کمک زیادی می‌کند.

---

[1] Precision Agriculture
[2] Variable Rate Technology

در کشاورزی مرسوم، فرض می‌شود که تمامی خاک مزرعه از نظر حاصلخیزی یکنواخت و همگن می‌باشد. بنابراین در سیستم کودپاشی مرسوم، تمام نقاط مزرعه به یک اندازه کود دریافت می‌کنند. این مسئله باعث افزایش مصرف کود و بالا رفتن هزینه‌های تولید می‌گردد. اما زمین‌های کشاورزی از نظر حاصلخیزی متغیر بوده و مطلوب آن است که مقدار کود با توجه به نیاز گیاه و شرایط خاک اعمال گردد. کوددهی ازت با آهنگ (دبی) متغیر یکی از روش‌هایی است که می‌توان برای کاهش اثرات مخرب زیست محیطی و افزایش بازده کوددهی استفاده کرد.

در سیستم مدیریت دقیق محصول[1] (کشاورزی دقیق) مقدار مصرف عناصر غذایی با توجه به نیاز گیاه می‌باشد. بنابراین در این سیستم ابتدا باید نیاز گیاه به عناصر غذایی مشخص گردد و سپس بر اساس آن مقدار مصرف کود توصیه می‌شود. سیستم مدیریت دقیق محصول، تکنولوژی و اطلاعاتی است که ظرفیت تشخیص، آنالیز و مدیریت متغیرهای زمانی محصول را در درون مزرعه جهت بهینه کردن سود بخشی، پایداری و حفاظت از محیط زیست را دارد (ساین[2] و همکاران ۲۰۰۲).

یکی از مولفه‌های اصلی مدیریت دقیق محصول استفاده از تکنولوژی دبی متغیر می‌باشد که برای یک مکان مشخص اجازه کاربرد متغیر ورودی‌های محصول (کود، علف‌کش، حشره‌کش و بذر) را می‌دهد. استفاده از این تکنولوژی در روش‌های مرسوم مدیریت کشاورزی امکان پذیر نمی‌باشد. زیرا در این روش‌ها فرض می‌کنند که مزرعه از المان‌های کاملا یکنواخت تشکیل شده است. اجرای موثر کوددهی متغیر نیتروژن در سطح مزرعه، بستگی به توانایی تشخیص وضعیت ازت گیاه در هنگام اجرای کودپاشی دارد. بنابراین روش‌های سریع و غیرمخرب تعیین ازت گیاه یک فاکتور مهم و اساسی در مدیریت کوددهی می‌باشد.

برای اجرای کوددهی متغیر نیتروژن در سطح مزرعه باید کارهای زیر صورت گیرد (شکل ۱-۱):

الف) تعیین لحظه‌ای مقدار ازت گیاه با استفاده از تکنیک‌های غیر مخرب.

ب) طراحی و ساخت قسمت‌های مختلف یک کودپاش با دبی متغیر که قابلیت تغییر مقدار پاشش کود را داشته باشد.

ج) طراحی و ساخت عملگرهای رابط بین سیستم اندازه‌گیری مقدار ازت گیاه و کودپاش با دبی متغیر.

د) کالیبره کردن دستگاه در شرایط واقعی مزرعه برای بهبود عملکرد آن.

با توجه به اهمیت بند الف و اینکه اولین مرحله در اجرای کوددهی متغیر نیتروژن می‌باشد، این تحقیق بر بند الف متمرکز شده و هدف آن ارائه یک مدل ارزان قیمت، ساده و دقیق برای تعیین مقدار ازت چغندرقند می‌باشد.

۱-۱ چغندرقند

چغندرقند یکی از مهمترین محصولات کشاورزی در دنیا و ایران به شمار می‌آید که در زراعت آن مقدار زیادی کود ازت برای رسیدن به محصول بیشتر مصرف می‌گردد. مصرف زیاد کود ازت باعث افزایش مقدار ماده

[1] Precision Crop Management (PCM)
[2] Singh