مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۲۲

موضوع :

شبیه سازی کمبود آب و عملکرد محصول سیب زمینی در منطقه کبک در کشور کانادا

تألیف :

محمد حسین مهدیان[1]

چکیده

کمبود آب در طول فصل رشد منجر به تحمیل استرس به گیاه شده به نحوی که رشد طبیعی آن را تحت الشعاع قرار می‌دهد. در شهر کبک علیرغم بارندگی قابل توجه در طول فصل رشد، بدلیل عدم توزیع مناسب آن، کمبود آبی یکی از علتهای کاهش محصول گیاه سیب زمینی می‌باشد. در همین رابطه است که این تحقیق جهت برآورد تغییرات ناحیه‌ای کمبود آبی به انجام رسیده است و همچنین با آن افزایش عملکرد محصول در اثر حذف کمبود آبی مورد بررسی قرار گرفته است.

جهت انجام این تحقیق از مدل SUBSTOR استفاده شده که امکان مطالعه شرایط فاریاب و دیم امکان‌پذیر می‌سازد. بطور کلی آبیاری زمانی صورت گرفته که ۳۰ درصد از آب قابل استفاده پروفیل خاک تخلیه شده باشد. برای بررسی تغییرات ناحیه‌ای کمبود آب و عملکرد محصول سیب زمینی، روشهای میان یابی Inverse distance to a power ، Kriging و thin plate smoothing splines در سه سطح احتمالات مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان داد که کمبود آبی معادل ۲۴۵ ، ۲۰۳ و ۱۵۹ میلیمتر به ترتیب برای درصدهای احتمالی ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد حاصل شود. و همچنین درصد افزایش محصولی معادل ۱۴۲، ۷۳ و ۲۵ درصد به ترتیب برای درصدهای احتمالی ۱۰ و ۲۰ و ۵۰ درصد بدست آمد.

تحت شرایط اقلیمی منطقه کبک، اراضی با بافت سبک به دلیل کم بودن قدرت نگهداری آب در آنها، کمبود آبی بیشتری را نشان دادند. با حذف کمبود آبی ، افزایش محصول در خاکهای شنی ۳۱/۵ درصد و در خاکهای متوسط ۲۲ درصد محاسبه گردید. از بین روشهای میان یابی، روش Thin plate smoothing splines با استفاده از ارتفاع به عنوان یک متغیر کمکی با ۱۹/۶ میلیمتر دقت، مناسب‌ترین روش برای برآورد

۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی

کمبود آبیْ سالانه تشخیص داده شد. همچنین روش Inverse distance to a power با دقتی برابر ۳۵/۸ درصد مناسبترین روش برای برآورد افزایش عملکرد محصول سیب زمینی می‌باشد.

مقدمه

گیاه سیب زمینی در کلیه مراحل رشدنسبت به کمبود آب حساس می‌باشد (Lynch et al. 1995). کمبود آب، عملکرد (Wright and Stark, 1990) و کیفیت غده‌ها یعنی فرم و اندازه آنها را (Ward, 1988) را تحت الشعاع قرار می‌دهد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که کمبودآب یکی‌از دلایل‌کاهش محصول سیب‌زمینی دراستان‌کبک می‌باشد (Boisvert et al., 1992). در این منطقه علیرغم وجود باران کافی لیکن بدلیل مناسب نبودن توزیع آن، کمبود آب در طی فصل رشد مطرح می‌باشد. تأثیر کمبود آب بر عملکرد با استفاده از دو روش اندازه‌گیری مستقیم در صحرا و مدلهای ریاضی امکانپذیر می‌باشد. اندازه‌گیری‌های صحرایی کاربر بوده و هزینه زیادی را طلب می‌کنند (Feddes, 1987). در مقابل مدلهای ریاضی ضمن آسان بودن استفاده از آنها، هیچ محدودیتی از نظر بعد زمانی و مکانی ندارند.

مدلهای رشد اطلاعات نقطه‌ای می‌دهند به عبارت دیگر این مدلها اطلاعاتی در رابطه با همان مزرعه‌ای را می‌دهند که داده‌های مربوطه به مدل داده شده است و در نتیجه برون‌یابی نتایج آنها منطقی به نظر نمی‌رسد. بنابراین بسط و گسترش این نتایج در مقیاس ناحیه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (Lal et al. 1993).

معمولاً تجزیه و تحلیل داده‌ها مخصوصاً در شرایطی که ضریب تغییرات آنها زیاد باشد کار دشواری می‌باشد. در صورتیکه بتوان داده‌ها را به صورت خطوط هم مقدار (نقشه) بیان نمود، آنگاه می‌توان تفسیر تغییرات ناحیه‌ای را تا حدی انجام داد. معمولاً به دلیل کم بودن داده‌های مورد نیاز، لازم است که بطریقی تعداد داده‌ها افزایش داده شوند. در این رابطه می‌توان از روشهای میان‌یابی (spatial interpolation methods) استفاده نمود که نتیجتاً داده‌های مورد نیاز جهت رسم نقشه و یا مواردی از این قبیل را فراهم نمود. Ahmad و Marsily (۱۹۸۷) روشهای kriging وcokriging را جهت برآورد ضریب قابلیت انتقال سفره‌های آب زیر زمینی مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که روش kriging مناسب‌ترین روش برای برآورد این متغییر می‌باشند. Cook و همکاران (۱۹۹۳) روشهای مختلفی را برای برآورد نفوذ پذیری بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که Inverse distance to a power از بقیه روشها دقیق‌تر می‌باشد. مطالعه دیگری توسط ابراهیم حسینی و همکاران (۱۹۹۴) بر روی شوری پروفیل خاک سطحی صورت گرفت. این محققین اظهار داشته‌اند که روش thin plate smoothing splines از بقیه روشها، شوری را با دقت مناسبتری برآورد می‌نماید. در همین رابطه Voltz و Goulard (۱۹۹۴) روشهای مختلفی جهت برآورد رطوبت را مورد بررسی قرار دادند که نتیجه تحقیقات آنها نشان می‌دهد که روش Kriging از بقیه مناسبتر می‌باشد. بر این اساس چنین می‌توان گفت که روش مناسب میان یابی بستگی به متغیر مورد بررسی دارد. تاکنون اطلاعاتی در زمینه استفاده از روشهای میان یابی برای برآورد کمبود آب و عملکرد وجود ندارد. لذا هدف این مقاله بررسی تغییرات ناحیه‌ای کمبود آب و افزایش عملکرد سیب زمینی در اثر حذف کمبود آبی در منطقه کبک در کشور کانادا می‌باشد. در ضمن روشهای مختلف میان یابی برای برآورد این دو متغییر مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

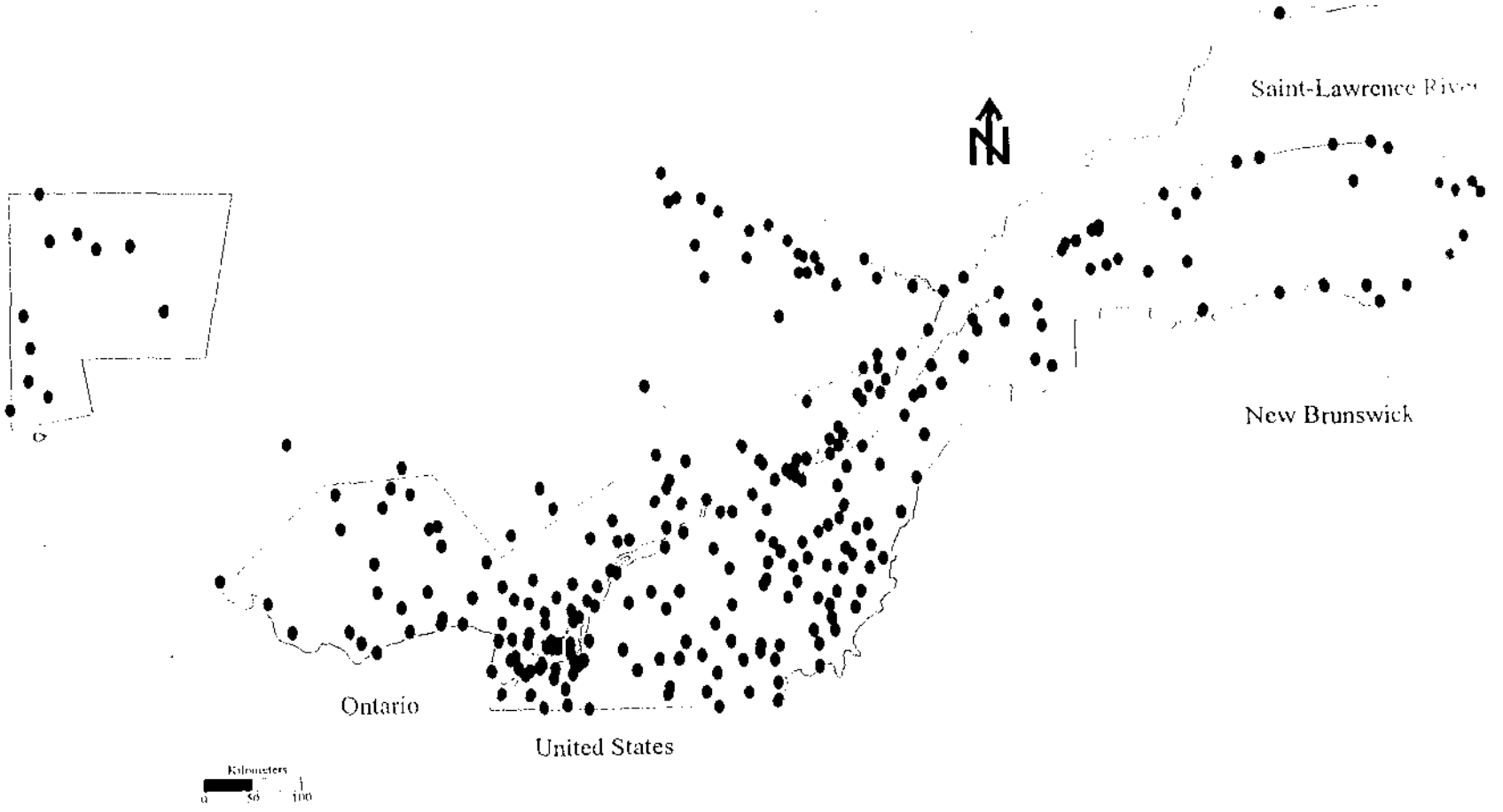
منطقه مورد مطالعه شامل استان کبک در کشور کانادا می‌باشد. که شکل ۱ موقعیت آن را نشان می‌دهد. بافت خاک منطقه بین شن و رس تغییر می‌کند. معمولاً گیاه سیب زمینی در بافتهای سبک تا متوسط کشت می‌گردد. در مجموع در محدوده مورد مطالعه در حدود ۲۷۵ ایستگاه هواشناسی وجود دارد که متوسط بارندگی آنها ۱۰۲۴ میلیمتر در سال می‌باشد که از این مقدار حدود ۴۹۰ میلیمتر آن در طول فصل زراعی یعنی بین ماه اردیبهشت تا ماه شهریور نازل می‌گردد. متوسط درجه حرارت روزانه در طول فصل زراعی بین ۰ تا ۲۳ درجه تغییر می‌کند. ذکر این نکته ضروری است که در ابتدا و در انتهای فصل رشد درجه حرارت گاهاً به زیر صفر نیز تنزل می‌کند. ارتفاع متوسط اراضی کشاورزی ۳۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد.

برآورد کمبود آب و عملکرد

همانطور که قبلاً متذکر گردید سیب زمینی معمولاً در اراضی سبک کشت می‌شود که این نوع بافت از قدرت زیادی جهت نگهداری آب برخوردار نیست. با عنایت به اینکه توزیع بارندگی در طول فصل زراعی مناسب نمی‌باشد لذا بحث آبیاری تکمیلی جهت دستیابی به عملکرد مطلوب مطرح می‌باشد. اصولاً مدیریت آبیاری بین رطوبت طرفیت زراعی و رطوبت نقطه پژمردگی اعمال می‌گردد وجهت رسیدن به یک عملکرد بهینه، فقط درصدی از رطوبت بین این دو مرز برای گیاه سهل الوصول می‌باشد (readly available water, RAW) . توصیه‌های مختلفی در رابطه با این درصد برای سیب زمینی پیشنهاد شده است. Doorenbos و Pruitt (۱۹۸۴) و James (۱۹۸۹) مقداری معادل ۲۵ درصد، Wright و Clark (۱۹۹۰) مقداری معادل ۳۰ ٪ توصیه نموده‌اند که در این تحقیق ۳۰ درصداستفاده شده‌است. خصوصیات خاکهای منطقه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاکهای استفاده شده در مدل SUBSTOR

بافت	نقطه پژمردگی	حدظرفیت‌زراعی(درصدحجمی)	
		بدون‌ماده‌آلی	با ماده آلی (۳تا۴ درصد)
شنی	۶/۲	۱۰/۷	۲۲/۳
شنی لومی	۹/۷	۱۶/۷	۲۴/۴
لومی شنی	۱۳/۵	۲۳/۳	۲۸/۱
لوم	۱۵/۸	۲۹/۴	۳۲/۲



شکل ۱- موقعیت ۲۷۵ ایستگاه هواشناسی در استان کبک

شبیه‌سازی رطوبت نیمرخ خاک و عملکرد سیب‌زمینی با استفاده از مدل SUBSTOR (Hodges et al., 1989) صورت گرفته است. جزئیات قسمتهای هیدرولوژیکی این مدل توسط Ritchie (۱۹۸۵) و نحوهٔ محاسبه پارامترهای رشد توسط Griffin (۱۹۹۱) ارائه شده است. رطوبت برآورد شده بوسیله این مدل برای سالهای ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ در یک مزرعه آزمایشی نزدیک منطقه کبک مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت (Mahdian and Gallichand, 1995). نتایج این بررسی نشان داد که دقت برآورد مدل بین ۲/۷ تا ۴/۶ درصد متغیر می‌باشد. متوسط عملکرد خشک سیب زمینی اندازه‌گیری شده ۶۹۵۹ و ۵۸۷۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای سالهای ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ بود و مقادیر عملکرد محاسبه شده توسط مدل ۶۶۸۰ و ۶۹۱۲ کیلوگرم به ترتیب برای سالهای ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ بوده است (Mahdian and Gallichand, 1997). این نتایج نشان می‌دهد که مدل، عملکرد سیب زمینی را زیاد برآورد نموده است (۴ درصد در سال ۱۹۹۲ و ۱۵ درصد در سال ۱۹۹۳). لیکن مقادیر فوق الذکر در حد مقادیر معقول برآورد شده توسط منابع دیگر می‌باشد (Kunkle and Campbell, 1987).

داده‌های مورد نیاز هواشناسی از ۲۷۵ ایستگاه که آمار آنها بین سالهای ۱۹۶۸ و ۱۹۸۲ موجود بود استفاده شده است. مدل SUBSTOR تحت دو شرایط با آبیاری و بدون آبیاری اجراء شده است. در حالت آبیاری، به محض اینکه رطوبت باقی مانده در نیمرخ خاک در ناحیه رشد به ۷۰ درصد رطوبت قابل استفاده رسید، بطور اتوماتیک آب به نیمرخ خاک اضافه شده است.

در هر دو حالت بالا فرض گردید که گیاه از نظر مواد غذایی هیچگونه محدودیتی ندارد. مدل SUBSTOR برای هر ۱۵ سال بطور جداگانه در هر ایستگاه هواشناسی (جمعاً ۲۷۵ ایستگاه) در چهار بافت خاک (لوم، شنی لومی، لومی شنی، شنی) اجرا گردید و در پایان کمبود فصلی آب محاسبه و در محاسبات آماری منظور گردید. برای هر نوع خاک و سال آماری دو مقدار برای عملکرد یکی برای شرایط بدون آبیاری و دیگری برای شرایط آبیاری بدست آمد. در نتیجه افزایش عملکرد در اثر حذف کمبود آب با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$YI = \frac{y_i - y}{y} \times 100$$

که در آن:

YI = درصد افزایش محصول،

y_i = عملکرد در شرایط آبیاری،

y = عملکرد در شرایط دیم (بدون آبیاری).

برای ۱۵ سال آماری و هر بافت خاک، مقدار کمبود آب و افزایش عملکرد محصول در اثر حذف کمبود آب به ترتیب نزولی مرتب شده و با استفاده از رابطه زیر درصد احتمال وقوع محاسبه شده است:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

که در آن:

n = تعداد سالهای آماری،

m = شماره ردیف برای مقادیر کمبود آب (mm) و یا افزایش عملکرد (٪)

بر این اساس، کمبود آب و افزایش عملکرد محصول برای درصدهای احتمالی ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد برای هر بافت خاک و در هر ایستگاه محاسبه شده است.

روشهای میان‌یابی

تعداد زیادی روش میان‌یابی بسط و توسعه داده شده است. تفاوت این روشها در فاکتور وزنی است که به داده‌های اطراف هر نقطه داده می‌شود. با عنایت به روشهای استفاده شده توسط مراجع مختلف و تجربیات کارشناسی، در این تحقیق از روشهای، Inverse distance to a power (Akima, 1978) Triangulation ، Kriging و thin plate smoothing splines (Cook et al , 1993) جهت برآورد کمبود آب و افزایش عملکرد محصول استفاده شده است. جدول ۲ روشهای فوق الذکر را به همراه علائم اختصاری آنها نشان می‌دهد که در ادامه این مقاله فقط از علائم اختصاری استفاده می‌شود.

جدول ۲- روشهای میان یابی بررسی شده در این تحقیق

علامت اختصاری	روش
	Inverse distance to a power (×)
ID - 1	$\alpha = 1$
ID - 2	$\alpha = 2$
ID - 3	$\alpha = 3$
TR	Triangulation
OK - I	Ordinary Kriging
OK - A	Anisotropic Kriging
	thin plate smoothing splines
TPSS-2	Second order derivatives
TPSS-3	Third order derivatives
TPSS-2Co	Second order derivative with covariable
TPSS-3Co	Third order derivatives with covariable

معیارهای ارزیابی نتایج

نتایج روشهای میان‌یابی با استفاده از روش Cross validation مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است. در این روش، یک نقطه مشاهده شده بصورت موقت از بین داده‌ها حذف گردیده و با اعمال روش میان یابی

مورد نظر برای نقطه حذف شده یک مقدار برآورد می‌گردد. به همین ترتیب برای سایر نقاط نیز این کار صورت می‌گیرد بطوریکه در پایان یکسری نقاط مشاهده شده و محاسبه شده وجود خواهد داشت. در این تحقیق برای مقایسه مقادیر محاسبه شده و مشاهده شده از دو پارامتر آماری زیر استفاده شده است:

$$MBE = \frac{\Sigma^{n}_{i=1}(UI_1 - US_1)}{n}$$

$$MAE = \frac{\Sigma^{n}_{i=1}|UI_1 - US_1|}{n}$$

که در آن :

MBE= انحراف (mean bias error) ،

MAE = دقت (mean absolute error) ،

n = تعداد نقاط،

US = کمبود آب و یا افزایش عملکرد محاسبه شده،

UI = کمبود آب و یا افزایش عملکرد مشاهده شده،

i = اندیس برای شماره نقاط.

بحث و نتایج

کمبود آب

نتایج بدست آمده برای کمبود آب در جدول ۳ ارائه شده است. این نتایج نشان‌می‌دهد که مقادیر برآورد شده کمبود آب برای بافتهای مختلف با واقعیت تطابق دارد. به عبارت دیگر مقادیر کمبود آب در بافت‌های سبک از بافت‌های متوسط بیشتر است که دلیل این امر کمتر بودن قدرت نگهداری آب این نوع بافتها می‌باشد. بطور متوسط برای همه خاکها، کمبود آب برای احتمال وقوع ۱۰ و ۲۰ و ۵۰ درصد به ترتیب ۲۴۵ و ۲۰۳ و ۱۵۹ میلیمتر می‌باشد. بنابراین بر اساس این نتایج کمبود آب در سالهای خشک (P= ٪۱۰) ۵۴ درصد از سالهای متوسط (P= ٪ ۵۰) بیشتر است. در سطح احتمال ۱۰ درصد، سیب زمینی بایستی تنش آبی بیشتری را در خاکهای سبک (۲۷۳ میلیمتر برای بافت شنی و ۲۴۸ میلیمتر برای بافت لوم شنی) نسبت به بافت لومی (۲۳۰ میلیمتر) تحمل می‌کند. در این رابطه مقایسه‌ای بین تبخیر و تعرق واقعی محاسبه شده بوسیله مدل برای سالهای ۱۹۶۸ تا ۱۹۸۲ (متوسط ۴۳۱ میلیمتر) و کمبود آبی صورت گرفت که حاکی از این است که بطور متوسط کمبود آب معادل ۵۷، ۴۷ و ۳۷ درصد تبخیر و تعرق واقعی به ترتیب برای سطوح احتمالی ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد می‌باشد. مقایسه این ارقام نشان می‌دهد که علیرغم بارندگی قابل توجه در این منطقه حتی در سالهای متوسط، کمبود آب درصد قابل توجهی از تبخیر و تعرق را شامل می‌گردد.

جدول ۳ - کمبود آب و افزایش عملکرد محاسبه شده توسط مدل

بافت	احتمال	کمبود آب (میلیمتر)			افزایش عملکرد (٪)		
	(٪)	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر
شنی	۱۰	۹۹	۲۷۳	۵۲۹	۱۹	۱۴۹	۵۳۳
شنی لومی	۱۰	۸۳	۲۴۸	۵۲۹	۱۴	۱۴۶	۵۹۰
لومی شنی	۱۰	۷۴	۲۲۹	۴۷۰	۱۰	۱۳۹	۵۵۰
لوم	۱۰	۶۴	۲۳۰	۴۷۷	۰	۱۳۲	۵۴۷
متوسط		۸۰	۲۴۵	۵۰۱	۱۱	۱۴۲	۵۵۵
شنی	۲۰	۹۴	۲۳۴	۳۷۲	۹	۸۰	۴۰۳
شنی لومی	۲۰	۶۶	۲۰۸	۳۶۰	۱	۷۵	۴۰۸
لومی شنی	۲۰	۵۶	۱۸۴	۳۲۹	۰	۷۰	۳۹۹
لوم	۲۰	۴۹	۱۸۶	۳۷۶	۰	۶۵	۴۶۹
متوسط		۶۶	۲۰۳	۳۵۹	۳	۷۳	۴۳۲
شنی	۵۰	۷۲	۱۹۳	۳۱۷	۰	۳۱	۹۳
شنی لومی	۵۰	۴۹	۱۶۷	۲۷۴	۰	۲۷	۹۸
لومی شنی	۵۰	۳۷	۱۴۱	۲۴۴	۱	۲۴	۹۵
لوم	۵۰	۴۳	۱۳۳	۲۵۵	۰	۱۹	۹۲
متوسط		۵۰	۱۵۹	۲۷۳	۰	۲۵	۹۵

عملکرد سیب زمینی

عملکرد محاسبه شده برای شرایط فاریاب و دیم در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، تحت شرایط دیم حداکثر محصول در حدود ۲۵/۵ تن در هکتار برای بافت متوسط و ۲۳/۸ تن در هکتار برای بافت شنی می‌باشد. در شرایط دیم، وزارت کشاورزی کانادا عملکرد متوسط را ۲۴/۶ تن در هکتار اعلام کرده است. بنابراین نتایج بدست آمده توسط این مدل با مقدار متوسط گزارش شده در منطقه همخوانی دارد.

جدول ۴- متوسط عملکرد سیب زمینی شبیه سازی شده توسط مدل

بافت	دیم (تن در هکتار)	فاریاب (تن در هکتار)
شنی	۲۳/۸	۳۱/۳
شنی لومی	۲۴/۲	۳۰/۹
لومی شنی	۲۴/۱	۳۱/۰
لوم	۲۵/۵	۳۱/۱
متوسط	۲۴/۶	۳۱/۰

عملاً امکان دارد که کشاورزان عناصر لازم را جهت رشد و نمو بهینه سیب زمینی فراهم نکنند که در نتیجه باعث کاهش محصول خواهد گردید. در ضمن تأثیر منفی علفهای هرز و آفات و بیماریهادر شبیه سازی عملکرد اعمال نشده است. تحت شرایط آبیاری، تفاوت محسوسی بین عملکردهای محاسبه شده (بافتهای مختلف) وجود ندارد. در صورت حذف کمبود آب، افزایش عملکرد در خاکهای سبک از خاکهای متوسط بیشتر است (جدول ۳). با آبیاری تکمیلی، بطور متوسط افزایش عملکرد محصول ۱۴۲، ۷۳ و ۲۵ درصد به ترتیب برای احتمالات ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد بوده است. این افزایش عملکرد با نتایج صحرایی بدست آمده مطابقت دارد (Rioux, 1987). محقق یاد شده با استفاده از آبیاری تکمیلی به افزایش محصولی در حدود ۴۲ درصد دست یافته است.

Cross Validation

نتایج مقایسه روشهای مختلف میان یابی در جدول ۵ برای کمبود آب ارائه شده است. این نتایج حاکی از این است که همه روشهای میان یابی انحراف (bias) کمی دارند که بین ۱/۵ میلیمتر برای روش TR تا ۱/۹ میلیمتر برای روش ID متغییر می‌باشد. روشهای میان یابی بر اساس افزایش دقت آنها مرتب شدند که نتایج در جدول ۵ ارائه شده است. از بین این روشها، روش TR با MAE معادل ۲۷ میلیمتر کمترین دقت را به خود اختصاص داده است. به غیر از روش TR، تفاوت دقت محاسبه شده برای روشهای دیگر قابل ملاحظه نمی‌باشد. به هر حال روش TPSS که ارتفاع را به عنوان یک متغیر کمکی در نظر گرفته است (با توانهای ۲ و ۳) از بقیه روشها دقیق‌تر می‌باشد. دقت این روش بین ۱۹/۶ میلیمتر برای روش TPSS-2Co تا ۲۰/۳ میلیمتر برای روش TPSS-3Co تغییر می‌کند. این مطلب مبین تأثیر ارتفاع بر کمبود آبی می‌باشد.

جدول ۵ - نتایج روش Cross validation برای کمبود آبی فصلی

روش	متوسط (mm)	انحراف معیار (mm)	متوسط MBE (mm)	متوسط MAE (mm)	مرتب شده بر حسب MAE
TR	۲۰۱/۴	۵۸/۸	-۱/۵	۲۷/۰	۱۰
TPSS-2	۲۰۲/۹	۴۳/۸	۰/۱	۲۱/۶	۷
TPSS-3	۲۰۳/۱	۴۴/۸	۰/۴	۲۳/۶	۹
TPSS-2Co	۲۰۲/۵	۴۴/۰	-۰/۲	۱۹/۶	۱
TPSS-3Co	۲۰۲/۵	۴۶/۴	-۰/۵	۲۰/۳	۲
OK - I	۲۰۳/۸	۴۰/۱	۰/۷	۲۱/۲	۳
OK - A	۲۰۳/۴	۴۰/۵	۰/۵	۲۱/۴	۵
ID - 1	۲۰۴/۸	۳۸/۸	۱/۹	۲۱/۸	۸
ID - 2	۲۰۴/۸	۴۰/۶	۱/۹	۲۱/۳	۴
ID - 3	۲۰۴/۷	۴۲/۰	۱/۸	۲۱/۵	۶

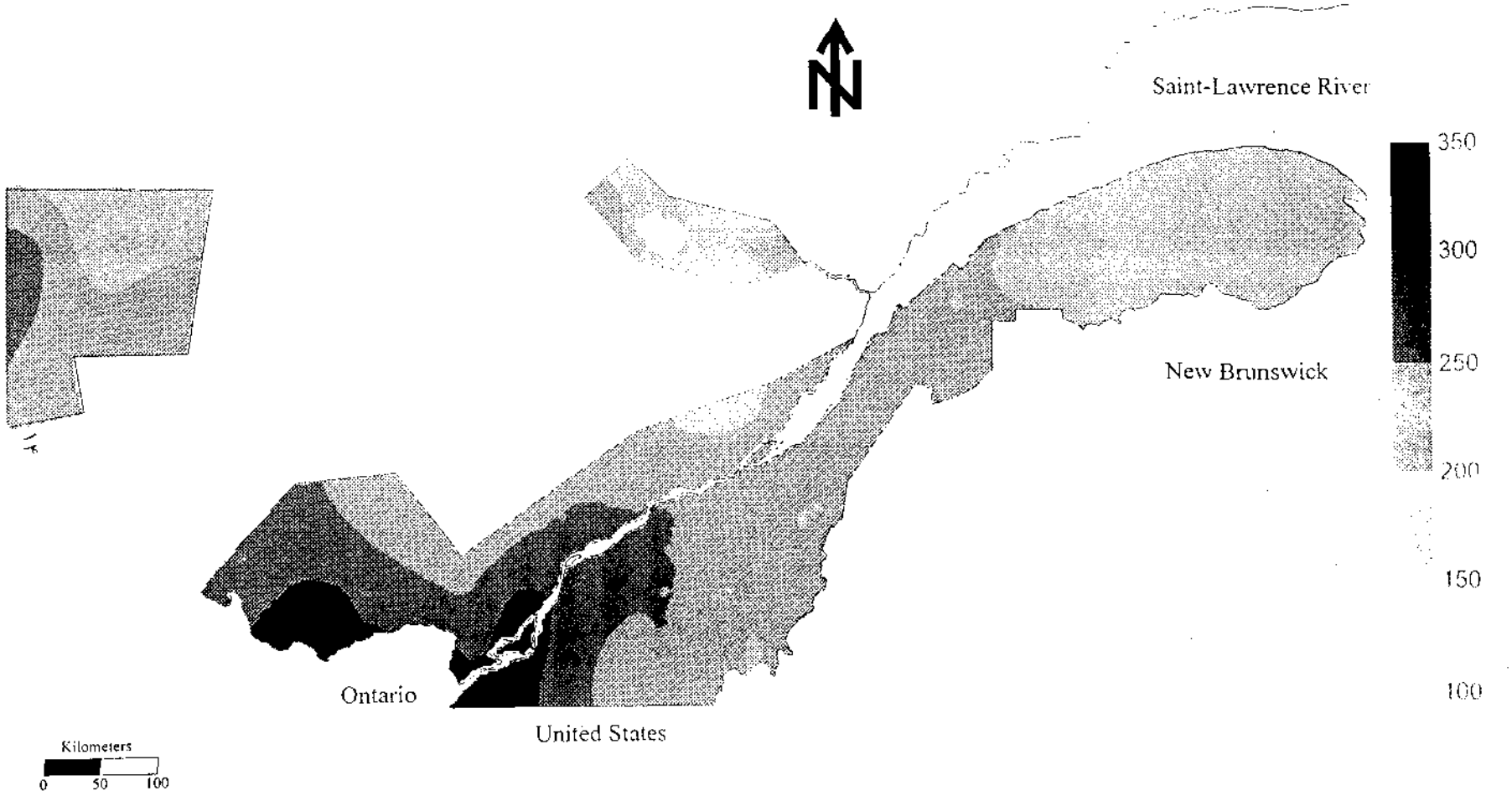
نتایج مقایسه روشهای مختلف میان یابی برای افزایش عملکرد محصول در جدول ۶ ارائه شده است. انحراف محاسبه شده (bias) برای همه روشها ناچیز بوده و بین ۲/۳- درصد برای روش TR تا ۰/۳ درصد برای روش TPSS-2Co تغییر می‌کند. دقت همه روشها کم بوده و بین ۳۵/۸ درصد برای روش ID-1 و ۵۳/۰ درصد برای روش TR تغییر می‌کند. روشهای مختلف براساس کاهش دقت مرتب شده‌اند (جدول ۶) که در نتیجه روش ID-1 از بقیه روشها دقیق‌تر می‌باشد.

نقشه کمبود آب و افزایش عملکرد محصول

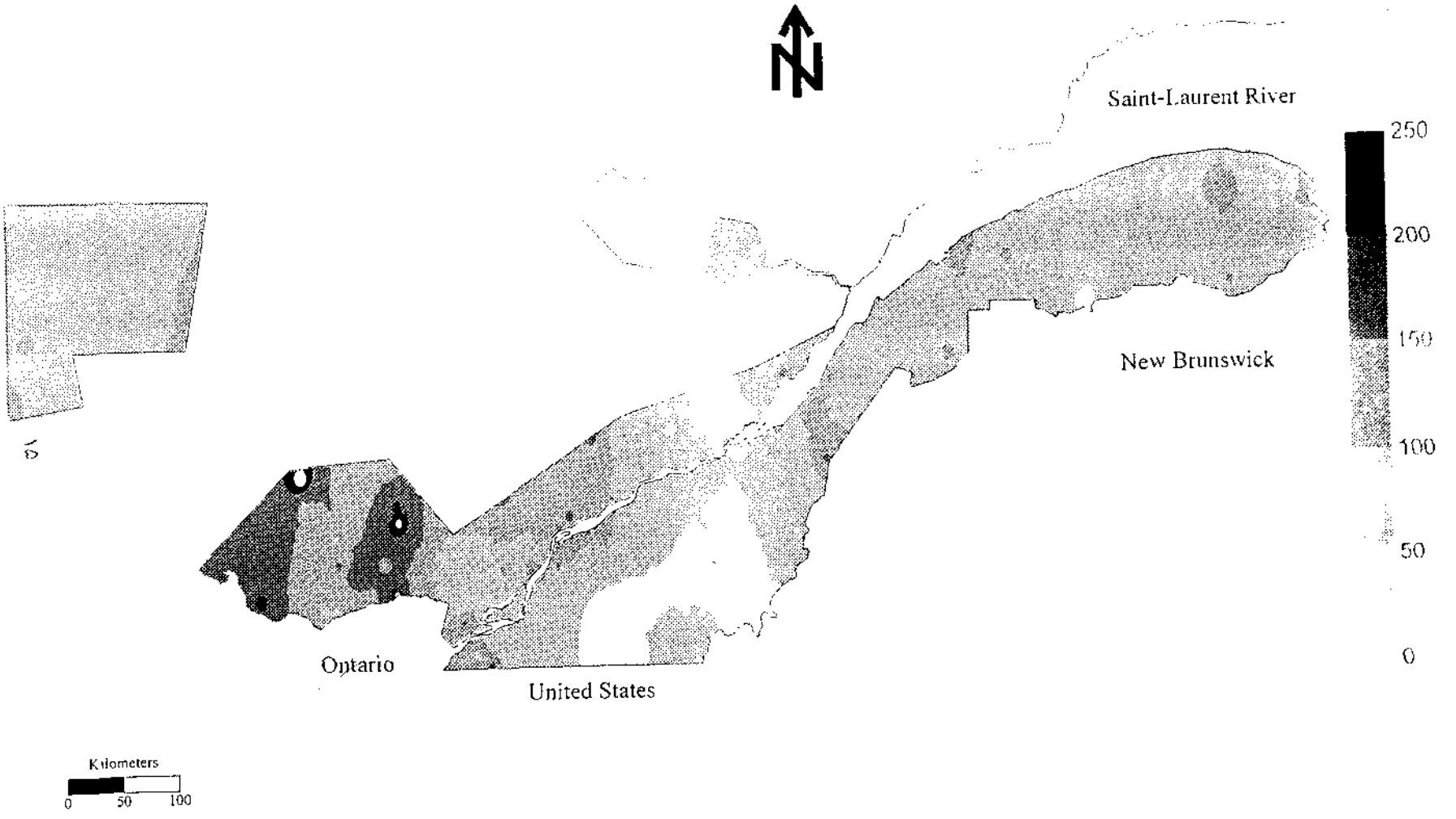
به عنوان نمونه نقشه کمبود آب با احتمال ۲۰ درصد برای بافت شنی با استفاده از روش TPSS-2Co ترسیم شده است (شکل ۲). همانطور که این شکل نشان می‌دهد کمبود آب از طرف جنوب غربی به طرف شمال شرقی کاهش می‌یابد که دلیل این امر احتمالاً این می‌تواند باشد که ظرفیت تبخیری اتمسفری در این جهت کاهش می‌یابد. به همین ترتیب شکل ۳ بر اساس روش ID-1 برای افزایش عملکرد محصول سیب زمین در خاک شنی با احتمال وقوع ۲۰ ٪ تهیه شده است. همانطور که این شکل نشان می‌دهد به غیر از ناحیه جنوب‌شرقی، افزایش عملکرد از جهت جنوب غربی به طرف شمال شرقی کاهش می‌یابد که دلیل آن کمبود آب می‌باشد. در شرایط که کمبود آب بالا می‌باشد، با اعمال آبیاری تکمیلی، گیاه استفاده بیشتری از آب برده و افزایش محصول بیشتری را نشان می‌دهد.

جدول ۶ - نتایج روش Cross - validation برای افزایش عملکرد محصول

روش	متوسط (mm)	انحراف معیار (mm)	متوسط MBE (mm)	متوسط MAE (mm)	مرتب شده بر حسب MAE
TR	۷۷/۸	۸۳/۴	-۲/۳	۵۳/۰	۱۰
TPSS-2	۸۰/۲	۳۶/۳	۰/۳	۳۷/۴	۴
TPSS-3	۷۹/۸	۴۱/۰	-۰/۲	۳۸/۸	۷
TPSS-2Co	۸۰/۲	۳۶/۹	۰/۱	۳۷/۶	۵
TPSS-3Co	۷۹/۷	۴۲/۰	-۰/۲	۳۸/۹	۸
OK - I	۷۹/۴	۳۵/۷	-۰/۶	۳۶/۹	۲
OK - A	۷۹/۱	۳۵/۸	-۰/۸	۳۷/۶	۶
ID - 1	۷۸/۰	۳۴/۷	-۱/۲	۳۵/۸	۱
ID - 2	۷۸/۸	۴۱/۴	-۰/۴	۳۷/۳	۳
ID - 3	۷۹/۳	۴۷/۲	۰/۱	۳۹/۰	۹



شکل ۲- تغییرات ناحیه‌ای کمبود آب برای خاک شنی و احتمال ۲۰ درصد



شکل ۳- تغییرات ناحیه‌ای افزایش محصول برای خاک شنی و احتمال ۲۰ درصد

نتیجه‌گیری

متوسط کمبود آب ۲۴۵، ۲۰۳ و ۱۵۹ میلیمتر به ترتیب برای درصدهای احتمالی ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد محاسبه شده است که این مسئله اهمیت کمبود آب حتی در سالهای معمولی را نشان می‌دهد. با آبیاری تکمیلی، افزایش محصول در خاکهای شنی (۳۱/۵ درصد) بیشتر از خاکهای لومی (۲۲/۰ درصد) می‌باشد. دلیل این امر می‌تواند این باشد که خاک شنی قدرت نگهداری آب کمتری نسبت به خاکهای متوسط دارد. برای همه بافتها، افزایش عملکرد محصول ۱۴۲، ۷۳ و ۲۵ درصد به ترتیب برای احتمال وقوع ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد محاسبه شده است. روش TPSS با ارتفاع به عنوان متغیر کمکی، مناسبترین روش برای برآورد و کمبود آب می‌باشد. برای برآورد درصد افزایش عملکرد محصول سیب زمینی روش ID-1 از بقیه روشها مناسبتر تشخیص داده شد.

منابع

Ahmed, S. and G. De Marsily. 1987. Comparison of geostatistical methods for estimating transmissivity using data on transmissivity and specific capacity. Water Resources Research 23(9):1717-1737.

Akima, H. 1978. A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting for irregularly distributed data points. ACM Transactions on Mathematical Software 4(2):148-159.

Boisvert, J., L.M. Dwyer and M. Lemay. 1992. Estimation of water use by four potato (Solanum Tuberosum L.) cultivars for irrigation scheduling. Canadian Agricultural Engineering 34(4):319-325.

Cook, R.A., S. Mostaghimi and J.B. Campbell. 1993. Assessment of methods for interpolating steady-state infiltrability. Transactions of the ASAE 36(5):1333-1241.

Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1984. Crop water requirements. FAO No. 24. Rome, 144p.

Feddes, R.A. 1987. Simulating water management and crop production with the SWACROP model. A27-A40 In: Proceedings third international workshop on land drainage, Ohio State University, Columbus, Ohio.

Griffin, T.S., B.S. Johnson and J.T. Ritchie. 1990. SUBSTOR-potato version 2.0: a simulation model for potato growth and development. Cooperative extension and Dept. of Plant, Soil, and Envir, Sci. University of Maine and Dept. of Soil Sci., Michigan State University, USA, 33p.

Hosseini, E., J. Gallichand and D. Marcotte. 1994. Theorical and experimental performance of spatial interpolation methods for soil salinity analysis. Transactions

of the ASAE 37(6):1799- 1807.

James, L.G. 1989. Principals of farm irrigation system design. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY, 545 p.

Lal, H., G. Hoogenboom, J-P. Calixte, J. W. Jones and F.H. Beinroth. 1993. Using crop simulation models and GIS for regional productivity analysis. Transactions of the ASAE 36(1):175-184.

Lynch, D.R., N. Foroud, G.C. Kozub and B.C. Farries. 1995. The effect of moisture stress at three growth stages on the yield, components of yield and processing quality of eight potato varieties. American Potato Journal 72:375-385.

Mahdian, M.H. and J. Gallichand. 1995. Validation of the SUBSTOR model for simulating soil water content. Transactions of the ASAE 38(2):513-520.

Mahdian, M.H. 1996. Modelisation regionale du deficit hydrique et du rendement de la pomme de terre au Quebec. These de doctorat, Universite Laval, Faculte des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Departement des Sols et de Genie

Agro-Alimentaire, Sainte-Foy, Quebec, 179 p.

Ritchie, J.T. 1985. A user-oriented model of the soil water balance in wheat, 293-305. In: W. Day and R.K. Atkin (eds), Wheat Growth and Modelling, Plenum Pub. Corp. New York.

Rioux, R. 1987. Cinq ans d'experience sur les relations irrigation-regie des pommes de terre. In: Symposium sur la pomme de terre, 56-76. Ministere de l'Agriculture, des Pecheries et de l' Alimentation du Quebec, Sainte-Foy, Qc.

Voltz, M. and M. Goulard. 1994. Spatial interpolation of soil moisture retention curves. Geoderma 62:109-123.

Ward, E.R. 1988. Irrigation in relationship to disease incidence and tuber quality after storage, 41-49. In: Carr, M.K.V. and P.J.C. Hamer (eds.) Irrigation Potatoes, UK Irrigation Association Technical Monograph 2, Cranfield Press, Bedford, England.

Wright, J.L. and J.C. Stark. 1990. Potato, 859-889. In: Stewart, B.A. and D.R. Nielson (eds) Irrigation of agricultural Crops, Agronomy Nomograph No. 30, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

ABSTRACT

Potato is sensitive to water stress during the growing season. A lack of water can cause sufficient stress to prevent normal physiological development. In Quebec, despite relative abundance of rainfall, water stress is an important cause of reduction in potato yield. This study was conducted to determine the spatial variability of potato water deficit, and yield increase resulting from irrigation in Quebec. The performance of several interpolation methods were evaluated. Seasonal water deficit and percent of yield increase were determined at three exceedance probability levels. Results showed that regional average of water deficit were 245, 203 and 159 mm at the 10, 20, and 50% exceedance probability level, respectively. For potato yield, average regional yield increases were 142, 73, and 25% at the corresponding probability levels. These results confirm that there is more advantage to irrigate coarse soils than medium textured soils. With irrigation, yield increase was 31.5% for sandy soils and 22.0% for loamy soils. The interpolation method of thin plate smoothing splines, with elevation as the covariable, was the most precise for seasonal water deficit, with a mean absolute error of 19.6 mm, whereas for yield increase, the inverse distance was the best estimation method with a mean absolute error of 35.8%.

Keywords: SUBSTOR, Interpolation methods, Water deficit, Potato yield, Cross validation