وزارت جهادکشاورزی
سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

دستورالعمل فنی

تغذیه مناسب مزارع سیب‌زمینی

تهیه‌کننده

حمیدرضا عبدی

زمستان ۱۴۰۱

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱
عناصر غذایی موجود در کودهای شیمیایی ۲
برآورد کود پایه مورد نیاز ۳
۱- کود نیتروژنه ۴
۲- کود فسفره ۶
۳- کود پتاسه ۸
۴-کلسیم ۹
۵-گوگرد ۹
۶- روی ۱۰
۷- مس ۱۰
۸- آهن ۱۱
۹- منگنز ۱۱
زمان و روش مصرف کودها ۱۲
فهرست منابع ۱۶

مقدمه

تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه ضمن افزایش کمیت و کیفیت تولید موجب افزایش تحمل گیاه به تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شود. در مجموع ۱۷ عنصر برای گیاه ضروری هستند که سه عدد از آنها شامل اکسیژن، هیدروژن و کربن معدنی نبوده و از طریق هوا و آب تأمین می‌شوند.

با تولید هر محصول، سالیانه مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی خاک تخلیه می‌شود. در یک سیستم تولید پایدار باید بین مواد خارج شده از خاک و وارد شده به خاک تعادلی منطقی ایجاد شود. برداشت مداوم عناصر غذایی خاک در صورتی که بدون جایگزینی باشد به تدریج موجب افت عملکرد خواهد شد. کیفیت غده‌های تولید شده نیز با عناصر غذایی خاک ارتباط دارد. کمبود فسفر و ازت و یا زیادی پتاسیم موجب کاهش وزن مخصوص می‌شود. زیادی نیتروژن موجب تأخیر در غده‌زایی و طولانی شدن دور رشد می‌شود. هر گونه اختلال در رشد سیب‌زمینی که ناشی از نوسان دسترسی گیاه به نیتروژن باشد موجب بدشکلی غده‌ها، قهوه‌ای و حفره‌ای شدن مرکز غده و کاهش عملکرد قابل فروش خواهد شد. کمبود پتاسیم موجب افزایش حساسیت گیاه به ضربات مکانیکی، ایجاد لکه‌سیاه در سطح گوشت غده، سیاه شدن رنگ محصول سرخ شده و کاهش خواص انبارمانی می‌گردد. کمبود کلسیم نیز موجب افزایش عارضه لکه‌قهوه‌ای داخلی می‌شود.

جدول ۱- میزان برداشت عناصر غذایی از خاک توسط شاخوبرگ و ۵۶ تن غده تولیدی در یک هکتار

ردیف	عنصر (element)	کیلوگرم عنصر برداشت شده از خاک توسط اندام‌های هوایی به ازای ۵۶ تن تولید غده در هکتار(element uptake by haulms of 56 tons tuber/ha.)	کیلوگرم عنصر برداشت شده از خاک توسط ۵۶ تن غده در هکتار(element uptake by 56 tons tuber/ha)
	عناصر اصلی(Macro elements)		
۱	نیتروژن(N)	۱۳۶-۹۰	۱۱۳-۶۸
۲	فسفر(P)[1]	(p2o5 ۴۲-۳۱) ۱۴-۶	(۳۷-۲۶P2O5) ۱۱ — ۱۶
۳	پتاسیم (K)[2]	(K2o۱۶۵-۱۲۰) ۱۰۰- ۱۴۵	(۱۷۴-۱۲۰ K2O) ۱۰۰ -۱۴۵
۴	گوگرد (S)	۱۴-۸	۱۱-۷
۵	کلسیم (Ca)	۳۴-۲۳	۰/۷-۹
۶	منیزیم (Mg)	۱۸ -۲۳	۲/۳- ۷
	عناصر میکرو(micro elements)		
۷	روی (Zn)	۰/۱۴ — ۰/۱۸	۰/۴۵ — ۰/۰۹
۸	منگنز (Mn)	۰/۰-۴/۹	۰/۰۴ — ۰/۱۴
۹	آهن(Fe)	۰/۲۲ — ۰/۴۵	۰/۴۵ — ۰/۹
۱۰	مس(Cu)	۰/۰۱ — ۰/۰۴	۰/۰-۰۰۴/۰۱۷
۱۱	بر (B)	۰/۰۵ — ۰/۰۸	۰/۰۰۴ — ۰/۰۱۴
۱۲	کلر(Cl)	۱۴ -۵۴	۱۴-۲
۱۳	مولیبدون(Mo)	< ۰/۰۰۴	< ۰/۰۰۴
۱۴	نیکل(Ni)	< ۰/۰۰۴	< ۰/۰۰۴

۱: علامت فسفر p است ولی در صنعت کودسازی به صورت P_2O_5 نمایش داده می‌شود برای تبدیل P به P_2O_5 باید آن را در عدد ۲/۳ ضرب کرد

۲: علامت پتاسیم K است ولی در صنعت کودسازی به صورت K_2O نمایش داده می‌شود برای تبدیل K به K_2O باید آن را در عدد ۱/۲ ضرب کرد

عناصر غذایی موجود در کودهای شیمیایی

عناصر غذایی پرمصرف که مهمترین آنها نیتروژن، فسفر و پتاسیم هستند در اکثر خاک‌ها باید به خاک اضافه شوند. عناصر ریزمغذی نیز باید بررسی شده و در صورت نیاز به خاک اضافه شوند. البته زیاد بودن برخی از عناصر غذایی ریزمغذی ممکن است موجب مسمومیت گیاه شوند.

جدول ۲- میزان عناصر غذایی پرمصرف موجود در مهمترین کودهای شیمیایی

نام کود	فرمول شیمیایی	میزان عناصر غذایی موجود (٪)							
		ازت (N)	فسفر (P_2O_5)	فسفر (P)	پتاسیم (K_2O)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منگنز (Mn)	گوگرد (S)
آمونیاک	NH_3	۸۲	-	-	-	-	-	-	-
نیترات کلسیم	$Ca(NO_3)_2$	۱۶	-	-	-	-	۲۱	-	-
نیترات آمونیوم	NH_4NO_3	۳۳	-	-	-	-	-	-	-
سولفات آمونیوم	$(NH_4)_2SO_4$	۲۰	-	-	-	-	-	-	۲۴
اوره	$CO(NH_2)_2$	۴۶	-	-	-	-	-	-	-
منوآمونیوم فسفات	$NH_4H_2PO_4$	۱۱	۴۸	۲۱	-	-	-	-	-
دی‌آمونیوم فسفات	$(NH_4)_2HPO_4$	۲۰	۵۴	۲۴	-	-	-	-	-
سوپرفسفات	$CaSO_4+Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$	-	۲۰	۹	-	-	۲۰	-	۱۲
سوپرفسفات تریپل	$Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$	-	۴۶	۲۰	-	-	-	-	-
کلرید پتاسیم	KCl	-	-	-	۶۰	۵۰	-	-	-
سولفات پتاسیم	K_2SO_4	-	-	-	۵۳	۴۴	-	-	۱۸
نیترات پتاسیم	KNO_3	۱۴	-	-	۴۷	۳۹	-	-	-

جدول بعد میزان عناصر ریزمغذی موجود را در تعدادی از کودهای شیمیایی مهم نشان می‌دهد.

جدول ۳- میزان عناصر غذایی کم‌مصرف موجود در مهمترین کودهای شیمیایی[1]

عنصر	نام کود	فرمول شیمیایی	میزان عناصر غذایی موجود (٪)
بر	اسید بوریک	H_3BO_3	۱۷
مس	سولفات مس	$CuSO_4.5H_2O$	۲۵
آهن	سولفات آهن	$FeSO_4.7H_2O$	۲۰
منگنز	سولفات منگنز	$Mn\ SO_4.4H_2O$	۲۴
روی	سولفات روی	$ZnSO_4.H_2O$	۳۶

برآورد کود پایه مورد نیاز

میزان مصرف هر عنصر غذایی به پتانسیل عملکرد مزرعه، میزان عنصر غذایی موجود در خاک، میزان عناصر موجود در آب آبیاری، نوع محصول زراعی قبلی در مزرعه، مقدار و نوع کود آلی و ساختمان خاک بستگی دارد. برای تعیین مقدار عناصر غذایی موجود در خاک باید از مزرعه نمونه‌گیری و به آزمایشگاه منتقل شود. در صورتی

[1] http://www.back-to-basics.net/efu/pdfs/Micronutrients.pdf

که مزرعه از نظر نوع خاک و تناوب و مدیریت‌های زراعی یکنواخت نباشـــد باید آن را به قطعات همگن تقســـیم کرده و از هر قطعه نمونه‌های جداگانه‌ای برای آزمون خاک گرفته شـود. میزان کود توصـیه شـده باید بر اسـاس نتایج آزمون خاک و عملکرد مورد انتظار باشـد. عملکرد منطقی مورد انتظار معمولاً از میانگین عملکرد محصـول مزرعه در طی ۳ تا ۵ سال گذشـته و افزودن ۵ تا ۱۰٪ بابت مدیریت بهتر مزرعه و یا به کارگیری روش‌های نوین به‌زراعی به دست می‌آید.

۱- کود نیتروژنه

مهمترین فرم کود نیتروژن در ایران، کود اوره اسـت. کود اوره با فرمول $CO(NH_2)_2$ پس از افزوده شـدن به خاک در حضـــور آب و آنزیم اورآز(Urease) موجود در خاک به آمونیاک (NH_3) تبدیل می‌شـــود. عدم وجود رطوبت کافی و پایین بودن دما واکنش مذکور را کند و به عکس با افزایش دما و رطوبت واکنش تسریع می‌شود. گاز آمونیاک در صـورتی که در سـطح خاک تولید شـود و همچنین از طریق ترک‌های موجود در خاک می‌تواند تصعید شود. ولی در صورت محبوس شدن در خاک به آمونیوم که قابل تصعید شدن نیست تبدیل می‌شود. در شـرایط طبیعی آمونیوم (NH_4^+) پس از چند روز به نیترات (NO_3^-) تبدیل می‌شـود. بار مثبت آمونیوم باعث می‌شـود تا به سـهولت به ذرات خاک که دارای بار منفی هسـتند بچسـبد. بر خلاف آن، فرم نیترات که دارای بار منفی است توسط ذرات خاک جذب نشده و می‌تواند به سهولت توسط عمل آبشویی از دسترس ریشه گیاه خارج شـود. تنها جزئی از اجزاء تشـکیل دهنده یک خاک که قابل مدیریت اسـت جزء مواد آلی آن اسـت ولی در اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک تأمین نیتروژن از خاک به دلیل فقر مواد آلی بسیار ناچیز است و عملاً اکثر قریب به اتفاق نیتروژن مورد نیاز گیاه باید از طریق منابع مواد معدنی تأمین شـود. از جدول بعد به عنوان شـاخصـی از وضعیت میزان ازت خاک استفاده می‌شود:

جدول ۴- طبقه‌بندی خاک از نظر میزان نیتروژن

طبقه	ازت نیتراته (ppm)
پایین	<۱۰
متوسط	۳۰-۱۰
بالا	>۳۰

معمولاً ۵٪ مواد آلی را نیتروژن تشـــکیل می‌دهد و در طی یک فصـــل زراعی تنها حدود ۲٪ از نیتروژن آلی موجود در خاک به ازت معدنی که قابل جذب گیاه اســـت تبدیل می‌شـــود. بنابراین اگر عمق خاک زراعی را ۱۵ سـانتیمتر، میزان مواد آلی خاک را ۱٪ و وزن خاک موجود تا عمق مذکور را ۲۰۰۰ تن در هر هکتار فرض کنیم میزان ازت معدنیی که در طول یک فصـــل زراعی از محل ازت آلی موجود در خاک آزاد می‌شـــود حداکثر ۲۰کیلوگرم و به شرح زیر خواهد بود:

۲/۰۰۰/۰۰۰ کیلوگرم خاک در هر هکتار × ۰/۰۱ × ۰/۰۵ × ۰/۰۲ = ۲۰ kg N/ha.

حال اگر میزان نیتروژن برداشت شده از خاک به ازای هر تن سیب‌زمینی ۴ کیلوگرم، کارایی مصرف نیتروژن خاک توسط گیاه ۸۰٪ و عملکرد مورد انتظار ۴۰ تن باشد در آن صورت میزان کود ازته مورد نیاز عبارت است از:

(۴۰ × ۴ × ۱/۲)-۲۰= ۱۷۲ Kg N/ha.

اگر منبع تأمین نیتروژن، کود اوره باشد در آن صورت چه مقدار کود باید به گیاه در هر هکتار داده شود؟

(۱۷۲ × ۱۰۰) ÷ ۴۶ = ۳۷۴Kg Urea/ha.

بنا براین زارع باید ۳۷۲ کیلوگرم کود اوره برای تولید ۴۰ تن سیب‌زمینی در هر هکتار در نظر بگیرد.

۲- کود فسفره

فسفر به دو صورت آلی و معدنی در خاک وجود دارد. هر چه مواد آلی خاک بیشتر باشد میزان فسفر خاک نیز بیشتر خواهد بود. معمولاً تنها ۱۰٪ از فسفر اضافه شده به خاک در همان فصل، ۵٪ در فصل دوم و ۲/۵٪ در فصل سوم (سال سوم) مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و بقیه در خاک تثبیت می‌شود. حلالیت کودهای فسفره نسبت به کودهای نیتروژنه کمتر است. میزان برداشت فسفر از خاک توسط سیب‌زمینی در مقایسه با نیتروژن و پتاس به مراتب کمتر است. جذب فسفر از محلول خاک توسط ریشه‌های گیاه معمولاً به صورت یون ارتوفسفات (PO_4^{3-}) است. میزان فسفر موجود در محلول خاک به واکنش تعادلی خاک بستگی دارد. گاهی اوقات از فسفر بیکربناته ($NaHCO_3$ -P) که نشان دهنده فسفر محلول در آب، فسفات کلسیم قابل حل و فسفر آلی خاک می‌باشد به عنوان شاخصی برای ارزیابی وضعیت فسفر خاک استفاده می‌شود:

جدول ۵- ارزیابی میزان فسفر خاک بر اساس میزان فسفر بیکربناته

طبقه	فسفر (ppm)
خیلی پایین	<۷
پایین	۱۴-۸
متوسط	۲۲-۱۵
خیلی بالا	>۳۱

بلافاصله پس از مصرف کودهای فسفاته، مقدار زیادی از آن در محلول خاک تجمع می‌یابد ولی این وضعیت خارج از واکنش تعادلی خاک است و پایدار نیست. در خاک‌های با pH بالا فسفر مازاد بر واکنش تعادلی خاک، به شکل فسفا ت منیزیم و کلسیم و در خاک‌های با pH پایین به فرم فسفات منگنز و آهن رسوب می‌کند. تعادل یک یون در محلول خاک به عوامل متعددی نظیر pH ، مقدار و نوع ترکیبات فسفر معدنی موجود در خاک

بستگی دارد. با جذب یون‌های موجود در محلول خاک توسط ریشه، به همان میزان از رسوبات فسفر موجود در خاک تجزیه شده و به محلول خاک اضافه می‌شود. با توجه به واکنش تعادلی خاک و از آنجا که ریشه‌های گیاه تنها در بخشی از خاک پراکنده بوده و به همه کود داده شده به خاک دسترسی ندارند لذا می‌توان گفت که در سال اول تنها قسمت کمی از کود فسفاته داده شده به زمین توسط گیاه جذب می‌شود. بقیه کود به صورت ذخیره در خاک باقی مانده و در سالهای بعد به مقدار کمتری توسط محصول کشت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان برداشت فسفر از خاک به ازای هر تن سیب‌زمینی و شاخ‌وبرگ آن حدود ۰/۹ کیلوگرم است. مثال زیر می‌تواند در برآورد کود فسفره مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک در تولید سیب‌زمینی مورد استفاده قرار گیرد.

مثال: اگر میزان فسفر (p) قابل استفاده در آزمون خاک ۱۵ ppm ، وزن خاک زراعی تا عمق ۱۵ سانتیمتر ۲/۰۰۰ تن، میزان برداشت فسفر از خاک ۰/۹ کیلوگرم به ازای هرتن محصول و شاخ‌وبرگ آن و عملکرد مورد انتظار ۴۰ تن در هر هکتار باشد:

الف) میزان فسفر خالص مورد نیاز در هر هکتار چقدر خواهد بود؟

۰/۹ × ۴۰ = ۳۶ Kg/ha.

ب) اگر کارایی استفاده گیاه از کود فسفره ۱۰٪ باشد چه مقدار فسفر باید به خاک داده شود تا گیاه با کمبود فسفر مواجه نشود؟

میزان فسفر مورد نیاز گیاه .Kg/ha ۶ = ۳۶-۳۰

میزان فسفر خالصی که باید به خاک اضافه شود: .Kg/ha ۶۰= ۱۰۰/۱۰ × ۶

ج) اگر منبع تأمین فسفر کود فسفات‌دی‌آمونیوم باشد (P = ٪۲۴) میزان کود توصیه شده چقدر خواهد بود؟

(۱۰۰ × ۶۰)/ ۲۴ =۲۵۰ Kg/ha.

د) چه مقدار از فسفر اضافه شده به خاک برای فصل زراعی آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت؟

۰/۰۵ × ۶۰ =۳ Kg/ha.

۳- کود پتاسه

نقش پتاس در گیاه بیشتر در تشکیل و انتقال کربوهیدرات‌ها می‌باشد. حدود ۱/۶٪ وزن خشک غده‌ها و ۶٪ وزن خشک اندام‌های هوایی را پتاس تشکیل می‌دهد. اگر میزان ماده خشک غده را ۲۰٪ و میزان عملکرد را ۴۰ تن فرض کنیم در هر هکتار ۸ تن ماده خشک در غده‌ها تجمع می‌یابد. میزان ماده خشک موجود در اندامهای هوایی نیز ۳ تن خواهد بود که ۶٪ آن را پتاس تشکیل می‌دهد. بنابراین میزان پتاس خارج شده از زمین به شرح زیر خواهد بود:

میزان پتاس خارج شده توسط غده‌ها: ۰/۰۱۶ × ۸۰۰۰ =۱۲۸ Kg/ha.

میزان پتاس خارج شده توسط شاخوبرگ: ۰/۰۶ × ۳۰۰۰ =۱۸۰ Kg/ha.

مجموع پتاس خارج شده از خاک: ۳۰۸ Kg/ha.

مثال: اگر میزان پتاسیم قابل استفاده خاک بر اساس نتایج آزمون خاک ۳۵۰ ppm ، عملکرد مورد انتظار ۴۰ تن، عمق خاک زراعی منطقه فعال ریشه ۱۵ سانتیمتر، وزن خاک زراعی تا عمق ۱۵ سانتیمتری ۲/۰۰۰ تن باشد میزان کود توصیه شده چقدر خواهد بود؟

میزان پتاس قابل استفاده در یک هکتار (۲/۰۰۰/۰۰۰ × ۳۵۰) ÷ ۱/۰۰۰/۰۰۰ =۷۰۰ Kg/ha.

در چنین خاکی نیازی به مصرف کود پتاسه نیست ولی به منظور حفظ حاصلخیزی خاک در درازمدت بهتر است معادل عناصر غذایی برداشت شده را به زمین برگرداند.

کمبود پتاسیم در خاک موجب زرد تا قهوه‌ای شدن برگ‌های پایین همراه با نکروز شدن حاشیه برگ‌ها می‌شود. پتاسیم معمولاً به سه فرم سولفات، نیترات و کلرید فرموله شده و به بازار عرضه می‌شود. در ایران معمولاً از سولفات پتاسیم در زراعت سیب‌زمینی استفاده می‌شود. پتاس در بین عناصر غذایی، بیش از هر عنصر دیگری توسط گیاه سیب‌زمینی از خاک خارج می‌شود.

۴-کلسیم

کلسیم در سنتز پروتئین وتقسیم سلولی و رشد بافت‌های مریستمی دخالت دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک معمولاً کمبود این عنصر در خاک مشاهده نمی‌شود. ولی از آنجا که این عنصر در گیاه غیر متحرک است و حرکت آن از خاک به داخل گیاه به صورت حرکت توده‌ای[2] است ممکن است در مواردی که گیاه با کمبود آب مواجه است با کمبود کلسیم نیز مواجه شود. در صورت کمبود کلسیم توسعه بافت‌های مریستمی و جوانه‌های انتهایی با مشکل مواجه خواهد شد. میزان تجمع کلسیم در برگ‌ها و غده‌های سیب‌زمینی نسبتاً پایین است. کلسیم در مواد معدنی نظیر کلسیت، دولومیت و آپاتیت وجود دارد. کمبود آن بیشتر در خاک‌های اسیدی مشاهده می‌شود. در صورتی که کلسیم خاک کمتر از ۳۰۰ ppm باشد ۳۵۰-۲۰۰ Kg سولفات کلسیم (گچ-۲۲٪ Ca) قبل از کشت با خاک مخلوط شود.

۵-گوگرد

گوگرد در سنتز برخی از اسیدهای آمینه (اسیدهای آمینه دارای (S) مانند سیستئین،سیستین و متیونین) و پروتئین دخالت دارد. ۰/۱۵٪ ماده خشک غده‌ها و ۰/۲۵٪ برگ‌ها را گوگرد تشکیل می‌دهد. کمبود گوگرد موجب توقف رشد، زردی عمومی بوته، باریک شدن ساقه‌ها و کوتولگی می‌شود. میزان گوگرد خارج شده از یک هکتار زمین با عملکرد ۴۰ تن در هکتار حدود ۴۰ کیلوگرم است. گوگرد موجود در فرمول کودهای با بنیان سولفات، در محلول خاک به ویژه در خاک‌های با pH بالا به صورت پایدار باقی می‌ماند. استفاده از گوگرد خالص نیز به ویژه در خاک‌های قلیایی توصیه می‌شود. گوگرد مصرفی برای اینکه بتواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد باید در خاک اکسید شده و به فرم سولفات (-So42) در آید. این واکنش طولانی و برای این که تمام گوگرد وارد شده

[2] Mass flow

به خاک به سولفات تبدیل شود ممکن است چندین ماه تا چندین سال طول بکشد. طولانی شدن این فرآیند موجب می‌گردد تا گوگرد مورد نیاز گیاه به تدریج و مداوم در اختیار آن قرار گیرد. استفاده از گوگرد در خاک‌های قلیایی موجب اسیدی شدن خاک در اطراف دانه‌های گوگرد موجود در خاک شده و باعث آزاد شدن عناصر معدنی تثبیت شده در خاک می‌شود. علاوه بر مصرف گوگرد خالص می‌توان از منابع کودی مانند سوپر فسفات تریپل، سولفات آمونیوم، سولفات پتاسیم، گچ و سوپرفسفات استفاده کرد. کمبود این عنصر فقط در خاک‌های شنی ممکن است دیده شود.

۶- روی

کمبود روی معمولاً در خاک‌های با PH بیشتر از ۵/۷ و در زمین‌هایی که در آنها به مدت طولانی فسفر زیاد مصرف شده باشد قابل مشاهده است. استفاده از کودهای حاوی روی در صورتی توصیه می‌شود که میزان آن در خاک کمتر از ppm ۱ باشد.

جدول ۶- ارزیابی میزان روی در خاک

طبقه	روی (ppm)
پایین	<۰/۵
متوسط	۰/۱-۵
بالا	>۱

۷- مس

کمبود مس معمولاً در خاک‌های با ماده آلی بالا، خاک‌های شنی و PH بالا قابل مشاهده است.

جدول ۷- ارزیابی میزان روی در خاک

طبقه	مس (ppm)
پایین	<۰/۵
متوسط	۰/۱-۵
بالا	>۱

۸- آهن

کمبود آهن بیشتر در PH های بالای ۷/۵ مشاهده می‌شود.

جدول ۸- ارزیابی میزان آهن در خاک

طبقه	آهن (ppm)
پایین	<۰/۳
متوسط	۰/۱-۳
بالا	>۱

۹- منگنز

کمبود منگنز نیز مانند آهن معمولاً در خاک‌های با PH بالا قابل مشاهده است.

جدول ۹- ارزیابی میزان منگنز خاک

طبقه	منگنز (ppm)
پایین	<۱
متوسط	۱/۲-۵
بالا	>۵/۲

زمان و روش مصرف کودها

گیاه سیب‌زمینی تا مرحله ۵ برگی ریشه قابل توجهی نداشته و از اندوخته غذایی غده بذری تغذیه می‌کند. بنا براین تا مرحله مذکور به عناصر غذایی موجود در خاک نیاز چندانی ندارد. حدود ۴ تا ۵ ٪ از عناصر غذایی برداشت شده از خاک از محل همین غده‌های بذری مادری تأمین می‌گردد. همزمان با توسعه ریشه و اندام‌های هوایی که مرحله رشد سریع گیاه نیز نامیده می‌شود میزان نیاز به مواد غدایی موجود در خاک به سرعت افزایش می‌یابد. این روند تا شروع مرحله بلوغ و رسیدن غده‌ها ادامه یافته و سپس کاهش می‌یابد. قریب به نصف نیتروژن و پتاسیم و حدود یک سوم فسفر و گوگرد مورد نیاز گیاه، تا زمان پوشش کامل مزرعه به مصرف می‌رسد. مصرف سایر عناصر نیز از الگوی مشابهی تبعیت می‌کند. از آنجا که نیتروژن موجود در خاک سریعاً از دسترس گیاه خارج می‌شود بنابراین تقسیط نیتروژن اهمیت زیادی دارد. اگر کود نیتروژنه زودتر از زمان نیاز گیاه به خاک داده شود در اثر تصعید و آبشویی از دسترس گیاه خارج خواهد شد. مصرف بیش از حد کود نیتروژنه در اوایل مرحله رشد نیز غده‌زایی و حجیم شدن غده‌ها را به ویژه در واریته‌های دیررس به تأخیر خواهد انداخت. به طور کلی پیشنهاد می‌گردد حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد کود نیتروژنه مورد نیاز گیاه در زمان کاشت و بقیه در زمان خاکدهی و یا اوایل غده‌زایی، همراه با آب آبیاری به زمین داده شود. در خاک‌های شنی تعداد دفعات کوددهی به دلیل سرعت زیاد آبشویی زیادتر خواهد بود. به طور کلی ۷۰ درصد کود نیتروژنه مورد نیاز گیاه باید تا ۷۰ روز پس از کاشت(۵۰ روز پس از سبز شدن) به زمین داده شده باشد. در مورد ارقام دیررس بهتر است در مرحله حجیم شدن غده‌ها (حدود ۶۰ روز پس از سبز شدن) هر هفته حدود ۵ تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه از طریق سیستم آبیاری به مزرعه داده شود. استفاده از شاخص میزان نیتروژن در دمبرگ‌ها نیز یکی دیگر از ابزار مدیریت مصرف کودهای نیتروژنه است. میزان نیتروژن موجود در دمبرگ در مرحله شروع غده‌زایی بین ۱۸۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ ppm و بین ۱۲۵۰۰ تا ۱۷۵۰۰ در نیمه اول مرحله حجیم شدن غده‌ها و حدود ۱۰۰۰۰ ppm در مرحله بلوغ است. عناصر بر و گوگرد نیز همانند ازت، در خاک متحرک هستند و می‌توان آنها را از طریق مخلوط کردن با خاک در هنگام تهیه زمین، به صورت محلول در آب آبیاری و یا به صورت محلول‌پاشی

مورد استفاده قرار داد. سایر عناصر غذایی مانند فسفر، روی و منگنز تحرکشان در خاک کم است و قرار دادن آنها در محدوده توسعه ریشه اهمیت زیادی دارد. این عناصر بهتر است در هنگام تهیه بستر کشت، و یا با استفاده از دستگاه غده‌کار-کودکار در زمان کشت به خاک اضافه شوند. با این حال امکان کاربرد آنها به صورت سرک در زمان کولتیواتور زدن و خاکدهی نیز وجود دارد. در مدیریت کودها و عناصر غیر متحرک در خاک باید دقت نمود این کودها تا حد ممکن به محل قرار گرفتن غده بذری در خاک نزدیک باشند. بنابراین پخش نواری کودها و استفاده از کودکارها اهمیت ویژه‌ای دارد. این کودها را نیز می‌توان همانند عناصر متحرک، از طریق محلول‌پاشی و تزریق در آب آبیاری مصرف کرد. با این حال باید تأکید کرد که بهترین روش کاربرد پتاسیم، فسفر و سایر عناصر غیر متحرک اعم از عناصر پرمصرف و ریز مغذی، بهتر است از طریق مخلوط کردن با خاک در اختیار گیاه قرار گیرد. گرچه تحرک عناصر پتاسیم و کلسیم در خاک بیش از فسفر است ولی با این حال حرکت سالیانه آنها در خاک در حد چند سانتیمتر است. این امر اهمیت کاربرد نواری کودهای مذکور را آشکارتر می‌کند. قابل ذکر است که میزان تحرک عناصر در خاک به بافت آن نیز بستگی دارد و در خاک‌های با بافت سبک میزان تحرک کلیه عناصر و از جمله عناصر کم‌تحرک افزایش می‌یابد.

جدول ۱۰- میزان عناصر غذایی(Kg) خارج شده از خاک به ازای برداشت هر تن غده سیب‌زمینی

ردیف	عنصر غذایی	خروج از خاک به ازای هر تن غده	ملاحظات
۱	ازت (N)	۴	با توجه به فقیر بودن خاک‌ها تقریباً به همین نسبت باید به خاک اضافه شود.
۲	فسفر(P)	۰/۵۶	بر اساس جدول مربوطه
۳	پتاسیم (K)	۴/۶	بر اساس جدول مربوطه
۴	کلسیم (Ca)	۰/۱۴	در صورتی که کلسیم خاک کمتر از ۳۰۰ ppm باشد ۳۵۰-۲۰۰ Kgسولفات کلسیم (گچ-۲۲٪ Ca) قبل از کشت با خاک مخلوط شود
۵	منیزیم (Mg)	۰/۲۸	فقط در خاک‌های اسیدی ممکن است مشاهده شود.
۶	گوگرد (S)	۰/۴۲	فقط در خاک‌های شنی ممکن است کمبود آن دیده شود.
۷	روی (ZN)	۰/۰۰۳۵	در صورتی که میزان آن در خاک کمتر از ۱ ppm باشد.
۸	منگنز (Mn)	۰/۰۰۱۳	-
۹	آهن (Fe)	۰/۰۲۵۲	-
۱۰	مس (Cu)	۰/۰۰۱۹	-
۱۱	بر (B)	۰/۰۰۱۱	در صورتی که میزان آن در خاک کمتر از ۱ ppm باشد.
منبع:http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC3425.html			

با توجه فقر خاک‌های ایران از مواد آلی و امکان آبشویی سریع کودهای ازته ، باید کودهای ازته در چند نوبت و به صورت سرک مصرف شوند. با این حال باید دقت نمود تا پس از غده‌زایی کود ازته زیادی در اختیار گیاه قرار نگیرد زیرا کود ازته زیاد در این مرحله موجب رشد علفی بیش از حد محصول شده و احتمال تجمع ازت نیتراته را در غده‌های تولیدی که از نظر بهداشتی سرطان‌زا است افزایش خواهد داد.

میزان کود مصرفی به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله بافت خاک ، شرایط آب و هوائی و میزان مواد موجود در خاک ، بنابراین در زمان کاشت میتوان با انجام آزمون خاک و با در نظر گرفتن سایر فاکتورها میزان

کود شـــیمیائی مورد نیاز را تعیین نمود. با این حال جدول ذیل نیز می‌تولند تا حدودی برای میزان مصـــرف کودهای پتاسه و فسفره مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱۱- میزان مصرف کودهای فسفره و پتاسه بر اساس نتایج آزمون خاک

عملکرد مورد انتظار بر حســـب تـن در هکتار	میزان پتاســـیم (K) موجود در خاک بر اســـاس آزمون خاک(ppm):					میزان فسـفر(P) موجود در خاک بر اسـاس آزمون خاک(ppm):			
	۰-۵۰	۵۱-۱۰۰	۱۰۱-۱۵۰	۱۵۱-۲۰۰	>۲۰۱	۰-۱۰	۱۱-۲۵	۲۶-۵۰	>۵۰
	K_2O مورد نیاز که باید به خاک اضافه شود (Kg/ha.)					P_2O_5 مورد نیاز که باید به خاک اضافه شود (Kg/ha.)			
> ۵۸	۸۴	۱۶۸	۳۳۶	۴۴۷	۵۵۹	۲۸	۸۴	۱۴۰	۱۹۶
۴۷-۵۸	۶۰	۱۱۲	۲۲۴	۳۳۶	۴۴۷	۲۸	۶۰	۱۱۲	۱۶۸
۳۵-۴۷	۲۸	۶۰	۱۱۲	۲۲۴	۳۳۶	۲۸	۶۰	۸۴	۱۴۰
۳۳-۳۵	۲۲	۳۹	۸۴	۱۶۸	۲۲۴	۰	۲۸	۶۰	۱۱۲
< ۲۳	۰	۲۸	۶۰	۱۱۲	۱۶۸	۰	۲۸	۶۰	۸۴

فهرست منابع

– بایبوردی، ا.، م.ج. ملکوتی. ۱۳۸۰. تأثیر کاربرد سطوح مختلف عناصر فسفر و روی بر غلظت کادمیوم در دو کلون سیب‌زمینی در سراب آذربایجان شرقی. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱. شماره ۱۱. صفحات ۳۸-۲۵.

– بایگانه، ع. ۱۳۷۹. اثر محلول پاشی ریز مغذی ها و سرزنی بر خواص کمی و کیفی ارقام سیب زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده کشاورزی.

– رضایی، ع.و ا. سلطانی. ۱۳۷۵. زراعت سیب‌زمینی. (تألیف بیوکما، وان درزاگ): انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۱۷۹ صفحه.

– فلاح، ف. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر تقسیط ازت و محلول‌پاشی کود نیتروژنه بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دو کلون برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی علوم و تحقیقات.

– کاشانی، ع. ۱۳۶۵. زراعت سیب زمینی در مناطق معتدله. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

– ملکوتی، م، ج. ۱۳۷۴. چگونگی استفادهاز کودهای شیمیایی آلی در افزایش تولید سیب زمینی در ایران. نشریه فنی شماره ۱. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی سازمان.

– میرشکاری، ب. ۱۳۸۰. علوم تولید گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه آزاد واحد تبریز. ۱۳۶۳ صفحه.

نیلی احمدآبادی، ع. ۱۳۷۹. راهنمای تولید سیب زمینی خوراکی. نشر آموزش کشاورزی.

- Allen, E.J. 1978. Plant density pp. 278- 320. In Harris, P.M. (ed) the potato crop: The Scientific Basis Improvement. Chapman and Hall. London.

- Beu Keman. H. P and D. E. Vander zoag. 1999. Introduction to potato production, wageningen the Netherlands. pp208.

- Bremner, P. M. and M. A. Taba. 1996. Studies in potato agronomy. I. The effects of variety, seed size and spacing on growth, development and yield. J. Agric. Sci. Comb., 66: 241-252.

- Burton, W. G. 1966. The potato 2nd edn. Veenman, Wageningen, pp 382.

- Burton, W. G. 1989. The potato, 3nd edn. Longman, pp742.

- Ezekiel, R., Bhargava, A.C. 1992. Nitrogen distribution within the potato plant in relation to planting data under short day conditions. Indian Journal of Plant Physiology. 35(2). 130 – 139.

- Harris, P.M. 1978. The potato crop. Halsted press. New York. USA. 123-125.

- Lisinska, Q. and W.Leszezynski. 1989. Potato science and technology. Elsevier Applied Science, New York.

- Mahmood, M.M., A.H. Targ, A.Hossain, K. Farooq, and K.A. Bajwa. 1995. Effect of micronutrient of the growth and yield of potato crop. Proc. , Pp.239-243