تابع جدول (٣-١٩).

المحصول	الجزء النباتى	المحصول أو الوزن الطازج للجزء النباتى (طن / فدان)	كميات العناصر الممتصة من التربة (كجم /فدان)				
			N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
البطاطا	الجذور	٨	٢٢	٧	٣٥	٥	٥
	الأوراق والسيقان	٧	٢٠	٥	٣٥	١٥	٤
الطماطم	الثمار	١٢	٣٠	٩	٤٠	٣	٤
	الأوراق والسيقان	٢	٢٠	١١	٥٥	٤٥	٩
اللفت	الجذور	٩	٢٥	٨	٣٥	٦	٢
	النمو الخضرى	٩	٤٠	٤	١٦	٢٥	٨

العوامل المؤثرة على كمية السماد التى تحتاج إليها محاصيل الخضر

عوامل خاصة بالنبات

تختلف الخضراوات كثيرًا فى كمية العناصر الغذائية التى تمتصها النباتات من التربة، وفى كمية العناصر التى يحصل عليها الجزء المستهلك اقتصاديًّا من النبات (وهو الذى يُزال نهائيًا من التربة) بالمقارنة بالكمية التى تحصل عليها أجزاء النبات الأخرى (وهى التى تعود إلى التربة مرة أخرى)، وقد أسلفنا بيان ذلك فى جدول (٣-١٩).

كما تختلف محاصيل الخضر فى مدى استجابتها للتسميد بالعناصر المغذية الصغرى والدقيقة، ويتضح ذلك من جدول (٣ -٢٠).

وكان Purvis & Hanna (١٩٤٠) قد قسما الخضراوات إلى أربع مجاميع حسب تحملها للتسميد بالبورون فى تربة طمبية رملية كالتالى:

١- خضراوات شديدة التحمل للتسميد بالبورون، ويمكن أن يصل معدل التسميد بالبوراكس معها إلى ٢٢ كجم/ فدان، وهى: البنجر — القنبيط — المسترد — الطماطم — اللفت.

٢- خضراوات تتحمل التسميد بالبورون، لكن يجب ألا يزيد معدل التسميد بالبوراكس معها على ١٢,٥ كجم/ فدان، وهى: الذرة السكرية- الكيل- الفلفل — البصل — الكرنب — الجزر — الباذنجان- الخس- السبانخ — البطاطا — فاصوليا الليما.

٣- خضراوات حساسة للتسميد بالبورون، ويجب ألا يزيد معدل التسميد بالبوراكس معها على ٤,٥ كجم/ فدان، وهى: الكرفس – البطيخ – البسلة – البطاطس – الكوسة – القاوون.

٤- خضراوات شديدة الحساسية للتسميد بالبورون، ويجب ألا يزيد معدل التسميد بالبوراكس معها على ٢,٢٥ كجم / فدان، وهى: اللوبيا – الخيار – الفاصوليا – الفراولة.

جدول (٣-٢٠): استجابة محاصيل الخضر للتسميد بالعناصر الغذائية المختلفة.

الخضر	الاستجابة للتسميد بعنصر					
	المنجنيز	البورون	النحاس	الزنك	الموليبدنم	الحديد
الأسبرجس	أ	أ	أ	أ	أ	ب
الفاصوليا	جـ	أ	أ	جـ	ب	جـ
البنجر	جـ	جـ	جـ	ب	جـ	جـ
البروكولى	ب	ب	ب	–	جـ	جـ
الكرنب	ب	ب	ب	–	ب	ب
الجزر	ب	ب	ب	أ	أ	–
القنبيط	ب	جـ	ب	–	جـ	جـ
الكرفس	ب	جـ	ب	–	أ	–
الخيار	ب	أ	ب	–	–	–
الخس	جـ	ب	جـ	–	جـ	–
البصل	جـ	أ	جـ	جـ	جـ	–
البسلة	جـ	أ	أ	أ	ب	–
البطاطا	جـ	أ	أ	ب	أ	–
الفجل	جـ	ب	ب	–	ب	–
السبانخ	جـ	ب	جـ	–	جـ	جـ
الذرة السكرية	ب	أ	ب	جـ	أ	ب
الطماطم	ب	ب	ب	ب	ب	جـ
اللفت	ب	جـ	ب	–	ب	–

أ- الاستجابة قليلة ب- الاستجابة متوسطة. ج- الاستجابة كبيرة

كذلك قسم Eaton (١٩٤٤) الخضر إلى ثلاث مجموعات حسب تحملها للبورون فى مزرعة رملية كالتالى:

١- خضر تتحمل البورون، وهى: اللفت — البنجر — القاوون — البامية — الخرشوف — الأسبرجس.

٢- خضر متوسطة التحمل، وهى: البسلة — فاصوليا الليما — البطاطا — البصل- الجزر — الفلفل — الذرة السكرية — البطاطس — الكرنب — الفجل — الكرفس — المسترد — البقدونس — الخس — الطماطم.

٣- خضر حساسة، وهى: الفراولة — الفاصوليا العادية — اللوبيا — الطرطوفة.

هذا .. وقد رتبت الخضر فى كل مجموعة تنازليًا حسب درجة تحملها للبورون.

عوامل خاصة بالأسمدة المستعملة، والعناصر المغذية المضافة

تتوقف كمية السماد التى تلزم إضافتها على العوامل التالية:

أولا: كمية الأسمدة العضوية المستخدمة

فيلزم خفض مقررات الأسمدة الكيميائية عند إضافة أسمدة عضوية. ويتوقف مدى الخفض على كميات الأسمدة العضوية؛ وذلك حسب المعدلات المبينة فى جدول (٣-٢١). ويراعى عدم الاعتماد فى التسميد على الأسمدة العضوية فقط؛ لأنها تعتبر فقيرة فى الفوسفور. وإذا حدث وأُضيفت منها كميات كبيرة بدرجة تكفى لمد حاجة النبات من عنصر الفوسفور، فإن ذلك يكون مصاحبًا بزيادة كبيرة فى النيتروجين؛ ولذلك فإنه يفضل دائمًا إضافة جزء من السماد فى صورة عضوية، وجزء آخر فى صورة أسمدة كيميائية.

جدول (٣-٢١): تأثير كمية السماد العضوى المضافة على كمية السماد الكيميائى التى يتعين استخدامها.

كمية السماد العضوى المضافة (طن / فدان)	كمية السماد الكيميائى التى يجب إضافتها كنسبة مئوية من الكمية المقررة أصلاً
صفر — ٥	١٠٠
٥ — ١٠	٩٠
١٠ — ٢٠	٧٥
٢٠ فأكثر	٥٠

هذا .. ولا تطبق القاعدة المبينة فى جدول (٣-٢١) إلا على الأسمدة العضوية المتحصل عليها من الماشية والخيل، أما تلك المتحصل عليها من مخلفات الدواجن أو الأغنام، فيجب ألا تزيد الكمية المستخدمة منها على ٤ أطنان / فدان عند إضافتها نثرًا أو طن واحد / فدان عند إضافتها إلى جانب النباتات.

وبالنسبة للأسمدة الخضراء، فإنه يلزم – عند قلبها فى التربة – تقليل كمية السماد الكيميائى المضافة إلى ٨٠٪ من الكمية المقررة التى تضاف عادة.

ثانيًا: العنصر السمادة المستعمل

تتوقف كمية السماد التى يجب استعمالها على العنصر الغذائى الذى يوجد بالسماد؛ فالنيتروجين يتعرض للفقد بالرشح بفعل مياه الأمطار أو مياه الرى بانتقاله إلى الطبقات السفلى من التربة، أو بفقده فى ماء الصرف؛ ويعنى ذلك ضرورة إضافة النيتروجين على دفعات، وتعويض ما يفقد منه بالرشح.

وبالنسبة للفوسفور، فإنه يلزم دائمًا التسميد بكميات أكبر من تلك التى يمتصها المحصول المزروع؛ لأن الفوسفور يثبت بدرجة عالية فى معظم الأراضى، كما أن الكثير من الخضراوات يكون مجموعها الجذرى قليل الانتشار فى التربة، ولا يصل إلى كل السماد المضاف؛ وبذلك لا يستفاد من جزء من هذا السماد.

أما البوتاسيوم، فإنه لا يثبت فى التربة إلا بدرجة ضئيلة إذا قورن بالفوسفور. وعليه .. فإن إضافة كميات كبيرة من البوتاسيوم قد تعنى فقد جزء منه بالرشح مع ظهور كميات زائدة منه فى المحلول الأرضى. وتجدر الإشارة إلى أن الأراضى الرملية تعد فقيرة فى محتواها من البوتاسيوم، وكذلك يقل البوتاسيوم فى الأراضى الجيرية لإحلال كاتيونات الكالسيوم محله، بينما يوجد البوتاسيوم بكثرة فى الأراضى الرسوبية.

ثالثا: قانون العامل المحدد (Low of the limiting factor)

تبعًا لقانون العامل المحدد، فإن النباتات لا يمكنها الاستفادة من العناصر الغذائية

المضافة، أو من تلك الموجودة فى التربة إلا بالقدر الذى يتناسب مع أقل العناصر الغذائية توفرًا فى التربة؛ فإذا أُضيف العنصر المحدد للتمو يزداد نمو النباتات إلى أن يصبح عنصرًا آخر محددًا للنمو، وهكذا.

رابعًا: التنافس بين العناصر الغذائية

تؤدى زيادة التسميد بعنصرٍ ما إلى زيادة امتصاص النبات من هذا العنصر، ويكون ذلك على حساب امتصاص النبات من عنصرٍ أو عناصر أخرى؛ فتظهر أعراض نقصها. ويوضح جدول (٣-٢٢) أهم حالات التنافس بين العناصر الغذائية.

جدول (٣-٢٢): حالات التنافس بين العناصر الغذائية.

عند زيادة عنصر	تظهر أعراض نقص عنصر
النيتروجين	البوتاسيوم
البوتاسيوم	الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم
الصوديوم	البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم
الكالسيوم	المغنسييوم والبورون
المغنيسيوم	الكالسيوم
الحديد	المنجنيز
المنجنيز	الحديد

خامسًا: سمية العناصر

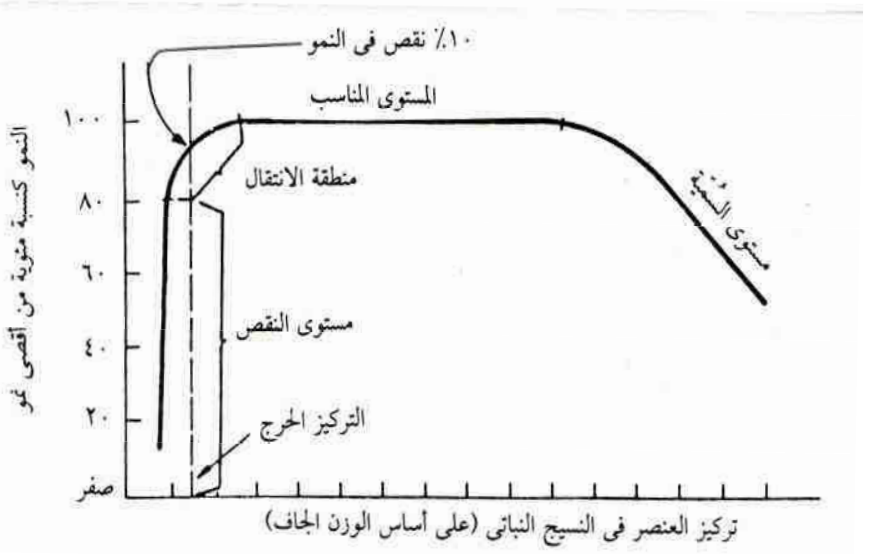
يرتبط العامل السابق (التنافس بين العناصر) بهذا العامل، وغالبًا ما يظهران معًا. فتؤدى زيادة التسميد بعنصرٍ ما إلى زيادة امتصاص النبات من هذا العنصر، كما يزداد المحصول بصورة تدريجية إلى أن يصل مستوى التسميد إلى الحد الأمثل، وهو المستوى الذى يعطى عنده النبات أعلى محصول. وبزيادة مستوى التسميد على هذا الحد تبدأ ظهور أعراض التسمم بهذا العنصر؛ حيث يحدث:

١-استمرار الزيادة فى امتصاص النبات من هذا العنصر.

٢- نقص تدريجى فى المحصول (شكل ٣-٣).

٣- التنافس بين هذا العنصر والعناصر الأخرى، ويبدأ ظهور أعراض نقصها.

هذا .. وتعرف الزيادة فى امتصاص العنصر بأكثر مما يحتاج النبات باسم الاستهلاك الترفى luxury consumption (شكل ٣-٣)، وهى التى تتسبب فى ظهور أعراض التسمم. ويجب أن تتوقف الزيادة فى التسميد عند بداية مرحلة الاستهلاك الترفى.



شكل (٣-٣): تأثر الزيادة فى مستوى التسميد بعنصر معين على المحصول (عن Ulrich ١٩٨٣).

ويمكن تقسيم المرحلة السابقة للنقص فى المحصول مع زيادة مستوى التسميد إلى ثلاث مراحل: فى الأولى تكون الزيادة فى النمو والمحصول كبيرة، مع زيادة كمية السماد المضافة. وفى الثانية تكون الزيادة فى النمو والمحصول بطيئة مع زيادة كمية السماد المضافة، وهى مرحلة الانتقال transition zone. وفى الثالثة لا يحدث نقص أو زيادة فى المحصول مع زيادة مستوى التسميد. ويبدأ الاستهلاك الترفى فى هذه المرحلة، لكن لا تبدأ أعراض التسمم فى الظهور إلا مع بداية النقص فى النمو والمحصول.

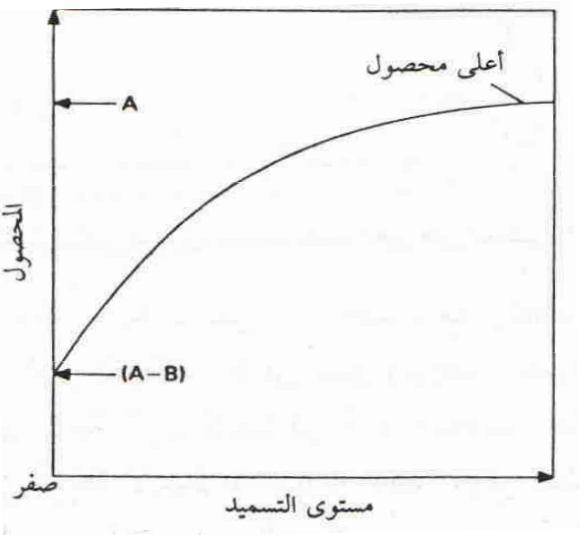
ولمزيد من التفاصيل عن تأثير التسميد الزائد بالعناصر الدقيقة.. يراجع Bould وآخرون (١٩٨٣) والعددان الأول والثانى من المجلد الثانى من الدورية العلمية "Journal of Plant Nutrition"، ففيهما ٤٨ بحثًا ومقالة علمية متخصصة تغطى الموضوع من كافة جوانبه.

سادسًا: قانون الغلة المتناقصة

إن الاستجابة لزيادة معدلات التسميد تتبع – غالبًا – قانون الغلة المتناقصة Law of Diminishing Returns؛ بما يعنى أن الزيادة فى المحصول التى تنشأ عن إضافات متساوية متتالية من العنصر السمادى تتناقص تدريجيًا؛ فإذا كانت y هى المحصول، وx هى كمية العنصر السمادى (النيتروجين مثلاً).. فإن :

$$y = A-B \exp(-Cx).$$

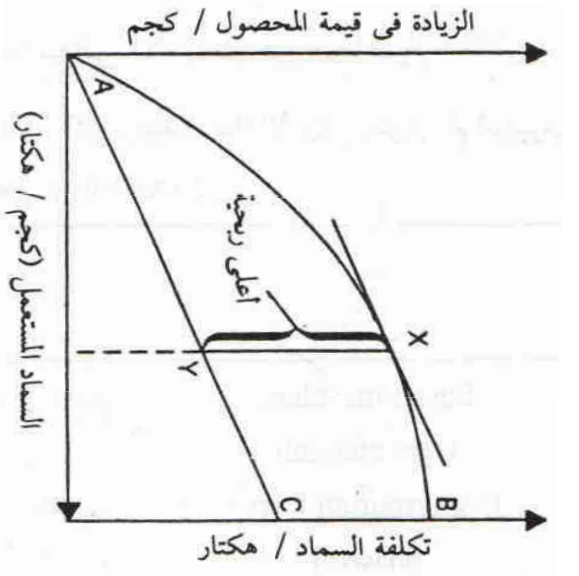
وكما فى شكل (٣–٤) فإن A هى أقصى محصول يمكن الحصول عليه، و(A-B) هى المحصول الذى يمكن الحصول عليه دون أى تسميد، فى حين أن C هى معدل التغير فى y مع التغير فى x.



شكل (٣–٤): منحنى الاستجابة للتسميد.

يلاحظ – غالبًا – نقص فى المحصول عند المستويات العالية من الأسمدة، وخاصة الأسمدة الآزوتية؛ الأمر الذى دفع العلماء إلى محاولة إيجاد علاقة أكثر إحكامًا بين المحصول ومعدلات التسميد؛ بحيث يمكن إيجاد معدلات التسميد التى تعطى أعلى ربحية، وليست – بالضرورة – التى تعطى أعلى محصول، كما فى شكل (٣–٥).

فعند مقارنة قيمة المحصول الإضافى الناتج من زيادة معدلات التسميد (المنحنى AB) مع خط تكلفة التسميد (AC)، فإن الخط العمودى XY يدل على معدل التسميد الذى يعطى أعلى عائد من وحدة المساحة. وإذا تغيرت قيمة المحصول أو أسعار الأسمدة المستخدمة فإن الخط XY يتحرك يمينًا أو يسارًا إلى موقع جديد (عن White ١٩٨٧).



شكل (٣–٥): تحديد أعلى ربحية للتسميد من وحدة المساحة المزروعة.

تأثير معدلات التسميد فى شدة الإصابة بالأمراض

يؤدى استعمال مستويات عالية من الأسمدة الآزوتية إلى زيادة شدة الإصابة بالأمراض، كما أن لمصدر الآزوت أهمية مماثلة لكميته.

والاتجاه العام هو أن النيتروجين الأمونيومى يؤدى إلى زيادة شدة الإصابة بالأمراض بصورة أكبر من النيتروجين النتراتى، مع وجود شواذ لهذه القاعدة.

ونجد أن الإصابة بفطريات الذبول الفيوزارى — وهى طفيليات تعيش فى الخشب، ويمكنها استعمال الآزوت النتراتى — تنخفض عند زيادة معدلات التسميد النتراتى.

ويحدث تأثير مماثل للأسمدة — كذلك — بالنسبة للأمراض التى تصيب النموات الخضرية؛ فتزيد شدة الإصابة بالأصداء والبياض الدقيقى بزيادة التسميد النتراتى، وتنخفض بزيادة التسميد النشادرى (عن Dixon ١٩٨١)، وتزداد إصابة البروكولى بعفن الرؤوس (الذى تسببه — غالبًا — أنواع مختلفة من جنسى البكتيريا *Pseudomonas*، و *Erwinia*) بزيادة التسميد الآزوتى إلى ١٩٦ كجم نيتروجينًا للهكتار (Everaarts ١٩٩٤).

ويبين جدول (٣–٢٣) تأثير الأسمدة الآزوتية — بنوعيها النتراتى والنشادرى — على شدة الإصابة ببعض الأمراض فى محاصيل الخضر.

جدول (٣–٢٣): تأثير نوعية السماد الآزوتى (نتراتى أم أمونيومى) على شدة الإصابة بالأمراض فى محاصيل الخضر (عن Palti ١٩٨١).

المحصول	المرض	المسبب	شدة الإصابة عند التسميد بآزوت	
			نتراتى	نشادرى
الفاصوليا	عفن الجذور	*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*	تنخفض	تزداد
	الذبول	F. *oxysporum* f.sp. *phaseoli*	تنخفض	تزداد
الفول الرومى	التبقع البنى	*Botrytis fabae*	تنخفض	تزداد
البسلة	عفن الجذور	*Aphanomyces euteiches*	تنخفض	تزداد
	عفن الجذور	*Pythium* spp.	تزداد	تنخفض
عدة خضر	العفن الفحمى	*Macrophomina phoseolina*	تنخفض	تزداد
البطاطس	العفن الرايزكتونى	*Rhizoctonia solani*	تنخفض	تزداد
	الذبول	*Verticillium albo-atrum*	تزداد	تنخفض

يتبع

تابع جدول (٣-٢٣).

المحصول	المرض	المسبب	شدة الإصابة عند التسميد بآزوت	
			نترانى	نشادرى
	الجرب	*Streptomyces scabies*	تزداد	تنخفض
الطماطم	الذبول	*V. albo-atrum* & *V. dalhiae*	تزداد	تنخفض
	الذبول	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	تنخفض	تزداد
	عفن الثمار والجذور	*Colletotrichum phomoides*	تزداد	تنخفض
	الذبول البكتيرى	*Pseudomonas solanacearum*	تزداد	تنخفض

ومن المعروف أن التسميد البوتاسى يُسهم فى خفض معدلات الإصابة بالأمراض. ومن أهم الأمراض التى تنخفض شدة الإصابة بها مع زيادة معدلات التسميد البوتاسى ما يلى: (عن Palti ١٩٨١)

المحصول	المرض	المسبب المرضى
القاوون	الذبول	*Fusarium oxysporum* f. *melonis*
الطماطم	الندوة المبكرة	*Alternaria solani*
الكرنب	الإصفرار	*F. oxysporum* f. *conglutinans*
القنبيط	البياض الزغبى	*Peronospora parasitica*
البسلة	عفن الجذور	*Aphanomyces euteiches*
الكاسافا	الذبول البكتيرى	*Xanthomonas manihotis*
فاصوليا الليما	اللفحة البكتيرية	*Pseudomonas syringae*

ويعتقد أن الإصابة بأمراض الذبول تنخفض بزيادة معدلات التسميد البوتاسى؛ كما هى الحال بالنسبة لمرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم، إلا أنه لم يكن للتسميد البوتاسى أية تأثيرات على كل من ذبول فيرتسيليم (المتسبب عن الفطر *Verticillium albo-atrum*)، والذبول البكتيرى (المتسبب عن البكتيريا *Pseudomonas solanacearum*)، والتقرح البكتيرى (المتسبب عن البكيتريا *Clavibacter michiganensis* ssp.

michiganensis) فى الطماطم (عن Dixon ١٩٨١).

ومن المعروف كذلك أن زيادة التسميد الفوسفاتى تؤدى إلى انخفاض معدلات الإصابة بأعفان الجذور.

كما أن زيادة الكالسيوم تؤدى إلى تقليل شدة الإصابة بذبول فيرتسيليم فى الطماطم.

المعدلات العامة للتسميد فى محاصيل الخضر

معدلات التسميد بالنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم

يصعب وضع معدلات محددة للتسميد فى محاصيل الخضر المختلفة؛ بسبب تباين الظروف المؤثرة فى هذا الشأن، لكن قد يكون من الممكن وضع معدلات عامة للتسميد يُسترشد بها فى الحالات الخاصة. وقد اجتهد الباحثون كثيرًا فى هذا المجال .. فيعطى Lorenz & Maynard (١٩٨٠) المعدلات العامة للتسميد بالنيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم لخمس من مجاميع الخضر؛ هى: البطاطس، والخضر الورقية، والخضر الثمرية، والخضر الجذرية، والبقوليات (جدول ٣-٢٤). ويمكن الاسترشاد بهذا الجدول فى تقدير احتياجات محاصيل الخضر الأخرى التى لم يرد ذكرها فى الجدول.

جدول (٣-٢٤): المعدلات العامة لتسميد محاصيل الخضر فى الأراضى التى لا يعرف محتواها من العناصر الغذائية.

مجموعة الخضر	العنصر (بالكجم / فدان)		
	النيتروجين (N)	الفوسفور (P_2O_5)	البوتاسيوم (K_2O)
البطاطس	١٠٠	١٠٠	١٠٠
الخضر الورقية: الخس- الكرنب - السبانخ	٧٥	٥٠	٧٥
الخضر الثمرية: الطماطم - القاوون - الفلفل	٥٠	٥٠	٧٥
الخضر الجذرية: البطاطا - الجزر - البنجر	٧٥	٥٠	١٢٥
البقوليات: الفاصوليا - البسلة	٢٥	٤٠	٢٥

ويعطى Ware & MaCollum (١٩٨٣) معدلات التسميد الآزوتى التى يُنصح بها لمحاصيل الخضر المختلفة فى كل من الأراضى الثقيلة والخفيفة (جدول ٣-٢٥)، واحتياجات مختلف محاصيل الخضر من عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم عند اختلاف التربة فى محتواها من أى من هذين العنصرين (جدول ٣-٢٦).