يتضح من هذه الدراسة أن حامض الجبريلليك (GA_3) كان أكثرها تأثيرًا على الإزهار واستطالة الشماريخ الزهرية. ولم يكن لأى من GA_2، و GA_6، و GA_8 أى تأثير على الإزهار وتجدر الإشارة إلى أن معاملة الجبريللين تؤدى إلى استطالة سيقان الخس قبل أن تتكون أصول البراعم الزهرية. ويحدث ذلك سواء أكانت درجة الحرارة منخفضة (١٣°م)، أم مناسبة للنمو (١٨-٢١°م)، وسواء أكانت الفترة الضوئية قصيرة (٩ ساعات)، أم طويلة (١٨ ساعة).

وتأكيدًا لما أسلفنا بيانه .. أمكن دفع نباتات الصنف جريت ليكس للإزهار فى إضاءة ٩ ساعات وحرارة ١٠-١٣°م لدى معاملته فى مرحلة نمو الورقة الثامنة إلى العاشرة بحامض الجبريلليك بمعدل ٢٠ ميكروجرامًا/نبات. كذلك كان لحامض الجبريلليك تأثيرًا إضافيًا على الإزهار عندما عوملت به النباتات فى إضاءة أطول حتى ١٨ ساعة وحرارة أعلى حتى ٢١°م. ظهر هذا التأثير على صورة زيادة فى كل من نسبة النباتات التى أزهرت، وسرعة الإزهار، وطول الشماريخ الزهرى (عن Ryder ١٩٩٩).

العوامل المؤثرة فى محتوى الخس من بعض المكونات الغذائية

وجد أن محتوى أوراق الخس من حامض الأسكوربيك، والسكريات، والكلوروفيل يزداد نهارًا عنه ليلاً (عن Etoh ١٩٩٤).

كما وجد أن محتوى خس الرؤوس ذات الأوراق الغضة المتقصفة من حامض الأسكوربيك ينخفض مع تقدم النباتات فى العمر عند الحصاد (Sorensen وآخرون ١٩٩٤).

كذلك انخفض محتوى حامض الأسكوربيك فى ١٠ من أصناف الزراعات المحمية لخس الرؤوس ذات الملمس الدهنى بنسبة ٥١٪ بين مرحلتى بداية تكوين الرؤوس واكتمال تكوينها، بينما ازدادت السكريات المختزلة خلال الفترة ذاتها بنسبة ٤٤٪ (Drews وآخرون ١٩٩٦).

وانخفض كذلك محتوى أوراق الخس من كل من المادة الجافة، والسكريات (الجلوكوز والفراكتوز)، وحامض الأسكوربيك بزيادة مستوى التسميد الآزوتى من ٥٠ إلى

٢٠٠ كجم N للهكتار (٢١ إلى ٨٤ كجم N للفدان)، بينما ازداد محتوى النترات. كما وجد أن محتوى الأوراق من المادة الجافة وحامض الأسكوربيك، والنترات ينخفض بالاتجاه نحو الأوراق الداخلية، بينما يزداد محتوى السكريات. وأثناء التخزين انخفض محتوى الأوراق من المادة الجافة، والسكريات، وحامض الأسكوربيك بزيادة فترة التخزين بينما ازداد محتوى النترات (Sorensen وآخرون ١٩٩٤، و Poulsen وآخرون ١٩٩٥).

وقد ازداد محتوى البيتاكاروتين فى الخس (وكذلك السبانخ) بانخفاض درجة حرارة الهواء، وبزيادة شدة الإضاءة، أو بكليهما معًا، بينما انخفض المحتوى (فى كلا المحصولين) بزيادة الوزن الطازج للنباتات (Oyama وآخرون ١٩٩٩).

وأدى غمر جذور الخس (فى مزرعة مائية) فى تركيزات مختلفة من الكالسيوم (٢٥,٠ أو ٣٧,٥ ملى مولار) لمدد مختلفة (١٦، أو ٣٢، أو ٤٨ ساعة) إلى زيادة محتوى الأوراق من الكالسيوم، وتناسبت تلك الزيادة طرديًا مع مدة غمر الجذور، كما كانت الزيادة أكبر عند استعمال ملح كلوريد الكالسيوم منها عند استعمال نترات الكالسيوم. كذلك كانت الزيادة فى الكالسيوم أكبر فى الأوراق الداخلية عنها فى الأوراق الخارجية. هذا ولم تكن لمعاملة غمر الجذور أى تأثير سلبى على الوزن الطازج للنبات، أو على مظهر الأوراق أو محتواها من البوتاسيوم والمغنيسيوم؛ ولذا .. فإن هذه الطريقة يمكن اتباعها لزيادة محتوى أوراق الخس من الكالسيوم (Inoue وآخرون ١٩٩٥).

محتوى الخس من الفلافونات

احتوى صنف الخس Round على الكورستين quercetin – وهو مركب فلافونى مضاد للإصابات السرطانية – بتركيز ١١ جزءًا فى المليون، بينما تراوح التركيز فى صنف الخس Lollo Rosso من ٤٥٠ جزءًا فى المليون فى الأوراق الداخلية إلى ٩١١ جزءًا فى المليون فى الأوراق الخارجية (Crozier وآخرون ١٩٩٧).

وتراوح المحتوى الكلى للفلافونات – المقدرة كوحدات للأجليكون aglycon فى المادة الطازجة – فى ثمانية أصناف من الخس – بين ٠,٣، و ٢٢٩ ميكروجرامًا لكل جرام.

وأمكن التعرف فى أصناف الخس ذات الأوراق الخضراء على خمس من الكورستينات quercetins، هى:

quercetin 3-O-galactoside
quercetin 3-O-glucoside
quercetin 3-O-glucuronide
quercetin 3-O-(6-O-malonyl) glucoside
quercetin 3-O-rhamnoside

وكذلك على المركب:

luteolin 7-O-glucuronide

وعلى مركبين إضافيين من السيانادينات cyanidins فى الأصناف ذات الأوراق الحمراء، هما:

cyanidin 3-O-glucoside
cyanidin 3-O-(6-O-malonyl) glucoside

وأحدث تقطيع الخس ثم تعريضه للضوء فقدًا جوهريًا فى الفلافونات بلغ ٩٤٪ فى طراز ورق البللوط الأخضر، و ٤٣٪ فى طراز ورق البللوط الأحمر، و ٣٦٪ فى طراز الآيس برج، و ٢٥٪ فى طراز الباتافيا batavia، و ٢٤٪ فى طراز lollo biondo، و ٦٪ فى طراز lollo roso، بينما لم يحدث فقدًا يذكر فى طرازى الرومين والخس الورقى الأخضر green salad bowl.

وأدى تخزين رؤوس الخس الكاملة فى الظلام على ١°م مع ٩٨٪ رطوبة نسبية لمدة ٧ أيام إلى فقد ما بين ٧٪، و ٤٦٪ من الجلوكوسيدات الفلافونية (DuPont وآخرون ٢٠٠٠).

محتوى الخس من النترات

يعتبر الخس من الخضر الورقية التى يمكن أن تحتوى على تركيزات عالية من النترات، علمًا بأن تناول الإنسان للنترات بكميات كبيرة فى غذائه يرتبط بكل من مرض الـ methaemoglobinaemia والإصابات السرطانية التى تحدثها الـ nitrosamines (عن McCall & Willumsen ١٩٩٩).

وقد حددت منظمة الصحة العالمية الحد الأقصى الآمن لكميات النترات والنتريت التى يمكن للإنسان تناولهما يوميًا فى غذائه بمقدار ٣,٧٥ مجم من النترات/كجم من وزن الجسم، و ٠,١٣ مجم نتريت/كجم.

ونظرًا لأن مستوى النترات يمكن أن يزداد فى ظروف الإضاءة الضعيفة فقد حددت وزارة الصحة الهولندية الحد الأقصى المقبول لمحتوى النترات فى أوراق الخس الطازجة بمقدار ٣,٥ جم/كجم خلال الفترة من أول أبريل إلى آخر أكتوبر، و ٤,٥ جم/كجم خلال الفترة من أول نوفمبر إلى آخر مارس (Reinink & Groenwold ١٩٨٧).

أهمية النترات للنبات

إلى جانب أنها تعد مصدرًا للنيتروجين الضرورى لتمثيل الأحماض الأمينية، فإن النترات تلعب دورًا هامًا فى حفظ التوازن الأسموزى، واستمرار امتلاء الخلايا والنمو النباتى، وذلك بخفضها للجهد الأسموزى لسوائل الفجوات العصارية. هذا إلا أن هذا الدور الذى تلعبه النترات ليس قاصرًا عليها حيث يمكن أن تحل محلها مركبات أخرى، مثل السكريات والأحماض العضوية. وتعد النترات هى الـ osmoticum المفضل فى الظروف التى لا تسمح بمعدلات عالية من البناء الضوئى (عن McCall & Willumsen ١٩٩٩).

وقد وجد ارتباط سلبى قوى بين تكوين النترات ونشاط البناء الضوئى. ويعتقد بأن الاختلافات فى محتوى النترات تنتج من اختلاف معدل البناء الضوئى عندما تحل النترات - كعامل حافظ للضغط الأسموزى - محل السكريات (Behr & Wiebe ١٩٩٢).

العوامل المؤثرة فى محتوى النترات بالنبات

يتأثر محتوى النترات فى نباتات السبانخ بالعوامل التالية:

١ - الصنف:

تختلف أصناف السبانخ كثيرًا فى محتواها من النترات (Renink & Groenwold ١٩٨٧).

فمثلاً .. كان محتوى الصنف Green Ice من النترات أقل من محتوى الصنف Diamante بمقدار ٢٠-٣٩٪ حسب تاريخ الحصاد، بينما كانت خمسة أصناف أخرى وسطًا فى محتواها من النترات (Schonbeck وآخرون ١٩٩١).

وقدر متوسط محتوى النترات فى خمسة أصناف من طراز الآيس برج بحوالى ٩٢٥ ± ١٦٦ جزءًا فى المليون (Drews وآخرون ١٩٩٧).

واختلفت أصناف الخس فى محتوها من النترات، وكان الصنف Timpa هو الأقل محتوى من بين أربعة أصناف تم اختبارها (Tesi & Lenzi ١٩٩٨).

٢ - شدة الإضاءة

كان محتوى خس الزراعات المحمية من النترات أعلى من محتوى الخس المنتج فى الحقول المكشوفة (Schonbeck وآخرون ١٩٩١).

وأدى توفير إضاءة صناعية إضافية للخس فى الدانمرك إلى زيادة النمو النباتى، وتبكير الحصاد، وحدوث نقص جوهرى فى مستوى النترات بالنباتات (McCall & Willumsen ١٩٩٩).

٣ - مستوى التسميد الآزوتى:

حدث انخفاض جوهرى فى محتوى الخس من النترات عندما استعملت أسمدة بطيئة التيسر slow release fertilizers مقارنة بالمحتوى النتراتى للنباتات عندما استعملت الأسمدة العادية (Tesi & Lenzi ١٩٩٨).

وعلى الرغم من أن الوزن الطازج لنباتات الخس لم يتأثر بمعدل التسميد الآزوتى، فقد وجد ارتباط إيجابى بين محتوى النترات ومعدل التسميد الآزوتى، وكان النقص الذى حدث فى مستوى النترات فى النبات عند المستويات المنخفضة من التسميد الآزوتى مصاحبًا بزيادات فى محتوى العصير النباتى من كل من الكلوريد، والجلوكوز، والسكروز (McCall & Willumsen ١٩٩٩).

٤ - مستوى النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى الأسمدة والمحاليل المغذية وتداخلات ذلك مع شدة الإضاءة، ودرجة الحرارة، وعمر النبات.

عندما كانت شدة الإضاءة منخفضة شتاء (فى هولندا) ازداد محتوى الخس من النترات كثيرًا عما كان عليه الحال صيفًا. وقد انخفض تراكم النترات عند إحلال النيتروجين الأمونيومى محل ٢٠٪ من النيتروجين النتراتى، وازداد الانخفاض فى محتوى الخس من النترات بزيادة إحلال النيتروجين الأمونيومى محل النتراتى قبل الحصاد بأسابيع قليلة، بينما لم يتأثر الوزن الطازج للرؤوس. وعندما خُفِّضَ تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى شتاء من ١٠ إلى ٢,٥ ملى مول/لتر فإن ذلك لم يؤثر تأثيرًا يذكر لا على نمو الخس ولا على محتواه من النترات، ولكن اتخاذ ذلك الإجراء خلال الربيع أو الصيف أحدث نقصًا فى كل من النمو النباتى ومحتوى الرؤوس من النترات. وأدى رفع حرارة المحلول المغذى مع خفض حرارة الهواء (فى محاولة لخفض تكاليف التدفئة) إلى تحسّن فى النمو، ولكن مع زيادة فى تركيز النترات فى الرؤوس؛ مما ألغى جزئيًّا الأثر الذى أحدثه إحلال النيتروجين الأمونيومى محل النترات (Van Der Boon وآخرون ١٩٩٠).

كما أمكن إنتاج الخس - تحت ظروف الإضاءة المنخفضة فى الزراعات المحمية شتاء فى هولندا - بأقل مستوى من النترات (وهو ٢٩٠٠ جزء فى المليون، بينما الحد الأقصى المسموح به للنترات بالخس شتاءً فى هولندا هو ٤٥٠٠ جزء فى المليون) وذلك باستعمال محلول مغذٍ (فى مزارع تقنية الغشاء المغذى) تبلغ فيه نسبة الأمونيوم إلى النترات ١:٣ حتى الأسبوعين الأخيرين قبل الحصاد ثم استعمال النيتروجين الأمونيومى فقط حتى الحصاد، علمًا بأن هذه المعاملة لم تؤثر على المحصول. هذا .. وقد أدى رفع حرارة المحلول المغذى ليلاً من ٦ إلى ١٠°م مع حرارة هواء قدرها ٦°م إلى تنشيط النمو، ولكن مع إحداث زيادة فى المحتوى النتراتى بمتوسط قدره ٣٦٠ جزءًا فى المليون. أما زيادة الإضاءة بمقدار ٢٧ ميكرومول/م^{2}/ثانية (فى المدى الموجى ٤٠٠-٧٠٠ نانوميتر) ليلاً حتى ثمان ليال قبل الحصاد فإنها لم تؤثر على محتوى النترات على أساس الوزن الطازج (Steingrover وآخرون ١٩٩٣).

وباستعمال نسب نترات: أمونيوم فى المحاليل المغذية تراوحت من ١٠٠:صفر حتى ٢٥:٧٥ انخفض محتوى الأوراق من النترات مع كل زيادة فى نسبة الأمونيوم، ولكن أعطت نسبة ٧٥:٢٥ (نترات:أمونيوم) أعلى معدلات النمو (Gabr ١٩٩٩).

وبينما أدت تغذية الخس حتى الحصاد بمحلول غذائى كامل إلى ارتفاع محتواه من النترات إلى ١٥٥٠ جزءًا فى المليون (وهو مستوى يقل عن الحد الأقصى المسموح به)، فإن حذف النيتروجين من المحلول المغذى بعد ٥٠ يومًا من الزراعة وحتى الحصاد بعد ذلك بثمانية عشر يومًا أدى إلى نقص كل من المحصول الطازج ومحتوى النترات، حيث كانت النباتات المسمدة بالمحلول الغذائى الكامل أعلى محصولاً بنسبة ٢٠٪، وأعلى فى محتوى النترات بنسبة ٦٤٪ (Magnani & Oggiano ١٩٩٧).

وقد أدى خفض النيتروجين النتراتى من ٢٦٠ إلى ٢٠٠ كجم N للهكتار (من ١٠٩ إلى ٨٤ كجم N للفدان) إلى خفض محتوى النترات جوهريًا بينما لم يتأثر المحصول، وأدى مزيد من الخفض فى النيتروجين النتراتى إلى ١٢٠ كجم للهكتار (٥٠ كجم للفدان) إلى إحداث خفض آخر جوهرى فى النترات ولكنه كان مصاحبًا بنقص جوهرى أيضًا فى المحصول. وأدى استبدال ٤٠٪ من النيتروجين النتراتى المستعمل بنيتروجين أمونيومى إلى خفض محتوى النترات جوهريًا دون التأثير على المحصول. وقد أمكن تحسين تأثير استعمال النيتروجين الأمونيومى بالمعاملة - كذلك - بمثبط النترتة dicyandiamide (McCall & Willumsen ١٩٩٨).

٥ - عمر النبات والوقت من اليوم عند الحصاد، وتداخلات ذلك مع شدة الإضاءة ودرجة الحرارة:

انخفض محتوى النترات فى ١٠ أصناف زراعات محمية من مجموعة خس الرؤوس ذات الملمس الدهنى من ٣٣٣٠ جزءًا فى المليون (على أساس الوزن الطازج) فى مرحلة بداية تكوين الرأس إلى ١٦٥٠ جزءًا فى المليون عند وصولها إلى مرحلة اكتمال النمو المناسبة للحصاد، بينما كان الانخفاض بنسبة ٣٥٪ فى ١٢ صنفًا للزراعات الحقلية من المجموعة ذاتها. كذلك كان محتوى النترات فى الزراعات الحقلية أقل - فى جميع مراحل النمو - مما فى الزراعات المحمية. ويستدل من ذلك على إمكان الحصول على خس تنخفض فيه نسبة النترات بإنتاجه فى زراعات حقلية، مع حصاده بعد اكتمال نمو رؤوسه (Drews وآخرون ١٩٩٦).

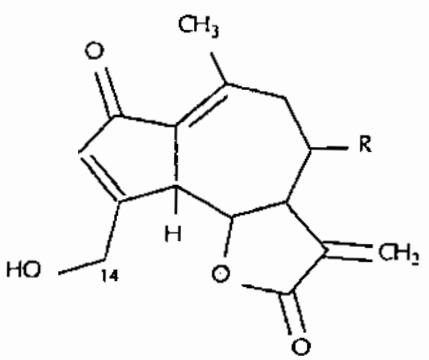
وقد وجد أن محتوى النترات فى الخس كان فى أدنى مستوياته خلال النصف الثانى

من اليوم؛ مما يعنى أهمية إجراء الحصاد خلال تلك الفترة. وقد كان لشدة الإضاءة وتركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى تأثيرًا جوهريًّا على محتوى النباتات من النترات. وأفاد تعريض النباتات لإضاءة مستمرة مع زيادة طفيفة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء خلال المرحلة الأخيرة من نموها فى تخفيض محتواها من النترات (Volkova & Kudums ١٩٩٦).

هذا إلاّ أنه فى ظروف الإضاءة الضعيفة (٤٠٥ واط ساعة/م^2) والحرارة المنخفضة (١٠,٤–١٣,٤°م على مدى اليوم الكامل)، فإن مستوى النترات لم يتغير بتغير موعد الحصاد (Siomos ٢٠٠٠).

المرارة والمركبات المسببة لها

تعد المرارة من أهم الصفات التى تؤثر سلبيًّا فى جودة الخس، وهى ترجع إلى محتوى الخس من مركبات الـ: sesquiterpene lactones، وأهمها المركب lactucin glucoside (شكلا ٣–٣، و ٣–٤)، هذا وتزداد المرارة بشدة عندما يبدأ النبات فى الحنبطة.



	R
Lactucin	-OH
8-Deoxylactucin	-H
Lactucopicrin	-OC $CH_2C_6H_4OH$ (O)

شكل (٣–٣): التركيب الكيميائى للـ sesquiterpene lactones التى توجد فى الخس.