الفصل الثالث

العائلة الكرنبية

٣-١: تعريف بالعائلة الكرنبية

تحتوى العائلة الكرنبية Brassicaceae، أو العائلة الصليبية Cruciferae (أو عائلة الخردل Mustard Family) على نحو ٣٠٠ جنس، وحوالى ٣٠٠٠ نوع، منها عدد كبير من محاصيل الخضر الثانوية، وأربعة من الخضر الرئيسية، هى: الكرنب، والقنبيط، واللفت، والفجل. وقد تناولنا الخضر الصليبية الرئيسية بالتفصيل فى كتاب إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية (حسن ٢٠٠٣).

الوصف النباتى

تعد معظم الخضر الصليبية من النباتات العشبية ذوات الحولين فيما عدا: البروكولى، والخردل، وبعض أصناف اللفت، والفجل، والكرنب الصينى التى تعتبر حولية، والسى كيل، وفجل الحصان وهى من المحاصيل المعمرة. تتميز نباتات العائلة بوجود حرافة خاصة فى مختلف الأجزاء النباتية، تزداد – بصورة واضحة – فى بذور الخردل، وجذور فجل الحصان، وأوراق حب الرشاد، والكرسون المائى.

تحمل أوراق الصليبيات متبادلة، وهى بسيطة ومفصصة أحيانًا. وتبدو الأزهار واضحة ومميزة، وتكون صفراء اللون غالبًا، وقد تكون بيضاء كما فى الكرسون المائى، أو بيضاء عاجية كما فى الفجل. يتكون كأس الزهرة من أربع سبلات، والتويج من أربع بتلات، والطلع من ست أسدية، منها اثنتان قصيرتان، وأربع أسدية طويلة. المبيض علوى يحتوى على كربلتين، وللزهرة قلم واحد، وميسم واحد، وتوجد غدد رحيقية بين الأسدية والمبيض.

تتفتح الأزهار فى الصباح، ويكون تفتح المتوك بعد ساعات قليلة من تفتح الزهرة؛ أى أنها تعتبر مبكرة التأنيث قليلاً slightly protogynous، وتبقى الأزهار متفتحة لمدة ثلاثة

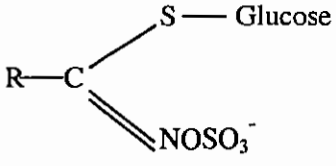
أيام. تنتشر ظاهرة عدم التوافق الذاتى self incompatibility فى معظم الصليبيات، وتبلغ نسبة التلقيح الخلطى فيها حوالى ٩٥٪. يتم التلقيح بواسطة الحشرات، وأهمها نحل العسل، وتفيد الزيارات المتكررة للنحل لأزهار الصليبيات فى زيادة محصول البذور.

الأهمية الغذائية

تحتوى معظم الصليبيات على جميع الأحماض الأمينية الضرورية، وخاصة تلك التى تحتوى على الكبريت. وبمقارنة الصليبيات بأفضل مصادر البروتين النباتية مثل البسلة، فإن الصليبيات تفضلها فى القيمة البيولوجية للبروتين. كذلك تعد جميع الصليبيات مصادر ممتازة للعناصر، وخاصة الكالسيوم، والحديد، والمنجنيز، والصويوم، والبوتاسيوم، والفوسفور، علمًا بأن معظم تلك العناصر تتوفر فى صورة ميسرة. وكذلك تحتوى الخضر الصليبية على كميات كبيرة من البيتا كاروتين، وحامض الأسكوربيك، والريبوفلافين، والنياسين، والثيامين (Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

محتوى الصليبيات من الجلوكوسينولات

إن الجلوكوسينولات glucosinolates عبارة عن مركبات كبريتية توجد فى الخضر الصليبية، وتركيبها العام هو:



ومن أمثلتها، ما يلى:

الاسم	الـ R-group
Sinigrin	Prop-2enyl
Progoitrin	2-Hydroxybut-3-enyl
Gluconapoleiferin	2-Hydroxypent-4-enyl
Glucoiberverin	3-Methylthiopropyl
Glucoerucin	3-Methylthiobutyl

الاسم	الـ R-group
Glucoiberin	3-Methylsulfinylpropyl
Glucoraphanin	4-Methylsulfinylbutyl
Gluconasturtiin	2-Phenethyl
Glucobrassicin	Indolyl-3-methyl
4-Hydroxyglucobrassicin	4-Hydroxyindolyl-3-methyl
4-Methoxyglucobrassicin	2-Methoxyindolyl-3-methyl
Neoglucobrassicin	1-Methoxyindolyl-3-methyl

وتعد جميع الجلوكوسينولات أنيونات، وهى غالبًا ما تتواجد فى النباتات على صورة ملح البوتاسيوم.

وتتحلل الجلوكوسينولات بسهولة بواسطة إنزيم الميروزينيز myrosinase الذى يتواجد معها، وينتج عن ذلك: β-D-glucose، و sulfate، وأجليكون aglucon عضوى. ويمكن أن يتحلل المركب الأخير معطيًا thiocyanates، و iosthiocyanates، و nitrils، و cyanides، و ozazolidine-thiones (عن Rangavajhyala وآخرين ١٩٩٨).

ويؤدى تحلل الجلوكوسينولات إلى إعطاء الصليبيات نكهتها وطعمها المميزين، كما أنها تعد مضادة للإصابات السرطانية، وفى الوقت ذاته فإنها قد تؤدى إلى تضخم الغدة الدرقية.

ومن أمثلة المركبات المسئولة عن الطعم والنكهة، والتى تنشأ عن التحلل الإنزيمى للجلوكوسينولات المركب: allyl isothiocyanate الذى يتكون فى المسترد وفجل الحصان نتيجة للتحلل الإنزيمى للسنيجرين sinigrin، وهو مركب حار قوى مسيّل للدموع.

ونجد أن المركب indol-3-ylmethylglucosinolate – الذى يتواجد بتركيزات عالية فى عديد من الخضر الكرنبية – ذات أهمية بالغة نظرًا لكونه مضاد للإصابات السرطانية (عن Hansen وآخرين ١٩٩٥).

كذلك فإن من نواتج تحلل الجلوكوسينولات glucosinolates المركبان: benzylisothiocyanates، و 2-phenyl isoththiocyanate اللذان يثبطان الإصابات السرطانية التى تحدثها المركبات الكيميائية (عن Carlson وآخرين ١٩٨٧).

وللتفاصيل المتعلقة بدور الجلوكوسينولات فى مقاومة الإصابات السرطانية فى الإنسان يراجع Fahey & Stephenson (١٩٩٩).

ويؤدى المركب 5-vinyloxazolinidine-2-thione إلى تضخم الغدة الدرقية، كما يؤدى المركب thiocyanate إلى منع حصول الغدة الدرقية على اليود.

هذا .. وبدراسة محتوى الجلوكوسينولات glucosinolates فى ٧٢ صنفًا من عدد من الصليبيات، هى: المسترد الورقى mustard greens (*B. juncea*)، والكيل الصينى Chinese kale (*B. oleracea* var. *alboglabra*)، والكرنب الصينى Chinese cabbage (*B. rapa* var. *pekienensis*)، و pak choy (*B. rapa* var. *chinensis*)، و tendergreen (*B. rapa* var. *pervirides*)، واللفت turnip (*B. rapa* var. *rapifera*)، و *B. narinosa*، و *B. nipposinica*) .. تبين من الدراسة أن *B. juncea* يحتوى على تركيزات عالية بشكل واضح من الـ allyl-glucosinolates حيث تراوحت نسبتها بين ٨١٪، و ٩٤٪، بينما احتوى *B. oleracea* على تركيزات عالية من الـ 4-methylsulfinylbutyl-glucosinolates حيث تراوحت نسبتها بين ٩٪، و ٦٨٪ (Hill وآخرون ١٩٨٧).

وأظهرت دراسات Carlson وآخرون (١٩٨٧) تشابهًا بين كرنب بروكسل، والقنبيط، والكيل فى نوعيات الجلوكوسينولات التى توجد فيها وتركيزاتها النسبية.

وأعطى Charron & Sams (١٩٩٩) بيانًا بالجلوكوسينولات الرئيسية فى كل من الكرنب الصينى، والمسترد ذى الأوراق العريضة، والمسترد الهندى، والبروكولى، والكيل، والكرنب، وبيانًا آخر بالأيزوثيوسيانات التى تنطلق من كل من تلك الأنواع.

وقد بلغ تركيز الجلوكوسينولات الكلية فى الكيل الصينى Chinese Kale (وهو *Brassica alboglabra*) ١٢٥٥,٦٤، و ٣٣٥,٧١، و ١٦٨,٤٣ ميكرومول/١٠٠ جم وزن طازج فى كل من النورة الزهرية، والسيقان، والأوراق، على التوالى. وبالمقارنة .. كان المحتوى فى محصول الشوى صم Choy sum (وهو subsp *Brassica campestris* var. *utilis*) ٥٦٩,٣٢، و ١٥,١٣، و ٤٥,٣٨ ميكرومول/١٠٠ جم وزن طازج على التوالى. وكانت أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا، هى:

الاسم الكيميائى	أكثر الجلوكوسينولات تواجدا	المحصول
3-butenyl glucosinolate	Gluconapin	Chinese Kale
4-methylsulfinylbutyl glucosinolate	Glucorapahanin	
3-butenyl glucosinolate	Gluconapin	Choy sum
2-hydroxy-3-butenyl glucosinolate	Progoitrin	

وفى كل من النوعين .. أمكن التعرف على أربعة أنواع من الجلوكوسينولات الإندولية (He وآخرون ٢٠٠٠).

أهمية بقايا الصليبيات فى مكافحة فطريات التربة المسببة للأمراض

وجد أن حرث بقايا النباتات الصليبية يفيد فى الحد من بعض الإصابات المرضية، مثل عفن أفانوميسس الجذرى (الذى يسببه الفطر *Aphanomyces euteiches*) فى البسلة، وذبول فيرتسيلليم (الذى يسببه الفطر *Verticillium dahliae*) فى القنبيط. وترجع تلك الخاصية إلى انطلاق الأيزوثيوسيانات isothiocyanates من الجلوكوسينولات التى توجد فى تلك البقايا النباتية .. انطلاقها إلى التربة (عن Charron & Sams ١٩٩٩).

ويتبين من دراسات Charron & Sams (١٩٩٩) على البقايا النباتية المفرومة لكل من البروكولى، والكرنب الصينى، والكيل، والكرنب، والمسترد الهندى، والمسترد ذى الأوراق العريضة أن الـ allyl isothiocyanate شكلت أكثر من ٩٠٪ من المركبات المتطايرة من المسترد، بينما كان المركب (Z)-3-hexenyl acetate هو المركب المتطاير السائد الذى وجد فى الأنواع الأخرى. وقد كان لجميع البقايا تأثير مثبط على كل من الفطرين: *Pythium ultimum*، و *Rhizoctonia solani*. كذلك وجد Harvey وآخرون (٢٠٠٢) أن المركبات المتطايرة من المسترد الهندى *B. juncea* – والذى يشكل الـ allyl isothiocynate أهمها – تثبيط نمو ميسيليوم الفطر *Sclerotium rolfsii* بنسبة ٩٠٪ عند تركيز ٠,١٪ (وزن من بقايا المسترد/لتر من الهواء)، وتقتله عند تركيز ٠,٢٪، بينما لزمت تركيزات أعلى بكثير لمجرد تثبيط إنبات الأجسام الحجرية بلغت ١٦,٣٪.

ولمزيد من التفاصيل حول هذا الأمر .. يراجع موضوع مكافحة مرض ذبول فيرتسيليم تحت الكرنب فى حسن (٢٠٠٣).

٣-٢: البروكولى

تعريف بالمحصول وأهميته

يسمى البروكولى فى الإنجليزية Broccoli، و Sprouting cauliflower، و Italian Asparagus، كما يعرف باسم Calabrese فى المملكة المتحدة، ويعرف – علميًّا – باسم *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck. عرف البروكولى منذ عهد الرومان، وربما يكون قد نشأ فى منطقة آسيا الصغرى وحوض البحر الأبيض المتوسط. يزرع البروكولى لأجل نوراته التى تؤكل – وهى فى طور البراعم الزهرية – مع حواملها السميكة الغضة.

يحتوى كل ١٠٠ جم من الجزء المستعمل فى الغذاء من البروكولى على المكونات الغذائية التالية: ٨٨,٢٪رطوبة، و ٤,٤٠ جم بروتينًا، و ٠,٩ جم دهونًا، و ١,٨ جم مواد كربوهيدراتية (تتضمن ٠,١ جم نشا، و ١,٥ جم سكريات كلية)، و ٢,٦ جم أليافًا، و ٨ مجم صوديوم، و ٣٧٠ مجم بوتاسيوم، و ٥٦ مجم كالسيوم، و ٢٢ مجم مغنيسيوم، و ٨٧ مجم فوسفورًا، و ١,٧ مجم حديدًا، و ٠,٠٢ مجم نحاسًا، و ٠,٦ مجم زنك، و ١٣٠ مجم كبريت، و ١٠٠ مجم كلوريد، و ٠,٢ مجم منجنيز، و ٢ مجم يودًا، و ٥٧٥ ميكروجرام كاروتين، و ١,٣ مجم فيتامين هـ، و ٠,١ مجم ثيامين، و ٠,٠٦ مجم ريبوفلافين، و ٠,٩ مجم نياسين، و ٠,١٤ مجم فيتامين ب٦، و ٩٠ ميكروجرام حامض فوليك، و ٨٧ مجم حامض أسكوربيك.

يتضح من ذلك أن البروكولى من الخضر الغنية جدًّا فى الكالسيوم، والريبوفلافين، والنياسين، وحامض الأسكوربيك، كما أنه من الخضر الغنية بفيتامين أ، ويحتوى على كميات متوسطة من الفوسفور والحديد.

يعتبر البروكولى مصدرًا جيدًا لكل من الكالسيوم والمغنيسيوم، وكلاهما ميسر للاستفادة منه بيولوجيًّا مثلما يتيسر كالسيوم الحليب؛ هذا بينما نجد أن أغذية أخرى – مثل السبانخ – لا يتيسر محتواها من الكالسيوم بيولوجيًّا – رغم ارتفاعه – بسبب احتوائها على حامض الأوكساليك الذى يمكن أن يتحد مع الكالسيوم ليكون أكسالات الكالسيوم غير الميسرة بيولوجيًّا. وتختلف سلالات وهجن البروكولى فى محتواها من العنصرين،

وقُدِّرَ متوسط المحتوى بنحو ٣٠٠ مجم/١٠٠ جم للكالسيوم، و ٢٥٠ مجم/١٠٠ جم للمغنيسيوم على أساس الوزن الجاف (Farham وآخرون ٢٠٠٠أ).

ويعتقد بأن البروكولى يلعب دورًا فى خفض مستوى الكوليسترول فى الدم، وذلك بسبب محتواه المرتفع نسبيًّا (٠,٣٥٪) من D-glucaric acid (عن Rangavajhyala وآخرين ١٩٩٨).

الوصف النباتى

إن البروكولى نبات عشبى حولى، الجذر وتدى يتعمق فى التربة، ولكنه يقطع عادة عند الشتل، وينمو بدلاً منه عدد كبير من الجذور الجانبية.

يصل ارتفاع الساق الرئيسية للنبات إلى ٦٠ سم أو أكثر حسب الصنف والظروف البيئية. يوجد فى نهاية الساق عنقود كثيف مندمج من البراعم الزهرية، يشكل رأسًا كبيرة نسبيًّا خضراء اللون تكون عادة أصغر من رأس القنبيط. كما ينتج النبات – أيضًا – عددًا من الرؤوس الجانبية على مدى عدة أسابيع.

تتفكك الرؤوس بسرعة إن لم يتم حصادها فى الوقت المناسب، وتستطيل أفرعها، وتنتج نورة زهرية مماثلة لنورة الكرنب.

ونجد فى البروكولى أن النورة المتفرعة تنمو مباشرة لتكون براعم زهرية دون أن تمر بمرحلة وسطية سابقة للإزهار prefloral stage، مثلما يحدث فى القنبيط.

يحمل النبات أورقًا كبيرة طويلة على الساق القصيرة فى موسم النمو الأول، وهى تشبه أوراق القنبيط إلا أنها مفصصة قليلاً. يزيد ارتفاع النبات عند الإزهار، نتيجة لاستطالة الحوامل النورية. توجد بالبروكولى ظاهرة عدم التوافق الذاتى، والتلقيح خلطى بالحشرات.

الأصناف

توجد أصناف كثيرة من البروكولى، ومن بين الأصناف التى أعطت نتائج مبشرة عند تجربة زراعتها فى الجيزة والفيوم (بحوث غير منشورة للمؤلف). كل من: والثام ٢٩

Waltham 29، ودى سيكو De Cicco، وكوستال Costal، وتوبر ٤٣٠ Topper 430، وأطلانتك Atlantic، وجم Gem، وكذلك الهجن: كيلوباترا Cleopatra، وجرين كومت Green Comet، وميديم ٤٧ Medium 47، وسبارتان إيرلى Spartan Early، وإكسبرس كورونا Express Corona. وتزرع بعض هذه الأصناف فى كاليفورنيا، مثل: والثام ٢٩، ودى سيكو، وجم، وجرين كومت، وسبارتان إيرلى (Sims وآخرون ١٩٧٨). وقد كانت أكثر الأصناف تبكيرًا كل من: والثام ٢٩، ودى سيكو، بينما كان الصنفان مديم ليت ٤٢٣ Medium Late 423، ومديم ليت ١٤٥ متأخرَيْن بدرجة كبيرة.

ومن أهم أصناف البروكولى التى تزرع لأجل التصنيع، ما يلى:

Arcadia	Emerald City
Excelsior	Gem
Pakman	Patriot
Pirate	Regal

ومن أهم الأصناف التى تزرع لأجل الاستهلاك الطازج جميع الأصناف السابقة، وكذلك:

Buccaneer	Emperor
Green Valiant	Legend
Liberty	Major
Marathon	Pinnacle
Premium Crop	Windsor
Green Comet	

ومن بين الصفات المقاومة لمختلف الأمراض والعيوب الفسيولوجية، ما يلى:

المرض أو العيب الفسيولوجى	الأصناف المقاومة له
البياض الزغبى أو العفن الأسود أو كلاهما	Everest, Premium Crop, Green Comet, Idol, Crusader & Futura
عفن الرأس البكتيرى *Pseudomonas* sp.	Pirate, Shogun, Green Defender & Green Vailant

المرض أو العيب الفسيولوجى	الأصناف المقاومة له
الجذر الصولجانى	Pirate & Oregon CR-1
الاصفرار فى المخازن	Green Belt

ومن بين أصناف البروكولى الهامة الأخرى (وجميعها من الهجن إلا إذا ذكر خلاف ذلك)، ما يلى:

Cruiser	Corvet
Clipper	Kayak
Waltham 29 (مفتوح التلقيح)	Emperor
Green Duke	Crusader
Viking	Lancelot
Packman (شكل ٣-٢، يوجد فى آخر الكتاب)	(شكل ٣-١، يوجد فى آخر الكتاب)
Stoto	Captain
Pinace	Citation
Souther Star	Landmark
Green Top	Headline
Gem	Galaxy
Legend	Purple Mountain (قرمزى اللون)
Shogun	Marathon
Sprinter	Patriot
Emerald City	Chancellor
Arcadia	Sultan
	Greenbelt
	Legacy

ومن أهم الطرز الأخرى من البروكولى والأصناف التى تمثلها، ما يلى:

١ – Broccoflower .. ومن أمثلته: Alverde، و Green Harmony.

٢ – Broccolini .. وهو عبارة عن هجين بين البروكولى والكيل الصينى *Brassica oleracea* var. *alboglabra*. وقد طور هذا الهجين بواسطة شركة ساكاتا للبذور.

٣ – Green Sprouting Broccoli .. وتمثله الأصناف: De Cicco، و Calabrase، و Italian Green Sprouting، و Waltham 29.

٤ – Kailaan Type .. وهو الكيل الصينى أو البروكولى الصينى *B. oleracea* var. alboglabra .. ومن أمثلته: Green Lance Hybrid، و Gai Lohn.

٥ – Romanesco Type .. وتشبه رؤوسه المئذنة، ويمثله الصنف Minaret.

أما الـ Broccoli Raab (أو اللفت الإيطالى) فهو يتبع النوع *Brassica rapa*، ولا يكوّن رؤوسًا، وإنما يزرع لأجل سيقانه المبكرة التكوين التى تستهلك مثل الهليون، ومن أمثلة أصنافه: Broccoli Raab، و Di Rapa، و Italian Turnip، و Spring Rapini.

ولمزيد من التفاصيل عن أصناف البروكولى .. يراجع Minges (١٩٧٢)، و Wehner (١٩٩٩).

الاحتياجات البيئة

تنجح زراعة البروكولى فى معظم أنواع الأراضى، ولكن أفضلها الأراضى الطميية.

ويحتاج البروكولى إلى جو معتدل، يميل إلى الدفء خلال مرحلة النمو الخضرى فى بداية حياته، وإلى جو معتدل مائل إلى البرودة أثناء تكوين الرؤوس. ويعتبر البروكولى أكثر تحملاً لارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن القنبيط، وهو يتحمل الصقيع دون أن يحدث له ضرر ملحوظ.

ولقد وجد أن نباتات البروكولى وغيرها من الصليبيات (مثل: الكرنب، والكيل الصينى، والكرنب الصينى) تتأقلم على الشدِّ الحرارى (٣٥°م نهارًا، و ٣٠° ليلاً)، واتضح ذلك من خلال دراسة مدى ثبات الأغشية الخلوية ودراسات فلورة الكلوروفيل. وأظهرت الدراسة أن البرولين يتراكم فى أوراق النباتات لدى تعريضها للشدِّ الحرارى (Takeda وآخرون ١٩٩٩).

هذا .. إلاّ أن ارتفاع درجة الحرارة كثيرًا أثناء تكوين الرؤوس يؤدى إلى نمو أوراق بها – وتلك صفة غير مرغوبة – وسرعة نموها؛ مما يزيد من فرصة تعديها لمرحلة النمو

المناسبة للاستهلاك قبل الحصاد؛ فهى تؤدى إلى انتفاخ البراعم، وانفراج السبلات، وانفصال أجزاء النورة عن بعضها البعض، وبزوغ الأوراق العليا من خلال الرأس (عن Heather وآخرين ١٩٩٢).

كذلك يؤدى ارتفاع الحرارة فى بداية مرحلة تكوين الرؤوس إلى التأثير معنويًّا على طول فترة الحصاد ومدى التجانس فى موعده فى الحقل الواحد.

بسترة حقول الزراعة بالتشميس

استجاب صنف البروكولى Early Sprouting Calabrase لبسترة التربة بالإشعاع الشمسى Solarization، وذلك بزيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٥٠٪، مع تبكير النضج بنحو ثلاثة أسابيع. كذلك أدت عملية التشميس إلى زيادة كثافة كائنات التربة من الـ Pseudomonads والأكتينوميسيتات، وبعض الفطريات فى محيط الجذور، كما أدت إلى انخفاض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور بشدة مقارنة بعدم تشميس التربة (Stevens وآخرون ١٩٨٨).

طرق التكاثر والزراعة

يزرع البروكولى – غالبًا – بالبذرة مباشرة فى الحقل الدائم، وإن كانت بعض المساحات المخصصة للاستهلاك الطازج تزرع بواسطة الشتلات.

التقاوى ومعاملاتها

يحتوى كل كيلو جرام من البذور على حوالى ٣٠٠ ألف بذرة.

ويلزم لزراعة الفدان ٢٥٠ جم من البذور عند الزراعة بطريقة الشتل، ونحو ٥٠٠ جم عند الزراعة فى الحقل الدائم مباشرة، على أن تخف النباتات على المسافات المرغوبة بعد الإنبات.

يفضل دائمًا استخدام التقاى التى سبقت معاملتها بالحرارة للتخلص من عديد من مسببات الأمراض الخطيرة، وتجرى المعاملة بالنقع فى الماء الساخن على حرارة ٥٠°م لمدة ٢٥–٣٠ دقيقة ثم تبريد البذور سريعًا وتجفيفها.

وتفيد عملية الـ Seed priming (وهى عملية ترطيب للبذور متحكم فيها ثم إعادة تجفيفها) .. تفيد فى تحسين إنبات البذور فى حرارة تزيد عن ٣٠°م، وذلك بسماحها حدوث العمليات الأيضية السابقة للإنبات ولكن مع منعها بزوغ الجذير، بحيث يزداد معدل إنبات البذور عند زراعتها بعد ذلك فى مدى أوسع من درجات الحرارة.

وتجرى معاملات الـ priming بنقع البذور فى محاليل ذات ضغط أسموزى عال. فيما يعرف باسم osmotic priming، ويستخدم لذلك أملاح نترات البوتاسيوم، أو كلوريد الصوديوم، أو فوسفات البوتاسيوم الثلاثى K_3PO_4، أو المركبات ذات الوزن الجزيئى العالى التى لا تنفذ إلى داخل البذور – مثل البوليثيلين جليكول polyethylene glycol عند جهد مائى منخفض إلى درجة تمنع الإنبات. وقد ثبت نجاح هذا النوع من الـ seed priming فى تحسين إنبات بذور عديد من الصليبيات مثل كرنب بروكسل، والكرنب، والكيل.

كذلك يفيد ما يعرف بالـ matric priming (وهو استعمال بيئات صلبة مرطبة مثل الفيرميكيوليت وسليكات الكالسيوم فى ترطيب البذور) فى إسراع إنبات البذور (عن Jett وآخرين ١٩٩٦).

وقد قام Jett وآخرون (١٩٩٦) بنقع بذور البروكولى إما بطريقة الـ osmotic priming فى البوليثيلين جليكول ٨٠٠٠ عند –١,١ ميجا باسكال MPa، وإما بطريقة الـ matric priming (بنسبة ١,٠ جم بذور: ٠,٨ جم سيليكات كالسيوم مصنعة: ١,٨ مل ماء عند –١,٢ ميجا باسكال)، ووجدوا أن إنبات بذور البروكولى كان ضعيفًا فى حرارة أعلى من ٣٥°م، كما كان نمو الجذور – بعد الإنبات – أكثر حساسية للحرارة التى تزيد عن ٣٠°م والتى تقل عن ١٥°م عند بزوغ الجذير، هذا فى الوقت الذى أدت فيه معاملة النقع إلى زيادة معدل إنبات البذور، مع زيادة سرعة إنباتها فى حرارة تزيد عن ٣٥°م. وقد كان للـ matric priming تأثيرًا أكبر على معدل إنبات البذور ونمو الجذور بين ١٥، و ٣٠°، ربما بسبب زيادة تيسر الأكسجين أثناء تلك المعاملة التى ربما أدت – كذلك – إلى زيادة محتوى البذور من الكالسيوم.

وعندما كان متوسط حرارة التربة حوالى ٢٤°م .. أدت أى من معاملتى نقع البذور

بطريقة الـ osmotic priming أو الـ matric priming إلى زيادة نسبة الإنبات جوهريًا مقارنة بمعاملة الكنترول، وانقصت متوسط طول الفترة التى لزمت لاكتمال الإنبات بنحو ١٥ ساعة. كذلك أدت معاملتا النقع إلى تقليل التباين فى سرعة الإنبات؛ مما أدى إلى زيادة تجانس النمو النباتى. ومن المزايا الأخرى للمعاملة أنها – ونتيجة لإسراعها الإنبات – أدت إلى تقليل مخاطر تعرض البادرات لظروف الشدِّ المختلفة أثناء الإنبات (Jett وآخرون ١٩٩٥).

إنتاج الشتلات

أفادت تغطية مشاتل البروكولى بشباك التظليل البيضاء أو السوداء فى تحسين إنبات البذور مقارنة بعدم التغطية، وذلك عندما أجريت الزراعة أثناء فترة ارتفاع درجة الحرارة خلال شهر أغسطس فى فالنسيا بإسبانيا (Maroto وآخرون ١٩٩٦).

مقارنة الزراعة بالشتل بالزراعة بالبذور مباشرة

تكون الزراعة بالشتل على خطوط بعرض ٨٠ سم فى جور تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٦٠–٧٥ سم. وتؤدى الزراعة على مسافات ضيقة إلى زيادة المحصول الكلى، وصغر حجم الرؤوس القمية، وتقليل عدد الرؤوس الجانبية المتكونة.

وتزرع حقول البروكولى المخصصة للتصنيع بالبذرة مباشرة فى الحقل الدائم بكثافة نباتية تتراوح بين ٢٠٠٠٠، و ٣٠٠٠٠ نباتًا للفدان. وتكون الزراعة – عادة – فى خطوط تبعد عن بعضها بحوالى ٣٠–٣٥ سم تتبادل مع مسافات أوسع تبلغ ٧٠–٧٥ سم لأجل مرور الآليات والحصاد، بينما تبلغ المسافة بين النباتات فى الخط – بعد الخف – حوالى ٢٠–٢٥ سم.

هذا .. ولم يجد Kahn & Motes (١٩٨٨) فروقًا معنوية بين زراعة البروكولى بطريقة الشتل أو مباشرة فى الحقل الدائم (سواء أكان ذلك بالبذور الجافة أم بالبذور المحمولة فى السوائل fluid drilling) فى كل من درجة التجانس فى موعد الحصاد، والمحصول المبكر، والمحصول الكلى.

وتؤثر درجة الحرارة العالية سلبيًا على إنبات بذور البروكولى، وتؤدى – فى حالة

الزراعة بالبذور فى الحقل الدائم مباشرة – إلى نقص الكثافة النباتية، وتفاوت قوة النمو بين النباتات، وعدم تجانس موعد الحصاد؛ مما يؤدى إلى ضعف كفاءة الحصاد. ولهذا السبب .. فإن البروكولى غالبًا ما يزرع بضعف الكثافة المرغوب فيها على أن تخف النباتات بعد ذلك على الكثافة المناسبة، وهى ١١ نباتًا/م^{٢}.

كثافة الزراعة

تختلف أصناف البروكولى كثيرًا فى مدى قوة نمو نباتاتها وشدة تفرعها؛ ومن ثم فى شدة كثافة الزراعة التى تناسبها، ويتوقف ذلك أساسًا على شدة السيادة القمية بالصنف (عن Wien & Wurr ١٩٩٧).

إن زراعة البروكولى بالبذرة مباشرة فى الحقل الدائم تسمح بزيادة كثافة الزراعة؛ ومن ثم زيادة المحصول. وعلى الرغم من أن زيادة كثافة الزراعة تؤدى إلى صغر جم الرأس، إلا أن المستهلكين يتقبلون مدى واسعًا من أحجام الرؤوس فى البروكولى. ومن المزايا الأخرى لكثافة الزراعة العالية: انخفاض الإصابة بالعيب الفسيولوجى تجوف الساق، ونقص عدد الفروع الجانبية، ونقص عدد الأوراق بالساق الرئيسى؛ مما يقلل الحاجة إلى التشذيب عند الحصاد، ويؤدى إلى تركيز المحصول فى النورات الرأسية؛ مما يسمح بإجراء الحصاد مرة واحدة، كما يؤدى إلى تبكير الحصاد من النورات القمية.

وقد وجد أن أفضل كثافة زراعة لإنتاج أعلى محصول من الرؤوس القمية بأفضل نوعية هى ٣,٦ نبات بكل متر مربع، أى حوالى ١٥٠٠٠ نبات بالفدان (Jett وآخرون ١٩٩٥).

ولكن وجدت زيادة فى محصول البروكولى بزيادة كثافة الزراعة حتى ٢٠ نباتًا/م٢، إلاّ أن وزن الرأس نقص بشدة (عن NeSmith ١٩٩٨).

مواعيد الزراعة

تزرع بذور البروكولى من يوليو إلى آخر سبتمبر.

عمليات الخدمة الزراعية

يعامل البروكولى معاملة القنبيط (حسن ٢٠٠٣) من حيث عمليات الخدمة الزراعية، وهى كما يلى:

العزيق ومكافحة الأعشاب الضارة

تجرى عملية العزيق للتخلص من الأعشاب الضارة والترديم قليلاً على النباتات، وذلك بنقل جزء من التراب من ريشة الخط غير المزروعة (الريشة البطالة) إلى الريشة المزروعة (الريشة العمّالة).

وتستعمل مبيدات الحشائش التالية - أيضًا - للتخلص من الأعشاب الضارة فى حقول البروكولى:

(أ) مبيد بنزيوليد Bensulide (مثل بريفار Prefar، وبريساند Presand، ويستعمل قبل الزراعة بمعدل ٢,٥-٣ كجم للفدان.

(ب) مبيد CDEC (مثل فيجادكس Vegadex)، ويستعمل بعد الإنبات أو بعد الشتل مباشرة، بمعدل ٢-٣ كجم للفدان.

(جـ) مبيد DCPA (مثل داكثال Dacthal)، ويستعمل عند الزراعة، بمعدل ٢,٢٥-٥ كجم للفدان.

(د) مبيد نيتروفين (مثل TOK)، ويستعمل عند الزراعة أو بعد الإنبات بنحو أسبوعين، بمعدل ١,٥-٣ كجم للفدان.

الرى

يجرى الرى بعد ٤-٦ أيام من الشتل، ثم كل ١٠-١٥ يومًا بعد ذلك حسب نوع التربة والظروف الجوية السائدة. ويراعى دائمًا عدم تعطيش النباتات. وقد أدى نقص الرطوبة الأرضية إلى نقص محصول البروكولى والتأثير سلبيًّا على قطر الرؤوس (Rubino وآخرون ١٩٩٤).

التسميد

علاقة مرحلة النمو النباتي بامتصاص العناصر وتوزيعها

تمتص نباتات البروكولى كميات كبيرة – نسبيًا – من العناصر الغذائية، ولكن لا يصل سوى القليل منها إلى الرؤوس التى يتم حصادها، ويعود الباقى إلى التربة من النموات الخضرية التى تقلب فيها بعد الحصاد.

وفى دراسة أجريت على نمو نباتات البروكولى وعلاقة النمو بامتصاص العناصر قام Rincon وآخرون (١٩٩٩) بتسميد النباتات مع ماء الرى بالتنقيط بمعدلات ثابتة من النيتروجين N (١٢,٥ ملى مكافئ/لتر)، والفوسفور P (١ ملى مكافئ/لتر)، والبوتاسيوم (٥ ملى مكافئ/لتر)، والكالسيوم (٢ ملى مكافئ/لتر)، والمغنيسيوم (١ ملى مكافئ/لتر)، وقاموا بتقدير العناصر الكبرى فى الأوراق والسيقان والرؤوس كل ١٥–٢٠ يومًا لمدة ٨٧ يومًا بعد الشتل، وكانت النتائج كما يلى:

١ – تم خلال تلك الفترة حصاد ١٩,٢ طن/هكتار (٨ طن/فدان) من الرؤوس.

٢ – بلغ إجمالى المادة الجافة المنتجة ٦,٢ طنا للهكتار (خص الرؤوس منها ٣٩,١٪، والأوراق ٤٢,١٪، والسيقان ١٨,٨٪).

٣ – كان دليل مساحة الورقة leaf area index ٤,٤ بعد ٨٧ يومًا من الشتل.

٤ – بلغ إجمالى كمية النيتروجين التى امتصتها النباتات خلال تلك الفترة ٢٤٣,٩ كجم/هكتار (١٠٢,٥ كجم N/فدان)، خص الرؤوس منها ٤١,٩٪.

٥ – بلغ إجمالى كمية الفوسفور التى امتصتها النباتات ٢٨,٧ كجم/هكتار (١٠,٢ كجم/فدان)، خص الرؤوس منها ٥٠,٨٪.

٦ – بلغ إجمالى كمية البوتاسيوم التى امتصتها النباتات ٢٤٠,٩ كجم/هكتار (١٠١,٢ كجم/فدان)، خص الرؤوس منها ٣٢,٣٪.

٧ – بلغ إجمالى كمية الكالسيوم التى امتصتها النباتات ٢٢١,٣ كجم/هكتار (٩٣ كجم/فدان)، خص الأوراق منها ٨٤٪.

٨ – بلغ إجمالى كمية المغنيسيوم التى امتصتها النباتات ٢٣ كجم/هكتار (٩,٧ كجم/فدان)، خص الأوراق منها ٥٨,٩٪.

٩ – كان أعلى تراكم للنيتروجين، والكالسيوم، والمغنيسيوم فى الأوراق، وأعلى تراكم للبوتاسيوم فى السيقان، وأعلى تراكم للفوسفور فى الرؤوس.

١٠ – كان أعلى معدل امتصاص للنيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم خلال مرحلة النمو الخضرى القوى، وأعلى امتصاص للكالسيوم خلال مرحلة النمو القوى للرؤوس، بينما كان امتصاص المغنيسيوم ثابتًا تقريبًا خلال جميع مراحل النمو.

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

يمكن التعرف على مدى حاجة النباتات إلى التسميد بتحليل العرق الوسطى للأوراق المكتملة النمو حديثًا. وتتوقف نتيجة التحليل على موعد إجرائه كما يلى (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠):

موعد إجراء التحليل	العنصر	مستوى النقص	مستوى الكفاية
فى منتصف مرحلة النمو	النيتروجين – NO_3 بالجزء فى المليون	٧٠٠٠	١٠٠٠٠
	الفوسفور – PO_4 بالجزء فى المليون	٢٥٠٠	٥٠٠٠
	البوتاسيوم – K كنسبة مئوية	٣	٥
عند تكوين البراعم الزهرية	النيتروجين – NO_3 بالجزء فى المليون	٥٠٠٠	٩٠٠٠
	الفوسفور – PO_4 بالجزء فى المليون	٢٠٠٠	٤٠٠٠
	البوتاسيوم – K كنسبة مئوية	٢	٤

تستجيب النباتات للتسميد إذا كانت العناصر بين مستويات النقص والكفاية. ويدل وجود العناصر عند مستوى النقص على أن النباتات تعانى بالفعل من نقص العناصر، كما يلاحظ أن مستويات النقص والكفاية تقل كلما تقدمت النباتات فى العمر.

كذلك أوضح Hartz & Hochmuth (١٩٩٦) نتائج تحاليل النيتروجين والبوتاسيوم (فى كل من العصير الخلوى بأعناق الأوراق والأوراق الكاملة) التى تمثل مستوى الكفاية لهما على النحو التالى:

مرحلة النمو	العصير الخلوى لعنق الورقة (مجم/لتر)		الأوراق الكاملة (جم/كجم وزن جاف)	
	النيتروجين النتراتى	البوتاسيوم	النيتروجين	البوتاسيوم
مرحلة نمو الورقة السادسة	١٠٠٠-٨٠٠	—	٥٠-٣٥	٤٥-٣٥
قبل الحصاد الأول بفترة وجيزة	٨٠٠-٥٠٠	—	٤٥-٣٠	٤٠-١٥
عند الحصاد الأول	٥٠٠-٣٠٠	—	٤٠-٣٠	٤٠-١٥

وقد وجد أن محتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من النيتروجين النتراتى يرتبط مع محتوى الأعناق الجافة منه (r^2 = ٠,٧٩٩) تبعًا للمعادلة التالية (Kubota وآخرون ١٩٩٧):

$$Y = 343 + 0.047X$$

حيث إن:

Y = النيتروجين النتراتى بالمليجرام/لتر فى العصير الخلوى لأعناق الأوراق.

X = النيتروجين النتراتى بالمليجرام/كيلو جرام فى أعناق الأوراق الجافة.

الاحتياجات السمادية

قدرت احتياجات البروكولى من العناصر الأولية بنحو: ٣٥-٨٥ كجم نيتروجينًا، و ٤٠-١٠٠ كجم P_2O_5، و ٢٥-١٠٠ كجم K_2O للفدان حسب خصوبة التربة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

ويستجيب البروكولى عادة للتسميد بكميات كبيرة من النيتروجين تتراوح بين ١٢٥، و ١٥٠ كجم للفدان.

هذا .. إلاّ أن زيادة معدلات التسميد الآزوتى من صفر إلى ١٩٦ كجم N للهكتار (من صفر إلى ٨٢ كجم N للفدان) كان مصاحبًا بزيادة فى حالات الإصابة بعفن الرؤوس (الذى تسببه البكتيريا *Erwinia* spp.، و *Pseudomonas* spp.)؛ مما أدى إلى نقص المحصول الصالح للتسويق (Everaarts ١٩٩٤).

وقد أعطى التسميد بمعدل ١٢٥-٢٥٠ كجم N للهكتار (٥٢-١٠٥ كجم N للفدان) أعلى محصول من الرؤوس ذات الحجم المثالى للتسويق (Toivonen وآخرون ١٩٩٤).

وتحت ظروف الزراعة الصحراوية أعطى البروكولى أعلى محصول عندما كان التسميد الآزوتى بمعدل ٢٦٧ كجم N للهكتار (١١٢ كجم N للفدان) (Sanchez وآخرون ١٩٩٦). وفى هولندا .. أوصى بتسميد البروكولى بنفس المعدل تقريبًا (٢٧٠ كجم N للهكتار) على أن يخصم من الكمية المستعملة مقدار مماثل لكمية النيتروجين المعدنى التى تتوفر فى طبقة الستين سنتيمترًا السطحية من التربة (Everaarts & Willigen ١٩٩٩).

وفى دراسة أخرى قدر Everaarts & Willigen (٢٠٠٠) أقصى امتصاص للنيتروجين بواسطة البروكولى بنحو ٣٠٠ كجم للهكتار (١٢٦ كجم N للفدان). ووجد أن زيادة التسميد الآزوتى أدت إلى زيادة إنتاج المادة الجافة. وعند أفضل مستوى من التسميد الآزوتى (المضاف إلى جانب النباتات) تراوح دليل حصاد النيتروجين nitrogen harvest index (وهو كمية النيتروجين المتصة التى تصل إلى الجزء المستعمل فى الغذاء كنسبة مئوية من الكمية الكلية المتصة) .. تراوح بين ٢٧٪، و ٣٠٪. وقد ازدادت كمية النيتروجين العضوى المتبقية فى التربة بعد الحصاد بزيادة معدل التسميد الآزوتى. وتراوحت كمية النيتروجين التى تخلفت فى بقايا النباتات – عند أفضل مستوى للتسميد – بين ١٢٠، و ١٥٥ كجم للهكتار (بين ٥٠، و ٦٥ كجم N/فدان).

كذلك يعتبر البروكولى من المحاصيل الحساسة لنقص الموليبدنم، ويستجيب – فى حالة نقص العنصر – للتسميد الأرضى قبل الزراعة بمعدل ٤,١ كجم موليبدنم للهكتار (١,٧ كجم للفدان) على صورة موليبدات صوديوم، أو الرش ٥–٦ مرات على فترات أسبوعية، بمعدل ٠,٣–٠,٤ كجم موليبدنم للهكتار (١٢٥–١٨٠ جم للفدان) على صورة موليبدات صوديوم أيضًا (Gruesbeck & Zandstra ١٩٨٨).

برامج التسميد

أولاً: فى الأراضى الثقيلة:

يوصى فى الأراضى الثقيلة بتسميد البروكولى بنحو ٢٠م^{٣} من السماد البلدى للفدان، تضاف قبل الحرثة الأخيرة، مع استعمال الأسمدة الكيميائية بواقع ٨٠ كجم N، و ٤٥ كجم P_2O_5، و ٥٠ كجم K_2O للفدان، تضاف على ثلاث دفعات، كما يلى:

١ – مع السماد العضوى أثناء خدمة الأرض للزراعة، حيث يضاف ٢٠ كجم

نيتروجين (١٠٠ كجم سلفات نشادر)، و ٢٢,٥ كجم P_2O_5 (١٥٠ كجم سوبر فوسفات).

٢ – بعد ثلاثة أسابيع من الشتل، حيث يضاف تكبيشًا بمعدل ٣٠ كجم نيتروجين (١٥٠ كجم سلفات نشادر)، و ٢٢,٥ كجم P_2O_5 (١٥٠ كجم سوبر فوسفات)، و ٢٥ كجم K_2O (٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

٣ – بعد ثلاثة أسابيع أخرى، حيث يضاف سرًّا بمعدل ٣٠ كجم نيتروجين (١٠٠ كجم نترات نشادر)، و ٢٥ كجم K_2O (٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

وينصح عند نقص المغنيسيوم بأن تتم إضافته مع الأسمدة الأخرى بمعدل ١٠٠ كجم كبريتات مغنيسيوم للفدان. ونظرًا لاحتياج البروكولى – وكذلك الصليبيات الأخرى – لكيمات كبيرة من عنصر البورون؛ لذا .. يوصى فى حالة نقصه بإجراء التسميد بالبوراكس بمعدل ١٠ كجم للفدان.

ثانيًا: فى الأراضى الخفيفة والرملية:

يوصى فى الأراضى الخفيفة والرملية بتسميد البروكولى بمعدل ٢٠–٢٥م^3 من السماد العضوى للفدان توضع فى باطن الخط قبل الزراعة، ويضاف معها ٢٠ كجم N (١٠٠ كجم سلفات نشادر)، و ٣٠ كجم P_2O_5 (٢٠٠ كجم سوبر فوسفات)، و ٢٥ كجم K_2O (٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، و ٥ كجم MgO (٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم)، و ٥٠ كجم كبريت زراعى.

ويستمر برنامج التسميد بعد الزراعة باستعمال ٨٠ كجم N (يفضل أن تكون على صورة نترات نشادر أو مخلوط منها مع سلفات النشادر)، و ١٥ كجم P_2O_5 (على صورة سوبر فوسفات عندما يكون الرى سطحيًّا، أو حامض فوسفوريك عندما يكون الرى بالتنقيط)، و ٥٠ كجم K_2O (على صورة سلفات نشادر أو بوتاسيوم سائل عند الضرورة فى حالة الرى بالتنقيط أو بالرش)، و ٥ كجم MgO (على صورة سلفات مغنيسيوم).

وتكون إضافة هذه الأسمدة على النحو التالى:

١ – فى الأراضى الخفيفة عند الرى بالغمر:

تضاف الأسمدة سرًّا أو تكبيشًا على ٥ دفعات ابتداء من بعد الشتل بأسبوعين، ثم كل أسبوعين بعد ذلك مع مراعاة ما يلى:

أ – استكمال إضافة السماد الفوسفاتى فى الدفعتين الأولى والثانية من التسميد.

ب – يبلغ أقصى معدل للتسميد الآزوتى بعد ٥ أسابيع من الشتل، مع خفض الكميات المضافة منه – فى الدفعات الأخرى – قبل هذا الموعد وبعده بصورة تدريجية.

جـ – يبلغ أقصى معدل للتسميد البوتاسى بعد ٧ أسابيع من الشتل، مع خفض الكميات المضافة منه – فى الدفعات الأخرى – قبل هذا الموعد وبعده بصورة تدريجية.

د – يضاف المغنيسيوم بكميات متساوية فى الدفعات الثالثة إلى الخامسة.

٢ – فى الأراضى الرملية مع الرى بالتنقيط:

تضاف الأسمدة مع مياه الرى بالتنقيط على ٣–٥ دفعات أسبوعية ابتداء من بعد الشتل بأسبوع واحد، وذلك على النحو التالى:

أ – يضاف الفوسفور والمغنيسيوم بكميات أسبوعية متساوية حتى قبل الحصاد بثلاثة أسابيع.

ب – يلغ أقصى معدل للتسميد الآزوتى خلال الأسبوع السادس بعد الشتل، وتقل الكميات المضافة منه – فى الأسابيع الأخرى – قبل هذا الموعد وبعده بصورة تدريجية، على أن يتوقف التسميد بالنيتروجين قبل الحصاد بأسبوعين.

جـ – يبلغ أقصى معدل للتسميد البوتاسى خلال الأسبوع الثامن بعد الشتل، وتقل الكميات المضافة منه – فى الأسابيع الأخرى – قبل هذا الموعد وبعده بصورة تدريجية، على أن يتوقف التسميد بالبوتاسيوم قبل الحصاد بأسبوع.

٣ – فى الأراضى الخفيفة عند الرى بالرش:

تضاف الأسمدة الآزوتية، والبوتاسية، والمغنيسيومية مع مياه الرى بالرش على دفعات أسبوعية يراعى فيها ما سبق بيانه أعلاه تحت الرى بالتنقيط، أما الأسمدة الفوسفاتية فإنها تضاف كلها (٣٠٠ كجم سوبر فوسفات) مع السماد العضوى فى باطن الخط قبل الزراعة.

وفى جميع الحالات يحتاج البروكولى إلى التسميد بنحو ٠,٥ كجم من مخلوط العناصر الدقيقة المخلبية بعد ثلاثة أسابيع من الشتل، ثم كل ثلاثة أسابيع بعد ذلك. وتفضل إضافة هذه الأسمدة مع مياه الرى نظرًا لصعوبة احتفاظ أوراق البروكولى – التى تكون مغطاة بطبقة شمعية سميكة – بمحلول السماد فى حالة إضافته رشًّا.

إزالة الرؤوس القمية

وجد Palevitch & Pressman (١٩٧٣) أن قطع الرؤوس الطرفية فى بداية مراحل تكوينها أدى إلى تكوين رؤوس جانبية كثيرة فى وقت متقارب؛ مما يجعل من الممكن إجراء الحصاد آليًا مرة واحدة. وقد كان محصول النموات الجانبية أكبر من محصول النموات القمية فى النباتات التى تركت دون تقليم من الصنف والثام ٢٩، بينما لم يوجد فرق فى المحصول بين المعاملتين فى الصنف جرين ديوك Green Duke.

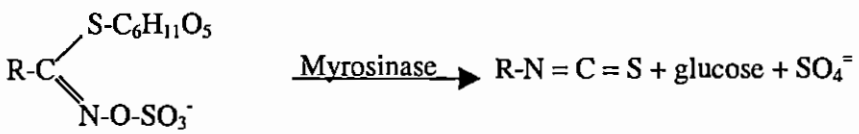
كذلك وجد أن قطع (تطويش) القمة النامية للنباتات فى مراحل نموها المبكرة أدى إلى إنتاج أعلى محصول من الرؤوس الكبيرة (حوالى ١٤٠ جم) العالية الجودة (Dellacecca ١٩٩٦).

الفسيولوجى

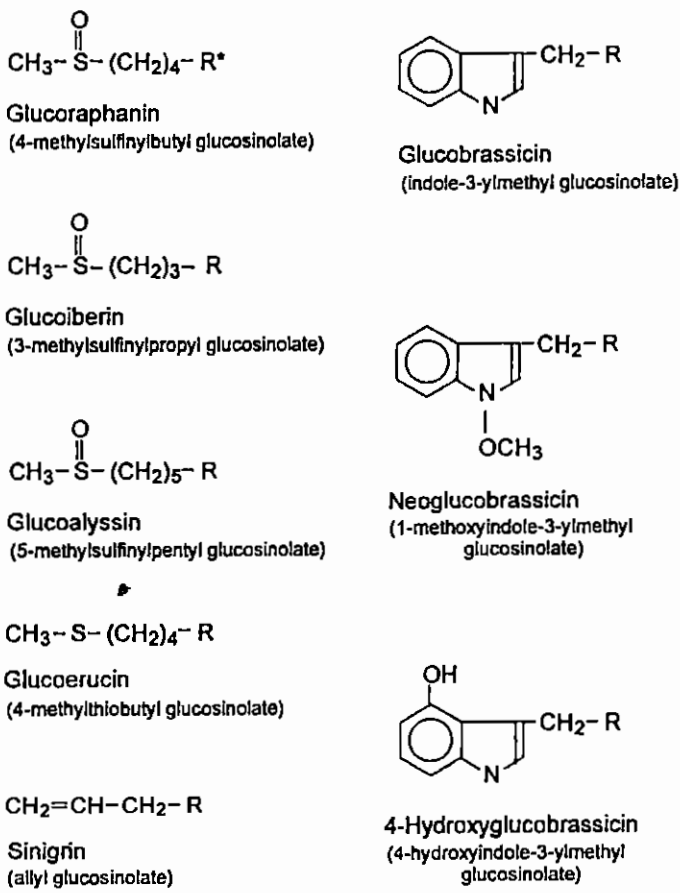
محتوى البروكولى من الجلوكوسينولات والأيزوثيوسانيت

تعد الجلوكوسينولات من نواتج الأيض الثانوية secondary metabolites التى توجد فى رتبة Capparales، التى تضم العائلات النباتية: Capparaceae، و Brassicaceae، و Koeberliniaceae، و Moringaceae، و Resedaceae، و Tovariaceae، ولكنها تكثر بصفة خاصة فى العائلة الكرنبية Brassicaceae (الصليبية). وقد عزل أكثر من ١٠٠ نوع منها من مختلف النباتات، وهى تميز بواسطة الـ R-group التى قد تكون عطرية aromatic، أو إندولية indolic، أو أليفاتية aliphatic (عن Rosa & Rodrigues ٢٠٠١).

إن الجلوكوسينولات مركبات ثابتة جدًا وقابلة للذوبان فى الماء (ويتراوح تركيزها فى البروكولى من حوالى ٠,٠٥٪ إلى ٠,١٪ على أساس الوزن الرطب)، هذا إلا أن الأيزوثيوسيانات التى تنطلق منها شديدة التفاعل والقابلية للتطاير، ويحدث هذا التحلل بفعل إنزيم الميروزينيز، كما يلى (Fahey & Stephenson ١٩٩٩).



ويبين شكل (٣-٣) الجلوكوسينولات glucosinolates التى وجدت فى البروكولى.



$$*R= \quad -C(=N-OSO_2O^-)-S-C_6H_{11}O_5$$

شكل (٣-٣): الجلوكوسينولات **glucosinolates** التى وجدت فى البروكولى (عـن **Farnham** وآخرين ٢٠٠٠ب).

وقد شكل الـ glucoiberin، والـ glucoraphanin ٧٨٪ من الجلوكوسينولات الكلية فى البروكولى الحديث الحصاد (Hansen وآخرون ١٩٩٥).

وكان البروكولى قد جذب الانتباه عندما اكتشف محتواه المرتفع من الـ iothiocyanate sulforaphane الـذى يعـرف بالاسـم الكيميـائى: -1-isothiocyanate-(4R)-(methylsulfinyl) butane، وكذلك بعض مشتقات الجلوكوسينولات الأخرى ذات الخصائص المضادة للإصابات السرطانية (عن Rosa & Rodrigues ٢٠٠١).

وبدراسة التركيب الكيميائى لرؤوس خمسة أصناف من البروكولى، وجد ما يلى:

١ – تراوح محتواها من الجلوكوسينولات الكلية بين ٤٧، و ٩٣ ميكرومول/جم وزن جاف.

٢ – تراوح محتواها من الـ S-methylcysteine sulfoxide بين ٢٢، و ٥٧ ميكرومول/جم وزن جاف.

٣ – أمكن التعرف على ١١ نوعًا من الجلوكوسينولات، كان أهمها: الـ progoitrin، والـ glucoiberin، والـ glucoraphanin، والـ glucobrassicin، والـ neo-glucobrassicin، وهى التى شكلت – معًا – أكثر من ٩٥٪ من المحتوى الكلى للجلوكوسينولات.

٤ – لم يعثر على الـ Glucoiberin بتركيزات يعتد بها سوى فى أصناف البروكولى ذات الرؤوس القرمزية اللون.

٥ – كانت أكثر المركبات المتطايرة تواجدًا فى البروكولى المطهى، هى: الـ pentanol، والـ pentanal، والـ hexanal، والـ heptanal، والـ nonanal (Hansen وآخرون ١٩٩٧).

وكانت أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا فى مختلف أصناف البروكولى، ما يلى:

4-methylsulfinylbutyl-glucosinolate

indol-3-ylmethyl-glucosinolate.

1-methoxyindol-3-ylmethyl-glucosinolate

وقد كان الصنف Shogun أعلى الأصناف المختبرة محتوى من الجلوكوسينولات، حيث تراوح تركيزها فيه بين ٣٥,٢ ملى مول/كجم وزن جاف فى النورة القمية فى المحصول المبكر، و ٤٧,٩ فى النورات الثانوية فى المحصول المتأخر. وقد كان التركيز

الكلى للجلوكوسينولات وتركيز كل منها منفردة أعلى فى المحصول المتأخر عما فى المحصول المبكر (Rosa & Rodrigues ٢٠٠١).

هذا .. ولم يتأثر المحتوى النسبى للجلوكوسينولات المختلفة بالتخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته. وقد احتوى البروكولى بعد الحصاد مباشرة على ٤٧ ميكروجرام من الجلوكوسينولات لكل جم من الوزن الجاف، وبعد أسبوع واحد ازداد المحتوى بمقدار ٤٢٪ عند التخزين فى الهواء وإلى ٢١٪ عند التخزين فى جو يحتوى على ٠,٥٪ أكسجين + ٢٠٪ ثانى أكسيد كربون، بينما نقص المحتوى بمقدار ١٥٪ خلال نفس الفترة عندما كان التخزين فى صفر٪ أكسجين مع ٢٠٪ ثانى أكسيد كربون، وهى الظروف التى أحدثت أضرارًا ظاهرة بالمنتج وبدا بعدها مائى المظهر (Hansen وآخرون ١٩٩٥).

النمو الخضرى والإزهار

يمكن تقسيم تطور نبات البروكولى من الزراعة حتى الحصاد إلى ثلاثة مراحل، هى: مرحلة حداثة (وهى تمتد من الشتل إلى أن يصل اتساع القمة الميرستيمية إلى ٠,٣ مم)، ومرحلة استحثاث تكوين الرأس (مرحلة الارتباع)، ومرحلة نمو الرأس. وفى مرحلة الحداثة يكوّن النبات أوراقًا بمعدل يعتمد على درجة الحرارة ولا يمكنه خلالها التهيؤ للإزهار أو البدء فى إنتاج الرأس. وتتميز نهاية تلك المرحلة (التى تستغرق بين ٨٠، و ١٣٠ درجة حرارة يومية حسب الصنف) بتكوين عدد معين من الأوراق، وتلك خاصية تختلف باختلاف الأصناف، ويمكن قياسها كميًّا دون الإضرار بالنباتات بحساب عدد الأوراق المتكونة التى يزيد حجمها عن حدٍّ معين. وتبلغ درجة الحرارة الدنيا، والمثلى والعظمى لتلك المرحلة ٢,٩، و ١٦,٣، و ٢٩,٧°م على التوالى. وفى مرحلة استحثاث تكوين الرأس يلزم التعرض لدرجة حرارة منخفضة نسبيًّا. وبعد تهيئة الرأس للتكوين فإن نموها يزداد بارتفاع درجة الحرارة من درجة الأساس وهى الصفر إلى حين وصولها إلى الدرجة المثلى لذلك، علمًا بأن الدرجة القصوى هى ١٧°م. وقد أمكن وصف النمو فى قطر الرأس بمعادلة تربيعية بين لوغاريتم قطر الرأس ومجموع الساعات الحرارية بداية من بداية تكوين الرأس وهى بقطر ٠,٦ مم (Grevsen ١٩٩٨، و ٢٠٠٠).

وقد تراوحت درجة حرارة الأساس التى لزمت لظهور الأوراق الجديدة بين ٢، و ٣°م حسب الصنف، أما الدرجة المثلى لذلك فقد كانت أعلى من ٢٠°م. وفى ١٥°م تراوح معدل ظهور الأوراق الجديدة بين ٠,٢ ورقة يوميًّا فى النباتات التى كان بها ٤ أوراق ظاهرة، و ٠,٤ ورقة يوميًّا فى النباتات التى كان بها ١٤ ورقة ظاهرة (Grevsen & Olesen ١٩٩٩).

وفى دراسة على ثلاثة أصناف من البروكولى وجد أن الفترة الضوئية لم تؤثر على محصول البروكولى أو نوعيته (Tan وآخرون ١٩٩٩أ).

وتتميز النباتات المكتملة النمو خضريًّا فى البروكولى – كما فى القنبيط وكرنب بروكسل – بأن قمتها الميرستيمية تأخذ شكل القبة وتكون أعرض عما فى النباتات التى لم تنته بعد من مرحلة الحداثة. وبعد تخطى تلك المرحلة فإن تعريض النباتات للبرودة يجعل القمة الميرستيمية تزداد اتساعًا وتزداد سرعة حدوث ذلك كلما اقتربنا من الدرجة المثلى التى تلزم للارتباع. ويختلف طول فترة الحداثة باختلاف الأصناف.

وقد أوضحت دراسات Fontes وآخرون (١٩٦٧) على صنفى البروكولى والثام ٢٩، وجرين مونتين Green Mountain أن البروكولى يتهيأ للإزهار عند تعريضه لدرجة حرارة ٤°م، بينما لم تزهر سوى نسبة منخفضة جدًّا من النبات التى ظلت معرضة باستمرار لدى حرارى تراوح من ٢٤–٢٧°م. وقد مر البروكولى بفترة حداثة، لم تستجب خلالها النباتات للحرارة المنخفضة؛ حيث لم يتهيأ للإزهار أى من النباتات التى عرضت للحرارة المنخفضة، وهى بعمر ثلاثة أسابيع، بينما تهيأت كل النباتات التى بدأ تعريضها للحرارة المنخفضة، وهى بعمر خمسة أسابيع. وقد نقصت فترة معاملة البرودة اللازمة لتهيئة النباتات للإزهار، مع تقدمها فى العمر عند بداية المعاملة. كذلك وجد أن تعريض نباتات البروكولى لدرجة حرارة مرتفعة بعد معاملتها بالحرارة المنخفضة مباشرة أزال أثر التعرض للبرودة، وهو ما يعرف باسم Devernalization.

وقدرت درجات الحرارة الدنيا، والمثلى، والقصوى لتهيئة البروكولى للإزهار بحوالى: ٩,٩، و ١٦,١، و ٢٢,٣°م، على التوالى (Grevsen & Olsen ١٩٩٩).

وقد وجد أن منظم النمو داميزايد يثبط الإزهار، ويلغى جزئيًّا تأثير معاملة البرودة.

ويعتبر الحد الأعلى لدرجة الحرارة الذى يستمر معه تكوين الرؤوس فى البروكولى أعلى مما فى حالة القنبيط، حيث وصل فى بعض الدراسات إلى ٢٧°م، إلا أن انتشار الإصابات المرضية والعيوب الفسيولوجية فى تلك الظروف تحد من زراعته فى المناطق والمواسم التى ترتفع فيها درجة الحرارة (Wien & Wurr ١٩٩٧).

كما أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى عدم تجانس نمو البراعم – ومن ثم عدم تجانس أحجامها – فى رؤوس البروكولى؛ الأمر الذى يحد من إنتاج البروكولى فى المناطق التى ترتفع فيها درجة الحرارة – وقت تكوين الرؤوس – عن ٣٠°م. ويحدث هذا التأثير للحرارة العالية من جراء وقفها لنمو بعض البراعم بالرأس دون بعضها الآخر.

وقد تبين أن الحرارة العالية لا تضر بالبراعم إذا كان التعرض لها قبل تهيئة تكوين أعضاء الزهرة الجنسية، أو بعد تميز تلك الأعضاء؛ فلم تتأثر الأنسجة الميرستيمية إلاّ عندما كان التعرض للحرارة العالية خلال تكوين النورة أو أثناء مرحلة تهيئة تكوين أعضاء الزهرة الجنسية، وازداد الضرر بزيادة فترة التعرض للحرارة العالية. وتبدو النباتات خلال تلك المرحلة كأنها مازالت خضرية، ولكن الميرستيم يكون فيها بعرض حوالى ١ مم ويبدأ خلالها تكوين مبادئ الأزهار. وتظهر الأضرار بوضوح عندما تصبح هذه النورة بقطر ٥–١٠ مم، ولكنها تكون أوضح ما يكون فى النورات الكاملة التكوين (Bjorkman & Pearson ١٩٩٨).

وقد كانت أكثر مراحل تكوين الرأس تأثرًا بارتفاع درجة الحرارة (من حيث تأثيرها على نقص وزن الرأس) كانت عندما تراوح قطرها بين ٥، و ١٠ ملليمترات، أى قبل الموعد المتوقع للحصاد بنحو ٣ أسابيع (Heather وآخرون ١٩٩٢).

وبينما كونت جميع أصناف البروكولى اليابانية التى تم اختبارها رؤوسًا فى حرارة مرتفعة نسبيًا بعد فترة من التعريض للبرودة (حرارة أقل من ١٥°م)، فإن معظمها لم يكون رؤوسًا فى حرارة ٢٠°م إلاّ فى النهار الطويل فقط (عن Etoh ١٩٩٤).

كذلك فإن جودة البروكولى تتوقف – إلى حد كبير – على مدى الانخفاض فى درجة الحرارة، وعلى درجة تطور تكوين البراعم الزهرية أثناء انخفاض الحرارة.

وقد أظهرت دراسات Tan وآخرون (١٩٩٩ب) أن عملية التهيئة لتكوين الأزهار فى

البروكولى كانت شديدة الحساسية لأضرار التجمد، حيث انخفض المحصول جوهريًا لدى تعريض النباتات لحرارة -١، و -٣°م، بينما ماتت القمم النامية للنباتات فى حرارة -٥°م. وبينما لم يتأثر المحصول عندما تعرضت النباتات لحرارة -١ أو -٣°م وهى فى مرحلة الرؤوس الصغيرة، فإن القمم الخضرية لم تتأثر بحرارة -٥°م فى تلك المرحلة من النمو، ومع ذلك .. فإن نوعية الرؤوس المتكونة كانت سيئة للغاية نتيجة لعدم تجانس أحجام براعمها. هذا .. وتؤدى أقلمة النباتات على الحرارة المنخفضة إلى زيادة قدرتها على تحمل درجة التجمد من -٣، و -٥°م إلى -٧، و -٩°م.

العيوب الفسيولوجية

طرف السوط Whiptall

تظهر حالة طرف السوط عند نقص عنصر الموليبدنم، حيث تبدو أنصال الأوراق رفيعة ومتآكلة، ولا يبقى فى الحالات الشديدة سوى العرق الوسطى فقط.

الساق المجوفة

تحدث ظاهرة الساق المجوفة hollow stem فى البروكولى على صورة تجوف داخلى بساق النبات قد يمتد حتى الرأس؛ مما قد يعرض النورة للإصابة بالأعفان. وتختلف الأصناف فى شدة قابليتها للإصابة بهذه الحالة الفسيولوجية؛ فهى - مثلاً - تزداد فى االصنف Stolto، بينما تقل الإصابة فى الصنف Commander.

ويلعب نقص البورون دورًا رئيسيًا فى ظهور تلك الحالة؛ وقد أظهرت جميع أصناف البروكولى التى تم اختبارها أعراض نقص البورون (التى تمثلت فى تشقق العرق الوسطى) بالأوراق، وتكون النموات الفلينية بالساق، وتجوف الساق، وتكون البقع المتحللة فى النخاع) عندما خُفِّض تركيز البورون فى المحاليل المغذية إلى الصفر، ولكن اختلفت شدة الأعراض باختلاف الأصناف، وكان الصنف Commander - المقاوم لظاهرة تجوف الساق - أقلها حساسية لنقص البورون، كما كان تركيز البورون فى رؤوس هذا الصنف - فى المستويات المنخفضة من التغذية بالبورون - أعلى عن غيره من الأصناف (Shelp وآخرون ١٩٩٢).

وتزداد – كذلك – شدة الإصابة بالساق المجوفة عند زيادة مسافة الزراعة، وزيادة معدلات التسميد الآزوتى، وارتفاع درجة الحرارة، وتوفر الرطوبة الأرضية، وجميعها عوامل تؤدى إلى زيادة سرعة النمو. وعمومًا .. فإن شدة الإصابة تتناسب عكسيًّا مع طول فترة النمو النباتى التى يستغرقها محصول البروكولى (عن Wien & Wurr ١٩٩٧).

التخطيط الأبيض والأخضر

تؤدى إصابة البروكولى بالذبابة البيضاء من النوع *Bemisia argentifolii* إلى ظهور خطوط طولية بيضاء وخضراء على السيقان وحوامل النورات، وتلك حالة فسيولوجية تتسبب عن سموم تفرزها الذبابة (وخاصة الحوريات) أثناء تغذيتها (Brown وآخرون ١٩٩٢).

النباتات عديمة الرؤوس القمية

تعرف حالة النباتات التى لا تكون رؤوسًا قمية باسم "العمى" Blindness، وهى تشكل – دائمًا – نسبة لا يستهان بها من النباتات فى الحقل. تختفى فى هذه النباتات الرأس القمية بسبب حدوث ضررًا بالقمة النامية، ويتكون بدلاً منها عديدًا من النموات الخضرية قريبًا من سطح التربة.

وقد أظهرت دراسات Wurr وآخرون (١٩٩٦) أن نسبة غياب القمة النامية (حالات العمى) تراوحت بين الصفر، و ٨٠٪ فى نباتات لم تتعرض لحرارة منخفضة، إلاّ أن نسبة عالية من الإصابة ارتبطت بقوة بنقص شدة الإضاءة خلال الفترات التى سبقت ظهور حالات العمى مباشرة. وقد اقترح أن التنافس بين الأوراق والقمة النامية على الغذاء المجهز خلال فترات انخفاض شدة الإضاءة ربما يكون مسئولاً عن ظهور تلك الحالة بوقفه تكوين مبادئ أوراق جديدة بالقمة النامية.

وعلى خلاف الاعتقاد السائد بأن موت القمة النامية فى البروكولى – ومن ثم عدم تكوين رؤوس قمية – يرتبط بتعرضها لحرارة التجمد .. فقد وجد Forsyth وآخرون (١٩٩٩) أن جميع معاملات التعريض لحرارة التجمد (من –٢ إلى –٤°م لمدة صفر إلى ٤ أيام فى عدة مراحل للنمو) لم يكن لها أى تأثير على القمة النامية للنباتات، ولم تظهر بسببها أى نباتات بدون قمة نامية.

التكوين المبكر للرؤوس Premature Heading

يعتبر التكوين المبكر للرؤوس حالة فسيولوجية شبيهة بظاهرة التزرير فى القنبيط، حيث تتكون رؤوس طرفية صغيرة غير اقتصادية. وقد تبين من دراسات Baggett & Mack (١٩٧٠) على تسعة أصناف من البروكولى أن استخدام شتلات كبيرة الحجم فى الزراعة أدى إلى زيادة نسبة النباتات التى اتجهت - مبكرًا - نحو تكوين رؤوس صغيرة الحجم.

البراعم البنية

تظهر حالة البراعم البنية Brown buds حينما تبلغ رؤوس البروكولى حجمًا مناسبًا للتسويق، حيث يتغير لون سبلات البراعم من الأخضر إلى الأصفر، فالبنى، ويلى ذلك تحلل البراعم التى ظهرت بها الإصابة، ثم موتها وسقوطها تاركة وراءها منفذًا للإصابة بالبكتيريا المسببة للأعفان من جنسى *Erwinia*، و *Pseudomonas*. وتتباين أصناف البروكولى فى مدى حساسيتها للإصابة بتلك الحالة.

وكثيرًا ما تظهر هذه الحالة الفسيولوجية حينما تأتى فترة من الحرارة العالية والنمو السريع مع الرطوبة الأرضية العالية، وخاصة أثناء تكوين البراعم. وقد يسهم فى ظهور هذه الحالة - كذلك - التباين الشديد فى الرطوبة النسبية ونقص البورون (Petoseed Company ١٩٩٤، و Pascual وآخرون ١٩٩٦).

وقد أظهرت دراسات Pascual وآخرون (١٩٩٦) أن تركيز الكالسيوم فى رؤوس البروكولى المتأثرة بحالة البراعم البنية كان دائمًا أعلى عما فى الرؤوس السليمة، كما كانت نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم + المغنيسيوم أعلى فى الرؤوس السليمة عما فى تلك المصابة.

الرؤوس المتورقة

تحدث ظاهرة نمو الأوراق فى الرؤوس Leafy Heads عند ارتفاع درجة الحرارة مع توفر ظروف محفزة للنمو الخضرى الغزير، مثل زيادة الرطوبة والتسميد الآزوتى.

وفى دراسة أجريت على أربعة أصناف من البروكولى (هى: Baccus، و Citation،

و Packman، و Southern Comet) .. وجد أن توريق الرأس (ظهور الأوراق بها) لم يكن حساسًا لأى من متوسط درجة الحرارة الصغرى خلال موسم النمو (التى تراوحت بين ٧,٠، و ٢٣,٥°م)، أو متوسط درجة الحرارة العظمى (التى تراوحت بدورها بين ١٧,٥، و ٣٢,٥°م) (Dufault ١٩٩٦).

الحصاد، والتداول، والتخزين

ينضج البروكولى بعد ٦٠–٩٠ يومًا من الشتل، ويتوقف ذلك على الصنف والظروف الجوية السائدة. ويحصد البروكولى على مدى فترة زمنية طويلة؛ نظرًا لأن النبات يكون رؤوسًا جانبية فى آباط الأوراق بعد حصاد الرأس القمية. يتراوح قطر الرأس الطرفية من ٨–١٥ سم، والرؤوس الجانبية من ٣–١٠ سم، وتحصد الرؤوس بنحو ٢٠–٢٥ سم من الساق. ويؤدى تأخير الحصاد عن الموعد المناسب إلى تفكك الرؤوس وتفتح البراعم تدريجيًا، ويتراوح المحصول بين ٥ و ٧ أطنان للفدان.

التنبؤ بموعد الحصاد

وجدت ارتباطات جوهرية سالبة بين عدد الأيام حتى تكوين البراعم وكل من: درجة الحرارة الدنيا التى تعرضت لها النباتات خلال الأيام العشرة الأولى بعد الشتل، ودرجة حرارة الهواء القصوى بعد ٢٠، و ٣٠، و ٤٠ يومًا من الشتل، ومتوسط درجة حرارة الهواء بعد ١٠، و ٢٠، و ٣٠ يومًا من الشتل. كذلك ارتبط تكوين البراعم جوهريًا مع درجة حرارة التربة بعد ٢٠ يومًا من الشتل. وكانت معظم هذه التأثيرات لدرجتى حرارة الهواء والتربة مرتبطة جوهريًا – كذلك – بموعد الحصاد (Fujime & Okuda ١٩٩٤).

وكانت أفضل طريقة للتنبؤ بموعد حصاد البروكولى بأقل قيمة لمعامل الاختلاف Coefficient of variation هى بجمع الفرق بين متوسط درجة حرارة موسم النمو growing season mean temperature – خلال الأيام من الزراعة إلى الحصاد – ودرجة حرارة أساس مقدارها ٧,٢°م. وإذا كانت متوسط درجة الحرارة القصوى خلال موسم النمو يزيد عن ٢٦,٧°م .. يحسب متوسط درجة حرارة عظمى معدل بطرح ٢٦,٧°م من

متوسط درجة الحرارة العظمى الفعلى، ثم يطرح الناتج من متوسط درجة الحرارة لموسم النمو، ويلى ذلك حساب مجموع درجات حرارة النمو اليومية بطرح درجة حرارة الأساس ومقدارها ٧,٢°م من درجة الحرارة العظمى المعدلة خلال موسم النمو. أعطت هذه الطريقة معامل اختلاف قدره ٣,٩٦ مقارنة بمعامل اختلاف قدره ٤,١٣ حُصل عليه عند اتباع الطريقة القياسية بجمع الفرق اليومى بين متوسط درجة الحرارة (اليومى) ودرجة حرارة أساس مقدارها ٤,٤°م. وكانت الطريقة الأفضل من الطريقتين السابقتين هى بجمع الفرق بين متوسط درجة الحرارة العظمى خلال موسم النمو (من الزراعة إلى الحصاد) ودرجة حرارة أساس مقدارها ٧,٢°م، ولكن إذا كان متوسط درجة الحرارة العظمى خلال الموسم أعلى عن ٢٩,٤°م، فإن درجة حرارة الأساس تطرح من ٢٩,٤ وليس من متوسط درجة الحرارة العظمى الفعلية. أعطت هذه الطريقة معامل اختلاف قدره ٣,٧١، مقارنة بمعامل اختلاف قدره ٤,١٠ عند اتباع الطريقة القياسية بجمع الفرق اليومى بين متوسط درجة الحرارة (اليومى) ودرجة حرارة أساس مقدارها ٤,٤°م (Dufault ١٩٩٧).

كذلك أمكن التوصل إلى معادلة تربيعية qudratic تربط بين لوغاريتم قطر الرأس ومجموع الحرارة الأعلى من حرارة أساس مقدارها صفر °م بسقف حرارى مقداره ١٧°م بداية من مرحلة تهيئة الرأس للتكوين (حينما يبلغ قطر القمة الميرستيمية ٠,٦مم) .. هذه العلاقة فسّرت ٩٧,٣٪ من الاختلافات فى قطر الرأس فى بيانات ٦٨ زرعة بروكولى. وأدى أخذ الكثافة النباتية والصنف المزروع فى الحسبان إلى تحسين ملاءمة العلاقة التربيعية جوهريًا (R^2 = ٠,٩٨١٩). كذلك أدى أخذ الإشعاع الشمسى المتراكم بداية من مرحلة تهيئة الرأس للتكوين أو شهر الزراعة فى الاعتبار .. أدى ذلك إلى تحسين مدى ملاءمة العلاقة التربيعية (R^2 = ٠,٩٨٤٣، و ٠,٩٨٤٧ على التوالى). ويمكن استعمال العلاقة البسيطة بين قطر رأس البروكولى والحرارة المتجمعة من بداية مرحلة تهيئة الرأس للتكوين .. يمكن استعمالها فى معادلة للتنبؤ بموعد وصول الرأس إلى حجم معين، وأظهر تطبيق تلك المعادلة اختلافات فى موعد التنبؤ فى حدود ٤-٥ أيام عن الموعد الملاحظ. هذا .. ولم تبدأ أبدًا تهيئة رأس البروكولى للتكوين قبل ظهور مالا يقل عن ٧ أوراق، أو قبل ظهور وتهيئة تكوين مالا يقل عن ١٤ ورقة. وقد فَسَّرَت علاقة

خطية بين عدد الأوراق الظاهرة والعدد الكلى للأوراق التى تهيأت للتكوين .. فَسَّرَت ٩٥٪ من التباينات. ولذا .. فإن عدد الأوراق الظاهرة يمكن اتخاذه كأساس للتنبؤ بأبكر موعد محتمل لأخذ عينات للتنبؤ بموعد الحصاد، ولكن ليس للتنبؤ بحجم الرأس بسبب اعتماد الحجم على الحرارة (Grevsen ١٩٩٨).

مرحلة تكوين الرؤوس المناسبة للحصاد

يجب حصاد رؤوس البروكولى وبراعمها مازالت صغيرة ومغلقة جيدًا، وقبل أن تبدأ أجزاء الرأس فى الانفصال عن بعضها البعض، وقبل أن تظهر بالنورة أى بتلات صفراء اللون.

ويؤدى تأخير الحصاد مع ارتفاع درجة الحرارة إلى إحداث زيادة غير مقبولة فى نمو البراعم أو تفتحها، وهى الحالة التى تعرف باسم coarse buds. وتختلف الأصناف فى أحجام براعمها فى مرحلة النضج المناسبة للحصاد، وكذلك فى مدى قدرة براعمها على البقاء بحالة جيدة قبل حصادها.

الحصاد الآلى

أدى الحصاد الآلى مرة واحدة للحقل (لحصاد الرؤوس الأولية القمية فقط) إلى نقص المحصول بنسبة ٤٩-٦٠٪. أما الجمع بين الحصاد اليدوى للرؤوس القمية والحصاد الآلى للنورات الجانبية فقد أسهم فى تقليل النقص فى المحصول إلى ٢٣٪ فقط.

التداول

يخضع البروكولى بعد حصاده لعمليات التداول التالية:

التقليم والتدريج

تقلم سيقان الرؤوس بعد الحصاد، بحيث تكون متساوية وبطول ١٥ سم، ثم تربط فى حزم، وقد يدرج المنتَج قبل التعبئة.

ويمكن الرجوع إلى Seelig (١٩٧١) بخصوص رتب البروكولى ومواصفاتها فى الولايات المتحدة.

التبريد الأولى

تفقد براعم البروكولى عند الحصاد حوالى ١٪ من محتواها من المادة الجافة – بالتنفس – فى كل ساعة. وبالمقارنة .. فإن تنفس السيقان (الحوامل النورية) يكون أبطأ من ذلك وثابت نسبيًا. ولذا .. فإن التبريد المبدئى السريع للبروكولى بعد الحصاد يعد أمرًا حتميًا للمحافظة على جودته (عن Pogson & Morris ١٩٧٧)، مع ضرورة تخزينه على درجة الصفر المئوى بعد ذلك لحين عرضه فى الأسواق.

وقد كان التبريد المبدئى بالماء المثلج hydroccoling أفضل وسيلة لسرعة تبريد البروكولى قبل تخزينه على ٢°م، وذلك مقارنة بطريقتى تبريد الغرفة room cooling (أى ترك المنتج فى غرفة مبردة إلى أن تنخفض حرارته إلى الدرجة المطلوبة) والتبريد بطريقة إضافة الثلج المجروش إلى المنتج ice topping، كما احتفظ البروكولى المبرد مبدئيًا بهذه الطريقة برطوبته بصورة أفضل. هذا علمًا بأن البروكولى المبرد بأى من طريقتى الماء البارد أو إضافة الثلج احتفظ بلونه وصلابته بصورة أفضل من المبرد بطريقة الغرفة. وأدى تبريد البروكولى مبدئيًا بالماء المثلج ثم تعبئته فى أغشية مثقبة إلى تقليل فقده للرطوبة وزيادة احتفاظه بلونه وصلابته عن معاملات إضافة الثلج، وتبريد الغرفة، والتبريد المبدئى باستعمال الماء المثلج ولكن بدون تغليف (Gillies & Toivonen ١٩٩٥).

ولا يحتاج البروكولى إلى خلطة بالثلج المجروش أو إلى وضع بدائل الثلج (مثل الـ gel packs) فى الكراتين أثناء التخزين والشحن، بشرط تبريده مبدئيًا بشكل جيد، مع المحافظة على سلسلة التبريد بعد ذلك (Klieber وآخرون ١٩٩٣).

التخزين المبرد العادى

تؤدى عمليات حصاد وتداول البروكولى إلى تجريحه، وفصله عن مصادر الغذاء والهرمونات، وفقده للرطوبة؛ وكنسيج غير مكتمل النمو .. فإن البروكولى لا يكون بعد حصاده قادرًا على الاستمرار فى المحافظة على حيوية أنسجته بصورة ذاتية؛ مما يؤدى إلى سرعة دخوله فى مرحلة الشيخوخة.

ويراعى عند تخزين البروكولى أن أزهاره تستمر فى النمو النشط بعد الحصاد؛ مما يجعلها غير صالحة للتسويق. ويعتبر البروكولى من أشد الخضروات حساسية لظروف

التخزين السيئة؛ نظرًا لأنه من أكثر الخضروات فى معدل التنفس، وهو يتشابه فى هذا الشأن مع كل من: الهليون، والفاصوليا الخضراء، والذرة السكرية.

لا يخزن البروكولى عادة إلا لفترات قصيرة عند وجود مشاكل فى التسويق. وأفضل ظروف لتخزينه، هى: درجة حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية من ٩٥-١٠٠٪، والتهوية الجيدة حول العبوات لمنع تراكم الحرارة، حيث يبقى بحالة جيدة - تحت هذه الظروف - لمدة ١٠-١٤ يومًا، وتحدث بعد ذلك تغيرات فى اللون، وتسقط بعض البراعم، وتفقد الأنسجة صلابتها (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨). وتزداد سرعة هذه التحولات عند التخزين فى درجة حرارة أعلى من الصفر المئوى.

وقد وُجِدَ أن فلورة الكلوروفيل فى البروكولى تكون مستقلة عن مدى اكتمال نمو الرؤوس؛ مما يعنى إمكان استعمال تلك الخاصية كدليل على الحالة الفسيولوجية للرأس - ومن ثم مدى صلاحيتها للتخزين - دونما اعتبار لمرحلة النمو والتكوين (Toivonen & DeEll ١٩٩٨).

ويجب عدم تخزين البروكولى مع الثمار المنتجة للإثيلين، مثل: الكنتالوب، والتفاح، والكمثرى؛ وذلك لأن هذا الغاز يسرع اصفرار البراعم.

ويعد اصفرار براعم البروكولى - الذى يحدث فى خلال ثلاثة أيام على حرارة الغرفة - نتيجة لإنتاج الإثيلين - أهم مشاكل تخزين المحصول (عن Rangavajhyala وآخرين ١٩٩٨).

كذلك فإن من أهم المشاكل الأخرى التى تظهر عند تخزين البروكولى: تفتح البراعم، وصلابة الحوامل النورية، وتكون روائح غير مرغوبة، وحدوث العفن الطرى والأعفان المرضية الأخرى.

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته Controlled Atmosphere (CA)

تزداد فترة احتفاظ البروكولى بجودته - فى حرارة تزيد عن ٥°م - إذا ما خزن فى هواء يحتوى على ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، و ١٪ أكسجين. تؤدى نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة إلى تأخير اصفرار الرؤوس وصلابتها، ولكن زيادتها إلى ١٥٪ يترتب

علهيا تكوين روائح غير مرغوب فيها. ويؤدى خفض نسبة الأكسجين إلى ١٪ إلى تأخير اصفرار الرؤوس، ولكن الانخفاض بنسبته إلى ٠,١٪-٠,٢٥٪ يمكن أن يترب عليه أضرار شديدة، مع ظهور طعم ورائحة غير مقبولين فى البروكولى عند طهيه.

وقد ساعد تخزين البروكولى فى هواء تقل فيه نسبة الأكسجين وتزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة احتفاظ المنتج بلونه فى حرارة ١٠°م، ولكنها لم تكن مؤثرة فى حرارة صفر أو ٥°م. وبينما أدت ظروف الأكسجين المنخفض وثانى أكسيد الكربون المرتفع إلى تقليل التلون البنى والإصابة بالعفن الطرى، فقد تكونت رائحة كريهة عندما كان تركيز الأكسجين ٠,٢٥٪ أيًا كانت حرارة التخزين، أو ٠,٥٪ فى حرارة ١٠°م. وقد كانت أفضل الظروف للتخزين هى ٠,٥٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة صفر أو ٥°م، و ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١٠°م (Izumi وآخرون ١٩٩٦).

وأوصى Saltveit (١٩٧٧) بتخزين وشحن البروكولى على حرارة صفر إلى ٥°م فى هواء يحتوى على ١-٢٪ أكسجين، و ٥-١٠٪ ثانى أكسيد الكربون؛ علمًا بأن تلك التوصيات تطبق بالفعل فى الولايات المتحدة على نطاق واسع.

كما أظهرت دراسات Bastrash وآخرون (١٩٩٣) أن تجزئة رؤوس البروكولى إلى أجزاء نورية صغيرة florets – كنوع من التصنيع الجزئى minimal processing للتسهيل على المستهلك – أحدث زيادة فى معدل التنفس خلال كل فترة التخزين فى الهواء على ٤°م، بسبب التجريح الذى حدث بها. وقد أدى تخزين تلك الأجزاء النورية فى هواء يحتوى على ٦٪ أكسجين + ٢٪ ثانى أكسيد كربون إلى زيادة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين إلى ٧ أسابيع مقارنة بخمسة أسابيع فقط فى الهواء. كذلك أظهرت الدراسة أن التصنيع الجزئى لم يغير من الظروف المثلى للتخزين؛ بما يعنى أن توصيات تخزين رؤوس البروكولى الكاملة تصلح أيضًا لتخزين الرؤوس المصنعة جزئيًا.

التخزين فى الجو المعدل Modified Atmosphere (MA)

أدى تخزين البروكولى فى أغشية شبه منفذة إلى تكون جو معدل modified atmosphere بداخلها ساعد فى زيادة محتوى المنتج من كل من الكلوروفيل والأحماض

الدهنية غير المشبعة (C-18 PUFA) بعد ٩٦ ساعة من التخزين، مقارنة بالقيم الأولية، هذا بينما انخفض محتوى المنتَج غير المعبأ فى كل من الكلوروفيل والأحماض الدهنية غير المشبعة والبروتين الذائب. أما فى العبوات المهواه vent packages فقد بقى فيها المحتوى الكلوروفيللى ثابتًا تقريبًا، بينما انخفض فيها محتوى المنتَج من الأحماض الدهنية غير المشبعة والبروتين الذائب (Zhuang وآخرون ١٩٩٤). وقد بدا واضحًا وجود علاقة طردية بين أكسدة الدهون وشيخوخة براعم البروكولى (Zhuang وآخرون ١٩٩٥)، وأن ارتفاع درجة حرارة التخزين من ٢ إلى ٢٣°م يسرع كلا من أكسدة الدهون وشيخوخة البراعم (Zhuang وآخرون ١٩٩٧).

وقد حافظ التغليف فى أغشية مُحوَّرَة لمكونات هواء العبوة modified atmosphere packaging – مقارنة بالأغشية المثقبة للتهوية، والتعريض المتقطع للرذاذ الدقيق automatic misting – حافظ بصورة أفضل على محتوى المنتج من كل من الكاروتين الكلى وحامض الأسكوربيك خلال فترة ٦ أيام على ٥°م، مقارنة بفقد – فى المعاملات الأخرى – تراوح بين ٤٢، و ٥٧٪ فى الكاروتينات الكلية، وبين ١٤، و ٤٦٪ فى حامض الأسكوربيك. كذلك حافظت تلك الأغشية على اللون والمحتوى الرطوبى للبروكولى بصورة أفضل (Barth & Zhuang ١٩٩٦).

وقد قام Ishikawa وآخرون (١٩٩٨) بدراسة التغيرات التى تحدث فى بعض مكونات البروكولى لدى تخزينه فى جو متحكم فى مكوناته، والذى تراوحت فيه نسبة الأكسجين بين صفر ٪، و ١٠٪، ونسبة ثانى أكسيد الكربون بين ٢٪، و ٢٠٪. وقد أوضحت الدراسة أن تركيز الجلوتاثيون glutathione انخفض فى التركيزات المنخفضة من الأكسجين، بينما انخفض المحتوى الكلوروفيللى، وتركيز حامض الأسكوربيك جوهريًا فى الهواء الذى احتوى على تركيز مرتفع من الأكسجين وتركيز منخفض من ثانى أكسيد الكربون. وكانت أنسب الظروف للمحافظة على الصبغات، وحامض الأسكوربيك، والجلوتاثيون هى التخزين فى هواء يحتوى على ٢٪ أكسجين مع ٤–١٠٪ ثانى أكسيد كربون. وقد أمكن تحقيق هذا الهدف – بالحصول على جو معدل يحتوى على ٢٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون – بالتعبئة فى أغشية ذات معدل نفاذية يومى مقداره ١٠٠٠ مل أكسجين/ضغط جوى.

وأظهرت دراسات Makhlouf وآخرون (١٩٨٩) أن فقد الكلوروفيل من ثمرات البروكولى المخزنة قلّت حدته عندما كان التخزين فى جو متحكم فى مكوناته يحتوى على تركيز عال من ثانى أكسيد الكربون، كما ساعدت تلك الظروف - كذلك - فى خفض شدة الإصابة بالعفن الطرى والإصابات المرضية الأخرى. هذا .. إلا أنه بعد ستة أسابيع من التخزين فى جو يحتوى على ١٠٪ أو أكثر من ثانى أكسيد الكربون ازداد معدل التنفس، وتكونت روائح غير مرغوب فيها، وحدثت أضرار فسيولوجية. وكانت أفضل الظروف لتخزين البروكولى على ١°م هى جو يحتوى على ٦٪ ثانى أكسيد كربون، و ٢,٥٪ أكسجين، حيث احتفظت الرؤوس بجودتها لمدة ثلاثة أسابيع على الأقل دون أن تظهر بها أية أضرار فسيولوجية.

وقد وجد أنه يمكن الاعتماد على خاصية فلورة الكلوروفيل chlorophyll fluorescence كطريقة سهلة وسريعة ودقيقة للدلالة على جودة البروكولى المعبأ فى الأغشية التى يزداد فيها تركيز ثانى أكسيد الكربون ويقل تركيز الأكسجين بعد فترة قصيرة من تعبئتها، كما يمكن الاستفادة منها فى تحديد ما إذا كان البروكولى قد أفرز روائح غير مقبولة أم لا دون فتح العبوة أو إتلاف محتوياتها، علمًا بأن شدة فلورة الكلوروفيل تضعف مع شيخوخة البراعم وفقدها للونها الأخضر وزيادة معدل تنفسها (DeEll & Toivonen ١٩٩٩، ٢٠٠٠، و DeEll & Toivonen وآخرون ٢٠٠٠).

وأوضحت الدراسات وجود علاقة بين التغيرات فى مستوى فلورة الكلوروفيل فى البروكولى وتراكم ثانى أكسيد الكربون فى العبوات المُعدِّلة للهواء modified atmosphere packages أثناء التخزين.

وقد استخدم Toivonen & DeEll (٢٠٠١) أكياس تعبئة من النوع PD-961EZ التى تسمح لثانى أكسيد الكربون بالتراكم حتى حوالى ١١ كيلو باسكال. وخلال ٢٨ يومًا من التخزين فى هذه العبوات على ١°م تكون بالبروكولى تدريجيًّا مستويات بسيطة إلى متوسطة من روائح كحولية، وتراكم بأنسجته الإيثانول، والأسيتالدهيد، وخلات الإيثايل. وقد انخفضت مستويات تلك الروائح والمركبات قليلاً لدى فتح العبوات وحفظ البروكولى فى الهواء على ١°م لمدة ٤ أيام. كذلك انخفضت قياسات فلورة الكلوروفيل مع تراكم تلك المركبات فى الظروف اللاهوائية، ثم ارتفعت القياسات إلى مستواها الأولى بعد

فتح العبوات وإبقاء البروكولى فى الهواء على ١°م لمدة ٤ أيـام. ووجـد أن قياسـات فلـورة الكلوروفيل ترتبط بدرجة عالية بإنتاج البروكولى من تلك المركبـات خـلال فـترة التخزيـن فى الظروف اللاهوائية وبعد فتح تلك العبوات، وكذلك مع الروائـح غـير المرغـوب فيـها التى ظهرت بالبروكولى المخزن فى تلك الظروف لفترة طويلة.

وسائل زيادة القدرة التخزينية

التغليف

تستعمل فى التعبئة أغشية خاصة تسمح بتعديـل الجـو الداخلـى للعبـوة فـى خـلال ساعات قليلة (نتيجة لاسـتهلاك الأكسـجين بـالتنفس وإنطـلاق ثـانى أكسـيد الكربـون) تعرف باسم modified atmosphere packages، ومـن أمثلتـها أغشـية Cryovac، التـى يتوفر منـها عـدة أنـواع. وقـد وُجـد أن النـوع Cryovac PD941 كـان أفضلـها لتخزيـن البروكولى حيث احتفظ بجودته العالية لمدة لا تقل عن أربعة أسـابيع فـى حـرارة الصفـر المئوى. وبالمقارنة كان النوعـان Cryovac B900، و Cryovac PD961EZ، أقـل كفـاءة حيث لم يكونا منفذين للغازات بالقدر الكـافى الـذى يلـزم لتعويـض النقـص الحـاد فـى الأكسجين الذى حـدث نتيجـة لتنفس البروكولى؛ ممـا أدى إلى تكويـن روائـح منفـرة، وخاصة فى الحرارة الأعلى عن الصفر (Cabezas & Richardson ١٩٩٧).

كذلك فإن كلا من أغشية البوليثيلـين القليـل الكثافـة بسـمك ١٥ ميكـرون، وأغشـية البولى مثيل بنتين polymethylpentene بسمك ٣٤ ميكرون كانتا أفضـل الأغشـية – مـن عشرة أنواع تم اختبارها – لحفظ نوعية البروكولى المخزن بحالة جيدة. ولقد حافظ هـذان الغشاءان على جو معدل احتوى علـى ٢–٥٪ أكسـجين، و ٣–٦٪ ثـانى أكسـيد كربـون بداخل العبوات، كما ثبطـا اصفـرار البـراعم وتكويـن الروائـح الكريهـة، وقلـلا مـن فقـد حامض الأسكوربيك (Nakanishi وآخرون ١٩٩٦).

وأمكن حفظ البروكولى لـمدة ٨ أيـام بحالـة صالحـة للتسـويق بتعبئتـه فـى غشـاء مـن البوليثيلين بسمك ٣٠ ميكرون ثم تخزينه على ١٠°م (Yamashita وآخرون ١٩٩٣).

كذلك وجد أنه فى خلال ٢٤ ساعة من تعبئة البروكولى فـى عبـوات المستهلك علـى حرارة ٢٠°م ورطوبـة نسـبية ٦٠٪ انخفـض تركيـز الأكسـجين إلى ٢,٥٪، بينمـا ارتفـع

تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٪، وبقيت تلك النسب ثابتة تقريبًا لمدة ٩٦ ساعة. وقد أدت تعبئة البروكولى تحت تلك الظروف لمدة ٩٦ ساعة – مقارنة بتخزينه فى الهواء العادى – إلى تقليل الفقد فى حامض الأسكوربيك، والرطوبة، وخفض نشاط إنزيم البيروكسديز، وتقليل فقد الكلوروفيل (Barth وآخرون ١٩٩٣).

وعندما كان تخزين البروكولى لمدة ٣ أيام فقط على ١°م فإن أيًّا من التبريد الأولى بالماء المثلج أو التغليف بأغشية ذات ثقوب دقيقة كان كافيًا للمحافظة على صلابة وجودة المنتَج على حرارة ١٣°م – بعد ذلك – خلال فترة العرض للبيع. هذا إلا أن التخزين لمدة ١٠ أو ١٧ يومًا تطلب الجمع بين التبريد المبدئى والتغليف للمحافظة على جودة المنتَج. وقد كان الاصفرار خلال خمسة أيام على ١٣°م أشدّ فى البروكولى الذى كان قد سبق تخزينه على ١°م لمدة ٣ أيام عما فى المنتَج الذى خُزِّن لمدة ١٠ أو ١٧ يومًا على ١٣°م (Toivonen ١٩٩٧).

هذا .. إلاّ أن التعبئة فى أغشية لا تسمح بسرعة تبادل الغازات بشكل كاف أدت إلى إحداث نقص كبير فى تركيز الأكسجين وزيادة مقابلة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون، وهى ظروف ساعدت على إنتاج الأسيتالدهيد، والكحول الإثيلى، وحامض الخليك، وجميعها مركبات تضفى على البروكولى طعمًا غير مرغوب فيه (Chachin وآخرون ١٩٩٩).

المعاملة بمنظمات النمو

يعتبر فقدان الكلوروفيل من البراعم الزهرية وارتفاع معدل التنفس بها أهم العوامل التى تؤدى إلى سرعة تدهور رؤوس البروكولى أثناء التخزين. وقد وجد أن معاملة الرؤوس بعد الحصاد بالسيتوكينين ABG 3062 (إنتاج Abbott Lab)، ثم تعبئتها فى أكياس بوليثيلين مثقبة وتخزينها فى حرارة ١٦°م أدت إلى خفض معدل التنفس بنسبة ٥٠٪، ومنع تحلل واختفاء الكلوروفيل، وزيادة القدرة التخزينية للرؤوس بمقدار ٩٠٪ بالمقارنة بالرؤوس غير المعاملة (الكنترول) التى ازداد فيها إنتاج الإثيلين بمقدار ٤٠٪، ونقص محتواها من الكلوروفيل (أ، ب) بنسبة ٦٠٪ (Rushing ١٩٨٨).

كذلك أدت معاملة رؤوس البروكولى المخزنة فى أكياس من البوليثيلين على حرارة

١٦ْم بالسيتوكينينات cytokinins (الزياتين zeatin، والبنزيل أدينين benzylodenine) بتركيز ١٠ أو ٥٠ جزءًا فى المليون إلى خفض معدل التنفس بنسبة ٥٠٪، وإنتاج الإثيلين بنسبته ٤٠٪ خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين مقارنة بالكنترول. وبينما انخفض المحتوى الكلوروفيلى بنسبة ٦٠٪ فى معاملة الكنترول، فإنه لم يتأثر فى معاملة السيتوكينين التى ازدادت فيها القدرة التخزينية للرؤوس بنسبة ٩٠٪ مقارنة بالكنترول. وقد ازداد التأثير بزيادة التركيز المستعمل، وكان البنزيل أدنين أفضل تأثيرًا عن الزياتين (Rushing ١٩٩٠).

هذا .. ويلعب كل من الإثيلين والبنزيل أدنين دورًا رئيسيًّا فى اصفرار البروكولى بعد الحصاد. وقد أدى غمس رؤوس البروكولى فى البنزيل أدنين إلى تحفيز إنتاج الإثيلين، ونقص معدل التنفس، وتأخير اصفرار البراعم، ولم توجد علاقة ثابتة بين معدل الإنتاج الأوّلى للإثيلين، ومعدل اصفرار البراعم (Tian وآخرون ١٩٩٥).

وقد كان اصفرار البراعم الموجودة فى حافة الرأس أسرع من تلك التى توجد فى وسطها. وأدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٢,٢١ × ١٠$^{-٤}$ مولار إلى تأخير بداية تحلل الكلوروفيل. كذلك يستفاد من تأثير معاملة البراعم بالـ ACC، وبأيون الفضة أن الإثيلين ربما كان له دور فى التحكم فى تحلل الكلوروفيل. وقد ألغت معاملة السيتوكينين التأثير المحفز للشيخوخة الذى أحدثته معاملة الـ ACC (Clarke وآخرون ١٩٩٥).

كما أدت المعاملة بالبنزيل أدين بتركيز ٢٠ جزءًا فى المليون إلى: إبطاء تحلل الكلوروفيل والبروتين، وزيادة نشاط الإنزيمين superoxide dismutase، و catalase، وتقليل محتوى الـ malondialdehyde، وتأخير أكسدة الدهون، وتقليل التسرب الأيونى؛ مما أدى إلى تأخير شيخوخة البراعم (Ye وآخرون ١٩٩٦).

هذا .. إلاّ أن غمس البراعم الزهرية للبروكولى فى البنزيل أدين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون لمدة ٦٠ ثانية لم يمنع حدوث فقد سريع فى السكروز، حيث وصل الفقد خلال الساعات الست الأولى بعد الحصاد إلى حوالى ٥٠٪ فى كل من البروكولى المعامل بالسيتوكينين وفى الكنترول. هذا .. إلاّ أن معاملة منظم النمو أخَّرت بنحو ٤٨ ساعة

الزيادة الكبيرة فى محتوى الأسباراجين والجلوتامين التى حدثت فى الكنترول (Downs وآخرون ١٩٩٧).

المعاملة بمضادات الإثيلين

وجد أن معاملة نورات البروكولى بالمركب المضاد لتمثيل الإثيلين aminoethoxyvinyl glycine (اختصارًا: AVG) تؤخر اصفرار البراعم (عن Fan & Mattheis ٢٠٠٠).

كذلك أدت معاملة نورات البروكولى بالمركب المضاد لنشاط الإثيلين 1-methylcyclopropene (اختصارًا: MCP) بتركيزات منخفضة تراوحت بين ٠,٠٢، و ١,٠ ميكروليتر/لتر لفترات تراوحت بين ساعة واحدة، وست ساعات فى هواء يحتوى على إثيلين بتركيز ٠,١ ميكروليتر/لتر إلى إحداث تأخير معنوى فى بداية اصفرار البراعم على حرارة ٥، و ٢٠°م، وفى سرعة ظهور الأعفان على حرارة ٥°م. وقد تأثر مدى التأخير فى بداية الاصفرار بكل من التركيز المستعمل من الـ MCP وحرارة التخزين؛ فمثلاً .. عندما كان التخزين على ٢٠°م .. ازدادت فترة صلاحية البروكولى للتخزين بأكثر من ١٠٠٪ عندما كان التعريض للمركب MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات، بينما كانت الزيادة ٥٠٪ فقط عندما كانت المعاملة لمدة ساعة. وعندما كان التخزين على ٥°م كانت المعاملة بالمركب أكثر فاعلية فى زيادة فترة الصلاحية للتخزين، حيث أعطت المعاملة بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات على حرارة ٢٠°م زيادة مقدارها ٢٥٠٪، مقارنة بزيادة مقدارها ٢٠٠٪ عندما كانت المعاملة على ٥°م (Ku & Wills ١٩٩٩). وفى دراسة أخرى وجد أن اصفرار البروكولى يحدث بفعل الإثيلين، وأن المعاملة بالـ MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ١٢ ساعة يمنع الاصفرار ويقلل التنفس حتى ولو تعرض البروكولى للإثيلين بصورة دائمة بعد ذلك لمدة ١٢ يومًا على حرارة ١٠°م (Fan & Mattheis ٢٠٠٠).

المعاملة بالحرارة

أدى غمس البروكولى فى الماء الساخن على ٤٥°م لمدة ١٤ دقيقة إلى تأخير الاصفرار بمقدار يومين إلى ثلاثة أيام على ٢٠°م، وإلى إبطاء فقد البروتينات الذائبة وحامض الأسكوربيك، وتقليل سرعة التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين (عن Forney ١٩٩٥).

كذلك أدى غمس البروكولى فى الماء الساخن على ٤٢°م إلى تأخير الاصفرار بنحو يوم أو يومين، بينما أدى غمسه على حرارة ٤٥، أو ٤٨، أو ٥٠، أو ٥٢°م إلى منع الاصفرار لمدة لا تقل عن سبعة أيام. كذلك أدى الغمر فى الماء الساخن إلى تقليل الإصابة بالأعفان على ٢٠°م، وكان الغمر على ٥٠ أو ٥٢°م لمدة دقيقتين أكثر المعاملات فاعلية فى مكافحة الإصابة بالعفن. ولم تختلف نوعية البروكولى فى معاملتى الكنترول والنقع فى الماء الساخن وذلك بعد ثمانية أيام من التخزين على الصفر المئوى. وكانت أفضل معاملات الغمر فى الماء الساخن هى الغمر على حرارة ٥٠°م لمدة دقيقتين، حيث كانت أكثر المعاملات كفاءة فى تقليل الإصفرار والعفن، فى الوقت الذى لم تؤدى فيه إلى تكوين روائح غير مرغوب فيها أو تسرع من الفقد فى الوزن (Forney ١٩٩٥).

كما وجد أن غمر البروكولى – بعد الحصاد مباشرة – فى الماء الساخن على ٤٧°م لمدة ٧,٥ دقيقة – قبل تخزينه لمدة ٥ أيام على ٢٠°م – أعطى أفضل نتيجة فيما يتعلق بتقليل الاصفرار (Tian وآخرون ١٩٩٦).

ومقارنة بمعاملة الكنترول .. فإن غمر البروكولى فى الماء على حرارة ٤٥°م أدى إلى تأخير الاصفرار، وخفض سرعة التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين، ولكن لفترة محدودة استمرت لمدة ٢٤ ساعة بالنسبة لإنتاج الإثيلين، ولمدة ٤٨ ساعة بالنسبة للتنفس (فى الظلام على ٢٠°م) عادت بعدها سرعتا التنفس وإنتاج الإثيلين مثلما فى الكنترول. وبالمقارنة .. لم تحدث تلك العودة إلى معدل التنفس أو إنتاج الإثيلين العاديين عندما كان الغمر فى الماء الساخن على ٤٧°م. وقد أحدث الغمر على ٤٧°م لمدة ٧.٥ دقائق نقصًا شديدًا فى تنفس الأزهار، وفى محتواها من النشا، والسكروز، والبروتين الذائب خلال العشر ساعات إلى الأربع وعشرين ساعة الأولى بعد الحصاد، ولكن سبق ذلك زيادة كبيرة فى محتوى البراعم من السكروز (Tian وآخرون ١٩٩٧).

وقد أدى غمر رؤوس البروكولى فى ماء ساخن على حرارة ٤٥°م لمدة ١٠، أو ١٥، أو ٢٠ دقيقة، أو على حرارة ٥٢°م لمدة دقيقة واحدة، أو دقيقتين، أو ثلاث دقائق إلى منع اصفرار البراعم. هذا .. إلاّ أن المعاملة بحرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق أسرعت تكوين الروائح غير المرغوبة، وأحدثت أضرارًا ظاهرة بالبراعم الزهرية. ولقد زادت معاملات الغمر فى الماء الساخن من إنتاج المركبات المتطايرة التالية:

ethanol	1-propanol
1-hexanol	cis-3-hexen-1-ol
hexy acetate	cis-3-hexenyl acetate
dimethy sulfide	dimethyl disulfide
dimethyl trisulfide	methyl thiocyanate

ويمكن التعرف على أضرار معاملة الغمر فى الماء على حرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق – بعد ساعتين من المعاملة – بوجود زيادة مقدارها ٣٧٠ ضعفًا فى إنتاج الإيثانول، وأخرى مقدارها ٢٧ ضعفًا فى إنتاج المركب cis-3-hexen-1-ol. وفى هذه الدراسة كانت المركبات cis-3-hexen-1-ol، و dimethyl trisulfide، و dimethyl disulfide هى المسئولة عن الرائحة الكريهة التى أعقبت معاملة الغمر فى الماء على حرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق (Forney & Jordan ١٩٩٨).

التبخير بالإيثانول

أدى تعريض رؤوس البروكولى لأبخرة الكحول الإثيلى بتركيز ٥٠٠ أو ١٠٠ أو ٢٥٠٠ جزءًا فى المليون (± ١٠–١٥٪) إلى احتفاظها بلونها الأخضر بدرجة أكبر من الكنترول، وذلك بعد ٦ أيام من التخزين على حرارة ١٣°م ورطوبة نسبية ١٠٠٪. وأدت المعاملة – تحت هذه الظروف – إلى خفض الإصابات المرضية – فى نهاية فترة التخزين – إلى ٢٨,٦٪، و ٢٥,٠٪، وصفر ٪ فى معاملات تركيزات الكحول الإيثيلى الثلاث، على التوالى. كذلك أدت المعاملة بأبخرة الإيثانول إلى تقليل الفقد فى الوزن، إلاّ أنها ساعدت فى تكوين روائح كريهة، ربما بسبب تراكم الإيثانول والأسيتالدهيد بالأنسجة. وقد استخلص من هذه الدراسة أن معاملة البروكولى بأبخرة الإيثانول قبل تخزينه فى حرارة معتدلة (١٣°م) يزيد من قدرته التخزينية (Corcuff وآخرون ١٩٩٦).

التغيرات الفسيولوجية التالية للحصاد

صاحب تخزين البروكولى على ٢٠°م فى الظلام تغيرات كبيرة فى محتواه من مختلف المركبات الكيميائية خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين؛ ففى خلال الساعات الست الأولى حدث فقد كبير فى السكريات والأحماض العضوية والبروتين من كل أجزاء الرأس.

وبين ١٢، و ٩٦ ساعة من بداية التخزين ازدادت الأحماض الأمينية الكلية، وخاصة الجلوتامين والأسباراجين، بينما تراكمت الأمونيا فى الأجزاء الزهرية من الرأس (King & Morris ١٩٩٤ ب).

كما صاحب تخزين البروكولى على ٤°م ثباتًا فى محتوى المنتَج من كل من حامض الأسكوربيك والبيتا كاروتين، والكلوروفيل، ولكن المحتوى الكلوروفيللى ازداد فى الضوء. وبالمقارنة .. صاحب التخزين على ٢٠°م نقصًا فى محتوى المنتَج من كل من حامض الأسكوربيك والكلوروفيل، بينما تبقى البيتا كاروتين ثابتًا (Paradis وآخرون ١٩٩٥).

وفى خلال ٦ ساعات بعد الحصاد انخفض تركيز السكروز فى البراعم الزهرية للبروكولى بنحو ٥٠٪، بينما ازداد تركيز الأسبارجين ٧ مرات بين ٢٤، و ٧٢ ساعة بعد الحصاد. وتوافق ازدياد تركيز الأسباراجين مع حدوث زيادة مبكرة فى نشاط الإنزيم asparagine synthetase (أو aspartate-ammonia ligase) (Downs & Somerfield ١٩٩٧).

وأظهر تزويد البروكولى بالسكروز بعد الحصاد بعدة ساعات – من خلال تيار الماء المتص والمفقود بالنتح (بغمر قواعد الفروع النورية فى محلول سكرى) – بهدف زيادة كمية السكروز المتوفرة للتنفس، وتحديد تأثير ذلك على قدرة البروكولى على التخزين بحالة جيدة على ٢٠°م – أظهر أن محلول سكروز بتركيز ٨٪ (وزن/جم) كان كافيًا لمدِّ أنسجة البروكولى بالمادة اللازمة للتنفس، إلاّ أن معدل التنفس مع الوقت – بعد الحصاد – لم يتأثر بإمدادات السكر، وبدأت البراعم فى الاصفرار بعد يومين. وعندما تم التزويد بالسكروز بعد الحصاد مباشرة حدث تأخير فى الاصفرار. وبينما أدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون إلى تأخير الاصفرار فإنها لم تكن مؤثرة على تركيز السكروز بالنورات بعد ٤,٥ أيام. وبدا أن الشيخوخة – ومن ثم الاصفرار – تصاحب النقص الذى يحدث فى مستوى السكروز بعد الحصاد، وأن البنزيل أدنين يؤخر الاتجاه نحو الشيخوخة (Irving & Joyce ١٩٩٥).

وبينما كان الفقد فى الكلوروفيل فى معظم أصناف البروكولى محدودًا بعد خمسة

أسابيع من التخزين البارد على ١°م + يومين على ٢٠°م، فقد استُهلكت السكريات سريعًا أثناء التخزين البارد، وخاصة السكروز وكان استهلاكها كاملاً بعد ١٠ أسابيع من التخزين على ١°م، بينما كان الفقد فى البروتين الكلى خلال تلك الفترة ٢٠٪ فقط (Pogson & Morris ١٩٩٧).

وقد وُجد أن محتوى براعم البروكولى من الكلوروفيل (أ، ب) انخفض عند التخزين فى الهواء، وازدادت سرعة هذا الانخفاض لدى المعاملة بالإثيلين، بينما تُبطّت السرعة عند التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته. وبينما انخفض كذلك محتوى الزانثوفيللات xanthophylls مع التخزين، فإن صبغات جديدة – أُقترح أنها esterified xanthophylls – تكونت مع اصفرار البراعم (Yamaguchi & Watada ١٩٩٨).

وتختلف أصناف البروكولى فى سرعة اصفرار براعمها؛ ففى حرارة ١٣°م احتفظ الصنف Greenbelt بالكلوروفيل لمدة ٤ أيام، بينما تدهور محتوى الصنف Emperor من الكلوروفيل بوضوح خلال تلك الفترة. وقد كان نشاط كلا من Superoxide dismutase، و Peroxidase أعلى بمقدار ٣٠٪ فى Greenbelt عما فى Emperor. ويبدو أن الحماية ضد الأكسدة التى وفرتها هذين الإنزيمين كانت عاملاً هامًا فى الاحتفاظ باللون الأخضر (Toivonen & Sweeney ١٩٩٨).

ويصاحب اصفرار البراعم فقد البلاستيدات الخضراء لشكلها المميز، حيث تصبح غير واضحة المعالم ويبهت لونها تدريجيًا أثناء شيخوخة البراعم (Terai وآخرون ٢٠٠٠).

وقد صاحب تخزين البروكولى صنف Piracicaba Precoce على حرارة ٢٥°م ورطوبة نسبية ٩٦٪ فى الظلام التغيرات التالية:

١ – أظهرت النورة الزهرية فقدًا فى صلابتها عندما وصل الفقد فى الوزن إلى ٥٪؛ الأمر الذى حدث بعد الحصاد بنحو ٤٨ ساعة.

٢ – ظل المحتوى الكلوروفيللى ثابتًا لمدة ٢٤ ساعة بعد الحصاد، وبعدها حدث له تحلل شديد.

٣ – ظهر الاصفرار الكامل للبراعم بعد ٧٢ ساعة من الحصاد؛ الأمر الذى تزامن مع انخفاض مستوى الكلوروفيل إلى ٣٠٪ من مستواه الابتدائى عند الحصاد.

٤ – ازداد نشاط إنزيم البيروكسيديز بمقدار ١,٤ ضعفًا خلال الساعات الست الأولى بعد الحصاد، ثم انخفض إلى أدنى مستوى له بعد حوالى ٢٤ ساعة من الحصاد، وبعد ذلك ازداد نشاطه بصورة مستمرة حتى مرور ٧٢ ساعة من الحصاد.

٥ – أنخفض مستوى التنفس بعد ٢٤ ساعة من الحصاد بمقدار ٥٠٪، وكلن ظل معدل التنفس ثابتًا فى البراعم، ولكن عند مستوى أقل من مستواه الذى كان عليه عند الحصاد.

٦ – حدثت انخفاضات حادة فى محتوى البراعم الزهرية من النشا والسكريات المختزلة فى خلال ٢٤ ساعة بعد الحصاد، واستمرت الانخفاضات بعد ذلك ولكن بمعدلات أقل (Finger وآخرون ١٩٩٩).

ولقد ازداد إنتاج الإثيلين من رؤوس صنف البروكولى شوجن Shogun المخزنة على ٢٠°م فى الظلام مع اصفرار سبلات البراعم. وأدت إزالة الأعضاء الجنسية للبراعم (الطلع والمتاع) إلى تقليل معدل اصفرار السبلات. وقد أظهرت تلك الأعضاء زيادة فى نشاط إنزيم AAC oxidase بمقدار ٧ أمثال، وفى إنتاج الإثيلين بمقدار الضعف عما فى الأنسجة الأخرى للأجزاء النورية (Tian وآخرون ١٩٩٤).

وبالمقارنة لم يجد King & Morris (١٩٩٤أ) علاقة ثابتة بين إنتاج الإثيلين واصفرار سبلات البراعم، إلا أن وقت بداية الاصفرار ارتبط بصورة عامة بالمستوى الذى بدأ به إنتاج الإثيلين.

واتضح من دراسات Kasai وآخرين (١٩٩٦) أن إنتاج الإثيلين بواسطة رؤوس البروكولى يلعب دورًا فى شيخوخة البراعم، وينظم فى الوقت ذاته نشاط الإنزيم ACC oxidase.

وازداد إنتاج الإثيلين من البراعم الزهرية للبروكولى أثناء تخزينها على ٢٠°م. ومع دخول البراعم مرحلة الشيخوخة ازداد – كذلك – بشدة نشاط إنزيم ACC oxidase إلى أن وصل إلى أعلى مستوى له ثم انخفض؛ الأمر الذى توازى مع معدل إنتاج الإثيلين (Kasai وآخرون ١٩٩٨).

وقد تأكد أن شيخوخة البراعم الزهرية فى البروكولى ترتبط بزيادة فى إنتاج الإثيلين،

ترتبط – بدورها – بزيادة مماثلة فى نشاط الإنزيم ACC oxidase (Hyodo وآخرون ١٩٩٥، و Kasai وآخرون ١٩٩٨).

ومن المعتقد أن الإثيلين يلعب دورًا هامًا فى اصفرار سبلات البراعم الزهرية للبروكولى بعد حصاده. ويتضمن تمثيل الإثيلين فعل الإنزيمين: 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (اختصارًا ACC synthase) الذى يقوم بتحويل المركب S-adenosyl methionine إلى ACC، و ACC oxidase، الذى يقوم بتحويل الـ ACC إلى إثيلين. ويمكن تثبيط الإثيلين باستعمال antisense RNA لأى من هذين الإنزيمين.

وقد درس Henzi وآخرون (٢٠٠٠) ١٢ سلالة بروكولى محولة وراثيًا وتحتوى على جين الطماطم antisense ACC oxidase، وذلك من ثلاثة أصناف، هى: Shogun، و Green Beauty، و Dominator. ومن بين هذه السلالات كانت ثلاث منها (هى: Gy/7، و D/1، و D/2) ذات صفات جودة مناسبة. وقد كان إنتاج الإثيلين من سيقان (حوامل النورات) ٤ سلالات محولة وراثيًا من الصنف Green Beauty أقل جوهريًا من الصنف الأصلى بعد ٩٨ ساعة من الحصاد. كذلك أظهرت سلالتا الصنف Dominator (D/1، و D/2) تحسنًا جوهريًا فى لون الرأس مقارنة بالصنف الأصلى بعد ٤٨ ساعة من الحصاد. ويستفاد من هذه الدراسة أن شيخوخة البروكولى ترتبط بنظامين إنزيميين، يعطى كل منهما زيادة كبيرة فى إنتاج الإثيلين، وأن جين الـ antisense ACC oxidase المستعمل ثبط الزيادة الكبيرة الثانية.

وقد أدت معاملة البروكولى – المخزن على ٢٥°م – بالإثيلين إلى إسراع فقده للكلوروفيل، وازداد التأثير بزيادة تركيز الإثيلين حتى ١٠٠ جزء فى المليون من هواء المخزن، ولكن تأثير الإثيلين انخفض بشدة عندما كان التخزين فى ١°م. كذلك أسرعت معاملة الإثيلين من الوصول إلى الكلايمكترك التنفسى (Makhlouf وآخرون ١٩٩١).

كذلك أحدثت معاملة البراعم الزهرية بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate بتركيز ١ ملى مولار زيادة جوهرية فى إنتاج الإثيلين ونشاط إنزيم ACC oxidase، وتدهور الكلوروفيل خلال مرحلة الشيخوخة (Watanabe وآخرون ٢٠٠٠).

تطور تكوين النكهة والطعم الكريهين أثناء التخزين

يؤدى تجريح أو تقطيع البروكولى إلى تكوين الميثان ثيول methanethiol، وهو مركب يكسب البروكولى رائحة غير مرغوب فيها. ويستدل من دراسات Dan وآخرين (١٩٩٧) أن مركب ميثان ثيول سلفينيت methanethiolsulfinate يتكون أولاً – إنزيميًا – فى أنسجة البروكولى المتهتكة، ثم يتفاعل – لاإنزيميًا – مع الحمض الأمينى L-cysteine أو مع الجلوتاثيون المختزل لتكوين الميثان ثيول.

كذلك يؤدى تخزين البروكولى فى مستويات منخفضة من الأكسجين (أقل من ٠,٢٥٪) أو فى مستويات مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون (أعلى من ١٥٪) إلى تكوين نكهة ومذاق غير مقبولين. ويوصى عند تخزين البروكولى فى تركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون بألاّ يقل تركيز الأكسجين عن ١٪، علمًا بأن تركيز المركبات التى تؤدى إلى رداءة الطعم يزداد بزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون، وبنقص تركيز الأكسجين، وأن المركبات التى تتكون بفعل التركيز المرتفع من ثانى أكسيد الكربون تختفى سريعًا بعد إخراج المحصول من الجو المعدل، بينما تبقى تلك التى تتكون بفعل التركيز المنخفض للأكسجين لفترة أطول (عن Lougheed ١٩٨٧).

ويعتبر المركبان methanthiol، و dimethyl trisulfide هما المسئولين عن الرائحة الكريهة التى تظهر بالبروكولى فى الظروف اللاهوائية أو تلك التى ينخفض فيها كثيرًا تركيز الأكسجين ويزيد فيها كثيرًا تركيز ثانى أكسيد الكربون. يحدث ذلك عندما ينخفض تركيز الأكسجين فى هواء المخزن إلى ١٪ أو أقل، وعندما يرتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٦٪ أو أعلى، وتظهر الرائحة المنفرة فى غضون ثلاثة أيام على ٢٠°م، وفى نحو أسبوع عل ٢,٥°م (Hansen وآخرون ١٩٩٣).

وقد أدت تعبئة البروكولى فى أغشية من البوليثيلين بسمك ١٠٠ ميكرون وحفظه على ٢٠°م إلى نقص تركيز الأكسجين فى داخل العبوات إلى أقل من ٠,٥٪، وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى أكثر من ٢٠٪ فى خلال ٨ ساعات من التخزين، وظهرت الروائح الكريهة سريعًا تحت هذه الظروف. ومن بين المركبات المتطايرة التى أُنتجت: الإيثانول، والأسيتالدهيد، والميثان ثيول، والدى ميثيل داى سلفيد، ولكن كانت أكثر

تلك الغازات إسهامًا فى النكهة الكريهة: الميثان ثيول، والدى ميثيل داى سلفيد. وقد ازداد التسرب الأيونى فى البروكولى المعبأ فى أغشية البوليثيلين عما فى البروكولى غير المعبأ. وقد استدل من هذه الدراسة على أن المركبات الكبريتية القابلة للتطاير التى تظهر فى الظروف اللاهوائية تتكون نتيجة لتدهور الدهون بالأغشية الخلوية وفقد الخلايا لقدرتها على فصل مكوناتها عن بعضها البعض (Intracellular compartmentation)، مما يسمح بحدوث تفاعلات إنزيمية لا تحدث – عادة – فى الظروف الطبيعية (Dan وآخرون ١٩٩٧أ، ١٩٩٧ ب).

كما أدى خفض تركيز الأكسجين فى الهواء المحيط بالبروكولى – بإمرار غاز النيتروجين بصورة دائمة عليه – إلى إنتاج المنتَج للميثان ثيول فى خلال ساعة واحدة من وصول تركيز الأكسجين إلى ٠,٥٪، وأعقب ذلك زيادة مستمرة فى إنتاج الغاز خلال الساعات العشر التالية التى استمر فيها متابعة إنتاجه. وبالمقارنة .. أدى إمرار الأكسجين فى المنتَج المخزن الذى كان قد بدأ فى إنتاج الميثان ثيول إلى انخفاض إنتاج هذا الغاز بنسبة ٧٩٪ فى خلال ١٥ دقيقة، وإلى توقف إنتاجه تمامًا فى خلال ١٥ دقيقة أخرى. وعندما أعيد تمرير غاز النيتروجين بدأ البروكولى فى إنتاج الميثان ثيول مرة أخرى خلال أقل من ساعة. هذا وقد أدت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون حتى ٢٦,٥٪ إلى وقف إنتاج الميثان ثيول (Obenland وآخرون ١٩٩٤).

أدى حفظ براعم البروكولى فى جو خال من الأكسجين (يحتوى على نيتروجين بنسبة ١٠٠٪) إلى إنتاجها للميثان ثيول والدًاى ميثيل داى سلفيد، وازداد معدل إنتاج الغازين بارتفاع درجة الحرارة من ١٠ إلى ٣٠°م. وعندما حفظت البراعم على ١°م لمدة ثلاثة أسابيع، ثم وضعت فى ١٠٠٪ نيتروجين على ٢٠°م لمدة ٤٨ ساعة انخفض إنتاج الغازين. ولقد كان معدل إنتاج الميثان ثيول والداى ميثيل داى سلفيد أعلى فى البراعم الزهرية عما فى السيقان (الحوامل) النورية، كذلك كان إنتاج المادة البادئة لكلا الغازين، وهى: S-methyl-L-cysteine sulfoxide أعلى فى البراعم الزهرية بمقدار أربعة أضعاف إنتاجها من السيقان، كما كان نشاط الإنزيم C-S lyase الذى يحلل المادة البادئة إلى الغازين أعلى جوهريًا فى البراعم الزهرية عمّا فى السيقان (Dan وآخرون ١٩٩٨).

ولدرجة حرارة التخزين أثناء فترة انخفاض تركيز الأكسجين إلى المستوى المنخفض الذى يحدث معه التنفس اللاهوائى تأثير كبير على إنتاج الميثان ثيول، حيث يزداد إنتاجه فى درجة الصفر المئوى، وفى درجة ٧,٥ مقارنة بدرجة ٢,٥ أو ٥°م، كما يزيد إنتاجه فى حرارة ٥٥°م، وينخفض فى حرارة ٤٠، و ٤٥°م، وينعدم فى ٦٠°م (Obenland وآخرون ١٩٩٥).

وجدير بالذكر أن عديدًا من الكائنات الدقيقة اللاهوائية التنفس يمكنها إنتاج الميثان ثيول إلى درجة أن ذلك حدا بالبعض إلى الاعتقاد بأن هذا المركب ينتج فى البروكولى – المخزن فى الجو المعدل – بواسطة الكائنات الدقيقة التى تلوثه سطحيًا، إلا أنه ثبتت قدرة بادرات البروكولى المعقمة على إنتاج المركب (Forney وآخرون ١٩٩٣).

كذلك أوضحت دراسات Derbali وآخرون (١٩٩٨) أن بادرات البروكولى المعقمة تنتج – فى الظروف اللاهوائية – الغازات: ميثان ثيول، وداى مثيل سلفيد، وداى مثيل داى سلفيد، وهيدروجين سلفيد؛ مما يثبت أن تلك الغازات ذات الرائحة المنفرة ذات أصل نباتى.

ولا يقتصر إنتاج الميثان ثيول methanethiole – وهو المركب الرئيسى المسئول عن الرائحة الكريهة التى تتكون فى البروكولى المخزن فى ظروف يقل فيها تركيز الأكسجين عن ٠,٥٪ – لا يقتصر إنتاجه على البروكولى؛ فقد أنتجته عديد من الخضر الصليبية الأخرى، ولكن تدرج تركيزه فى الانخفاض حسب الترتيب التالى للخضر: براعم البروكولى، ثم أنصال أوراق الكرنب الصينى (pak choi)، ثم الكرنب ذات الأوراق المجعدة، ثم الـ broccoflower، ثم الكرنب الأخضر والأحمر. أما سيقان (حوامل نورات) البروكولى، والكيل، وكرنب بروكسل، وأعناق أوراق الكرنب الصينى (pak choi)، وجذور الروتاباجا، وأقراص القنبيط، والكرنب الصينى (Chinese cabbage)، والسيقان المتدرنة للكرنب أبو ركبة فقد كان إنتاجها من الميثان ثيول أقل من ٣٪ من إنتاج البراعم الزهرية للبروكولى. كذلك كانت الأنسجة الخضراء أكثر إنتاجًا للميثان ثيول عن الأنسجة غير الخضراء. ولم يتربط إنتاج الخضر اللاهوائى للإيثانول مع إنتاجها من الميثان ثيول. كذلك استحثت الظروف الهوائية إنتاج الداى مثيل داى

سلفيد، والدى مثيل تراى سلفيد. وكان الكرنب الأخضر أكثر الصليبيات إنتاجًا للداى مثيل داى سلفيد، وتلاه الكرنب الأحمر وبراعم البروكولى الزهرية. هذا بينما كان الارتباط قويًا بين إنتاج الداى مثيل تراى سلفيد والميثان ثيول (Forney & Jordan ١٩٩٩).

٣-٣: كرنب بروكسل

تعريف بالمحصول وأهميته

يسمى الكرنب بروكسل فى الإنجليزية Brussels sprouts، ويعرف – علميًا – باسم *Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* Zenk.

يعتبر النبات أحد الطرز البرية للكرنب، ويعتقد أن موطنه فى شمال أوروبا.

وهو يزرع لأجل براعمه الإبطية، أو الرؤوس الصغيرة التى تنمو فى آباط الأوراق، وهى كرينبات صغيرة تشبه الكرنب، ويصل قطرها عند اكتمال نموها إلى نحو ٣–٥ سم.

يحتوى كل ١٠٠ جم من الجزء المستعمل فى الغذاء على المكونات التالية: ٨٥,٢ جم رطوبة، و ٤٥ سعرًا حراريًا، و ٤,٩ جم بروتينًا، و ٠,٤ جم دهونًا، و ٨,٣ جم مواد كربوهيدراتية، و ١,٦ جم أليافًا، و ١,٢ جم رمادًا، و ٣٦ مجم كالسيوم، و ٨٠ مجم فوسفورًا، و ١,٥ مجم حديدًا، و ١٤ مجم صوديوم، و ٣٩٠ مجم بوتاسيوم، و ٥٥٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,١ مجم ثيامين، و ٠,١٦ مجم ريبوفلافين، و ٠,٩ مجم نياسين، و ١٠٢ مجم حامض الأسكوربيك. يتضح من ذلك أن الكرنب بروكسل من الخضر الغنية جدًا بالنياسين وحامض الأسكوربيك، ومن الخضر الغنية بالريبوفلافين، كما أنه متوسط فى محتواه من الفوسفور وفيتامين أ.

الوصف النباتى

إن نبات الكرنب بروكسل عشبى حولى، حيث يكمل النبات حياته فى حول واحد، ولكنه ذو موسمين للنمو حيث يكمل نموه الخضرى أولاً، ثم يتجه نحو الإزهار بعد أن

يكون قد تهيأ لذلك بفعل التعرض للبرودة أثناء مرحلة النمو الخضرى. ويختلف الكرنب بروكسل عن البروكولى – نباتيًّا – فى كون ساقه قائمة، يصل ارتفاعها إلى نحو متر، ولا تتفرع إلاّ إذا قطع النمو الطرفى، كما أن أوراقه ملعقية الشكل ذات نصل مقعر لأسفل وعنق طويل.

وتتكون براعم كبيرة – نسبيًّا – فى آباط الأوراق تشكل الجزء الذى يزرع من أجله المحصول، وهى التى يطلق عليها اسم "كرينبات".

الأصناف

توجد أصناف كثيرة من الكرنب بروكسل، ومن الأصناف التى أعطت نتائج مبشرة عندما زرعت فى الجيزة والفيوم (بحوث غير منشورة للمؤلف)، ما يلى:

١ – لونج إيلاند إمبروفد Long Island Improved:

يصل ارتفاع النبات إلى نحو ٦٠–٩٠ سم، والكرينبات ليست شديدة الازدحام على الساق.

٢ – هاف دوارف إمبروفد Half Dwarf Improved:

يصل ارتفاع النبات إلى نحو ٦٠ سم، والكرينبات متزاحمة على الساق.

٣ – كاتسكل Catskill:

النباتات قصيرة، والكرينبات صلبة ومتزاحمة، وهو منتخب من الصنف لونج إيلاند إمبروفد.

٤ – جيد كروس Jade Cross:

صنف هجين، قوى النمو، ذو كرينبات متزاحمة.

ومن بين أصناف كرنب بروكسل الهامة الأخرى (وجميعها من الهجن)، ما يلى:

Orion (شكل ٣–٤، يوجد فى آخر الكتاب)	**Lancelot**
Predora	**Herka**
Vitar (شكل ٣–٥، يوجد فى آخر الكتاب)	**Cavalier**

Kimono	**Prelent** (شكل ٣-٦، يوجد فى آخر الكتاب)
Minerva	**Clio**
Chieftain	**Cavalier**
Odessa	**Riga**
Prince Marvel	**Jade E**
Queen Marvel	**Royal Marvel**
Valiant	**Oliver**
Vitar	**Roger**

ولمزيد من التفاصيل عن الأصناف الحديثة نسبيًا من الكرنب بروكسل .. يراجع Wehner (١٩٩٩).

الاحتياجات البيئية

تفضل زراعة الكرنب بروكسل فى الأرضى الطميية، ويتراوح الـ pH المناسب للنمو النباتى من ٦-٦,٨.

يحتاج النبات إلى جو معتدل مائل للبرودة لمدة تتراوح من ٨٠-١٠٠ يوم من الشتل، وهى المدة التى تلزم حتى اكتمال نمو الكرينبات الأولى على النبات. ويتحمل النبات الصقيع بدرجة كبيرة مثل الكيل، ولكن ارتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى إنتاج كرينبات سائبة، متفتحة، غير مندمجة لا تصلح للتسويق.

وتعد أنسب الظروف البيئة لنباتات الكرنب بروكسل هى حرارة تتراوح بين ١٧، و ٢١°م خلال فترة الشهور الثلاثة أو الأربعة الأولى من النمو، على أن يتبعها حرارة ١٢°م لمدة شهرين خلال فترة تكوين الكرينبات (عن Wien & Wurr ١٩٩٧).

التكاثر والزراعة

مواعيد الزراعة

يتكاثر الكرنب بروكسل بالبذور التى تزرع فى المشتل من أغسطس إلى نوفمبر، ولكن أفضل موعد للزراعة حوالى منتصف شهر سبتمبر.

الزراعة والخدمة

يزرع الكرنب بروكسل ويعتنى به كما سبق بيانه بالنسبة للبروكولى.

كثافة الزراعة

تؤدى زيادة كثافة الزراعة إلى زيادة نسبة الكرينبات الصغيرة دون التأثير على عددها، ولذا .. يفضل عند الرغبة فى إنتاج محصول عال من الكرينبات الصغيرة زيادة كثافة الزراعة. كذلك تؤدى زيادة كثافة الزراعة إلى التبكير فى موعد الحصاد (Everaarts & Moel ١٩٩٨)، ولكن النباتات تستمر فى النمو ما استمرت الظروف الجوية مناسبة لذلك؛ ومن ثم يزيد المحصول. وعلى الجانب الآخر فإن زيادة كثافة الزراعة حتى ٨-١٠ نباتات/م^{٢} بدلاً من الكثافة العادية التى تتراوح بين ٣، و ٥ نباتات/م^{٢} تحمل معها خطورة رقاد النباتات وإصابة النباتات بالأمراض التى يمكن أن تؤثر سلبيًا على المحصول كمًا ونوعًا.

هذا .. وتكون الكرينبات - عادة - أكثر تجانسًا على امتداد ساق النبات فى الزراعات الكثيفة عنها فى حالة الزراعة على مسافات واسعة، حيث نجد فى الحالة الثانية أن الكرينبات السفلى تتكون قبل الكرينبات العليا بفترة ملحوظة؛ مما يترب عليه تدرجًا فى الحجم على امتداد الساق، وهى حالة لا تسمح بإجراء الحصاد الآلى كما فى الزراعة الكثيفة (عن Wien & Wurr ١٩٩٧).

التسميد

أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتى إلى زيادة دكنة اللون الأخضر للكرينبات، وزيادة محتواها من الكلوروفيل، ولكن مع حدوث زيادة غير مرغوب فيها فى طولها. هذا .. ومع زيادة معدلات التسميد الآزوتى عن ٢٠٠ كجم N/هكتار (٨٤ كجمN/فدان) .. حدث - كذلك - انخفاض فى كل من الكثافة النوعية للكرينبات ومحتواها من المادة الجافة، والسكريات الكلية، وحامض الأسكوربيك (Babik وآخرون ١٩٩٦). وقد أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتى حتى ٢٠٠ كجم N/هكتار إلى زيادة المحصول نتيجة لزيادة طول فترة بقاء الأوراق فى حالة نشطة فسيولوجيًا، وزيادة قدرة النباتات على الاستفادة من الأشعة الساقطة عليها (Booij ٢٠٠٠).

وقد تراوحت كمية النيتروجين الكلية التى امتصتها نباتات كرنب بروكسل بين ٢٢٠، و ٣٢٥ كجم N لكل هكتار (٩٢,٤ إلى ١٤٧,٠ كجم N/فدان)، وصل نحو ٥٠٪ منها إلى الكرينبات، وهى الجزء الاقتصادى الذى يزرع من أجله المحصول (Everaarts & Beusichem ١٩٩٨).

عندما يكون محتوى التربة من البوتاسيوم المستخلص extractable K فى حدود ١٤٠-٢٦٠ مجم/كجم فى الخمسة عشر سنتيمترًا السطحية من التربة فإن ذلك يعد كافيًا لإنتاج محصول جيد من كرنب بروكسل. هذا .. وتؤدى زيادة معدلات التسميد بسلفات البوتاسيوم إلى زيادة المرارة ومحتوى الكرينبات من الثيوسيانات (Williams وآخرون ١٩٩٦).

ويسمد كرنب بروكسل كما أسلفنا بيانه بالنسبة للبروكولى.

قطع القمة النامية (التطويش)

يؤدى قطع القمة النامية لنباتات كرنب بروكسل - حينما يبلغ قطر الكرينيات السفلى حوالى ١٠-٢٠ ملليمترًا - إلى زيادة تجانس الكرينبات فى الحجم. وتعرف هذه العملية باسم "التطويش" topping أو stopping، وهى تؤدى إلى إنهاء السيادة القمية؛ مما يؤدى إلى إسراع نمو الكرينبات، وخاصة عند العقد العلوية للنبات. ويؤثر وقت إجراء عملية التطويش على نتائجها؛ ذلك لأنها إذا أجريت قبل بداية تكوين الكرينبات فإن البراعم الجانبية العليا تنمو مباشرة إلى أفرع خضرية، بينما يؤدى إجراؤها فى وقت لاحق إلى السماح بتكوين الكرينبات، ولكن التأخير الشديد فى إجرائها لا يفيد فى زيادة أحجام الكرينبات.

وأفضل وقت لإجراء عملية التطويش هو عندما تكون الكرينبات السفلى فى نصف حجمها الطبيعى الكامل. ونظرًا لأن نمو الكرينبات يزداد سرعة فى حالات الزراعة على مسافات واسعة؛ لذا .. فإن عملية التطويش تكون أكثر تبكيرًا عند انخفاض كثافة الزراعة عنها فى الزراعات الكثيفة (عن Wien & Wurr ١٩٩٧).

المعاملة بمنظمات النمو

كان الكرنب بروكسل يعامل فى المزارع الكبيرة التى تحصد آليًا ببعض مثبطات النمو

التى تعمل على تركيز وتجانس نضج المحصول، حتى يمكن حصاده مرة واحدة، واستخدم لهذا الغرض الألار Alar (أو SADH، وهو succinic acid-2,2-dimethylhydrazide) بمعدل ٠,٥-١ كجم فى ٢٠٠-٤٠٠ لتر ماء للفدان. وكان يرش النبات كله - مرة واحدة - عندما تكون الكرينبات السفلى بقطر ١٢-١٨ مم، مع استعمال التركيز المنخفض عندما يبلغ قطر الكرينبات ١٢ مم، والتركيز المرتفع مع الكرينبات التى يبلغ قطرها ١٨ مم (نشرة شركة Uniroyal Chemical)، ولكن توقف استخدام الألار لهذا الغرض بسبب اكتشاف تأثيره المسرطن.

الفسيولوجى

محتوى كرنب بروكسل من الجلوكوسينولات والمركبات المسئولة عن النكهة

وجد المركب الكبريتى الطبيعى S-methylcysteine sulphoxide فى كل من كرنب بروكسل، والبروكولى، والكرنب، والقنبيط، وكان كرنب بروكسل أعلاها محتوى. يلعب هذا المركب دورًا فى إضفاء الطعم والنكهة المميزتين لتلك الخضروات، كما أنه يعد مضادًا للإصابات السرطانية (Marks وآخرون ١٩٩٢).

ومن بين ١٣ نوعًا من الجلوكوسينولات التى أمكن عزلها من الكرنب وكرنب بروكسل كان السينجرين sinigrin، والجلوكوى بريين glucoiberin أكثر الجلوكوسينولات الأليفاتية تواجدًا، وساد البروجويترين progoitrin فى كرنب بروكسل. ومن بين ٤ أنواع من الجلوكوسينولات الإندولية التى أمكن التعرف عليها كان الجلوكوبراسيسين glucobrassicin أكثرها تواجدًا. وقد كان أعلى تركيز للجلوكوسينولات الكلية فى كرنب بروكسل (١٢٦,٦١ مجم/جم)، وأقلها فى الكرنب الأحمر (٢٦,٥٠ مجم/جم)، بينما كان الكرنب الأبيض العادى والكرنب المجعد وسطًا بينهما (Ciska وآخرون ١٩٩٤).

يعد المركبان الجلوكوسيديان sinigrin، و progoitrin هما المسئولين عن المرارة التى تلاحظ فى الكرنب بروكسل، وتلك صفة غير مرغوبة، وذات تأثير سلبى على تفضيل المستهلكين للكرنب بروكسل.

وجدير بالذكر أن المركبين sinigrin، و progoitrin وغيرهما من الجلوكوسينولات الأليفاتية يتم تمثيلها من الحامض الأمينى مثيونين methionine، بينما يعتبر التربتوفان tryptophane هو المادة الأولية للجلوكوسينولات الإندولية (عن Doorn وآخرين ١٩٩٩).

الإزهار

عندما تصبح نباتات كرنب بروكسل حساسة للتهيؤ للإزهار فإنها تُظهر زيادة فى سمك الساق، وزيادة فى حجم البرعم القمى؛ الأمر الذى يحدث بعد تكوين النبات لحوالى ٣٠ ورقة بالإضافة إلى مبادئ الأوراق الميرستيمية.

وعندما تنتهى فترة الحداثة فإن الميرستيم القمى يأخذ شكل القبة، ويصبح أعراض عما كان عليه الحال فى فترة الحداثة. وتحدث زيادة واضحة فى القمة النامية بعدما تتعرض النباتات لبرودة نسبية بعد دخولها فى مرحلة النضج. ويتوقف طول فترة الحداثة أساسًا على الصنف ولكنه يتأثر كذلك بالظروف البيئية.

ويؤدى تعرض النباتات يوميًّا لحرارة مرتفعة نهارًا مع الحرارة المنخفضة ليلاً إلى تأخير التهيئة للإزهار، وقد تستمر النباتات خضرية إذا كانت الحرارة التى تتعرض لها النباتات نهارًا > ٢٧°م. أما إذا استمر التعرض للحرارة المنخفضة لفترة طويلة كافية لتهيئة النباتات للإزهار، فإن التعرض للحرارة العالية بعد ذلك أيًّا كانت شدتها أو مدة التعرض لها لا يلغى أثر الارتباع. هذا .. وتتراوح – عادة – الفترة التى تلزم لاكتمال الارتباع بين ٥٠، و ٨٠ يومًا حسب الصنف. وفى المقابل .. تم التعرف على إحدى سلالات كرنب بروكسل التى لا يلزمها التعرض للبرودة لكى تزهر. وفى كل الحالات .. إن لم يكن التعرض للبرودة كاملاً، فإن الإزهار يكون جزئيًّا (عن Wien & Wurr ١٩٩٧).

النمو الخضرى والمحصول

يمر كرنب بروكسل فى نموه بمرحلتين: تنمو فى أولاهما الأوراق والساق بصورة رئيسية، بينما تنمو البراعم أساسًا فى المرحلة الثانية. وعند بداية نمو البراعم يكون قد تكون بالفعل بين ٦٠٪، و ٨٠٪ من الوزن الجاف الكلى للنبات، وامتُصَّت – كذلك –

نسبة مماثلة من النيتروجين الكلى الذى يمتصه البنات. ويرتبط وزن الكرينبات النهائى ومحتواها الكى من النيتروجين إيجابيًّا مع الوزن الجاف الكلى للنبات ومحتواه الكلى من النيتروجين عند بداية نمو البراعم.

وقد قدر دليل الحصاد النهائى بنحو ٢٥٪ بالنسبة للكتلة الحيوية biomass، و ٤٥٪ بالنسبة للنيتروجين المتص.

وأثناء نمو البراعم تشيخ الأوراق بسرعة كبيرة، وينتقل منها الغذاء المجهز والعناصر – وخاصة النيتروجين – قبل سقوطها. وقد وصل النقص فى محتوى الأوراق من النيتروجين أثناء نمو البراعم إلى ٥٠٪. وعندما أضيف مزيد من النيتروجين عند بداية نمو البراعم .. قلَّ انتقال العنصر من الأوراق التى دخلت مرحلة الشيخوخة، وازداد نمو الكرينبات بسبب التأخير – الذى أحدثته إضافة النيتروجين – فى انفصال الأوراق، وازداد محتوى البراعم من النيتروجين؛ مما جعلها تبدو أكثر اخضرارًا. وعندما أضيف النيتروجين فى دفعتين متساويتين: عند الشتل وعند بداية نمو البراعم .. ازداد محتوى الكرينبات من النيتروجين عما كان عليه الحال عندما أضيف العنصر كله عند الشتل (Booij وآخرون ١٩٩٧).

العيوب الفسيولوجية

يصاب كرنب بروكسل – مثل الكرنب والكرنب الصينى – بالعيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم احتراق قمة الأوراق tipburn، وهو ينتج عن نقص وصول الكالسيوم إلى الأوراق الداخلية بالكرينبات مما يؤدى إلى احتراقها.

الحصاد، والتخزين، والتصدير

النضج والحصاد

يبدأ الحصاد بعد الشتل بنحو ٣–٣,٥ شهرًا، ويستمر لمدة شهر أو أكثر. تحصد الكرينبات الناضجة أولاً – وهى السفلية – قبل اصفرارها ثم تحصد الكرينبات التالية لها فى النضج أولاً بأول.

ويعرف النضج بوصول الكرينبات إلى أكبر حجم لها، وهو عندما يبلغ قطرها من ٣–

٥ سم حسب الصنف. ويؤدى تأخير الحصاد لحين اصفرار الأوراق السفلى إلى تليف البراعم وتدهور نوعيتها.

ويجرى الحصاد بكسر الورقة التى يوجد البرعم فى إبطها ثم قطع البرعم. ويستمر النبات فى تكوين أوراق – وكرينبات جديدة – من أعلى أثناء حصاده من أسفل.

معالجة مشكلة اصفرار أوراق الكرينبات

يعنى اصفرار أوراق كرينبات الكرنب بروكسل قبل الحصاد ضرورة بذل جهد إضافى فى التخلص من تلك الأوراق لكى يكون المنتَج عالى الجودة.

ويلعب التسميد الآزوتى الجيد – وخاصة عند بداية نمو الكرينبات وقبل الحصاد بفترة قصيرة – فى زيادة محتوى أوراقها من الكلوروفيل عند الحصاد وإبطاء معدل اصفرارها أثناء التخزين (عن Everaarts & Vlaswinkel ٢٠٠٠).

وكما أسلفنا .. فإنه يحدث اصفرار بأوراق كرينبات الكرنب بروكسل بعد الحصاد، وتزداد سرعة الاصفرار مع التأخير فى عملية الحصاد، ويرتبط إيجابيًا بحجم الكرينبات عند الحصاد. وقد وجد فى الصنف المبكر Maximus أن الوقت الذى يمر حتى تصفر ٢٥٪ من الكرينبات ارتبط سلبيًا مع عمر المحصول عند الحصاد، بينما لم يوجد ذلك الارتباط فى الصنف المتأخر Philemon. ويبدو أن عمر الكرينبات عند الحصاد هو العامل السائد المحدد لسرعة اصفرارها بعد الحصاد (Everaarts & Vlaswinkel ٢٠٠٠).

هذا .. ولم تؤثر المعاملة بالحرارة العالية بين ٤٠، و ٥٥°م لمدة ٣٠–٩٠ دقيقة فى الهواء الرطب .. لم تؤثر تأثيرًا يذكر على معدل شيخوخة الكرينبات أو جودتها أثناء التخزين بعد المعاملة على ١٥°م (Wang ١٩٩٨).

التخزين

التخزين المبرد فى الهواء العادى

يمكن تخزين الكرينبات بحالة جيدة لمدة ٦–٨ أسابيع فى درجة الصفر المئوى ورطوبة نسبية تتراوح من ٩٥–٩٨٪، مع توفير تهوية جيدة. ويؤدى رفع حرارة التخزين

إلى ١٠°م إلى اصفرار الكرينبات، كما تؤدى زيادة فترة التخزين عن خمسة أسابيع إلى ظهور بقع صغيرة سوداء اللون على الكرينبات التى تفقد - أيضًا - لونها الأخضر، وتذبل وتتعفن. ونظرًا لأن الكرنب بروكسل من الخضر التى تفقد رطوبتها بسرعة - حتى فى ظروف التخزين الجيدة؛ لذا تفيد تعبئته فى أكياس بلاستيكية أثناء التخزين.

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته (CA) وفى الجو المعدل (MA)

يفيد رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن فى تثبيط اصفرار الكرينبات وتأخير تغير لون سطح القطع فى ساقها وتأخير تعفه.

كذلك وجد أن إنتاج الإثيلين توقف تقريبًا خلال فترة تعرض المحصول المخزن للتركيز العالى من ثانى أكسيد الكربون، ولكنه ازداد بشدة أثناء تهوية المحصول بعد إخراجه من المخزن.

وقد توصل Lipton & Mackay (١٩٨٧) إلى أن نسبة الأكسجين المخفضة (٢٪) تؤخر اصفرار الكرينبات، بينما تحد نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة (١٠٪) من الإصابة بالأعفان، ولذا .. فإن الجمع بن نسبة الأكسجين المنخفضة ونسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة كان أفضل بكثير من التخزين فى الجو العادى سواء أكان ذلك على حرارة ٥°م أم ٧,٥°م، علمًا بأن الكرينبات احتفظت بلونها الجيد لمدة ٤أسابيع على حرارة ٢,٥°م سواء أكان تخزينها فى الهواء المتحكم فى مكوناته، أم فى الهواء العادى. وأدى نقص نسبة الأكسجين إلى ٠,٥٪ إلى تلون أوراق القلب أحيانًا بلون أحمر، واكتساب الأجزاء غير الخضراء طعمًا شديد المرارة.

ويوصى عند الرغبة فى التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته أن يتراوح تركيز ثانى أكسيد الكربون بين ٥٪، و ٧٪، وأن يبلغ تركيز الأكسجين حوالى ٢,٥٪ (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ومن المناسب تعبئة كرينبات الكرنب بروكسل فى أغشية تسمح بتبادل الغازات بالقدر الذى يتكون معه جو معدل تزيد فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون وتنخفض نسبة الأكسجين إلى الحدود المرغوب فيها؛ بغرض زيادة قدرتها على تحمل التخزين. ومن

الأغشية المناسبة لذلك ما تعرف بالبوليثيلين سيراميك PE-ceramic، والتى أمكن باستعمالها فى تعبئة الكرينبات تخزينها لمدة ١٦ أسبوعًا على حرارة الصفر، و ١١ أسبوعًا على حرارة ٥°م، و ١١ يومًا على حرارة ٢٠°م، بينما استمر تخزينها فى أغشية البوليثيلين العادية لمدة أسبوع واحد فقط على حرارة ٢٠°م (Park وآخرون ١٩٩٣).

التصدير

يجب أن يكون الكرنب البروكسل المعد للتصدير إلى السوق الأوروبية المشتركة نظيفًا، وخاليًا من الأعفان، وطازجًا فى مظهرة، وخاليًا من أى مواد غريبة، ومن الحشرات والطفيليات، ومن الرطوبة الخارجية الحرة غير العادية، ومن الروائح الغريبة والطعم الغريب، وأن تكون الكرينبات كاملة.

ويجب أن تكون ساق الكرينبات مقطوعة أسفل مستوى الأوراق الخارجية مباشرة، وأن يكون مكان القطع نظيفًا ومستويًا.

ويجب أن تكون الكرينبات فى حالة تسمح لها بتحمل عمليات الشحن والتداول والوصول بحالة جيدة للعرض بالأسواق.

ويقسم الكرنب البروكسل المعد للتسويق بالسوق الأوروبية المشتركة إلى ثلاث درجات، كما يلى:

الدرجة الأولى Class I:

يجب أن تكون كرينبات الدرجة الأولى صلبة، ومغلقة، وخالية من أضرار الصقيع كما يجب أن تكون الكرينبات المشذبة جيدة التلوين، بينما يسمح ببعض التغير اللونى الخفيف فى الأوراق القاعدية بالكرينبات غير المشذبة. كذلك يُسمح بالأضرار الخفيفة بالأوراق الخارجية، وهى التى قد تنتج عن الحصاد، والتدريج، والتعبئة، شريطة ألا تؤثر على الحالة الجيدة للمنتَج.

٢ – الدرجة الثانية Class II:

تتضمن هذه الدرجة الكرينبات التى لا تصلح لوضعها فى الدرجة الأولى، حيث تكون

أقل صلابة، وأقل انغلاقًا ولكنها ليست مفتوحة، وقد تظهر بها أضرار بسيطة من جراء الصقيع.

٣ – الدرجة الثالثة Class III:

تتضمن هذه الدرجة الكرينبات التى لا تصلح لوضعها فى الدرجة الثانية، حيث قد يظهر بها بعض التغير اللونى، وبعض الجروح البسيطة، والقليل جدًا من الأضرار المرضية والحشرية، كما قد يعلق بها آثار من التربة، وقد تظهر بها بعض أضرار الصقيع.

ويتم التدريج حجميًا حسب أكبر قطر بالجزء الاستوائى من الكرينبة. ويكون الحد الأدنى للقطر المناسب هو: ١٠ مم للكرينبات المشذبة من الدرجتين الأولى والثانية، ولكرينبات الدرجة الثالثة سواء أكانت مشذبة أم غير مشذبة، و ١٥ مم للكرينبات غير المشذبة من الدرجتين الأولى والثانية. ويجب ألاّ يزيد الفرق فى القطر بين أصغر الكرينبات وأكبرها فى العبوة الواحدة من الدرجة الأولى عن ٢٠ مم.

هذا ويسمح فى الدرجة الأولى بنحو ١٠٪ بالوزن من الكرينبات التى لا ينطبق عليها شروط الدرجة الأولى، ولكنها تفى بشروط الدرجة الثانية، كما يسمح بنحو ١٠٪ بالوزن من كرينبات الدرجة الثانية التى لا تفى بشروطها، شريطة ألا تكون مصابة بالأعفان أو متدهورة إلى درجة تجعلها غير صالحة للاستهلاك. كذلك يسمح بنحو ١٥٪ من كرينبات الدرجة الثالثة التى لا تفى بشروطها، شريطة ألا تكون متعفنة أو متدهور إلى درجة لا تصلح معها للاستهلاك.

وفى جميع الدرجات يسمح بنحو ١٠٪ بالوزن من الكريبنات التى لا تطابق متطلبات الحجم.

٣-٤: كرنب أبو ركبة

تعريف بالمحصول وأهميته

يسمى كرنب أبو ركبة فى الإنجليزية Kohlrabi، ويعرف – علميًا – باسم *Brassica*

oleracea var. *gongylodes* L.، وكان يعرف – باسم *B. caulorapa* Pasq.، وهو أحد الطرز البرية للكرنب، ويعتقد أن موطنه فى شمال أوروبا.

يزرع المحصول لأجل سيقانه المتضخمة التى تشبه اللفت، والتى تنمو فوق سطح التربة، ويبلغ قطرها من ٥–١٠ سم، وتؤكل بعد طهيها.

يحتوى كل ١٠٠ جم من الجزء المستعمل فى الغذاء على المكونات الغذائية التالية: ٩٠,٣ جم رطوبة، و ٢٩ سعرًا حراريًا، و ٢,٠ جم بروتينًا، و ٠,١ جم دهونًا، و ٦,٦ جم مواد كربوهيدراتية، و ١,٠ جم أليافًا، و ١,٠ جم رمادًا، و ٤١ مجم كالسيوم، و ٥١ مجم فوسفورًا، و ٠,٥ مجم حديدًا، و ٨ مجم صوديوم، و ٣٧٢ مجم بوتاسيوم، و ٢٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,٠٦ مجم ثيامين، و ٠.٠٤ مجم ريبوفلافين، و ٠,٣ مجم نياسين، و ٦٦ مجم حامض الأسكوربيك. يتضح من ذلك أن الكرنب أبو ركبة من الخضر الغنية جدًا بالنياسين، والغنية فى حامض الأسكوربيك، كما أنه يحتوى على كميات متوسطة من الكالسيوم والفوسفور.

الوصف النباتى

إن نبات الكرنب أبو ركبة عشبى ذو حولين فى المناطق الباردة، وحولى فى المناطق المعتدلة. يتعمق الجذر الرئيسى والجذور الفرعية لمسافة ١٥٠–٢٤٠ سم، وتنمو الجذور الجانبية – أفقيًا – لمسافة قصيرة، ثم تتجه لأسفل وتتساوى أكبر ٦–١٠ جذور منها مع الجذر الرئيسى فى الأهمية. يصل النمو الجانبى للجذور إلى ٦٠–٧٥ سم من قاعدة النبات، تُشغل فيها التربة جيدًا بالجذور الثانوية. أما الساق .. فهى متضخمة، وتظهر فوق سطح التربة، يبلغ قطرها من ٥–١٠ سم، وتكون مبططة إلى كروية الشكل وتخرج منها الأوراق. تتركب الورقة من عنق أسطوانى طويل، ونصل بيضاوى الشكل ذى حافة مسننة، كما يظهر – غالبًا – فصان بالقرب من القاعدة. والأزهار صفراء اللون، والتلقيح خلطى بالحشرات.

الأصناف

من أشهر أصناف الكرنب أبو ركبة كل من هوايت فينا White Vienna (شكل ٣–

٧، يوجد فى آخر الكتاب)، وبيربل فينا Purple Vienna. يتشابه الصنفان فى كل صفاتهما فيما عدا اللون الخارجى للساق، ولون أعناق وعروق الأوراق الذى يكون أخضر فاتحًا فى الصنف الأول، وقرمزيًا فى الصنف الثانى، ويكون اللون الداخلى للساق أبيض فى كليهما. وقد أُنتخِبَ منهما صنفان أكثر تبكيرًا فى النضج، هما: إيرلى هوايت فينا Early White Vienna، وإيرلى بيربل فينا. وقد كانا من الأصناف المبشرة عند زراعتهما فى الجيزة والفيوم (أبحاث غير منشورة للمؤلف).

ومن أصناف كرنب أبو ركبة الهامة الأخرى - وجميعها من الصين - ما يلى:

Express Forcer	Grand Duke
Winner	Quick Star
White Danube	Purple Danube
Lippe (شكل ٣-٩، يوجد فى آخر الكتاب)	Bocal (شكل ٣-٨، يوجد فى آخر الكتاب)

الاحتياجات البيئية

تلائم الكرنب أبو ركبة الأراضى الطميية الخصبة الجيدة الصرف، ويلزم أن تكون الظروف الجوية ملائمة للنمو السريع دون توقف؛ إذ يؤدى توقف النمو إلى تليف الساق، وتؤدى استعادة النمو السريع بعد فترة من التوقف إلى حدوث تشققات بالساق. ويتراوح المجال الحرارى الملائم لنمو النباتات من ١٥-٢١°م (Sackett ١٩٧٥).

التكاثر والزراعة

يتكاثر الكرنب أبو ركبة بالبذور التى قد تزرع فى المشتل أولاً ثم تشتل، وإن كان من المفضل زراعتها فى الحقل الدائم مباشرة.

مواعيد الزراعة

تمتد زراعة بذور كرنب أبو ركبة من يوليو حتى أوائل شهر فبراير، ويكون الشتل بعد ١-١,٥ شهرًا من الزراعة حسب درجة الحرارة السائدة، حيث تقل الفترة بارتفاع درجة الحرارة.

التقاوى

تلزم لزراعة الفدان نحو ٧٥٠ جم من البذور عند الزراعة بطريقة الشتل، تزيد إلى نحو كيلو جرام عند الزراعة المباشرة فى الحقل الدائم، علمًا بأن كل جرام واحد من البذور يحتوى على حوالى ٣١٥ بذرة.

يفضل أن تكون بذور كرنب أبو ركبة معاملة بالماء الساخن. تجرى المعاملة – بواسطة شركات البذور غالبًا – بنقع البذور فى الماء على حرارة ٥٠°م لمدة ٢٥–٣٠ دقيقة، ثم تبرد البذور سريعًا وتجفف.

الزراعة

تكون الزراعة على جانبى خطوط بعرض ٦٠ سم (أى يكون التخطيط بمعدل ١٢ خطًا فى القصبتين)، والشتل على مسافة ٢٠ سم بين النباتات وبعضها البعض. وقد تسر البذور فى مجرى بعمق ١,٥–٢ سم – فى الثلث العلوى من ميل خط الزراعة – على أن تخف النباتات بعد الإنبات على المسافة المرغوبة.

وقد تزرع البذور آليًا فى خطوط تبعد عن بعضها بمسافة ٣٠–٥٠ سم، مع قصر مسافة الزراعة بين النباتات فى الخط على ٨–١٠ سم، وذلك بهدف زيادة كثافة الزراعة.

عمليات الخدمة الزراعية

تجرى لحقول الكرنب أبو ركبة عمليات الخدمة التالية:

العزيق ومكافحة الأعشاب الضارة

يكون العزيق سطحيًا، ويجرى بغرض التخلص من الحشائش، ويمكن استعمال نفس مبيدات الأعشاب الضارة التى سبق بيانها بالنسبة للبروكولى.

الرى

يجب توفير الرطوبة الأرضية – بصورة دائمة – لضمان استمرار النمو النباتى وتكوّن سيقان غضة غير متليفة.

التسميد

يسمد الكرنب أبو ركبة فى الأراضى الثقيلة بنحو ٢٠م^{٣} من السماد العضوى للفدان، تضاف قبل الحرثة الأخيرة، مع استعمال ٦٠ كجم N، و ٤٠ كجم P_2O_5، و ٧٥ كجم K_2O للفدان على أن تضاف على ثلاث دفعات، كما يلى:

١ – تكون الدفعة الأولى مع السماد العضوى أثناء تجهيز الحقل للزراعة، ويضاف فيها ١٠ كجم N، و ٣٠ كجم P_2O_5، و ١٥ كجم K_2O للفدان.

٢ – تكون الدفعة الثانية بعد ٤ أسابيع من زراعة البذور أو بعد حوالى أسبوعين من الشتل ويضاف فيها ٢٥ كجم N، و ١٠ كجم P_2O_5، و ٢٥ كجم K_2O للفدان.

٣ – تكون الدفعة الثانية بعد ٤–٦ أسابيع من الأولى، ويضاف فيها ٢٥ كجم N، و ٣٥ كجم K_2O للفدان.

وفى الأراضى الخفيفة والرملية تزيد كمية العناصر السمادية الموصى بها بنسبة ٢٥–٥٠ ٪ (تكون الزيادة الأكبر عند تكثيف الزراعة)، مع توزيع الكميات المضافة على امتداد موسم النمو كما أسلفنا بيانه تحت البروكولى.

هذا .. وقد وجدت علاقة عكسية بين مستوى المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للكرنب أبو ركبة ومستوى التسميد الآزوتى (Fischer ١٩٩٢).

الحصاد والتخزين

تجرى عملية الحصاد عندما يبلغ قطر الساق المتضخمة من ٥–١٠ سم، وقبل أن تتصلب أو تتليف. ويقدر المحصول بنحو ٤–٦ أطنان للفدان.

ويمكن تخزين سيقان الكرنب أبو ركبة بصورة جيدة لمدة ٢–٣ شهور فى درجة الصفر المئوى، و ٩٥–١٠٠٪ رطوبة نسبية مع توفير تهوية جيدة، ولكن لا تزيد قدرة تخزين كرنب أبو ركبة بأوراقه تحت هذه الظروف عن أسبوعين.

٣-٥: الروتاباجا

تعريف بالمحصول وأهميته

يعرف الروتاباجا أيضًا باسم اللفت السويدى، ويسمى فى الإنجليزية Rutabaga، و Swede، و Swede Turnip، واسمه العلمى *Brassica campestris* var. *napobrassica*، وكان يعرف – سابقًا – بالاسمين *B. napus* L. var. *napobrassica* (L.) Rchb.، و *B. napobrassica* (L.) Mill.

يستدل من الاسم الإنجليزى للمحصول على أن موطنه فى الدول الاسكندنافية، إلا أن ذلك غير مؤكد.

يزرع الروتاباجا لأجل جذوره المتضخمة التى تشبه جذور اللفت فى الشكل والطعم والقيمة الغذائية. ويحتوى كل ١٠٠ جم من جذور الروتاباجا على المكونات التالية: ٨٧ جم رطوبة، و ٤٦ سعرًا حراريًّا، و ١,١ جم بروتينًا، و ٠,١ جم دهونًا، و ١١ جم كربوهيدراتية، و ١,١ جم أليافًا، و ٠,٨ جم رماد، و ٦٦ مجم كالسيوم، و ٣٩ مجم فوسفورًا، و ٠,٤ مجم حديدًا، و ٥ مجم صوديوم، و ٢٣٩ مجم بوتاسيوم، و ٥٨٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,٠٧ مجم ثيامين، و ٠,٠٧ مجم ريبوفلافين، و ١,١ مجم نياسين، و ٤٣ مجم حامض الأسكوربيك. يتضح من ذلك أن الروتاباجا يعد من الخضر الغنية جدًّا بالنياسين، والغنية بالكالسيوم، والمتوسطة فى محتواها من فيتامين أ، والريبوفلافين، وحامض الأسكوربيك.

الوصف النباتى

إن الروتاباجا نبات عشبى ذو حولين فى المناطق الباردة، وحولى فى المناطق المعتدلة. يكون للنبات موسمان للنمو يكمل فى أولهما نموه الخضرى، ثم يتجه نحو الإزهار والإثمار فى موسم النمو الثانى. الجذر وتدى متعمق فى التربة، وتتضخم السويقة الجنينية السفلى والجزء العلوى من الجذر؛ ليكونا معًا الجزء الاقتصادى من النبات. الساق قصيرة وتخرج عليها الأوراق متزاحمة فى موسم النمو الأول، ثم تستطيل وتحمل الأزهار فى موسم النمو الثانى. ويتشابه نبات الروتاباجا مع نبات اللفت إلى حد كبير.

ويمكن بيان أوجه الاختلاف بين الروتاباجا واللفت فيما يلي:

١ – المجموع الجذرى للروتاباجا أشد كثافة مما فى اللفت. تنتشر الجذور الجانبية أفقيًا لمسافة ٣٠ سم من قاعدة النبات، وتتعمق مع الجذر الرئيسى لمسافة ١٥٠ سم فى النباتات المكتملة النمو، لكن معظم السطح الجذرى الماص يكون فى العشرين سنتيمترًا العلوية من التربة.

٢ – يكون الجزء المتضخم كرويًا أو مستطيلاً فى الروتاباجا، ولا يكون مضغوطًا كما فى اللفت.

٣ – تكون الأوراق ناعمة الملمس ومغطاة بغطاء شمعى مائل إلى الأزرق فى الروتاباجا، بينما تكون الأوراق مغطاة بالشعيرات وخضراء اللون فى اللفت.

٤ – تأخذ منطقة التاج crown – وهى المنطقة التى تخرج منها الأوراق – شكل رقبة واضحة مميزة فى الروتاباجا، بينما تكون هذه المنطقة غير مميزة فى اللفت.

٥ – يكون اللون الداخلى للجزء المتضخم من الجذر أصفر غالبًا، وأبيض أحيانًا، بعكس اللفت الذى يكون فيه اللون الداخلى للجذر أبيض دائمًا. هذا .. بينما يكون اللون الخارجى للجزء المتضخم من جذر الروتاباجا قرمزيًا، أو أخضر، أو برونزيًا من أعلى، وأصفر أو أبيض من أسفل.

وتجدر الإشارة إلى أن الأزهار تكون صفراء اللون فى أصناف الروتاباجا ذات اللون الداخلى الأبيض، وصفراء مائلة إلى البرتقالى فى الأصناف ذات اللون الداخلى الأصفر. كما أن الجزء العلوى من الجزء المتضخم (وهو الذى يتكون من السويقة الجنينية السفلى) يكون دائمًا فوق سطح التربة، بينما يكون الجزء السفلى منه (وهو الذى يتكون من الجزء العلوى من الجذر) تحت سطح التربة، وهما يختلفان فى اللون كما سبق بيانه.

تُحمل الأزهار فى نورات عنقودية غير محدودة (راسيمية) على الساق الرئيسى وفروعه الجانبية، ويبدأ الإزهار فى كل نورة عند قاعدتها ويستمر لعدة أيام إلى أن يصل إلى قمة النورة. ويستمر لإزهار فى النبات الواحد لعدة أسابيع.

تنتثر حبوب اللقاح – عادة – فى ساعات الصباح المتأخر بعد تفتح الزهرة. ويكون ميسم الزهرة مستعدًا لاستقبال حبوب اللقاح قبل انتثار حبوب اللقاح من الزهرة ذاتها؛ أى أن الأزهار protogynous.

تتلقح أزهار الروتاباجا خلطيًا بواسطة الحشرات، وخاصة النحل، كما قد يحدث بعض التلقيح بواسطة حبوب اللقاح التى تنتقل بفعل التيارات الهوائية.

الثمرة خردلة silique يبلغ عرضها ٤-٦ مم، وطولها أكثر من ١٠ مم، وهى تنضج بعد نحو ٦-٨ أسابيع من تفتح الزهرة (Shattuck & Proudfoot ١٩٩٠).

الأصناف

تقسم أصناف الروتاباجا حسب الشكل واللونين الداخلى والخارجى للجذور.

وفيما يلى بيان بأهم الأصناف:

١ - ماكومبر Macomber:

الجذور كروية، يبلغ قطرها ١٠ سم لونها الخارجى قرمزى من أعلى، وأبيض من أسفل، ولونها الداخلى أبيض،والنمو الخضرى قوى، وقد كان مبشرًا عندما زرع فى الجيزة.

٢ - أميركان بيربل توب American Purple Top:

الجذور ذات لون خارجى قرمزى من أعلى وأصفر من أسفل، ولون داخلى أصفر.

٣ - لورينتيان Laurentian:

يتشابه مع الصنف السابق فى اللون، ويزرع فى كاليفورنيا (Sims وآخرون ١٩٧٨)، ويعد من أكثر أصناف الروتاباجا انتشارًا فى الزراعة نظرًا لما يتميز به من قدرة عالية على التأقلم، فضلاً عن صفاته الجيدة، وقد أنتجت منه عدة سلالات محسنة.

٤ - هوايت نكلسّ White Neckless:

الجذور مستطيلة الشكل وبيضاء اللون من الداخل.

٥ - ديتمارس Ditmars:

الجذور ذات لون خارجى برونزى من أعلى وأخضر من أسفل، ولون داخلى أصفر.

ومن الأصناف المقاومة لمرض الجذر الصولجانى: York، و Fortune، و Kingston.

ولمزيد من التفاصيل عن أصناف الروتاباجا .. يراجع Wehner (١٩٩٩).

الاحتياجات البيئية

تجود زراعة الروتاباجا فى الأراضى الطميية، ولكن تنجح زراعته فى معظم أنواع الأراضى، ويناسبه الجو المعتدل المائل للبرودة، وهو لا يتحمل الحرارة العالية.

التكاثر والزراعة

يتكاثر الروتاباجا بالبذور التى تزرع فى الحقل الدائم مباشرة.

مواعيد الزراعة

تزرع البذور فى مصر من منتصف أغسطس إلى منتصف فبراير.

كمية التقاوى والزراعة

تلزم لزراعة الفدان نحو ٢-٤ كجم من البذور التى تزرع إما فى سطور تبعد عن بعضها البعض بمقدار ٣٠ سم داخل أحواض مساحاتها ٢ × ٣ م، أو على جانبى خطوط بعرض ٧٠ سم (أى يكون التخطيط بمعدل ١٠ خطوط فى القصبتين).

عمليات الخدمة

يراعى خف النباتات المتزاحمة بعد ٢٠ يومًا من الزراعة، بحيث تكون المسافة بين النباتات حوالى ١٠ سم.

تكافح الحشائش بالخربشة السطحية للتربة، وقد يمكن استعمال مبيدات الحشائش، مثل: الفيجادكس (قبل الإنبات)، والداكثال (عند الزراعة)، والترفلان (قبل الإنبات).

يراعى أيضًا توفر الرطوبة الأرضية باستمرار.

أما التسميد، فيكون على النحو التالى:

أولاً: فى حالة الرى بالغمر

فى حالة إجراء الرى سطحيًا بطريقة الغمر فإن الروتاباجا يسمد بنحو ١٥م^{3} من السماد العضوى للفدان، يضاف أثناء تجهيز الأرض قبل الزراعة، ويخلط معه حوالى ١٥

كجم N (حوالى ١٥٠ كجم سلفات نشادر)، و ٣٠ كجم P_2O_5 (حوالى ٢٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)، و ١٥ كجم K_2O (حوالى ٣٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، و ٥ كجم MgO (٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم)، و ١,٥ كجم بورون (١٥ كجم بوراكس) للفدان. تكون إضافة هذه الأسمدة نثرًا مع خلطها جيدًا بالطبقة السطحية من التربة.

ويستكمل برنامج التسميد أثناء النمو النباتى على النحو التالى:

١ – بعد إنبات البذور بحوالى ٣ أسابيع يضاف ٣٠ كجم N (حوالى ١٠٠ كجم نترات نشادر) و ١٥ كجم K_2O (حوالى ٣٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان).

٢ – بعد ذلك بنحو أسبوعين يضاف ١٥ كجم N (حوالى ٥٠ كجم نترات نشادر)، و ٣٠ كجم K_2O (حوالى ٦٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

وتضاف تلك الأسمدة نثرًا أو سرًّا إلى جانب النباتات مع التغطية عليها بالتربة، وذلك حسب طريقة الزراعة المتبعة.

ثانيًا: فى حالة الرى الرش

يتبع فى حالة الرى بالرش برنامج التسميد ذاته الموصى به فى حالة الرى بالغمر، ولكن مع مراعاة تجزئة كميات الأسمدة التى تضاف أثناء النمو النباتى بحيث توزع على امتداد موسم النمو بداية من الأسبوع الثانى بعد الإنبات حتى قبل الحصاد بأسبوع بالنسبة للبوتاسيوم، وأسبوعين بالنسبة للنيتروجين، و مع مراعاة أن تكون أعلى معدلات للتسميد هى بعد الإنبات بأربعة أسابيع وستة أسابيع بالنسبة للنيتروجين والبوتاسيوم على التوالى.

ويلزم إعطاء الحقل رشة واحدة على الأقل بأسمدة العناصر الدقيقة بعد حوالى ٤ أسابيع من الإنبات.

الفسيولوجى

سكون البذور الثانوى

تدخل بذور الروتاباجا التى تتعرض لحرارة عالية (٤٥°م) مع زيادة فى محتواها

الرطوبى إلى ٢٠٪ (وهى الظروف التى تستعمل فى اختبارات تعجيل تدهور البذور) .. تدخل هذه البذور فى حالة سكون ثانوى، وذلك عند إجراء اختبار الإنبات بعد ذلك على ٢٠°م، ولكن تبريد البذور قبل إنباتها على ٢٠°م، أو إنباتها على ٢٠°م ليلاً مع ٣٠°م نهارًا يؤدى إلى كسر السكون الثانوى (Zhang & Hampton ١٩٩٩).

محتوى النبات من الجلوكوسينولات

يحتوى نبات الروتاباجا – كغيرة من الصليبيات الأخرى – على عديد من الجلوكوسينولات.

وقد وجد أن إصابة الروتاباجا بذبابة جذور اللفت *Delia floralis* تحدث زيادة جوهرية طردية فى محتوى الجذور من واحد فقط من ١٤ مركبًا من الجلوكوسينولات وجدت فى جذور الروتاباجا، وهو المركب 3-indolyl methyl glucosinolate، وأدت الإصابة الشديدة إلى مضاعفة محتوى الجذور من هذا المركب ثلاث مرات، ولكن حدث مع الزيادة فى الجلوكوسينولات العطرية aromatic نقص فى محتوى الجذور من الجوكوسينولات الأليفاتية aliphatic؛ مما أدى إلى تساوى المحتوى الكلى للجلوكوسينولات فى الجذور المصابة مع محتوى الجذور السليمة (Hopkins وآخرون ١٩٩٨).

الإزهار

تمر نباتات الروتاباجا بفترة حداثة juvenility لا تقل عن ستة أسابيع لا يمكن أن تتهيأ خلالها للإزهار إذا ما تعرضت لحرارة منخفضة. وبعد تلك الفترة تتهيأ النباتات للإزهار – عند تعرضها لدرجة حرارة تتراوح بين ١٠ و ١٣°م، لمدة أسبوعين على الأقل. ويؤدى تعرض النباتات لدرجات حرارة أقل من ذلك (٥–٧°م) – أو لفترات أطول – إلى اتجاه كل النباتات نحو الإزهار.

العيوب الفسيولوجية

يعتبر القلب البنى Brown Heart حالة فسيولوجية تظهر عند نقص البورون، ويزداد ظهورها فى الظروف التى تشجع على النمو السريع، وتكون فى صورة تلون بنى فى

مركز الجذر، وتعالج هذه الحالة برش النباتات بالبوراكس، بمعدل ٤-٨ كجم للفدان عندما تكون الجذور بقطر ٣-٤ سم.

الحصاد، والتداول، والتخزين

النضج والحصاد

تنضج الجذور بعد نحو ٩٠-١٠ يوم من الزراعة، بالمقارنة بنحو ٥٠-٧٠ يومًا في اللفت، ويتراوح قطر الجذور المناسبة للحصاد من ٨-١٥ سم.

وقد أمكن التخلص من أوراق الروتاباجا قبل الحصاد بمعاملة النباتات بالإثيفون، لكن التركيز اللازم كان عاليًا بدرجة جعلت استخدامه غير اقتصادى. وقد وجد Poapast وآخرون (١٩٨٧) أن إضافة بيروكسى ثانى كبريتات الأمونيوم ammonium peroxydisulfate بتركيز ١٪ إلى الإثيفون أدت إلى زيادة فاعليته فى التركيزات المخففة التى تكون اقتصادية. وترش النباتات بعد أن تصل الجذور إلى الحجم المناسب للحصاد.

التداول

يتم بعد الحصاد قطع النموات الخضرية إن لم يكن قد سبق قطعها، وتُقَلَّم الجذور، وتغسل ثم تشمع.

وعلى الرغم من عدم الحاجة إلى تشميع جذور الروتاباجا لأجل تخزينها لفترات طويلة فإنها غالبًا ما تشمع قبل تسويقها لتحسين مظهرها. ويجرى التشميع بغمس الجذور لمدة ثانية واحدة فى شمع بارافين ساخن، تبلغ حرارته ١٢١-١٣٢°م. ويخفف الشمع عادة بزيت معدنى لجعله أقل قابلية للتشقق. يؤدى التشميع إلى تحسين مظهر الجذور، وتقليل فقدانها للرطوبة وانكماشها، لكن زيادة سمك طبقة الشمع عن اللازم قد تؤدى إلى انهيار أنسجة الجذر الداخلية.

وقد تدرج جذور الروتاباجا قبل التخزين. ويمكن الإطلاع على مواصفات رتب الروتاباجا المستعملة فى الولايات المتحدة فى Seelig (١٩٧٠).

التخزين

تحتفظ جذور الروتاباجا (بدون العروش) بجودتها لمدة ٤-٦ شهور عند تخزينها فى

درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية من ٩٨-١٠٠٪. وتساعد هذه الظروف على تقليل فقدان الرطوبة وانكماش الجذور.

يمكن أن تتحمل جذور الروتاباجا التجمد البسيط دون أن تحدث لها أضرار، بينما يؤدى التجمد الشديد إلى جعل الأنسجة مائية المظهر ثم تلونها بالبنى، ثم تخمرها.

٣-٦: الكرنب الصينى والمسترد الصينى

تعريف بالمحصول وأهميته

الأصناف النباتية

يطلق اسم الكرنب الصينى على محصولين تابعين لصنفين نباتيين مختلفين، هما:

١ - الكرنب الصينى Chinese cabbage:

تعرف أصناف الكرنب الصينى باسم Pe-tsai، ومن أسمائه الإنجليزية الأخرى: Chikili Cabbage، و Chefoo Cabbage، و Peking Cabbage، و Celery Cabbage. ويعرف الكرنب الصينى - علميًا - باسم *Brassica campestris* ssp. *pekienensis*، وكان يعرف سابقًا باسم *B. pekienensis* (Lour) Ruper. ويكون الكرنب الصينى رؤوسًا تشبه الخس الرومين، ولكنها أكبر كثيرًا وأكثر انداماجًا. الأوراق مجعدة قليلاً شديدة التعريق وخضراء اللون. العرق الوسطى عريض، وذات لون أخضر فاتح.

٢ - المسترد الصينى Chinese Mustard:

تعرف أصناف المسترد الصينى باسم Pak-choi، ومن أسمائه الإنجليزية الأخرى: Bock Choy، و Bok-choi، و Spoon mustard، و Celery Mustard، ويعرف المسترد الصينى - علميًا - باسم *Brassica campestris* ssp. *chinensis*، وكان يعرف - سابقًا - باسم *B. chinensis*. يشبه المسترد الصينى السلق السويسرى فى مظهره العام، ولكنه صغير الحجم نسبيًا. الأوراق بيضاوية مستطيلة كبيرة، لونها أخضر، ولا يكوّن النبات رؤوسًا صلبة. أعناق الأوراق عريضة وسميكة وذات لون أخضر فاتح أو أبيض.

ومن الأصناف النباتية الأخرى التى لا تكوّن رؤوسًا، كل من *B. campestrs* ssp. *narinosa* (وهو ما يعرف باسم *Chinese Flat Cabbage*)، و *B. campestris* spp. *nipposinica* (McNaughton ١٩٧٦، Ryder ١٩٧٩).

الموطن، والاستعمالات، والقيمة الغذائية

يعتقد أن موطن الكرنب الصينى فى الصين، حيث زرع بها منذ القرن الخامس الميلادى. وتنتشر زراعته – حاليًا – بكثرة فى الصين واليابان، وجنوب شرق آسيا بوجه عام. ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Hedrick (١٩١٩).

يزرع الكرنب الصينى لأجل أوراقه التى قد تؤكل طازجة فى السلاطة، أو بعد طهيها. يحتوى كل ١٠٠ جم من أوراق الكرنب الصينى على ٩٥ جم رطوبة، و ١٥ سعرًا حراريًا، و ١,٨ جم بروتينًا، و ٠,٢ جم دهونًا، و ٣ جم مواد كربوهيدراتية، و ٠,٦ جم أليافًا، و ١٠٢ مجم كالسيوم، و ٣١ مجم فوسفورًا، و ٧,٥ مجم حديدًا، و ٩٣٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,٠٦ مجم ثيامين، و ٠,١٣ مجم ريبوفلافين، و ٠,٨ مجم نياسين، و ٦٦ مجم حامض الأسكوربيك. ويختلف المسترد الصينى عن الكرنب الصينى فى محتواه من بعض العناصر فقط، وهى كما يلى: ١٤٧ مجم كالسيوم، و ٤,٤ مجم حديد، و ٢١٦٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٧٤ مجم حامض الأسكوربيك (Tindall ١٩٨٣).

يزداد تركيز حامض الأسكوربيك فى الأوراق الخارجية الأكثر تلوينًا التى تحتوى على البلاستيدات الخضراء (٢٧ مجم/١٠٠ جم)، وفى الأوراق الداخلية التى تحتوى على البروتوكلوروبلاستيدات protochloroplasts (٢٢ مجم/١٠٠ جم) عما فى الأوراق الوسطية – التى تشكل معظم أوراق الرأس – والساق الداخلية (١٤–١٧ مجم/١٠٠ مجم) (Klieber & Franklin ٢٠٠٠).

الوصف النباتى

إن الكرنب الصينى نبات عشبى ذو حولين وموسمين لكل من النمو الخضرى والزهرى، ولكن يتشابه مع الصليبيات الأخرى فى كونه حوليًا فى المناطق التى يكون

شتاؤها معتدل البرودة. تكون الساق قصيرة فى موسم النمو الأول، وتحمل الأوراق متزاحمة، ثم تستطيل وتحمل الأزهار فى موسم النمو الثانى.

تكون الأوراق القاعدية عريضة لامعة كبيرة، يتراوح طولها بين ٢٠ و ٥٠ سم، وذات أعناق سميكة بيضاء اللون.

الأزهار ذات لون أصفر فاتح، ويبلغ طولها ١ سم. التلقيح خلطى بالحشرات، ويبلغ طول الثمار ٣-٦ سم.

الأصناف

تقسيم الأصناف

يقسم الكرنب الصينى Pe-tsai إلى طرازين، هما:

١ - طراز شهلى Chihli:

رؤوس هذا الطراز طويلة وأسطوانية تبلغ أبعادها حوالى ١٠ × ٤٥ سم، ومن أصنافه الهامة: Michihli، و Monument، و Statue.

٢ - طراز نابا Napa أو ون بوك Won Bok:

رؤوس هذا الطراز قصيرة وذات قمة مسطحة وبرميلية الشكل، تبلغ أبعادها حوالى ٧,٥ × ٣٠ سم، ومن أصنافه الهامة: China Flash (مقاوم للإزهار المبكر)، و Tropical Delight (يتحمل الحرارة العالية)، و All Autumn (مقاوم للإزهار المبكر)، و Chorus (مقاوم لمرض الجذر الصولجانى).

كما يقسم المسترد الصينى Pak-choi إلى أربعة طرز، كما يلى:

١ - الأصناف العادية ذات الأعناق البيضاء:

ومن أمثلة أصناف هذا الطراز: Joi Choi، و Taisai، و Pak-Choy White، و Gracious.

٢ - الأصناف العادية ذات الأعناق الخضراء:

ومن أمثلة أصناف هذا الطراز: Pak-Choy Green، و Pai-Tsai، و Mei Qing Choi.

٣ – البيبى باك شوى:

تعرف بعض أصناف الباك شوى باسم Baby Pak-choi، وهى كذلك قد تكون ذات أعناق أوراق بيضاء، مثل: Dwarf Pak Choi، أو ذات أعناق أوراق خضراء، مثل: Shanghai.

٤ – أصناف الربط فى حزم:

تتوفر كذلك أصناف من طراز "الربط فى حزم" Bunching Types، وهى – أيضًا – قد تكون ذات أعناق أوراق بيضاء، مثل Joi Choi، أو خضراء، مثل: Mei Qing Choi.

مواصفات الأصناف الهامة

من أهم أصناف الكرنب الصينى ما يلى:

١ – بيربى هجين Burpee Hybrid:

يتراوح طول الرأس من ٢٥–٣٥ سم، ويبلغ متوسط وزنها ٢,٥ كجم، نموه جيد، وكان مبشرًا عندما زرع فى الفيوم.

٢ – متشهلى Michihli:

الرؤوس طويلة ضيقة يبلغ طولها ٤٥ سم، ذات لون داخلى أبيض. وهو مقاوم – نوعًا ما – للإزهار المبكر، ويعد من أهم الأصناف فى الولايات المتحدة.

٣ – ونج بوك Wong Bok:

الرؤوس قصيرة، سميكة، بيضاوية، مندمجة، ذات لون داخلى أبيض، يبلغ متوسط وزن الرأس حوالى ٢ كجم، ويعد – أيضًا – من الأصناف المهمة فى الولايات المتحدة (Ryder ١٩٧٩).

٤ – هجين ٥٥ يوم دبليوآر 55 Day WR:

الأوراق بلون أخضر قاتم نصف مجعدة ملساء، وذات عرق وسطى سميك. الرؤوس كبيرة، برميلية الشكل، تزن من ٢–٣ كجم، ممتلئة جيدًا، وينضج فى خلال ٥٠ يومًا من الشتل، ويقاوم النبات فيرس الموزايك ومرض الذبول البكتيرى (شكل ٣–١٠، يوجد فى آخر الكتاب).

ومن أصناف الكرنب الصينى الهامة الأخرى - وجميعها من الصين - ما يلى:

Marquis	Tango
Hero	Tempest
Kukai	Orange Queen
Green Rocket	Monument
Neon	Spectrum (شكل ٣-١١، يوجد فى آخر الكتاب)
Cha Cha	Pe-Tsai
China Crunch	China Express
Nerva	Kimono
Grando (شكل ٣-١٢، يوجد فى آخر الكتاب)	Festival

ومن أهم أصناف المستورد الصينى Pak-choi، ما يلى:

١ - جرين فورتشن Green Fortune:

صنف مبكر، مندمج، يتحمل الحرارة العالية، متجانس، وأعناق أوراقه عريضة وخضراء اللون (شكل ٣-١٣، يوجد فى آخر الكتاب).

٢ - باك شوى جرين Pak-Choy Green:

صنف مبكر يكون جاهزًا للحصاد بعد ٤٠ يومًا من الزراعة، وأعناق أوراقه عريضة وخضراء وسميكة.

٣ - باك شوى هوايت Pac-choy White:

يتشابه مع الصنف باك شوى جرين فيما عدا أن أعناق أوراقه بيضاء اللون.

ومن أصناف الباك شوى الأخرى (وجميعها من الصين إلا إذا ذكر خلاف ذلك)، ما يلى:

Hypro (شكل ٣-١٤، يوجد فى آخر الكتاب)	Jarpo (مفتوح التلقيح)
Joi Choi	Shanghai (مفتوح التلقيح)
Mei Qing Choi	

الاحتياجات البيئية

تنجح زراعة الكرنب الصينى فى الأراضى الصفراء الخصبة الجيدة الصرف، ويتراوح الـ pH المناسب من ٥,٥–٧,٠.

يتطلب الكرنب الصينى جوًّا باردًا نسبيًّا، ويتراوح المجال الحرارى المناسب لنموه حوالى ٢٠°م فى النصف الأول من حياته، ثم ١٥°م خلال فترة تكوين الرؤوس. وفى ظروف الحرارة العالية تنمو النباتات ببطء، ولكنها يمكن أن تتحمل الحرارة العالية عند توفر الرطوبة الأرضية. وعلى الرغم من أن المحصول يتحمل حرارة التجمد إلاّ أن أضرار التجمد يمكن أن تلحق به إذا انخفضت الحرارة إلى –٣ حتى –٨°م.

التكاثر والزراعة

مواعيد الزراعة

يتكاثر الكرنب الصينى بالبذور التى تزرع من منتصف يوليو إلى آخر أكتوبر. وقد تزرع البذور فى المشتل أولاً، أو فى الحقل الدائم مباشرة، على أن تخف النباتات على المسافات المرغوبة بعد ذلك.

التقاوى

يلزم نحو ٧٥٠ جم من البذور لإنتاج شتلات تكفى لزراعة فدان، وتزيد كمية التقاوى إلى كيلو جرام عند الزراعة بالبذور فى الحقل الدائم مباشرة، علمًا بأن كل جرام واحد من البذور يحتوى على حوالى ٣٥٠ بذرة. ويوصى بمعاملة البذور بالماء الساخن على حرارة ٥٠°م لمدة ٢٥–٣٠ دقيقة، ثم تبريدها سريعًا وتجفيفها.

الزراعة

إذا زرع الكرنب الصينى بطريقة الشتل، فإنه يجب عدم ترك النباتات فى المشتل – لمدة تزيد عن أربعة أسابيع – حتى لا تصاب بصدمة الشتل، ويتوقف نموها لفترة إذا شتلت وهى كبيرة. ويكون الشتل على خطوط بعرض ٦٠–٧٠ سم (أى يكون التخطيط بمعدل ١٠–١٢ خطًّا فى القصبتين)، وعلى مسافة ٣٠ سم بين النباتات وبعضها البعض فى ريشة الخط.

أما إذا كانت الزراعة بالبذور فى الحقل الدائم مباشرة، فإنه يتعين خف النباتات بعد ٣ أسابيع من الزراعة على المسافات المبينة أعلاه.

عمليات الخدمة

تتم خدمة حقول الكرنب الصينى كغيره من الخضر الصليبية التى أسلفنا بيانها.

الفسيولوجى

تراكم النترات بالنباتات

يتعرض الكرنب الصينى – كغيره من الخضر الورقية – لمشكلة تراكم النترات بأوراقه؛ الأمر الذى يمكن أن يتسبب فى مشاكل صحية للإنسان.

وقد وجد أن رش بادرات الكرنب الصينى – وهو فى مرحلة بداية ظهور الورقة الحقيقية الأولى – بموليبدات الصوديوم بتركيز جزء واحد فى المليون يؤدى إلى خفض تراكم النيتروجين النتراتى فى النباتات حتى عند زيادة معدلات التسميد الآزوتى (Zheng وآخرون ١٩٩٥).

كذلك تبين أن محتوى الأوراق الخارجية للكرنب الصينى من النترات كان أعلى مما فى الأوراق الداخلية (Yang وآخرون ٢٠٠٠).

وقد أوضحت الدراسات انخفاض محتوى النترات فى أوراق المسترد الصينى pak-choi بانخفاض شدة الإضاءة، وفى الساعة الثامنة صباحًا مقارنة بوقت الظهيرة (١٢ ظهرًا)، إلا أن الفروق فى محتوى النترات بين الموعدين نقصت بانخفاض شدة الإضاءة (Weng ٢٠٠٠).

الإزهار

يحتاج الكرنب الصينى إلى التعرض لحرارة منخفضة لكى يتهيأ للإزهار، ويكفى لذلك التعرض لحرارة ٤,٤°م لمدة أسبوع واحد، أو لحرارة ١٠°م لمة أسبوعين، أو ١٣°م لمدة ٣ أسابيع، وتلك هى معاملة اللارتباع. وبعد أن تتهيأ النباتات للإزهار بمعاملة البرودة فإنها تتجه نحو الإزهار فى الحرارة العالية والنهار الطويل بعد ذلك.

تختلف الأصناف كثيرًا فى احتياجاتها من البرودة .. فبعضها يتهيأ للإزهار بعد أيام قليلة من التعرض للحرارة المنخفضة، وهذه تكون عرضة للإزهار المبكر premature seeding الذى يؤدى إلى فقدان المحصول لقيمته الاقتصادية. وتوجد أصناف أخرى ذات احتياجات كبيرة من البرودة، وهذه لا تزهر فى المناطق المعتدلة البرودة. وكلما زادت فترة التعرض للحرارة المنخفضة ازداد الإزهار تجانسًا وتبكيرًا. هذا مع العلم بأن النباتات التى تتهيأ للإزهار لا تزهر إلا عندما تبدأ درجة الحرارة فى الارتفاع (Piringer ١٩٦٢، و AVRDC ١٩٧٩).

هذا وتستجيب بعض أصناف الكرنب الصينى فى إزهارها للفترة الضوئية، حيث تزهر عند تعرضها لإضاءة مستمرة ٢٤ ساعة يوميًّا دونما حاجة إلى التعرض للبرودة، كما أن بعض الأصناف لم تزهر فى إضاءة ٨ ساعات على الرغم من استيفاء احتياجاتها من البرودة للتهيئة للإزهار. ويستدل من ذلك أن الفترة الضوئية الطويلة ربما كانت أكثر أهمية لإزهار الكرنب الصينى عن البرودة (عن Yui & Yoshikawa ١٩٩١).

وقد أمكن دفع نحو ثلث نباتات الصنف اليابانى Osaka Shirona Bansei إلى الإزهار – دون تعريضها للبرودة – بوضعها فى فيتوترون phytotron على حرارة ٢٥°م وإضاءة ١٦ ساعة يوميًّا (Yui & Yoshikawa ١٩٩١).

ويكون إزهار الكرنب الصينى أسرع فى النهار الطويل (١٦ ساعة) عنه فى النهار القصير (٨ ساعات). وتبقى النباتات فى حالة نمو خضرى إذا ظلت معرضة لنهار قصير، ودرجة حرارة أعلى من ٢١°م، إلا أن الرؤوس المتكونة لا تكون جيدة النوعية (Ryder ١٩٧٩).

وتوجد أصناف من الكرنب الصينى ذات قدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة، ومثل هذه الأصناف لا تزهر، أو يكون إزهارها متأخرًا إذا تعرضت لدرجة حرارة مرتفعة. وقد أدت معاملة هذه الأصناف بالجبريللين $GA_{4/7}$، بتركيز ٥٠جزءًا فى المليون إلى دفعها للإزهار دونما حاجة لمعاملة الارتباع. هذا .. بينما لم يكن لمعاملة الجبريللين تأثير مماثل على الأصناف الحساسة للحرارة، ولكنها أدت فقط إلى زيادة تأثير الارتباع على هذه الأصناف (AVRDC ١٩٧٧).

العيوب الفسيولوجية

احتراق قمة الأوراق

يعتبر احتراق قمة الأوراق أهم العيوب الفسيولوجية التى يصاب بها الكرنب الصينى. تظهر الأعراض على صورة تغير فى لون قمة أوراق القلب الداخلية إلى الأصفر، فالبنى، فالأسود وتبدو محترقة. وتنتشر الإصابة – تدريجيًّا – من حافة الورقة إلى داخلها، وبذا تفقد الرأس قيمتها الاقتصادية.

ويتشابه هذا العيب الفسيولوجى مع نظيره فى الخس، والكرنب، والكرفس من حيث ظهور الأعراض بعد عدة أيام من تعرض النباتات المكتملة النمو لجو تسوده الحرارة العالية والرطوبة النسبية المنخفضة.

كما وجد من الدراسات التى أجريت فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر أن هذه الحالة الفسيولوجية تظهر عند نقص عنصر البورون أو الكالسيوم، أحدهما، أو كليهما، ولكن الحالة تزداد شدة ووضوحًا عند نقص الكالسيوم. فقد بيّنت الدراسة أن توزيع كل من البورون والبوتاسيوم فى النباتات السليمة لا يختلف كثيرًا بين الأوراق الخارجية، والأوراق الداخلية لرأس الكرنب الصينى، إلا أن توزيع الكالسيوم يقل باتجاه الأوراق الداخلية، وهو ما يعزى إلى أن الكالسيوم ينتقل فى النبات مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح، بينما لا يحدث النتح إلاّ من الأوراق الخارجية؛ وبذا .. فإن الكالسيوم الممتص يتجمع فى الأوراق الخارجية، ويبقى فيها بينما لا يصل منه إلى الأوراق الداخلية سوى النذر اليسير؛ مما يؤدى إلى ظهور أعراض الإصابة.

وقد وجد Aloni (١٩٨٦) أن الحد من النمو الجذرى لنباتات الكرنب الصينى بزراعتها فى أصص صغيرة – سعتها نصف لتر – بالمقارنة بالزراعة فى أصص سعتها ٣ لترات أدى إلى نقص محتوى الأوراق الصغيرة (وهى الأوراق القابلة للإصابة) من عنصر الكالسيوم. كذلك نقص مستوى الكالسيوم فى الأوراق المصابة بالفعل، ولكن لم يتأثر مستوى الكالسيوم فى الأوراق الكبيرة غير القابلة للإصابة بهذه المعاملة. ولم يفلح الرى بمحاليل ١٠ ملى مولار من أى من نترات الكالسيوم أو كلوريد الكالسيوم فى منع حدوث الإصابة باحتراق الأوراق فى النباتات النامية فى الأصص الصغيرة، كما لم تؤد

هذه المعاملة إلى زيادة محتوى الكالسيوم فى الأوراق الصغيرة القابلة للإصابة. ورغم أن الأوراق الصغيرة القابلة للإصابة باحتراق قمة الأوراق تساوت فى محتواها من حامض الأبسيسك ABA، إلا أن ظهور الأعراض رافقه ارتفاع فى تركيز الحامض. وقد استدل من ذلك على أن الحد من النمو الجذرى لم يصاحبه تعرض أوراق النبات للجفاف بدليل عدم زيادة تركيز حامض الأبسيسك قبل ظهور الأعراض. ويبدو أن الحد من النمو الجذرى قد أدى إلى نقص امتصاص عنصر الكالسيوم، ونقص انتقاله إلى الأوراق الصغيرة القابلة للإصابة.

يبدأ ظهور احتراق قمة الأوراق مع تناقص تركيز الكالسيوم فيها. ومع ظهور تلك الأعراض ينخفض معدل البناء الضوئى، ويزداد محتوى الأوراق من السكر، كما يزداد التسرب الأيونى منها، كذلك تحدث تغيرات فى التركيب الداخلى للخلية بالأغشية الخلوية مع اختفاء تدريجى لعضيات الخلية. وفى النهاية يزداد محتوى البروتين الذائب بشدة، ويفقد الجدار الخلوى كيانه (Wang وآخرون ١٩٩٦).

وتختلف أصناف الكرنب الصينى كثيرًا فى قدرة نباتاتها على امتصاص الكالسيوم، وخاصة تحت ظروف الشدِّ البيئى، وتحت ظروف الملوحة العالية (محلول كلوريد الصوديوم بدرجة توصيل كهربائى مقدارها ١٠ ملليسيمنز/سم)، والضغط الأسموزى العالى (PEG بضغط أسموزى قدره -٠,٣ أو -١,٠ MPa، حيث كان أكثر الأصناف حساسية (التى ضعف فيها امتصاص الكالسيوم بشدة) Tianijingqingmaye، بينما كان أقلها حساسية (التى لم يتأثر فيها امتصاص الكالسيوم كثيرًا) Chengqing 2، Zhaoshou 5 (Miao وآخرون ١٩٩٨).

وقد أمكن خفض أو منع ظهور أعراض الإصابة بزيادة الضغط الجذرى وذلك بتوفير الرطوبة الأرضية مع خفض معدل النتح إلى أدنى مستوى بزيادة الرطوبة النسبية على مدى الأربع وعشرين ساعة، وخفض حركة الهواء حول النبات. أدى الضغط الجذرى المرتفع - تحت هذه الظروف - إلى مد كل أوراق النبات باحتياجاتها من الكالسيوم، مع توزيعه بانتظام على الأوراق الخارجية والداخلية (AVRDC ١٩٧٩، و Kobryn ١٩٩٨).

كما أمكن منع ظهور حالة احتراق قمة الأوراق فى الكرنب الصينى برش النباتات خمس مرات بكلوريد الكالسيوم بتركيز ٠,٧٪ + نفثالين حامض الخليك بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون. وقد اسهم نفثالين حامض الخليك فى زيادة امتصاص الكالسيوم، وزيادة سرعة انتقاله داخل النبات، مع تدرُّج تركيزه – بالزيادة – من الأوراق الخارجية إلى الداخلية. وبدون المعاملة بمنظم النمو تدرُّج تركيز الكالسيوم بالانخفاض – من الأوراق الخارجية نحو الداخلية (Wen وآخرون ١٩٩١).

"بقع الفلفل"

تظهر أحيانًا على أوراق الكرنب الصينى وأعناق أوراقه بقع صغيرة سوداء بشكل بذرة السمسم تؤثر سلبيًّا على قيمته التسويقية تعرف باسم "بقع الفلفل" pepper spot. ومن بين مسببات هذه الحالة الفسيولوجية غزارة التسميد الآزوتى، والتسميد الآزوتى بعد تكوين الرؤوس، وزيادة النحاس، ونقص الحديد (عن Etoh ١٩٩٤).

اصفرار العرق الوسطى والتفاف الأوراق

تفرز صغار (حوريات) الذبابة البيضاء (من النوع *Bemisia argentifolii*) أثناء تغذيتها سمًّا أو سمومًا بطيئة التحرك فى النبات، تؤدى إلى اصفرار العرق الوسطى للورقة المصابة والتفافها. وإذا ما أزيلت الصغار من على النباتات التى تظهر بها هذه الأعراض، ثم عوملت بمبيد حشرى لوقف أية إصابات جديدة بالحشرة، فإن النموات الجديدة تكون خلوًا من تلك الأعراض (Costa وآخرون ١٩٩٣).

النضج، والحصاد، والتخزين

الظروف السابقة للحصاد المؤثرة فى الصلاحية للتخزين

يؤدى تعرض نباتات الكرنب الصينى لدرجات حرارة مرتفعة قبل الحصاد إلى سرعة تحلل الكلوروفيل أثناء التخزين، بينما يؤدى تعرضها للوحة عالية إلى زيادة احتفاظها بالكلوروفيل خلال الفترة الأولى من التخزين (Mahmud وآخرون ١٩٩٩).

النضج والحصاد

تنضج النباتات بعد نحو ١,٥ شهر من الشتل بالنسبة لأصناف الخردل الصينى،

وبعد ٢-٣ أشهر من الشتل بالنسبة لأصناف الكرنب الصينى. ويتم الحصاد فى كليهما بقطع النبات - بالسكين - أسفل الرأس بقليل. وإذا تأخر الحصاد .. فإن النباتات قد تتجه نحو الإزهار، وبذا تفقد قيمتها الاقتصادية.

يفضل إجراء الحصاد فى الصباح الباكر، مع عدم ترك النباتات معرضة للشمس بعد حصادها.

التخزين المبرد العادى

يمكن تخزين الكرنب الصينى على حرارة صفر °م ورطوبة نسبة ٩٥-٩٨٪ لمدة ٤-٦ شهور (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

وقد تراوحت درجة التخزين المثلى بين صفر، و ٣°م، حيث احتفظت الرؤوس بصلاحيتها للتسويق لمدة ١٠٠ يوم (Grzegorzewska وآخرون ١٩٩٨).

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته (CA)

أدى تخزين الكرنب الصينى فى ٠,٥٪ أو ٢,٥٪ ثانى أكسيد كربون مع ١٪ أكسجين إلى ظهور طعم ردئ ورائحة غير مقبولة، بينما أعطى التخزين فى ٥٪ أكسجين + ٥٪ ثانى أكسيد كربون أفضل النتائج (عن Lougheed ١٩٨٧).

وكان أفضل جو متحكم فى مكوناته لتخزين الكرنب الصينى هو الذى احتوى على ١٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين، حيث احتفظت الرؤوس بصلابتها، وقل فقدها للكلوروفيل، وكانت مازالت صالحة للتسويق بعد ٦٠ يومًا من التخزين (Yang & Pek ١٩٩٦).

وفى دراسة أخرى كانت أفضل الظروف لتخزين الكرنب الصينى بحالة جيدة هى: ٢,٥٪ ثانى أكسيد كربون + ١,٥-٣٪ أكسجين. وأدت زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٪ إلى زيادة الإصابة بالأعفان. كما كانت حرارة تخزين مقدارها ٢°م أفضل من الصفر المئوى (Adamicki & Gajewski ١٩٩٩).

أما بالنسبة للمسترد الصينى pak-choi .. فقد حافظ على جودته بصورة أفضل فى

الأكياس المثقبة عما فى الكنترول، وكانت أفضل ظروف الجو المعدل لتخزينه هى: ٢٪ أكسجين مع ٢٪ ثانى أكسيد كربون، حيث حافظ المنتَج على جودته لمدة ٩ أيام على ٢°م. وأدت معاملة الباك شوى بالماء الساخن على ٤٦°م لمدة ٨–١٠ دقائق قبل التخزين إلى تقليل الاصفرار بعد ذلك خلال ٧ أيام من التخزين على ٢°م. كذلك أدت إزالة الإثيلين أثناء التخزين إلى تحسين نوعية المنتَج (Shen وآخرون ١٩٩٩).

التغيرات المصاحبة للتخزين

أظهر الكرنب الصينى المخزن فى الحرارة العالية (٢٠ ± ١ أو ٢٥ ± ٠,٥°م) ارتفاعًا كلايمكتيريًّا فى كل من معدل التنفس وإنتاج الإثيلين، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض فى نشاط إنزيمىّ superoxide dismutase والكاتاليز catalase، وفى محتوى حامض الأسكوربيك والكاروتينات، مع زيادة فى محتوى الـ malondialdehyde وفى نفاذية الأغشية الخلوية، وتقدم فى شيخوخة المنتَج. وبالمقارنة .. لم تحدث الزيادة الكلايمكتيرية فى حرارة ١٠ ± ١ أو ٥ ± ١°م (Yu & Xi ١٩٩٧أ، ١٩٩٧ب).

ولم يفقد الكرنب الصينى المجهز جزئيًّا للاستهلاك (minimum processing) سوى ١٣٪ من محتواه من حامض الأسكوربيك فى نهاية فترة التخزين على ٤°م (Klieber & Franklin ٢٠٠٠).

وقد ازداد تركيز حامض الأبسيسك abscisic acid فى الكرنب الصينى بعد التخزين فى درجة الصفر المئوى فى الهواء، ولكن تلك الزيادة انخفضت عندما كان التخزين فى هواء يحتوى على ١٪ أكسجين؛ فقد كان محتوى أنصال الأوراق الخارجية من الحامض فى الرؤوس المخزنة فى ١٪ أكسجين أقل من نصف محتواها عند التخزين فى الهواء العادى. كذلك ساعد خفض نسبة الأكسجين فى تأخير اصفرار الأوراق الخارجية وحافظ على الكلوروفيل عند مستوى أكثر ارتفاعًا (Wang & Ji ١٩٨٨).

كذلك صاحب تخزين الكرنب الصينى فى حرارة الغرفة (٢٠°م) لفترة طويلة (٤٥ يومًا) انخفاضًا كبيرًا فى محتوى الأوراق من النترات nitrate، فى الوقت الذى تراكم فيه النيتريت nitrite، ولكن هذا التحول – وهو تحول ضار بصحة الإنسان – تم وقفه

بتخزين الرؤوس فى حرارة منخفضة مع تعبئتها فى أغشية البوليثيلين (Yang وآخرون ٢٠٠٠).

٣-٧: الكرنب المشرشر أو الكيل، والكولارد

تعريف بالمحصولين وأهميتهما

يعرف الكيل فى الإنجليزية باسم Kale، ويعرف الكولارد باسم Collard، وهما محصولان ينتميان لصنف نباتى واحد يعرف – علميًا – باسم *Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.

ويعتبر كلاهما من الطرز البدائية لنباتات العائلة الصليبية، وقد زرعا منذ أكثر من ٤٠٠٠ عام. ورغم أن موطنهما الحقيقى غير معروف على وجه الدقة .. إلا أنه يعتقد أنهما نشآ فى منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط أو تركيا (Asgrow Seed Co. ١٩٧٧). ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Hedrick (١٩١٩).

يزرع الكيل لأجل أوراقه الغضة المجعدة المتزاحمة فى تاج النبات، والتى تستعمل كخضار بعد طهيها، ويزرع الكولارد (الذى يشبه الكرنب ولكنه لا يكون رؤوسًا) لأجل أوراقه الملساء التى تكون ملتفة قليلاً حول القمة النامية. أما الكيل ذو الألف رأس thousand headed kale الذى يتميز بنموه الخضرى السريع المتفرع، والكيل ذو السيقان الرفيعة narrow-stemed kale فإنهما يستعملان كمحصول علف.

ويحتوى كل ١٠٠ جم من أراق الكيل والكولارد على المكونات الغذائية التالية: ٨٢,٧ جم رطوبة، و ٥٣ سعرًا حراريًا، و ٦,٠ جم بروتينًا، و ٠,٨ جم دهونًا، و ٩,٠ جم مواد كربوهيدراتية، و ١,٥ جم رمادًا، و ٢٤٩ مجم كالسيوم، و ٩٣ مجم فوسفورًا، و ٢,٧ مجم حديدًا، و ٥٨٠٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,١٦ مجم ثيامين، و ٠,٢٦ مجم ريبوفلافين، و ٢,١ مجم نياسين، و ١٨٦ مجم حامض الأسكوربيك. يتضح من ذلك أن الكيل والكولارد يعدان من أكثر الخضر غنى بالكالسيوم وفيتامين أ، والريبوفلافين، والنياسين، وحامض الأسكوربيك. كما أنهما متوسطان فى محتواهما من البروتين، والفوسفور، والحديد.

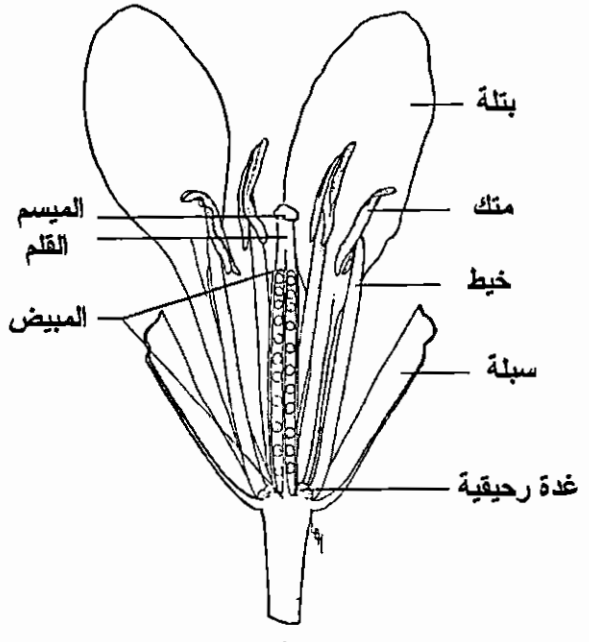
الوصف النباتى

يعتبر الكيل والكولارد من النباتات العشبية الحولية التى تكمل حياتها فى حول واحد، ولكنهما ذوا موسمين للنمو، حيث يكمل النبات نموه الخضرى أولاً قبل أن يتجه نحو الإزهار، ويدخل فى موسم نموه الثانى.

يكون النبات جذرًا وتديًّا متعمقًا فى التربة عند زراعته فى الحقل الدائم مباشرة. أما فى حالة الشتل .. فإن الجذر الرئيسى للنبات يقطع غالبًا، ويتكون بدلاً منه عدد كبير من الجذور الجانبية. تكون ساق النبات قصيرة فى موسم النمو الأول، وتخرج عليها الأوراق متزاحمة، ثم تستطيل عند الإزهار.

قد تكون الأوراق ملساء أو بدرجات مختلفة من التجعد، وتتراوح فى اللون فيما بين الأخضر الفاتح والأخضر القاتم، وتختلف فى شدة تفصيصها، ويتوقف ذلك على الصنف.

ويبين شكل (٣-١٥) قطاعًا طوليًّا فى زهرة الكولارد التى يمكن اعتبارها ممثلة للعائلة الكرنبية.



شكل (٣-١٥): قطاع طولى فى زهرة الكولارد (عن McGregor ١٩٧٦).

الأصناف

أولاً: أصناف الكيل

تقسم أصناف الكيل إلى طويلة وقصيرة، وتعد الأخيرة أكثر شيوعًا فى الزراعة.

كما تقسم الأصناف حسب لون وملمس الأوراق إلى مجموعتين كما يلى:

١ – الأسكتلندية Scotch .. وهى ذات أوراق شديدة التجعد، لونها أخضر رمادى.

٢ – السيبيرية Siberian .. وهى ذات أوراق أقل تجعدًا، ولونها أخضر مائل إلى الأزرق.

ومن أهم أصناف الكيل ما يلى

١ – دوارف جرين شكوتش Dwarf Green Scotch:

الأوراق مجعدة، لونها أخضر زاهٍ، وحوافها شديدة التمزق (مشرشرة).

٢ – دوارف بلو سكوتش Dwarf Blue Scotch:

الأوراق مجعدة، لونها أخضر مائل إلى الأزرق، وحوافها شديدة التمزق.

٣ – دوارف سايبيريان Dwarf Siberian:

الأوراق كبيرة خشنة، لونها أخضر مائل إلى الأزرق، ملساء من الداخل، وذات حواف ممزقة ومموجة.

٤ – بورنك Bornick:

هجين ذات لون أخضر متوسط الدكنة، وأواقه شديدة التجعد (شكل ٣–١٦، يوجد فى آخر الكتاب).

٥ – كارولينا ١٩٧٩ Carolina 1979:

صنف من الكيل مفتوح التلقيح، ومندمج، ويشبه الصنف Vates فى اللون، ويتحمل البرودة، ومقاوم للبياض الزغبى.

٦ – ناجويا جارنش رد Nagoya Garnish Red:

الأوراق شديدة التجعد، ولونها أحمر قرمزى، ولكن الأوراق المحيطية ذات لون أخضر رمادى، وهو متجانس، وقوى النمو، وبطئ الإزهار.

٧ – ناجويا جارنش هوايت Nagoya Garnish White:

الأوراق شديدة التجعد، لونها أبيض، ولكن الأوراق المحيطية ذات لون أخضر قاتم، وله مواصفات الصنف ناجويا جارنش رد، ولكنه أقل منه فى قوة النمو.

ومن أهم أصناف الكيل التجارية الأخرى، ما يلى:

Darkibor	Improved Vates
Vates Blue Curled	Redbor
Dwarf Green Curled	Tall Scotch
Dwarf Scotch	Starbor

ثانياً: أصناف الكولارد

من أهم أصناف الكولارد: فيتس Vates، وجورجيا Georgia، وجورجيا ٩١٢، وموريس هيدنج Morris Heading، ولويزيانا سويت Lousiana Sweet (Seelig ١٩٧٤).

كذلك تعرف من الأصناف التجارية العامة، ما يلى:

Blue Max	Top Bunch
Georgia Southern	Georgia Upright (مقاوم للحنبطة)
Carolina	Hi Crop (هجين)
Green Glaze (هجين)	

ولمزيد من التفاصيل عن أصناف الكيل والكولارد .. يراجع Wehner (١٩٩٩).

الاحتياجات البيئية

تعتبر الأراضى الطميية الرملية والسلتية أنسب الأراضى لزراعة الكيل والكولارد، يتراوح pH التربة المناسب بين ٦ و ٧,٥.

لا ينمو نبات الكيل جيدًا فى الجو الحار، ويتحمل البرودة الشديدة التى تجعل

أوراقه أكثر ليونة. هذا .. بينما يتحمل الكولارد ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها حتى -٩°م. وتتراوح الحرارة المناسبة لنمو النباتات بين ١٥ و ١٨°م.

الإنتاج

التكاثر والزراعة

يتكاثر الكيل والكولارد بالبذور التى قد تزرع فى المشتل أولاً، ثم تشتل فى الحقل الدائم، أو قد تزرع فى الحقل الدائم مباشرة. ويحتوى كل جرام واحد من البذور على حوالى ٣١٥ بذرة.

ويتعين معاملة البذور بالماء الساخن، وذلك بنقعها على حرارة ٥٠°م لمدة ٢٥-٣٠ دقيقة، ثم تبريدها سريعًا وتجفيفها قبل زراعتها.

تكون زراعة الكيل على مسافة ٣٠-٩٠ سم بين الخطوط، و ١٠-٢٥ سم بين النباتات فى الخط، وذلك بمعدل يبلغ ١,٥-٢,٥ كجم من بذور طراز الـ Scotch، و ٧٥٠ جم من بذور طراز Siberian للفدان.

وتكون زراعة الكولارد على مسافة ٦٠-٩٠ سم بين الخطوط، مع زراعة البذرة مباشرة بمعدل ٤ بذور فى كل قدم (٣٠ سم) طولى من الخط، ويلزم لذلك ١-٢ كجم من البذور لزراعة فدان. وبعد أن يبلغ طول النباتات ٥-٨ سم فإنها تخف على مسافة ٣٠-٦٠ سم من بعضها البعض فى الخط.

وقد أعطت كثافة نباتية مقدارها ٥-٧ نباتات/م^{٢} أعلى محصول بأفضل نوعية، وذلك عندما أجرى الحصاد آليًّا مرة واحدة للحصول على يعرف باسم باقة أو حزمة (أوراق) الكولارد whole-plant bunch collards (NeSmith ١٩٩٨).

مواعيد الزراعة

رغم إمكان زراعة الكولارد فى عروة صيفية - خلال شهرى مارس وأبريل - إلا أن نوعية النباتات تكون أفضل فى العروة الشتوية التى تزرع بذورها فى شهرى سبتمبر وأكتوبر.

عمليات الخدمة الزراعية

يعطى الكيل والكولارد عمليات الخدمة الزراعية التى أسلفنا بيانها بالنسبة للكرنب أبو ركبة.

يفيد توفير الرطوبة الأرضية فى المجال الملائم بصورة دائمة فى جعل النمو الورقى غضًا، وهو الأمر المطلوب فى هذين المحصولين.

ويجب إعطاء عناية خاصة للتسميد؛ لأن الكيل والكولارد من النباتات المجهدة للتربة، كما أنهما يستجيبان – جيدًا – للتسميد الآزوتى الذى يجعل النمو سريعًا والأوراق غضة قليلة الألياف.

وقد وجد أن الكيل يستجيب للتسميد الآزوتى بمعدل ١١٠–١٢٠ كجم للفدان، مع إضافته على دفعات (Guertal & Santen ١٩٩٧). ويتشابه الكيل مع الكولارد فى احتياجاتهما السمادية.

الفسيولوجى

محتوى النباتات من الجلوكوسينولات

كانت أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا فى بعض أصناف الكيل البرتغالية، هى (Rosa ١٩٩٧):

الجلوكوسينولات	نسبتها (٪)
2-propenyl-glucosinolate	٣٥
3-methylsulfinylpropyl-glucosinolate	٢٥
indol-3-ylmethyl-glucosinolate	٢٩

أهمية الكبريت للنباتات

فى خلال أسبوع واحد من غياب الكبريت بالمزارع المائية للكيل بدأت أعراض نقص الكبريت فى الظهور، وهى التى تمثلت فى الاصفرار، وضعف النمو الخضرى، وزيادة الوزن الجاف للنموات الخضرية، وقد سبق ظهور تلك الأعراض نقصًا شديدًا فى محتوى

الكبريتات sulfate، والثيول thiol بكل من الجذور والنموات الخضرية. كذلك فإن حرمان النباتات من الكبريت أحدث نقصًا شديدًا فى امتصاص النترات، كما أدى – عند بداية ظهور أعراض نقص العنصر – إلى إحداث تراكم للنترات والأحماض الأمينية الحرة، وفقدًا فى البروتين الذائب. وقد بدا عند تلك المرحلة أن تيسر الأحماض الأمينية التى تحتوى على الكبريت أصبح عاملاً محددًا فى تمثيل البروتين، وأصبح ذلك هو العامل المحدد للنمو. ويستدل من تلك النتائج على إمكان استعمال نسبة الأحماض الأمينية إلى الثيول كدليل حساس لتقييم حالة الكبريت فى الأنسجة النباتية (Stuiver وآخرون ١٩٩٧).

الإزهار

لا تتهيأ نباتات الكيل والكولارد للإزهار إلاّ بعد تعرضها للبرودة فى حرارة ٥°م لمدة ٣٥ يومًا. وتزيد نسبة النباتات المزهرة، وتزهر بسرعة أكبر عند إطالة فترة التعرض للبرودة (أى فترة الارتباع) عن ذلك . وتمر النباتات بفترة حداثة، لا تستجيب خلالها لمعاملة الارتباع، وذلك خلال مرحلة النمو التى يقل فيها قطر الساق عن ٣ مم. ويتراوح القطر الحرج من ٣–٤ مم؛ وذلك لأنه بينما أزهرت ٩١٪ من النباتات التى أعطيت معاملة البرودة، وهى بقطر ٤,٢–٥,٩ مم .. فإنه لم تزهر سوى ٢١٪ من النباتات التى أعطيت نفس المعاملة، وهى بقطر ٣–٣,٥ مم. كما يتبين بالفحص المجهرى للقمة النامية ان النباتات التى عوملت بالبرودة، وهى بقطر ١,٢–٣,٥ مم لم يظهر بها تهيؤ للإزهار حتى بعد أسبوعين من المعاملة، بينما ظهرت التغيرات المورفولوجية الدالة على التهيؤ للإزهار فى القمة النامية بعد سبعة أيام من معاملة البرودة فى النباتات التى كانت بقطر ٤,٢ مم، وبعد أربعة أيام فقط فى النباتات التى كانت بقطر ٥,٩ مم (Cheng & Moore ١٩٦٨).

وبينما تزداد احتياجات البرودة فى بعض الأصناف لكى تتهيأ للإزهار؛ مما يسمح بإنتاجها فى المناطق المعتدلة البرودة شتاء، فإن بعض الأصناف تتهيأ للإزهار بأقل قدر من البرودة؛ مما يؤدى إلى كثرة ظاهرة الإزهار المبكر فيها، وعادة يزهر الكولارد قبل الكيل (Farnham & Garrett ١٩٩٦).

العيوب الفسيولوجية: احتراق قمة الأوراق

تختلف أصناف الكولارد فى شدة قابليتها للإصابة باحتراق قمة الأوراق؛ فمثلاً .. كان الصنف Vates أكثر قابلية للإصابة عن الصنف Blue Max (Johnson ١٩٩١).

وللتفاصيل المتعلقة بهذا العيب الفسيولوجى .. يراجع الموضوع تحت الكرنب الصينى.

النضج، والحصاد، والتخزين

التنبؤ بموعد الحصاد

كانت أفضل طريقة للتنبؤ بموعد أول حصاد فى الكولارد بأقل قدر من معامل الاختلاف coefficient of variation، هى بجمع الفرق بين أعلى درجة حرارة ودرجة حرارة أساس مقدارها ١٣,٤°م يوميًا خلال الفترة من الزراعة إلى الحصاد. وإذا كانت الحرارة العظمى أعلى عن ٢٣,٩°م فإن حرارة الأساس تطرح من حرارة عظمى معدلة تساوى ٢٣,٩°م، ثم يطرح الفرق بين الحرارة القصوى، و ٢٣,٩°م. أعطت هذه الطريقة الأخيرة معامل اختلاف قدره ٩,١٪ مقارنة بنحو ١١,٤٪ للطريقة القياسية بجمع الفرق بين متوسط درجة الحرارة وحرارة الأساس ٤,٤°م يوميًا من الزراعة إلى الحصاد، ومقارنة بمعامل اختلاف قدره ١٣,٤٪ بحساب عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد (Dufault وآخرون ١٩٨٩).

النضج والحصاد

تصبح النباتات جاهزة للحصاد بعد ٢–٣ أشهر من الزراعة حسب الصنف.

يعتبر الكولارد مكتمل النمو حينما يكون النبات مجموعة متزاحمة من الأوراق فى تاجه. ويمكن حصاد النباتات آليًا أو يدويًا. وبعد الحصاد تتم إزالة الأوراق الخارجية المتحللة والمصابة بالأضرار، ويكفى ترك أربع أوراق مغلفة للأوراق المتزاحمة المركزية.

أما الكيل فيمكن حصاده بواحدة من ثلاث طرق: النبات الكامل، والأوراق المتزاحمة معًا، والأوراق الفردية. وفى كل الحالات يتعين التخلص من الأوراق الصفراء والمصابة بالأضرار فى الحقل.

التداول

يتعين تبريد المحصول أوليًا بطريقة التبريد تحت التفريغ.

وقد أدى تعريض الكيل بعد الحصاد للهواء الرطب على حرارة ٤٥°م لمدة ٣٠ دقيقة إلى المحافظة على نوعية المنتَج وجودته، وتأخير الإصفرار، وتقليل فقد السكريات والأحماض العضوية لدى تخزينه – بعد المعاملة – على حرارة ١٥° (Yang ١٩٩٨).

كذلك أدى تعريض الكولارد لهواء رطب على حرارة ٤٠°م لمدة ساعة إلى تأخير اصفرار المنتج والمحافظة على الأوراق من الارتخاء (Yang ١٩٩٨، و ٢٠٠٠).

التخزين

يخزن الكيل والكولارد على درجة الصفر المئوى مع ٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن يحتفظ المنتَج بجودته تحت هذه الظروف لمدة ١٠–١٤ يومًا.

وتؤدى تعبئة الكيل والكولارد فى عبوات مبطنة بالبوليثيلين وإضافة الثلج المجروش إليها إلى احتفاظها بجودتها لمدة ٣ أسابيع على درجة الصفر المئوى، ولمدة أسبوع واحد على ٤,٤°م، ولمدة ثلاثة أيام فقط على ١٠°م. هذا .. ويقل الفقد فى حامض الأسكوربيك من المنتَج كلما تأخر ذبول الأوراق خلال فترة التخزين.

٣-٨: الخردل

تعريف بالمحصول وأهميته

الأنواع المحصولية

توجد خمسة أنواع محصولية تتبع أنواعًا نباتية مختلفة، وتعرف جميعها باسم الخردل Mustard، وهى كما يلى:

١ – الخردل الأبيض White Mustard .. يسمى – علميًا – *Brassica alba* (L.) Rabenth، وكان يعرف – سابقًا – باسم *B. hirta* Moench. (Ware & Macollum ١٩٨٠)، ووضع أيضًا تحت النوع *Sinapsis alba* (Hemingway ١٩٧٦).

٢ – الخردل الهندى Indian Mustard، أو Mustard Greens .. يسمى – علميًّا – *Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss. var. *crispifolia*.

٣ – الخردل الأسود Black Mustard .. يسمى – علميًّا – *Brasscia nigra* (L.) Koch (Purseglove ١٩٧٤).

٤ – خردل السبانخ Mustard Spinach .. يسمى – علميًّا – *Brassica rapa* subsp. *perviridis* (Seelig ١٩٧٠).

٥ – الخردل الخشبى Ethiopian Mustard .. يسمى – علميًّا – *Brassica carinata* (Hemingway ١٩٧٦).

الموطن وتاريخ الزراعة

يعتقد أن موطن الخردل الأبيض فى أوروبا والمناطق المتاخمة من آسيا فى حوض البحر الأبيض المتوسط. وينمو الخردل الأسود – بريًّا – فى معظم القارة الأوروبية، ويزرع على نطاق واسع فى أوروبا والولايات المتحدة. ويغلب الظن أن الخردل الهندى قد نشأ فى شمال غرب الهند والمناطق المجاورة، وقد تطورت منه سلالتان: واحدة ذات أوراق مجعدة، والأخرى ذات أوراق ملساء (Asgrow Seed Co. ١٩٧٧)، إلا أن البعض يعتقد بنشأته فى أفريقيا، ثم انتقاله منها مبكرًا إلى آسيا (Purseglove ١٩٧٤). ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضع .. يراجع Hedrick (١٩١٩).

الاستعمالات

يزرع الخردل الأبيض لأجل أوراقه التى تستعمل وهى صغيرة فى السلاطة، وتطهى كخضر، إلا أنه يزرع غالبًا لأجل بذوره، كما يزرع أيضًا كمحصول علف وكسماد أخضر. ويزرع الخردل الهندى لأجل بذوره التى تستعمل فى صناعة المستردة، وزيت الخردل للطعام، وبعض الأدوية. ويشار غالبًا إلى الخردل الهندى باسم "خردل" فقط، وهو يشتمل على معظم أصناف الخردل ذى الأوراق الكبيرة الحارة التى تزرع كمحصول ورقى فى الولايات المتحدة؛ حيث تستعمل أوراقه الصغيرة فى السّلطة، وتطهى الكبيرة كخضر. أما الخردل الأسود .. فيزرع – أساسًا – لأجل بذوره التى تستخدم فى صناعة المستردة، كما تستعمل أوراقه الصغيرة أيضًا فى السّلطة، وتطهى الكبيرة كخضر.

هذا .. وتصنع المستردة التجارية بطحن بذور الخردل الأبيض والخردل الأسود معًا بعد خلطهما بالنشا، حيث يعطى الخردل الأبيض الطعم الحار hot، ويعطى الخردل الأسود الطعم الحريف pungent. ويمكن استعمال الخردل الهندى محل الخردل الأسود.

القيمة الغذائية

يحتوى كل ١٠٠ جم من أوراق الخردل الطازجة على المكونات الغذائية التالية: ٨٩,٥ جم رطوبة، و ٣١ سعرًا حراريًّا، و ٣,٠ جم بروتينًا، و ٠,٥ جم دهونًا، و ٥,٦ جم مواد كربوهيدراتية، و ١,١ جم أليافًا، و ١,٤ جم رمادًا، و ١٨٣ مجم كالسيوم، و ٥٠ مجم فوسفورًا، و ٣,٠ مجم حديدًا، و ٣٢ مجم صوديوم، و ٣٧٧ مجم بوتاسيوم، و ٧٠٠٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,١١ مجم ثيايمين، و ٠,٢٢ مجم ريبوفلافين، و ٠,٨ مجم نياسين، و ٩٧ مجم حامض الأسكوربيك. يتضح من ذلك أن الخردل من الخضر الغنية جدًّا بالكالسيوم، وفيتامين أ، والريبوفلافين، والنياسين، كما يعد غنيًّا بالحديد وحامض الأسكوربيك، ويحتوى على كميات متوسطة من الفوسفور.

وتحتوى بذور الخردل الهندى على ٣٥٪ من الزيت الصالح للاستعمال فى الطهى كبديل لزيت الزيتون، وتحتوى بذور الخردل الأسود على ٢٨٪ زيتًا، يستعمل فى صناعة الأدوية والصابون، وتحتوى بذور الخردل الأبيض على ٣٠٪ زيتًا.

الوصف النباتى

إن جميع الأنواع المحصولية للخردل عشبية حولية قائمة، تتعمق الجذور لمسافة ٩٠–١٢٠ سم، ويصل ارتفاع الساق إلى نحو متر. يصل طول الأوراق القاعدية إلى نحو ٢٠ سم، ويوجد بها عرق وسطى سميك.

يعتبر الخردل الهندى خصبًا ذاتيًّا، ولكن تحدث به نسبة عالية من التلقيح الخلطى. أما الخردل الأبيض والخردل الأسود .. فكلاهما عقيم ذاتيًّا. ويتم التلقيح بواسطة الحشرات، خاصة النحل الذى يزور الأزهار لجمع الرحيق وحبوب اللقاح، كما تحمل حبوب اللقاح بواسطة الهواء أيضًا إلا أن ذلك أقل أهمية بالنسبة للتلقيح

(McGregor ١٩٧٦). يبلغ طول الثمرة نحو ٢ سم، ويبلغ قطر البذرة حوالى ١ مم، وتكون بلون بنى قاتم.

الأصناف

يعتبر الصنف لندن هوايت London White أهم أصناف الخردل الأبيض، وهو يتميز بأوراقه المفصصة تفصيصًا عميقًا، ويستخدم فى السّلطات. تكون بذوره بلون أصفر فاتح، وذلك بخلاف جميع أصناف المسترد التى تكون بذورها بلون بنى قاتم.

ومن أهم أصناف الخردل الهندى ما يلى:

١ – شينيز برودليف Chinese Broad Leaf:
الأوراق عريضة مموجة الحافة قليلاً، ينضج بعد ٤٥ يومًا من الزراعة.

٢ – فوريدا برودليف Florida Broad Leaf:
الأوراق كبيرة سمكية وناعمة، وذات حافة مسننة، ينضج بعد ٥٠ يومًا من الزراعة.

٣ – سذرن جاينت كيرلد Southern Giant Curled:
الأوراق عريضة مموجة الحافة، النبات قائم كبير وبطئ الإزهار.

ومن أهم أصناف خردل السبانخ تندر جرين Tendergreen الذى يتميز بأوراقه المستطيلة العريضة الملساء نوعًا ما، تستعمل الأوراق فى الطهى، وطعمه وسط بين الخردل والسبانخ (Ryder ١٩٧٩).

ومن أصناف المسترد العامة – الأخرى – التى تزرع لأجل أوراقها، ما يلى:

Tendegreen II	Green Wave
Fordhook Fancy	Osaka Purple

الاحتياجات البيئية

تفضل لزراعة الخردل الأراضى الصفراء الثقيلة الجيدة الصرف، وهو محصول شتوى يلائمه الجو المعتدل البرودة، ويتجه النبات إلى الإزهار فى الجو الحار والنهار الطويل.

الإنتاج

التكاثر والزراعة

يتكاثر الخردل بالبذور التى تزرع فى الحقل الدائم مباشرة.

تبلغ أعداد البذور فى الجرام من مختلف أنواع المسترد حوالى ٥٥٠ بذرة، ويلزم لزراعة الفدان حوالى ١,٥-٢ كجم من البذور.

تعامل بذور الخردل بالماء الساخن - كما تعامل بذور الخضر الصليبية الأخرى - وذلك بالغمر على حرارة ٥٠°م لمدة ٢٥-٣٠ دقيقة، ثم تبرد سريعًا وتجفف.

تكون الزراعة فى خطوط تبعد عن بعضها البعض بمقدار ٣٠-٦٠ سم، وعلى مسافة ١٠-١٥ سم بين النباتات فى الخط.

مواعيد الزراعة

إن أنسب موعد لزراعة البذور من سبتمبر إلى آخر نوفمبر.

عمليات الخدمة الزراعية

يتم تعهد النباتات بعد الزراعة بعمليات الخدمة، وأهمها: الخف، والرى، والتسميد، فتَخَف النباتات المتزاحمة فى السطور أو على الخطوط على مسافة ١٠-٢٠ سم من بعضها البعض، وتوالى بالرى المنتظم حتى لا يتوقف النمو. ويسمد الخردل بنحو نصف كميات الأسمدة التى تعطى لحقول الكيل والكولارد، مع الانتهاء من إضافتها فى خلال ٣-٦ أسابيع من الزراعة حسب طول موسم النمو.

الفسيولوجى

محتوى النباتات من الجلوكوسينولات

تحتوى أوراق الخردل الهندى على السينيجرين Sinigrin، وهو ما يتطلب طهيها جيدًا للتخلص منه. وتحتوى بذور الخردل الأسود على نفس المركب، أما بذور الخردل الأبيض .. فتحتوى على السينالبين Sinalbin .. وكلاهما يتحلل بفعل الإنزيم myrosinase فى وجود الماء ليعطى الطعم الحريف.

النضج والحصاد

ينضج الخردل المزروع لأجل استعماله كخضار بعد نحو ٣٠–٦٠ يومًا من الزراعة حسب الصنف، ودرجة الحرارة السائدة، ورغبة المستهلك. ويجرى الحصاد بتقليع النباتات. أما الخردل الذى يزرع لأجل بذوره .. فإنه يترك حتى يزهر فى فبراير ومارس، ثم تنضج بذوره فى أبريل ومايو، ويحصد آليًا (مرسى والمربع ١٩٦٠، و Seelig ١٩٧٠).

٣-٩: الجرجير

تعريف بالمحصول وأهميته

يسمى الجرجير فى الإنجليزية Rocket، و Roquette، و Argula، و Arrugula، و Mediterranean salad، و Rucola، ويعرف – علميًا – باسم *Eruca vesicaria* (L.) Cav. subsp. *sativa* (Mill.) Thell.

يعتقد أن موطن الجرجير فى حوض البحر الأبيض المتوسط وغرب آسيا، وهو محصول ورقى يزرع لأجل أوراقه التى تؤكل طازجة، وتنتشر زراعته فى الدول العربية، وفى بعض الدول الأوروبية كاليونان وتركيا، كما تستعمل بذوره فى بعض الأغراض الطبية (Hedrick ١٩١٩).

وقد بلغت المساحة المزروعة منه فى مصر عام ٢٠٠٠ حوالى ٣٦٦٥ فدانًا، وكان متوسط محصول الفدان ٧,٦ أطنان (الإدارة المركزية لشئون البساتين والمحاصيل الحقلية ٢٠٠٠).

ويعد الجرجير من الخضر الغنية بالكالسيوم وفيتامين أ، حيث يحتوى كل ١٠٠ جم منه على ٣٥٠ مجم كالسيوم، و ٤٧٧٠ وحدة دولية من فيتامين أ (استينو وآخرون ١٩٦٣).

الوصف النباتى

إن الجرجير نبات عشبى حولى ذو جذر وتدى، وتكون الساق قصيرة قبل الإزهار وتحمل الأوراق متزاحمة ومتقابلة، ثم تستطيل عند الإزهار وتتفرع وتحمل الأزهار، ويبلغ طولها حينئذٍ من ٣٠–٧٥ سم.

الأوراق ملساء بيضاوية، مفصصة إلى ثلاثة فصوص غالبًا، يكون العلوى منها أكبر من الجانبيين، وعنق الورقة طويل. أما الأوراق الموجودة على الشمراخ الزهرى .. فتكون كثيرة التفصيص، وتكون العلوية منها جالسة.

يكون لون الأزهار أبيض، أو أصفر، والثمرة خردلة صغيرة، والبذور صغيرة مبططة قليلاً، وذات لون رمادى قاتم (استينو وآخرون ١٩٦٤).

الاحتياجات البيئية

يزرع الجرجير فى جميع أنواع الأراضى، ويجود فى الأراضى الطميية الخصبة، ويلائمه الجو البارد المعتدل، والنهار القصير. ويتجه النبات نحو الإزهار عند ارتفاع درجة الحرارة.

التكاثر والزراعة

التقاوى والزراعة

يتكاثر الجرجير بالبذور التى تزرع فى الحقل مباشرة، وتلزم لزراعة الفدان ٤ كجم من البذور عند الزراعة فى سطور، و ٨ كجم عند الزراعة نثرًا. تكون الزراعة فى أحواض مساحتها ٢ × ٢م أو ٢ × ٣م، والسطور على بعد ١٥–٢٠ سم من بعضها البعض.

مواعيد الزراعة

يزرع الجرجير فى مصر طوال العام – فيما عدا شهرى يونيو ويوليو – إلا أن أنسب موعد للزراعة من أغسطس إلى ديسمبر. ويجب تقليع النباتات – وهى صغيرة – قبل أن تزهر إذا كانت الزراعة صيفًا.

عمليات الخدمة الزراعية

يتم تعهد الحقل بالخدمة بعد الزراعة .. فيتم التخلص من الحشائش بالنقاوة اليدوية، أو بالعزيق السطحى بين السطور، وتجرى عملية الخف قبل تزاحم النباتات مع تسويق النباتات المخفوفة، وتوالى النباتات بالرى المنتظم حتى لا يتوقف نموها. أما التسميد .. فيكون كما فى الخردل.

الفسيولوجى

المركبات المسئولة عن النكهة والطعم

وجد أن الجرجير يحتوى على المركب bis(4-isothiocyanate) disulfide، وهو الذى يتكون بأكسدة المركب 4-(mereapto)butyl isothiocyanate (Cerny وآخرون ١٩٩٦).

المحتوى الفينولى

أظهر التحليل الكيميائى أن أوراق الجرجير تحتوى على المركبات الفينولية التالية (Venere وآخرون ٢٠٠٠):

quercetin kaempferol (أكثرها توجدًا)

isorhamnetin

محتوى الأوراق من النترات

تراكمت النترات بأوراق الجرجير حيث ازداد تركيز النيتروجين النتراتى فيها عن ٦٠٠٠ جزءًا فى المليون عندما استخدمت النترات كمصدر وحيد للنيتروجين؛ علمًا بأن نمو الجرجير كان فى أفضل حالاته عندما كانت نسبة النيتروجين النتراتى إلى الأمونيومى فى المحاليل المغذية ١:١، بينما توقف النمو حينما كان كل النيتروجين المستعمل فى التسميد أمونيومى (Santamaria وآخرون ١٩٩٨).

محتوى زيت البذور من الأحماض

لا يعتبر حامض الإيروسك erucic acid من الأحماض المرغوب فيها فى زيت بذرة الجرجير، علمًا بأن طرز الجرجير المنتشرة فى الزراعة يرتفع فيها تركيز هذا الحامض. وقد وجد لدى تقييم عشر سلالات من المحصول تباين نسبة حامض الإيروسك (C22:1) بين ٣٣٪، و ٤٥٪، ونسبة حامض الجادوليك gadoleic acid (حامض الإيكوسينوّك ecosenoic acid؛ C20:1) بين ٧,٣٪، و ٩,٨٪ (Yaniv وآخرون ١٩٩٨).

الحصاد

تقلع النباتات بجذورها – وهى صغيرة فى الزراعات الصيفية – ويكون ذلك بعد

حوالى ثلاثة أسابيع من الزراعة. أما الزراعات الخريفية والشتوية .. فتؤخذ منها ٣-٤ حشات، تكون الأولى منها بعد ستة أسابيع من الزراعة، ثم كل أربعة أسابيع بعد ذلك. وقد تقلع النباتات بجذورها عندما تبلغ حجمًا كبيرًا نسبيًّا، ويبلغ محصول الفدان من ٤-٦ أطنان فى كل حشة؛ أى يصل المحصول الكلى إلى ١٢-٢٤ طنًّا فى ٣-٤ حشات (مرسى والمربع ١٩٦٠).

ويؤدى تأخير الحصاد إلى زيادة حرافة الأوراق وصلابتها، وتلك صفات غير مرغوب فيها.

٣-١٠: حب الرشاد أو الحارة

تعريف بالمحصول وأهميته

يعرف حب الرشاد، أو الحارة - أيضًا - باسم "كرسون الحديقة"، ويسمى فى الإنجليزية Cress، و Garden Cress، و Nasturtium، واسمه العلمى *Lepidium sativum* L.، وكان يعرف - سابقًا - باسم *Nasturtium hortense*، وهو يختلف عن محصول آخر يعرف باسم upland cress (وهو *Barbarea verna*).

يعتقد أن موطن حب الرشاد فى إيران، ومنها انتشرت زراعته فى أوروبا. وقد زرعه العرب، وقدماء المصريين، والرومان (Hedrick ١٩١٩).

وهو يزرع لأجل أوراقه الصغيرة التى تستعمل فى السَّلطة، وفى عمل التوابل السائلة، التى تضاف إلى السّلطات.

ويحتوى كل ١٠٠ جم من أوراق حب الرشاد على المكونات الغذائية التالية: ٨٩,٤ جم رطوبة، و ٣٢ سعرًا حراريًّا، و ٢,٦ جم بروتينًا، و ٠,٧ جم دهونًا، و ٥,٥ جم مواد كربوهيدراتية، و ١,١ جم أليافًا، و ١,٨ جم رمادًا، و ٨١ مجم كالسيوم، و ٧٦ مجم فوسفورًا، و ١,٣ مجم حديدًا، و ١٤ مجم صوديوم، و ٦٠٦ مجم بوتاسيوم، و ٩٣٠٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,٠٨ مجم ثيامين، و ٠,٢٦ مجم ريبوفلافين، و ١,٠ مجم نياسين، و ٦٩ مجم حامض الأسكوربيك (Watt & Merrill ١٩٦٣). يتضح من ذلك أن

حب الرشاد من الخضر الغنية جدًّا بفيتامين أ، والريبوفلافين، ومن الخضر الغنية بالكالسيوم وحامض الأسكوربيك، كما أنه يحتوى على كميات متوسطة من الفوسفور والحديد.

الوصف النباتى

إن حب الرشاد نبات عشبى حولى، يصل طول الساق إلى نحو ٣٠-٤٥ سم. تكون الأوراق القاعدية معنقة، ولها عرق وسطى واضح. أما الأوراق العلوية .. فتكون جالسة، ونصل الورقة رفيع وشديد التفصيص.

الأصناف

توجد من حب الرشاد أصناف ذات أوراق ملساء plain، وأخرى ذات أوراق مجعدة curled. ومن أشهر الأصناف إكسترا فاين كيرلد Extra Fine Curled، وهو قوى النمو وأوراقه مجعدة شديدة التفصيص، وكان مبشرًا عندما زرع فى الجيزة.

ومن بين أصناف حب الرشاد الأوروبية: Groka، و Cressida (شكل ٣-١٧، يوجد فى آخر الكتاب).

الإنتاج

تجود زراعة كرسون الحديقة فى الأراضى الطميية الثقيلة، وهو محصول شتوى يتحمل انخفاض درجة الحرارة، ويقاوم الصقيع، ولكنه سريع الإزهار فى الجو الحار والنهار الطويل.

يتكاثر المحصول بالبذور التى تزرع كالجرجير فى أحواض صغيرة، فى سطور تبعد عن بعضها بمسافة ٣٠-٤٠ سم. تزرع البذور من منتصف أغسطس إلى ديسمبر، وتفضل الزراعة فى أكتوبر ونوفمبر. ويعامل النبات معاملة الجرجير فيما يتعلق بعمليات الخدمة.

تحش النباتات أو تقلع بجذورها عندما تبلغ حجمًا صالحًا للتسويق، وقبل أن تزهر، ويكون ذلك بعد نحو ٢٠-٤٠ يومًا من الزراعة. ويستمر النبات فى إنتاج أوراق جديدة

مادام أن الحش لا يضر بمنطقة التاج التى يمكن أن تصاب بالعفن بسهولة؛ مما يؤدى إلى موت النبات.

ويستهلك حب الرشاد فى أوروبا، وهو فى طور البادرة بعد زراعته فى أوعية ورقية خاصة (شكل ٣-١٧، يوجد فى آخر الكتاب)، حيث تؤخذ الفلقات والسويقة الجنينية السفلى التى تستعمل فى السّلطات والسندويتشات.

٣-١١: الكرسون المائى

تعريف بالمحصول وأهميته

يعرف الكرسون المائى فى الإنجليزية باسم Water Cress، و Green Cress، ويسمى – علميًّا – باسم *Nasturtium officinale* R. Br. وهو يختلف عن النوع العقيم *Rorippa microphylla* (أو Brown Cress) الذى يتكاثر خضريًّا، بينما يتكاثر الكرسون المائى جنسيًّا بالبذرة.

يعتقد أن موطن الكرسون المائى فى شمال أوروبا، وقد زرعه الفرس والرومان (Hedrick ١٩١٩). وهو ينمو بريًّا فى البرك وعلى حواف المجارى المائية (Thompson & Kelly ١٩٥٧)، ويعتبر مشكلة مائية فى أنهار أستراليا (Purseglove ١٩٧٤). وتنتشر زراعته حاليًّا فى ألمانيا، وإنجلترا، حيث تتوفر احتياجاته من مياه العيون والآبار القلوية التى توجد بها نسبة من النترات والجير (Seelig ١٩٧٤، و Howard ١٩٧٦).

يزرع الكرسون المائى لأجل أوراقه التى تستعمل فى السّلطة، كما تؤكل أطراف السيقان المتورقة طازجة، وقد تطبخ أحيانًا، وهى حريفة الطعم.

يحتوى كل ١٠٠ جم من أوراق وسيقان الكرسون المائى على المكونات الغذائية التالية: ٩٣,٣ جم رطوبة، و ١٩ سعرًا حراريًّا، و ٢,٢ جم بروتينًا، و ٠,٣ جم دهونًا، و ٣,٠ جم مواد كربوهيدراتية، و ٠,٧ جم أليافًا، و ١,٢ جم رمادًا، و ١٥١ مجم كالسيوم، و ٥٤ مجم فوسفورًا، و ١,٧ مجم حديدًا، و ٥٢ مجم صوديوم، و ٢٨٢ مجم

بوتاسيوم، و ٤٩٠٠ وحدة دولية من فيتامين أ، و ٠,٠٨ مجم ثيامين، و ٠.١٦ مجم ريبوفلافين، و ٠,٩ مجم نياسين، و ٧٩ مجم حامض الأسكوربيك. يتضح من ذلك أن الكرسون المائى يعد من الخضر الغنية جدًّا بالكالسيوم وفيتامين أ، والنياسين، ومن الخضر الغنية بالريبوفلافين وحامض الأسكوربيك، كما أنه يحتوى على كميات متوسطة من الفوسفور والحديد.

الوصف النباتى

إن الكرسون المائى نبات عشبى معمر مائى، تتكون على ساق النبات جذور عرضية عند العقد، وجذور أخرى مُثبتة فى جزئه السفلى، تكون الساق جوفاء، مضلعة، ملساء، يبلغ طولها ١٠-٦٠ سم، ينمو جزء منها هوائيًّا، ويكون الجزء الآخر طافيًّا على سطح الماء، أو زاحفًا. تطفو الأوراق على سطح الماء، وهى مركبة ريشية، فردية، يتكون كل منها من ١-٤ أزواج من الوريقات المتشحمة المستديرة أو المستطيلة، والوريقة الطرفية كبيرة نوعًا ما، والوريقات كاملة الحافة.

الأزهار صغيرة بيضاء اللون، يبلغ طولها ٤-٦ مم. النبات متوافق ذاتيًّا، ويُلَقَّح ذاتيًّا غالبًا، ولكن تحدث به نسبة من التلقيح الخلطى. الثمرة خردلة، يبلغ طولها ١,٣-١,٨ مم (Ryder ١٩٧٩). ويعد الكرسون المائى من نباتات النهار الطويل بالنسبة للإزهار (George ١٩٨٥).

الأصناف

لا يوجد من الكرسون المائى سوى صنف واحد ذى أوراق خضراء. أمّا ما يعرف بالسلالة البنية .. فإنها محصول آخر، يعرف باسم الكرسون البنى Brown Cress، ويسمى - علميًّا *Rorippa microphylla*، ويتكاثر خضريًّا؛ لأنه عقيم لا ينتج بذورًا.

طرق التكاثر والزراعة

إن أفضل الحقول لإنتاج الكرسون المائى هى القنوات التى يمر فيها الماء ببطء، والبرك غير العميقة. ويتكاثر المحصول بسهولة - جنسيًّا - بالبذور، وخضريًّا بقطع

من الساق. ويتم فى أى من طريقتى التكاثر إنتاج الشتلات أولاً. وقد كان الإكثار الخضرى هو الطريقة الشائعة فى زراعة الكرسون المائى حتى عام ١٩٥٥، حينما بدأ الاتجاه نحو الإكثار الجنسى بسبب انتشار الإصابة بفيرس موزايك اللفت الذى لا ينتقل عن طريق البذور، بينما تستمر الإصابة به فى النسل الناتج من الإكثار الخضرى للنباتات المصابة. ولكن يعاب على التكاثر الجنسى أن إنبات البذور التجارية يكون على درجة كبيرة من عدم التجانس.

إن بذور الكرسون المائى صغيرة جدًّا، ويلزم ٨٠ جم منها لإنتاج شتلات تكفى لزراعة فدان. تخلط البذور مع الرمل، وتنثر فى تربة مجهزة جيدًا، وتغطى بغطاء خفيف. ترطب التربة بالماء بعد الزراعة، ويحافظ عليها رطبة باستمرار إلى أن تتكون الورقة الحقيقية الأولى، ثم تغمر دائمًا بالماء بعد ذلك إلى أن تصبح النباتات صالحة للشتل، ويكون ذلك عندما يبلغ طولها ٥–٨ سم.

أما العقل .. فإنها تؤخذ من أى جزء من النبات سواء أكان طافيًا، أم مغمورًا فى الماء، وتكون العقل عادة بطول ٣٠ سم، تزرع العقل فى المشتل على مسافة ١٥ × ١٥ سم من بعضها البعض، وتغطى جيدًا – بعد زراعتها مباشرة – بماءٍ جارٍ حتى عمق ٣–٥ سم (Seelig ١٩٧٤).

وقد تمكن Wainwright & Marsh (١٩٨٦) من التغلب على مشكلتى الفيرس الذى ينتقل بالتكاثر الخضرى، وعدم تجانس الإنبات عند الإكثار الجنسى بزراعة الكرسون المائى فى وسط صناعى، يحتوى على ٠,٢٥٪ بيئة Murashige & Skoog، و ٠,٢٪ سكروز، دون أية إضافات من منظمات النمو. وقد وصلت سرعة تكاثر العقد فى هذه البيئة إلى ٢٠ ضعفًا فى مدة أربعة أسابيع، ونجح شتل النباتات الصغيرة الناتجة من مخلوط البيت موس والفيروميكيوليت بنسب متساوية، ويلزم عند الإكثار بهذه الطريقة إعادة الإكثار بالبذرة من حين لآخر؛ لكى لا ينتشر الفيرس.

ويجهز الحقل الدائم بحيث يكون منحدرًا، بمعدل ١٨ سم لكل ١٠٠م طولى. يكفى هذا الانحدار لاستمرار تدفق الماء ببطء فى الحقل، ولصرف الماء الزائد عند الضرورة. يقسم الحقل إلى أحواض، وتكون زراعة الشتلات على مسافة ١٥ × ١٥ سم من بعضها البعض داخل الأحواض.

عمليات الخدمة

لا يسمد الكرسون المائى، وتعتمد النباتات فى تغذيتها على ما يوجد من عناصر فى المياه المعدنية التى تغمر بها، ويعد التخلص من الحشائش والرى أهم عمليتين من عمليات الخدمة.

وأفضل وسيلة للحد من نمو الحشائش هى زراعة النباتات متكاثفة حتى لا تجد الحشائش مجالاً للمنافسة.

أما بالنسبة للرى .. فإن تربة المشتل يجب أن تبقى رطبة باستمرار حتى تتكون الورقة الحقيقية الثانية، ثم تغطى بعد ذلك بالماء إلى المستوى الذى يصل إليه النمو النباتى، مع زيادة مستوى الماء بزيادة النمو. ويستمر ذلك فى الحقل الدائم أيضًا، ويجب أن يكون الماء جاريًا، وألاّ يبقى ظاهرًا من النبات سوى نمواته الطرفية فقط. ويعنى ذلك أن معدل تدفق الماء لا يقل عن عدة آلاف من اللترات فى الدقيقة.

ومن الضرورى أن يكون الماء المستعمل فى الزراعة خاليًا تمامًا من التلوث، وصالحًا للشرب تقريبًا. يفضل استعمال مياه الينابيع الغنية بالجير والنترات، وألاّ يقل تركيز النيتروجين بها عن جزأين فى المليون. هذا مع العلم بأن تركيز النيتروجين يتراوح فى مياه الينابيع من صفر–٢٠ جزءًا فى المليون، ويعتمد النبات فى غذائه على هذا الآزوت.

الفسيولوجى

محتوى النبات من الجلوكوسينولات

يحتوى الكرسون المائى على تركيزات عالية من الجلوكوسين: Gluconasturtin (الذى يعطى عند تحلله مركب الـ phenethyl isothiocyanate) تصل إلى ١٢,٦ ملى مول/١٠٠ جم وزن طازج.

وتؤدى زيادة توفر الكبريت للنباتات فى المزارع المائية إلى زيادة تركيز الـ phenethyl isothiocyanate فى النباتات.

كما تؤدى – كذلك – زيادة فترة الإضاءة التى تتعرض لها النباتات – قبل الحصاد

بأسبوع – من ٨ إلى ١٢ ساعة إلى زيادة تركيز الفينيثيل أيزوثيانيت (Palaniswamy وآخرون ١٩٩٧).

الحصاد، والتداول، والتخزين

ينضج المحصول فى الجو المناسب بعد حوالى شهر من الزراعة، ويستغرق مدة أطول من ذلك فى الجو البارد. يبدأ الحصاد عندما يصل طول النموات الجديدة إلى ١٥–٢٠ سم، حيث تحصد أطرافها بطول ١٥ سم وتربط فى حزم، ويحتفظ بالحزم فى الماء لحين تعبئتها وتسويقها، ويرتدى العامل عند الحصاد "بوت" طويلاً يصل إلى أعلى الركبة.

وقد وجد أن الكرسون المائى يكثر به التلوث الميكروبى عند الحصاد، حيث بلغ – فى إحدى الدراسات – $١٠^{٧٫٥}$ وحدة ميكروبية/جم، وأدى النقع فى محلول كلورين بتركيز حوالى ١٠٠ جزء فى المليون على حرارة ٢٠°م لمدة دقيقة واحدة إلى خفض التلوث الميكروبى بشدة دون التأثير على نوعية المنتَج، بينما أدت التركيزات الأعلى من ذلك – فى الكرسون المجهز للاستهلاك بالتقطيع – إلى زيادة أعداد الوحدات الميكروبية بعد ٧ ايام من المعاملة، وإلى حدوث فقد فى حامض الأسكوربيك وتغيرات لونية جوهرية (Park & Lee ١٩٩٥).

تجرى للكرسون المائى عملية تبريد أولى سريعة بالماء البارد بعد الحصاد، ويمكن تخزين المحصول – بحالة جيدة – لمدة ٣–٤ أيام فى حرارة صفر–٢°م، ورطوبة نسبية ٩٠–٩٥٪، مع إضافة الثلج المجروش للعبوات (Seelig ١٩٧٤).

٣-١٢: السى كيل (كيل البحر)

تعريف بالمحصول وأهميته

يعرف السى كيل فى الإنجليزية باسم Sea Kale واسمه العلمى *Cramble maritima* L.

يعتقد أن موطن النبات فى غرب أوروبا وحوض البحر الأبيض المتوسط.

وهو يزرع لأجل أوراقه الصغيرة وسيقانه الحديثة النمو التى تستعمل مثل الهليون.

وهو نبات معمر، ويعتبر الصنف هوايت ليلى White Lily من أكثر الأصناف انتشارًا فى الزراعة.

الإنتاج

تفضل الأراضى الطميية الخفيفة لزراعة السى كيل، وهو يتكاثر بالبذور وبالعقل الجذرية، وتكون الزراعة من سبتمبر إلى نوفمبر.

تنبت بذور السى كيل ببطء كما تكون نسبة إنباتها منخفضة، وذلك بسبب سكون البذور وضعف قدرتها على امتصاص الماء نظرًا لسمك وصلابة قصرة البذرة. وقد أدت خربشة البذور إلى زيادة نسبة إنباتها من ٣٣٪ إلى ٦٦٪ وإلى زيادة سرعة الإنبات، كما كانت البادرات النامية منها أكثر قوة فى النمو، وذات مجموع جذرى جيد التكوين. كذلك أدت معاملة البذور بحامض الجبريلليك إلى تحسين نسبة الإنبات وسرعته، وخاصة عندما نقعت البذور لمدة ١٨ ساعة فى تركيز ٠,٠٢٥٪ من الحامض. كما حدث تأثير مماثل عندما عُوملت البذور بالنقع فى محلول هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز ١٠٪ لمدة ٥ دقائق (Lan وآخرون ١٩٩٨).

تزرع البذور فى المشاتل – أولاً – فى سطور تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٣٠ سم، وعلى عمق ٢,٥ سم. وتخف النبات بعد الإنبات على مسافة ١٢–١٥ سم من بعضها البعض، وتترك لحين نقلها إلى الحقل الدائم فى العام التالى.

أما العقل الجذرية .. فإنها تكون بطول ١٠–١٢ سم، وتزرع فى الحقل الدائم مباشرة.

وتكون الزراعة فى الحقل الدائم على خطوط بعرض ٩٠ سم (أى يكون التخطيط بمعدل ٨ خطوط فى القصبتين)، وعلى مسافة ٩٠ سم بين النباتات وبعضها البعض فى الخط.

لا تحصد فى موسم النمو الثانى سوى النباتات القوية النمو فقط، ولا يؤخذ محصول كامل إلاّ ابتداء من العام الثالث للزراعة. ويجرى الحصاد بقطع السيقان الصغيرة – وهى

بطول ١٠-٢٠ سم - ويستمر لمدة ٣-٦ أسابيع فقط سنويًا. تزال الأوراق الميتة فى نهاية موسم النمو، ثم تغطى تيجان البناتات بالسماد العضوى أو بالتربة (Thompsm & Kelly ١٩٥٧).

٣-١٣: فجل الحصان

تعريف بالمحصول وأهميته

يعرف فجل الحصان أيضًا باسم "الفجل الحار"، ويسمى فى الإنجليزية Horse Radish، واسمه العلمى *Armoracia rusticana* Gaertn.، وكان يعرف - سابقًا - بالاسمين *A. lapathifolia* Gilib، و *Cochlearia armoricia* L..

يعتقد أن موطن النبات فى شرق أوروبا.

وهو يزرع لأجل جذوره المتشحمة الحريفة التى تستخدم فى تبتيل اللحوم المشوية - بعد تجفيفها وطحنها - وهو - مثل الثوم - لا يستعمل لأجل قيمته الغذائية، ومع ذلك فإن كل ١٠٠ جم من الجذور الطازجة تحتوى على ٤٧,٦ جم رطوبة، و ٨٧ سعرًا حراريًا، و ٣,٢ جم بروتينًا، و ٠,٣ جم دهونًا، و ١٩,٧ جم مواد كربوهيدراتية، و ٢,٤ جم أليافًا، و ٢,٢ جم رمادًا، و ١٤٠ مجم كالسيوم، و ٦٤ مجم فوسفورًا، و ١,٤ مجم حديدًا، و ٨ مجم صوديوم، و ٥٦٤ مجم بوتاسيوم، و ٠,٠٧ مجم ثيامين، و ٨١ مجم حامض الأسكوربيك.

الوصف النباتى

يعد فجل الحصان من النباتات المعمرة، إلا أنه يزرع عادة كمحصول حولى.

الجذور

إن الجذر الرئيسى لنبات فجل الحصان سميك جدًا ولحمى وأبيض ويتعمق فى التربة لمسافة ٣-٤,٢ متر، ولكنه قليل الانتشار أفقيًا. يتفرع من الجذر الرئيسى عدد كبير من الجذور الجانبية اللحمية فى الثلاثين سنتيمترًا السطحية من التربة. وهذه

الجذور تعادل – فى أهميتها – الجذر الرئيسى، وهى تنمو بشكل عمودى تقريبًا، أو قد تنمو لمسافة ١٠–٢٥ سم، ثم تتجه لأسفل. ويصل سمك هذه الأفرع الجذرية إلى نحو ٤ مم على عمق ١٨٠ سم. وتكثر الأفرع الجذرية الثانوية بالقرب من سطح التربة. ويمكن القول إن انتشار الجذور يصل – جانبيًّا – إلى مسافة ٦٠ سم من قاعدة النبات، ورأسيًّا إلى عمق ٤,٢ م، وتتخشب الجذور بعد العام الأول من نموها (Weaver & Bruner ١٩٢٧).

النموات الهوائية

يصل طول الساق إلى نحو ٦٠–٩٠ سم، وتكون متفرعة. والأوراق بيضاوية طويلة، يتراوح طولها من ١٥–٣٠ سم، وذات حافة مسننة ومعنقة، إلا أن الأوراق العليا تكون أصغر حجمًا وجالسة.

الأزهار صغيرة بيضاء اللون، تحمل فى نورات إبطية أو طرفية غير محدودة. لا ينتج فجل الحصان بذورًا – عادة – إلا أنه توجد بعض السلالات القادرة على إنتاج البذور، ولا تستخدم بذوره فى الزراعة.

الأصناف

يعرف طرزان من فجل الحصان، هما: العادى common، والبوهيميان Bohemian.

تميز أصناف الطراز العادى بأن أوراقها عريضة ومجعدة، بينما تميز أصناف طراز البوهيميان بأن أوراقها ضيقة وملساء، وهى أقل جودة من أصناف الطراز العادى ولكنها أكثر مقاومة للأمراض.

ويعتبر الصنف Maliner Kren من طراز البوهيميان، وهو صنف منتشر فى الزراعة وتعرف منه عدة سلالات. ويشغل الصنفان Improved Bohemian، و Bohemian معظم المساحة المزروعة بفجل الحصان فى الولايات المتحدة حاليًّا (حوالى ٣٠٠٠ فدان).

الاحتياجات البيئية

تجود زراعة فجل الحصان فى الأراضى الطميية العميقة الخصبة، ولا تناسبه

الأراضى الثقيلة التى تتفرع فيها الجذور بشدة وتكون ملتوية. يحتاج النبات إلى جوٍ بارد معتدل، ولا تجود زراعته فى المناطق الحارة، ولكنه يتحمل البرودة الشديدة.

طرق التكاثر والزراعة

يزرع فجل الحصان من أغسطس إلى ديسمبر، ويتكاثر بالعقل الجذرية التى تؤخذ من الجذور الجانبية عند إعدادها للتسويق. يتراوح قطر العقلة من ٠,٦–١,٢ سم، وطولها من ٢٠–٣٠ سم، وتفضل العقل الطويلة. تقطع العقل عند إعدادها قطعًا أفقيًّا من القمة، وقطعًا مائلاً عند القاعدة حتى يمكن معرفة الجانب الذى تغرس منه فى التربة عند الزراعة، وتلزم لزراعة الفدان نحو ٩٠٠٠ عقلة. تربط العقل فى حزم بعد إعدادها، ثم تحفظ فى مكان بارد لحين زراعتها.

وتكون الزراعة على خطوط بعرض ٧٥–٩٠ سم (أى يكون التخطيط بمعدل ٨–١٠ خطوط فى القصبتين)، وعلى مسافة ٣٥–٥٠ سم بين الجور وبعضها البعض فى الخط. تغرس العقل مائلة على الخط بزاوية ٤٥° م بحيث يكون طرفها المقطوع أفقيًّا – لأعلى – وبحيث تغطى بالتربة إلى عمق ٧–١٠ سم. هذا وتنمو الجذور الجديدة والفروع الخضرية من كامبيوم العقل.

عمليات الخدمة

يجرى العزيق لإزالة الحشائش، ثم تزال الحشائش باليد حينما تكبر النباتات. ويسمد الحقل بنحو ٢٠م^3 من السماد العضوى، تضاف أثناء إعداد الأرض للزراعة، كذلك تسمد النباتات بحوالى ٧٥–١٠٠ كجم N، و ٥٠–٧٥ كجم P_2O_5، و ٥٠–٧٥ كجم K_2O، و ٢٥–٥٠ كجم كبريت، و ١–١,٥ كجم بورون للفدان.

كما يعتبر تقليم الجذور من عمليات الخدمة الخاصة بمحصول فجل الحصان. تجرى هذه العملية مبكرًا – قدر الإمكان – حتى لا يتوقف النمو النباتى، والغرض منها زيادة نسبة الجذور المستقيمة الجيدة، وتتم بإزالة الطبقة السطحية من التربة حتى تظهر الأفرع الجذرية الرئيسية المتكونة على الجزء العلوى من الجذر الرئيسى، حيث تقطع، ثم تعاد التربة إلى مكانها.

الفسيولوجى

محتوى النباتات من الجلوكوسينولات والأيزوثيوسيانيت

يعد السينيجرين Singrin أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا فى فجل الحصان.

ويرجع المذاق الحار لفجل الحصان إلى مركبين كبريتيين، هما: Allyl isothiocyanate (ورمزه الكيميائى $C_2 H_5 CNS$)، و Butyl thiocyanate (ورمزه الكيميائى $C_4 H_9 CNS$) (Shoemaker ١٩٥٣).

كما وجد Hosoki وآخرون (١٩٨٦) أن جذور فجل الحصان تحتوى على مركبات كبريتية قادرة على كسر طور السكون فى كورمات الجلاديولس، وبعض الأشجار مثل كريز الزينة عند استخدامها فى معاملة هذه النباتات، وكانت المركبات الفعالة هى: مركب Allyl isothiocyanate الذى سبق ذكره، والمركبان: allyl sulfide، و n-propyl sulfide.

الحصاد والتخزين

يكون الحصاد بعد حوالى ٨ شهور من الزراعة، ويجرى بإزالة النموات الخضرية، ثم حراثة الحقل وتقليع النباتات، ثم يقطع الجذر الرئيسى والجذور الجانبية الرئيسية لتسويقها. أما الجذور الرفيعة .. فإنها تحفظ فى مكان بارد لحين استعمالها كتقاوٍ، ومن الضرورى إزالة كل الجذور عند الحصاد حتى لا تصبح حشيشة خبيثة بعد ذلك. ويصل محصول الجذور إلى نحو ١,٥-٤ أطنان للفدان (عن Jones & Roza ١٩٢٨).

ويمكن تخزين جذور فجل الحصان - بحالة جيدة - لمدة ١٠-١٢ شهرًا فى حرارة -١°م إلى صفر °م، ورطوبة نسبية ٩٠-٩٥٪. وأنسب الجذور للتخزين هى التى تحصد بعد أن يدخل النبات فى مرحلة السكون، أما تلك التى تحصد أثناء النمو الخضرى النشط .. فإنها تكون أقل قدره على التخزين (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).